

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Curso de Graduação em Geologia

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA OCORRÊNCIA DE (CLINOPIROXÊNIO)-
HASTINGSITA-BIOTITA-GRANADA ORTOGNAISSE NA REGIÃO DE
SANTA CRUZ DO PRATA - MG**

Thaís Güitzlaf Leme

Orientador: Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro

Co-orientador: Filipe Goulart Lima

Rio Claro (SP)

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

THAÍS GÜITZLAF LEME

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA OCORRÊNCIA DE
(CLINOPIROXÊNIO)-HASTINGSITA-BIOTITA-GRANADA
ORTOGNAISSE NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO PRATA - MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas
- Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
para obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2016

552 Leme, Thaís Gützlaf
L551 Petrografia e geoquímica da ocorrência de
(clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa
Cruz do Prata-MG / Thaís Gützlaf Leme. - Rio Claro, 2016
87 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Guillermo Rafael Beltran Navarro
Coorientador: Filipe Goulart Lima

1. Petrologia. 2. Zona de Cisalhamento Varginha. 3. Faixa Brasília. 4.
Província Tocantins. I. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

THAÍS GÜITZLAF LEME

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA OCORRÊNCIA DE
(CLINOPIROXÊNIO)-HASTINGSITA-BIOTITA-GRANADA
ORTOGNAISSE NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO PRATA
- MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas
- Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro (orientador)

Prof. Dr. Antenor Zanardo

Prof. Dr. Marcos Aurélio Farias de Oliveira

Rio Claro, 28 de novembro de 2016.

Aos meus pais, pelo apoio de sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por proporcionar as melhores oportunidades, e por estarem sempre presentes.

Agradeço ao Prof. Dr. Antenor Zanardo e Prof. Dr. Guillermo R. B. Navarro pela orientação e colaboração, que foram fundamentais na elaboração deste trabalho.

Aos doutorandos Cibele C. Montibeller e Filipe G. Lima, pela paciência, auxílio, colaboração, contribuição, co-orientação e correções, que foram de grande importância.

Aos amigos, Renata A. S. Paes e Leonardo Habermann, pela amizade, companheirismo, parceria e confiança durante toda a graduação.

À FAPESP (processo 2013/04235-2), pelo apoio financeiro.

RESUMO

Na região de Santa Cruz do Prata, sudoeste de Minas Gerais, foi registrada a ocorrência de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse encaixado em rochas atribuídas ao Grupo Araxá, próximo ao contato tectônico com litotipos atribuídos ao Complexo Guaxupé. A associação mineral presente no ortognaisse é incomum, e não completamente descrita e compreendida na região. Neste trabalho são apresentados dados petrográficos, geoquímicos, de química mineral, termobarométricos e isotópicos com a finalidade de caracterizar a ocorrência do litotipo. Esta rocha apresenta estrutura que varia de isotrópica a anisotrópica, podendo exibir domínios bem mais foliados e orientados, em consequência do maior grau de deformação. Nas porções menos deformadas é possível identificar feições ígneas primárias preservadas. Os aspectos mineralógicos, texturais e petrológicos sugerem que o protólito do ortognaisse seria uma rocha granítica composta por ortoclásio, plagioclásio, granada, clinopiroxênio e quartzo, originada em condições de temperaturas mínimas da ordem 900 °C, e pressões acima de 15 kbar. As análises litogeoquímicas mostram que o ortognaisse apresenta composição química cálcica-alcalina, com caráter metaluminoso a peraluminoso, classificado como granodiorito a granito, com características composicionais semelhantes à de rochas geradas em arcos magmáticos. Os dados obtidos indicam ápice metamórfico em condições de fácies granulito, com temperaturas mínimas de 800 °C e pressões superiores a 12,5 kbar, e reequilíbrio retrometamórfico em condições de 670 °C a 750 °C e 10,0 kbar a 12,5 kbar em fácies anfibolito médio a alto, com trajetória metamórfica em sentido horário, compatível com zonas de colisão continental.

Palavras-chave: Zona de Cisalhamento Varginha, Faixa Brasília, Província Tocantins.

ABSTRACT

In the region of Santa Cruz do Prata, southwest of Minas Gerais, the occurrence of (clinopyroxene) -hastingsite-biotite-garnet orthogneiss was recorded between rocks attributed to the Araxá Group, close to the tectonic contact with lithotypes attributed to the Guaxupé Complex. The mineral assemblage present in the orthogneiss is uncommon, and not completely described and understood in the region. In this work are presented petrographic, geochemical, of mineral chemistry, thermobarometric and isotopic data with the purpose of characterizing the occurrence of this lithotype. This rock has structures that varies from isotropic to anisotropic, and may show much more foliated and oriented domains, due to the greater degree of deformation. In the less deformed portions it is possible to identify preserved primary igneous features. The mineralogical, textural, and petrological aspects suggest that the orthogneiss protolith was a granitic rock composed of orthoclase, plagioclase, garnet, clinopyroxene and quartz, originated under conditions of minimum temperatures of 900 °C, and pressures above 15 Kbar. The lithogeochemical analyzes show that the orthogneiss presents a calcic-alkaline chemical composition, with metaluminous to peraluminous character, classified as granodiorite to granite, with compositional characteristics similar to that of rocks generated in magmatic arcs. The obtained data indicate metamorphic peak under granulite facies conditions, with minimum temperatures of 800 °C and pressures higher than 12.5 kbar, and retrometamorphic re-equilibrium under conditions of 670 °C to 750 °C and 10.0 kbar to 12.5 Kbar in medium to high amphibolite facies, with metamorphic trajectory clockwise, compatible with continental collision zones.

Keywords: Varginha Shear Zone, Brasília Belt, Tocantins Province.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos.....	15
1.2	Localização da área de estudo e aspectos fisiográficos.....	15
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
2.1	Levantamento Bibliográfico	17
2.2	Atividade de Campo	18
2.3	Caracterização Petrográfica	18
2.4	Estudos Litogeoquímicos.....	19
2.5	Química Mineral e Estudos Termobarométricos.....	19
2.6	Estudos isotópicos	20
2.7	Confecção do Trabalho de Conclusão de Curso.....	20
3	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	22
3.1	Generalidades	22
3.2	Unidades Litoestratigráficas	25
3.2.1	Complexo Guaxupé	25
3.2.2	Grupo Araxá	28
4	GEOLOGIA LOCAL	31
4.1	Rochas do Complexo Guaxupé	31
4.2	Rochas atribuídas ao Grupo Araxá.....	32
4.2.1	(Clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse	32
4.2.2	Encaixantes do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse.....	35
5	PETROGRAFIA.....	39
5.1	Rochas atribuídas ao Complexo Guaxupé.....	39
5.1.1	Hastingsita-biotita-granada gnaiss com clinopiroxênio.....	39
5.1.2	Biotita gnaiss com hastingsita.....	42
5.2	Rochas atribuídas ao Grupo Araxá.....	44
5.2.1	Biotita-hastingsita-granada gnaiss	44
5.2.2	(Clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse	47
5.2.3	Biotita gnaiss com granada	51

6	GEOQUÍMICA.....	55
7	QUÍMICA MINERAL.....	60
7.1	Anfibólio.....	60
7.2	Biotita	62
7.3	Piroxênio.....	64
7.4	Granada.....	65
7.5	Feldspatos	68
7.5.1	Plagioclásio.....	68
7.5.2	Feldspato potássico	68
8	GEOTERMOBAROMETRIA.....	70
9	ESTUDOS ISOTÓPICOS	73
10	DISCUSSÕES	75
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	79
12	BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

ANEXOS

ANEXO I – Mapa de Pontos

ANEXO II – Mapa Geológico

ANEXO III – Tabela de Análises Litogeoquímicas

ANEXO IV - Tabelas de Análises de Química Mineral

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso.	15
Figura 3.1 - Esboço tectônico do Brasil Centro-Leste, com destaque para a Província Tocantins. (Modificado de HASUI, 2012).	22
Figura 3.2 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (compilado de SEER, 1999; DARDENNE, 2000; PIMENTEL et al., 2000; VALERIANO et al., 2000; SILVA, 2003; HASUI, 2012. Modificado de VALERIANO et al., 2004).	23
Figura 3.3 - Mapa da Zona de Sutura de Alterosa (modificada de ZANARDO et al., 2006). ..	24
Figura 3.4- Delimitação do Complexo Guaxupé evidenciando as variações das pressões por metamorfismo (Modificado de DEL LAMA et al. 2000).	27
Figura 3.5 - Litologias que compõem o Grupo Araxá na Zona de Sutura de Alterosa. (Modificado de ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).	29
Figura 4.1 - Aspectos gerais das rochas do Complexo Guaxupé	32
Figura 4.2 - Blocos de(clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse.	33
Figura 4.3 - Feições mesoscópicas do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse.....	34
Figura 4.4 - Variação da estrutura do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse	34
Figura 4.5 - Principais exposições das rochas encaixantes do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse.....	35
Figura 4.6 - Porfiroclastos de feldspato potássico.....	36
Figura 4.7 - Veios e injeções quartzo-feldspáticas em biotita-hastingsita-granada gnaiss.....	36
Figura 4.8 -Feições migmatíticas em biotita-hastingsita-granada gnaiss.	37
Figura 4.9 - Aspectos gerais das rochas encaixantes ao (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse atribuídas ao Grupo Araxá.....	37
Figura 4.10– Aspectos texturais e estruturais do quartzito micáceo.	38
Figura 5.1- Fotomicrografias de hastingsita-biotita-granada gnaiss com clinopiroxênio	41
Figura 5.2-Fotomicrografias de biotita gnaisses com hastingsita.	43
Figura 5.3 - Fotomicrografias de biotita-hastingsita-granada gnaiss.....	45
Figura 5.4- Fotomicrografias de biotita-hastingsita-granada gnaiss.....	47

Figura 5.5 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse....	49
Figura 5.6 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse....	50
Figura 5.7 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse....	51
Figura 5.8 - Fotomicrografias de biotita gnaiss com granada.....	53
Figura 6.1 - Padrão de distribuição dos diagramas binários TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , T , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_3 vs SiO_2	55
Figura 6.2 - Padrão de distribuição dos diagramas binários de elementos menores e traços vs SiO_2	56
Figura 6.3- Gráficos de classificação geoquímica.....	58
Figura 6.4-Diagramas de distribuição de elementos incompatíveis e ETR.....	59
Figura 6.5 -Gráficos discriminantes de ambientes tectônicos.....	59
Figura 7.1 - Diagrama de classificação dos anfibólios cálcicos (modificado de LEAKE et al., 1997).....	61
Figura 7.2 -Diagrama de classificação de biotitas.....	62
Figura 7.3 -Diagramas binários dos cristais de biotita	63
Figura 7.4 -Diagrama Q-J de classificação química de piroxênio (MORIMOTO, 1988).....	64
Figura 7.5 -Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de clinopiroxênios (MORIMOTO, 1988).....	65
Figura 7.6- Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5B do Grupo Araxá. Perfil predominantemente homogêneo.....	66
Figura 7.7- Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5B do Grupo Araxá. Perfil com discreto zoneamento composicional..	66
Figura 7.8 - Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5Cf do Grupo Araxá.	67
Figura 7.9 - Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-9B do Grupo Araxá	67
Figura 7.10 -Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-21 – Complexo Guaxupé.....	68
Figura 7.11-Diagrama ternário de classificação de feldspatos.....	69
Figura 9.1 – Resultados das análises isotópicas Sm/Nd.....	74

Figura 10.1 - Diagrama P x T mostrando a trajetória do metamorfismo das rochas estudadas do Grupo Araxá e Complexo Guaxupé. Ky (Cianita), And (Andalusita), Sill (Silimanita).....77

Figura 10.2 – Associações de fases em produtos experimentais. A linha tracejada separa os experimentos com fusão resultante e sem fusão. Bt (Biotita), Cpx (Clinopiroxênio), Grt (Granada), Kfs (Feldspato potássico), Plg (Plagioclásio), Qtz (Quartzo), Kya (Cianita), Phn (Fengita), Zo (Zoisita) e Cs (Coesita) (PATIÑO DOUCE, 2005).....78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 6.1 - Composição normativa das amostras analisadas.....	57
Tabela 7.1 - Minerais analisados por microsonda eletrônica.....	60
Tabela 8.1 - Condições P-T calculadas pelo software THERMOCALC	70
Tabela 9.1 – Análise isotópica Sm/Nd	73

1 INTRODUÇÃO

A porção sul/sudoeste do estado de Minas Gerais compreende terrenos pré-cambrianos, constituídos por áreas cratônicas de idade arqueana a paleoproterozoica circundadas por sequências metassedimentares supracrustais alóctones, autóctones e para-autóctones e zonas de cisalhamento mais recentes, que evidenciam uma história tectono-metamórfica complexa. Diversos trabalhos a exemplo de Davino (1979), Almeida et al. (1980), Haralyi e Hasui (1982), Artur e Wernick (1986), Soares (1988), Campos Neto et al. (1990), Hasui et al. (1990), Campos Neto (1991), Campos Neto e Figueiredo (1992), Zanardo (1992, 2003), Morales (1993), Dardenne (2000), Pimentel et al. (2000), Trouw et al. (2000) e Valeriano et al. (2004) concordam que a configuração tectônica regional dessa porção resultou de colisões continentais envolvendo placas e blocos crustais.

A área de estudo está situada na porção meridional da Faixa de Dobramentos Brasília, que representa um cinturão orogênico neoproterozoico resultante de um conjunto de empurrões em terrenos de escala crustal (FUCK, 1994; DARDENNE, 2000), próxima ao contato entre as unidades que compõem o Grupo Araxá e o Complexo Guaxupé. Nessa porção são reconhecidas unidades litoestratigráficas que compõem dois blocos continentais ou placas (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982; HARALYI et al., 1985, DARDENNE, 2000; VALERIANO et al., 2004), os quais são separados pela Sutura de Alterosa, representando o limite entre os dois domínios litológicos. Encaixado entre essas unidades litoestratigráficas ocorre uma faixa estruturada na direção E-W a WNW-ESE, atribuídas por Cavalcante et al. (1979) ao Complexo Campos Gerais, por Trouw et al. (1984) ao Grupo Andrelândia e por Zanardo (1992), Del Lama (1993) e Zanardo et al. (1996) ao Grupo Araxá.

Nessa porção, onde insere-se a área de estudo, o Grupo Araxá é composto por metassedimentos psamo-pelíticos, intercalados com granitos sin-tardi tectônicos, ortognaisses e rochas metamáficas e metaultramáficas (ZANARDO et al., 2006) metamorfisados em fácies anfibolito a granulito, no campo de estabilidade da cianita. Inserido nas rochas do Grupo Araxá, nessa região, foi registrada a ocorrência de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, cuja associação mineral é pouco comum, e não completamente descrita e compreendida na região.

Neste trabalho são apresentados os resultados de estudos petrográficos, geoquímicos, de química mineral, geotermobarométricos e isotópicos, realizados no corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa Cruz do Prata, com o intuito de caracterizar esta ocorrência.

1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho são o levantamento geológico da ocorrência de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse e sua caracterização por meio de estudos petrográficos, geoquímicos, de química mineral, geotermobarométricos e isotópicos.

1.2 Localização da área de estudo e aspectos fisiográficos

A área de estudo localiza-se na porção sudoeste do estado de Minas Gerais, formando um retângulo orientado na direção leste-oeste, com aproximadamente 12 km². É delimitada pelas coordenadas em UTM 327.000 E/7653.000 S e 323.000 E/7656.000 S, e localiza-se 5 km a leste de Santa Cruz do Prata (Figura 1.1), distrito de Guaranésia e cerca de 10 km a norte do município de Guaxupé, abrangendo a porção sudoeste da Folha Topográfica Jacuí (SF-23-V-C-III-2).

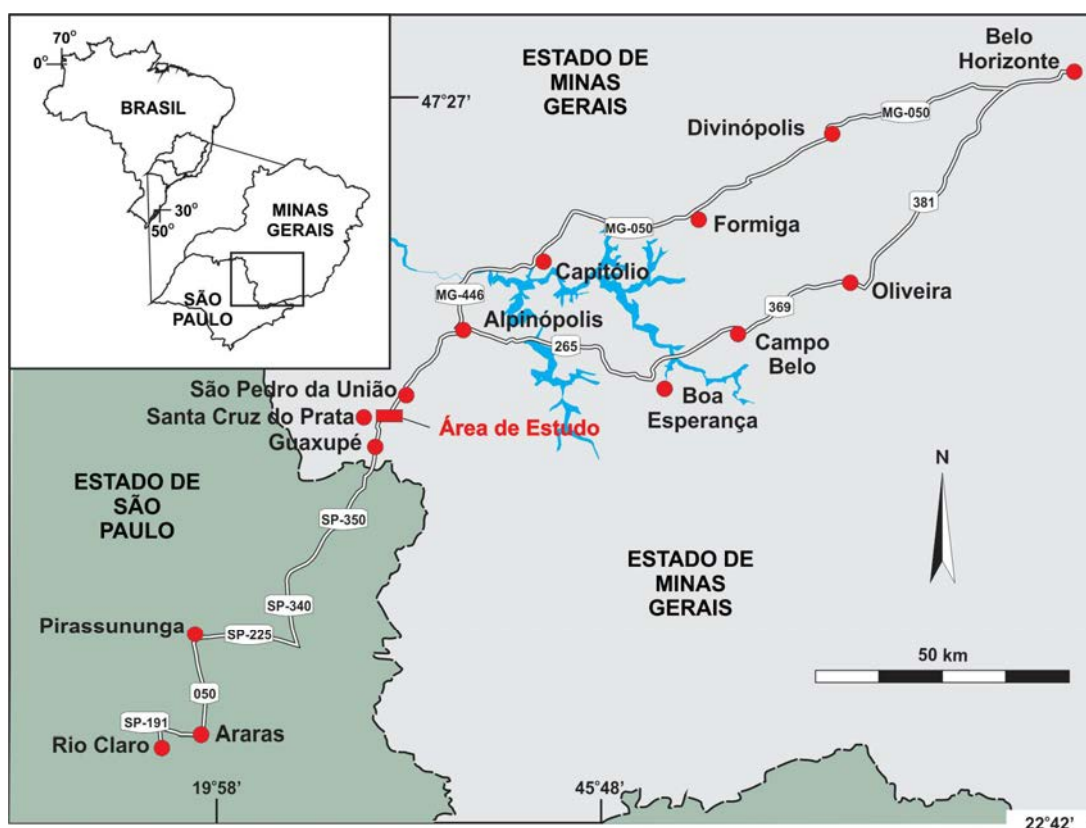


Figura 1.1 – Localização da área de estudo e principais vias de acesso.

O acesso à área de estudo a partir de Rio Claro, localizado a 225 km da área, pode ser realizado utilizando-se a BR-050 passando pelos municípios de Araras e Pirassununga, seguindo-se pela BR-225, até a rodovia SP-340 e SP-350 até a divisa dos estados de São

Paulo e Minas Gerais, passando pela cidade de Guaxupé (Figura 1.1). A partir de Belo Horizonte, o acesso pode ser feito pela MG-050, passando pelas cidades de Divinópolis, Formiga e Capitólio, até a MG-446, onde segue-se no sentido a Alpinópolis, de onde se tem acesso à rodovia que liga Alpinópolis – São Pedro da União – Guaxupé. O acesso à área, partindo-se de Belo Horizonte, também pode ser feito pela rodovia BR-381, até Oliveira, seguindo-se pelas rodovias BR-369, passando pelas cidades de Campo Belo e Boa Esperança. Após Boa Esperança segue-se pela rodovia BR-265, até Alpinópolis, onde se tem acesso à rodovia Alpinópolis – São Pedro da União – Guaxupé (Figura 1.1).

Segundo a classificação de Köppen (1936, *apud* CAVALCANTE et al., 1979), esta região possui clima mesotérmico de inverno seco, com verões brandos e estação chuvosa no verão (Cwb), também denominado de clima tropical de altitude. A temperatura média anual oscila entre 16,5 °C e 22 °C. O período chuvoso estende-se de outubro a abril, com precipitação média anual de 1.300 mm a 1.700 mm.

Baseado na divisão geomorfológica de Almeida (1964), Cavalcante (1979) atribui a região de estudo à província geomorfológica Planalto Atlântico, dentro da unidade Planalto Sul de Minas, classificada na sub-unidade Superfície Alto do Rio Grande. A sub-unidade configura uma superfície ondulada, com altitudes variando em torno de 900 m, raramente atingindo 1.000 m. Praticamente todo o planalto possui vegetação de campos (CAVALCANTE et al., 1979).

A área de estudo localiza-se numa pequena serra na porção sudoeste da Folha Topográfica de Jacuí, a oeste da Serra do Caipora, com altitudes que variam de 900 m a 1.170 m.

Quanto aos aspectos hidrográficos, a área é drenada por pequenos córregos de expressão local, como o Córrego do Cerradinho em sua porção norte, Córrego Muzambinho em sua porção sudeste, e Córrego dos Cardosos, Córrego Fundo e Ribeirão Santa Bárbara em sua porção sudoeste e sul.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram previstas sete etapas para a elaboração desta pesquisa, compreendendo: (1) levantamento bibliográfico; (2) atividade de campo; (3) caracterização petrográfica; (4) estudos litogeoquímicos; (5) química mineral e estudos termobarométricos; (6) estudos isotópicos e (7) confecção do Trabalho de Conclusão de Curso.

Além das amostras coletadas durante as atividades de campo, também foram utilizadas amostras e lâminas do Projeto Jacuí, executado pelos alunos formandos do Curso de Geologia de Rio Claro (turma de 1979) em parceria com o Departamento Nacional de Produção Mineral (coordenação dos Profs. Asit Choudhuri, Paulo César Soares, Juércio Tavares de Mattos, Wu Fu Tai e Alberto Pio Fiori) para estudos petrográficos e litogeoquímicos, que são diferenciadas das demais amostras analisadas pelo prefixo “Ja”.

2.1 Levantamento Bibliográfico

Esta etapa foi contínua durante todo o desenvolvimento do trabalho, e abrangeu a compilação de material bibliográfico acerca da região estudada, sobre os aspectos litoestratigráficos do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé no Estado de Minas Gerais. Foram consultadas bibliografias referentes à geologia regional, contexto tectônico e evolutivo da área, terrenos metamórficos, petrografia e petrogênese em pesquisas nacionais e internacionais, bem como textos referentes a técnicas de mapeamento de terrenos metamórficos, e outros textos base sobre a fundamentação teórica das técnicas utilizadas em análises litogeoquímicas, de química mineral, estudos de termobarometria e estudos isotópicos para a interpretação de dados, além da sistematização de dados geoquímicos, geocronológicos e termobarométricos já existentes de estudos realizados na região.

Bibliografias específicas sobre a geologia regional e os aspectos locais das rochas do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé foram adquiridas ao longo do desenvolvimento do trabalho, assim como a bibliografia fundamental para a descrição petrográfica de rochas metamórficas, e outros textos referentes a técnicas específicas utilizadas no desenvolvimento do trabalho. A descrição mineralógica e a classificação de rochas metamórficas utilizaram como base os livros de Deer et al. (1992, 1997a, b, c) e Passchier et al. (1993), com atualização dos conceitos através de artigos especializados na área.

A pesquisa inicial utilizou como base de dados o sistema *Athena* da Biblioteca da UNESP de Rio Claro, bem como as bases *Web of Science* e *Science Direct*.

Dentre os materiais compilados, encontram-se mapas topográficos, geológicos, geomorfológicos, fotografias aéreas, imagens de satélite LANDSAT e do *Google Earth*, coligidos pelo software *ArcGis 10.1* para geração de mapas auxiliares para as etapas de campo.

2.2 Atividade de Campo

O trabalho de campo abrangeu o reconhecimento da área de estudo, a descrição de afloramentos na região de Santa Cruz do Prata – São Pedro da União – Guaxupé (MG), e a coleta de material para análise em laboratório. Nos levantamentos de campo foram utilizadas as folhas topográficas 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Jacuí (SF-23-V-C-III-2) e Guaxupé (SF-23-V-C-III-4) e imagens do *Google Earth*.

A campanha de campo foi realizada entre os dias 05 e 07 de novembro de 2014, durante a qual foram descritos 31 afloramentos, nomeados com o prefixo SCP seguido do número do afloramento.

A amostragem foi feita a partir de 31 afloramentos em cortes de estrada e blocos, sendo coletadas 50 amostras representativas dos conjuntos litológicos, denominadas conforme a nomenclatura dos afloramentos e, quando necessário, discriminadas por letras (A, B, C...) em casos de mais de uma amostra coletada. Destas, 25 amostras foram selecionadas para a confecção de lâminas delgadas, e foram guardadas as contrapartes para estudos posteriores, como geoquímicos e de química mineral.

2.3 Caracterização Petrográfica

A caracterização petrográfica foi realizada por meio do estudo de 25 seções delgadas representativas dos litotipos descritos em campo, e confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – UNESP, Campus Rio Claro, com comprimento da ordem de 3,0 cm e largura de 2,0 a 2,5 cm, e espessura aproximada de 30 µm, cobertas por lamínula de aproximadamente 24 mm x 32 mm. Nesta etapa, também foram utilizadas quatro seções delgadas provenientes do Projeto Jacuí (1979).

As análises microscópicas foram realizadas à luz transmitida, em microscópio petrográfico da marca *Olympus* modelo *BX40F4*, com aumentos de 40, 100e 500 vezes. A determinação das texturas e estruturas metamórficas seguiu as orientações de Passchier e Trouw (2005).

A documentação fotomicrográfica das fases minerais, texturas e estruturas foi feita utilizando-se câmera *Canon* modelo *DS126201* acoplada ao microscópio *Zeiss* modelo *Axioskop 40*. A identificação do nome dos minerais nas fotomicrografias foi realizada com base na lista de abreviações recomendada pela IUGS (SIIVOLA e SCHMID, 2007).

2.4 Estudos Litogeoquímicos

Os estudos litogeoquímicos foram realizados por meio de análises químicas de rocha total de nove amostras representativas do corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, executadas pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá) e pelo Laboratório SGS GEOSOL.

Os elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$, MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5) foram analisados por Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-AES), após fusão utilizando metaborato/tetraborato de lítio e digestão em ácido nítrico diluído, e a perda ao fogo (LOI) determinada por método termogravimétrico a 1.000°C por quatro horas. Os elementos menores e traços (Ba, Co, Cs, Cu, Ga, Hf, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Sr, Ta, Th, U, V, Y, Zn, Zr), e os elementos terras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu), foram analisados por Espectrômetro de Massa em Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), após fusão utilizando metaborato/tetraborato de lítio e digestão em ácido nítrico.

Para a manipulação dos dados geoquímicos e elaboração de diagramas foi utilizado o programa *MINPET* versão 2.02 (RICHARD, 1995) e o software *GCDkit* versão 4.1.

2.5 Química Mineral e Estudos Termobarométricos

Esta etapa compreendeu estudos de química mineral e cálculos termobarométricos, com a finalidade de avaliar as condições de metamorfismo através da utilização de geotermômetros e geobarômetros.

As lâminas selecionadas foram polidas no Laboratório de Laminação, metalizadas com carbono e analisadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), UNESP - Câmpus de Rio Claro. As análises foram realizadas em quatro lâminas por microsonda eletrônica da marca JEOL modelo JXA-8230 *superprobe*, sob condições de 15 kV, aceleração de 20,4 nÅ e diâmetro do feixe de 10 µm, com padrões naturais para todos os elementos.

Foram analisados cristais de granada, plagioclásio, feldspato potássico, clinopiroxênio, anfibólio e biotita, escolhidos por critérios petrográficos de acordo com a paragênese de interesse. Para investigação de suas composições foram realizadas análises pontuais e em perfis. Os cálculos da atividade mineral das fases analisadas e das fórmulas estruturais dos minerais foram realizados pelo programa *AX* e pelo programa *MINPET* versão 2.02.

Os cálculos das condições de temperatura e pressão foram realizados através do software *Thermocalc* (POWELL e HOLLAND, 1994).

2.6 Estudos isotópicos

Uma amostra do corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse foi selecionada para estudos isotópicos Sm/Nd e determinação de Idade Modelo (T_{DM}) em rocha total para definição da idade de diferenciação crosta-manto do protólito.

As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR), da Faculdade de Geologia, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, utilizando-se o método de Valeriano et al. (2009). As leituras das razões foram feitas em Espectrômetro de Massa por ionização termal (TIMS) da marca *Finnigan TRITON-TI*. A razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foi normalizada pelo padrão de La Jolla ($^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219). A idade modelo T_{DM} foi calculada utilizando-se o modelo de De Paolo (1981).

2.7 Confecção do Trabalho de Conclusão de Curso

Os resultados obtidos a partir da caracterização petrográfica, inicialmente na forma de fichas descritivas, foram reorganizados em texto. As informações sobre as texturas, estruturas e mineralogia foram correlacionadas com os dados de trabalhos anteriores realizados na região. Os produtos obtidos a partir de geoquímica, química mineral, termobarometria e

estudos isotópicos foram reorganizados em forma de gráficos e diagramas para interpretação final dos dados obtidos.

Ao tratamento dos dados e à interpretação dos resultados seguiu-se a etapa de consolidação dos produtos da pesquisa e a elaboração do trabalho final, contendo as conclusões às quais a autora do estudo se dedicou, após tratar os dados e reordená-los de acordo com a metodologia proposta.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 Generalidades

A área de estudo está situada no sudoeste do estado de Minas Gerais, nos arredores do distrito de Santa Cruz do Prata (município de Guaranésia), na porção sul da Província Estrutural Tocantins (ALMEIDA, 1967), no extremo sul da Faixa Brasília Meridional (ALMEIDA, 1977), próximo ao contato entre as unidades atribuídas ao Grupo Araxá e o Complexo Guaxupé.

De acordo com Almeida et al. (1977), a Província Estrutural Tocantins (Figura 3.1) inclui todos os terrenos situados entre os crátons Amazônico, do São Francisco e Paranapanema, e representa o domínio orogênico originado da colisão desses crátons durante o Neoproterozoico (ALMEIDA et al., 1981). É constituída por três faixas orogênicas, que possuem evolução provavelmente diacrônica: as faixas Araguaia e Paraguai, que bordejam o Crátão Amazônico, e a Faixa Brasília, que bordeja a porção sudoeste do Crátão do São Francisco (ALMEIDA e HASUI, 1984; TROMPETE, 1994) e a porção norte do Crátão e/ou Bloco Paranapanema que ocorre encoberto pelas coberturas fanerozoicas da Bacia do Paraná.

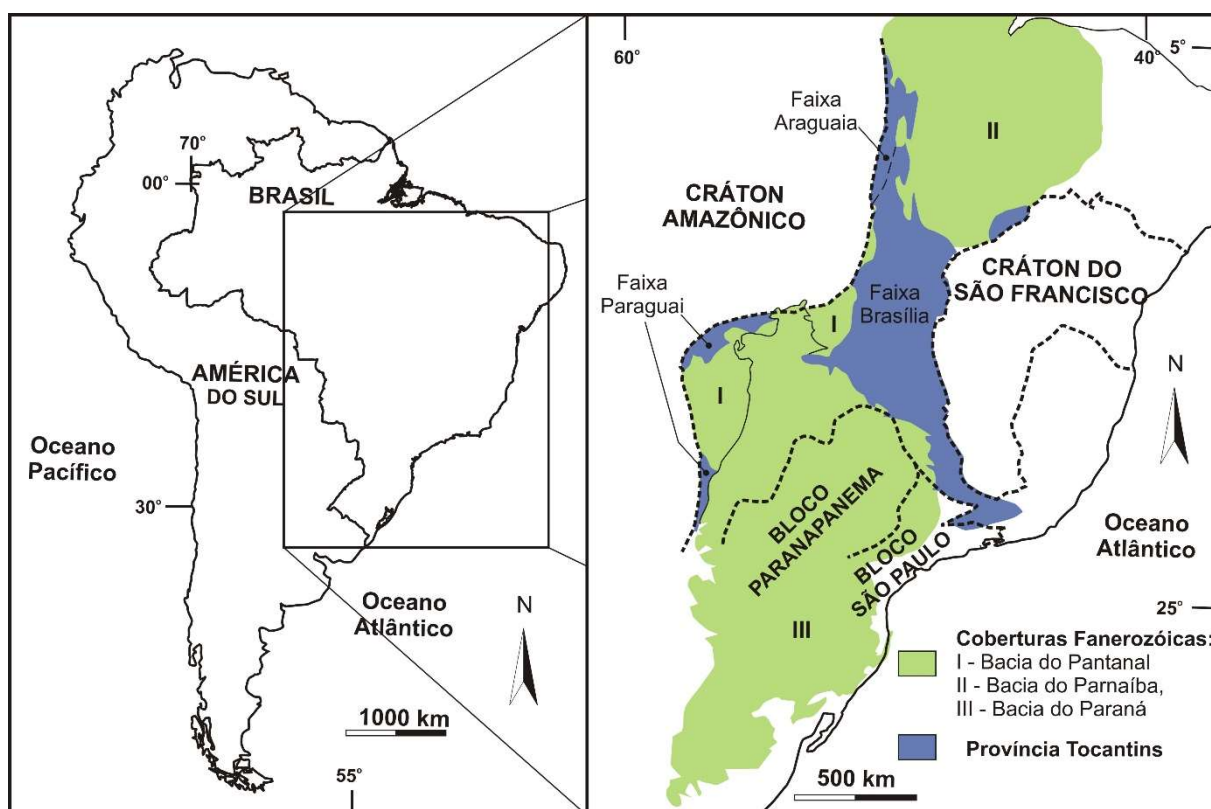


Figura 3.1- Esboço tectônico do Brasil Centro-Leste, com destaque para a Província Tocantins. (Modificado de HASUI, 2012).

Segundo Fuck (1994) e Dardenne (2000), a Faixa Brasília (Figura 3.2) corresponde a um cinturão orogênico neoproterozoico resultante de um conjunto de empurrões em terrenos de escala crustal sobre a margem ocidental do Cráton do São Francisco. É segmentada em dois compartimentos de orientação e estilos metamórfico-deformacionais distintos: a Faixa Brasília Setentrional, de orientação NE, e a Faixa Brasília Meridional, de orientação NW. A compartimentação tectônica da Faixa Brasília, de leste para oeste, é definida pelos terrenos que se acrescionaram à borda ocidental do Cráton do São Francisco, e inclui um cinturão de dobras e empurrões de antepaís (metassedimentos parautoctones do Grupo Bambuí), complexo metamórfico (metassedimentos alóctones de margem passiva neoproterozoica e porções de seu embasamento), Maciço Goiano (rochas arqueanas a mesoproterozoicas) e o Arco Magmático de Goiás (VALERIANO et al., 2004).

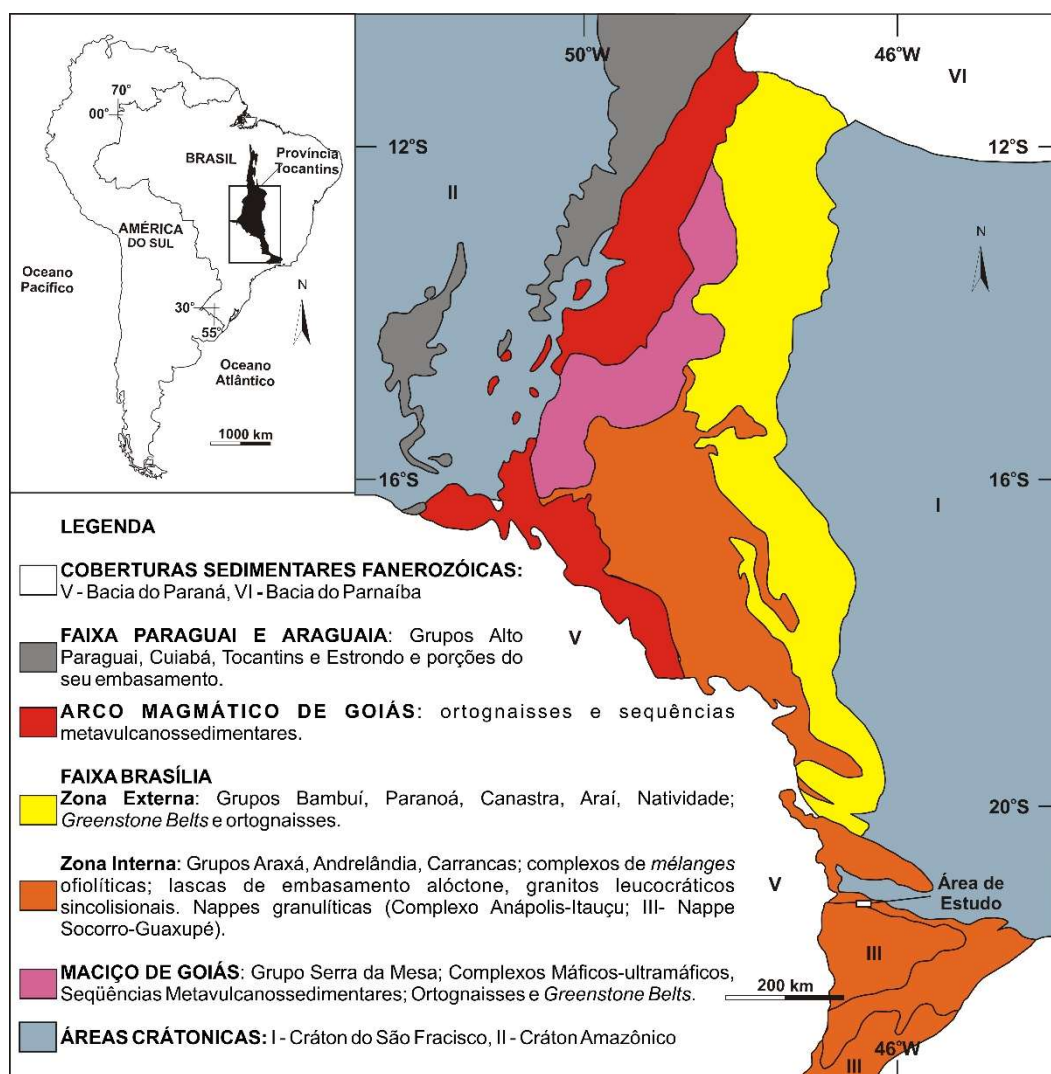


Figura 3.2 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (compilado de SEER, 1999; DARDENNE, 2000; PIMENTEL et al., 2000; VALERIANO et al., 2000; SILVA, 2003; HASUI, 2012. Modificado de VALERIANO et al., 2004).

Para Valeriano et al. (2004), a Faixa Brasília Meridional é caracterizada pelo empilhamento tectônico de extensas *nappes*, com terrenos tectono-estratigráficos limitados por importantes superfícies de cavalgamento, representados pelos grupos Vazante, Canastra, Ibiá, Paranoá e Araxá-Andrelândia.

A configuração tectônica da região da área de estudo é definida por unidades geológicas com diferentes evoluções, amalgamadas por colisão continental durante orogênese brasileira no Neoproterozoico, que formou a Faixa Brasília Meridional (DARDENNE, 2000; VALERIANO et al., 2004). Nos estágios finais desse processo colisional, as unidades foram fortemente afetadas pela atuação do cinturão de cisalhamento dúctil a dúctil-rúptil Campo do Meio (CAVALCANTE et al., 1979; ZANARDO, 1992; MORALES, 1993).

Na porção que compreende a área de estudo, são reconhecidas unidades litoestratigráficas que compõem dois blocos continentais (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982; e HARALYI et al., 1985): i) o bloco Brasília (a norte) e, ii) o bloco São Paulo (a sul), os quais são separados pela Sutura de Alterosa (Figura 3.3), representando o limite entre os dois domínios litológicos.

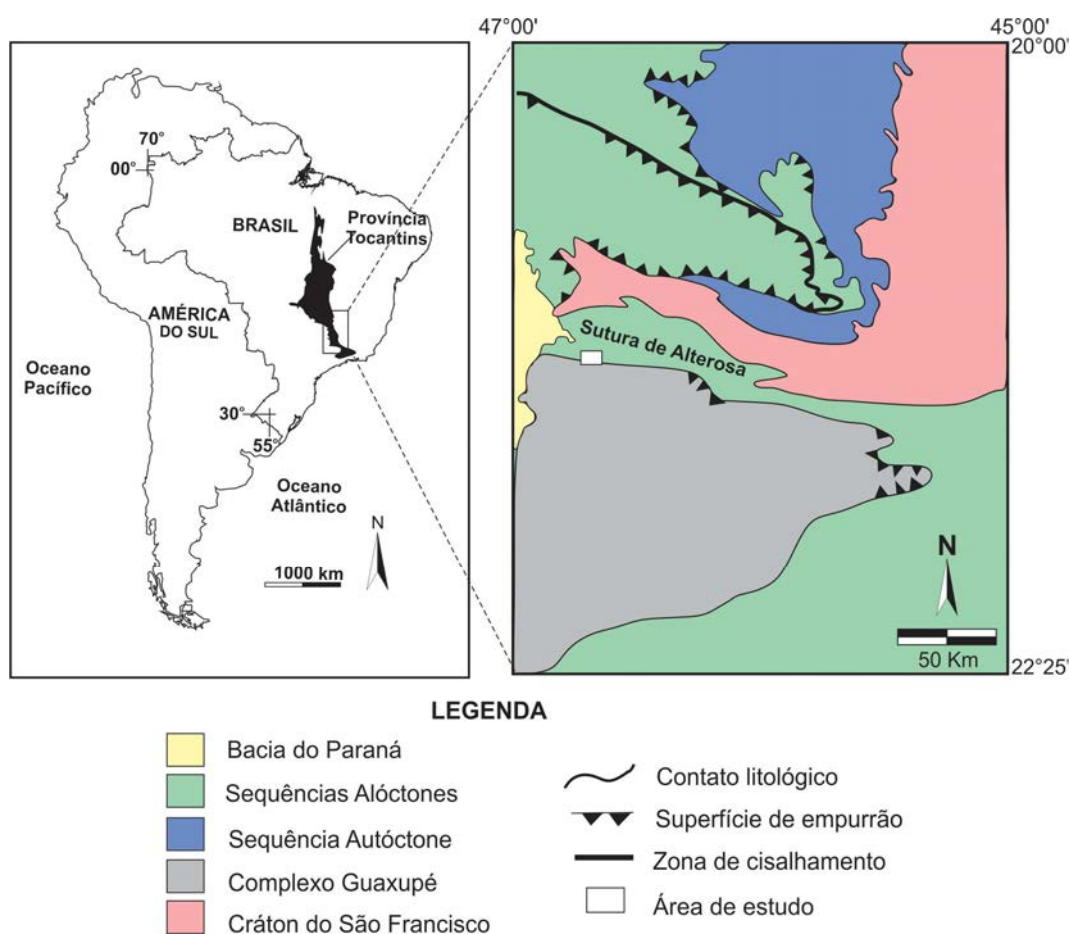


Figura 3.3- Mapa da Zona de Sutura de Alterosa (modificada de ZANARDO et al., 2006).

O Bloco Brasília corresponde ao Complexo Barbacena e representa o bloco cavalgado, constituído por uma complexa associação litológica, incluindo terrenos migmatíticos e granito-gnaiss-*greenstone*, além de rochas supracrustais alóctones e autóctones (sequências metassedimentares – Grupo Araxá, Grupo Canastra e Grupo Bambuí). O Bloco São Paulo é representado pelo Complexo Guaxupé, e corresponde ao bloco cavalgante, composto por rochas de alto grau (fácies granulito).

Encaixado entre os blocos, a norte do Complexo Guaxupé e a sul da exposição do Complexo Barbacena, ocorre uma faixa estruturada na direção E-W a WNW-ESE, atribuída por Cavalcante et al. (1979) ao Complexo Campos Gerais, por Trouw et al. (1984) ao Grupo Andrelândia e por Zanardo (1992) e Zanardo et al. (1996a) ao Grupo Araxá.

3.2 Unidades Litoestratigráficas

Na área de estudo afloram unidades litoestratigráficas que receberam diversas denominações durante a evolução do conhecimento geológico. Neste trabalho serão adotadas as denominações de Complexo Guaxupé e Grupo Araxá, de acordo com as propostas de Zanardo (1992 e 2003), Del Lama (1998), Del Lama et al. (2000) e Zanardo et al. (2006).

3.2.1 Complexo Guaxupé

As rochas de alto grau que ocorrem na porção sul do estado de Minas Gerais e porção nordeste do estado de São Paulo são agrupadas sob diversas denominações. O Complexo Guaxupé configura um bloco de forma triangular com vértice voltado para leste, delimitado a norte/nordeste por rochas supracrustais atribuídas aos grupos Araxá e Andrelândia, pela Zona de Cisalhamento Varginha; a sudeste é delimitado pelo Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino, de direção NE/SW, por rochas do Complexo Itapira intercaladas tectonicamente a rochas do Complexo Amparo; e a oeste, estão encobertas pelas rochas sedimentares fanerozoicas da Bacia do Paraná (ZANARDO et al., 2006).

O conjunto foi definido por Cavalcante et al. (1979) sob a denominação de Complexo Varginha, incluindo termos metamorfisados em fácies anfibolito e granulito nas regiões de Varginha, Alfenas, Guaxupé, São José do Rio Pardo, Machado e São João da Boa Vista. No entanto, várias denominações foram criadas para a unidade no decorrer da evolução do conhecimento geológico, como Complexo Varginha-Guaxupé (FONSECA et al., 1979),

Cunha Guaxupé (WERNICK et al., 1981), Bloco São Paulo (HARALYI e HASUI, 1982), Associação Guaxupé (WERNICK e ARTUR, 1983), Sintaxis Guaxupé (EBERT e HASUI, 1998), *Nappe* Socorro-Guaxupé (CAMPOS NETO et al., 1984; CAMPOS NETO e CABY, 1999).

O termo “Grupo Varginha” foi utilizado pela primeira vez por Ebert (1971) para definir um conjunto de rochas metassedimentares na região de Varginha.

Uma das denominações mais utilizadas para designar a unidade é o termo “*Nappe* Socorro-Guaxupé” (CAMPOS NETO et al., 1984), que abrange os complexos Socorro (a sul) e Guaxupé (a norte) em uma mesma unidade, separados por rampas laterais de alto ângulo, correspondendo a uma espessa lasca organizada em uma pilha alóctone dividida em dois domínios. Para Campos Neto e Figueiredo (1992), Campos Neto e Caby (2000) e Campos Neto et al. (2004), a *Nappe* Socorro-Guaxupé é interpretada como raiz de um arco magmático formado ao longo de uma margem continental ativa.

Outros autores, a exemplo de Del Lama et al. (2000), Zanardo (2003) e Zanardo et al. (2006), sugerem a denominação de Complexo Guaxupé e Complexo Socorro (WERNICK e PENALVA, 1974), uma vez que essas unidades formam dois blocos tectônicos continentais alóctones, de crosta inferior, que foram colocados sobre um embasamento arqueano e rochas metassedimentares neoproterozoicas durante colisão continental, resultando na atual configuração geológica da área.

O Complexo Guaxupé é constituído por litologias ortoderivadas de natureza intermediária a ácida, com intercalações de metassedimentos (pelíticos, psamíticos e carbonáticos), de rochas metamáficas e, mais raramente, rochas metaultramáficas, representadas por granulitos félsicos a máficos, gnaisses graníticos, paragneisses e quartzitos, xistos, mármore e lentes de calciossilicatadas (DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006). Para Zanardo (2003), os litotipos ortoderivados podem ser subdivididos em três conjuntos ou associações: charnockítica/mangerítica, migmatítica e gnáissico/granítica.

O padrão estrutural é marcado por uma foliação penetrativa frequentemente blastomilonítica, com direção W-NW, paralela ao bandamento composicional, e mergulho de baixo a médio ângulo para SSW. A foliação constitui formas lenticulares, ou está ondulada e/ou dobrada. Os ângulos de mergulho mais elevados são resultantes da atuação de zonas de cisalhamento empinadas que rotacionaram a foliação de baixo ângulo (ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).

O metamorfismo da unidade atingiu fácies granulito em seu ápice (OLIVEIRA, 1973; OLIVEIRA e HYPÓLITO, 1978; CHOUDHURI, 1984; MORALES et al., 1988; ZANARDO et al., 1990, 2006; JANASI, 1992; ZANARDO, 1992,2003; DEL LAMA, 1993, 1998; DEL LAMA et al., 1998, 2000; CAMPOS NETO e CABY, 1999). As paragêneses de fácies granulito são encontradas com maior frequência na porção norte do Complexo Guaxupé (ZANARDO, 2003).

Segundo Del Lama et al. (2000), o Complexo Guaxupé é uma unidade de alto grau metamórfico que pode ser dividida em três porções: i) uma porção a N-NE de mais alta pressão (basal), ii) uma porção intermediária, de pressão média a alta, iii) e uma porção mais a S-SW, de pressão média a baixa (superior) (Figura 3.4).

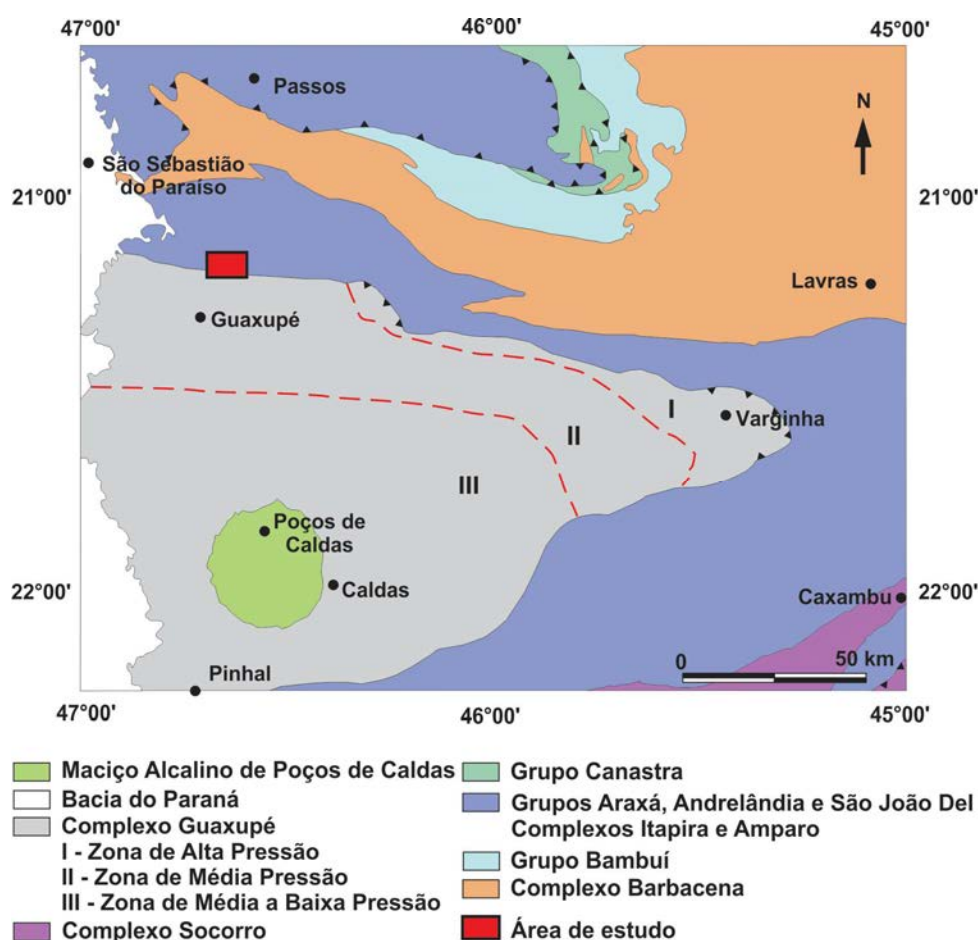


Figura 3.4- Delimitação do Complexo Guaxupé evidenciando as variações das pressões por metamorfismo (Modificado de DEL LAMA et al. 2000).

Estudos geotermobarométricos realizados por Del Lama (1993) na porção norte do Complexo Guaxupé, utilizando o par ortopiroxênio - clinopiroxênio em granada charnockitoide, indicam temperaturas entre 870-890°C e pressões entre 11-12 kbar, com reequilíbrio estimado em 740-770°C e 9,2 kbar.

Dados termobarométricos obtidos em granada granulitos na região de Monte Belo – Juréia, com o uso do software *TWQ* para a paragênese ortopiroxênio - clinopiroxênio - granada - plagioclásio, sugerem pico metamórfico em 1.040°C e 14,4 kbar (DEL LAMA et al., 2000). Cálculos semelhantes realizados por Nascimento (2010), na região de Arceburgo – Santa Cruz do Prata, feitos utilizando os softwares *PT Mafic* e *THERMOCALC* em enderbitos, granulitos máficos, e charnockitos, indicam pico metamórfico acima de 900°C e 10 kbar.

Idades T_{DM} obtidas por estudos isotópicos Sm/Nd para as rochas presentes na porção de pressão intermediária a alta da unidade, na região de Arceburgo - Santa Cruz do Prata, variam de 1,37 a 2,38 Ga (NASCIMENTO, 2010).

3.2.2 Grupo Araxá

Ao sul da exposição do Complexo Barbacena e a norte do Complexo Guaxupé, ocorre uma faixa estruturada na direção E-W a WNW-ESE, cujas litologias são atribuíveis ao Grupo Araxá por critérios petrográficos, metamórficos, estruturais e estratigráficos (ZANARDO, 1992; ZANARDO et al., 1996a, 2006).

A faixa atribuída ao Grupo Araxá, ao sul, apresenta contato tectônico com o Complexo Guaxupé por meio da Zona de Cisalhamento Varginha, e a norte, apresenta contato tectônico com o Complexo Barbacena pela Zona de Cisalhamento Riacho Fundo (a oeste) e pela Zona de Cisalhamento Petúnia (a leste) (ZANARDO, 2003).

A porção norte desta faixa de rochas foi incluída por Cavalcante et al. (1979) no Complexo Campos Gerais, e a porção sul, no Complexo Varginha, constituídas principalmente por gnaisses migmatíticos.

Trouw et al. (1984) atribuem essa porção como extensão dos Grupos Andrelândia e São João Del Rei; Schrank et al. (1990) e Roig e Schrank (1992) ao Complexo de *Nappes* Varginha-Guaxupé; enquanto Soares et al. (1991) denominaram de Complexo Varginha.

De acordo com Zanardo et al. (2006) essa faixa pode ser denominada de “Zona de Paleo Sutura de Alterosa”, e é constituída por metassedimentos psamo-pelíticos, intercalados com granitos sin-tardi tectônicos, ortognaisses e intercalações tectônicas de rochas metamáficas e metaultramáficas, afetadas pelo cinturão de cisalhamento Campo do Meio (Figura 3.5). Os litotipos presentes são representados por gnaisses paraderivados e

ortoderivados com composição granítica a tonalítica, xistos e quartzitos com ou sem granada e/ou cianita, anfibólitos, anfibólio gnaisses, rochas metaultramáficas, e subordinadamente rochas calciossilicáticas e gonditos (ZANARDO et al., 2006).

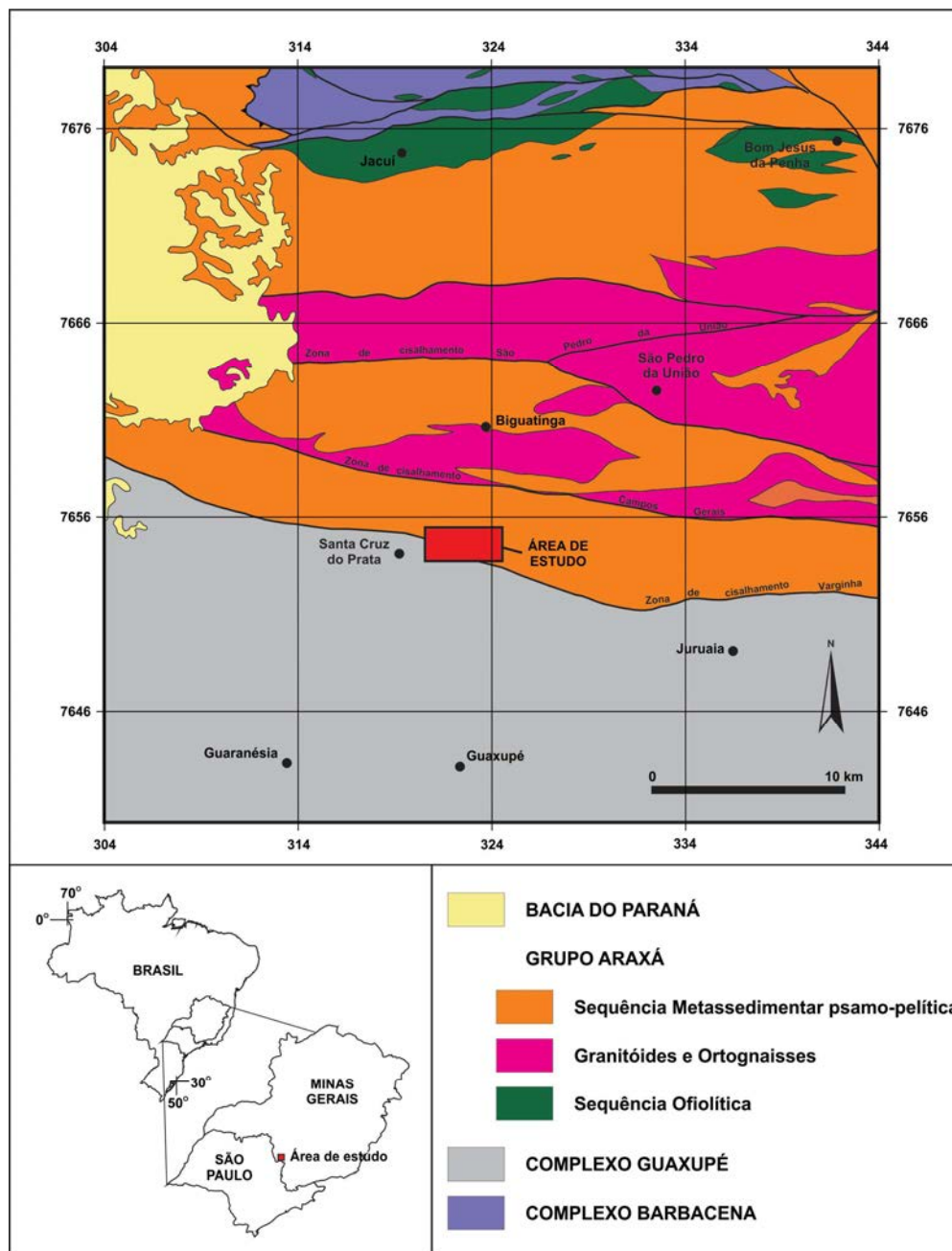


Figura 3.5 - Litologias que compõem o Grupo Araxá na Zona de Sutura de Alterosa. (Modificado de ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).

As rochas metamáficas e metaultramáficas concentram-se na porção norte da unidade. São atribuídas a uma sequência ofiolítica e ocorrem em corpos lenticulares, intensamente tectonizados, na região das cidades de Jacuí, Bom Jesus da Penha e Petúnia (SOARES et al., 1990; ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al., 1996b; SZABÓ, 1996).

De acordo com Godoy et al. (1999), os granitoides e ortognaisses possuem composição química potássica a cálcio-alcalina, sienogranítica a tonalítica, com caráter peraluminoso a metaluminoso. Esses litotipos apresentam características geoquímicas semelhantes a de rochas geradas em ambiente de arco de ilha ou arco continental associado a um evento colisional. Essas rochas aparentam ter sido controladas por zonas de cisalhamento, em fases transpressivas, e localmente evidenciam ter-se originado dos metassedimentos aluminosos (ZANARDO, 1992; DEL LAMA, 1993).

O padrão estrutural da unidade registra estruturas mais antigas cortadas por zonas de cisalhamento de mergulho moderado a alto, gerando feições sigmoidais com *trend* WNW/ESE. Em porções menos afetadas pelas zonas de cisalhamento, a foliação apresenta-se paralela ao bandamento tectônico, exibindo mergulhos com ângulo baixo a moderado (ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).

De acordo com Zanardo (2003), pode ser reconhecido um zoneamento metamórfico, com aumento de temperatura e pressão de norte para sul, delimitado pelas zonas de cisalhamento. Os litotipos presentes na porção norte sugerem condições metamórficas em fácies anfibolito, enquanto as rochas da porção sul alcançaram fácies granulito, no campo de estabilidade da cianita, com pressões na ordem de 15 kbar (DEL LAMA, 1993; ZANARDO et al., 2006). O retrometamorfismo, em toda unidade, é catalisado pelas zonas de cisalhamento, e pode atingir condições de fácies xisto verde (ZANARDO, 2003).

Estudos geotermobarométricos realizados por Del Lama (1993) e Del Lama et al. (1994), na região de Santa Cruz do Prata - São Pedro da União - Nova Resende, indicam que a unidade alcançou temperaturas de 830-900 °C e pressões de 12,5-15 kbar no auge metamórfico, e condições de reequilíbrio em 700-750 °C e 11,8-12,1 kbar. A quantificação dos dados foi realizada com uso dos termômetros: clinopiroxênio - granada, granada - hornblenda, hornblenda - plagioclásio e biotita - granada, e dos barômetros: granada - clinopiroxênio/ortopiroxênio – plagioclásio - quartzo e granada - hornblenda - plagioclásio-quartzo.

4 GEOLOGIA LOCAL

Durante o trabalho de campo foram descritos 31 afloramentos na região de Guaxupé - Santa Cruz do Prata – São Pedro da União (ANEXO I – Mapa de Pontos). O trabalho de campo teve como foco a caracterização e o mapeamento da ocorrência de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse (ANEXO II – Mapa Geológico), e registro dos litotipos encontrados no entorno da ocorrência para efeito de contextualização geológica.

A divisão dos litotipos e a relação de contato das unidades litoestratográficas seguiram a proposta de Zanardo (2003).

4.1 Rochas do Complexo Guaxupé

O Complexo Guaxupé ocorre na porção sul da área de estudo, próximo ao contato com o Grupo Araxá. Os litotipos atribuídos ao Complexo Guaxupé foram descritos na estrada que liga Guaxupé ao Bairro Jacuba, a sudeste da área de estudo. As exposições mais comuns associadas a essas rochas ocorrem em blocos com até 50 cm de diâmetro, afloramentos em corte de estrada com até 5,0 metros de altura, e em leitos de drenagens.

As rochas atribuídas a esta unidade descritas na área de estudo são caracterizadas principalmente por hastingsita-biotita gnaisses com ou sem granada, e localmente são encontrados hastingsita-biotita-granada gnaisses com clinopiroxênio. Em alguns litotipos ocorrem porfiroclastos de feldspato potássico retangulares ou ocelares, de cor rósea, podendo alcançar até 3,0 cm de diâmetro, com veios de epidoto discordantes do bandamento gnáissico (Figura 4.1-A). Em algumas porções ocorrem injeções de material quartzo-feldspático, de coloração rósea, com espessura milimétrica a centimétrica, dispostas predominantemente paralelas ao bandamento gnáissico (Figura 4.1-B).

As rochas gnáissicas são anisotrópicas, leucocráticas, granoblásticas (Figura 4.1-C) equigranulares a inequigranulares, localmente porfiroclásticas, de coloração rosa esbranquiçada a cinza claro. Os gnaisses são constituídos por leitos/domínios irregulares de coloração verde escura a preta, compostos por biotita e anfibólio (hastingsita), podendo ocorrer, em alguns casos, machas milimétricas de cor marrom avermelhada (granada). Quando intemperizadas, estas rochas apresentam coloração amarela a alaranjada, com níveis esbranquiçados, e máculas escuras (minerais máficos).

A estrutura é gnáissica com bandamento composicional geralmente descontínuo, localmente exibindo estrutura blastomilonítica (Figura 4.1-D). A textura varia de granular hipidiomórfica/alotromórfica a granoblástica, localmente com estrutura *flaser* com *ribbons* de quartzo.

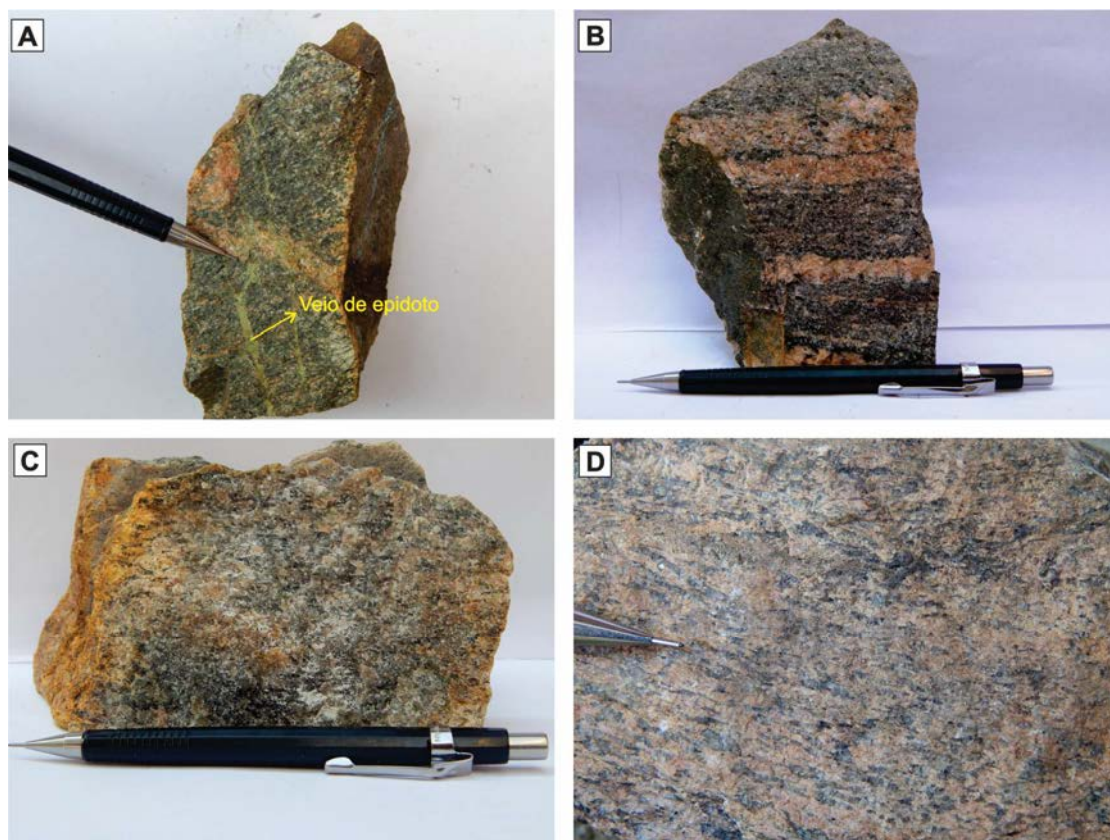


Figura 4.1 – Aspectos gerais das rochas do Complexo Guaxupé. (A): Biotita gnaiss com hastingsita cortado por veios discordantes de epidoto - Amostra SCP-23; (B): Biotita gnaiss com hastingsita com injeções quartzo-feldspáticas paralelas ao bandamento – Amostra SCP-23; (C): Estrutura anisotrópica de biotita gnaiss com hastingsita – Amostra SCP-22; (D): Estrutura blastomilonítica de biotita gnaiss – Amostra SCP-20.

4.2 Rochas atribuídas ao Grupo Araxá

4.2.1 (Clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaiss

O (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaiss ocorre como um corpo lenticular de direção E-W (ANEXO II), intercalado em rochas atribuídas ao Grupo Araxá, na estrada que liga o município de Guaxupé ao município de São Pedro da União (BR-146) nas proximidades do distrito de Santa Cruz do Prata, e na estrada que leva ao Bairro Jacuba, na porção leste da área de estudo.

As exposições mais comuns deste tipo litológico ocorrem principalmente em blocos, com diâmetro que pode variar de 0,5 a 1,5 m (Figura 4.2-A, B, C e D), e mais raramente em cortes de estrada, podendo alcançar 3,0 m de altura. Os afloramentos geralmente encontram-se parcialmente intemperizados.



Figura 4.2 – Blocos de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneiss. (A): Afloramento SCP-5; (B): Afloramento SCP-6; (C): Afloramento SCP-7; (D) Afloramento SCP-6.

O litotipo constitui uma rocha leucocrática, granoblástica, inequigranular, de granulação média a grossa, com coloração cinza claro com leitos/domínios irregulares de cor preta constituídos por anfibólio (hastingsita) e biotita (Figura 4.3-A), manchas milimétricas de cor marrom avermelhado (granada), e mais raramente verdes (clinopiroxênio) (Figura 4.3-B). Nos termos com estrutura isotrópica, os anfibólios ocorrem sob a forma de cristais tabulares a prismáticos (Figura 4.3-C).

A estrutura varia de praticamente isotrópica (Figura 4.4-A) a anisotrópica, marcada por bandamento gnáissico descontínuo nos termos mais anisotrópicos (Figura 4.4-B), em consequência do grau de deformação. A textura varia de granular hipidiomórfica/alotromórfica a granoblástica inequigranular. Nos domínios onde a rocha é

mais foliada, os minerais (tanto máficos, como félsicos) ocorrem formando lentes e domínios irregulares paralelos a foliação.

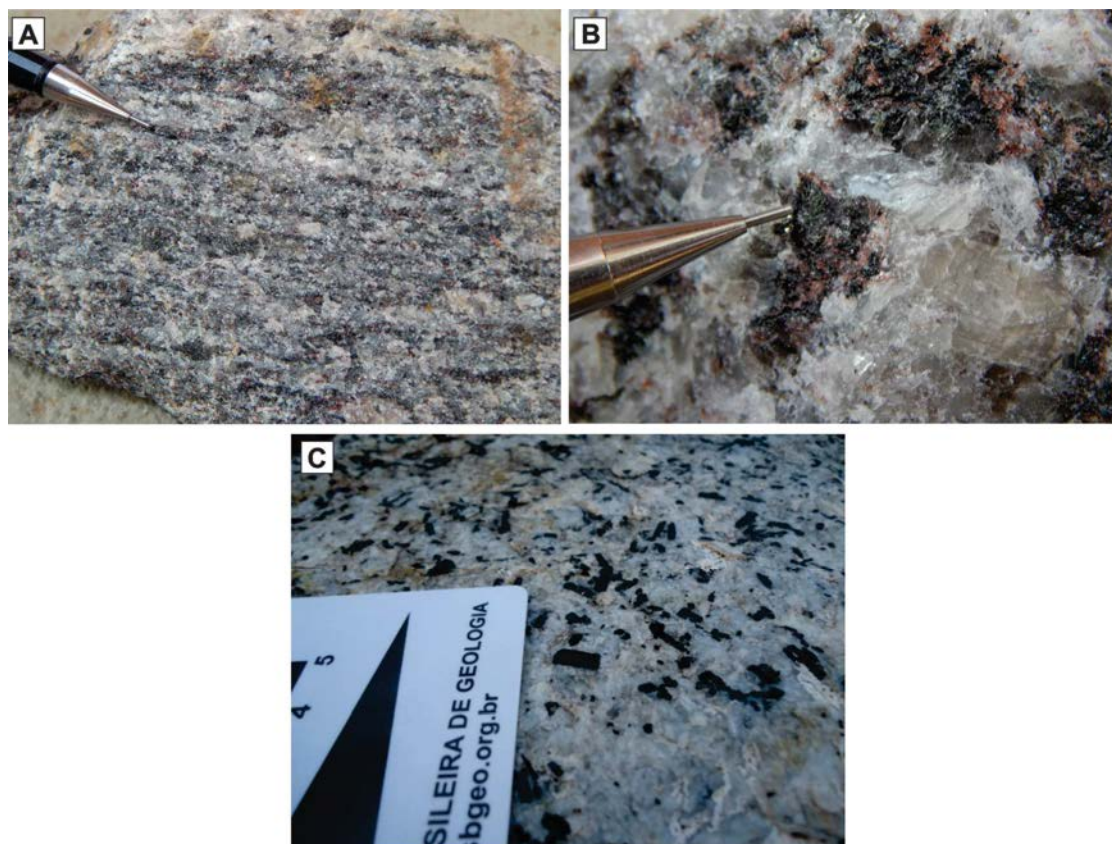


Figura 4.3 – Feições mesoscópicas do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. (A): Estrutura anisotrópica constituída por bandamento gnáissico marcado por leitos descontínuos de minerais félsicos e máficos – Amostra SCP-5CF; (B) – Manchas irregulares de coloração marrom avermelhado representadas por granada, e manchas verde escuro sub-milimétricas representadas por clinopiroxênio – Amostra SCP-5; (C): Cristais euédricos a subédricos de anfibólio – Amostra SCP-7.

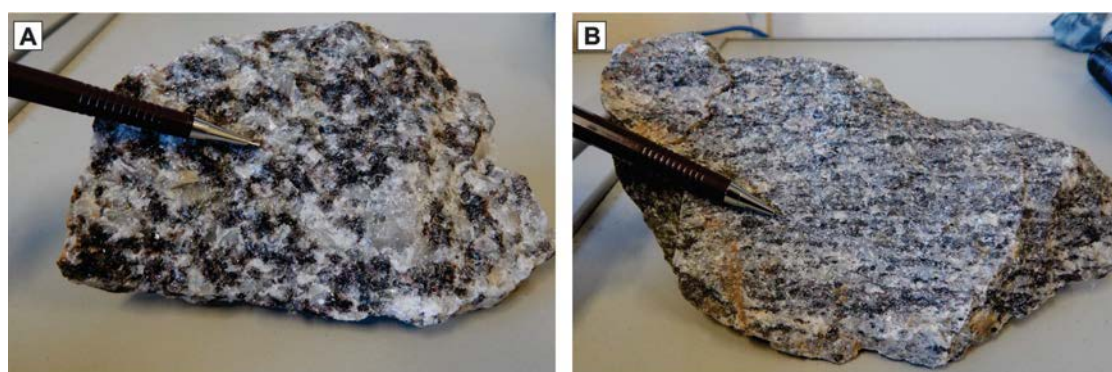


Figura 4.4– Variação da estrutura do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse.(A): Estrutura praticamente isotrópica do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse – Amostra SCP-5B; (B) – Estrutura anisotrópica com bandamento gnáissico descontínuo do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse – Amostra SCP-5CF.

4.2.2 *Encaixantes do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse*

As rochas encaixantes atribuídas ao Grupo Araxá aqui descritas estão localizadas a sul, norte e noroeste da ocorrência de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. Os litotipos atribuídos ao conjunto foram descritos em alguns trechos da estrada que liga o município de Guaxupé ao município de São Pedro da União (BR-146), e da estrada que liga o Bairro Carneiro ao distrito de Santa Cruz do Prata.

As exposições mais comuns desses litotipos estão associadas a cortes de estrada (Figura 4.5-A), que chegam alcançar até 8,0 metros de altura, a blocos (Figura 4.5-B e D) que podem alcançar até 1,0 m de diâmetro, e mais raramente em chão de estrada (Figura 4.5-C).



Figura 4.5– Principais exposições das rochas encaixantes do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. (A): Afloramento em corte de estrada de biotita-hastingsita-granada gnaiss – Afloramento SCP-4; (B): Bloco de biotita-hastingsita-granada gnaiss – Afloramento SCP-14; (C) Afloramento de muscovita quartzito em chão de estrada – Afloramento SCP-29; (D): Blocos de biotita gnaiss – Afloramento SCP-31.

Os litotipos são constituídos principalmente por biotita-granada-hastingsita gnaisses e biotita gnaisses com ou sem granada. Estas rochas podem exibir porfiroclastos de feldspato potássico, de coloração predominantemente rósea, com formas tabulares, arredondadas a oclares (Figura 4.6-A e B), com dimensões que podem variar de 0,5 a 8,0 cm. Localmente

ocorrem injeções de material quartzo-feldspático (Figura 4.7-A) em contato predominantemente abrupto com o gnaiss, e veios de quartzo com espessura variando de 3,0 a 6,0 cm (Figura 4.7-B). Em algumas porções, estas rochas exibem feições migmatíticas (Figura 4.8-A e B).

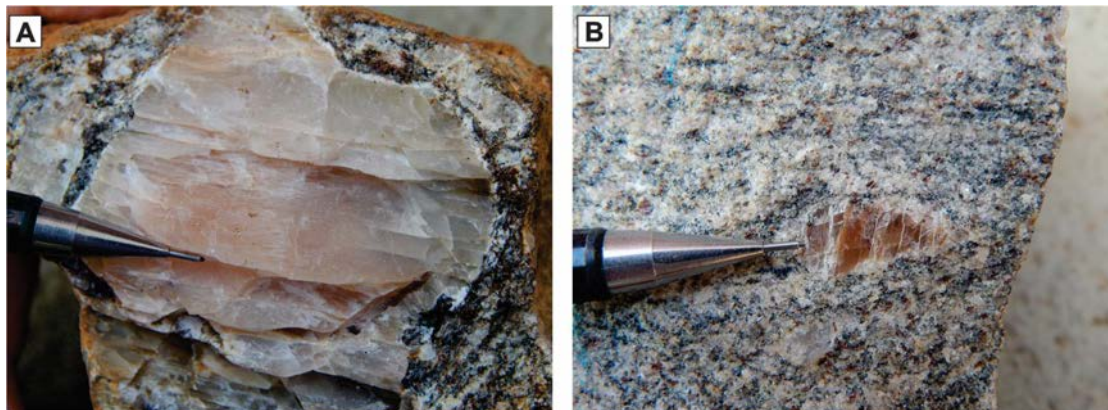


Figura 4.6—Porfiroclastos de feldspato potássico. (A): Porfiroclasto de feldspato potássico com forma arredondada – Amostra SCP-3; (B): Porfiroclasto de feldspato potássico com forma ocelar – Amostra SCP-31.

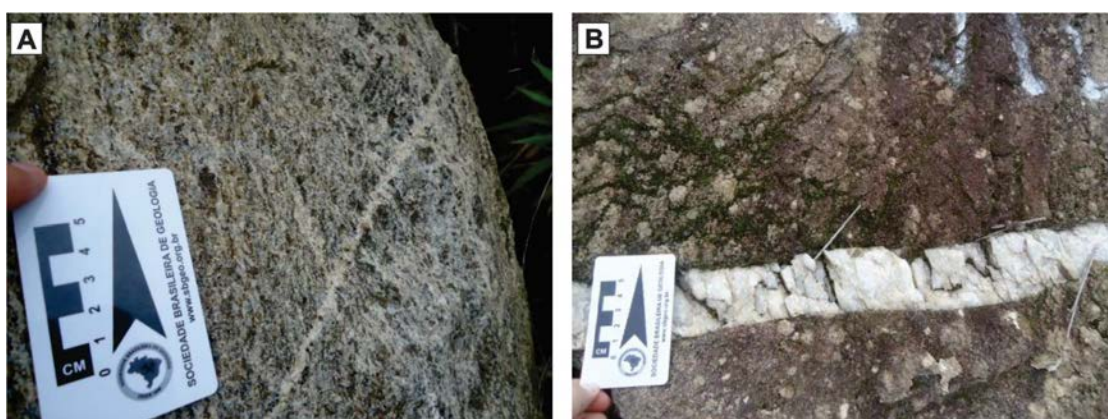


Figura 4.7 - Veios e injeções quartzo-feldspáticas em biotita-hastingsita-granada gnaisses. (A): Veio quartzo-feldspático em biotita-hastingsita-granada gnaiss – Afloramento SCP-2; (B): Veio de quartzo em biotita-hastingsita-granada gnaiss – Afloramento SCP-3.

Essas rochas são predominantemente leucocráticas, granoblásticas inequigranulares, porfiroclásticas, de coloração cinza claro, com leitos/domínios descontínuos de coloração verde escura a preta representados por anfibólio (hastingsita) e biotita, com máculas de cor vermelha a marrom, constituídas por granada (Figura 4.9-A e B). Quando intemperizados, estes gnaisses adquirem coloração marrom claro avermelhada, com porções esbranquiçadas e máculas irregulares escuras representadas pelos minerais máficos.



Figura 4.8 -Feições migmatíticas em biotita-hastingsita-granada gnaiss. (A): Afloramento SCP-3; (B): Afloramento SCP-4.

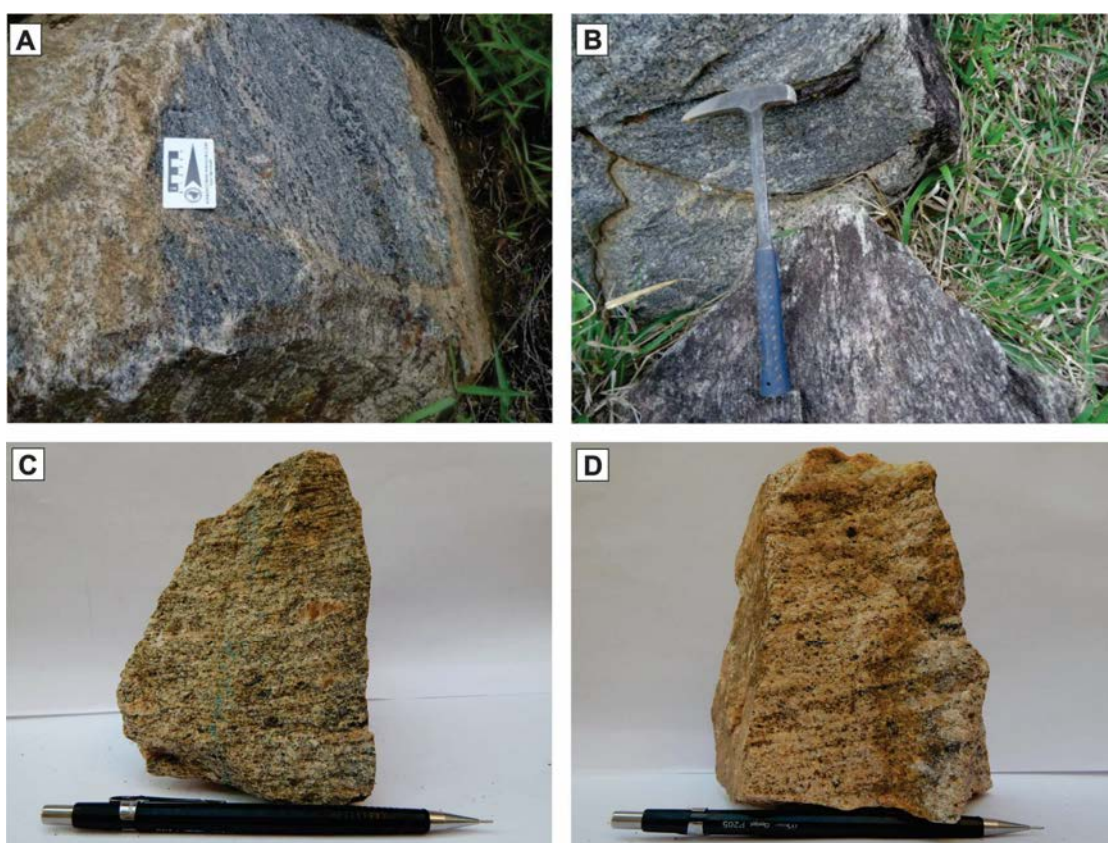


Figura 4.9- Aspectos gerais das rochas encaixantes ao (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaiss atribuídas ao Grupo Araxá. (A), (B): Afloramentos mostrando bandamento gnáissico marcado por leitos descontínuos de minerais félsicos e máficos, Afloramentos SCP-2 e SCP-18 respectivamente; (C): Estrutura anisotrópica em biotita-granada gnaiss – Amostra SCP-31; (D): Estrutura anisotrópica em granada-biotita gnaiss – Amostra SCP-26.

A estrutura destas rochas é anisotrópica a fortemente anisotrópica, marcada por bandamento gnáissico submilimétrico a milimétrico difuso/descontínuo/lenticular (Figura 4.9-

C e D). A textura varia de granular hipidiomórfica/alotromórfica a granoblástica inequigranular, com granulação média a grossa.

Intercalado aos gnaisses, ocorrem subordinadamente quartzitos micáceos (Figura 4.10-A), de coloração bege esbranquiçada, constituídos mineralogicamente por muscovita e quartzo e subordinadamente por rutilo. Estes litotipos são anisotrópicos, compostos por domínios granoblásticos, marcados pela forte orientação de cristais de quartzo, que se apresentam estirados, e por domínios lepidoblásticos, representados pela isorientação dos cristais de muscovita (Figura 4.10-B).

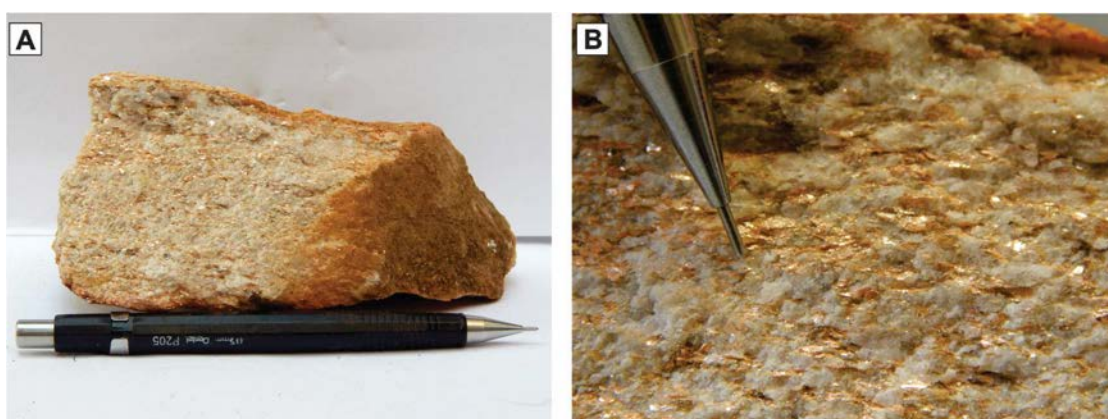


Figura 4.10– Aspectos texturais e estruturais do quartzito micáceo.(A): Estrutura anisotrópica do quartzito micáceo – Amostra SCP-29 (B): Isorientação dos cristais de muscovita – Amostra SCP-29.

5 PETROGRAFIA

Neste capítulo estão reunidas as principais características petrográficas observadas no corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, e dos litotipos ocorrentes na área de estudo e seu entorno. A divisão dos litotipos em unidades litoestratográficas seguiu a proposta de Zanardo (2003).

5.1 Rochas atribuídas ao Complexo Guaxupé

Constituindo o Complexo Guaxupé, na região da área de estudo, ocorrem hastingsita-biotita-granada gnaiss com clinopiroxênio e biotita gnaiss com hastingsita, com estrutura gnáissica bem definida, podendo configurar estrutura blastomilonítica.

5.1.1 *Hastingsita-biotita-granada gnaiss com clinopiroxênio*

O litotipo apresenta estrutura gnáissica orientada, marcada por bandamento composicional granoblástico descontínuo entre minerais félsicos e minerais máficos.

Exibe textura predominantemente granoblástica inequigranular lobulada, com domínios descontínuos constituídos por biotita e hastingsita inequigranulares subédricos a anédricos (Figura 5.1-A), podendo formar lentes alongadas orientadas paralelamente à foliação. A rocha possui granulação média a grossa, com cristais que chegam a ultrapassar 3,0 mm de comprimento/diâmetro, e média de granulação da ordem de 0,5mm.

A mineralogia principal é constituída por feldspato potássico ($\pm 30\%$), quartzo ($\pm 25\%$), plagioclásio ($\pm 20\%$), granada ($\pm 8\%$), biotita ($\pm 7\%$), anfibólio ($\pm 5\%$) e clinopiroxênio ($\pm 3\%$); e como minerais acessórios ocorrem minerais opacos ($\pm 1\%$), titanita ($< 1\%$), apatita ($< 1\%$) e zircão ($< 1\%$).

O feldspato potássico, frequentemente, é representado por ortoclásio, ortoclásio triclinizado e microclínio. Ocorre sob a forma de cristais anédricos, com contatos lobulados a engrenados, podendo constituir grãos com até 3,0 mm de comprimento, cuja média de granulação é da ordem de 0,4 mm. São pertíticos (Figura 5.1-B) a mesopertíticos, com geminação em grade difusa a nítida, localmente apresentando sinais de recuperação e/ou recristalização e extinção ondulante.

Os cristais de quartzo são anédricos a alongados, com dimensões médias de 0,4 mm, podendo alcançar 3,0 mm de comprimento. Apresentam contatos lobulados, imbricados e engrenados. Possuem extinção ondulante leve, sinais de recristalização e recuperação, com deformação em bandas.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre como cristais subédricos a anédricos, com contatos lobulados e localmente retilíneos, com granulação variando entre 0,3 mm a 0,8 mm, por vezes formando agregados microcristalinos. Exibe textura antipertítica e localmente mirmequítica (Figura 5.1-C), podendo apresentar geminação polissintética bastante nítida a ausente. Localmente possui bordas mais sódicas, e filetes intersticiais de albita. Exibe graus variados de saussuritização.

A granada apresenta-se como cristais euédricos a anédricos, com formas regulares a arredondadas. A granulação média dos cristais é da ordem de 0,3 mm, podendo atingir 1,5 mm. Ocorrem fraturadas e parcialmente alteradas e/ou corroídas para biotita e localmente para anfibólio.

A biotita ocorre associada a domínios descontínuos onde predominam os minerais máficos. Apresenta-se sob a forma de palhetas irregulares e cristais tabulares com pleocroísmo amarelo claro – marrom - marrom avermelhado, com até 1,0 mm de comprimento. Localmente aparecem corroendo a granada e o anfibólio.

Os cristais de anfibólio são subédricos a anédricos, com até 2,0 mm de comprimento, e ocorrem em domínios xenomórficos associados a biotita e opacos. Apresentam pleocroísmo verde claro – verde – verde escuro azulado, com 2V menor que 45°, indicando tratar-se de hastingsita. Aparecem, em alguns casos, na borda de cristais de granada (formando coroas quase completas em torno desta) (Figura 5.1-D), ao redor de cristais de clinopiroxênio, sugerindo formar-se a partir deste, e circundando minerais opacos.

O clinopiroxênio ocorre como cristais subédricos a anédricos, com granulação da ordem de 0,5 mm. Apresenta coloração verde claro e leve pleocroísmo, sugerindo composição intermediária a final da solução sólida diopsídio–hedenberguita. Exibe graus variados de uralitização, muitas vezes associado a anfibólio, sugerindo que este é produto de alteração do clinopiroxênio (Figura 5.1-E e F).

Os minerais opacos estão associados à biotita, ao anfibólio e à granada. Exibem formas subédricas a anédricas, com dimensões médias de 0,3 mm. A titanita ocorre como

cristais subédricos a anédricos, com dimensões médias de 0,3 mm. Ocorre principalmente associada à biotita e aos minerais opacos. A apatita apresenta-se como cristais prismáticos arredondados e o zircão ocorre com formas arredondadas, sendo que ambos se encontram dispersos pela lâmina.

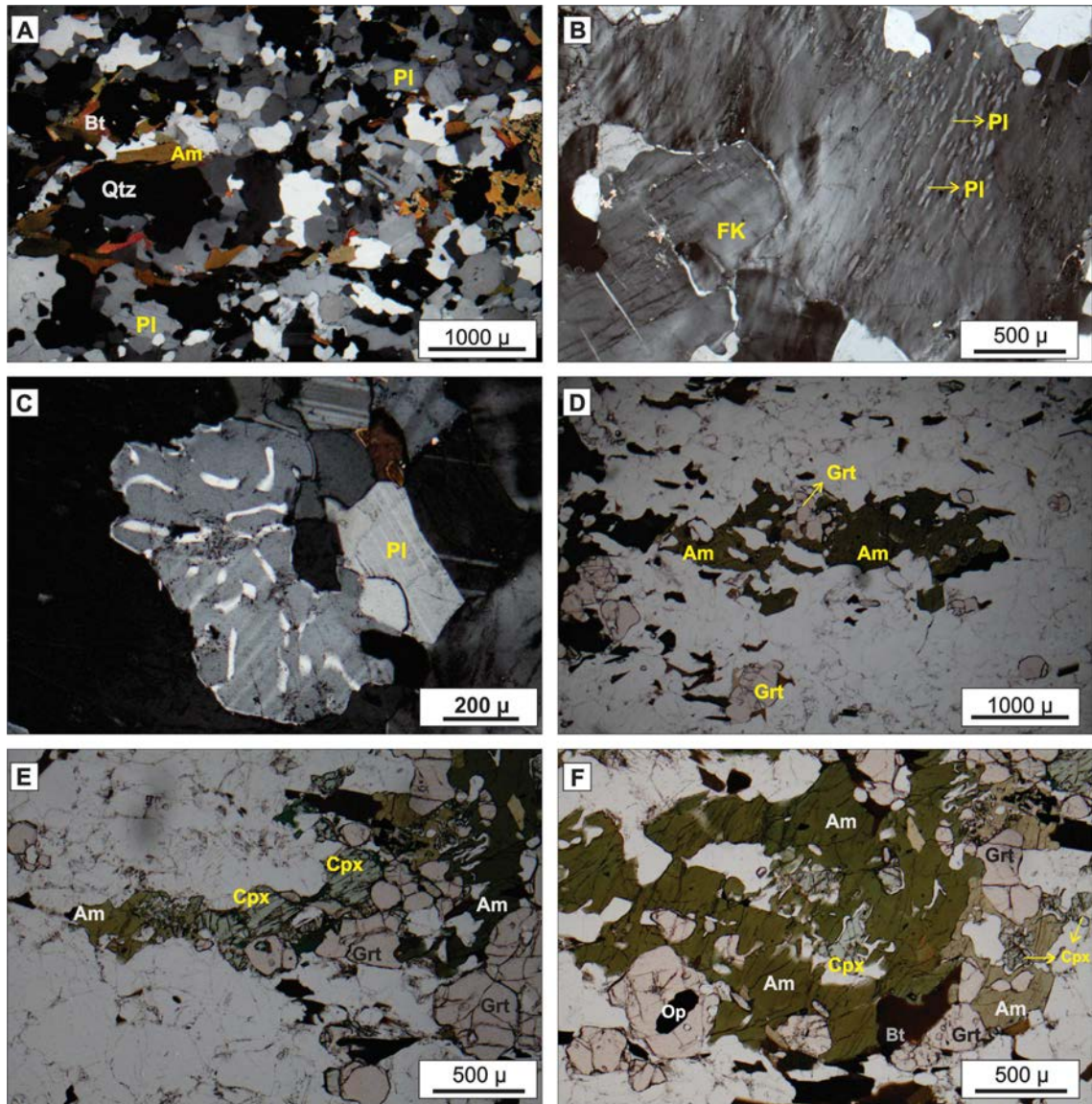


Figura 5.1- Fotomicrografias de hastingsita-biotita-granada gnaiss com clinopiroxênio – Lâmina SCP-21. (A): Estrutura granoblástica inequigranular com domínios descontínuos constituídos por biotita e anfibólio (Polarizadores cruzados); (B): Cristal de feldspato potássico pertítico (Polarizadores cruzados); (C): Textura mirmequítica (Polarizadores cruzados); (D): Cristais de anfibólio formando coroas em cristal de granada (Polarizadores paralelos); (E): Cristais de clinopiroxênio sendo corroídos por anfibólio (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de anfibólio circundando cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos). Am (Anfibólio), Pl (Plagioclásio), Qtz (Quartzo), Bt (Biotita), FK (Feldspato Potássico); Grt (Granada), Cpx (Clinopiroxênio), Op (Minerais opacos).

5.1.2 *Biotita gnaiss com hastingsita*

Essas rochas apresentam estrutura gnáissica fortemente orientada, marcada por bandamento composicional granoblástico descontínuo entre minerais félsicos e minerais máficos, podendo formar foliação blastomilonítica em algumas rochas. Exibem textura predominantemente granoblástica inequigranular lobulada, fortemente orientada a *flaser*, com domínios lepidoblásticos e subordinadamente nematoblásticos com formas lenticulares alongadas (Figura 5.2-A e B). A rocha possui granulação média a grossa, com cristais que chegam a ultrapassar 5,2 mm de comprimento, e média de granulação da ordem de 0,6 mm.

A mineralogia principal é constituída por quartzo (35-45%), plagioclásio (30-35%) feldspato potássico (20-30%), biotita (4-8%) e anfibólio (0-4%); e como acessórios foram observados minerais opacos (1%-3%), epidoto (0%-1%), apatita (<1%), zircão (<1%), carbonato (traços) e clorita (traços).

Os cristais de quartzo ocorrem sob formas lenticulares, alongados segundo a direção da foliação principal (Sn), constituindo *ribbons* (Figura 5.2-C e D), com contatos predominantemente imbricados, podendo atingir dimensões superiores a 5,0 mm. Apresentam-se em bandas geralmente descontínuas de espessura submilimétrica a milimétrica, que se anastomoseiam entre bandas fusiformes descontínuas de feldspato potássico e plagioclásio. Exibem extinção ondulante moderada a forte, sinais de recuperação e recrystalização.

Os cristais de plagioclásio apresentam granulação entre 0,3 mm e 0,6 mm, são subédricos a anédricos, com formas irregulares e contatos predominantemente lobulados. Podem ou não apresentar geminação polissintética, e também podem ou não apresentar textura antipertítica (Figura 5.2-E) e/ou mirmequítica. Localmente ocorrem filmes ou filetes de carbonato dentro dos cristais. Exibem graus variados de saussuritização.

O feldspato potássico ocorre sob formas irregulares, podendo formar bandas alongadas descontínuas, com contatos poligonais a lobulados e dimensões médias de 0,5 mm, podendo ultrapassar 3,0 mm de comprimento/diâmetro. É representado por ortoclásio, ortoclásio triclinizado e microclínio, frequentemente pertítico, e exibe sinais de recrystalização. Apresenta graus variados de sericitização.

A biotita ocorre sob a forma de cristais tabulares ou em palhetas irregulares, com dimensões que variam de 0,4 mm a 1,5 mm. Exibe pleocroísmo laranja claro – marrom claro

– marrom. Apresenta-se orientada segundo a foliação principal da rocha (Sn). Aparece localmente alterando para clorita (Figura 5.2-F) e associada a minerais opacos.

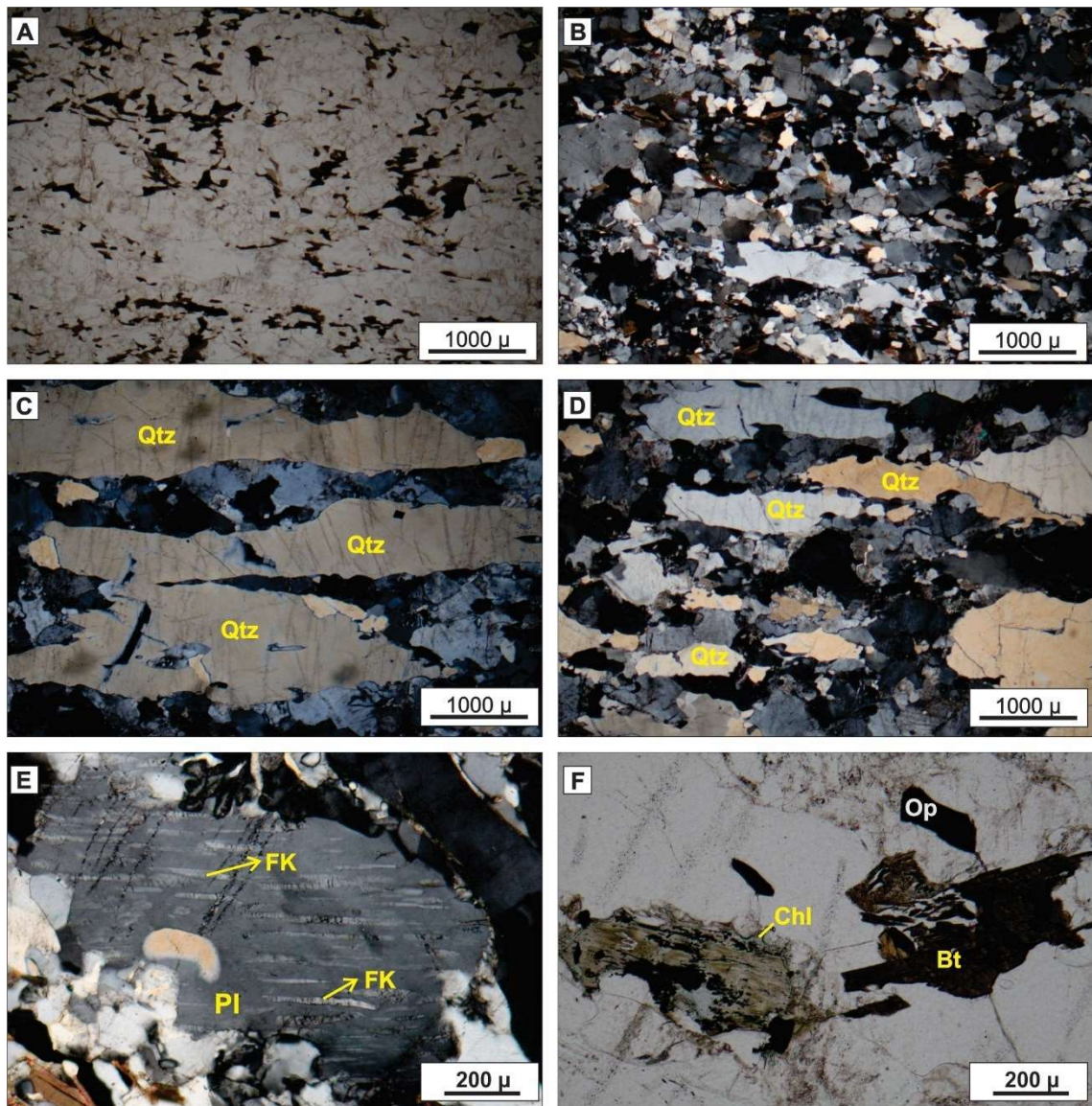


Figura 5.2-Fotomicrografias de biotita gnaisses com hastingsita. (A), (B): Estrutura gnáissica orientada a blastomilonítica marcada pela orientação de cristais de quartzo alongados e de domínios de minerais máficos descontínuos (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente) – Lâmina SCP-24; (C), (D): Cristais de quartzo alongados formando estrutura *flaser* (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-22; (E): Cristal de plagioclásio antipertítico (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-24; (F): Cristais de biotita alterando para clorita (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-22. Qtz (Quartzo), Pl (Plagioclásio), FK (Feldspato potássico), Bt (Biotita), Chl (clorita), Op (Minerais opacos).

Os cristais de anfibólio, quando presentes, ocorrem sob a forma de cristais anédricos, com dimensões médias de 0,3 mm, corroídos por biotita. Localmente apresentam-se oxidados. Indicam ser hastingsita.

Os minerais opacos ocorrem sob a forma de cristais subédricos a anédricos, com dimensões que variam de 0,3 a 1,0 mm e estão associados aos minerais máficos presentes na lâmina. O epidoto constitui cristais subédricos, associado ao anfibólio e ao plagioclásio. O zircão ocorre sob a forma de cristais arredondados, zonados e dispersos pela lâmina. O carbonato ocorre como filetes intersticiais ou filmes em cristais de plagioclásio; localmente mostra-se intercrescido com clorita, resultantes de alteração do plagioclásio. A clorita ocorre intercrescida com biotita, parecendo originar-se desta.

5.2 Rochas atribuídas ao Grupo Araxá

Na área de estudo, foram descritas, de sul para norte, as seguintes rochas atribuídas ao Grupo Araxá: biotita-hastingsita-granada gnaiss, (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaiss e biotita gnaiss com granada. Estas rochas exibem diferentes graus de anisotropia, variando com o grau de deformação.

5.2.1 *Biotita-hastingsita-granada gnaiss*

Esta rocha apresenta estrutura gnáissica, formada por leitos descontínuos. Exibe textura predominantemente granoblástica inequigranular, lobulada a engrenada, com domínios descontínuos formados por biotita e anfibólio (Figura 5.3-A e B). A distribuição mineralógica ocorre em domínios, com predomínio de porções quartzo-feldspáticas ou plagioclásticas. Os maiores cristais chegam a ultrapassar 5,5 mm e a granulação predominante é da ordem de 0,3 a 0,6 mm.

A orientação dos constituintes minerais é marcada por uma sutil orientação do feldspato potássico, e melhor orientação das porções constituídas por quartzo e plagioclásio, e porções descontínuas constituídas por anfibólio, granada e/ou biotita, orientadas segundo a foliação principal (Sn).

São mineralogicamente constituídos por feldspato potássico (25-30%), quartzo (20%-25%), plagioclásio (20%-23%), granada (5%-7%), anfibólio (3%-6%) e biotita (3%-5%), e como acessórios ocorrem minerais opacos (<2%), titanita (<2%), epidoto (<1%), apatita (<1%), zircão (<1%), allanita (<1%) e carbonatos (<1%).

O feldspato potássico ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos, fracamente orientados segundo a direção de Sn, com contatos predominantemente lobulados,

localmente com contatos engrenados. Ocorre associado aos domínios granoblásticos concentrados em determinadas porções da lâmina (Figura 5.3-C), com tamanho médio de 1,5 mm, podendo atingir até mais de 5,5 mm. É representado por ortoclásio, ortoclásio triclinizado e microclínio, com geminação em grade nítida a difusa. Exibe textura pertítica a mesopertítica, e pode apresentar extinção ondulante e recristalização. Localmente exibe bordas albitizadas.

O quartzo ocorre como cristais anédricos, com contatos lobulados, e dimensões variando de 0,3 a 2,0 mm. Exibe formas irregulares a fracamente alongadas (Figura 5.3-D). Apresenta extinção ondulante leve a moderada, podendo ser acompanhada de recuperação, recristalização e deformação em banda. Localmente ocorrem cristais de quartzo com gotas de plagioclásio.

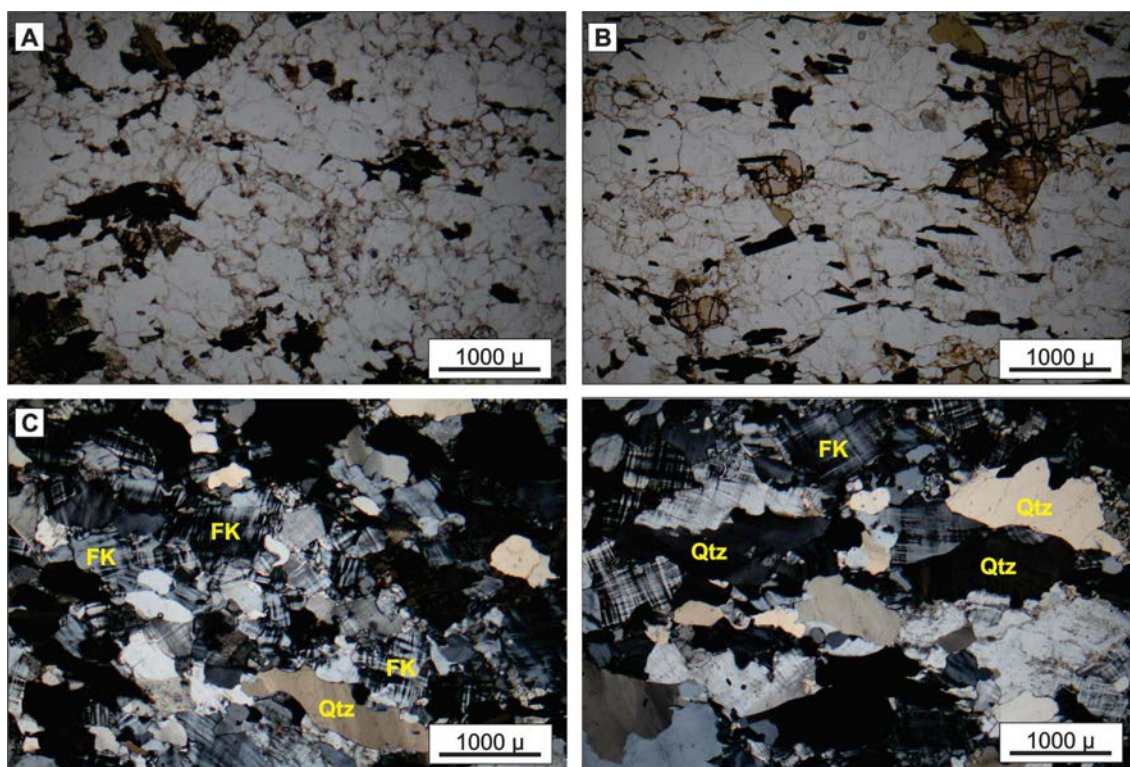


Figura 5.3 - Fotomicrografias de biotita-hastingsita-granada gnaiss. (A), (B): Estrutura predominantemente granoblástica inequigranular com domínios descontínuos constituídos por biotita, anfibólio e granada (Polarizadores paralelos) – Lâminas SCP-2 e SCP-4, respectivamente; (C): Cristais de feldspato potássico com geminação em grade nítida a difusa concentrados em domínios da lâmina (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-4; (D) Cristais de quartzo fracamente alongados (Polarizadores cruzados)-Lâmina SCP-4. FK (Feldspato potássico), Qtz (Quartzo), Pl (Plagioclásio).

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre como cristais anédricos a subédricos, com contatos poligonais a lobulados, e ocorre nas porções granoblásticas concentradas em determinados domínios da lâmina. Apresenta dimensões que variam de 0,4 a 0,8 mm,

podendo alcançar 4,5 mm de comprimento/diâmetro. Exibe textura mirmequitica e antipertitica por corrosão. Em alguns cristais, o plagioclásio aparenta ser corroído por feldspato potássico. Pode apresentar filmes ou filetes de carbonatos e bordas albíticas. Localmente ocorre englobando a granada.

Os cristais de granada são poiquilíticos, subédricos a arredondados, com dimensões que variam de 0,6 a 1,5 mm, chegando a atingir mais de 2,5 mm de diâmetro. Ocorrem predominantemente sob a forma de agregados xenomórficos (Figura 5.4-A) ou como cristais isolados. Frequentemente exibem alteração para óxido/hidróxido de ferro, e localmente apresentam-se corroídos (bordas de anfibólio e/ou biotita) (Figura 5.4-B).

O anfibólio ocorre como cristais subédricos a anédricos, com dimensões da ordem de 0,7 mm a 2,5 mm. Exibe pleocroísmo verde claro azulado – verde - verde escuro, com $2V$ menor que 40° , indicando tratar-se de hastingsita. Pode exibir bordas de alteração para biotita, e em alguns casos, forma coroas quase completas ao redor dos cristais de granada (Figura 5.4-C e D).

A biotita ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos, e dimensões que variam de 0,3 mm a 1,0 mm. Apresenta pleocroísmo amarelo claro – marrom - marrom escuro/avermelhado e ocorre frequentemente orientada segundo a foliação principal da rocha, associada a domínios lepidoblásticos descontínuos. Normalmente ocorre na borda de cristais de anfibólio e/ou granada, sugerindo ser produto de alteração destes.

Os minerais opacos apresentam contatos lobulados, e são subédricos a anédricos. Ocorrem normalmente associados a granada, anfibólio e biotita.

Os cristais de titanita são subédricos a anédricos, com dimensões médias da ordem de 0,3 mm, e ocorrem predominantemente associados à biotita. Localmente ocorrem formando coroas em minerais opacos.

Os cristais de epidoto são tabulares a arredondados, podendo atingir até 0,5 mm, e frequentemente estão associados aos domínios constituídos por biotita e anfibólio, e ao plagioclásio.

A apatita e o zircão ocorrem sob a forma de cristais subédricos a anédricos, e aparecem concentrados em determinados domínios da lâmina, com dimensões inferiores 0,3 mm. Geralmente, o zircão apresenta-se zonado. A allanita ocorre como cristais subédricos, dispersa pela lâmina ou associada ao epidoto.

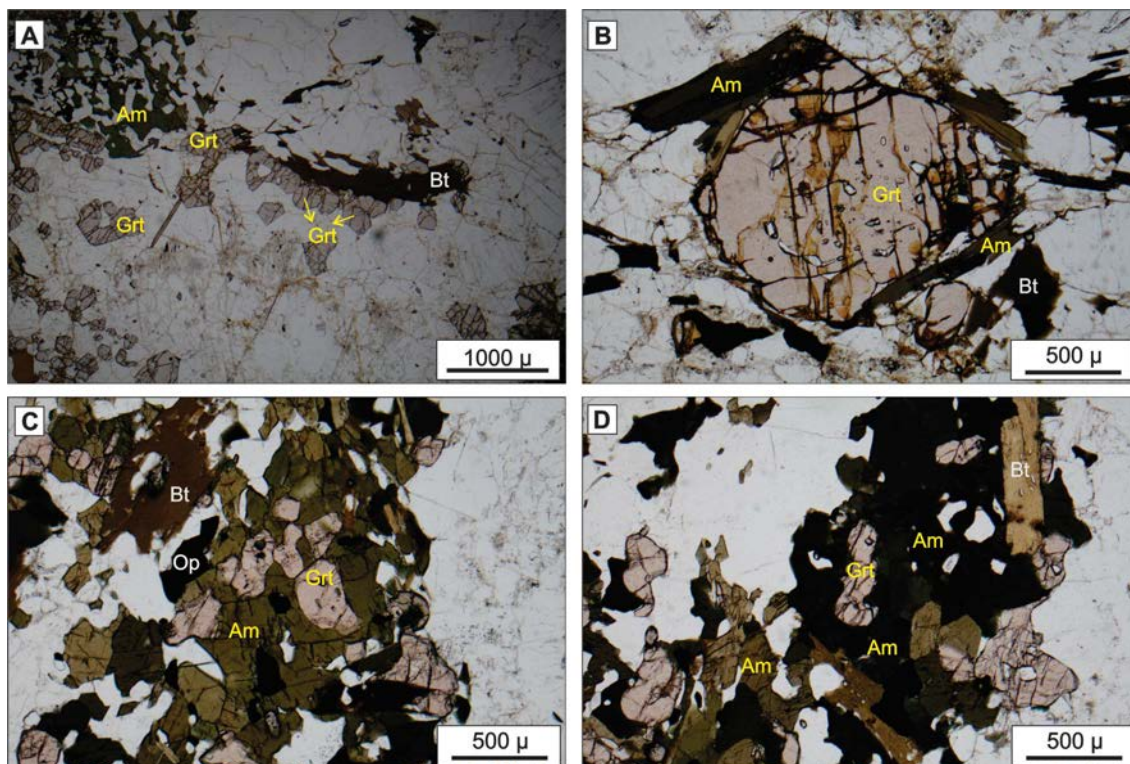


Figura 5.4- Fotomicrografias de biotita-hastingsita-granada gnaiss. (A): Agregados xenomórficos de cristais de granada corroídos por biotita (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-4; (B): Cristal de granada subédrico corroído por anfibólio e com porções oxidadas (Polarizadores paralelos) – Lâmina SPC-4; (C), (D): Cristais de anfibólio formando coroas completas em torno de cristais de granada (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-3. Grt (Granada), Am (Anfibólio), Bt (Biotita), Op (Minerais opacos).

5.2.2 (Clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaiss

Essas rochas apresentam grau variado de anisotropia, resultando em estrutura gnáissica com diferentes graus de desenvolvimento, devido à variação do grau de deformação. Podem apresentar estrutura gnáissica bem desenvolvida a não orientada, com preservação de textura ígnea.

A estrutura da rocha é marcada por uma fraca orientação dos cristais de feldspato potássico e plagioclásio, e por uma orientação mais pronunciada dos cristais de quartzo e dos agregados constituídos por granada, anfibólio, biotita e subordinadamente clinopiroxênio.

O litotipo exibe textura predominantemente granoblástica inequigranular poligonal a lobulada, com domínios descontínuos inequigranulares constituídos por granada, biotita e anfibólio. Localmente preserva textura primária granular hipidiomórfica a alotromórfica. Apresenta granulação média a grossa, com os maiores cristais atingindo cerca de 5,5 mm de comprimento ou diâmetro, e dimensão média dos cristais na ordem de 0,8 mm.

É mineralogicamente constituído por plagioclásio (25-30%), feldspato potássico (20-25%), quartzo (20-25%), granada (5-10%), biotita (5-8%), anfibólio (5-7%), e clinopiroxênio (0-5%). Como acessórios ocorrem minerais opacos (<2%), titanita (<2%), apatita (<1%), zircão (traços), allanita (traços), epidoto (traços) e carbonato (traços).

Os cristais de plagioclásio (oligoclásio/andesina) aparecem concentrados em determinados domínios da lâmina. Constituem domínios granoblásticos lenticulares a irregulares associados ao quartzo e ao feldspato potássico. Possuem dimensões variando de 0,5 a 2,0 mm, podendo atingir até 5,0 mm. São subédricos a anédricos, com contatos predominantemente lobulados. Localmente ocorrem formando agregados granoblásticos com contatos poligonais, sugerindo textura de equilíbrio (Figura 5.5-A e B). Exibem textura antipertítica (Figura 5.5-C) e mirmequítica (Figura 5.5-D), e podem apresentar bordas mais sódicas (Figura 5.5-E). Localmente podem ocorrer filetes/vênulas de carbonato, ou ainda, apresentar parcial processo de saussuritização. Ocorre quartzo em gotas em seu interior, e localmente aparenta ter sido corroído pelo feldspato potássico.

Os cristais de feldspato potássico (ortoclásio, ortoclásio triclinizado e microclínio), assim como os cristais de plagioclásio, aparecem concentrados em determinados domínios da lâmina. São anédricos a subédricos, com tamanho médio de 1,5 mm, podendo atingir até 5,5 mm. São pertíticos (Figura 5.5-F) a mesopertíticos e ocorrem recristalizados, exibindo localmente extinção ondulante e bordas albitizadas, e ainda podem apresentar filetes de albita intersticial. A geminação em grade aparece de forma nítida a difusa.

O quartzo ocorre como cristais anédricos, com dimensões médias de 0,6 mm, podendo atingir 5,0 mm. Ocorre em domínios lenticulares a irregulares (associado aos feldspatos), às vezes alongados. Exibe contatos predominantemente lobulados a engrenados. Os cristais apresentam extinção ondulante leve a moderada, recristalização, recuperação e deformação em bandas.

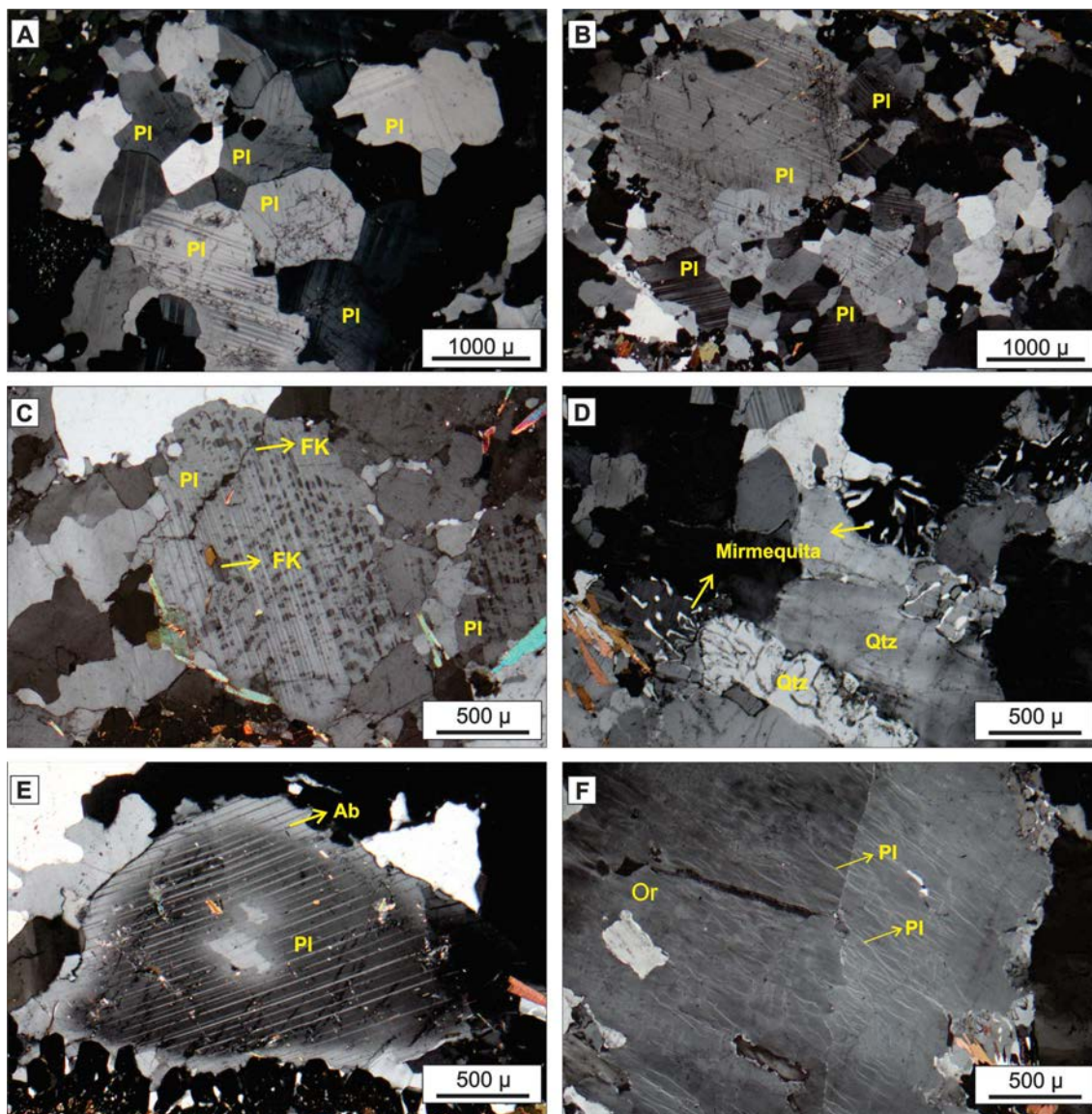


Figura 5.5 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. (A), (B): Cristais de plagioclásio concentrados em determinados domínios da lâmina com contatos retos (Polarizadores cruzados) – Lâminas SCP-5B e SCP-9B, respectivamente. (C): Cristal de plagioclásio antipertítico (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP – 5CF; (D): Cristais com textura mirmequítica (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-5B; (E): Cristal de plagioclásio exibindo bordas mais sódicas que seu núcleo (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-9B; (F): Cristal de ortoclásio pertítico (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-5B. Pl (Plagioclásio), FK (Feldspato potássico), Qtz (Quartzo); Or (Ortoclásio).

A granada pode ocorrer como cristais isolados, sob a forma de grãos subédricos a euédricos (Figura 5.6-A); e/ou formando “cordões” e agregados xenomórficos, com dimensões que variam de 0,6 mm a 3,0 mm. Pode apresentar-se corroída por anfibólio ou biotita (Figura 5.6-B e C) ou formando coroas na borda de cristais de plagioclásio (Figura 5.6-D). Localmente apresenta alteração para óxidos/hidróxidos de ferro.

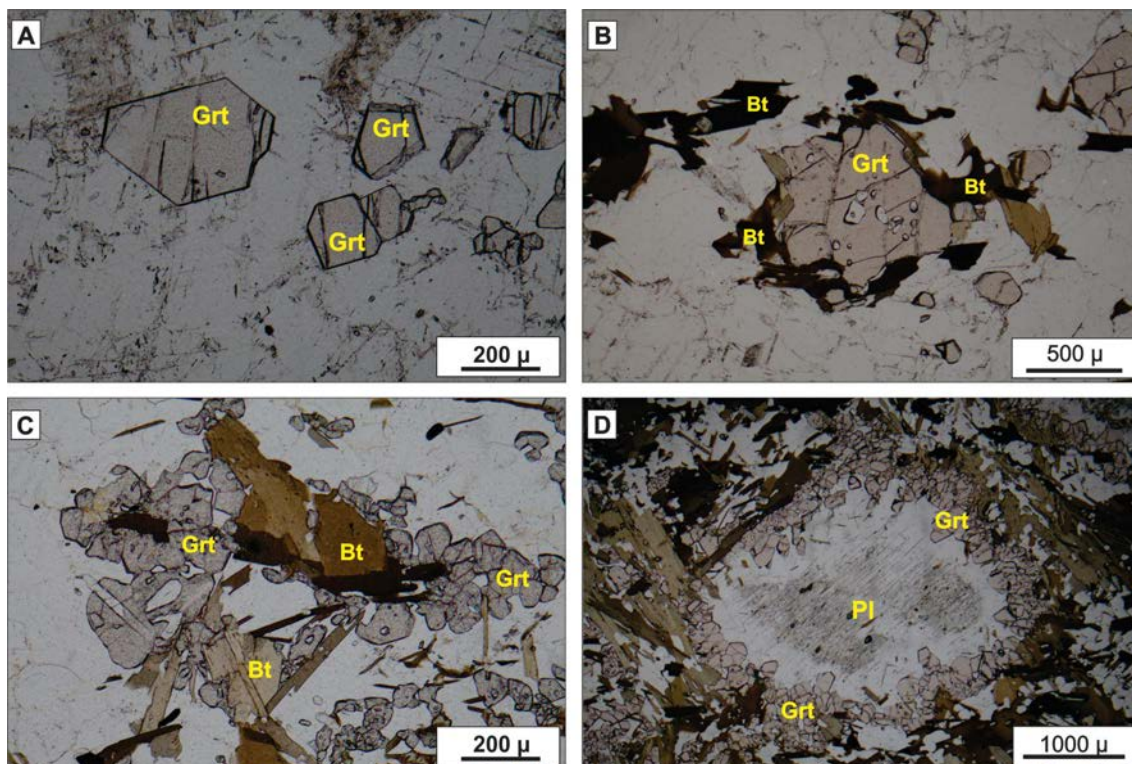


Figura 5.6 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. (A): Cristais euétricos de granada isolados (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-5B; (B), (C): Cristais de granada parcialmente corroídos por biotita (Polarizadores paralelos) – Lâminas SCP-9B e SCP-7; (D): Cristais de granada formando coroa em torno de cristal de plagioclásio (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-9B. Grt (Granada), Bt (Biotita), Pl (Plagioclásio).

Os cristais de biotita ocorrem como pequenas palhetas anédricas, ou como cristais tabulares. Exibem pleocroísmo predominantemente marrom amarelado - marrom escuro - castanho claro, mas podem ocorrer com coloração avermelhada, constituindo agregados irregulares associados a anfibólio, clinopiroxênio e granada. Possuem dimensões da ordem de 0,3-0,8 mm e ocorrem na borda de cristais de anfibólio e granada (Figura 5.7-A), sugerindo formar-se a partir destes.

O anfibólio constitui cristais subédricos a anédricos, predominantemente tabulares. Apresenta pleocroísmo verde claro – verde - verde escuro azulado, com 2V menor que 40°, indicando tratar-se de hastingsita. Possui dimensões que variam de 0,6 a 2,0 mm e pode constituir coroas quase a totalmente completas nos cristais de granada e de clinopiroxênio. Localmente ocorre alterado para biotita.

O clinopiroxênio ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos, com dimensões da ordem de 0,5 mm a 1,5 mm. Possui coloração esverdeada, leve pleocroísmo em tons de verde, sugerindo composição intermediária a final da solução sólida diopsídio –

hedenberguita. Ocorrem parcialmente a quase totalmente alterados para anfibólio (Figura 5.7-B e C). Podem mostrar-se oxidados (Figura 5.7-D).

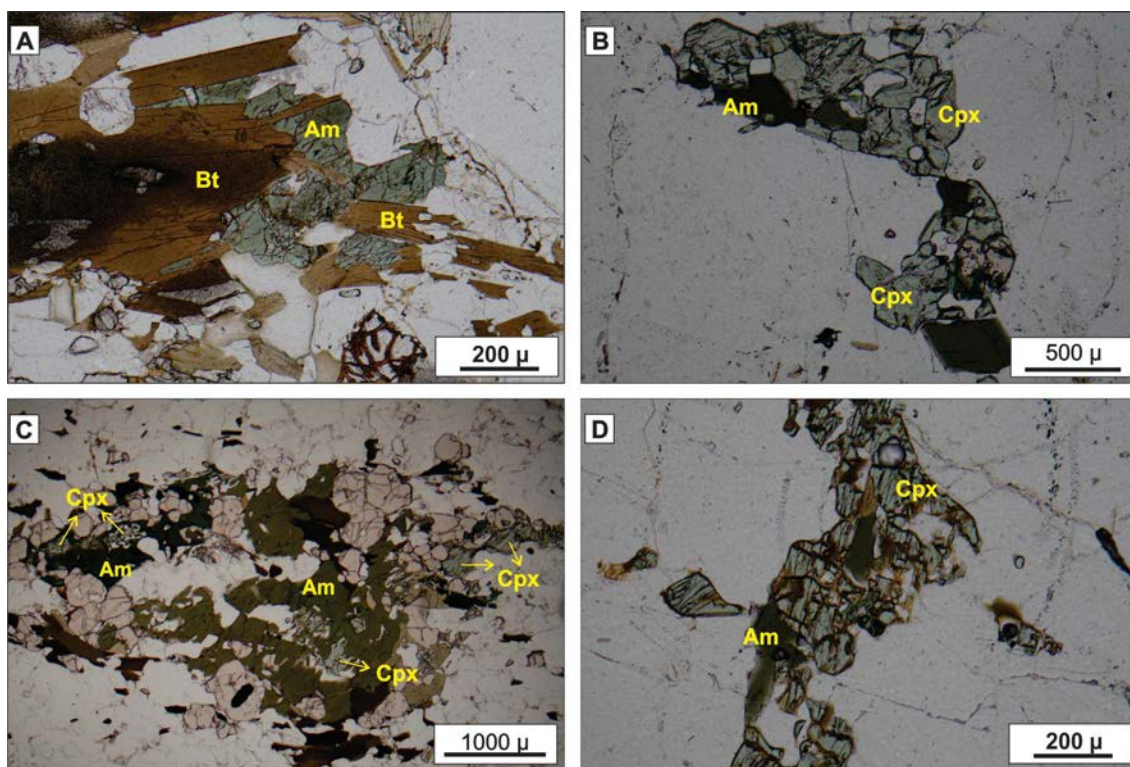


Figura 5.7 - Fotomicrografias de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortogneisse. (A) Cristal de anfibólio corroído por biotita (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-7; (B) Cristais de clinopiroxênio com bordas de anfibólio (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-5B; (C): Cristais de anfibólio envolvendo cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-9B; (D) Cristal de clinopiroxênio oxidado com alteração parcial para anfibólio (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-9B. Bt (Biotita), Am (Anfibólio), Cpx (Clinopiroxênio).

Os cristais de titanita possuem dimensões médias de 0,2 mm, são anédricos e ocorrem predominantemente associados à biotita; localmente formam coroas em opacos.

Os minerais opacos, zircão e allanita, ocorrem sob a forma de cristais subédricos a anédricos, dispersos pela lâmina, com dimensões inferiores a 0,3 mm. O zircão ocorre zonado. A allanita ocorre associada ao epidoto. A apatita ocorre como cristais anédricos a subédricos menores que 0,3 mm, e ocorre concentrada em determinados domínios da lâmina.

5.2.3 *Biotita gnaiss com granada*

O litotipo apresenta estrutura gnáissica fracamente orientada a orientada, formada por leitos descontínuos, marcado pela alternância de minerais félsicos e minerais máficos. Exibe textura predominantemente granoblástica inequigranular lobulada a engrenada, com cristais

de quartzo alongados, com domínios descontínuos inequigranulares constituídos por biotita (Figura 5.8-A e B) e às vezes granada, com granulação fina a grossa. Os maiores cristais da lâmina são de plagioclásio, e chegam a atingir 5,0 mm.

A mineralogia da rocha é constituída por plagioclásio (25-35%), quartzo (20%-25%), feldspato potássico (10-20%), biotita (8-15%), granada (1-10%), minerais opacos (<2%), muscovita (<2%), rutilo (<2%), apatita (<1%), zircão (<1%) e clorita (<1%).

Os cristais de plagioclásio constituem grãos subédricos a anédricos, com granulação média de 0,8 mm, podendo alcançar dimensões superiores a 5,0 mm. Apresentam contatos predominantemente lobulados a localmente poligonais, com geminação polissintética nítida na maioria dos casos. Exibem graus variados de saussuritização. Localmente são mirmequíticos, apresentam geminação arqueada, e gotas de quartzo (Figura 5.8-C).

O quartzo ocorre sob a forma de cristais anédricos, às vezes com formas oclares alongadas a fracamente alongadas segundo a direção da foliação principal, com granulação média de 0,5 mm, podendo alcançar 4,0 mm, com contatos lobulados a imbricados. Possuem extinção ondulante leve a moderada, sinais de recuperação e recristalização, e deformação em banda.

Os cristais de feldspato potássico ocorrem como grãos predominantemente anédricos, com dimensões entre 0,4 mm e 3,5 mm, e contatos lobulados. A geminação do mineral é difusa quando presente.

A biotita ocorre sob a forma de palhetas irregulares ou como grãos tabulares, de granulação variando de 0,1 a 3,0 mm, com pleocroísmo de coloração alaranjado claro – alaranjado – amarronzado. Ocorre intercrescida com muscovita e clorita, sugerindo que esses minerais se formaram a partir desta (Figura 5.8-D).

Os cristais de granada podem ocorrer subordinados, aparecendo como cristais anédricos, constituindo pequenos agregados irregulares, com tamanhos máximos de 0,3 mm; ou como cristais com dimensões médias de 0,5 mm predominantemente arredondados. Ocorrem corroídos por biotita. Apresentam-se fraturados, com óxido/hidróxido de ferro preenchendo as fraturas. Localmente constituem bordas de biotita e clorita. Localmente exibem inclusão de biotita, quartzo e plagioclásio (Figura 5.8-E).

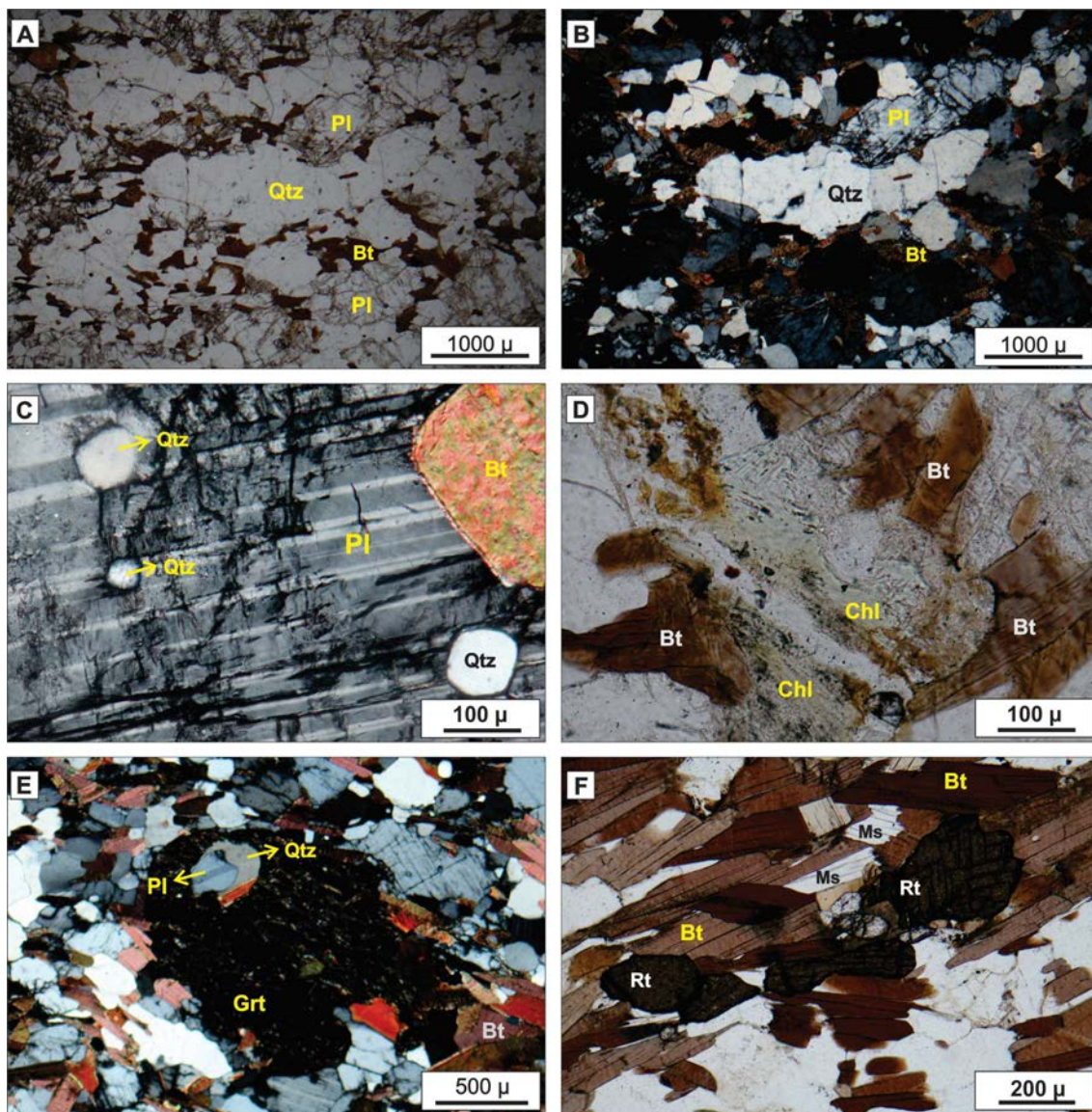


Figura 5.8 - Fotomicrografias de biotita gnaiss com granada. (A), (B): Textura predominantemente granoblástica inequigranular com cristais de quartzo alongados, e domínios descontínuos inequigranulares constituídos por biotita (Polarizadores paralelos e cruzados, respectivamente) – Lâmina SCP-15A; (C): Cristal de plagioclásio com gotas arredondadas de quartzo em seu interior (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-15A; (D): Cristal de biotita com intercrescimento de clorita (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-15A; (E): Cristais de quartzo e plagioclásio englobados por cristal de granada (Polarizadores cruzados) – Lâmina SCP-15B; (F) Cristais de rutilo associado a cristais de biotita (Polarizadores paralelos) – Lâmina SCP-15B. Pl (Plagioclásio), Qtz (Quartzo), Bt (Biotita), Chl (Clorita), Ms (Muscovita), Rt (Rutilo).

A muscovita constitui palhetas irregulares, e localmente pode formar agregados de cristais delgados, com dimensões que não ultrapassam 1,0 mm de comprimento. O mineral parece originar-se da biotita, sugerindo tratar-se de produto de retrometamorfismo. Ocorre localmente intercrecida com clorita.

Os minerais opacos aparecem sob formas subédricas a anédricas, com granulação média de 0,3 mm, associados aos minerais máficos.

O rutilo ocorre como cristais subédricos a anédricos, com dimensões menores que 0,4 mm, principalmente associado à biotita (Figura 5.8-F).

A apatita ocorre como cristais subédricos a arredondados, de tamanho inferior a 0,2 mm, e aparece dispersa pela lâmina.

O zircão apresenta formas arredondadas, com tamanhos inferiores a 0,2 mm, e ocorre disperso pela lâmina.

6 GEOQUÍMICA

Foram selecionadas nove amostras para análise química de rocha total correspondentes ao corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse. Destas, sete amostras (amostras SCP-5, SCP-5F, SCP-5A, SCP-6A, SCP-7B, SCP-9A e SCP-13) foram analisadas pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá) e duas amostras pelo Laboratório SGS GEOSOL (amostras SCP-5B e Ja-2-20). Os resultados das análises químicas estão apresentados no ANEXO III - Tabela de Análises Litogeoquímicas, e a localização das amostras analisadas está ilustrada no ANEXO I.

As amostras de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse apresentam pequena variação no conteúdo de elementos maiores (SiO_2 – 62,48 a 70,13%, Al_2O_3 – 12,63 a 14,56%, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$ – 5,62 a 8,6%, CaO – 2,01 a 3,07%, Na_2O – 2,44 a 2,84%, K_2O – 3,7 a 4,85%), com baixos conteúdos de TiO_2 (0,58 a 0,82%), MnO (0,07 a 0,09%), MgO (0,37 a 0,53%) e P_2O_5 (0,13 a 0,25%). Nos diagramas binários tipo Harker para elementos maiores (% em peso), as amostras apresentam-se dispersas no grupo de elementos analisados, não formando *trends*. Todavia, são verificadas fracas correlações negativas em relação a TiO_2 , Al_2O_3 , CaO e P_2O_5 (Figura 6.1).

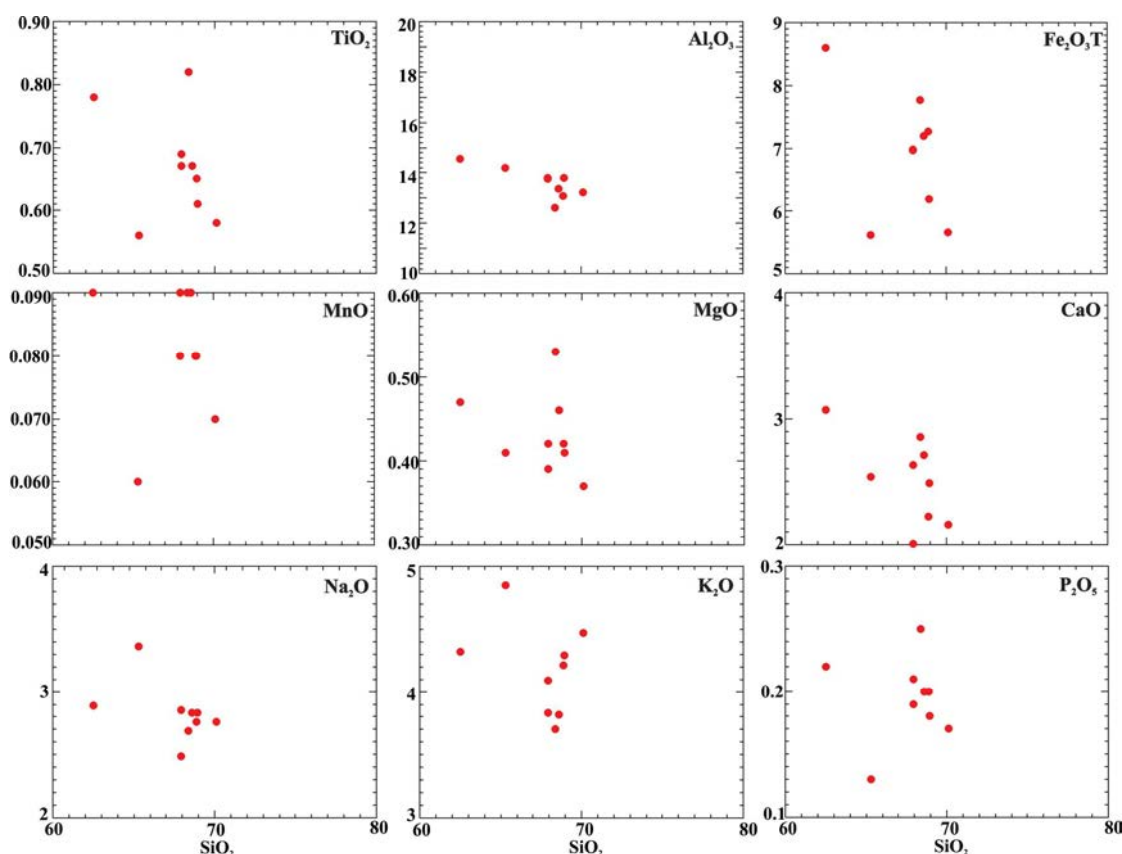


Figura 6.1 - Padrão de distribuição dos diagramas binários TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 vs SiO_2 .

As rochas mostram pequena variação nos teores de Co (4,9 a 6,5 ppm), de Cs (0,6 a 1,6 ppm), de Cu (7 a 13,3 ppm), de Ga (18 a 21,2 ppm), de Nb (10,48 a 16,6 ppm), de Ni (2,6 a 7,0 ppm), de Pb (1,2 a 2,8 ppm), de Ta (0,6 a 1,0 ppm), de Th (0,9 a 5,9 ppm), e de U (0,5 a 1,69 ppm). Apresentam maior variação nos teores de Hf (7,01 a 17,6 ppm), de Sc (6,5 a 16,0 ppm), de V (7,0 a 17,0 ppm), de Y (15,5 a 30,7 ppm), de Rb (88,0 a 129,6 ppm), de Zn (56,0 a 123,0 ppm), de Sn (247,8 a 280,4 ppm), de Zr (297,0 a 755,0 ppm), e de Ba (1058 a 2216 ppm).

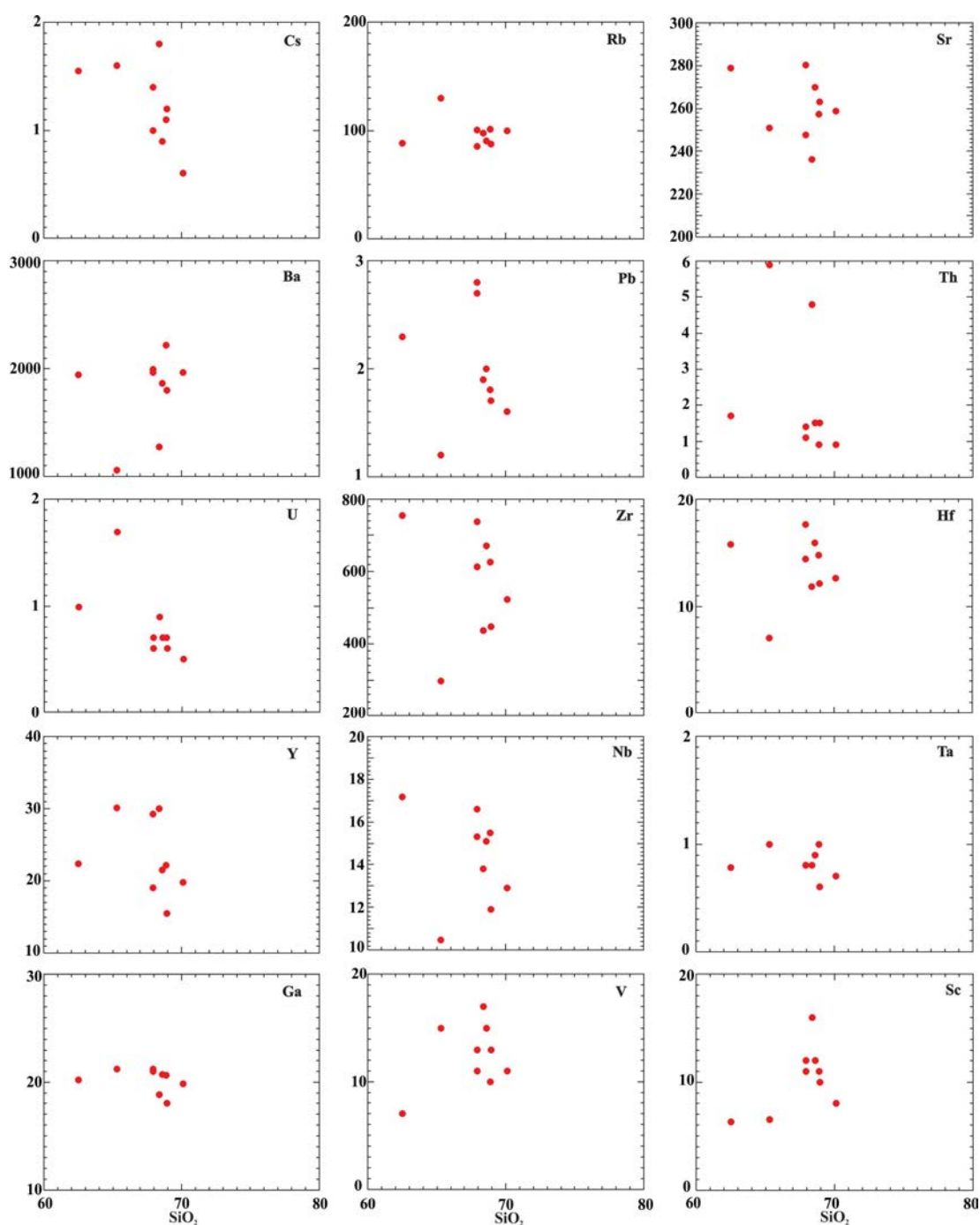


Figura 6.2 - Padrão de distribuição dos diagramas binários de elementos menores e traços vs SiO₂.

Nos diagramas binários de elementos menores e de elementos traços (em ppm - parte por milhão) em relação ao teor de SiO_2 (em % em peso), as amostras apresentam dispersão variável, não indicando grupos ou *trends* bem definidos. São observadas fracas correlações negativas em relação a Cs, Ga, Pb, Th, U, e fracas correlações positivas em relação a Hf, Nb, Rb, Sc e Zr (Figura 6.2).

A composição normativa CIPW (calculada pelo *software* MINPET) é mostrada na Tabela 6.1, e apresenta como principais minerais normativos quartzo, ortoclásio, albita, anortita e hiperstênio, e subordinadamente magnetita e ilmenita.

Tabela 6.1 - Composição normativa das amostras analisadas

Amostras	MINERAIS NORMATIVOS										
	Qzt	Or	Ab	An	Crn	Di	Hy	Mag	Ilm	Ap	Total
SCP-13	28,71	25,13	23,11	9,94	0,43	0	9,25	1,74	1,25	0,44	100
SCP-5A	28,41	22,75	23,65	12,36	0,17	0	9,22	1,72	1,28	0,44	100
SCP-6A	30,8	24,68	21,04	9,04	2,15	0	8,86	1,7	1,3	0,42	100
SCP-7B	28,15	22,94	23,96	11,97	0,67	0	8,83	1,68	1,33	0,46	100
SCP-9A	29,98	26,69	23,12	9,82	0,36	0	7,18	1,37	1,11	0,37	100
SCP-5B	18,99	26,42	24,82	14,42	0,09	0	11,12	2,11	1,53	0,5	100
SCP-5	27,98	25,56	23,67	11,39	0,44	0	7,91	1,49	1,17	0,4	100
SCP-5F	29,27	22,11	22,54	11,76	0	0,91	9,39	1,89	1,57	0,55	100
Ja-2-20	20,19	29,73	29	9,81	0	2,15	6,33	1,39	1,1	0,29	100

Qtz: quartzo; Or: ortoclásio; Ab: albita; An: anortita; Crn: coríndon; Di: diopsídio; Hy: hiperstênio; Mag: magnetita; Ilm: ilmenita; Ap: apatita.

Os ortognaisses são rochas ácidas, possuem composição subalcalina no diagrama de classificação $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 (Figura 6.3-A), e cálcica-alcalina no diagrama de Frost et al. (2001) (Figura 6.3-B). Apresentam razão molecular A/CNK próxima de 1,0 (0,93 a 1,13), exibindo caráter metaluminoso e peraluminoso (Figura 6.3-C).

A composição, com base no conteúdo de feldspato normativo (O'CONNOR, 1965), é adamelítica (quartzo monzonítica) (Figura 6.3-D). No diagrama discriminante R1 vs R2 , as rochas são classificadas como granodioritos a granitos, predominando a composição granodiorítica (Figura 6.3-E).

O padrão de distribuição dos elementos incompatíveis normalizado pelo manto primitivo de Taylor e McLennan (1985), indica que as amostras são enriquecidas em Cs, Rb, Ba, K, Zr e Hf em relação a Th, U, Ta, Nb, Sr, P, Ti, Y e elementos terras raras pesados (ETRP), apresentando discretas a fortes anomalias negativas de Th, U, Ta, Nb, Sr, P e Ti (Figura 6.4-A). O conteúdo total de ETR é baixo, variando de 124,73 a 224,02 ppm, com

predomínio de valores em torno de 145 ppm. Os elementos terras raras leves (ETRL), normalizados pelo manto primitivo (TAYLOR e MCLENNAN, 1985), apresentam concentrações entre 10,2 e 59,8 vezes acima deste, enquanto que os ETRP mostram concentrações entre 3,6 a 15,5 vezes acima (Figura 6.4-B).

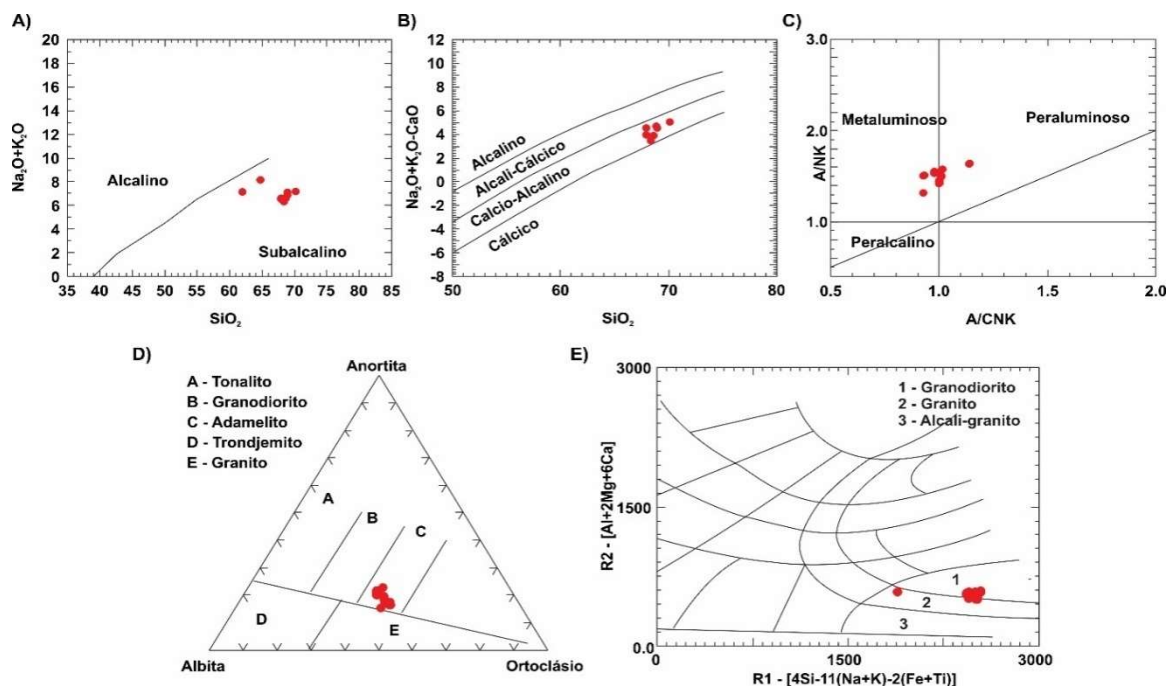


Figura 6.3- Gráficos de classificação geoquímica. (A): Gráfico de classificação $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 (IRVINE e BARAGAR, 1971); (B): $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ vs SiO_2 (FROST et al., 2001); (C): Gráfico A/NK - A/CNK (SHAND, 1943); (D): Diagrama ternário de classificação baseado no teor de feldspato normativo (O'CONNOR, 1965); (E): Diagrama $R1$ $[4\text{Si} - 11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})]$ vs $R2$ $[\text{Al} + 2\text{Mg} + 6\text{Ca}]$ de classificação para rochas plutônicas (DE LA ROCHE et al., 1980).

O padrão de distribuição de ETR das amostras analisadas apresenta enriquecimento em ETRL em relação à ETRP (razões $\text{La}_\text{N}/\text{Eu}_\text{N} = 2,91$ a $9,13$, $\text{Gd}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N} = 1,40$ – $2,30$, $\text{La}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N} = 7,21$ a $11,77$), exibindo fracas a médias anomalias positivas e negativas de európio ($\text{Eu}^* = 0,86$ a $1,13$), sendo que duas amostras apresentam fortes anomalias negativas ($\text{Eu}^* = 0,39$ e $0,45$).

De modo geral, as curvas de distribuição de elementos terras raras são semelhantes para as amostras, variando apenas no grau de enriquecimento e nas anomalias de Eu.

Nos diagramas discriminantes de ambientes geotectônicos de Pearce et al. (1984), Harris et al. (1986) e De La Roche et al. (1980), as rochas exibem composição química semelhante à de rochas geradas em arcos magmáticos (Figura 6.5-A, B, C, D, E e F).

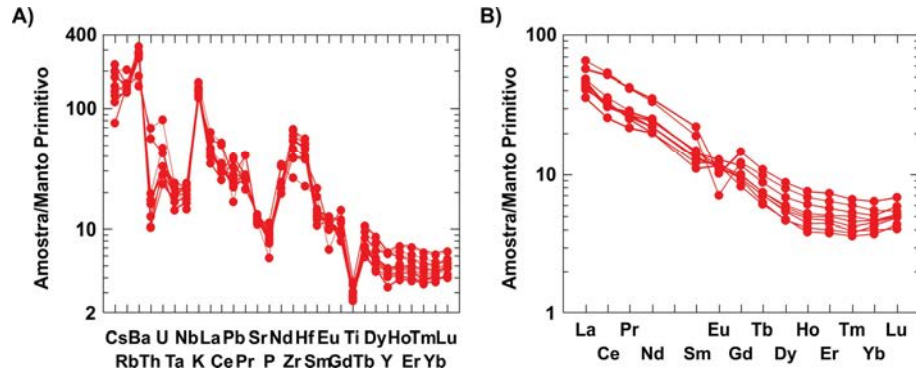


Figura 6.4—Diagramas de distribuição de elementos incompatíveis e ETR. (A): Diagrama de distribuição para elementos menores, traços e ETR (normalizados pelo Manto Primitivo, TAYLOR e MCLENNAN, 1985); (B): Diagrama de distribuição dos elementos terras raras (normalizados pelo Manto Primitivo, TAYLOR E MCLENNAN, 1985).

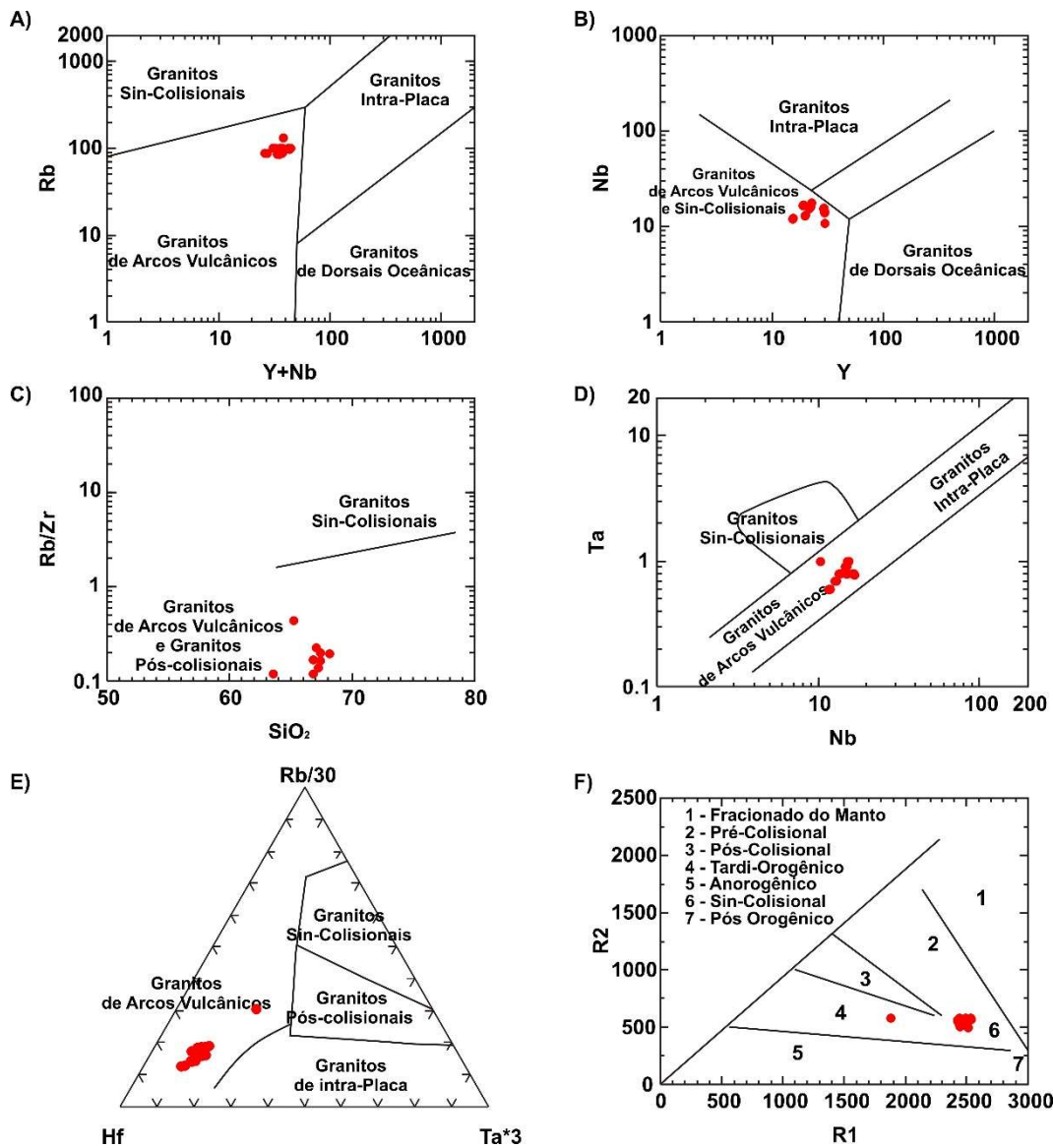


Figura 6.5 -Gráficos discriminantes de ambientes tectônicos. (A): Gráfico Rb vs Y+Nb (PEARCE et al., 1984); (B): Gráfico Nb vs Y (PEARCE et al., 1984); (C): Gráfico Rb/Zr vs SiO₂ (HARRIS et al., 1986); (D): Gráfico Ta vs Nb (HARRIS et al., 1986); (E): Gráfico Rb/30 vs Hf vs Ta*3 (HARRIS et al., 1986); (F): Gráfico R1 vs R2 (DE LA ROCHE et al., 1980).

7 QUÍMICA MINERAL

As análises de química mineral foram realizadas em quatro lâminas por meio de microsonda eletrônica da marca JEOL modelo JXA-8230 *superprobe*, sob condições de 15kV, aceleração de 20,4nÅ e diâmetro do feixe de 10 µm, com padrões naturais para todos os elementos.

Das quatro lâminas selecionadas, três são do corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse (amostras SCP-5B, SCP-5CF e SCP-9B), escolhidas de acordo com suas associações minerais e diferenças estruturais e texturais, atribuídas ao Grupo Araxá; e uma lâmina, com associação mineral semelhante, do Complexo Guaxupé (amostra SCP-21). As análises das fases minerais foram pontuais e em perfis. Os diagramas foram confeccionados pelo programa *MINPET* versão 2.02 (RICHARD, 1995). A relação das amostras e minerais analisados está listada na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Minerais analisados por microsonda eletrônica

Unidade	Amostra	Anfibólio	Biotita	Clinopiroxênio	Feldspato Potássico	Granada	Plagioclásio
Grupo Araxá	SCP-5B	X	X	X	X	X	X
	SCP-5CF	X	X	-	X	X	X
	SCP-9B	X	X	X	X	X	X
Complexo Guaxupé	SCP-21	X	X	X	X	X	X

7.1 Anfibólio

Os cristais de anfibólio analisados são subédricos a anédricos, com tamanhos que variam de 0,3 mm a 2,0 mm, de coloração verde a verde escuro, e apresentam-se em equilíbrio com a associação mineral presente na rocha.

A fórmula estrutural do anfibólio foi calculada em base anidra para 23 oxigênios, considerando todo ferro presente como Fe^{2+} ($\text{FeO}_{\text{total}}$) e 15 cátions, e a variação do conteúdo de átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f*) para os anfibólios analisados de cada amostra estão apresentados no ANEXO IV - Tabelas de análises de química mineral.

Todos os cristais analisados apresentam composição cálcica (possuem $\text{Ca}_B \geq 1,5$, $\text{Na}_A + \text{K}_A \geq 0,5$, $\text{Ti} \leq 0,5$ e $\text{Si} < 6,5$) e são classificados como hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 7.1-A, B, C e D).

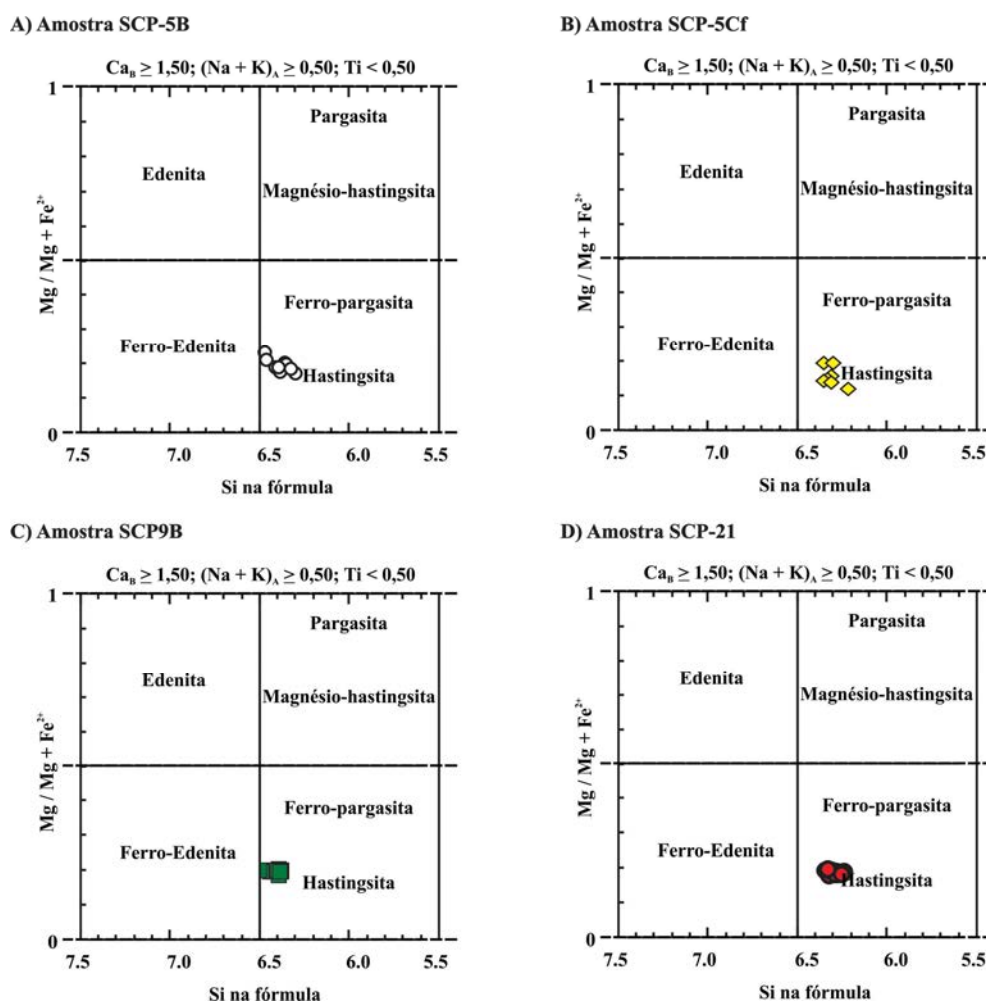


Figura 7.1 - Diagrama de classificação dos anfíbólios cálcicos (modificado de LEAKE et al., 1997). (A): Amostra SCP-5B – Grupo Araxá; (B): Amostra SCP-5Cf – Grupo Araxá; (C): Amostra SCP-9B – Grupo Araxá; (D): Amostra SCP-21- Complexo Guaxupé.

Os anfíbólios analisados (Grupo Araxá) mostram composição muito homogênea, não se observando variações químicas significativas entre os cristais. Os anfíbólios possuem conteúdo de 0,053 a 0,253 *a.p.u.f* de Ti, 1,524 a 1,757 *a.p.u.f* de Al^{IV} , e 0,427 a 0,847 *a.p.u.f* de Al^{VI} . O conteúdo de Si varia entre 6,243 a 6,476 *a.p.u.f*, o de Ca_B varia de 1,811 a 1,935 *a.p.u.f* e o teor de Na_B é baixo, variando de 0,005 a 0,13 *a.p.u.f*. Os teores de Na_A e K_A são relativamente altos, entre 0,316 a 0,445 *a.p.u.f* e 0,290 a 0,362 *a.p.u.f* respectivamente.

Os anfíbólios da amostra do Complexo Guaxupé apresentam composição semelhante, com 6,239 a 6,476 *a.p.u.f* de Si, 1,807 a 1,913 *a.p.u.f* de Ca_B , 0,202 a 0,271 *a.p.u.f* de Ti, 1,652 a 1,761 *a.p.u.f* de Al^{IV} , 0,491 a 0,616 *a.p.u.f* de Al^{VI} , com baixos teores de *a.p.u.f* de Na_B (variando entre 0,013 a 0,108 *a.p.u.f*), e altos teores de *a.p.u.f* de Na_A (0,347 a 0,441 *a.p.u.f*) e de *a.p.u.f* de K_A (0,337 a 0,369 *a.p.u.f*).

7.2 Biotita

Os cristais de biotita analisados apresentam coloração marrom claro a marrom escuro, são subédricos a anédricos, com tamanhos que variam de 0,2 mm a 1,5 mm.

A fórmula estrutural da biotita foi calculada em base anidra, para 22 oxigênios, considerando todo ferro presente como Fe^{2+} ($\text{FeO}_{\text{Total}}$). A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de biotita analisados de cada amostra estão apresentados no Anexo IV.

De acordo com o diagrama Al^{IV} versus $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$, os cristais de biotita analisados (Grupo Araxá) são quimicamente classificados como siderofilita (Figura 7.2 – A, B, C e D). Possuem X_{Mg} variando de 0,129 a 0,207, e altos teores de Ti (0,290 a 0,796 *a.p.u.f.* de Ti). O conteúdo de Al^{IV} é alto, variando entre 2,540-2,732 *a.p.u.f.* e, o teor de Al^{VI} variando entre 0,053-0,522 *a.p.u.f.*

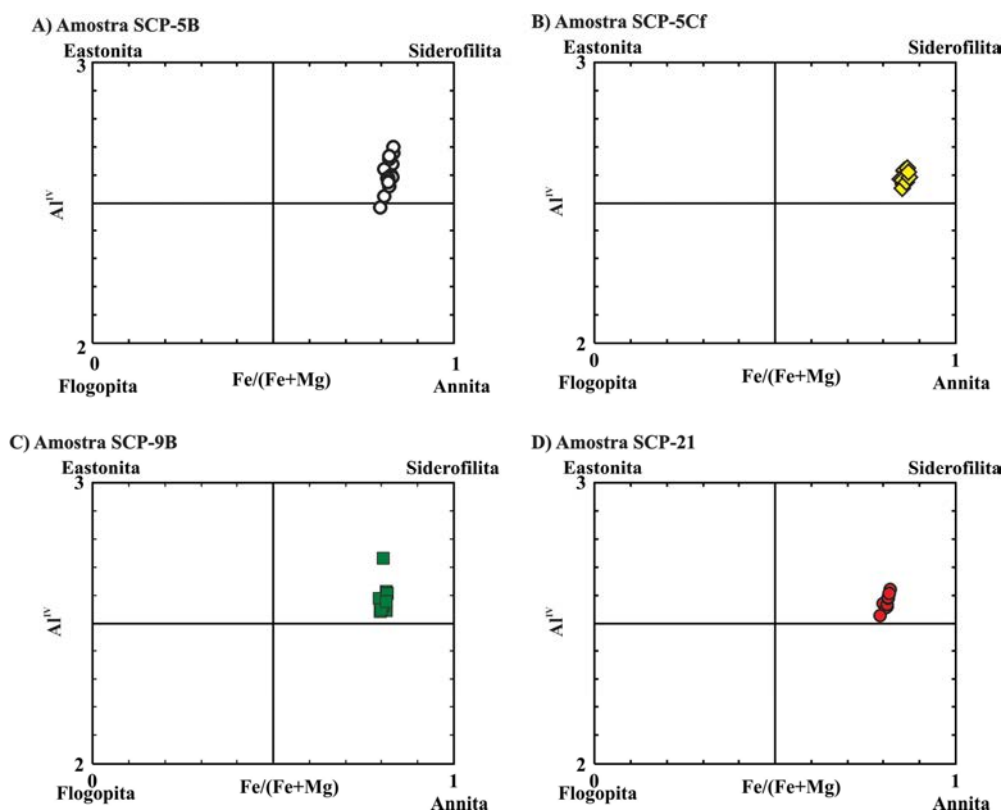


Figura 7.2 -Diagrama de classificação de biotitas. (A): Amostra SCP-5B – Grupo Araxá; (B): Amostra SCP-5Cf – Grupo Araxá; (C): Amostra SCP-9B – Grupo Araxá; (D): Amostra SCP-21- Complexo Guaxupé.

Quimicamente, a biotita analisada mostra variações composicionais significativas. Os cristais da amostra SCP-5CF possuem menores teores de Mg e são mais enriquecidos em Al,

quando comparados com os cristais das outras amostras do Grupo Araxá (SCP-5B e SCP-9B) (Figura 7.3-A, B, C e D).

As biotitas do Complexo Guaxupé, mostram composição semelhante, com relação a X_{Mg} (variando de 0,182 a 0,208). São em geral mais enriquecidas em Ti (0,510 a 0,599 *a.p.u.f.* de Ti), e o conteúdo de Al^{IV} é alto, variando entre 2,528 a 2,619 *a.p.u.f.* e o de Al^{VI} variando entre 0,044 a 0,161 *a.p.u.f.*

Nos diagramas $MgSi$ versus $Al^{IV}Al^{VI}$, $TiAl^{IV}$ versus $SiAl^{VI}$, KAl^{IV} versus Si , e $Fe^{2+}Ti$ versus Al^{VI} , observa-se que substituições de troca ocorreram (troca $MgSi \Leftrightarrow Al^{IV}Al^{VI}$, $TiAl^{IV} \Leftrightarrow SiAl^{VI}$, $KAl^{IV} \Leftrightarrow Si$ e $Fe^{2+}Ti \Leftrightarrow Al^{VI}$), mas não de forma pronunciada, sendo em parte responsáveis pela variação química observada nos cristais analisados (Figura 7.3-A, B, C e D).

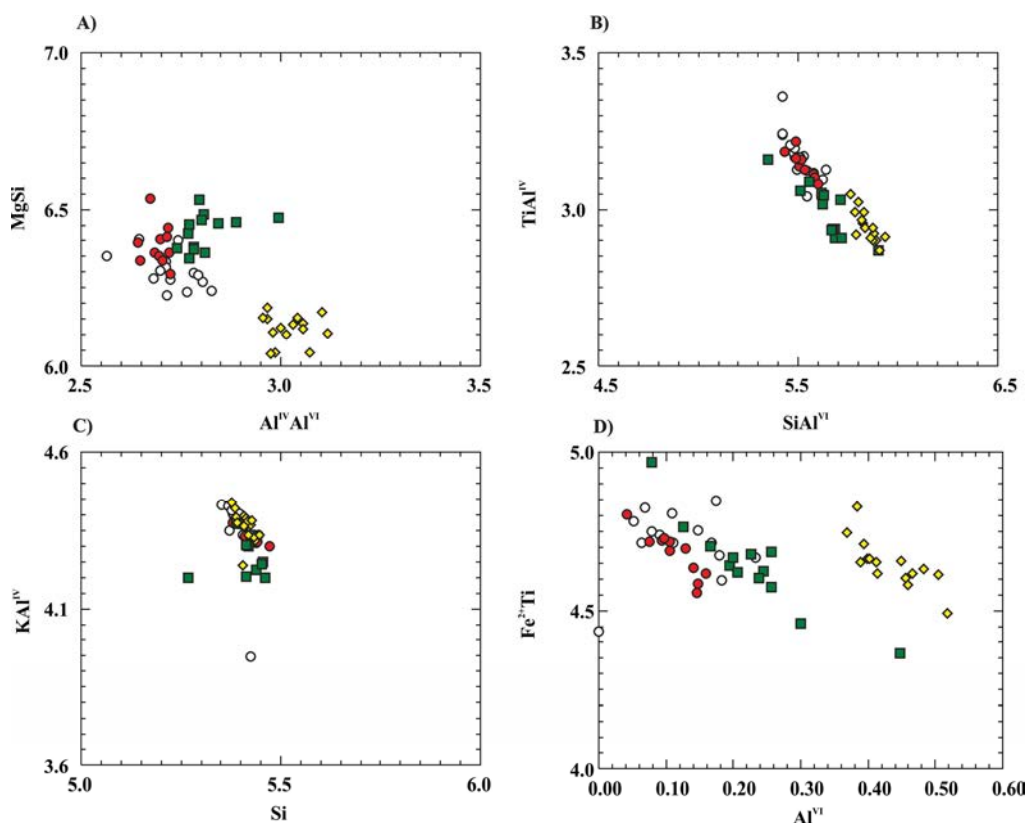


Figura 7.3 -Diagramas binários dos cristais de biotita. (A): $MgSi$ vs $Al^{IV}Al^{VI}$; (B): $TiAl^{IV}$ vs $SiAl^{VI}$; (C): KAl^{IV} vs Si ; (D): $Fe^{2+}Ti$ vs Al^{VI} . Círculos brancos: amostra SCP-5B (Grupo Araxá); Losangos amarelos: amostra SCP-5CF (Grupo Araxá); quadrados verdes: amostra SCP-9B (Grupo Araxá). Círculos vermelhos: amostra SCP-21 (Complexo Guaxupé).

7.3 Piroxênio

O piroxênio foi analisado em três amostras, duas do Grupo Araxá (amostras SCP-5B e SCP-9B) e uma do Complexo Guaxupé (amostra SCP-21). A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de piroxênio analisados de cada amostra estão apresentados no Anexo IV. Os cristais ocorrem sob a forma de grãos subédricos a predominantemente anédricos, com tamanho entre 0,5 mm a 1,5 mm, com coloração verde claro a verde, normalmente com bordas alteradas para anfibólio.

De acordo com o diagrama de Morimoto (1988), que divide os piroxênios em quatro sistemas químicos, os cristais analisados são classificados no sistema “Quad” (Ca-Mg-Fe piroxênios) (Figura 7.4). O diagrama é construído com base nos cátions que ocupam o sítio M (sítios M1 e M2 = X e Y), calculados para seis oxigênios, utilizando J (2 Na) no eixo das abscissas, e Q(Ca+Mg+Fe²⁺) no eixo das ordenadas.

No diagrama ternário, no qual estão representados os componentes moleculares wollastonita (Wo), enstatita (En) e ferrossilita (Fs), pode-se observar que os piroxênios analisados são ricos em Ca. Segundo a nomenclatura de Morimoto (1988), o piroxênio é classificado predominantemente como hedenberguita e subordinadamente como augita (Figura 7.5-A, B e C).

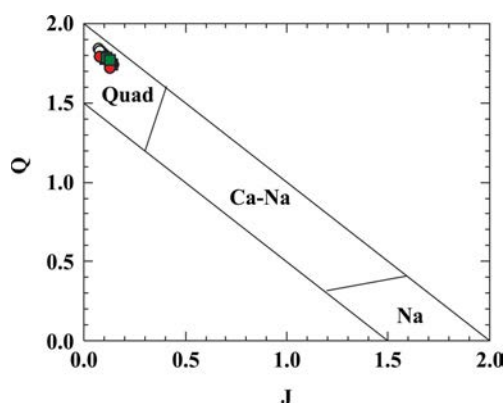


Figura 7.4 -Diagrama Q-J de classificação química de piroxênio (MORIMOTO, 1988).

Os cristais de piroxênio analisados, do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé, apresentam composição semelhante. Possuem baixos teores de Al (0,04 a 0,14 *a.p.u.f.*) e Na (0,04 a 0,07 *a.p.u.f.*), razão Fe/Mg variando entre 0,58 a 0,82 e o teor de Ca variando entre 0,79 a 0,92 *a.p.u.f.*

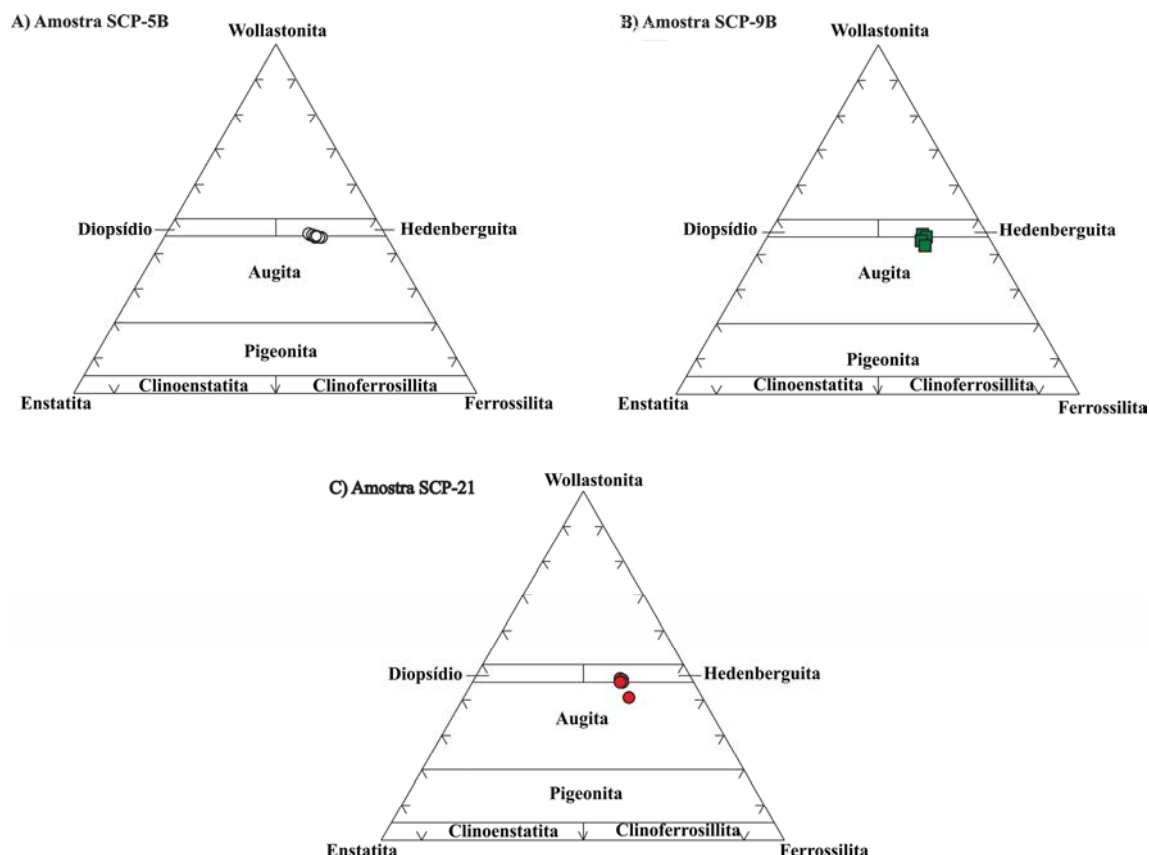


Figura 7.5 -Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de clinopiroxênios (MORIMOTO, 1988). (A): Amostra SCP-5B – Grupo Araxá; (B): Amostra SCP-9B – Grupo Araxá; (C): Amostra SCP-21 – Complexo Guaxupé.

7.4 Granada

Foram analisados 22 cristais de granada, sendo nove deles na lâmina SCP-5B, quatro na lâmina SCP-5CF, quatro na lâmina SCP-9B (amostras do Grupo Araxá) e cinco na lâmina SCP-21 (amostra do Complexo Guaxupé). A fórmula estrutural da granada foi calculada para 12 oxigênios e oito cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+} ($\text{FeO}_{\text{Total}}$). As porcentagens dos membros almandina, piropo, espessartita, grossulária, andradita e uvarovita foram calculados segundo as expressões:

$$\% \text{ de Almandina (Alm): } [\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}+\text{Mn}+\text{Ca}] \times 100$$

$$\% \text{ de Piropo (Pyr): } [\text{Mg}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}+\text{Mn}+\text{Ca}] \times 100$$

$$\% \text{ de Espessartita (Sps): } [\text{Mn}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}+\text{Mn}+\text{Ca}] \times 100$$

$$\% \text{ de Grossulária (Grs): } [\text{Ca}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}+\text{Mn}+\text{Ca}] \times 100 - (\text{And})$$

$$\% \text{ de Andradita (And): } [\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}+\text{Al}] \times 100$$

$$\% \text{ de Uvarovita (Uva): } [\text{Cr}/\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}] \times 100$$

As análises químicas foram realizadas em perfis ao longo dos cristais, e o intervalo entre as proporções moleculares dos membros finais do grupo da granada para cada cristal analisado é mostrado no Anexo IV.

Os cristais de granada analisados são subédricos a euédricos, de dimensões milimétricas, variando de 0,3 mm a 3,0 mm, e, na maioria dos casos apresenta bordas de biotita.

Na amostra SCP-5B a granada apresenta composição dominada pela molécula de almandina ($\text{Alm}_{65,61-72,24}$), seguida por grossulária ($\text{Grs}_{10,30-27,89}$), andradita ($\text{And}_{0,00-14,41}$) e piropo ($\text{Pyr}_{3,13-5,37}$). Os grãos analisados mostram composição homogênea, com pequena variação na proporção das moléculas que compõem o mineral (Figura 7.6). Alguns cristais exibem fraco zoneamento composicional, mostrando enriquecimento de Fe e Mg em direção às bordas e empobrecimento de Ca na mesma direção (Figura 7.7).

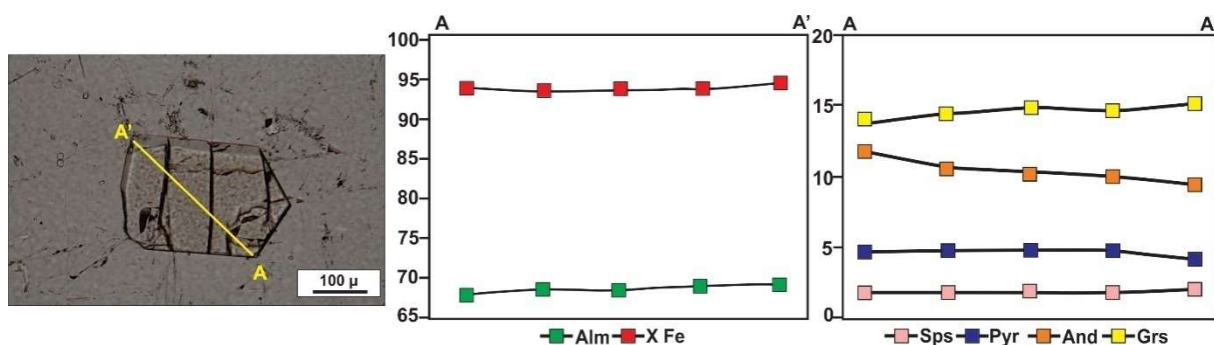


Figura 7.6- Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5B do Grupo Araxá. Perfil predominantemente homogêneo. Alm: almandina, And: andradita, Grs: grossulária, Pyp: piropo, Sps: espessartita.

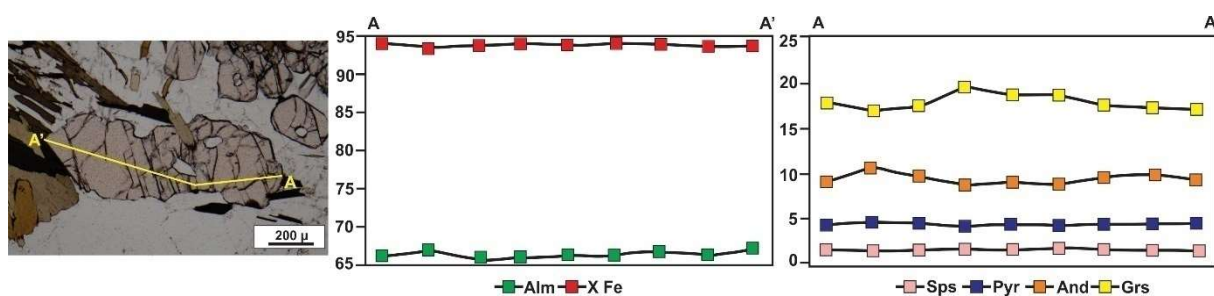


Figura 7.7- Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5B do Grupo Araxá. Perfil com discreto zoneamento composicional. Alm: almandina, And: andradita, Grs: grossulária, Pyp: piropo, Sps: espessartita.

A granada na amostra SCP-5CF apresenta composição homogênea, exibindo predominantemente padrão retilíneo. A composição dos cristais mostra pequena variação na

proporção molecular dos componentes, e é dominada pela molécula almandina (Alm_{64,12-68,23}), seguida por grossulária (Grs_{22,66-28,57}), piropo (Pyr_{2,66-5,01}) e andradita (And_{0,00-4,97}). Alguns cristais exibem discreto zoneamento composicional, com enriquecimento de Fe²⁺ e empobrecimento de Ca em direção às bordas do cristal. (Figura 7.8).

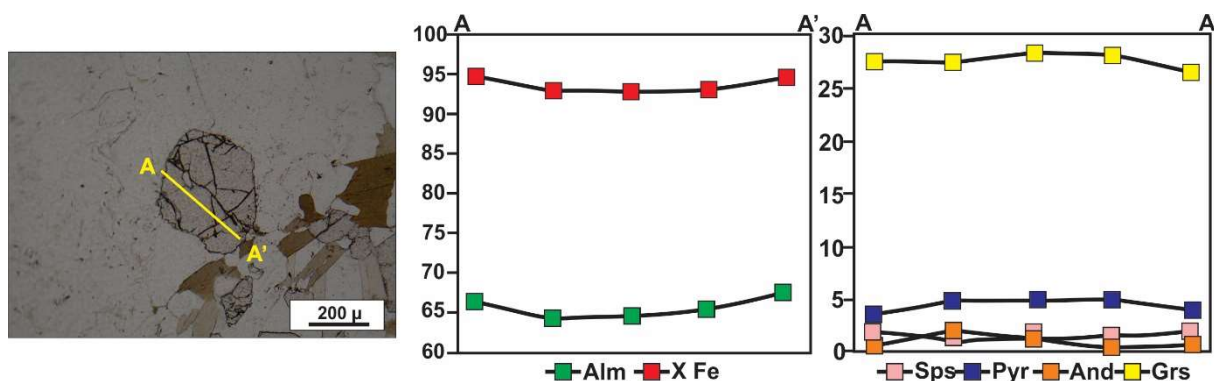


Figura 7.8 - Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-5Cf do Grupo Araxá. Alm: almandina, And: andradita, Grs: grossulária, Pyp: piropo, Sps: espessartita.

Na amostra SCP-9B, a granada mostra composição dominada pela molécula almandina (Alm_{63,33-72,43}), seguida por proporções semelhantes de grossulária (Grs_{8,28-28,54}) e andradita (And_{8,72-13,00}) e depois por piropo (Pyr_{3,58-5,67}). Os cristais apresentam composição homogênea, não mostrando zoneamento composicional evidente (Figura 7.9).

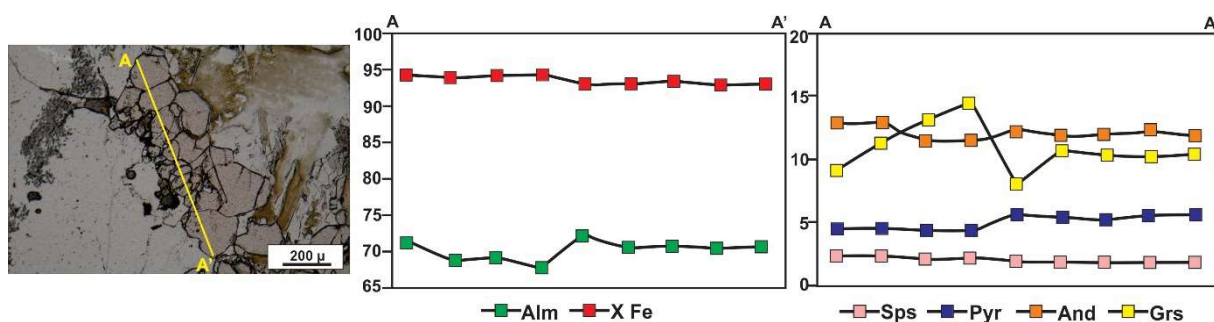


Figura 7.9 - Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-9B do Grupo Araxá. Alm: almandina, And: andradita, Grs: grossulária, Pyp: piropo, Sps: espessartita.

Os cristais de granada da amostra SCP-21 apresentam composições dominadas pela molécula almandina (Alm_{59,42-72,43}), seguida por grossulária (Grs_{18,69-28,06}), andradita (And_{6,91-11,14}) e piropo (Pyr_{3,50-5,03}), semelhante ao padrão da amostra SCP-5B. Os grãos mostram composição predominantemente homogênea, às vezes exibindo zoneamento químico, com

aumento da proporção de almandina e empobrecimento de grossulária em direção às bordas dos cristais (Figura 7.10).

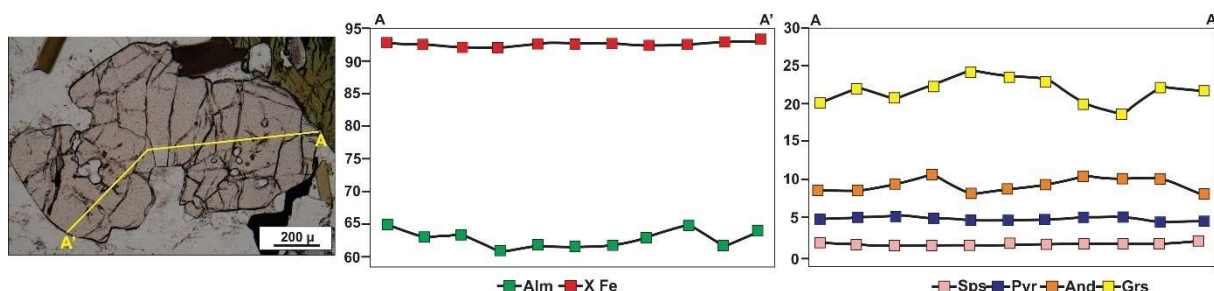


Figura 7.10 -Fotomicrografia de cristal de granada mostrando a localização do perfil na amostra SCP-21 – Complexo Guaxupé. Alm: almandina, And: andradita, Grs: grossulária, Pyp: piropo, Sps: espessartita.

7.5 Feldspatos

Os feldspatos são divididos em duas soluções binárias: i) plagioclásio, com os membros finais albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$); e ii)feldspato alcalino, com albita e feldspato potássio (KAlSi_3O_8) como membros finais. O cálculo da composição dos feldspatos foi realizado com oito oxigênios e cinco cátions. A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de feldspatos analisados de cada amostra estão apresentados no Anexo IV.

7.5.1 Plagioclásio

Os cristais de plagioclásio analisados do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé são subédricos a anédricos, com dimensões que variam de 0,6 mm a 3,5 mm. Apresentam composição variando entre oligoclásio e andesina, predominando composições de oligoclásio ($\text{Ab}_{0,70-0,86}$) e subordinadamente de andesina ($\text{Ab}_{0,63-0,69}$) (Figura 7.11-A, B, C e D). Alguns dos cristais analisados mostram pequena variação composicional, não exibindo zoneamento químico, com bordas mais sódicas que seu núcleo.

7.5.2 Feldspato potássico

O feldspato potássico ocorre em todas as amostras analisadas. Os cristais do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé analisados, ocorrem sob a forma de grãos subédricos a anédricos, com dimensões que variam de 1,0 a 5,0 mm, geralmente concentrados em determinados domínios da rocha.

Em todas as amostras analisadas o feldspato potássico apresenta composição semelhante, variando em aproximadamente 10% na concentração de ortoclásio ($Or_{0,83-0,93}$) (Figura 7.11-A, B, C e D).

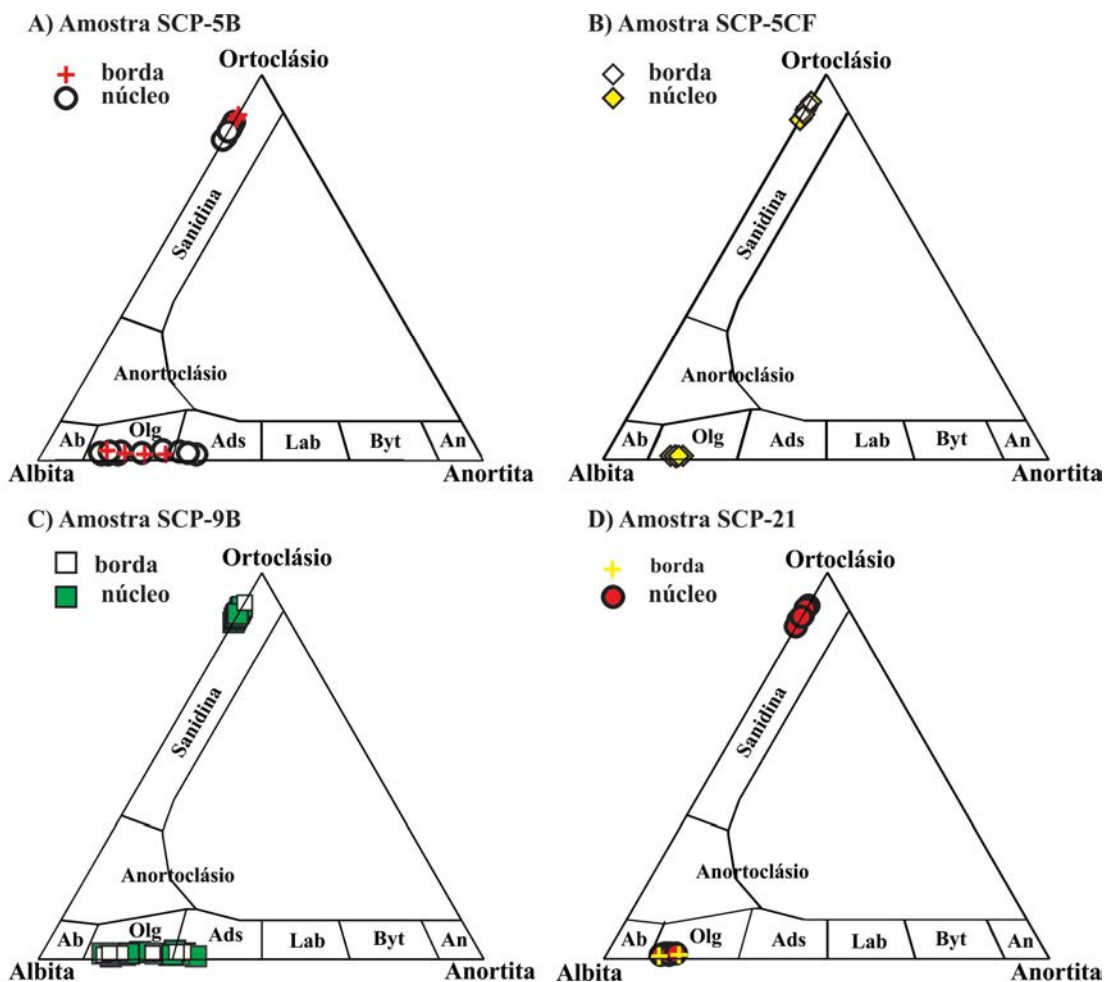


Figura 7.11-Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostra SCP-5B – Grupo Araxá; (B): Amostra SCP-5CF – Grupo Araxá; (C): Amostra SCP-9B – Grupo Araxá; (D): Amostra SCP-21 – Complexo Guaxupé. Ab: albita, Olg: oligoclásio, Ads: andesina, Lab: labradorita, Byt: bytownita, An: anortita.

8 GEOTERMOBAROMETRIA

Os cálculos das condições P - T foram realizados com o *software* THERMOCALC (POWELL e HOLLAND, 1994) no modo *avPT* em quatro amostras, três delas (SCP-5B, SCP-5CF e SCP-9B) do Grupo Araxá e atribuídas ao corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, e uma do Complexo Guaxupé (SCP-21). As análises químicas das fases minerais foram escolhidas de acordo com a associação mineral a ser calculada, e foram tratadas com o programa AX, sob condições de 10 kbar e 800 °C, para a obtenção dos valores das atividades dos membros finais. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Condições P - T calculadas pelo *software* THERMOCALC.

Amostra	Associação mineral	T (°C)	P (Kbar)
SCP-5B	Pl, FK, grt, am, bt, cpx	772 ±30	11,5 ±0,6
	Pl, FK, grt, am, bt, cpx	719 ±55	10,0 ±1,0
	Pl, FK, grt, am, cpx	699 ± 41	10,1 ±0,7
	Pl, FK, grt, am, bt	836 ±44	11,5 ±0,7
	Pl, FK, grt, am	842 ±88	11,5 ±1,1
SCP-5Cf	Pl, FK, grt, am, bt	920 ±91	13,2 ±1,3
	Pl, FK, grt, am, bt	961 ±132	13,9 ±1,9
	Pl, FK, grt, am, bt	920 ±57	12,8 ±0,8
	Pl, FK, grt, am	800 ±50	11,96 ±0,81
SCP-9B	Pl, FK, grt, am, bt, cpx	785 ±37	12,8 ±0,8
	Pl, FK, grt, am, cpx	673 ±44	10,8 ±0,8
	Pl, FK, grt, am, bt	856 ±47	12,9 ±0,7
	Pl, FK, grt, am	800 ± 50	12,26 ±0,49
SPC-21	Pl, FK, grt, am, bt, cpx	722 ±32	12,7 ±0,7
	Pl, FK, grt, am, cpx	790 ±50	12,95 ±0,50
	Pl, FK, grt, am, bt	832 ±45	13,3 ±0,7
	Pl, FK, grt, am	795 ±50	12,95 ±0,5
Pl: plagioclásio, Fk: feldspato potássico, grt: granada; am: anfibólio; bt: biotita; cpx: clinopiroxênio			

As paragêneses utilizadas nos cálculos foram: i) plagioclásio (oligoclásio/andesina) + feldspato potássico (ortoclásio) + granada + clinopiroxênio (hedenberguita); ii) oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hedenberguita + hastingsita + biotita; iii) oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita + hedenberguita; iv) oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita + biotita; e v) oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita.

A associação mineral oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hedenberguita deve corresponder à paragênese mineral de maiores condições de *P* e *T*. A quantificação das condições *P-T* desta paragênese foi realizada em duas amostras do Grupo Araxá (SCP-5B e SCP-9B). As condições de *P* e *T* não foram estimadas pelo programa, indicando que uma ou mais fases minerais estão em desequilíbrio, fato corroborado pela observação petrográfica da ocorrência de anfibólio originado a partir do clinopiroxênio e de biotita a partir da granada, sugerindo reequilíbrio das condições *P-T*.

Os cálculos termobarométricos obtidos para a paragênese oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hedenberguita + hastingsita + biotita para as amostras SCP-5B e SCP-9B (Grupo Araxá) indicam condições *P-T* médias de $758,6 \pm 40,7$ °C e $11,3 \pm 0,8$ kbar, valores compatíveis com o campo de estabilidade da cianita. Tais condições são coerentes com as associações minerais presentes nas amostras analisadas e nas rochas encaixantes.

As temperaturas calculadas para a amostra SCP-5CF (paragênese oligoclásio + ortoclásio + granada + hastingsita + biotita), também pertencente à ocorrência do (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse (Grupo Araxá), foram de, em média, $933,6 \pm 91,0$ °C enquanto as pressões calculadas foram em média de $13,3 \pm 1,3$ kbar, sendo portanto, maiores do que as calculadas para as outras amostras. As condições de temperatura calculadas para esta amostra estão acima da curva da quebra do anfibólio e da biotita, e nas pressões obtidas, alcançariam o limite com fácies eclogito, não compatível com as associações minerais presentes na rocha.

Temperaturas calculadas nas rochas do Grupo Araxá (amostras SCP-5B e SCP-9B) para a paragênese oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita + biotita, com média de $846 \pm 45,5$ °C, e para a paragênese oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita, com média de $814 \pm 62,6$ °C também são mais altas do que o esperado, uma vez que essas associações representam o reequilíbrio das condições *P-T*, devido à desestabilização da granada e do anfibólio, que, em muitos casos, ocorrem gerando biotita. Na presença dessas reações esperava-se obter temperaturas mais baixas, em torno de 700-750 °C. As condições de pressão, contudo, mostraram-se bem balizadas, variando de $12,23$ - $12,5 \pm 0,7$ kbar.

Os dados termobarométricos obtidos para a paragênese oligoclásio/andesina + ortoclásio + granada + hastingsita + hedenberguita, nas amostras SCP-5B e SCP-9B, indicam condições *P-T* médias de $686 \pm 42,5$ °C e $10,4 \pm 0,75$ kbar, sugerindo condições de reequilíbrio dentro do campo de estabilidade da cianita.

As condições PT calculadas para amostra SCP-21 (Complexo Guaxupé), cuja paragénese é semelhante à descrita no (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, são próximas às obtidas para as rochas atribuídas ao Grupo Araxá, com temperaturas variando de $722-832 \pm 50$ °C e pressões entre $12,7-13,3 \pm 0,7$ kbar para as associações minerais calculadas.

9 ESTUDOS ISOTÓPICOS

Uma amostra do corpo de (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse (Grupo Araxá) foi selecionada para análise isotópica Sm/Nd. As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR), da Faculdade de Geologia, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, utilizando-se o método de Valeriano et al. (2009).

Para a realização do estudo isotópico foi escolhida uma amostra de ortognaisse (SCP-5A) com preservação de textura reliquiar, com a finalidade de estimar a idade em que o protólito se diferenciou do manto.

O valor de T_{DM} foi calculado usando o modelo de De Paolo (1981). Os resultados da análise são mostrados na Tabela 9.1.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	ϵ_{Nd}	T_{DM} (Ga)
SCP-5A - (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse	5,9	29,7	0,12	0,511526	-21,7	2,2
MAG 03 - Álcali feldspato chamockito*	17,192	110,093	0,0944	0,511763	-17,08	1,62
MAG 06 - Granulito Máfico*	7,639	41,133	0,1123	0,511576	-20,72	2,19
MAG 17 - Chamockito*	2,294	15,171	0,0914	0,511937	-13,67	1,37
MAG 21 - Enderbitto*	2,279	9,357	0,1472	0,512409	-4,46	1,44
MAG 24 - Álcali feldspato chamockito*	14,005	84,783	0,0999	0,511774	-16,86	1,69
MAG 39 - Chamockito alaskito*	10,444	49,146	0,1285	0,511705	-18,19	2,38
MAG 50 - Chamockito*	15,112	80,447	0,1136	0,511779	-16,77	1,91

* = Dados de amostras do Complexo Guaxupé, região de Arceburgo – Santa Cruz do Prata (MG), de NASCIMENTO(2010)

As razões isotópicas $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ obtidas para amostra apresenta T_{DM} de 2,2 Ga, ϵ_{Nd} de -21,7 (Figura 9.1), e razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,12 e de $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ de 0,511526. O valor de ϵ_{Nd} obtido na análise sugere que a rocha teve elevado tempo de residência crustal.

Idades modelo T_{DM} obtidas por Nascimento (2010) para rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé, na região de Arceburgo – Santa Cruz do Prata variam entre 1,37 a 2,38 Ga, e valores isotópicos ϵ_{Nd} variando entre -4,46 a -20,72 (Tabela 9.1; Figura 9.1).

A idade modelo T_{DM} para a rocha do Grupo Araxá é semelhante a um grupo de resultados de rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé, mostrando idades entre 2,19 e 2,38 Ga, e valores ϵ_{Nd} entre -18,19 e -20,72.

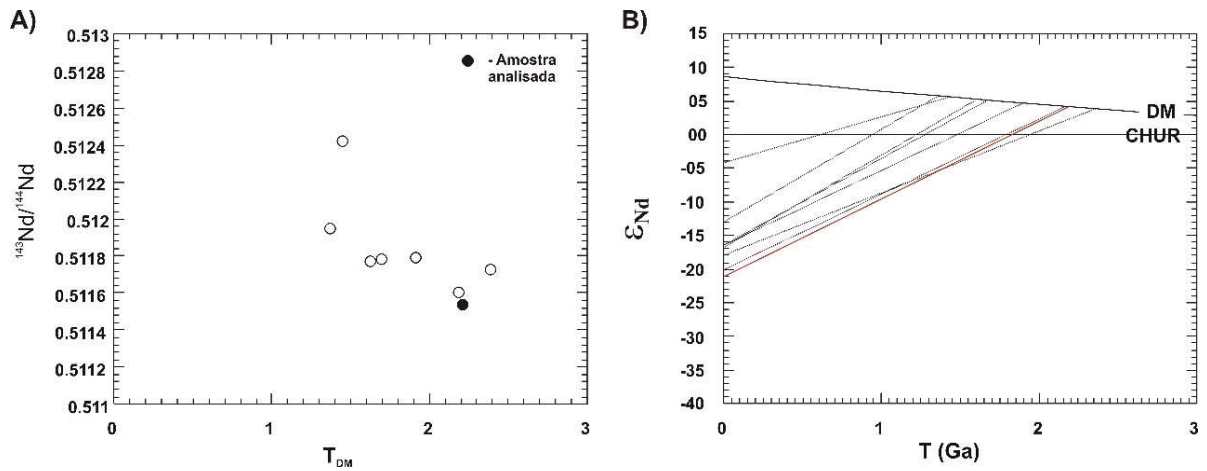


Figura 9.1 – Resultados das análises isotópicas Sm/Nd. (A): Diagrama mostrando variação das razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus idades modelo (T_{DM}) para rochas da região de Santa Cruz do Prata – Arceburgo (círculos brancos: amostras de Nascimento, 2010); (B): Diagrama de evolução de ϵ_{Nd} com o tempo mostrando valores fortemente negativos para a amostra analisada (linha vermelha). Linhas tracejadas: amostras de Nascimento (2010).

10 DISCUSSÕES

O (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse constitui um litotipo com estrutura que varia de isotrópica a anisotrópica, podendo exibir domínios bem mais foliados e orientados, em consequência do maior grau de deformação. Nos domínios onde a anisotropia é mais desenvolvida, a textura é granoblástica inequigranular poligonal a lobulada. Nas porções menos deformadas é possível identificar feições primárias preservadas, marcadas por domínios com textura granular com fraca anisotropia, ricos em plagioclásio com arranjo poligonal entre si, envoltos por textura ígnea, superposta por textura granoblástica.

As análises litoquímicas mostram que o litotipo são rochas ácidas, subalcalinas, cálcica-alcalinas, com caráter metaluminoso a peraluminoso, classificadas como granodioritos a granitos. O padrão de distribuição dos elementos traços e ETR sugerem que o litotipo apresenta características geoquímicas semelhantes a de rochas geradas em arcos magmáticos.

A distribuição mineralógica do feldspato potássico e do plagioclásio, concentrados em determinados domínios da rocha, associada à presença de antipertitas por corrosão, gotas de quartzo nos cristais de plagioclásio, e cristais de plagioclásio corroídos por feldspato potássico, sugerem feições reliquiares do final da cristalização do protólito do ortognaisse. Os aspectos mineralógicos, texturais, e a associação mineral ortoclásio + oligoclásio/andesina + granada + hedenberguita + quartzo, indicam ápice metamórfico em condições de fácies granulito, com temperaturas mínimas de 800 °C, acima da curva de quebra da muscovita.

Os cálculos termobarométricos mostram condições P - T para as associações minerais presentes no (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse variando entre 673 °C e 961 °C, e entre 10,0 kbar e 13,9 kbar, representando condições de metamorfismo em fácies anfibolito alto ao limite inferior da fácies eclogito. Os resultados indicam um ápice metamórfico em condições de fácies granulito, com temperaturas mínimas de 800 °C e pressões superiores a 12,5 kbar, no campo de estabilidade da cianita, como sugerido pelas análises petrográficas.

As análises de química mineral, realizadas em rochas com texturas magmáticas preservadas, e em rochas com maior anisotropia, não demonstraram variações composicionais significativas, apenas discretos zoneamentos composicionais nos cristais de granada, e nos cristais de plagioclásio. Os altos teores em *a.p.u.f* de X Mg, Ti e baixos conteúdos de Al^{VI} na composição das biotitas, indicam características típicas de fácies granulito (GUIDOTTI, 1984), assim como os altos conteúdos em *a.p.u.f* de Al^{IV} e Ti nos anfibólios. A química

mineral das granadas mostra sutis variações composicionais a composições relativamente homogêneas. De acordo com Tracy et al. (1976) e Spear (1995), granadas com composições relativamente uniformes podem indicar condições metamórficas de alto grau. As maiores diferenças composicionais são registradas na amostra SPC-5CF, com maior anisotropia e sem clinopiroxênio em sua composição, cuja granada apresenta perfis composicionais mais zonados, e a biotita mostra maiores teores de Al^{VI}.

Em todas as amostras observaram-se reações retrometamórficas, que ocorreram com grau variado nas rochas, indicando que o processo foi penetrativo, embora com intensidade variada. As reações retrógradas são marcadas por transformação de clinopiroxênio para hornblenda hastingsítica; passagem de ortoclásio para microclínio; passagem de hornblenda para biotita e em muitos casos com geração de titanita e opacos; cristais de granada com bordas de biotita; cristais de granada formando coroa em plagioclásio; formação de coroas mais sódicas em plagioclásio de núcleo mais cálcico; e presença de mirmequitas.

Para St-Onge e Ijewliw (1996), a formação de coroas de granada em torno de plagioclásio e coroas de anfibólio em torno de clinopiroxênio, e a presença de bordas mais sódicas em plagioclásios com núcleo mais cálcico, indicam reações de hidratação de associações minerais de fácies granulito, com reequilíbrio em fácies anfibolito médio a alto.

O registro *P-T* observado no ortognaisse em condições mais brandas, entre 670 °C e 750 °C e 10,0 kbar a 12,5 kbar corrobora o reequilíbrio metamórfico regional em fácies anfibolito médio a alto, registrado com diferentes intensidades, assim como observado nos estudos petrográficos. Os altos valores de temperatura calculados para a amostra SCP-5CF (associação mineral: oligoclásio + ortoclásio + granada + hastingsita + biotita, com maior grau de deformação) não são compatíveis com as associações minerais, e sua geração pode indicar que uma ou mais fases minerais foram submetidas a reequilíbrio termodinâmico. Estas condições podem ser observadas na composição química da biotita presente nesta amostra, que indica substituições de troca diferentes das observados nas rochas com menor anisotropia.

Os dados apresentados são compatíveis com as condições termobarométricas calculadas por Del Lama (1993) e Del Lama et al (1994) na porção meridional do Grupo Araxá, ao norte da Zona de Cisalhamento Varginha, que indicam temperaturas da ordem de 830-900 °C e pressões de 12,5-15 kbar no auge metamórfico, e reequilíbrio das condições metamórficas em torno de 700-750°C e 11,8-12,1 kbar.

Em comparação, os valores obtidos para a amostra do Complexo Guaxupé mostram temperaturas variando entre 722 °C e 832 °C, e pressões entre 12,7 kbar e 13,3 kbar, semelhantes às obtidas para o (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse. Os dados de pressão aqui apresentados são superiores aos dados calculados por Del Lama (1993) a sul da Zona de Cisalhamento Varginha, que indicam condições P - T em torno de 870-890 °C e 11-12 kbar e reequilíbrio estimado em 740-770°C e 9,2 kbar.

Os resultados obtidos a partir dos cálculos termobarométricos estão plotados no diagrama P vs T (Figura 10.1), e os dados representam uma trajetória metamórfica com sentido horário, que sai de condições de maior pressão e temperatura, registrando o auge metamórfico, para condições inferiores, registrando o reequilíbrio das reações.

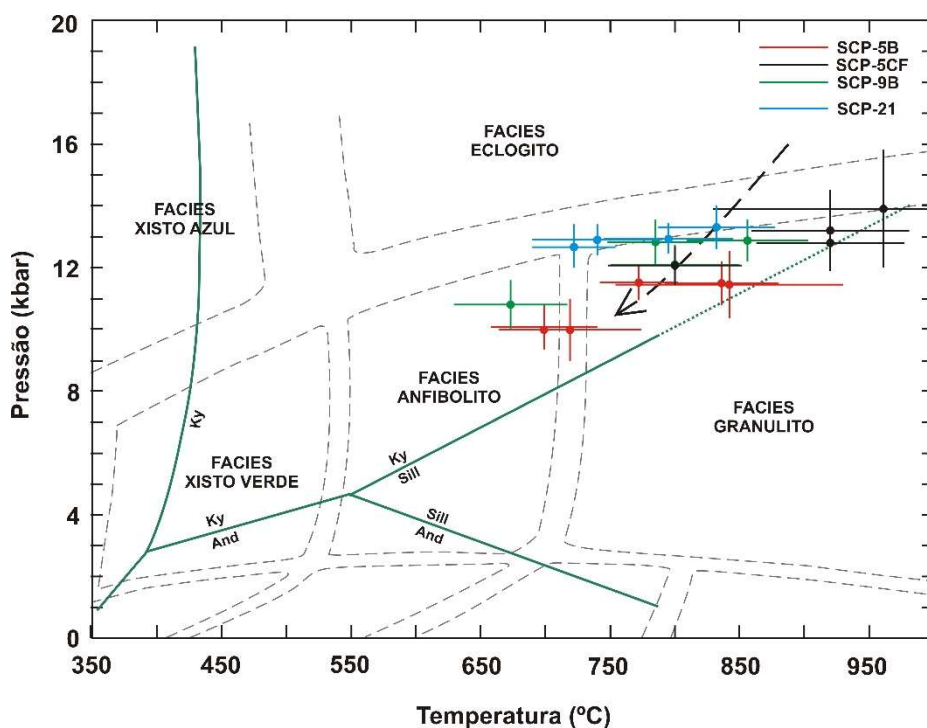


Figura 10.1 - Diagrama $P \times T$ mostrando a trajetória do metamorfismo das rochas estudadas do Grupo Araxá e Complexo Guaxupé. Ky (Cianita), And (Andalusita), Sill (Silimanita).

Assim, considera-se aqui que o protólito do ortognaisse é uma rocha de composição granítica composta por ortoclásio, plagioclásio, granada, clinopiroxênio e quartzo. Essa associação mineral pouco comum foi sugerida por Patiño Douce (2005) por meio de experimentos de fusão em assembleias tonalíticas (biotita+ anfíbolio + plagioclásio + quartzo) originando clinopiroxênio, granada e feldspato potássico, estáveis em condições de altas pressões e temperaturas (Figura 10.2). Assim, com base na paragénesis ígnea, o granito teria se originado, provavelmente, em condições de temperaturas mínimas da ordem 900 °C e pressões acima de 15 kbar

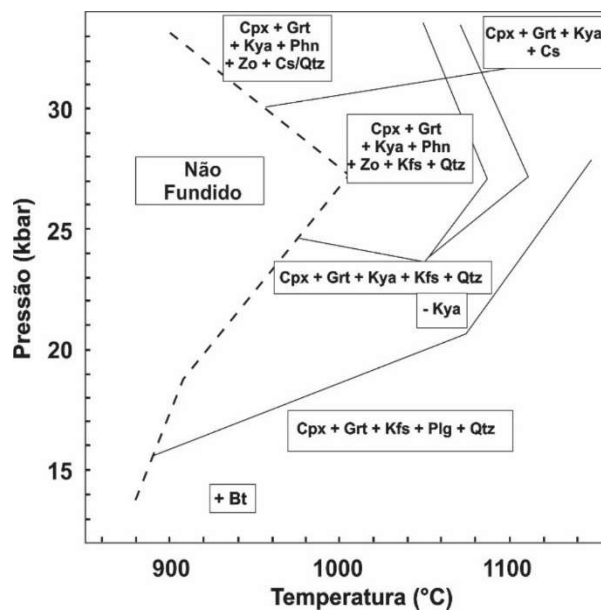


Figura 10.2 – Associações de fases em produtos experimentais. A linha tracejada separa os experimentos com fusão resultante e sem fusão. Bt (Biotita), Cpx (Clinopiroxênio), Grt (Granada), Kfs (Feldspato potássico), Plg (Plagioclásio), Qtz (Quartzo), Kya (Cianita), Phn (Fengita), Zo (Zoisita) e Cs (Coesita) (PATIÑO DOUCE, 2005).

De acordo com Green e Ringwood (1967), rochas como o (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse, com paragênese clinopiroxênio + granada + plagioclásio + quartzo, podem ser interpretadas como um granulito de alta pressão.

A idade modelo T_{DM} , calculada a partir de dados isotópicos Sm/Nd, obtida para o ortognaisse possui valor de 2,2 Ga, com ε_{Nd} de -21,7, sugerindo que o material inicial que originou o protólito ígneo dessa rocha possuiu elevado tempo de residência crustal. Idades modelo T_{DM} determinadas por Nascimento (2010), em granulitos máficos e charnockitos alaskíticos (2,19 Ga e 2,38 Ga respectivamente) na região de Guaxupé-Arceburgo-Santa Cruz do Prata, no Complexo Guaxupé, são semelhantes à obtida para o (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O (clinopiroxênio)-hastingsita-biotita-granada ortognaisse ocorre sob a forma de um corpo lenticular, orientado segundo a direção E-W, paralelo a sub-paralelo à direção das zonas de cisalhamento regionais, e está inserido nas rochas atribuídas ao Grupo Araxá. Constitui um litotipo granoblástico inequigranular, de granulação média a grossa, com estrutura isotrópica a anisotrópica, podendo exibir domínios bem mais foliados e orientados, em consequência do maior grau de deformação. Mineralogicamente é constituído por feldspato potássico (ortoclásio, ortoclásio microclinizado ou microclínio), quartzo, plagioclásio (oligoclásio/andesina e albita), granada, biotita, hornblenda hastingsítica, clinopiroxênio (hedenberguita) e opacos. Como minerais acessórios ocorrem apatita, titanita, zircão, allanita, epidoto e carbonatos. O clinopiroxênio ocorre nas rochas menos deformadas, que preservam textura ígnea reliquiar.

Os aspectos mineralógicos, texturais, petrológicos e isotópicos sugerem que o protólito do ortognaisse seria uma rocha granítica, originada a partir de processo de anatexia de rochas metamórficas pré-existentes. O líquido gerado pela anatexia, com alguns restos de níveis mais refratários do protólito cristalizou-se, gerando rocha granítica em condições de temperaturas mínimas da ordem 900 °C e pressões acima de 15 kbar. Em sequência o produto ígneo foi afetado por deformação e metamorfismo em diferentes graus de intensidade, catalisando transformações minerais e texturais.

As feições mineralógicas, texturais, e petrológicas do ortognaisse, associadas aos dados de química mineral e termobarométricos, indicam um ápice metamórfico em condições de fácies granulito, com temperaturas mínimas de 800 °C e pressões superiores a 12,5 kbar, e reequilíbrio metamórfico em condições de 670 °C e 750 °C e 10,0 kbar a 12,5 kbar em fácies anfibolito médio a alto. As condições *P-T* indicam trajetória metamórfica com sentido horário, compatível com zonas de colisão continental.

12 BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**. São Paulo, n. 41, 1964. p. 169-263.

ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro: DNPM. n. 241, 1967. 36p.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Coord.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgar Blücher, 1984. 378p.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, n. 8., 1977, Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: An introduction. **Earth-Science Review**, v. 17, p. 1-29, abril 1981.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; DAVINO, A.; HARALY, N. L. E. Informações geofísicas sobre o oeste mineiro e seu significado geotectônico. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 52, n. 1, p. 49-60, 1980.

ARTUR, A. C.; WERNICK, E. Interpretação geotectônica de alguns aspectos do embasamento cristalino do Estado de São Paulo e áreas adjacentes do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBG, 1986. p. 1285-1295.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R.; SZABO, G. A. J.; VASCONCELOS, P. . Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE-Brasil. **Geologia USP. Série Científica**, v. 4, n.1, p. 13-40, 2004.

CAMPOS NETO, M. da C.; BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R.; VASCONCELOS, A. C. B. A Nappe de Cavalgamento Socorro (SP-MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 4, p. 1809-1822.

CAMPOS NETO, M. da C.; CABY, R. Neoproterozoic High-Pressure Metamorphism and Tectonic Constraint from the Nappe System South of the São Francisco Craton, Southeast Brazil. **Precambrian Research**, n. 97. p. 3-26, 1999.

CAMPOS NETO, M. da C.; CABY, R. Terrane Accretion and Upward Extrusion of High-Pressure Granulites in the Neoproterozoic Nappes of Southeast Brazil: Petrologic and Structural Constraints. **Tectonics**, v. 19, n. 4. p. 669-687, 2000.

CAMPOS NETO, M. da C.; FIGUEIREDO, M. C. H. Orogênese Rio Doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37. 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: SBG, 1992, v. 1, p. 276-277.

CAMPOS NETO, M. da C.; PERROTA, M. M.; PELOGGIA, A. U. G.; FIGUEIREDO, M. C. H. A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande (SP-MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36., 1990, Natal-RN. **Anais...** Natal: SBG, 1990, v. 6, p. 2615-2630.

CAMPOS NETO, M. da C. **A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande: Ensaio de evolução tectônica.** 1991, 210p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.

CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C. da; CHIEREGATI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M. da; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. da N.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J. B. V.; ROSA, D. B.; RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí - Estados de São Paulo e Minas Gerais.** DNPM/CRPN, Brasília, 1979. 299p.

CHOUDHURI, A. (Coord) **Projeto Jacuí.** Convênio DNPM/Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1979.

CHOUDHURI, A. Paragenesis and stability of hornblenda in charnockitic gneiss and mafic granulite-examples from Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 56, p. 155-161, 1984.

DARDENNE, M. A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Coord.). **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 231-263.

DAVINO, A. O baixo gravimétrico da região de Caldas Novas, GO. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 2., 1979, Rio Claro, SP. **Atas...** Rio Claro: SBG, 1979, p. 87-100.

DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J. T.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses—its relationships with current nomenclature. **Chemical Geology**, v. 29, n. 1-4, p. 183-210, 1980.

DE PAOLO, D. J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, Califórnia. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, p. 10470-10488, 1981.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **An Introduction to the Rock-Forming Minerals.** 2 ed. London: Longman, 1992. 696p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Double-chain silicates – vol. 2A.** 2 ed. The Geological Society Publishing House, London, Inglaterra, 1997b, 764p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Orthosilicates**. 2 ed. The Geological Society Publishing House, London, Inglaterra, 1997a. 918p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Single-chain silicates – vol. 2A**. 2 ed. The Geological Society Publishing House, London, Inglaterra, 1997c. 668p.

DEL LAMA, E. A. **Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Campos Gerais e correlação com as do complexo Varginha-Guaxupé: Estudos termobarométricos**. 1993. 132p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP.

DEL LAMA, E. A. **Terrenos granulíticos de Guaxupé: Evolução petrológica de um segmento da crosta inferior**. 1998. 188p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP.

DEL LAMA, E. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; ZANARDO, A. Geochemistry of the Guaxupé granulites, Minas Gerais, Brasil. **Gondwana Research**, v. 1, n. 3/4, p. 357-365, 1998.

DEL LAMA, E. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; ZANARDO, A. Geotermobarometria em rochas do Complexo Campos Gerais ao norte da Zona de Cisalhamento Varginha. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 1-7, 1994.

DEL LAMA, E. A.; ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; MORALES, N. Exhumation of high-pressure granulites of the Guaxupé Complex, southeastern Brazil. **Geological Journal**, Reino Unido, v. 35, n. 3-4, p. 231-249, 2000.

EBERT, H. D.; HASUI, Y. Transpressional tectonics and partitioning during oblique collision between three plates in Pré-cambrian of southeast Brazil. In: HOLDSWORTH, R. E.; STRACHAN, R. A.; DEWEY, J. F. **Continental transpressional and transtensional tectonics**. Londres: Geological Society, 1998. p. 231-252.

EBERT, H. Os paraibides entre São João del Rei, Minas Gerais e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre paraibides e araxaídes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 25, 1971, São Paulo. **Resumo das Comunicações...** São Paulo: SBG, 1971. p. 177-178.

FONSECA, M. J. G.; SILVA, Z. C. G.; CAMPOS, D. de A.; TOSATTO, P. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo - Folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape**. Texto explicativo. Brasília: MME/DNPM, 1979. 240p.

FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C. D. A. Geochemical Classification for Granitic Rocks. **Journal of Petrology**, v. 42, n. 11, p. 2033-2048, 2001.

FUCK, R. A. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, n. 4., 1994, Brasília. **Atas...** Brasília: SBG, 1994. p. 184-187.

GODOY, A. M.; OLIVA, A.; MORALES, N.; ZANARDO, A. Geologia e geoquímica das rochas graníticas da Zona de Sutura Alterosa, região de São Pedro da União - MG. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 18. n. 2, p. 417-437, 1999.

GREEN, D. H.; RINGWOOD, A. E. An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 31, p. 767-833, 1967.

GUIDOTTI, C. V. Micas in metamorphic rocks. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 13, nº 1, p. 357-467, 1984.

HARALY, N. L. E.; HASUI, Y. The gravimetric information and the archean-proterozoic structural framework of eastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, n. 1-2-3, p. 160-166, 1982.

HARALY, N. L. E.; HASUI, Y.; MIOTO, J. A.; HANZA, V. M.; RODRIGUES, C. R. V. **Ensaio sobre a estruturação crustal do Estado de Minas Gerais com base na informação geofísica e geológica**: Contribuições à geologia e à petrologia. [s.l.]: SBG, 1985. p. 71-93.

HARRIS, N. B. W.; PEARCE, J. A.; TINDLE, A. G.; Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. **Geological Society Special Publications**, v. 19, n. 1, p. 67-81, 1986.

HASUI, Y. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 850p.

HASUI, Y.; EBERT, H. D.; COSTA, J. B. S. Estruturação da extremidade oriental da chamada cunha de Guaxupé: Dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36., 1990, Natal, RN. **Anais...** Natal: SBG, 1990, p. 2296-2308.

IRVINE, T. N. J.; BARAGAR, W. R. A. F. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 8, n. 5, p. 523-548, 1971.

JANASI, V. de A. **Rochas sieníticas e mangerítico-charnoquíticas neoproterozoicas da região entre Caldas e Campestre, MG: Aspectos petrológicos**. 1992. 298p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.

LEAKE, B. E., WOOLLEY, A. R.; ARPS, C. E. S.; BIRCH, W.; GILBERT, M. C.; HAWTHORNE, F. C.; GRICE, J. D.; KATO, A.; KISCH, H.; KRIVOVICHEV, V.; LINTHOUT, K.; LAIRD, J.; MANDARINO, J. A.; MARESCH, W.; NICKEL, E.; ROCK, N. M. S.; SCHUMACHER, J. C.; SMITH, D. C.; STEPHENSON, N. C. N.; UNGARETTI, E. J. W.; YOUZHI, G. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. **The Canadian Mineralogist**, v. 35, p. 219-246, 1997.

MORALES, N. **Evolução tectônica do cinturão de cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental**. 1993. 2v. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP.

MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F. de; ZANARDO, A. Gnaisses de alto grau e migmatitos da porção sudoeste do Complexo Varginha, nordeste do Estado de São Paulo. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 35., 1988, Belém, PA. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v. 3. p. 1216-1229.

MORIMOTO, N. Nomenclature of pyroxenes. **Mineralogy and Petrology**, v. 39, n. 1, p. 55-76, 1988.

NASCIMENTO, M. B. **Evolução metamórfica PTt da porção norte do complexo Guaxupé na região de Arceburgo-Santa Cruz da Prata, MG.** 2010. 141p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP

O'CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. **US Geological Survey Professional Paper B**, v. 525, p. 79-84, 1965.

OLIVEIRA, M. A. F. de. Petrologia das rochas metamórficas de São José do Rio Pardo, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 4, p. 257-278, 1973.

OLIVEIRA, M. A. F. de; HYPÓLITO, R. Ortopiroxênios e clinopiroxênios coexistentes nos granulitos de São José do Rio Pardo, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 8, p. 249-261, 1978.

PASSCHIER, C. W.; MYERS, J. S.; KRÖNER, A. **Geologia de campo de terrenos gnáissicos de alto grau.** São Paulo: EdUSP, 1993. 188p.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics.** 2. ed. Alemanha: Springer, 2005. 366p.

PATÍÑO DOUCE, A. E. Vapor-absent melting of tonalite at 15–32 kbar. **Journal of Petrology**, v. 46, n. 2, p. 275-290, 2005.

PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, n. 4, p. 956-983, 1984.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JOST, H.; FERREIRA FILHO, C. F.; ARAÚJO, S. M. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás magmatic arc. In: CONDANI, U. G.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Coord). **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 195-229.

POWELL, R. e HOLLAND, T. Optimal geothermometry and geobarometry. **American Mineralogist**, v. 79, p. 120-133, 1994.

RICHARD, L. R. **Mineralogical and Petrological Data Processing System.** MINPET for Windows. Version 2.02. Copyright 1988-1995, 1995.

ROIG, H. L.; SCHRANK, A. Caracterização da zona de sutura Jacuí-Conceição da Aparecida - limite norte do complexo de nappes de Guaxupé - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37, 1992, São Paulo. **Boletim de resumos expandidos...** São Paulo: SBG, 1992, v. 2, p. 283-285.

SCHRANK, A.; ABREU, F. D.; ROIG, H. L.; CHOUDHURI, A.; CARVALHO, E. D. R. Determinação dos vetores de transporte tectônico da borda sudoeste do Cráton do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal. **Anais...**Natal:SBG, 1990. v. 5, p. 2276-2283.

SEER, H. J. **Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá, Minas Gerais**. 1999. 267p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências-UnB, Brasília.

SHAND, S. J. **Eruptive Rocks: Their genesis, composition, and classification, with a chapter on meteorites**. J. Wiley & Sons, Incorporated, 1943.

SIIVOLA, J.; SCHMID, R. List of mineral abbreviations. **Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms**. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks, 2007, 93-110.

SILVA, C. H. **Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, Sudoeste de Minas Gerais**. 2003. 196p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SOARES, P. C. Tectônica colisional em torno do Bloco Paraná, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, n. 7., 1988, Belém, PA. **Anais...** Belém: SBG, 1988. p. 63-79.

SOARES, P. C.; CARVALHO, S. G. de; FIORI, A. P. Evolução tectônica dos terrenos máficos-ultramáficos na margem sul do cráton do São Francisco. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, n. 3., 1991, Rio Claro, SP. **Boletim...** Rio Claro: SBG, 1991, p. 66-68.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P.; CARVALHO, S. G. de. Tectônica colisional oblíqua entre o Bloco Paraná e a margem sul do cráton do São Francisco, no Maciço Guaxupé. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36., 1990, Natal, RN. **Anais...** Natal: SBG, 1990, v. 6, p. 2723-2734.

SPEAR, F. S. **Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths**. Mineralogical Society of America, Washington, 1995. 789p.

ST-ONGE, M. R.; IJEWLIV, O. J. Mineral corona formation during high-P retrogression of granulitic rocks, Ungava Orogen, Canada. **Journal of Petrology**, v. 37, n. 3, p. 553-582, 1996.

SZABÓ, G. A. J. **Petrologia da suíte metaultramáfica da sequência vulcano-sedimentar Morro do Ferro na região de sul a oeste de Alpinópolis, MG (domínio norte do Complexo Campos Gerais)**. 1996. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.

TAYLOR, S. N.; MCLENMAN, S. R. **The continental crust: Its composition and evolution**. Blackwell: Oxford, 1985.

TRACY, R. J.; ROBINSON, P.; THOMPSON, A. B. Garnet composition and zoning in the determination of temperature and pressure of metamorphism, central Massachusetts. **American Mineralogist**, v. 61, p. 762-775, 1976.

TROMPETTE, R. R. **Geology of western Gondwana (2000-500 Ma): Panafrica-Braziliano aggregation of South America and Africa**. Rotterdam: Balkema, 1994. 350p.

TROW, R. A. J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R. R. The central segment of Ribeira Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (eds). **TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA**, n. 31. Geological Congress, Rio de Janeiro, 2000. p. 287-210.

TROW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; HEILBRON, M. Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, interpretados como a continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 3227-3240.

VALERIANO, C. M.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITONEVES, B. B. de (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Ed. Beca, 2004. p. 575-592.

VALERIANO, C. M.; MEDEIROS, S. R.; VAZ, G. S.; NETO, C. C. Sm-Nd isotope dilution TIMS analyses of BCR-1, AGV-1 and G-2 USGS rock reference materials: first results from the LAGIR Laboratory at UERJ, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO 45 ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL, n. 1, 2009, São Paulo. **Boletim Resumos Expandidos**, 2009, p. 146-148.

VALERIANO, C. M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M.; SIMÕES, S. A. Southern Brasilia Belt (SE Brazil): Tectonic Discontinuities, K-Ar data and Evolution During the Neoproterozoic Brasiliano Orogeny. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 195-199, 2000.

WERNICK, E.; ARTUR, A. C. Regenerações Suscessivas de Terrenos Arqueanos no Leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. In: Simpósio Regional de Geologia n. 4, 1983, São Paulo. **Atas....**São Paulo: SBG, 1983. p. 17-31.

WERNICK, E.; FIORI, A. P.; BETTENCOURT, J. S.; CHOUDHURI, A. A Tectônica Rígida do Fim do Ciclo Brasiliano e sua implicação na estruturação da Borda Sul e Sudoeste do Cráton do São Francisco: Tentativa de um Modelo Preliminar. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, n. 1, Salvador, 1981, **Anais...**Salvador: SBG, 1981, p. 164-179.

WERNICK, E.; PENALVA, F. Migmatização e feldspatização de charnockitos e granulitos no leste paulista e sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 28, Porto Alegre-RS, 1974. **Anais...** Porto Alegre-RS: SBG, 1974. v. 5, p. 155-160.

ZANARDO, A. **Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG)**. 1992. 288p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP.

ZANARDO, A. **Pesquisa Geológica e de matérias primas cerâmicas do centro nordeste do Estado de São Paulo e vizinhanças – Sistematização crítica da produção Técnico - Científica**. 2003. 304p. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ZANARDO, A.; DEL LAMA, E. A.; MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F. de. Geologia da porção limítrofe entre os blocos São Paulo e Brasília. **Revista Brasileira de Geociências**, v.15, n. esp., p. 143-168, 1996a.

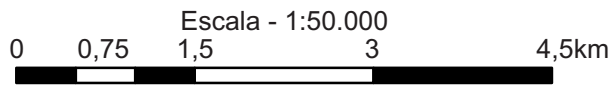
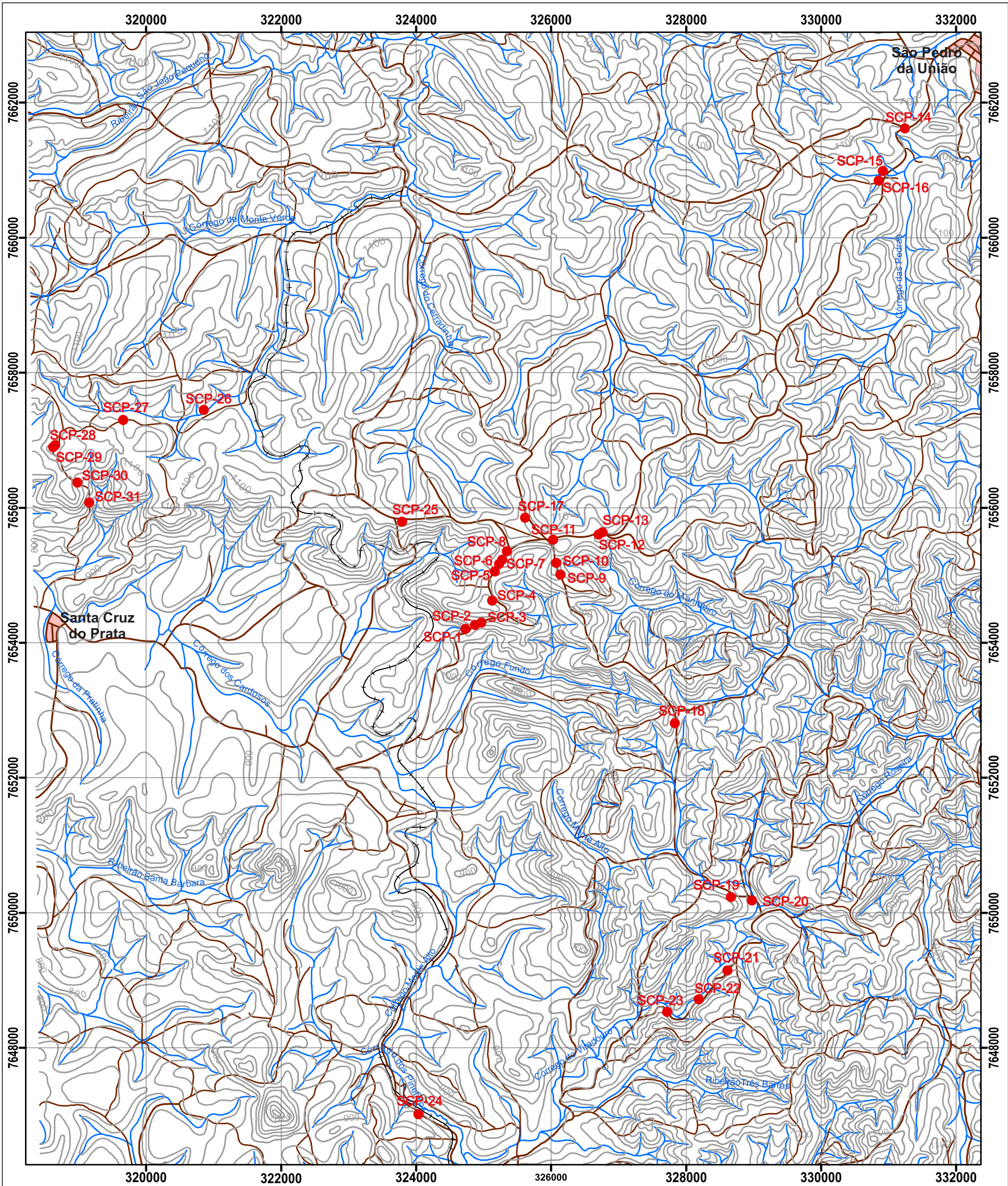
ZANARDO, A.; MORALES, N.; CARVALHO, S. G. de; SIMÕES, L. S. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de. Evolução metamórfica da porção sul do Cráton do Paramirim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n 36, Natal, 1990. **Anais...** Natal: 1990, v. 4, p. 1945-1955.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F. de; DEL LAMA, E. A. Tectono-Lithologic associations of the Alterosa Paleo Suture Zone – Southeastern Brazil. **Revista UnG - Geociências**, v. 5, n. 1, p. 103-117, 2006.

ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; DEL LAMA, E. A.; CARVALHO, S. G. de. Rochas máficas e ultramáficas da Faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha-Conceição da Aparecida (MG). **Revista Brasileira de Geociências**, v.15, n. 1, p. 279-297, 1996b.

ANEXO I

MAPA DE PONTOS



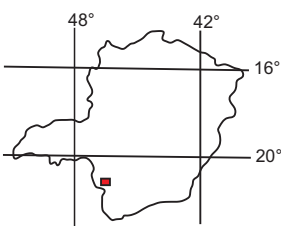
Equidistância das curvas de nível: 20 metros

Datum: WGS 1984 - Zona

Projeção Universal Transversal Mercator



Localização da folha no estado



São Sebastião do Paraíso	Fortaleza de Minas	Alpinópolis
Monte Santo de Minas	Jacuí	Nova Resende
Guaranésia	Guaxupé	Monte Belo

Declinação magnética

em 1971
NC NO

	NM	NG	NQ
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1
26	1	1	1
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	1	1
30	1	1	1
31	1	1	1
32	1	1	1
33	1	1	1
34	1	1	1
35	1	1	1
36	1	1	1
37	1	1	1
38	1	1	1
39	1	1	1
40	1	1	1
41	1	1	1
42	1	1	1
43	1	1	1
44	1	1	1
45	1	1	1
46	1	1	1
47	1	1	1
48	1	1	1
49	1	1	1
50	1	1	1
51	1	1	1
52	1	1	1
53	1	1	1
54	1	1	1
55	1	1	1
56	1	1	1
57	1	1	1
58	1	1	1
59	1	1	1
60	1	1	1
61	1	1	1
62	1	1	1
63	1	1	1
64	1	1	1
65	1	1	1
66	1	1	1
67	1	1	1
68	1	1	1
69	1	1	1
70	1	1	1
71	1	1	1
72	1	1	1
73	1	1	1
74	1	1	1
75	1	1	1
76	1	1	1
77	1	1	1
78	1	1	1
79	1	1	1
80	1	1	1
81	1	1	1
82	1	1	1
83	1	1	1
84	1	1	1
85	1	1	1
86	1	1	1
87	1	1	1
88	1	1	1
89	1	1	1
90	1	1	1
91	1	1	1
92	1	1	1
93	1	1	1
94	1	1	1
95	1	1	1
96	1	1	1
97	1	1	1
98	1	1	1
99	1	1	1
100	1	1	1

15°02' 0°35'09"

11

114

1

1

A declinação magné

cresce 7' anualmer

LEGENDA

———— Curvas de nível

— Drenagem

— Rodovias e estradas

+++++ Estrada de ferro

Cidades

● Ponto estudado



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Trabalho de Conclusão de Curso

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA OCORRÊNCIA
DE (CLINOPIROXÊNIO)-HASTINGSITA-BIOTITA-GRANADA
ORTOGNAISSE NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO PRATA - MG**

MAPA DE PONTOS

ANEXO I

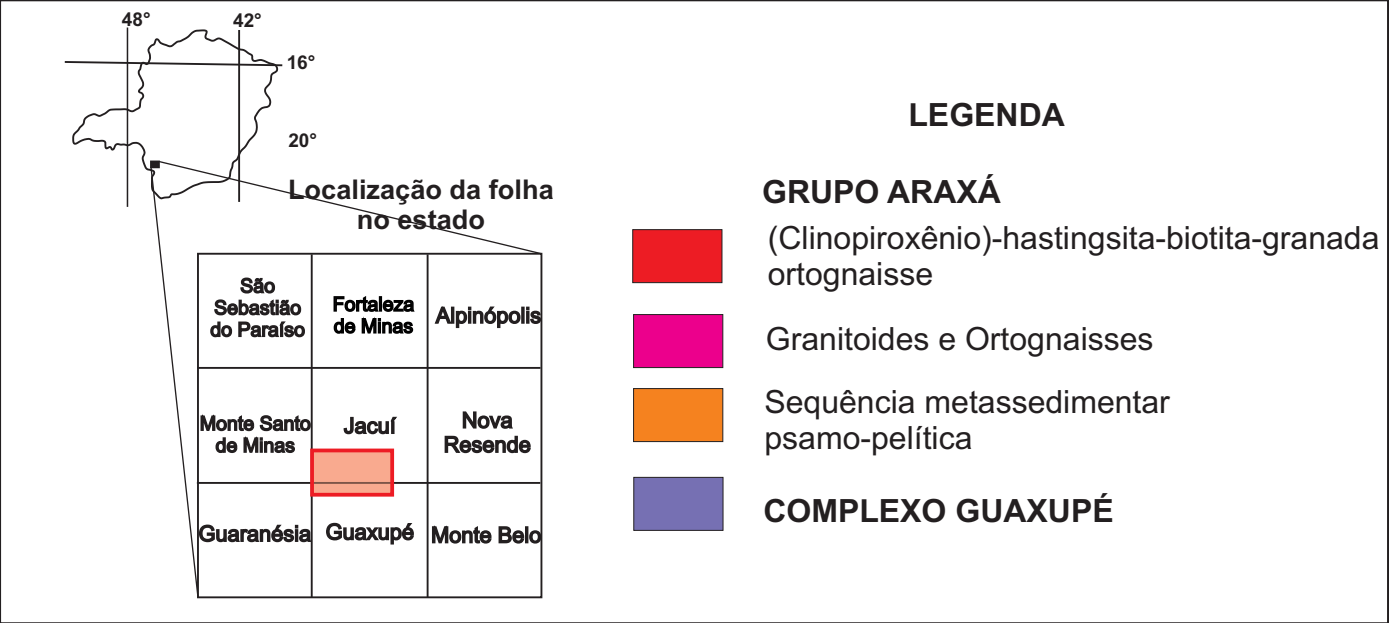
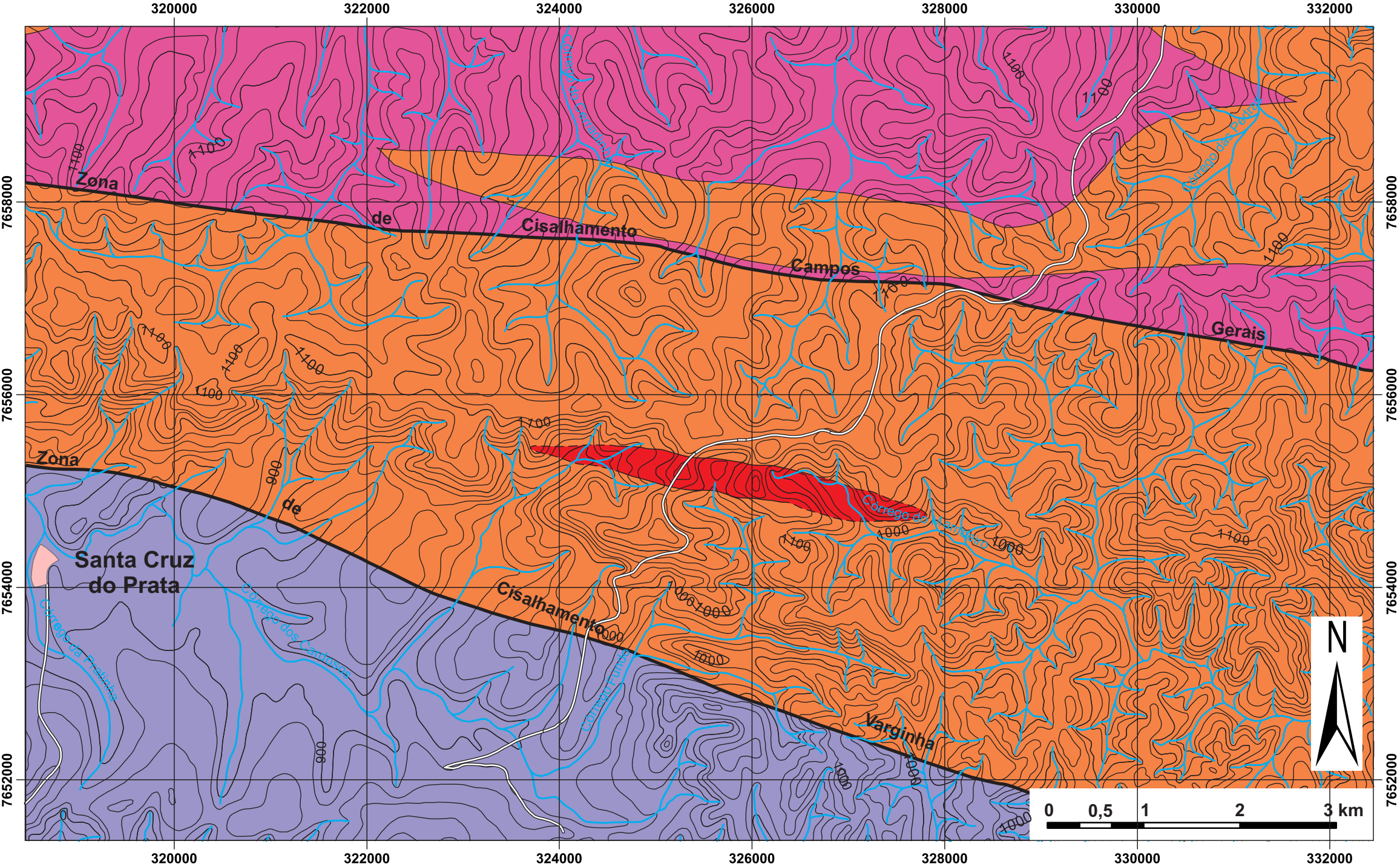
Thaís Güitzlaf Leme

Novembro de 2016

Pontos Estudados	Pontos Amostrados	Pontos com Lâmina	Pontos com Geoquímica	Pontos com Química Mineral	Pontos com Sm/Nd
SCP-1	X				
SCP-2	X	X			
SCP-3	X	X			
SCP-4	X	X			
SCP-5	X	X	X	X	X
SCP-6	X	X	X		
SCP-7	X	X	X		
SCP-8	X				
SCP-9	X	X	X	X	
SCP-10	X				
SCP-11	X	X			
SCP-12	X				
SCP-13	X	X	X		
SCP-14	X				
SCP-15	X	X			
SCP-16	X				
SCP-17	X				
SCP-18	X	X			
SCP-19	X				
SCP-20	X				
SCP-21	X	X		X	
SCP-22	X	X			
SCP-23	X				
SCP-24	X	X			
SCP-25	X				
SCP-26	X	X			
SCP-27	X				
SCP-28	X				
SCP-29	X	X			
SCP-30	X				
SCP-31	X	X			

ANEXO II

Mapa geológico simplificado da área de estudo



unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Trabalho de Conclusão de Curso

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA OCORRÊNCIA DE (CLINOPIROXÊNIO)-HASTINGSITA-BIOTITA-GRANADA ORTOGNAISSE NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO PRATA - MG

MAPA GEOLÓGICO
ANEXO II

Thaís Güitzlaf Leme

Novembro de 2016

ANEXO III

Tabela 1 - Elementos maiores (%), menores e traços (ppm) e elementos terras raras (ppm) de amostras do (clinopiroxênio)-anfibólio-biotita-granada ortognaisse

Elementos	SCP-5	SCP-5F	SCP-5A	SCP-5B	SCP-6A	SCP-7B	SCP-9A	SCP-13	Ja 2-20
SiO ₂	68,94	68,35	68,62	62,48	67,94	67,95	70,13	68,88	65,29
TiO ₂	0,61	0,82	0,67	0,78	0,67	0,69	0,58	0,65	0,56
Al ₂ O ₃	13,81	12,63	13,39	14,56	13,81	13,76	13,23	13,07	14,18
Fe ₂ O ₃ T	6,19	7,77	7,19	8,6	6,98	6,96	5,66	7,26	5,62
MnO	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,07	0,08	0,06
MgO	0,41	0,53	0,46	0,47	0,39	0,42	0,37	0,42	0,41
CaO	2,49	2,85	2,71	3,07	2,01	2,63	2,16	2,22	2,54
Na ₂ O	2,78	2,64	2,78	2,84	2,44	2,8	2,71	2,71	3,31
K ₂ O	4,29	3,7	3,82	4,32	4,09	3,83	4,47	4,21	4,85
P ₂ O ₅	0,18	0,25	0,2	0,22	0,19	0,21	0,17	0,2	0,13
LOI	-0,1	0,1	-0,3	0,01	1,0	0,3	0,1	-0,1	0,01
Total	99,68	99,73	99,64	97,1	99,64	99,61	99,65	99,6	96,81
Sc	10	16	12	6,3	12	11	8	11	6,5
V	13	17	15	7	11	13	11	10	15
Co	4,9	6,5	6,3	6,3	5,9	5,7	4,9	5,9	5,3
Ni	2,9	2,7	3,8	7	3,2	3,6	2,6	3,9	7
Cu	11,7	20,7	14,1	17	12,3	13,3	10,1	11,8	7
Zn	68	86	78	123	65	72	56	73	87
Rb	87,2	97,5	90,7	88	100,1	85,4	99,6	101,3	129,6
Cs	1,2	1,8	0,9	1,55	1,4	1	0,6	1,1	1,6
Sr	263,2	236,2	269,9	279	247,8	280,4	258,8	257,5	251
Ba	1795	1277	1862	1939	1964	1990	1962	2216	1058
Y	15,5	30	21,5	22,41	29,3	19	19,8	22,2	30,07
Zr	447,1	435,9	670,4	755	613,9	737,8	521,7	626,1	297
Hf	12,1	11,8	15,9	15,78	14,4	17,6	12,6	14,8	7,01
Nb	11,9	13,8	15,1	17,18	15,3	16,6	12,9	15,5	10,48
Ta	0,6	0,8	0,9	0,78	0,8	0,8	0,7	1	1
Pb	1,7	1,9	2	2,3	2,8	2,7	1,6	1,8	1,2
Th	1,5	4,8	1,5	1,7	1,4	1,1	0,9	0,9	5,9
U	0,6	0,9	0,7	0,99	0,7	0,6	0,5	0,7	1,69
Ga	18	18,8	20,7	20,2	21	21,2	19,8	20,6	21,2
La	27,5	38,4	31,8	32,5	31,9	24,1	30,1	29,1	43,7
Ce	59	90	55,2	63,2	54,5	45,4	57,1	53,9	92,9
Pr	6,92	11,45	7,42	7,84	7,72	5,94	7,17	7,36	11,38
Nd	26,8	47,1	29,7	32,9	33,8	27	29,7	32,7	44,7
Sm	4,85	9,68	5,9	6,6	6,31	5,36	5,73	6,48	8,4
Eu	1,95	1,69	1,88	1,78	2,15	2,02	1,89	1,92	1,17
Gd	4,87	8,59	5,5	5,83	6,81	5,47	5,56	5,9	7,18
Tb	0,65	1,17	0,76	0,8	0,94	0,68	0,76	0,8	1,05
Dy	3,51	6,46	4,05	4,36	5,04	3,42	3,96	4,26	5,83
Ho	0,64	1,22	0,79	0,86	0,99	0,68	0,72	0,81	1,11
Er	1,84	3,48	2,23	2,42	2,71	1,92	2,12	2,39	3,06
Tm	0,27	0,49	0,31	0,37	0,39	0,28	0,29	0,34	0,44
Yb	1,85	3,13	2,2	2,3	2,49	2,1	1,97	2,31	2,7
Lu	0,32	0,5	0,37	0,37	0,43	0,36	0,3	0,38	0,4

ANEXO IV

TABELA 1 - Análises químicas de cristais de anfibólio analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 23 oxigênios.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5CF	P5CF
Análise Mineral	ana1 amph	ana2 amph	ana3 amph	ana4 amph	ana5 amph	ana6 amph	ana7 amph	ana8 amph	ana9 amph	ana11 amph	ana12 amph
SiO ₂	41,232	40,492	40,477	40,486	40,177	40,397	40,569	40,34	40,879	38.955	39.260
TiO ₂	1,08	1,278	1,632	1,814	1,8	1,849	1,989	1,762	1,117	1.451	1.054
Al ₂ O ₃	11,743	11,999	12,02	11,363	11,943	11,526	11,53	11,923	11,13	13.411	12.710
Cr ₂ O ₃	0,002	0	0,009	0	0,006	0,008	0,007	0,007	0	0.000	0.010
FeO	24,697	25,779	25,581	25,844	26,309	26,179	25,571	26,121	26,105	26.635	26.872
MnO	0,024	0,061	0,068	0,074	0,048	0,064	0,069	0,056	0,071	0.079	0.127
MgO	4,342	3,884	3,752	3,612	3,43	3,416	3,625	3,628	4,127	2.225	2.800
CaO	11,312	11,061	11,047	10,725	11,15	10,736	10,755	11,008	10,994	11.001	10.920
Na ₂ O	1,377	1,482	1,468	1,588	1,545	1,559	1,559	1,47	1,521	1.169	1.271
K ₂ O	1,533	1,598	1,55	1,599	1,609	1,601	1,618	1,624	1,487	1.769	1.614
Total	98,38	98,1	98,64	97,66	98,62	98,23	98,45	98,04	98,83	97.630	98.890
Si	6,476	6,386	6,378	6,426	6,337	6,406	6,416	6,356	6,468	6.243	6.301
Al ^{IV}	1,524	1,614	1,622	1,574	1,663	1,594	1,584	1,644	1,532	1.757	1.699
Soma	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0,650	0,617	0,611	0,552	0,558	0,561	0,565	0,571	0,544	0.777	0.706
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0.000
Ti	0,128	0,152	0,193	0,217	0,214	0,221	0,237	0,209	0,133	0.175	0.127
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0.000	0.001
Mg	1,016	0,913	0,881	0,854	0,806	0,807	0,854	0,852	0,973	0.531	0.670
Fe ²⁺	3,205	3,318	3,314	3,377	3,421	3,411	3,343	3,368	3,350	3.517	3.496
Mn ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0.000
Soma	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0,039	0,082	0,057	0,054	0,049	0,061	0,039	0,074	0,104	0.053	0.111
Mn	0,003	0,008	0,009	0,010	0,006	0,009	0,009	0,007	0,010	0.011	0.017
Ca	1,904	1,869	1,865	1,824	1,884	1,824	1,822	1,858	1,864	1.889	1.878
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0.000
Soma	1,946	1,959	1,932	1,888	1,940	1,894	1,870	1,940	1,978	1.953	2.006
Na	0,419	0,453	0,449	0,489	0,473	0,479	0,478	0,449	0,467	0.363	0.396
K	0,307	0,322	0,312	0,324	0,324	0,324	0,326	0,326	0,300	0.362	0.330
Soma	0,727	0,775	0,760	0,813	0,796	0,803	0,804	0,776	0,767	0.725	0.726
ΣCátions	15,672	15,734	15,692	15,700	15,737	15,697	15,675	15,715	15,745	15.678	15.732

TABELA 1 –continuação.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra	P5CF	P5CF	P5CF	P5CF	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B
Análise	ana13	ana14	ana15	ana16	ana17	ana18	ana19	ana20	ana21	ana22	ana23
Mineral	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph
SiO ₂	39,238	38,762	39,577	39,575	40,198	39,918	40,586	39,999	41,056	40,299	40,150
TiO ₂	1,293	1,269	0,443	0,527	2,117	1,932	1,909	1,850	1,447	1,949	1,594
Al ₂ O ₃	12,452	12,593	13,129	13,618	11,363	11,200	10,990	10,810	11,355	10,934	11,197
Cr ₂ O ₃	0,017	0,000	0,000	0,004	0,020	0,006	0,001	0,007	0,022	0,018	0,024
FeO	26,629	26,149	25,847	25,459	25,831	26,193	26,165	26,424	26,495	26,222	26,144
MnO	0,109	0,128	0,116	0,095	0,083	0,086	0,095	0,054	0,065	0,074	0,095
MgO	2,557	2,486	3,308	3,302	3,636	3,398	3,639	3,855	3,732	3,648	3,735
CaO	10,784	10,977	10,968	11,353	10,884	10,810	10,645	10,895	11,255	10,661	10,662
Na ₂ O	1,360	1,191	1,382	1,116	1,545	1,508	1,587	1,526	1,191	1,628	1,612
K ₂ O	1,620	1,718	1,576	1,643	1,554	1,596	1,617	1,577	1,444	1,534	1,581
Total	98,720	98,190	97,980	98,790	98,060	98,180	98,390	98,020	98,540	98,140	97,960
Si	6,331	6,305	6,331	6,294	6,379	6,391	6,445	6,391	6,454	6,423	6,411
Al ^{IV}	1,669	1,695	1,669	1,706	1,621	1,609	1,555	1,609	1,546	1,577	1,589
Soma	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Al ^{VI}	0,700	0,720	0,807	0,847	0,505	0,505	0,502	0,427	0,559	0,478	0,519
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,157	0,155	0,053	0,063	0,253	0,233	0,228	0,222	0,171	0,234	0,191
Cr	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,000	0,001	0,003	0,002	0,003
Mg	0,615	0,603	0,789	0,783	0,860	0,811	0,861	0,918	0,874	0,867	0,889
Fe ²⁺	3,526	3,522	3,351	3,306	3,380	3,451	3,408	3,432	3,393	3,419	3,397
Mn ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Fe ²⁺	0,067	0,035	0,107	0,080	0,048	0,056	0,066	0,099	0,090	0,076	0,094
Mn	0,015	0,018	0,016	0,013	0,011	0,012	0,013	0,007	0,009	0,010	0,013
Ca	1,864	1,913	1,880	1,935	1,851	1,854	1,811	1,865	1,896	1,821	1,824
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	1,947	1,966	2,003	2,027	1,909	1,922	1,890	1,971	1,995	1,907	1,931
Na	0,425	0,376	0,429	0,344	0,475	0,468	0,489	0,473	0,363	0,503	0,499
K	0,333	0,357	0,322	0,333	0,315	0,326	0,328	0,321	0,290	0,312	0,322
Soma	0,759	0,732	0,750	0,678	0,790	0,794	0,816	0,794	0,653	0,815	0,821
ΣCátions	15,706	15,698	15,753	15,705	15,699	15,716	15,707	15,766	15,647	15,722	15,752

TABELA 1 –continuação.

GRUPO ARAXÁ					COMPLEXO GUAXUPÉ						
Amostra	P9B	P9B	P9B	P5CF	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana24	ana25	ana26	ana27	ana28	ana29	ana30	ana31	ana32	ana33	ana34
Mineral	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph	amph
SiO ₂	40,344	40,283	40,141	38,955	39,867	39,482	39,950	39,580	39,754	39,642	39,936
TiO ₂	1,658	1,848	1,999	1,451	1,802	2,045	2,279	2,274	1,871	2,138	2,078
Al ₂ O ₃	11,423	11,486	11,272	13,411	11,881	11,998	11,617	11,910	12,372	12,391	11,541
Cr ₂ O ₃	0,006	0,016	0,009	0,000	0,000	0,000	0,006	0,023	0,002	0,006	0,002
FeO	26,142	26,312	26,278	26,635	26,574	26,358	26,007	26,275	26,218	26,239	26,132
MnO	0,064	0,049	0,082	0,079	0,065	0,084	0,130	0,077	0,070	0,068	0,101
MgO	3,691	3,604	3,643	2,225	3,261	3,460	3,538	3,335	3,281	3,326	3,649
CaO	10,781	10,791	10,687	11,001	11,034	10,591	10,890	11,052	11,094	10,964	10,854
Na ₂ O	1,642	1,508	1,638	1,169	1,529	1,542	1,546	1,529	1,289	1,629	1,547
K ₂ O	1,614	1,587	1,620	1,769	1,759	1,741	1,722	1,718	1,830	1,673	1,756
Total	98,230	97,770	98,050	97,630	98,530	98,450	98,630	99,150	98,770	98,070	98,820
Si	6,400	6,384	6,377	6,243	6,323	6,285	6,325	6,274	6,289	6,255	6,333
Al ^{IV}	1,600	1,616	1,623	1,757	1,677	1,715	1,675	1,726	1,711	1,745	1,667
Soma	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Al ^{VI}	0,537	0,530	0,488	0,777	0,544	0,537	0,493	0,500	0,597	0,560	0,491
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,198	0,220	0,239	0,175	0,215	0,245	0,271	0,271	0,223	0,254	0,248
Cr	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,001	0,000
Mg	0,873	0,851	0,862	0,531	0,771	0,821	0,835	0,788	0,774	0,782	0,862
Fe ²⁺	3,392	3,397	3,410	3,517	3,470	3,398	3,400	3,439	3,407	3,404	3,399
Mn ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Fe ²⁺	0,076	0,091	0,082	0,053	0,055	0,112	0,043	0,045	0,062	0,059	0,067
Mn	0,009	0,007	0,011	0,011	0,009	0,011	0,017	0,010	0,009	0,009	0,014
Ca	1,833	1,832	1,819	1,889	1,875	1,807	1,847	1,877	1,881	1,854	1,844
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	1,917	1,930	1,912	1,953	1,939	1,929	1,908	1,932	1,952	1,921	1,925
Na	0,505	0,463	0,505	0,363	0,470	0,476	0,475	0,470	0,395	0,498	0,476
K	0,327	0,321	0,328	0,362	0,356	0,354	0,348	0,347	0,369	0,337	0,355
Soma	0,832	0,784	0,833	0,725	0,826	0,830	0,822	0,817	0,765	0,835	0,831
ΣCátions	15,749	15,714	15,745	15,678	15,765	15,759	15,731	15,749	15,717	15,756	15,756

TABELA 1 –continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ				
Amostra	P21	P21	P21	P21
Análise	ana35	ana36	ana37	ana38
Mineral	amph	amph	amph	amph
SiO ₂	39,797	39,959	39,125	39,665
TiO ₂	2,198	2,196	1,848	2,098
Al ₂ O ₃	11,887	11,562	12,182	11,651
Cr ₂ O ₃	0,017	0,010	0,011	0,001
FeO	26,129	25,815	26,114	25,704
MnO	0,113	0,104	0,088	0,099
MgO	3,451	3,460	3,481	3,519
CaO	10,928	10,886	11,196	10,842
Na ₂ O	1,601	1,492	1,468	1,465
K ₂ O	1,759	1,819	1,762	1,774
Total	98,260	98,600	98,520	98,400
Si	6,295	6,348	6,239	6,332
Al ^{IV}	1,705	1,652	1,761	1,668
Soma	8,000	8,000	8,000	8,000
Al ^{VI}	0,511	0,513	0,529	0,524
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,261	0,262	0,222	0,252
Cr	0,002	0,001	0,001	0,000
Mg	0,813	0,819	0,827	0,837
Fe ²⁺	3,412	3,404	3,420	3,387
Mn ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	5,000	5,000	5,000	5,000
Fe ²⁺	0,044	0,026	0,062	0,045
Mn	0,015	0,014	0,012	0,013
Ca	1,852	1,853	1,913	1,854
Na	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	1,912	1,892	1,987	1,913
Na	0,491	0,460	0,454	0,453
K	0,355	0,369	0,358	0,361
Soma	0,846	0,828	0,812	0,815
ΣCátions	15,758	15,721	15,800	15,727

TABELA 2 - Análises químicas de cristais de biotita analisadas. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 11 oxigênios.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra Análise Mineral	P5B ana1 bi	P5B ana2 bi	P5B ana3 bi	P5B ana4 bi	P5B ana5 bi	P5B ana6 bi	P5B ana7 bi	P5B ana8 bi	P5B ana9 bi	P5B ana10 bi	P5B ana11 bi
SiO ₂	34,172	34,288	34,549	34,699	34,243	34,414	33,991	34,398	35,031	34,328	33,921
TiO ₂	4,682	5,187	4,804	5,041	4,962	4,342	4,211	4,938	4,575	4,782	3,450
Al ₂ O ₃	14,897	14,542	14,738	14,747	14,579	15,063	14,993	14,260	15,008	14,682	15,033
Cr ₂ O ₃	0,005	0,000	0,003	0,006	0,013	0,008	0,000	0,003	0,000	0,000	0,009
FeO	31,848	31,859	31,756	31,931	31,669	31,728	31,865	31,333	31,280	31,748	33,483
MnO	0,023	0,034	0,042	0,041	0,014	0,069	0,035	0,031	0,037	0,034	0,034
MgO	3,638	3,904	3,937	3,942	3,938	3,860	3,871	4,198	4,161	4,057	3,806
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	0,051	0,038	0,028	0,047	0,055	0,038	0,043	0,040	0,053	0,047	0,048
K ₂ O	8,856	8,984	8,981	8,931	8,887	9,001	8,875	8,727	8,830	8,877	8,522
Total	95,190	96,840	96,820	96,740	95,910	94,950	95,790	95,380	96,230	96,610	95,880
Si	2,694	2,687	2,703	2,699	2,694	2,701	2,690	2,712	2,722	2,694	2,688
Al ^{IV}	1,306	1,313	1,297	1,301	1,306	1,299	1,310	1,288	1,278	1,306	1,312
Soma	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al ^{VI}	0,079	0,031	0,062	0,051	0,046	0,095	0,089	0,037	0,097	0,053	0,092
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,278	0,306	0,283	0,295	0,294	0,256	0,251	0,293	0,267	0,282	0,206
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mg	0,427	0,456	0,459	0,457	0,462	0,452	0,457	0,493	0,482	0,475	0,449
Fe ²⁺	2,100	2,088	2,078	2,077	2,083	2,083	2,109	2,066	2,033	2,084	2,219
Mn ²⁺	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Soma	2,886	2,883	2,884	2,883	2,886	2,891	2,908	2,891	2,881	2,896	2,969
Na ₂ O	0,008	0,006	0,004	0,007	0,008	0,006	0,007	0,006	0,008	0,007	0,007
K ₂ O	0,891	0,898	0,896	0,886	0,892	0,901	0,896	0,878	0,875	0,889	0,862
Soma	0,899	0,904	0,901	0,893	0,900	0,907	0,903	0,884	0,883	0,896	0,869
ΣCátions	7,785	7,787	7,785	7,777	7,786	7,799	7,811	7,775	7,765	7,792	7,838
Fe/Fe+Mg	0,831	0,821	0,819	0,820	0,819	0,822	0,822	0,807	0,808	0,815	0,832
Mg/Mg+Fe	0,169	0,179	0,181	0,180	0,181	0,178	0,178	0,193	0,192	0,185	0,168

TABELA 2 - continuação.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C
Análise	ana12	ana13	ana14	ana15	ana16	ana17	ana18	ana19	ana20	ana21	ana22
Mineral	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi
SiO ₂	34,180	34,296	34,266	34,167	34,270	34,467	34,408	34,405	33,852	34,157	34,123
TiO ₂	4,334	4,514	5,035	2,445	2,773	3,365	3,031	2,991	3,083	2,486	3,629
Al ₂ O ₃	14,669	15,232	14,759	16,779	16,666	15,916	16,399	15,912	16,418	16,332	15,992
Cr ₂ O ₃	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,006
FeO	32,558	31,354	32,389	32,790	31,487	32,264	32,049	32,171	32,280	32,615	32,271
MnO	0,038	0,014	0,025	0,081	0,098	0,091	0,091	0,117	0,079	0,087	0,060
MgO	3,790	3,557	3,753	3,045	3,216	3,063	3,138	3,130	2,807	2,924	2,685
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	0,022	0,048	0,057	0,036	0,047	0,055	0,059	0,018	0,043	0,042	0,042
K ₂ O	8,898	8,663	8,945	8,850	8,901	8,752	8,723	8,815	8,963	8,922	8,758
Total	95,360	95,240	95,600	96,620	96,670	96,790	96,640	95,490	96,600	95,930	95,010
Si	2,696	2,706	2,680	2,696	2,710	2,720	2,712	2,727	2,691	2,715	2,707
Al ^{IV}	1,304	1,294	1,320	1,304	1,290	1,280	1,288	1,273	1,309	1,285	1,293
Soma	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al ^{VI}	0,061	0,123	0,040	0,257	0,263	0,200	0,236	0,215	0,230	0,246	0,203
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,257	0,268	0,296	0,145	0,165	0,200	0,180	0,178	0,184	0,149	0,217
Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,446	0,418	0,437	0,358	0,379	0,360	0,369	0,370	0,333	0,346	0,317
Fe ²⁺	2,148	2,069	2,118	2,164	2,082	2,129	2,113	2,133	2,146	2,168	2,141
Mn ²⁺	0,003	0,001	0,002	0,005	0,007	0,006	0,006	0,008	0,005	0,006	0,004
Soma	2,915	2,878	2,894	2,930	2,896	2,896	2,903	2,903	2,898	2,915	2,882
Na ₂ O	0,003	0,007	0,009	0,006	0,007	0,008	0,009	0,003	0,007	0,006	0,006
K ₂ O	0,896	0,872	0,892	0,891	0,898	0,881	0,877	0,892	0,909	0,905	0,886
Soma	0,899	0,879	0,901	0,897	0,905	0,889	0,886	0,894	0,916	0,911	0,893
ΣCátions	7,813	7,758	7,795	7,826	7,801	7,785	7,789	7,798	7,813	7,826	7,775
Fe/Fe+Mg	0,828	0,832	0,829	0,858	0,846	0,855	0,851	0,852	0,866	0,862	0,871
Mg/Mg+Fe	0,172	0,168	0,171	0,142	0,154	0,145	0,149	0,148	0,134	0,138	0,129

TABELA 2 - continuação.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P9B	P9B	P9B
Análise	ana23	ana24	ana25	ana26	ana27	ana28	ana29	ana30	ana31	ana32	ana33
Mineral	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi
SiO ₂	33,963	33,616	34,173	34,156	34,414	34,527	34,452	34,278	34,541	34,318	33,736
TiO ₂	3,684	2,690	2,620	3,181	3,129	3,180	2,942	3,732	3,107	3,123	2,872
Al ₂ O ₃	15,919	15,739	16,397	16,240	16,191	16,007	16,342	14,840	15,028	15,021	15,053
Cr ₂ O ₃	0,004	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,014
FeO	32,436	33,494	32,503	32,525	32,551	32,549	32,319	31,711	31,807	31,947	32,342
MnO	0,018	0,070	0,088	0,081	0,082	0,079	0,101	0,045	0,062	0,057	0,028
MgO	2,736	2,934	3,081	3,055	3,029	3,045	3,018	4,221	4,546	4,360	4,358
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	0,047	0,050	0,038	0,065	0,037	0,051	0,053	0,038	0,063	0,047	0,010
K ₂ O	8,713	8,006	8,938	8,978	8,971	8,731	8,916	8,688	8,228	8,748	7,892
Total	93,150	95,870	96,340	97,030	97,270	96,420	97,380	96,940	97,030	97,070	97,180
Si	2,698	2,705	2,707	2,695	2,709	2,721	2,715	2,716	2,732	2,720	2,708
Al ^{IV}	1,302	1,295	1,293	1,305	1,291	1,279	1,285	1,284	1,268	1,280	1,292
Soma	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al ^{VI}	0,190	0,198	0,238	0,205	0,212	0,208	0,233	0,102	0,133	0,124	0,132
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,220	0,163	0,156	0,189	0,185	0,188	0,174	0,222	0,185	0,186	0,173
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mg	0,324	0,352	0,364	0,359	0,355	0,358	0,354	0,498	0,536	0,515	0,521
Fe ²⁺	2,155	2,254	2,153	2,146	2,143	2,145	2,130	2,101	2,104	2,118	2,171
Mn ²⁺	0,001	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,007	0,003	0,004	0,004	0,002
Soma	2,890	2,971	2,917	2,905	2,901	2,904	2,899	2,927	2,962	2,946	3,001
Na ₂ O	0,007	0,008	0,006	0,010	0,006	0,008	0,008	0,006	0,010	0,007	0,002
K ₂ O	0,883	0,822	0,903	0,904	0,901	0,878	0,896	0,878	0,830	0,885	0,808
Soma	0,890	0,830	0,909	0,914	0,907	0,886	0,905	0,884	0,840	0,892	0,810
ΣCátions	7,781	7,801	7,826	7,818	7,808	7,790	7,804	7,811	7,802	7,838	7,811
Fe/Fe+Mg	0,869	0,865	0,855	0,857	0,858	0,857	0,857	0,808	0,797	0,804	0,806
Mg/Mg+Fe	0,131	0,135	0,145	0,143	0,142	0,143	0,143	0,192	0,203	0,196	0,194

TABELA 2 - continuação.

GRUPO ARAXÁ											
Amostra	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P21
Análise	ana34	ana35	ana36	ana37	ana38	ana39	ana40	ana41	ana42	ana43	ana44
Mineral	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi
SiO ₂	34,425	34,707	34,909	34,311	34,190	34,229	34,024	34,154	32,372	34,859	34,816
TiO ₂	3,981	3,772	2,758	4,072	3,922	3,153	3,029	3,773	3,484	4,653	4,319
Al ₂ O ₃	15,002	15,728	16,278	14,975	14,900	14,995	14,666	14,746	14,671	14,807	14,440
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,014	0,001	0,000	0,009	0,013	0,000	0,000	0,008	0,000
FeO	31,868	30,807	30,945	32,114	31,313	31,962	32,163	32,708	33,360	31,014	30,767
MnO	0,020	0,012	0,069	0,040	0,052	0,045	0,053	0,048	0,052	0,017	0,018
MgO	4,094	4,500	4,382	4,068	4,018	4,421	4,169	4,206	4,508	4,354	4,538
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	0,025	0,085	0,055	0,049	0,187	0,047	0,053	0,054	0,026	0,039	0,050
K ₂ O	8,559	8,623	8,510	8,798	8,686	8,189	8,334	8,750	7,068	8,872	8,827
Total	95,430	96,870	96,810	94,960	95,760	93,720	95,790	95,410	96,370	96,110	96,010
Si	2,712	2,708	2,729	2,699	2,714	2,721	2,730	2,696	2,635	2,719	2,738
Al ^{IV}	1,288	1,292	1,271	1,301	1,286	1,279	1,270	1,304	1,365	1,281	1,262
Soma	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al ^{VI}	0,106	0,155	0,229	0,088	0,109	0,127	0,118	0,068	0,043	0,080	0,077
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,236	0,221	0,162	0,241	0,234	0,189	0,183	0,224	0,213	0,273	0,255
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,481	0,523	0,510	0,477	0,475	0,524	0,499	0,495	0,547	0,506	0,532
Fe ²⁺	2,100	2,011	2,023	2,113	2,079	2,125	2,159	2,159	2,271	2,023	2,024
Mn ²⁺	0,001	0,001	0,005	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,001	0,001
Soma	2,923	2,911	2,930	2,921	2,900	2,968	2,962	2,949	3,078	2,883	2,890
Na ₂ O	0,004	0,013	0,008	0,007	0,029	0,007	0,008	0,008	0,004	0,006	0,008
K ₂ O	0,860	0,858	0,849	0,883	0,880	0,831	0,853	0,881	0,734	0,883	0,886
Soma	0,864	0,871	0,857	0,890	0,908	0,838	0,861	0,889	0,738	0,889	0,893
ΣCátions	7,787	7,783	7,787	7,811	7,809	7,806	7,824	7,839	7,816	7,772	7,783
Fe/Fe+Mg	0,814	0,793	0,799	0,816	0,814	0,802	0,812	0,814	0,806	0,800	0,792
Mg/Mg+Fe	0,186	0,207	0,201	0,184	0,186	0,198	0,188	0,186	0,194	0,200	0,208

TABELA 2 - continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ									
Amostra	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana45	ana46	ana47	ana48	ana49	ana50	ana51	ana52	ana53
Mineral	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi	bi
SiO ₂	34,635	34,456	34,128	34,233	34,337	34,359	34,395	34,279	34,231
TiO ₂	4,833	4,815	5,047	4,806	4,902	4,510	4,728	4,563	4,392
Al ₂ O ₃	14,311	14,514	14,669	14,478	14,320	14,682	14,637	14,438	14,502
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,009	0,000	0,014
FeO	31,605	31,623	31,220	31,134	32,145	31,635	31,798	30,810	30,763
MnO	0,046	0,045	0,067	0,025	0,034	0,045	0,061	0,064	0,042
MgO	4,123	4,075	3,893	3,995	4,035	4,066	4,044	4,077	4,092
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	0,065	0,042	0,047	0,020	0,019	0,030	0,024	0,066	0,046
K ₂ O	8,751	8,697	8,718	8,877	8,801	8,821	8,845	8,660	8,762
Total	96,670	96,030	97,360	95,020	96,090	95,370	95,980	96,000	95,830
Si	2,719	2,708	2,694	2,709	2,699	2,706	2,700	2,724	2,724
Al ^{IV}	1,281	1,292	1,306	1,291	1,301	1,294	1,300	1,276	1,276
Soma	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Al ^{VI}	0,044	0,053	0,059	0,060	0,026	0,069	0,054	0,076	0,085
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,285	0,285	0,300	0,286	0,290	0,267	0,279	0,273	0,263
Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Mg	0,482	0,477	0,458	0,471	0,473	0,477	0,473	0,483	0,485
Fe ²⁺	2,075	2,078	2,061	2,061	2,113	2,084	2,087	2,047	2,047
Mn ²⁺	0,003	0,003	0,004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003
Soma	2,890	2,896	2,882	2,880	2,905	2,900	2,899	2,883	2,884
Na ₂ O	0,010	0,006	0,007	0,003	0,003	0,005	0,004	0,010	0,007
K ₂ O	0,877	0,872	0,878	0,896	0,883	0,886	0,886	0,878	0,890
Soma	0,886	0,878	0,885	0,899	0,886	0,891	0,889	0,888	0,897
ΣCátions	7,776	7,774	7,767	7,779	7,790	7,791	7,788	7,771	7,781
Fe/Fe+Mg	0,811	0,813	0,818	0,814	0,817	0,814	0,815	0,809	0,808
Mg/Mg+Fe	0,189	0,187	0,182	0,186	0,183	0,186	0,185	0,191	0,192

TABELA 3 - Análises químicas de cristais de feldspatos potássico analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 8 oxigênios.

[illegible]

TABELA 3 - continuação.[illegible]

TABELA 3 - continuação.[illegible]

TABELA 3 - continuação.

	COMPLEXO GUAXUPÉ							
Amostra Análise Mineral	P21 ana34 fsp	P21 ana35 fsp	P21 ana36 fsp	P21 ana37 fsp	P21 ana38 fsp	P21 ana39 fsp	P21 ana40 fsp	P21 ana41 fsp
SiO ₂	63,852	63,860	63,915	64,032	64,060	63,738	64,005	63,783
Al ₂ O ₃	19,162	18,873	18,944	18,810	18,923	19,020	18,831	19,025
Fe ₂ O ₃	0,053	0,018	0,006	0,020	0,000	0,005	0,017	0,048
BaO	0,624	0,679	0,821	0,704	0,702	0,731	0,646	0,662
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	1,449	1,112	0,922	1,151	1,167	0,843	1,237	1,265
K ₂ O	13,899	14,312	14,483	14,179	14,208	14,503	14,059	14,052
Total	99,039	98,854	99,091	98,896	99,060	98,840	98,795	98,835
Si	2,967	2,977	2,976	2,982	2,979	2,974	2,981	2,972
Al ^{IV}	1,050	1,037	1,040	1,033	1,037	1,046	1,034	1,045
Soma	4,017	4,015	4,016	4,015	4,016	4,020	4,015	4,017
Fe ³⁺	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002
Ba	0,011	0,012	0,015	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,131	0,101	0,083	0,104	0,105	0,076	0,112	0,114
K	0,824	0,851	0,860	0,842	0,843	0,863	0,835	0,835
Soma	0,968	0,965	0,959	0,960	0,961	0,953	0,960	0,963
ΣCátions	4,984	4,980	4,975	4,975	4,977	4,973	4,975	4,980
Ab	13,677	10,561	8,822	10,982	11,098	8,117	11,795	12,035
Ano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Or	86,323	89,439	91,178	89,018	88,902	91,883	88,205	87,965
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

TABELA 4 - Análises químicas de cristais de plagioclásio analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 8 oxigênios.

[illegible]

TABELA 4 - continuação.[illegible]

TABELA 4 - continuação.[illegible]

TABELA 4 - continuação.[illegible]

TABELA 4 - continuação.[illegible]

TABELA 5 - Análises químicas de cristais de granada analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 12 oxigênios.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B
Análise	ana1	ana2	ana3	ana4	ana5	ana6	ana7	ana9	ana10	ana11	ana12	ana13	ana14
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,434	36,264	36,409	36,631	36,909	36,152	36,579	36,588	36,333	36,195	36,549	36,414	36,231
TiO ₂	0,030	0,027	0,029	0,037	0,052	0,027	0,028	0,034	0,049	0,044	0,035	0,032	0,006
Al ₂ O ₃	20,613	20,274	20,729	20,672	21,000	20,561	20,467	20,596	20,397	20,356	20,559	20,424	20,756
Cr ₂ O ₃	0,000	0,002	0,000	0,000	0,005	0,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,008
FeO	32,005	32,156	32,593	32,006	32,004	32,230	33,040	32,145	32,132	31,995	31,472	31,627	31,447
MnO	0,640	0,636	0,644	0,636	0,587	0,638	0,624	0,672	0,644	0,656	0,658	0,667	0,760
MgO	1,102	1,090	1,153	1,137	1,155	1,139	1,129	1,071	1,139	1,100	1,036	1,079	1,040
CaO	8,792	8,710	8,658	9,099	8,990	8,708	8,476	9,294	9,348	9,213	9,763	9,506	9,347
Na ₂ O	0,020	0,001	0,000	0,004	0,005	0,015	0,014	0,010	0,016	0,000	0,009	0,009	0,022
Total	99,900	99,440	100,530	100,510	100,930	99,800	100,680	100,740	100,430	99,910	100,400	100,090	99,930
Si	2,939	2,943	2,922	2,937	2,943	2,922	2,936	2,929	2,919	2,923	2,932	2,932	2,920
Al ^{IV}	0,061	0,057	0,078	0,063	0,057	0,078	0,064	0,071	0,081	0,077	0,068	0,068	0,080
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,899	1,883	1,884	1,891	1,917	1,881	1,872	1,873	1,851	1,861	1,876	1,871	1,892
Fe ³⁺	0,161	0,171	0,190	0,170	0,135	0,196	0,191	0,196	0,227	0,210	0,189	0,194	0,191
Ti	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Soma	2,062	2,056	2,076	2,063	2,055	2,079	2,065	2,071	2,081	2,074	2,067	2,068	2,084
Fe ²⁺	1,999	2,011	1,998	1,976	1,999	1,983	2,027	1,956	1,932	1,951	1,923	1,936	1,929
Mg	0,132	0,132	0,138	0,136	0,137	0,137	0,135	0,128	0,136	0,132	0,124	0,129	0,125
Mn	0,044	0,044	0,044	0,043	0,040	0,044	0,042	0,046	0,044	0,045	0,045	0,045	0,052
Ca	0,760	0,757	0,745	0,782	0,768	0,754	0,729	0,797	0,805	0,797	0,839	0,820	0,807
Na	0,003	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,001	0,001	0,003
Soma	2,938	2,944	2,925	2,938	2,945	2,921	2,935	2,930	2,919	2,925	2,933	2,931	2,916
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	68,109	68,308	68,308	67,280	67,901	67,958	69,110	66,826	66,232	66,701	65,609	66,075	66,220
Pyr	4,497	4,484	4,718	4,631	4,654	4,695	4,603	4,373	4,662	4,513	4,231	4,403	4,291
Sps	1,499	1,495	1,504	1,464	1,359	1,508	1,432	1,572	1,508	1,538	1,535	1,536	1,785
Gros	18,304	17,613	16,641	18,622	19,686	16,744	15,875	18,070	17,083	17,471	19,764	18,849	18,831
And	7,591	8,100	8,829	8,004	6,401	9,095	8,980	9,159	10,514	9,777	8,861	9,091	8,826

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B
Análise	ana15	ana16	ana17	ana18	ana19	ana20	ana21	ana22	ana23	ana24	ana25	ana26	ana27
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,200	36,208	36,308	36,202	36,349	36,339	36,636	36,391	36,344	36,118	36,215	36,389	36,552
TiO ₂	0,002	0,030	0,044	0,055	0,096	0,095	0,010	0,024	0,037	0,039	0,032	0,037	0,028
Al ₂ O ₃	20,781	20,685	20,386	20,200	20,163	20,427	20,520	20,619	20,386	20,230	20,211	20,331	20,594
Cr ₂ O ₃	0,000	0,006	0,000	0,007	0,012	0,045	0,000	0,000	0,000	0,039	0,035	0,014	0,022
FeO	31,938	31,994	32,183	33,369	32,563	32,477	32,148	32,575	33,548	34,228	34,377	33,500	32,624
MnO	0,682	0,694	0,693	0,709	0,692	0,676	0,744	0,821	0,728	0,767	0,751	0,744	0,749
MgO	1,069	1,111	1,116	1,024	1,125	1,111	1,064	0,904	1,135	1,263	1,304	1,151	0,998
CaO	9,180	9,257	9,025	8,290	8,624	9,053	9,233	9,451	8,372	7,173	7,691	7,995	9,291
Na ₂ O	0,025	0,009	0,004	0,015	0,030	0,017	0,000	0,001	0,003	0,046	0,007	0,035	0,012
Total	100,220	100,360	100,100	100,230	99,980	100,610	100,670	101,190	100,950	100,290	101,080	100,550	101,250
Si	2,912	2,909	2,927	2,925	2,937	2,917	2,936	2,907	2,915	2,920	2,906	2,929	2,917
Al ^{IV}	0,088	0,091	0,073	0,075	0,063	0,083	0,064	0,093	0,085	0,080	0,094	0,071	0,083
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,882	1,869	1,865	1,849	1,858	1,850	1,875	1,849	1,843	1,848	1,818	1,858	1,854
Fe ³⁺	0,210	0,219	0,203	0,221	0,197	0,220	0,189	0,241	0,239	0,233	0,270	0,213	0,227
Ti	0,000	0,002	0,003	0,003	0,006	0,006	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001
Soma	2,092	2,090	2,071	2,073	2,062	2,079	2,065	2,091	2,084	2,085	2,092	2,074	2,084
Fe ²⁺	1,938	1,931	1,967	2,034	2,004	1,960	1,965	1,935	2,012	2,081	2,037	2,042	1,950
Mg	0,128	0,133	0,134	0,123	0,135	0,133	0,127	0,108	0,136	0,152	0,156	0,138	0,119
Mn	0,046	0,047	0,047	0,049	0,047	0,046	0,051	0,056	0,049	0,053	0,051	0,051	0,051
Ca	0,791	0,797	0,780	0,718	0,747	0,779	0,793	0,809	0,719	0,621	0,661	0,690	0,794
Na	0,004	0,001	0,001	0,002	0,005	0,003	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001	0,005	0,002
Soma	2,907	2,909	2,929	2,926	2,938	2,921	2,936	2,908	2,916	2,914	2,906	2,926	2,916
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	66,759	66,403	67,179	69,562	68,326	67,169	66,928	66,541	68,999	71,586	70,120	69,908	66,918
Pyr	4,409	4,574	4,577	4,207	4,603	4,558	4,326	3,714	4,664	5,229	5,370	4,724	4,084
Sps	1,585	1,616	1,605	1,676	1,602	1,576	1,737	1,926	1,680	1,823	1,756	1,746	1,750
Gros	17,615	17,357	17,158	14,252	16,125	16,353	18,128	16,780	13,628	10,498	10,300	13,636	16,717
And	9,633	10,050	9,482	10,303	9,297	10,204	8,882	11,040	11,029	10,772	12,363	9,939	10,485

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B
Análise	ana28	ana29	ana30	ana31	ana32	ana33	ana34	ana35	ana37	ana38	ana39	ana40	ana41
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,213	36,572	36,462	35,869	36,450	36,498	36,188	35,582	36,385	36,216	36,281	35,670	36,107
TiO ₂	0,048	0,055	0,063	0,052	0,020	0,035	0,039	0,059	0,043	0,033	0,032	0,039	0,016
Al ₂ O ₃	20,151	20,503	20,312	20,250	20,406	19,872	20,296	20,069	20,204	20,180	20,684	20,010	20,441
Cr ₂ O ₃	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,005	0,000	0,009	0,000	0,002	0,010	0,005
FeO	33,319	33,183	33,089	33,146	32,626	33,630	33,561	33,811	32,580	32,230	33,136	33,450	32,050
MnO	0,751	0,705	0,708	0,792	0,721	0,731	0,701	0,722	0,770	0,706	0,727	0,791	0,747
MgO	1,072	1,147	1,112	0,994	0,898	0,913	0,937	1,025	0,785	0,806	0,977	0,904	0,843
CaO	8,309	8,496	8,493	8,128	8,934	8,525	8,327	7,823	9,095	9,360	8,140	8,429	9,419
Na ₂ O	0,023	0,013	0,027	0,010	0,033	0,025	0,011	0,009	0,018	0,018	0,028	0,005	0,007
Total	100,280	101,020	100,620	99,620	100,420	100,610	100,440	99,600	100,230	99,900	100,330	99,750	99,990
Si	2,924	2,927	2,930	2,916	2,934	2,942	2,920	2,900	2,937	2,931	2,924	2,902	2,917
Al ^{IV}	0,076	0,073	0,070	0,084	0,066	0,058	0,080	0,100	0,063	0,069	0,076	0,098	0,083
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,843	1,861	1,855	1,857	1,870	1,830	1,851	1,828	1,860	1,856	1,889	1,821	1,864
Fe ³⁺	0,231	0,208	0,211	0,223	0,199	0,228	0,226	0,273	0,200	0,211	0,188	0,272	0,218
Ti	0,003	0,003	0,004	0,003	0,001	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Soma	2,077	2,072	2,070	2,083	2,070	2,060	2,079	2,105	2,064	2,069	2,079	2,096	2,083
Fe ²⁺	2,019	2,013	2,013	2,031	1,997	2,039	2,038	2,031	1,999	1,970	2,046	2,004	1,948
Mg	0,129	0,137	0,133	0,120	0,108	0,110	0,113	0,124	0,094	0,097	0,117	0,110	0,102
Mn	0,051	0,048	0,048	0,055	0,049	0,050	0,048	0,050	0,053	0,048	0,050	0,055	0,051
Ca	0,719	0,728	0,731	0,708	0,770	0,736	0,720	0,683	0,787	0,812	0,703	0,735	0,815
Na	0,004	0,002	0,004	0,002	0,005	0,004	0,002	0,001	0,003	0,003	0,004	0,001	0,001
Soma	2,922	2,928	2,929	2,916	2,929	2,939	2,921	2,889	2,936	2,930	2,920	2,905	2,917
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	69,191	68,797	68,821	69,698	68,297	69,472	69,818	70,325	68,155	67,304	70,165	69,008	66,804
Pyr	4,421	4,682	4,547	4,118	3,694	3,748	3,871	4,294	3,205	3,314	4,012	3,788	3,498
Sps	1,748	1,640	1,641	1,887	1,676	1,704	1,644	1,731	1,807	1,640	1,715	1,894	1,749
Gros	13,896	15,170	15,113	13,992	17,013	14,302	14,188	11,246	17,369	17,863	15,376	12,856	17,880
And	10,744	9,711	9,878	10,305	9,321	10,775	10,478	12,403	9,416	9,878	8,732	12,409	10,069

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B
Análise	ana42	ana43	ana44	ana45	ana46	ana47	ana48	ana49	ana50	ana51	ana52	ana53	ana54
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,481	35,986	36,002	36,067	36,015	36,341	36,157	36,076	36,445	36,106	36,191	36,457	35,951
TiO ₂	0,033	0,042	0,023	0,036	0,017	0,019	0,033	0,010	0,045	0,025	0,020	0,014	0,059
Al ₂ O ₃	20,216	20,045	20,189	20,298	20,184	20,339	20,260	20,417	20,330	20,363	20,349	20,534	20,317
Cr ₂ O ₃	0,025	0,007	0,000	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,013	0,000	0,000
FeO	32,223	33,490	33,632	33,081	32,124	31,759	32,221	31,775	33,160	32,566	33,442	31,935	33,186
MnO	0,757	0,756	0,716	0,709	0,744	0,717	0,739	0,707	0,777	0,738	0,735	0,644	0,603
MgO	0,770	0,995	0,985	0,983	0,839	0,826	0,889	0,851	0,980	0,957	0,963	0,995	1,093
CaO	9,587	7,925	8,157	8,577	9,664	9,678	9,559	9,547	8,102	9,026	8,294	9,452	8,664
Na ₂ O	0,007	0,008	0,009	0,005	0,011	0,011	0,001	0,030	0,006	0,012	0,009	0,002	0,018
Total	100,440	99,610	100,110	100,140	100,030	100,020	100,270	99,770	100,150	100,180	100,400	100,350	100,320
Si	2,937	2,929	2,916	2,916	2,911	2,933	2,915	2,919	2,945	2,914	2,920	2,930	2,900
Al ^{IV}	0,063	0,071	0,084	0,084	0,089	0,067	0,085	0,081	0,055	0,086	0,080	0,070	0,100
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,856	1,852	1,844	1,851	1,835	1,868	1,841	1,866	1,882	1,852	1,856	1,876	1,832
Fe ³⁺	0,204	0,215	0,240	0,231	0,253	0,199	0,241	0,219	0,172	0,232	0,224	0,193	0,262
Ti	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,004
Cr	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Soma	2,064	2,070	2,085	2,084	2,090	2,068	2,084	2,086	2,057	2,086	2,082	2,070	2,098
Fe ²⁺	1,966	2,064	2,038	2,006	1,918	1,945	1,932	1,931	2,069	1,966	2,033	1,953	1,977
Mg	0,092	0,121	0,119	0,118	0,101	0,099	0,107	0,103	0,118	0,115	0,116	0,119	0,131
Mn	0,052	0,052	0,049	0,049	0,051	0,049	0,050	0,048	0,053	0,050	0,050	0,044	0,041
Ca	0,827	0,691	0,708	0,743	0,837	0,837	0,826	0,828	0,701	0,781	0,717	0,814	0,749
Na	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,005	0,001	0,002	0,001	0,000	0,003
Soma	2,938	2,929	2,915	2,917	2,909	2,932	2,915	2,915	2,942	2,914	2,917	2,930	2,901
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	66,939	70,492	69,938	68,793	65,979	66,382	66,278	66,357	70,350	67,514	69,719	66,655	68,219
Pyr	3,132	4,133	4,084	4,047	3,474	3,379	3,671	3,540	4,012	3,949	3,978	4,061	4,520
Sps	1,771	1,776	1,682	1,680	1,754	1,672	1,715	1,649	1,802	1,717	1,715	1,502	1,415
Gros	18,464	13,544	13,226	14,815	17,130	19,241	17,215	18,343	15,680	16,129	14,177	18,759	13,904
And	9,600	10,056	11,070	10,665	11,616	9,325	11,121	10,111	8,156	10,691	10,366	9,023	11,942

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B
Análise	ana55	ana56	ana57	ana58	ana59	ana60	ana61	ana62	ana63	ana64	ana65	ana66	ana67
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,080	36,163	36,065	36,011	36,124	36,286	36,161	36,075	35,710	36,026	36,119	36,169	36,141
TiO ₂	0,040	0,044	0,033	0,043	0,041	0,050	0,057	0,030	0,027	0,037	0,028	0,029	0,038
Al ₂ O ₃	20,262	20,395	20,373	20,130	20,493	20,462	20,188	20,182	19,992	20,128	20,175	20,183	20,275
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,010	0,000	0,015	0,000	0,001
FeO	32,690	32,741	32,648	32,956	32,917	32,966	32,987	32,806	33,175	34,484	32,865	31,700	32,874
MnO	0,615	0,672	0,654	0,716	0,693	0,722	0,691	0,803	0,844	0,925	0,922	0,931	0,872
MgO	1,035	1,020	0,969	1,092	1,149	1,139	1,128	0,992	1,002	1,072	0,917	0,829	0,919
CaO	8,858	9,029	8,689	8,675	8,492	8,619	8,405	8,388	8,232	7,036	8,528	9,520	8,850
Na ₂ O	0,022	0,000	0,029	0,029	0,030	0,000	0,005	0,003	0,001	0,000	0,013	0,006	0,000
Total	99,980	100,460	99,820	100,080	100,320	100,620	99,990	99,610	99,400	100,070	99,950	99,710	100,360
Si	2,917	2,911	2,921	2,912	2,910	2,916	2,926	2,931	2,913	2,925	2,926	2,931	2,916
Al ^{IV}	0,083	0,089	0,079	0,088	0,090	0,084	0,074	0,069	0,087	0,075	0,074	0,069	0,084
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,849	1,846	1,866	1,831	1,856	1,854	1,852	1,864	1,835	1,851	1,853	1,859	1,844
Fe ³⁺	0,232	0,237	0,213	0,257	0,233	0,224	0,216	0,203	0,249	0,221	0,219	0,209	0,235
Ti	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
Soma	2,083	2,086	2,082	2,091	2,091	2,081	2,071	2,069	2,087	2,074	2,075	2,070	2,081
Fe ²⁺	1,979	1,967	1,998	1,972	1,985	1,991	2,016	2,026	2,014	2,121	2,008	1,939	1,983
Mg	0,125	0,122	0,117	0,132	0,138	0,136	0,136	0,120	0,122	0,130	0,111	0,100	0,110
Mn	0,042	0,046	0,045	0,049	0,047	0,049	0,047	0,055	0,058	0,064	0,063	0,064	0,060
Ca	0,767	0,779	0,754	0,752	0,733	0,742	0,729	0,730	0,719	0,612	0,740	0,826	0,765
Na	0,003	0,000	0,005	0,005	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
Soma	2,916	2,914	2,919	2,910	2,908	2,918	2,929	2,931	2,913	2,927	2,924	2,930	2,918
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	67,937	67,502	68,566	67,883	68,378	68,232	68,852	69,123	69,138	72,463	68,720	66,200	67,958
Pyr	4,291	4,187	4,015	4,544	4,754	4,661	4,645	4,094	4,188	4,441	3,799	3,414	3,770
Sps	1,442	1,579	1,544	1,687	1,619	1,679	1,605	1,876	1,991	2,187	2,156	2,185	2,056
Gros	15,609	15,821	15,963	14,076	14,557	15,068	14,814	15,402	13,172	10,615	15,078	18,421	15,352
And	10,721	10,912	9,866	11,811	10,693	10,361	10,084	9,504	11,464	10,293	10,200	9,780	10,865

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5B	P5C	P5C
Análise	ana68	ana69	ana70	ana71	ana72	ana73	ana74	ana75	ana76	ana77	ana78	ana79	ana80
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,114	35,901	35,894	35,716	35,935	36,068	36,092	36,090	36,251	35,754	36,092	37,304	37,641
TiO ₂	0,043	0,029	0,035	0,025	0,020	0,030	0,025	0,025	0,038	0,048	0,037	0,036	0,046
Al ₂ O ₃	20,308	20,309	20,220	20,051	20,257	20,215	20,449	20,255	20,068	20,061	20,387	20,951	21,039
Cr ₂ O ₃	0,002	0,000	0,001	0,014	0,000	0,004	0,012	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000
FeO	33,642	33,522	33,130	33,576	33,662	32,747	33,555	33,540	33,681	33,097	33,009	31,209	30,943
MnO	0,862	0,828	0,822	0,671	0,646	0,739	0,843	0,846	0,836	0,769	0,806	0,604	0,568
MgO	1,067	1,067	1,033	1,034	1,137	0,964	0,892	0,920	0,943	1,076	0,945	1,172	1,255
CaO	7,943	7,957	8,056	7,949	7,948	8,802	8,127	8,221	7,972	8,351	8,550	9,236	9,116
Na ₂ O	0,023	0,000	0,007	0,002	0,003	0,024	0,014	0,000	0,044	0,004	0,027	0,016	0,005
Total	100,390	100,000	99,570	99,440	100,000	99,980	100,380	100,270	100,220	99,650	100,260	100,670	100,660
Si	2,915	2,909	2,919	2,913	2,911	2,919	2,914	2,918	2,933	2,907	2,914	2,975	2,997
Al ^{IV}	0,085	0,091	0,081	0,087	0,089	0,081	0,086	0,082	0,067	0,093	0,086	0,025	0,003
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,848	1,849	1,858	1,841	1,846	1,848	1,861	1,849	1,847	1,830	1,854	1,945	1,972
Fe ³⁺	0,235	0,237	0,220	0,244	0,241	0,234	0,223	0,229	0,223	0,264	0,233	0,080	0,027
Ti	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003
Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,086	2,088	2,080	2,088	2,088	2,084	2,087	2,080	2,072	2,097	2,089	2,027	2,002
Fe ²⁺	2,036	2,034	2,033	2,046	2,040	1,983	2,043	2,039	2,056	1,986	1,995	2,001	2,033
Mg	0,128	0,129	0,125	0,126	0,137	0,116	0,107	0,111	0,114	0,130	0,114	0,139	0,149
Mn	0,059	0,057	0,057	0,046	0,044	0,051	0,058	0,058	0,057	0,053	0,055	0,041	0,038
Ca	0,687	0,691	0,702	0,695	0,690	0,763	0,703	0,712	0,691	0,727	0,740	0,789	0,778
Na	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,002	0,000	0,007	0,001	0,004	0,002	0,001
Soma	2,914	2,911	2,918	2,913	2,911	2,917	2,913	2,920	2,925	2,897	2,908	2,972	2,999
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	69,966	69,873	69,695	70,237	70,079	68,074	70,182	69,829	70,459	68,577	68,698	67,374	67,812
Pyr	4,399	4,431	4,285	4,325	4,706	3,982	3,676	3,801	3,907	4,489	3,926	4,680	4,970
Sps	2,027	1,958	1,954	1,579	1,512	1,751	1,992	1,986	1,953	1,830	1,894	1,380	1,268
Gros	12,769	12,851	13,876	12,584	12,628	15,375	13,832	13,782	13,245	13,032	14,760	22,663	24,602
And	10,839	10,887	10,190	11,229	11,075	10,818	10,272	10,602	10,435	12,071	10,723	3,902	1,349

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C
Análise	ana81	ana82	ana83	ana84	ana85	ana86	ana87	ana88	ana89	ana90	ana91	ana92	ana93
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	37,027	37,313	37,314	37,223	36,848	37,225	37,029	36,844	37,507	37,419	37,505	37,223	35,614
TiO ₂	0,046	0,036	0,071	0,077	0,035	0,057	0,049	0,053	0,064	0,057	0,038	0,064	0,052
Al ₂ O ₃	21,094	20,890	20,976	20,699	20,808	20,738	20,957	20,840	20,678	20,807	20,738	20,587	19,652
Cr ₂ O ₃	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	30,612	30,831	30,335	30,327	30,679	30,431	30,753	30,920	31,098	30,834	30,806	30,754	29,948
MnO	0,600	0,745	0,528	0,526	1,003	0,800	0,692	0,745	0,820	0,712	0,644	0,917	1,131
MgO	1,091	0,885	1,217	1,187	0,655	0,908	0,951	0,889	0,856	0,999	1,053	0,739	0,594
CaO	9,447	9,406	9,752	9,559	9,701	9,436	9,574	9,521	9,261	9,434	9,600	9,666	8,985
Na ₂ O	0,000	0,021	0,025	0,016	0,003	0,012	0,003	0,028	0,023	0,010	0,007	0,000	0,021
Total	100,040	100,210	100,330	99,690	99,870	99,660	100,130	100,030	100,390	100,350	100,480	100,040	96,140
Si	2,968	2,990	2,978	2,992	2,969	2,998	2,969	2,961	3,003	2,994	2,996	2,993	2,987
Al ^{IV}	0,032	0,010	0,022	0,008	0,031	0,002	0,031	0,039	-0,003	0,006	0,004	0,007	0,013
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,961	1,964	1,952	1,953	1,946	1,967	1,950	1,936	1,955	1,956	1,949	1,944	1,930
Fe ³⁺	0,066	0,045	0,065	0,048	0,082	0,030	0,074	0,101	0,036	0,045	0,053	0,055	0,083
Ti	0,003	0,002	0,004	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002	0,004	0,003
Cr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,030	2,012	2,021	2,006	2,030	2,000	2,027	2,041	1,996	2,004	2,004	2,003	2,016
Fe ²⁺	1,986	2,022	1,960	1,990	1,985	2,020	1,988	1,978	2,047	2,018	2,005	2,013	2,018
Mg	0,130	0,106	0,145	0,142	0,079	0,109	0,114	0,106	0,102	0,119	0,125	0,089	0,074
Mn	0,041	0,051	0,036	0,036	0,068	0,055	0,047	0,051	0,056	0,048	0,044	0,062	0,080
Ca	0,811	0,808	0,834	0,823	0,838	0,814	0,823	0,820	0,795	0,809	0,822	0,833	0,807
Na	0,000	0,003	0,004	0,002	0,000	0,002	0,000	0,004	0,004	0,002	0,001	0,000	0,003
Soma	2,968	2,990	2,979	2,993	2,970	3,000	2,972	2,959	3,004	2,996	2,997	2,997	2,982
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	66,914	67,693	65,882	66,533	66,835	67,378	66,891	66,937	68,233	67,401	66,923	67,167	67,741
Pyr	4,380	3,549	4,874	4,748	2,660	3,636	3,836	3,587	3,400	3,975	4,172	2,970	2,484
Sps	1,381	1,707	1,210	1,204	2,290	1,835	1,581	1,726	1,867	1,603	1,469	2,069	2,685
Gros	24,119	24,773	24,846	25,127	24,233	25,651	24,091	22,839	24,640	24,779	24,795	25,053	22,993
And	3,205	2,228	3,188	2,389	3,983	1,501	3,601	4,863	1,810	2,242	2,642	2,742	4,097

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P5C	P9B	P9B	P9B
Análise	ana94	ana95	ana96	ana97	ana98	ana99	ana100	ana101	ana102	ana103	ana155	ana156	ana157
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	37,360	37,538	37,578	38,181	37,842	37,632	37,587	37,746	37,692	37,700	36,028	35,786	35,951
TiO ₂	0,024	0,038	0,047	0,051	0,046	0,064	0,037	0,047	0,067	0,057	0,051	0,073	0,029
Al ₂ O ₃	20,904	21,053	21,300	21,193	20,885	20,627	20,932	20,953	20,799	20,567	20,479	20,570	20,678
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,004	0,008	0,000	0,014	0,009	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000
FeO	30,094	29,744	30,256	29,261	30,455	29,959	29,405	29,302	29,407	30,400	33,020	30,695	32,315
MnO	0,810	0,538	0,481	0,545	0,938	0,799	0,560	0,513	0,569	0,753	0,764	0,668	0,724
MgO	1,032	1,200	1,188	1,163	0,919	0,904	1,235	1,222	1,265	0,987	1,160	1,035	1,158
CaO	9,490	9,956	9,885	9,622	9,513	10,031	10,409	10,475	10,118	9,576	8,290	10,296	8,260
Na ₂ O	0,011	0,003	0,011	0,024	0,029	0,015	0,017	0,026	0,015	0,026	0,000	0,000	0,021
Total	99,760	100,100	100,820	100,070	100,640	100,070	100,260	100,330	99,950	100,090	100,170	99,520	99,450
Si	3,000	2,998	2,982	3,035	3,016	3,015	2,995	3,004	3,013	3,021	2,909	2,895	2,917
Al ^{IV}	0,000	0,002	0,018	-0,035	-0,016	-0,015	0,005	-0,004	-0,013	-0,021	0,091	0,105	0,083
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,979	1,980	1,974	2,021	1,978	1,963	1,961	1,970	1,973	1,964	1,858	1,857	1,895
Fe ³⁺	0,019	0,019	0,040	0,000	0,005	0,016	0,041	0,024	0,009	0,012	0,227	0,240	0,189
Ti	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,004	0,002
Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	1,999	2,001	2,017	2,025	1,986	1,984	2,005	1,997	1,986	1,979	2,088	2,101	2,086
Fe ²⁺	2,002	1,968	1,968	1,946	2,025	1,991	1,919	1,926	1,956	2,025	2,003	1,836	2,004
Mg	0,124	0,143	0,140	0,138	0,109	0,108	0,147	0,145	0,151	0,118	0,140	0,125	0,140
Mn	0,055	0,036	0,032	0,037	0,063	0,054	0,038	0,035	0,039	0,051	0,052	0,046	0,050
Ca	0,817	0,852	0,840	0,820	0,812	0,861	0,889	0,893	0,866	0,822	0,717	0,892	0,718
Na	0,002	0,000	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,004	0,002	0,004	0,000	0,000	0,003
Soma	3,000	2,999	2,982	2,945	3,013	3,016	2,996	3,003	3,014	3,020	2,912	2,899	2,915
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	7,971	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	66,778	65,622	66,040	66,168	67,298	66,058	64,116	64,221	64,940	67,142	68,784	63,332	68,819
Pyr	4,136	4,768	4,698	4,692	3,622	3,583	4,911	4,835	5,013	3,912	4,808	4,312	4,808
Sps	1,835	1,200	1,074	1,258	2,094	1,792	1,270	1,167	1,295	1,691	1,786	1,587	1,717
Gros	26,301	27,460	26,219	27,831	26,732	27,702	27,611	28,571	28,295	26,641	14,190	19,870	15,935
And	0,951	0,950	1,969	0,000	0,254	0,814	2,042	1,206	0,457	0,614	10,432	10,899	8,722

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B
Análise	ana158	ana159	ana160	ana161	ana162	ana163	ana164	ana165	ana166	ana167	ana168	ana169	ana170
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,097	35,934	36,019	35,820	35,462	35,947	35,461	35,863	35,474	35,890	35,790	36,007	35,865
TiO ₂	0,039	0,044	0,049	0,017	0,026	0,041	0,038	0,043	0,051	0,029	0,027	0,029	0,030
Al ₂ O ₃	20,783	20,351	20,465	20,415	20,354	20,367	20,394	20,376	20,340	20,526	20,245	20,392	20,475
Cr ₂ O ₃	0,010	0,009	0,000	0,013	0,004	0,009	0,002	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	33,056	33,449	34,004	33,827	34,324	34,155	34,754	33,830	34,022	33,448	33,066	33,421	34,011
MnO	1,155	0,756	0,815	0,798	0,868	0,796	0,838	0,840	0,962	0,842	0,658	0,682	0,663
MgO	0,862	1,157	1,209	1,201	1,167	1,168	1,181	1,173	1,055	1,150	1,001	1,212	1,354
CaO	8,051	8,047	7,684	7,491	7,062	7,335	7,004	7,915	7,396	7,440	8,579	8,184	7,658
Na ₂ O	0,014	0,010	0,024	0,007	0,018	0,007	0,000	0,009	0,018	0,010	0,013	0,007	0,036
Total	100,400	100,160	100,700	100,000	99,730	100,210	100,140	100,500	99,770	99,670	99,800	100,360	100,570
Si	2,911	2,905	2,899	2,903	2,887	2,909	2,878	2,893	2,887	2,915	2,904	2,904	2,888
Al ^{IV}	0,089	0,095	0,101	0,097	0,113	0,091	0,122	0,107	0,113	0,085	0,096	0,096	0,112
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,887	1,845	1,841	1,853	1,841	1,852	1,829	1,831	1,838	1,880	1,840	1,843	1,832
Fe ³⁺	0,199	0,245	0,258	0,243	0,272	0,234	0,288	0,272	0,271	0,203	0,255	0,252	0,283
Ti	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Cr	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,089	2,094	2,102	2,098	2,115	2,089	2,119	2,106	2,113	2,085	2,097	2,097	2,117
Fe ²⁺	2,030	2,017	2,031	2,049	2,066	2,078	2,071	2,010	2,045	2,069	1,988	2,003	2,008
Mg	0,104	0,139	0,145	0,145	0,142	0,141	0,143	0,141	0,128	0,139	0,121	0,146	0,163
Mn	0,079	0,052	0,056	0,055	0,060	0,055	0,058	0,057	0,066	0,058	0,045	0,047	0,045
Ca	0,696	0,697	0,663	0,650	0,616	0,636	0,609	0,684	0,645	0,647	0,746	0,707	0,661
Na	0,002	0,002	0,004	0,001	0,003	0,001	0,000	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,006
Soma	2,911	2,907	2,899	2,900	2,887	2,911	2,881	2,893	2,887	2,915	2,902	2,904	2,883
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	69,783	69,432	70,155	70,680	71,637	71,409	71,885	69,502	70,908	71,026	68,552	68,998	69,795
Pyr	3,575	4,785	5,009	5,002	4,924	4,845	4,964	4,876	4,438	4,772	4,172	5,029	5,666
Sps	2,716	1,790	1,934	1,897	2,080	1,890	2,013	1,971	2,288	1,991	1,552	1,619	1,564
Gros	14,735	12,740	11,174	11,300	9,140	11,066	8,276	11,344	10,129	12,847	14,086	12,853	10,268
And	9,145	11,208	11,727	11,076	12,219	10,744	12,863	12,308	12,191	9,363	11,639	11,502	12,708

TABELA 5 - continuação.

GRUPO ARAXÁ													
Amostra	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P9B	P21	P21	P21
Análise	ana171	ana172	ana173	ana174	ana175	ana176	ana177	ana178	ana179	ana180	ana104	ana105	ana106
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	35,527	35,387	35,489	35,675	35,686	35,538	35,787	35,370	35,670	35,760	36,942	36,824	36,955
TiO ₂	0,035	0,049	0,058	0,032	0,030	0,046	0,041	0,024	0,046	0,039	0,092	0,070	0,075
Al ₂ O ₃	20,343	20,372	20,469	20,321	20,301	20,380	20,314	20,519	20,293	20,264	20,920	20,706	20,832
Cr ₂ O ₃	0,005	0,000	0,011	0,000	0,005	0,001	0,000	0,014	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003
FeO	33,160	34,480	33,569	33,218	32,518	34,870	33,936	33,921	34,079	34,075	30,193	31,162	31,549
MnO	0,612	0,887	0,900	0,800	0,870	0,701	0,731	0,725	0,706	0,695	0,633	0,630	0,709
MgO	1,190	1,051	1,059	1,025	0,985	1,330	1,272	1,201	1,291	1,289	1,077	1,176	1,117
CaO	8,181	7,252	8,092	8,207	8,668	6,748	7,508	7,344	7,462	7,437	10,742	9,903	10,143
Na ₂ O	0,000	0,015	0,014	0,008	0,019	0,000	0,020	0,003	0,007	0,012	0,045	0,029	0,023
Total	99,480	99,970	100,140	99,700	99,500	100,070	100,040	99,560	100,000	100,000	100,920	100,810	101,750
Si	2,890	2,877	2,874	2,899	2,902	2,884	2,899	2,880	2,892	2,899	2,936	2,936	2,923
Al ^{IV}	0,110	0,123	0,126	0,101	0,098	0,116	0,101	0,120	0,108	0,101	0,064	0,064	0,077
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,841	1,830	1,828	1,846	1,848	1,834	1,839	1,850	1,832	1,836	1,896	1,883	1,866
Fe ³⁺	0,263	0,289	0,292	0,253	0,251	0,276	0,259	0,267	0,271	0,262	0,165	0,178	0,205
Ti	0,002	0,003	0,004	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002	0,005	0,004	0,004
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,106	2,122	2,125	2,101	2,101	2,113	2,100	2,119	2,106	2,100	2,066	2,065	2,075
Fe ²⁺	1,993	2,055	1,981	2,005	1,961	2,091	2,040	2,043	2,040	2,048	1,842	1,900	1,882
Mg	0,144	0,127	0,128	0,124	0,119	0,161	0,154	0,146	0,156	0,156	0,128	0,140	0,132
Mn	0,042	0,061	0,062	0,055	0,060	0,048	0,050	0,050	0,048	0,048	0,043	0,043	0,048
Ca	0,713	0,632	0,702	0,715	0,755	0,587	0,652	0,641	0,648	0,646	0,915	0,846	0,860
Na	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000	0,003	0,000	0,001	0,002	0,007	0,004	0,004
Soma	2,892	2,877	2,875	2,900	2,898	2,887	2,899	2,880	2,893	2,900	2,935	2,933	2,926
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	68,914	71,478	68,952	69,162	67,737	72,428	70,442	70,938	70,539	70,669	62,910	64,869	64,408
Pyr	4,979	4,417	4,455	4,277	4,111	5,577	5,318	5,069	5,394	5,383	4,372	4,780	4,517
Sps	1,452	2,122	2,158	1,897	2,073	1,663	1,727	1,736	1,660	1,656	1,469	1,468	1,643
Gros	12,775	9,092	11,395	13,164	14,655	7,934	10,736	10,282	10,150	10,377	23,485	20,507	19,888
And	11,879	12,890	12,995	11,500	11,425	12,399	11,778	11,930	12,257	11,915	7,765	8,376	9,544

TABELA 5 - continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ													
Amostra	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana107	ana108	ana109	ana110	ana111	ana112	ana113	ana114	ana115	ana116	ana117	ana118	ana119
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,935	36,964	36,799	36,826	36,673	36,815	36,867	37,022	36,898	36,691	37,058	37,244	37,308
TiO ₂	0,076	0,063	0,013	0,036	0,031	0,043	0,043	0,050	0,033	0,050	0,043	0,079	0,107
Al ₂ O ₃	20,774	20,812	20,666	21,022	20,694	20,793	20,771	21,049	20,953	20,757	21,104	21,147	20,959
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,007	0,000	0,006	0,003	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,010	0,006
FeO	30,982	31,262	31,144	31,505	31,277	31,207	31,193	31,418	31,186	31,121	31,169	29,029	28,688
MnO	0,670	0,710	0,767	0,667	0,684	0,639	0,613	0,615	0,576	0,623	0,661	0,507	0,528
MgO	1,061	1,000	0,979	1,050	1,050	1,125	1,133	1,179	1,172	1,165	1,187	1,220	1,106
CaO	10,296	10,020	10,217	10,017	9,828	10,066	10,020	9,793	10,158	9,711	9,901	11,870	12,174
Na ₂ O	0,016	0,005	0,013	0,022	0,016	0,011	0,003	0,018	0,010	0,008	0,028	0,011	0,024
Total	101,110	101,100	100,930	101,470	100,550	101,010	100,930	101,420	101,290	100,400	101,420	101,390	101,150
Si	2,937	2,942	2,935	2,920	2,935	2,931	2,937	2,934	2,927	2,938	2,934	2,935	2,947
Al ^{IV}	0,063	0,058	0,065	0,080	0,065	0,069	0,063	0,066	0,073	0,062	0,066	0,065	0,053
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,884	1,895	1,878	1,885	1,887	1,883	1,888	1,900	1,887	1,897	1,904	1,900	1,899
Fe ³⁺	0,174	0,158	0,189	0,194	0,176	0,183	0,171	0,163	0,184	0,160	0,160	0,158	0,145
Ti	0,005	0,004	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,006
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Soma	2,063	2,057	2,068	2,081	2,065	2,069	2,062	2,066	2,073	2,060	2,067	2,064	2,050
Fe ²⁺	1,886	1,923	1,889	1,895	1,917	1,895	1,907	1,919	1,885	1,924	1,904	1,755	1,750
Mg	0,126	0,119	0,116	0,124	0,125	0,133	0,135	0,139	0,139	0,139	0,140	0,143	0,130
Mn	0,045	0,048	0,052	0,045	0,046	0,043	0,041	0,041	0,039	0,042	0,044	0,034	0,035
Ca	0,877	0,854	0,873	0,851	0,843	0,859	0,855	0,832	0,863	0,833	0,840	1,002	1,030
Na	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,001	0,004	0,002	0,004
Soma	2,936	2,945	2,932	2,918	2,933	2,932	2,938	2,934	2,928	2,939	2,932	2,936	2,949
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	64,281	65,319	64,471	65,009	65,404	64,676	64,908	65,473	64,422	65,487	65,027	59,816	59,423
Pyr	4,294	4,042	3,959	4,254	4,265	4,539	4,595	4,742	4,751	4,731	4,781	4,874	4,414
Sps	1,534	1,630	1,775	1,544	1,569	1,468	1,396	1,399	1,333	1,430	1,503	1,159	1,188
Gros	21,687	21,524	20,930	20,208	20,491	20,746	21,043	20,730	20,912	20,802	21,177	26,665	28,060
And	8,204	7,485	8,865	8,986	8,271	8,571	8,058	7,656	8,582	7,551	7,512	7,439	6,915

TABELA 5 - continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ													
Amostra	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana120	ana121	ana122	ana123	ana124	ana125	ana126	ana127	ana128	ana129	ana130	ana131	ana132
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,630	36,839	36,703	36,742	36,694	36,710	36,719	36,659	36,358	36,649	36,617	36,756	36,227
TiO ₂	0,045	0,018	0,070	0,050	0,050	0,047	0,040	0,069	0,102	0,073	0,110	0,057	0,059
Al ₂ O ₃	20,778	21,060	20,799	20,883	20,660	20,915	20,941	20,731	20,616	20,883	20,741	20,889	20,668
Cr ₂ O ₃	0,000	0,012	0,009	0,000	0,005	0,000	0,003	0,000	0,000	0,015	0,000	0,001	0,005
FeO	31,098	31,119	30,895	31,032	31,160	31,144	30,414	30,803	29,823	29,557	29,790	30,052	30,718
MnO	0,866	0,669	0,666	0,706	0,761	0,686	0,593	0,549	0,531	0,528	0,567	0,607	0,580
MgO	0,893	1,091	1,070	1,114	1,017	1,195	1,217	1,282	1,204	1,145	1,144	1,140	1,222
CaO	10,205	10,098	10,408	10,162	9,724	9,858	10,482	10,232	11,173	11,083	11,089	11,075	10,284
Na ₂ O	0,003	0,027	0,012	0,014	0,006	0,014	0,012	0,033	0,031	0,019	0,011	0,014	0,017
Total	100,830	101,240	100,960	101,020	100,330	100,880	100,720	100,690	100,220	100,230	100,390	100,920	100,160
Si	2,925	2,924	2,923	2,924	2,943	2,925	2,924	2,923	2,910	2,928	2,924	2,921	2,907
Al ^{IV}	0,075	0,076	0,077	0,076	0,057	0,075	0,076	0,077	0,090	0,072	0,076	0,079	0,093
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,881	1,895	1,876	1,883	1,897	1,890	1,890	1,872	1,855	1,895	1,877	1,878	1,862
Fe ³⁺	0,188	0,182	0,194	0,189	0,155	0,183	0,182	0,201	0,228	0,169	0,188	0,196	0,227
Ti	0,003	0,001	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004	0,006	0,004	0,007	0,003	0,004
Cr	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Soma	2,072	2,079	2,075	2,075	2,055	2,076	2,074	2,077	2,089	2,069	2,072	2,077	2,093
Fe ²⁺	1,889	1,884	1,863	1,876	1,935	1,893	1,844	1,854	1,768	1,806	1,802	1,801	1,834
Mg	0,106	0,129	0,127	0,132	0,122	0,142	0,144	0,152	0,144	0,136	0,136	0,135	0,146
Mn	0,059	0,045	0,045	0,048	0,052	0,046	0,040	0,037	0,036	0,036	0,038	0,041	0,039
Ca	0,873	0,859	0,888	0,867	0,836	0,842	0,895	0,874	0,958	0,949	0,949	0,943	0,884
Na	0,000	0,004	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,005	0,003	0,002	0,002	0,003
Soma	2,927	2,921	2,925	2,925	2,946	2,925	2,925	2,922	2,911	2,930	2,927	2,922	2,906
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	64,537	64,587	63,736	64,181	65,705	64,762	63,086	63,558	60,840	61,701	61,607	61,678	63,176
Pyr	3,621	4,422	4,345	4,516	4,143	4,858	4,926	5,211	4,955	4,646	4,650	4,623	5,029
Sps	2,016	1,543	1,540	1,642	1,766	1,574	1,368	1,268	1,239	1,230	1,299	1,404	1,343
Gros	21,057	20,952	21,302	20,862	21,038	20,286	22,146	20,613	22,474	24,467	23,664	23,191	20,048
And	8,769	8,449	9,032	8,799	7,349	8,520	8,473	9,349	10,492	7,908	8,781	9,104	10,403

TABELA 5 - continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ													
Amostra	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana133	ana135	ana136	ana137	ana138	ana139	ana140	ana141	ana142	ana143	ana144	ana145	ana146
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,509	36,405	36,670	36,822	36,564	36,419	36,335	36,389	36,308	36,622	36,609	36,142	36,563
TiO ₂	0,128	0,130	0,045	0,051	0,049	0,022	0,025	0,036	0,029	0,030	0,045	0,058	0,014
Al ₂ O ₃	20,602	20,626	20,707	20,877	20,832	20,962	20,845	20,623	20,734	20,762	20,583	20,686	21,026
Cr ₂ O ₃	0,008	0,012	0,000	0,000	0,009	0,007	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	31,576	30,232	30,687	30,917	30,201	30,912	31,040	31,006	31,170	31,416	31,178	30,702	30,560
MnO	0,590	0,546	0,663	0,620	0,548	0,721	0,688	0,718	0,660	0,829	1,038	0,623	0,677
MgO	1,228	1,096	1,110	1,234	1,149	1,015	1,122	1,097	1,171	0,982	0,859	1,135	1,134
CaO	9,759	11,016	10,250	10,158	10,714	10,197	10,039	10,098	9,915	10,024	10,139	10,540	10,194
Na ₂ O	0,014	0,025	0,000	0,019	0,008	0,011	0,011	0,001	0,013	0,006	0,035	0,012	0,012
Total	100,780	100,460	100,420	101,010	100,390	100,610	100,470	100,310	100,370	101,010	100,830	100,300	100,480
Si	2,917	2,911	2,934	2,928	2,922	2,911	2,909	2,919	2,910	2,921	2,926	2,898	2,921
Al ^{IV}	0,083	0,089	0,066	0,072	0,078	0,089	0,091	0,081	0,090	0,079	0,074	0,102	0,079
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,858	1,855	1,887	1,885	1,885	1,886	1,876	1,869	1,869	1,873	1,866	1,853	1,901
Fe ³⁺	0,213	0,222	0,173	0,184	0,187	0,202	0,213	0,207	0,219	0,204	0,208	0,245	0,178
Ti	0,008	0,008	0,003	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
Cr	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,080	2,086	2,063	2,072	2,076	2,089	2,092	2,078	2,090	2,079	2,077	2,101	2,080
Fe ²⁺	1,897	1,799	1,881	1,872	1,831	1,865	1,865	1,873	1,871	1,891	1,877	1,814	1,864
Mg	0,146	0,131	0,132	0,146	0,137	0,121	0,134	0,131	0,140	0,117	0,102	0,136	0,135
Mn	0,040	0,037	0,045	0,042	0,037	0,049	0,047	0,049	0,045	0,056	0,070	0,042	0,046
Ca	0,835	0,944	0,879	0,865	0,918	0,873	0,861	0,868	0,852	0,857	0,868	0,905	0,873
Na	0,002	0,004	0,000	0,003	0,001	0,002	0,002	0,000	0,002	0,001	0,005	0,002	0,002
Soma	2,920	2,915	2,937	2,928	2,924	2,910	2,909	2,921	2,910	2,922	2,922	2,899	2,920
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	65,010	61,800	64,045	64,000	62,641	64,133	64,155	64,122	64,340	64,738	64,347	62,616	63,879
Pyr	5,003	4,500	4,494	4,991	4,687	4,161	4,610	4,485	4,814	4,005	3,497	4,695	4,626
Sps	1,371	1,271	1,532	1,436	1,266	1,685	1,617	1,678	1,547	1,917	2,400	1,450	1,576
Gros	18,685	22,138	21,791	20,979	22,666	20,742	19,806	20,119	19,243	19,877	20,073	20,103	21,669
And	9,884	10,245	8,137	8,594	8,694	9,279	9,766	9,597	10,055	9,462	9,683	11,136	8,248

TABELA 5 - continuação.

COMPLEXO GUAXUPÉ													
Amostra	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21	P21
Análise	ana147	ana148	ana149	ana150	ana151	ana152	ana153	ana154	ana142	ana143	ana144	ana145	ana146
Mineral	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
SiO ₂	36,386	35,834	36,520	36,118	36,392	36,288	36,139	36,194	36,308	36,622	36,609	36,142	36,563
TiO ₂	0,059	0,076	0,049	0,029	0,034	0,030	0,072	0,025	0,029	0,030	0,045	0,058	0,014
Al ₂ O ₃	20,993	20,365	20,613	20,931	20,752	20,905	20,923	20,660	20,734	20,762	20,583	20,686	21,026
Cr ₂ O ₃	0,000	0,003	0,001	0,000	0,016	0,015	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	30,562	30,004	30,553	31,127	30,338	30,430	30,670	31,247	31,170	31,416	31,178	30,702	30,560
MnO	0,633	0,574	0,639	0,684	0,586	0,689	0,654	0,783	0,660	0,829	1,038	0,623	0,677
MgO	1,146	1,148	1,140	1,159	1,177	1,174	1,119	1,062	1,171	0,982	0,859	1,135	1,134
CaO	10,355	10,556	10,330	10,127	10,454	10,154	10,422	9,584	9,915	10,024	10,139	10,540	10,194
Na ₂ O	0,011	0,003	0,015	0,000	0,008	0,008	0,013	0,026	0,013	0,006	0,035	0,012	0,012
Total	100,480	98,930	100,180	100,580	100,090	100,020	100,410	99,920	100,370	101,010	100,830	100,300	100,480
Si	2,908	2,910	2,929	2,889	2,919	2,913	2,893	2,917	2,910	2,921	2,926	2,898	2,921
Al ^{IV}	0,092	0,090	0,071	0,111	0,081	0,087	0,107	0,083	0,090	0,079	0,074	0,102	0,079
Soma	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al ^{VI}	1,886	1,860	1,878	1,863	1,881	1,891	1,868	1,880	1,869	1,873	1,866	1,853	1,901
Fe ³⁺	0,201	0,221	0,191	0,244	0,197	0,193	0,234	0,204	0,219	0,204	0,208	0,245	0,178
Ti	0,004	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,091	2,086	2,072	2,109	2,081	2,087	2,106	2,086	2,090	2,079	2,077	2,101	2,080
Fe ²⁺	1,842	1,817	1,858	1,838	1,838	1,850	1,820	1,902	1,871	1,891	1,877	1,814	1,864
Mg	0,136	0,139	0,136	0,138	0,141	0,140	0,134	0,128	0,140	0,117	0,102	0,136	0,135
Mn	0,043	0,039	0,043	0,046	0,040	0,047	0,044	0,053	0,045	0,056	0,070	0,042	0,046
Ca	0,887	0,919	0,888	0,868	0,898	0,873	0,894	0,828	0,852	0,857	0,868	0,905	0,873
Na	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,002	0,001	0,005	0,002	0,002
Soma	2,910	2,914	2,927	2,890	2,918	2,911	2,894	2,915	2,910	2,922	2,922	2,899	2,920
ΣCátions	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Alm	63,343	62,354	63,521	63,599	63,010	63,574	62,932	65,338	64,340	64,738	64,347	62,616	63,879
Pyr	4,677	4,770	4,650	4,775	4,834	4,811	4,633	4,397	4,814	4,005	3,497	4,695	4,626
Sps	1,479	1,338	1,470	1,592	1,371	1,615	1,521	1,821	1,547	1,917	2,400	1,450	1,576
Gros	21,278	21,358	21,434	19,034	21,618	21,068	20,320	19,030	19,243	19,877	20,073	20,103	21,669
And	9,224	10,180	8,925	11,001	9,120	8,886	10,593	9,414	10,055	9,462	9,683	11,136	8,248

TABELA 6 - Análises químicas de cristais de clinopiroxênio analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 6 oxigênios.

Amostra Análise Mineral	GRUPO ARAXÁ											
	P5B ana1 cpx	P5B ana2 cpx	P5B ana3 cpx	P5B ana4 cpx	P5B ana5 cpx	P5B ana6 cpx	P5B ana7 cpx	P5B ana8 cpx	P5B ana9 cpx	P5B ana10 cpx	P5B ana11 cpx	P9B ana12 cpx
SiO ₂	48,063	48,015	48,973	47,571	48,243	48,207	48,259	48,066	48,488	47,421	48,763	47,895
TiO ₂	0,119	0,077	0,031	0,112	0,078	0,116	0,103	0,128	0,097	0,141	0,102	0,179
Al ₂ O ₃	1,329	1,231	0,853	1,311	1,243	1,305	1,408	1,528	1,187	1,412	1,251	1,940
Cr ₂ O ₃	0,007	0,012	0,023	0,008	0,000	0,000	0,004	0,014	0,017	0,000	0,008	0,014
FeO	22,265	21,474	21,579	22,761	21,911	22,488	22,480	23,657	22,645	23,418	22,641	22,636
MnO	0,097	0,088	0,115	0,139	0,083	0,130	0,109	0,120	0,140	0,121	0,128	0,114
MgO	5,903	6,194	6,438	5,673	6,150	6,050	6,038	5,515	5,886	5,463	5,892	5,389
CaO	21,203	21,368	21,811	20,877	21,466	21,130	21,289	20,512	21,431	20,915	21,203	21,479
Na ₂ O	0,639	0,520	0,471	0,649	0,559	0,636	0,585	0,717	0,506	0,620	0,612	0,675
K ₂ O	0,000	0,014	0,000	0,005	0,007	0,000	0,003	0,009	0,000	0,000	0,016	0,041
Total	99,625	98,993	100,294	99,106	99,740	100,062	100,278	100,266	100,397	99,511	100,616	100,362
Si	1,929	1,933	1,945	1,925	1,931	1,927	1,925	1,925	1,933	1,917	1,937	1,912
Al ^{IV}	0,063	0,058	0,040	0,063	0,059	0,062	0,066	0,072	0,056	0,067	0,059	0,091
Soma	1,992	1,992	1,985	1,988	1,990	1,989	1,991	1,997	1,989	1,985	1,996	2,004
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,004	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,005
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Mg	0,353	0,372	0,381	0,342	0,367	0,360	0,359	0,329	0,350	0,329	0,349	0,321
Fe ²⁺	0,747	0,723	0,717	0,770	0,733	0,752	0,750	0,792	0,755	0,792	0,752	0,756
Mn	0,003	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,912	0,922	0,928	0,905	0,921	0,905	0,910	0,880	0,915	0,906	0,902	0,919
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,019	2,022	2,031	2,026	2,026	2,025	2,025	2,010	2,028	2,036	2,011	2,005
ΣCátions	4,011	4,014	4,016	4,014	4,016	4,014	4,016	4,007	4,017	4,020	4,007	4,009

TABELA 6 - continuação.

GRUPO ARAXÁ				COMPLEXO GUAXUPÉ								
Amostra Análise Mineral	P9B ana13 cpx	P9B ana14 cpx	P9B ana15 cpx	P21 ana16 cpx	P21 ana17 cpx	P21 ana18 cpx	P21 ana19 cpx	P21 ana20 cpx	P21 ana21 cpx	P21 ana22 cpx	P21 ana23 cpx	P21 ana24 cpx
SiO ₂	47,124	47,780	47,670	48,131	48,097	48,059	47,403	46,674	48,238	47,755	48,373	48,219
TiO ₂	0,201	0,114	0,147	0,196	0,173	0,203	0,133	0,273	0,175	0,134	0,195	0,180
Al ₂ O ₃	1,847	1,382	1,562	1,956	1,822	2,215	1,689	2,922	1,657	1,594	2,063	2,012
Cr ₂ O ₃	0,013	0,002	0,012	0,000	0,003	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
FeO	23,084	22,840	23,725	22,026	21,897	22,051	21,796	23,953	22,324	22,092	22,026	21,811
MnO	0,100	0,094	0,144	0,098	0,167	0,120	0,131	0,117	0,148	0,157	0,151	0,130
MgO	5,137	5,741	5,616	5,822	5,993	5,848	6,059	6,044	5,885	5,853	5,913	6,077
CaO	20,678	20,453	19,657	20,770	21,858	20,850	21,581	18,718	21,368	21,517	21,077	20,877
Na ₂ O	0,895	0,734	0,823	0,926	0,615	0,945	0,489	0,835	0,652	0,703	0,842	0,877
K ₂ O	0,013	0,002	0,008	0,000	0,034	0,000	0,067	0,023	0,007	0,000	0,004	0,006
Total	99,092	99,142	99,364	99,925	100,659	100,291	99,358	99,559	100,454	99,805	100,644	100,194
Si	1,912	1,930	1,926	1,921	1,910	1,911	1,909	1,880	1,920	1,915	1,916	1,917
Al ^{IV}	0,088	0,066	0,074	0,092	0,085	0,104	0,080	0,139	0,078	0,075	0,096	0,094
Soma	2,000	1,996	2,000	2,013	1,995	2,015	1,989	2,019	1,997	1,991	2,013	2,012
Al ^{VI}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,006	0,003	0,004	0,006	0,005	0,006	0,004	0,008	0,005	0,004	0,006	0,005
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,311	0,346	0,338	0,346	0,355	0,347	0,364	0,363	0,349	0,350	0,349	0,360
Fe ²⁺	0,783	0,772	0,801	0,735	0,727	0,733	0,734	0,807	0,743	0,741	0,730	0,725
Mn	0,003	0,003	0,005	0,003	0,006	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,899	0,885	0,851	0,888	0,930	0,889	0,931	0,808	0,911	0,925	0,895	0,889
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Soma	2,002	2,009	2,000	1,979	2,023	1,979	2,037	1,990	2,013	2,025	1,984	1,985
ΣCátions	4,002	4,005	4,000	3,992	4,018	3,994	4,026	4,009	4,011	4,016	3,997	3,996