

Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

**GEOTERMOBAROMETRIA DAS ROCHAS DO GRUPO ARAXÁ E DO COMPLEXO
GUAXUPÉ NA REGIÃO DE GUAXUPÉ – NOVA RESENDE, MG.**

Thaís Güitzlaf Leme

Orientador: Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro

Rio Claro (SP)

2019

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

THAÍS GÜITZLAF LEME

GEOTERMOBAROMETRIA DAS ROCHAS DO GRUPO ARAXÁ E
DO COMPLEXO GUAXUPÉ NA REGIÃO DE GUAXUPÉ – NOVA
RESENDE, MG.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas do
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Rio Claro - SP

2019

L551g	Leme, Thaís Güitzlaf Geotermobarometria das rochas do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé na região de Guaxupé - Nova Resende, MG / Thaís Güitzlaf Leme. -- Rio Claro, 2019 175 f. : il., tabs., fotos, mapas Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientador: Guillermo Rafael Beltran Navarro 1. Petrografia. 2. Granulitos. 3. Zona de Cisalhamento Varginha. 4. Faixa Brasília Meridional. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

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

THAÍS GÜITZLAF LEME

GEOTERMOBAROMETRIA DAS ROCHAS DO GRUPO
ARAXÁ E DO COMPLEXO GUAXUPÉ NA REGIÃO DE
GUAXUPÉ – NOVA RESENDE, MG.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas do
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro (orientador)

Prof. Dr. Antenor Zanardo

Prof. Dr. Filipe Gourlat Lima

Conceito: Aprovada

Rio Claro, 09 de janeiro de 2019.

Aos meus pais e irmã, pelo apoio de sempre.

AGRADECIMENTOS

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

Aos professores Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro e Dr. Antenor Zanardo pela orientação, colaboração, confiança e incentivo, que foram fundamentais na elaboração deste trabalho.

Aos amigos Renata Augusta Sampaio Paes, Leonardo Habermann, Nathália Gildo Fioramonte e Lia Garpelli, pela amizade, companheirismo, parceria, apoio e por toda ajuda e auxílio no decorrer do trabalho.

Ao professor Dr. Filipe G. Lima e à doutoranda Cibele C. Montibeller, pela colaboração, contribuição e correções, que foram de grande importância.

Aos Professores Doutores Marcos Aurélio F. de Oliveira, Ticiano José S. dos Santos, Norberto Morales e George L. Luvizotto pelas dicas e colaboração.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente Rosângela Vacello, por toda ajuda durante o processo.

Aos técnicos: Nelson Pereira Lopes Júnior, pela confecção das seções delgadas e Dr. Daniel Franço de Godoy pela realização das análises de química mineral.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A área de estudo situa-se no sul da Faixa Brasília Meridional, no sudoeste do estado de Minas Gerais e compreende uma faixa entre os municípios de Guaxupé, Monte Belo, Nova Resende e São Pedro da União, no contato entre as unidades que compõem o Complexo Guaxupé e litotipos atribuídos ao Grupo Araxá. Esta região situa-se em uma zona de blocos crustais amalgamados durante a orogênese brasileira no Neoproterozoico e marca o limite entre terrenos granulíticos (Complexo Guaxupé) e litotipos adjacentes envolvidos no processo colisional e pós colisional (Grupo Araxá). Este contato é delimitado pela Zona de Cisalhamento Varginha, que representa uma quebra nas condições metamórficas entre as unidades. Neste trabalho são apresentados dados petrográficos, de química mineral e geotermobarométricos (média P - T calculada pelo *software THERMOCALC*, *software RCLC* e geotermômetros Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo) com o objetivo de investigar e determinar as condições de pressão e temperatura dos litotipos que ocorrem no contato entre o Complexo Guaxupé e o Grupo Araxá nessa região. Na área de estudo, o Complexo Guaxupé é constituído principalmente por rochas ortoderivadas de natureza básica a ácida, com predomínio de composições intermediárias, representadas por granulitos (ortopiroxênio gnaisses) félsicos a máficos, com intercalações de anfibólio e/ou biotita gnaisses (sem ortopiroxênio), além de intercalações de metassedimentos com sillimanita, granada, ortoclásio e rutilo. O Grupo Araxá é constituído por metassedimentos pelíticos a psamo-pelíticos com intercalações de ortognaisses e de rochas metamáficas e metaultramáficas, representados por gnaisses paraderivados e ortoderivados de composição granítica a tonalítica, quartzitos e xistos com granada e cianita, além de rochas metamáficas com granada, clinopiroxênio e anfibólio. As feições mineralógicas e texturais, associadas aos dados de química mineral e de geotermobarometria, indicam, para o Complexo Guaxupé, condições de auge metamórfico balizado em torno de 1.000-1.050°C e pressão da ordem de 14,0 kbar em fácies granulito, no campo de estabilidade da sillimanita, próximo ao limite entre os campos de estabilidade da cianita-sillimanita e condições de reequilíbrio de 950 a 700°C e 13,5 a 11,0 kbar. No Grupo Araxá, o auge metamórfico atingiu condições de fácies eclogito, com temperaturas da ordem de 900°C e pressões superiores a 15,0 kbar e condições de reequilíbrio de 850 a 700°C e 13,5 a 11,0 kbar, em fácies granulito a anfibolito superior, no campo de estabilidade da cianita. Os dados apresentados são compatíveis com regime P - T - t típico de zonas de espessamento crustal (colisão continental).

Palavras-chave: Petrografia, Granulitos, Zona de Cisalhamento Varginha, Faixa Brasília Meridional.

ABSTRACT

The study area is located at the south of Southwest Brasília Belt, southeast of Minas Gerais, and it comprehends a strip among the cities of Guaxupé, Monte Belo, Nova Resende and São Pedro da União, in contact with unities that compose the Guaxupé Complex and lithotypes attributed to the Araxá Group. This region is in a zone with crustal blocks amalgamated during the Brazilian orogenesis in Neoproterozoic, and it determines the limit between granulitic terrains (Guaxupé Complex) and adjacent lithotypes involved in collisional and post-collisional processes (Araxá Group). The contact is delimited by the Varginha Shear Zone, which represents a disruption of metamorphic conditions amid the unities. This paper presents petrographic, mineral chemistry and geothermobarometric data (average P - T calculated by the *THERMOCALC software*, *software RCLC* and geothermometers Zr-in-rutile and Ti-in-quartz) in order to investigate and determine the pressure and temperature conditions of the lithotypes that occur in the contact between the Guaxupé Complex and Araxá Group. In the study area, the Guaxupé Complex consists especially ortho-derivative rocks of basic to acidic nature, represented by felsic to mafic granulites (orthopyroxene gneisses), and amphibole and/or biotite gneisses intercalations (orthopyroxene free), as well as metasediments intercalations with sillimanite, garnet, orthoclase and rutile. The Araxá Group consists of pelitic to psamo-pelites metasediments with orthogneisses, metamafic and metaultramafic rocks intercalations, represented by para and ortho-derivative gneisses of granitic to tonalitic composition, quartzites and schists with garnet and kyanite, and metamafic rocks with garnet, clinopyroxene and amphibole. Mineralogical and textural aspects, associated to mineral chemistry and geothermobarometric data, indicate, for the Guaxupé Complex, conditions of metamorphic peak at 1.000-1.050°C, and pressure in order of 14,0 kbar in granulite facies, within the sillimanite stability field near to the boundary between the sillimanite-kyanite stability field and rebalancing conditions of 950 to 700 °C and 13,5 to 11,0 kbar. In the Araxá Group, metamorphic peak reached eclogite facies conditions, with temperatures in order of 900°C, pressures higher than 15,0 kbar, and rebalancing conditions of 850 to 700°C and 13,5 to 11,0 kbar, in granulite to upper amphibolite facies in the kyanite stability field. The data presented in this work are compatible with the typical P - T - t regime of crustal thickening zones (continental collision).

Keywords: Petrography, Granulites, Varginha Shear Zone, Southern Brasília Belt.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso (Modificado de LEME, 2016).....	21
Figura 3.1 - Contexto geotectônico do sul de Minas Gerais (Modificado de EBERT, 1957)..	28
Figura 3.2 - Esboço tectônico do Brasil Centro-Leste, com destaque para a Província Tocantins (Modificado de HASUI, 2012).....	29
Figura 3.3 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (Modificado de FUCK, 1990, 1994; SEER, 1999; DARDENNE, 2000; PIMENTEL et al., 2000; VALERIANO et al., 2000; SILVA, 2003; VALERIANO et al., 2004; HASUI, 2012.).	31
Figura 3.4 - Mapa geológico simplificado da Zona de Sutura de Alterosa (Modificado de ZANARDO et al., 2006).	32
Figura 3.5 - Delimitação do Complexo Guaxupé evidenciando as variações das pressões por metamorfismo (Modificado de FONSECA et al., 1979; ZANARDO, 1992; DEL LAMA et al. 2000).....	35
Figura 3.6 - Litologias que compõem o Grupo Araxá entre o Complexo Guaxupé e o Complexo Barbacena (Modificado de ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).	37
Figura 4.1 - Mapa geológico simplificado mostrando a localização da área de estudo e as principais zonas de cisalhamento (Modificado de ZANARDO et al., 2006).	39
Figura 4.2 - Aspectos macroscópicos das rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé. (A), (B), (C): Afloramentos de gnaiss granulítico em forma de blocos; (D): Afloramento de granulito bandado com coloração cinza esverdeado escuro/preto; (E): Estrutura gnáissica definida pela variação composicional entre leitos descontínuos félsicos e máficos; (F): Estrutura gnáissica com bandamento difuso definido pela intercalação de leitos descontínuos de minerais félsicos e máficos; (G): <i>Ribbons</i> de quartzo definindo a foliação da rocha.	41
Figura 4.3 - Fotomicrografias dos gnaisses granulíticos. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular descontínua alongada e orientada, com domínios descontínuos inequigranulares nematoblásticos (Polarizadores paralelos em A e C e polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristal de ortoclásio com gotas de quartzo (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de ortopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de ortopiroxênio associado a cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos).....	44
Figura 4.4 - Fotomicrografias de granada gnaisses granulíticos. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Textura marcada pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e por leitos descontínuos de textura granoblástica a nematoblástica constituídos por minerais máficos (Polarizadores paralelos em A, C e E, polarizadores cruzados em B, D e F). (G): Leitos descontínuos constituídos por granada (Polarizadores paralelos); (H): Textura porfiroblástica/porfiroclástica constituída por cristal de granada (Polarizadores paralelos)....	46

Figura 4.5 - Fotomicrografias de granada gnaisses granulíticos. (A), (B): Cristais de plagioclásio com textura antipertítica (Polarizadores cruzados); (C), (D): Cristais poiquilíticos de granada (Polarizadores paralelos); (E): Cristais de piroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (F): Biotita corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (G): Cristal de ilmenita com bandas de exsolução de magnetita (Fotomicrografia em luz refletida); (H): Cristais de rutilo associados à cristais de granada e inclusos em granada (Polarizadores paralelos).. 49

Figura 4.6 - Fotomicrografias de anfibólio e/ou biotita gnaisses. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada a blastomilonítica com leitos descontínuos nematoblásticos e lepidoblásticos inequigranulares constituídos por anfibólio e biotita (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristais de anfibólio corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (F), (G): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (H): Cristal de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos).. 52

Figura 4.7 - Fotomicrografias de granulito básico. (A): Cristais euédricos a subédricos de anfibólio exibindo contatos retos (Polarizadores paralelos); (B): Cristais de clinopiroxênio e ortopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (C): Cristal de ortopiroxênio envolto por cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (D): Cristal de granada com inclusões de cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos)..... 54

Figura 4.8 - Aspectos mesoscópicos dos metassedimentos associados ao Complexo Guaxupé na área de estudo. (A), (B), (C): Afloramentos em corte de estrada de metassedimentos bastante alterados; (D): Rocha metassedimentar quartzosa com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas marcadas por cristais de granada oxidados..... 55

Figura 4.9 - Fotomicrografias de sillimanita-granada quartzito. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Textura granoblástica inequigranular orientada a porfiroblástica/porfiroclástica, com domínios/leitos descontínuos nematoblásticos orientados marcados por sillimanita (Polarizadores paralelos em A, C e E e polarizadores cruzados em B, D e F); (G): Agregados de cristais prismáticos de sillimanita associados a ilmenita (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de sillimanita associados a de cristais de rutilo (Polarizadores paralelos).. 57

Figura 4.10 - Aspectos macroscópicos do cianita-granada gnaisse. (A), (B): Afloramentos em chão de estrada de terra, bastante alterados; (C), (D): Estrutura gnáissica definida pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e leitos lentiformes descontínuos ricos em quartzo amoldados em torno de cristais de granada. 59

Figura 4.11 - Fotomicrografias de cianita-granada gnaisse. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica, às vezes com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas, associada a leitos descontínuos ou domínios com textura nematoblástica orientada (Polarizadores paralelos em em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Agregados de cristais de granada com formas oclares (Polarizadores paralelos); (F): Cristal arredondado e fraturado de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (G): Cristais tabulares de cianita fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (H): Cristal prismático de cianita associado à granada (Polarizadores paralelos).. 61

Figura 4.12 - Aspectos macroscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A), (B), (C): Exposições mais comuns de cianita-granada quartzito; (D): Afloramento de granada quartzito;

(E): Estrutura anisotrópica a milonítica marcada pela orientação de cristais achatados e estirados de quartzo e granada; (F): *Ribbons* de quartzo em granada quartzito. 63

Figura 4.13 - Fotomicrografias de cianita-granada quartzito. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular orientada com formas lenticulares (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura milonítica/blastomilonítica com pseudomorfos de granada com formas oclares (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F): Textura blastomilonítica com *ribbons* de quartzo e pseudomorfos oclares de granada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular orientada intercalada a leitos descontínuos nematoblásticos orientados compostos por cianita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente)..... 64

Figura 4.14 - Fotomicrografias de cianita-granada quartzitos. (A), (B): Leitos descontínuos formados por agregados lenticulares de cristais de granada fortemente orientados (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Cristais de cianita contornando cristal arredondado de granada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E): Cristais de cianita contornado cristal de granada (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de cianita formando leitos nematoblásticos descontínuos (Polarizadores paralelos); (G): Cristal de cianita arqueado com inclusão de rutilo (Polarizadores paralelos); (H): Cristal tabular de cianita com inclusões de cristais de rutilo (Polarizadores paralelos). 66

Figura 4.15 - Aspectos macroscópicos dos granada gnaisses. (A), (B), (C), (D): Principais formas de ocorrência dos granada gnaisses; (E): Injeção quartzo-feldspática em granada-anfibólio-biotita gnaisse; (F): Bandamento gnáissico descontínuo definido pela alternância de leitos félsicos e leitos máficos em biotita-granada-anfibólio gnaisse; (G), (H): Feições blastomiloníticas com cristais de feldspato com forma oclar. 68

Figura 4.16 - Fotomicrografias de granada gnaisses. (A), (B): Textura granoblástica lobulada pouco orientada com domínios nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura granoblástica orientada com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F), (G), (H): Textura blastomilonítica com leitos descontínuos ou domínios difusos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em E e G, polarizadores cruzados em F e H).. 69

Figura 4.17 - Fotomicrografias de granada gnaisses. (A), (B): Agregados de cristais de plagioclásio com forma oclar (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C): *Ribbons* de quartzo (Polarizadores cruzados); (D): Cristal de granada poiquilítico, com inclusões de quartzo e rutilo (Polarizadores paralelos); (E): Cristal arredondado de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de granada com coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de clinopiroxênio associados a pequenos cristais de granada (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de clinopiroxênio corroídos por biotita (Polarizadores paralelos).. 72

Figura 4.18 - Aspectos macroscópicos do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (A), (B): Principais formas de ocorrência do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (C), (D): Estrutura marcada por forte anisotropia definida por xistosidade com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas. 73

Figura 4.19 - Fotomicrografias do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios nematoblásticos, lepidoblásticos e porfiroblásticos/porfiroclásticos orientados (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristal de cianita poiquilítico, com inclusões de granada e quartzo (Polarizadores paralelos); (F), (G): Cristal de cianita envolvido por coroa de sericita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (H): Biotita corroendo cristais arredondados de granada (Polarizadores paralelos)..... 75

Figura 4.20 - Aspectos mesoscópicos das rochas metamáficas. (A), (B): Lentes de rochas metamáficas intercaladas em metassedimentos pelíticos; (C): *Boudin* de rocha metamáfica intercalado em rocha metapelítica; (D), (E), (F): Amostras de rochas metamáficas com granada com estrutura bandada descontínua; (G): Amostra de retroeclogito. 77

Figura 4.21 - Fotomicrografias das rochas metamáficas. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular orientada intercalada a domínios descontínuos nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por escapolita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular constituída por clinopiroxênio, plagioclásio e escapolita associada a domínios descontínuos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente)..... 78

Figura 4.22 - Fotomicrografias das rochas metamáficas. (A), (B): Cristais de anfibólio com epitodo e anfibólio simplectítico (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C): Cristais de granada envolvidos por anfibólio (Polarizadores paralelos); (D): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais de granada poiquilíticos, com inclusões de clinopiroxênio (em E) e de rutilo (em F) (Polarizadores paralelos); (G): Agregado de cristais de plagioclásio com contatos retos (Polarizadores cruzados); (H): Agregado de cristais de escapolita com contatos retos (Polarizadores cruzados)..... 80

Figura 4.23 - Fotomicrografias de retroeclogito. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular com fraca orientação marcada por granada e clinopiroxênio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D), (E), (F): Cristais de granada poiquilíticos com coronas de plagioclásio (Polarizadores paralelos em C e E, polarizadores cruzados em D e F); (G), (H): Cristais de clinopiroxênio simplectíticos com plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente).. 82

Figura 4.24 - Fotomicrografias de retroeclogito. (A), (B): Cristal de clinopiroxênio simplectítico com plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D), (E), (F): Cristais vermiformes de ilmenita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente).. 83

Figura 4.25 - Fotomicrografias de rochas metaultramáficas. (A), (B): Textura nematoblástica em anfibólio xisto fortemente orientada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura fracamente orientada em rocha metaultrabásica serpentinizada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente)..... 84

Figura 5.1 - Mapa geológico simplificado da área de estudo mostrando a localização das amostras analisadas por microsonda eletrônica (círculos brancos). (Modificado de ZANARDO et al., 2006).	89
Figura 5.2 - Perfis composicionais de cristais de granada em amostras de granada gnaiss e enderbítico do Complexo Guaxupé. (A), (B), (C): Amostra TGL-13; (D): Amostra TGL-32.	92
Figura 5.3 - (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico do Complexo Guaxupé (Amostra TGL-58).	93
Figura 5.4 - (A), (B): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada do Complexo Guaxupé (Amostra MAG-11).	94
Figura 5.5 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico do Grupo Araxá (Amostra TGL-34).	95
Figura 5.6 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de biotita-granada gnaiss tonalítico com rutilo do Grupo Araxá (Amostra TGL-57).	96
Figura 5.7 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático do Grupo Araxá (Amostra TGL-39.2); (D): Perfil composicional em cristal de granada euédrico incluso em cristal de cianita (Amostra TGL-39.2).	98
Figura 5.8 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado do Grupo Araxá (Amostra TGL-17).	99
Figura 5.9 - Perfis composicionais de cristais de granada em retroeclogito do Grupo Araxá. (A), (B): Amostra TGL-38; (C), (D): Amostra TGL-39.	100
Figura 5.10 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito do Grupo Araxá (Amostra TGL-61.1).	101
Figura 5.11 - Diagrama Q-J de classificação química de piroxênio (MORIMOTO, 1988). (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras de rochas metamáficas do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.	103
Figura 5.12 - Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de piroxênios (MORIMOTO, 1988). (A): Complexo Guaxupé, amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Grupo Araxá; amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.	104
Figura 5.13 - Diagrama binário Al (em a.p.u.f.) x Na (em a.p.u.f.) para cristais de piroxênio. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.	105
Figura 5.14 - Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-34, TGL-38, TGL-39, TGL-39.2, TGL-57 e TGL-61.1.	108

Figura 5.15 - Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32 e TGL-58; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-34 e TGL-39.2.	111
Figura 5.16 - Diagrama de classificação de anfibólios cálcicos (Modificado de LEAKE et al., 1997). (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.	113
Figura 5.17 - Diagrama de classificação de biotita. (A): Amostra do Complexo Guaxupé – Amostra TGL-58; (B): Amostras do Grupo Araxá – Amostras TGL-39.2 e TGL-57.	116
Figura 5.18 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados em amostra de rutilo-granada gnaisse monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) do Grupo Araxá. (A), (B): Cristais de rutilo límpidos e homogêneos; (C), (D): Cristais de rutilo com inclusões de cristais de zircão; (E), (F): Cristais anédricos de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita.....	119
Figura 5.19 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17) do Grupo Araxá. (A), (B): Cristais de rutilo límpidos e homogêneos; (C), (D): Cristais de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita; (E): Cristal de rutilo com inclusão de granada e apatita; (F): Cristal de rutilo em contato com cristal de zircão em sua borda.....	120
Figura 5.20 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) do Grupo Araxá. (A): Cristal de rutilo límpido e homogêneo; (B), (C): Cristais de rutilo com finas bandas de exsolução de ilmenita; (D), (E), (F): Cristais de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita.....	121
Figura 6.1 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software <i>THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Complexo Guaxupé..	126
Figura 6.2 - Diagramas <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software <i>THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Complexo Guaxupé..	127
Figura 6.3 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software <i>THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Grupo Araxá. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).....	129
Figura 6.4 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software <i>THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Grupo Araxá..	130
Figura 6.5 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software <i>RCLC</i> para as amostras do Complexo Guaxupé.....	134
Figura 6.6 - (A): Teor de Zr em rutilo em amostras do Grupo Araxá; (B): Temperaturas calculadas com o geotermômetro Zr-em-rutilo, utilizando a calibração de Tomkins et al. (2007), no campo do quartzo β para 15 kbar em amostras do Grupo Araxá	137
Figura 6.7 - (A): Teores em ppm de Ti em quartzo em amostras do Grupo Araxá; (B): Temperaturas calculadas com o geotermômetro Ti-em-quartzo, utilizando a calibração de Thomas et al. (2010), para 15,0 kbar em amostras do Grupo Araxá.....	140

Figura 6.8 - Diagramas <i>P-T</i> mostrando o cálculo pareado dos geotermômetros Zr-em-rutilo (TOMKINS et al., 2007) e Ti-em-quartzo (THOMAS et al., 2010) para as amostras do Grupo Araxá..	142
Figura 7.1 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o <i>software THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Complexo Guaxupé.	147
Figura 7.2 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o <i>software RCLC</i> para as amostras do Complexo Guaxupé.	148
Figura 7.3 - Diagramas <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o <i>software THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) e <i>software RCLC</i> para as amostras do Complexo Guaxupé.	149
Figura 7.4 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o <i>software THERMOCALC</i> (média <i>P-T</i>) para as amostras do Grupo Araxá. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).	155
Figura 7.5 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando condições de pressão e temperatura calculadas pelo <i>software THERMOCALC</i> , faixa de valores de Ti-em-quartzo (em rosa) e de Zr-em-rutilo (em azul) e as condições do cálculo pareado (círculos preto) para a amostras do Grupo Araxá.	156
Figura 7.6 - Diagrama <i>P-T</i> mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas pelo <i>software THERMOCALC</i> (representadas pelos círculos), pelo <i>software RCLC</i> (representadas pelos losangos) e pelo cálculo pareado Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo (representadas pelos triângulos) para amostras do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé. As setas indicam o caminhameto metamórfico horário para (1): Complexo Guaxupé e (2): Grupo Araxá.	159
Figura 7.7 - Mapa geológico simplificado da área de estudo mostrando a localização das amostras com geotermobarometria (círculos brancos), os resultados geotermobarométricos calculados e a delimitação da zona de alta pressão (onde se concentram os granada gnaisses granulíticos) no Complexo Guaxupé marcada pela linha vermelha tracejada. (Modificado de Zanardo, 1992, 2003; Del Lama, 1998; Del Lama et al., 2000).	160

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral por microsonda eletrônica.....	86
Tabela 5.2 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral de elementos traço por microsonda eletrônica.....	88
Tabela 5.3 - Minerais analisados por microsonda eletrônica em cada amostra.....	88
Tabela 6.1 - Condições P - T calculadas pelo <i>software THERMOCALC</i> para amostras do Complexo Guaxupé.....	124
Tabela 6.2 - Condições P - T calculadas pelo <i>software THERMOCALC</i> para amostras do Grupo Araxá.....	125
Tabela 6.3 - Condições P - T calculadas pelo <i>software RCLC</i> para amostras do Complexo Guaxupé.....	133

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivos.....	20
1.2	Localização da área de estudo	21
1.3	Aspectos fisiográficos da área de estudo	22
1.3.1	Aspectos Climáticos	22
1.3.2	Aspectos Geomorfológicos	22
1.3.3	Aspectos Hidrográficos	22
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
2.1	Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados	23
2.2	Atividade de Campo	23
2.3	Petrografia.....	24
2.4	Estudos de Química Mineral	25
2.5	Geotermobarometria	25
2.6	Análise e Integração dos Dados.....	26
2.7	Confecção da Dissertação.....	26
3.	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	27
3.1	Aspectos Gerais	27
3.2	Breve Revisão Bibliográfica da Evolução Geológica da região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais	27
3.3	Contexto Geotectônico	29
3.4	Unidades Litoestratigráficas	32
3.4.1	Complexo Guaxupé	32
3.4.2	Grupo Araxá	35
4.	GEOLOGIA LOCAL	39
4.1	Complexo Guaxupé	39
4.1.1	Rochas ortoderivadas.....	40
4.1.2	Rochas metassedimentares	54
4.2	Grupo Araxá	58

4.2.1	Cianita-granada gnaisses	59
4.2.2	Granada quartzitos	62
4.2.3	Granada gnaisses	67
4.2.4	Biotita-cianita-granada xisto feldspático	73
4.2.5	Metamáficas.....	76
4.2.6	Metaultramáficas	84
5.	QUÍMICA MINERAL.....	86
5.1	Granada.....	90
5.2	Piroxênio.....	102
5.3	Feldspato.....	107
5.3.1	Plagioclásio.....	107
5.3.2	Feldspato potássico.....	110
5.4	Anfibólio.....	112
5.5	Biotita	115
5.6	Escapolita.....	117
5.7	Rutilo	118
5.8	Quartzo	122
6.	GEOTERMOBAROMETRIA.....	123
6.1	<i>Average P-T</i> (Média <i>P-T</i>)	123
6.2	RCLC (Thermobarometry Corrected for Retrograd Exchange).....	131
6.3	Zircônio em rutilo (Zr-em-rutilo)	134
6.4	Titânio em quartzo (Ti-em-quartzo)	138
6.5	Cálculo pareado Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo	141
7.	DISCUSSÕES	144
7.1	Complexo Guaxupé	144
7.1.1	Petrografia.....	144
7.1.2	Química mineral e metamorfismo	145
7.1.3	Geotermobarometria	146
7.2	Grupo Araxá	150
7.2.1	Petrografia.....	150
7.2.2	Química mineral e metamorfismo	152

7.2.3	Geotermobarometria	154
7.3	Integração dos dados.....	158
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	161
	BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163

Anexo I - Tabelas de análises químicas

Anexo II - Tabelas de análises químicas de elementos traço e Geotermobarometria Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo

1. INTRODUÇÃO

A geotermobarometria é a determinação quantitativa das condições de temperatura e pressão, na qual uma determinada assembleia mineral de uma rocha foi formada ou esteve em equilíbrio. As composições dos minerais coexistentes em associação são relacionadas pelas propriedades termodinâmicas desses minerais às condições de pressão e temperatura de equilíbrio.

Segundo Powell e Holland (2008), a geotermobarometria pode ser realizada por métodos convencionais e por métodos otimizados. A geotermobarometria convencional utiliza apenas a termodinâmica de equilíbrio das reações balanceadas entre os membros finais dos minerais, combinada com as composições observadas dos minerais, como os geotermômetros (reações sensíveis à temperatura), a exemplo de reações de troca e de *solvus* e os geobarômetros (reações sensíveis à pressão), que envolvem trocas significante de volume (ΔV). Já a geotermobarometria otimizada utiliza um banco de dados termodinâmicos internamente consistentes para o cálculo de equilíbrio das reações, como o *TWEEQU* (BERMAN, 1988; 1991) e *THERMOCALC* (POWELL e HOLLAND, 1988) e também abrange o uso das pseudosseções, que representam um tipo de diagrama de fase que mostra os campos de estabilidade de diferentes assembleias minerais em equilíbrio para uma única composição de rocha (*bulk-rock composition*).

O avanço das técnicas analíticas para a determinação de elementos traço *in situ*, como a microsonda eletrônica, microsonda iônica e a espectrometria de massa por ablação a laser (LA-ICP-MS), possibilitou o estudo da composição química de elementos traço de fases metamórficas acessórias e essenciais, e a utilização dessas fases e elementos traço na geotermobarometria (HEINRICH et al., 1997; YANG e RIVERS, 2000; PYLE e SPEAR, 2000; PYLE et al., 2001), como os geotermômetros Zr-em-rutilo (ZACK et al., 2004; WATSON et al., 2006; FERRY e WATSON, 2007; TOMKINS et al., 2007) e Ti-em-quartzo (WARK e WATSON, 2006; THOMAS et al., 2010).

As rochas metamórficas podem mostrar histórias evolutivas complexas. Assim, a geotermobarometria convencional e otimizada, associada a observações de campo, petrográficas, texturais e mineralógicas e aos geotermobarômetros que utilizam elementos traço, mostram-se como ferramentas eficazes para investigação, compreensão e caracterização de caminhamentos *P-T-t* e da evolução tectono-metamórfica de uma determinada região.

Neste sentido, foi selecionada para o desenvolvimento da pesquisa, uma área no sudoeste do estado Minas Gerais, que compreende uma faixa entre os municípios de Guaxupé, Monte Belo, Nova Resende e São Pedro da União (região da Zona de Cisalhamento Varginha), no contato entre o Complexo Guaxupé (a sul) e rochas correlacionadas ao Grupo Araxá (a norte).

Nesta região, o Grupo Araxá é composto por metassedimentos psamo-pelíticos, com intercalações de granitoides sin-tardi tectônicos, ortognaisses e rochas metamáficas e metaultramáficas metamorfisados em fácies anfibolito superior a granulito, no campo de estabilidade da cianita. O Complexo Guaxupé é constituído por litologias ortoderivadas de natureza básica a ácida, representadas por granulitos félsicos a máficos, com intercalações de metassedimentos e de gnaisses de composição predominantemente granítica metamorfisados em fácies granulito, no campo de estabilidade da sillimanita. A Zona de Cisalhamento Varginha delimita o contato entre o Complexo Guaxupé e o Grupo Araxá e representa uma quebra nas condições metamórficas entre as unidades.

A região carece de estudos mais aprofundados que envolvam detalhamento de campo, caracterização petrográfica, estudos de química mineral e geotermobarométricos para determinação da trajetória P - T , uma vez que poucos são os trabalhos sobre geotermobarometria, com exceção dos trabalhos de Del Lama (1993, 1998) e Nascimento (2010) que utilizaram principalmente geotermobarometria convencional, e de evolução metamórfica e de trajetória P - T das rochas do Grupo Araxá e Complexo Guaxupé nessa região.

A compreensão destes dados visa melhorar o entendimento da evolução metamórfica das rochas que constituem o Grupo Araxá e o Complexo Guaxupé na região e investigar o registro das condições impostas por todo processo metamórfico, contribuindo para as discussões acerca da evolução da Faixa Brasília Meridional.

1.1 Objetivos

Investigar e determinar as condições de pressão e temperatura dos litotipos que ocorrem no contato entre o Complexo Guaxupé e o Grupo Araxá na região de Guaxupé – São Pedro da União – Monte Belo – Nova Resende (MG), por meio de petrografia, estudos de química mineral e geotermobarometria.

1.2 Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada na porção sudoeste do estado de Minas Gerais e compreende uma faixa retangular orientada na direção leste-oeste entre os municípios de Guaxupé, São Pedro da União, Monte Belo e Nova Resende (Figura 1.1). É delimitada pelas coordenadas em UTM 313.000 E/7658.000 S e 362.000 E/7648.000 S, abrangendo a porção sudeste da Folha Topográfica Monte Santo de Minas (SF-23-V-C-III-1), porção sul da Folha Topográfica Jacuí (SF-23-V-C-III-2), porção sudoeste da Folha Topográfica Nova Resende (SF-23-V-D-I-1), porção nordeste da Folha Topográfica Guaranésia (SF-23-V-C-III-3), porção norte da Folha Topográfica Guaxupé (SF-23-V-C-III-4) e porção noroeste da Folha Topográfica Monte Belo (SF-23-V-D-I-3).

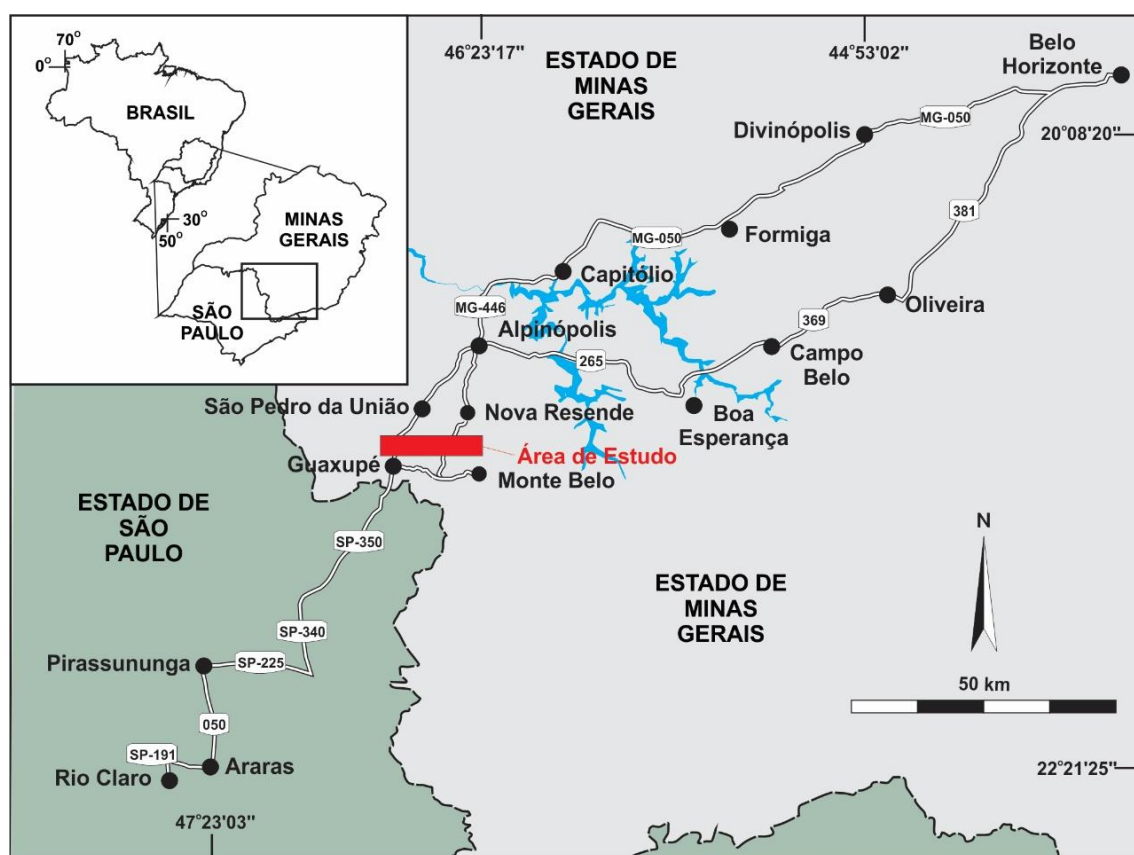


Figura 1.1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso (Modificado de LEME, 2016).

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).

1.3 Aspectos fisiográficos da área de estudo

1.3.1 Aspectos Climáticos

Segundo a classificação de Köppen (1936, *apud* CAVALCANTE et al., 1979), esta região possui clima mesotérmico de inverno seco (Cwb), marcado por verões brandos e estação chuvosa no verão, 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.

1.3.2 Aspectos Geomorfológicos

Baseado na divisão geomorfológica de Almeida (1964), Cavalcante et al. (1979) atribui a região de estudo à província geomorfológica do Planalto Atlântico, 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. A área mostra relevo de morros arredondados, associados às rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé e cristas com geometrias mais tabulares associados a litologias mais quartzosas do Grupo Araxá.

1.3.3 Aspectos Hidrográficos

Quanto aos aspectos hidrográficos, a área é drenada por pequenos córregos de expressão local e ribeirões, como o Ribeirão da Vargem em sua porção noroeste, Ribeirão das Areias, Córrego Fundo, Córrego do Viradouro e Córrego do Bairro Preto em sua porção central, Córrego da Prata na sua porção oeste e Rio Muzambo e Ribeirão da Cachoeira em sua porção sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram previstas sete etapas para a elaboração desta pesquisa, compreendendo: (1) Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados; (2) Atividade de Campo; (3) Petrografia; (4) Estudos de Química Mineral; (5) Geotermobarometria; (6) Análise e Integração dos Dados; e (7) Confecção da Dissertação.

2.1 Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados

Esta etapa foi contínua durante o desenvolvimento da pesquisa e abrangeu a compilação de material bibliográfico acerca do contexto geológico da região de estudo, bem como textos referentes à fundamentação teórica das técnicas utilizadas em análises de química mineral e de estudos e aplicação de geotermobarometria para tratamento e interpretação dos dados. Esta etapa também compreendeu a sistematização e compilação de dados litológicos, petrográficos, de química mineral e geotermobarométricos já existentes de estudos realizados na região, baseados principalmente no Projeto Jacuí (CHOUDHURI, 1979) e nos trabalhos de Zanardo (1992, 2003), Del Lama (1993, 1998), Nascimento (2010) e Leme (2016). Bibliografias específicas sobre metamorfismo de alto grau foram adquiridas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

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

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

2.2 Atividade de Campo

O trabalho de campo compreendeu o reconhecimento da área de estudo, descrição de afloramentos na região de São Pedro da União – Guaxupé – Monte Belo – Nova Resende (MG) e coleta de amostras para análise em laboratório. Nos levantamentos de campo foram utilizadas as folhas topográficas (escala 1:50.000) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Monte Santo de Minas (SF-23-V-C-III-1), Jacuí (SF-23-V-C-III-2), Nova Resende (SF-23-V-D-I-1), Guaranésia (SF-23-V-C-III-3), Guaxupé (SF-23-V-C-III-4) e de Monte Belo

(SF-23-V-D-I-3), além de imagens do *Google Earth* e mapas geológicos compilados de projetos anteriores.

Foram realizadas duas campanhas de campo, a primeira entre os dias 17 a 19 de agosto de 2017 e a segunda entre os dias 10 e 11 de abril de 2018, totalizando 05 dias. Durante os trabalhos de campo foram descritos 62 afloramentos, nomeados pelo prefixo TGL seguido do número do afloramento.

A amostragem foi feita a partir de 62 afloramentos em cortes de estrada, blocos, calhas de estrada e lagedos, sendo coletadas cerca de 100 amostras representativas dos conjuntos litológicos, denominadas conforme a nomenclatura dos afloramentos e, quando necessário, discriminadas por letras (A, B, C...) em caso de mais de uma amostra coletada.

2.3 Petrografia

Parte das amostras coletadas durante as atividades de campo foram encaminhadas para a confecção de lâminas delgadas (com cobertura por lamínula de vidro) e lâminas polidas, ambas analisadas por luz transmitida e refletida, objetivando o reconhecimento da mineralogia, texturas, microestruturas e indicativos de reações metamórficas dessas rochas.

No total, 47 lâminas foram 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 a 35 μm . Nesta etapa, também foram analisadas seções delgadas de outros trabalhos realizados na região: cerca de 45 seções delgadas de Zanardo (1992) (nomeadas pelo prefixo “Ja” e “NR”), 28 seções delgadas de Nascimento (2010) (nomeadas pelo prefixo “MAG”) e 25 seções delgadas de Leme (2016) (nomeadas pelo prefixo “SCP”).

As análises microscópicas foram realizadas à luz transmitida e refletida, em microscópio petrográfico da marca *Olympus* modelo *BX40F4*, com aumentos de 4, 10 e 50 vezes. 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 União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) de Siivola e Schmid (2007).

2.4 Estudos de Química Mineral

Os estudos de química mineral foram realizados em 11 lâminas selecionadas após a caracterização petrográfica, que foram polidas e metalizadas com carbono em câmara de vácuo, e então analisadas por microsonda eletrônica (EPMA) da marca *JEOL* modelo *JXA-8230 superprobe*. Estas análises foram executadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), UNESP - Campus de Rio Claro. As análises foram realizadas sob condições de aceleração de 15 kV, corrente de 20 nA, diâmetro do feixe de 10 µm, com padronização dos elementos feita em minerais e óxidos, dependendo do elemento a ser analisado. O tempo de contagem para os elementos maiores foi de 10 segundos no pico e 5 segundos em cada *background* e para os elementos menores foi de 20 segundos no pico e 10 segundos para cada *background*.

Foram realizadas análises pontuais em cristais de plagioclásio, feldspato potássico, clinopiroxênio, ortopiroxênio, anfibólio, biotita e escapolita e análises em perfis em cristais de granada, escolhidos por critérios petrográficos de acordo com a paragênese mineral de interesse.

Também foram selecionadas quatro lâminas com associação mineral rutilo–quartzo–zircão para análises de elementos traço em rutilo e associação quartzo–rutilo para análises de elementos traço em quartzo. As análises de elementos traço foram realizadas por microsonda eletrônica no Laboratório de Microsonda Eletrônica, sob condições de 20 kV de aceleração, corrente de 80 nA e diâmetro do feixe de 5 µm.

Os cálculos da atividade mineral das fases analisadas e das fórmulas estruturais dos minerais foram realizados pelo programa *AX* (disponível em: <http://www.esc.cam.ac.uk/research/research-groups/research-projects/tim-hollands-software-pages/ax>) desenvolvido por Tim Holland, e pelo *software MINPET* versão 2.02 (RICHARD, 1995), além da utilização de planilhas de cálculo de fórmula estrutural, seguindo os princípios descritos em Deer et al. (1992, 1997a, b, c).

2.5 Geotermobarometria

Esta etapa compreendeu a execução de cálculos geotermobarométricos com a finalidade de avaliar e determinar as condições de metamorfismo por meio de geotermobarometria.

Os cálculos das condições de temperatura e pressão foram realizados pelo *software THERMOCALC* (POWELL e HOLLAND, 1988, 1994) versão 3.26, por meio do método

“Average PT” (modo *avPT*). As condições *P-T* obtidas pelo *THERMOCALC* foram plotadas na planilha “*avept*” (disponível em: https://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/pt/th_tools.html).

Além do *software THERMOCALC*, foi utilizado o *software RCLC (Thermobarometry Corrected for Retrograd Exchange)* de Pattison et al. (2003), e os geotermômetros Zr-em-rutilo (TOMKINS et al., 2007), Ti-em-quartzo (THOMAS et al., 2010) e o geotermobarômetro que utiliza o cálculo pareado Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo (THOMAS et al., 2010).

2.6 Análise e Integração dos Dados

Os resultados obtidos a partir da caracterização petrográfica, inicialmente na forma de fichas descritivas, foram reorganizados em texto. Os produtos obtidos a partir da química mineral e geotermobarometria foram reorganizados em forma de gráficos e diagramas para interpretação dos dados obtidos. A integração dos dados buscou caracterizar as condições de metamorfismo e inferir trajetórias *P-T* na região de estudo, além de correlacionar e comparar os resultados com dados de trabalhos anteriores realizados na região.

2.7 Confecção da Dissertação

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 Aspectos Gerais

A área de estudo está situada no sudoeste do estado de Minas Gerais, na região da Zona de Cisalhamento Varginha (região dos municípios de São Pedro da União – Guaxupé – Monte Belo – Nova Resende). Localiza-se na porção sul da Província Estrutural Tocantins (ALMEIDA, 1967; ALMEIDA et al., 1977), no sul da Faixa Brasília Meridional (ALMEIDA, 1977), no contato entre o Complexo Guaxupé (a sul) e rochas correlacionadas ao Grupo Araxá (a norte).

Esta região compreende uma zona com blocos crustais que foram amalgamados durante a orogênese brasileira no Neoproterozoico e no final do 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). A área de estudo marca o limite entre terrenos granulíticos (Complexo Guaxupé) e litotipos adjacentes envolvidos no processo colisional e pós colisional que constituem o Grupo Araxá.

3.2 Breve Revisão Bibliográfica da Evolução Geológica da região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais

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 alóctones, autóctones e para-autóctones e zonas de cisalhamento neoproterozoicas, que evidenciam uma história tectono-metamórfica complexa.

As primeiras considerações evolutivas a respeito da região foram elaboradas a partir da metade da década de 50 com trabalhos de Ebert (1955, 1957, 1967, 1968, 1971, 1984) e outros colaboradores, e apresentam modelos geotectônicos explicados pela Teoria Geossinclinal, dividindo as unidades em embasamento ensialico, rochas supracrustais e rochas granitoides intrusivas. Estes trabalhos propõem a existência de um cinturão orogenético de idade assintica (limite entre o Pré-Cambriano e Cambriano) que contorna a faixa costeira e se bifurca em dois ramos a sul da cidade de Belo Horizonte: o ramo principal (Paraibídes) que se prolonga para SW e passa pelos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina; e o ramo Araxaídes que inflete para NW, e contorna a bacia do Rio São Francisco (Figura 3.1). Este cinturão orogenético teria se desenvolvido sobre um geossínclino mais antigo de idade laurenciana (Pós-Arqueano), representado pelo Grupo Barbacena e pela Formação Lafaiete (EBERT, 1955).

A partir da integração de dados geológicos existentes na região, trabalhos como de Almeida (1967, 1968, 1971) e Almeida et al. (1973, 1976) sugerem um modelo de faixas de dobramentos, maciços medianos e cinturões móveis e reconhecem duas faixas de dobramentos (Uruguá e Brasília) que bordejam o Cráton do São Francisco, além de correlacionar a faixa Araxaídes de Ebert (1957) com a Faixa Brasília.

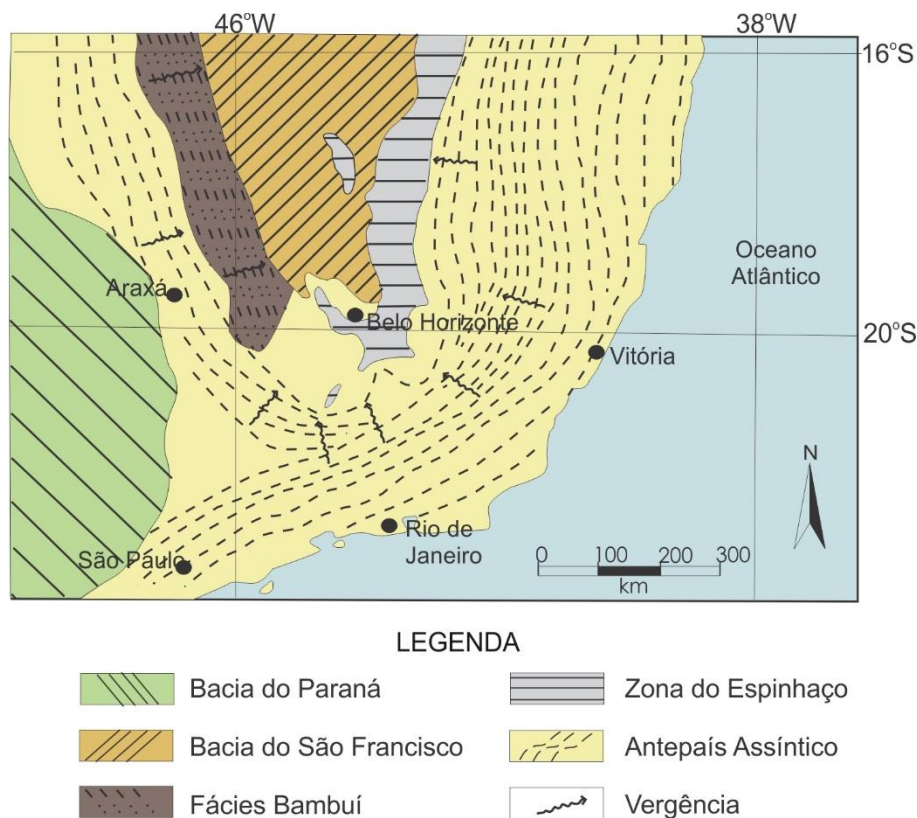


Figura 3.1 - Contexto geotectônico do sul de Minas Gerais (Modificado de EBERT, 1957).

O modelo geotectônico de Fyfe e Leonardos (1974) propõem a existência de um cráton circundado por faixas móveis, mostrando que o terreno compreendido entre os ramos Araxaídes e Paraibídes de Ebert (1957), nomeado de Maciço de Guaxupé por Almeida et al. (1976), corresponderia ao Cráton Paraná.

O desenvolvimento de mapeamentos regionais sistemáticos no sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo em escalas 1:50.000 a partir do final da década de 70, integrado à utilização de dados geofísicos no estudo da estrutura regional (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980), permitiram o reconhecimento de geossuturas e de grandes blocos crustais, apresentando a estruturação da região baseada em blocos justapostos, limitadas por descontinuidades crustais associados a modelo de cisalhamento dúctil e movimentação de blocos (HARALYI e HASUI, 1982a, 1982b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1988; 1990).

A mudança na tendência mundial da aplicação da tectônica de placas, associada a contribuição de novos dados geológicos e de geocronologia, mostram que diversos trabalhos, a exemplo de 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), Valeriano et al. (2004) e Hasui (2010) entre outros, concordam que a configuração tectônica regional dessa porção resultou de colisões continentais envolvendo placas e blocos crustais.

3.3 Contexto Geotectônico

A Província Estrutural Tocantins (Figura 3.2) inclui todos os terrenos situados entre os Crátons Amazônico, do São Francisco e Bloco Paranapanema ou Paraná e representa o domínio orogênico originado da colisão desses crátons durante o Neoproterozoico (ALMEIDA et al., 1977; ALMEIDA et al., 1981). É constituída por três faixas orogênicas, que possuem evolução provavelmente diacrônica: as faixas Araguaia e Paraguai, que bordejam o Cráton Amazônico e a Faixa Brasília, que bordeja a porção sudoeste do Cráton do São Francisco (ALMEIDA e HASUI, 1984; TROMPETE, 1994) e a porção norte do Bloco Paranapanema que ocorre encoberto pelas rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná.

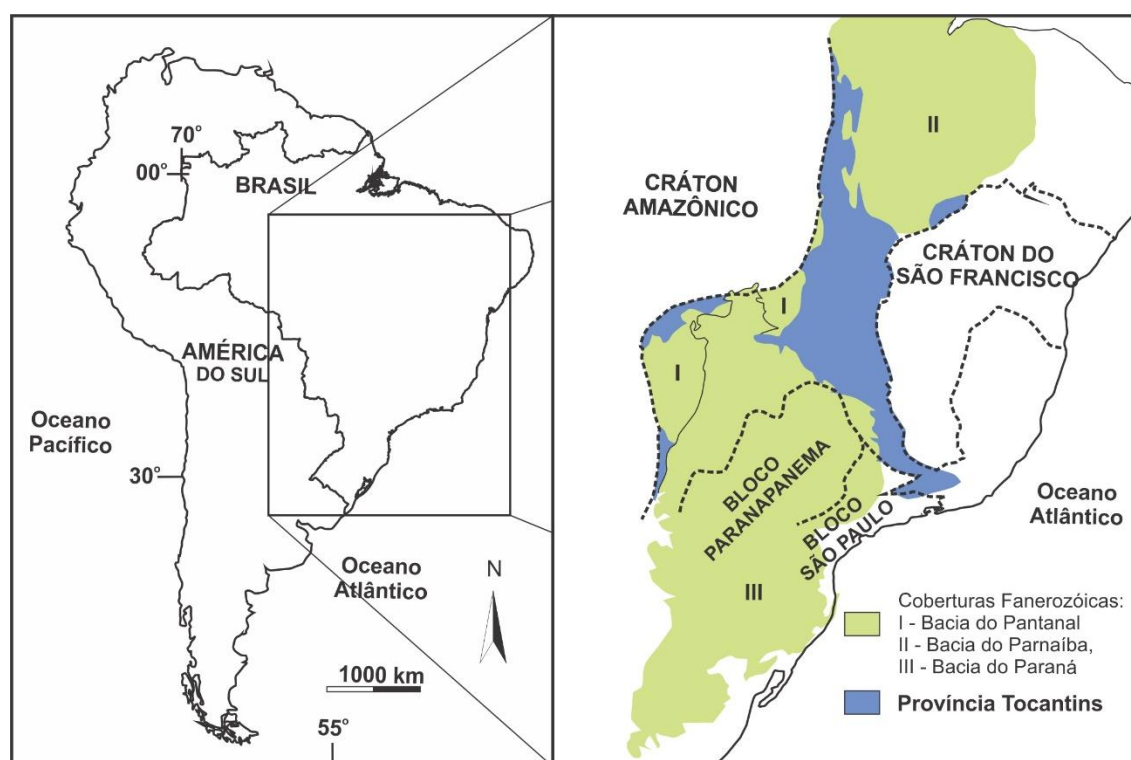


Figura 3.2 - Esboço tectônico do Brasil Centro-Leste, com destaque para a Província Tocantins (Modificado de HASUI, 2012).

A Faixa Brasília (FUCK, 1990, 1994; DARDENNE, 2000) forma um sistema orogênico situado na porção oriental da Província Tocantins, com extensão maior que 1000 km (prolongando-se desde o sul do Estado do Tocantins, pelo Estado de Goiás, até a porção oeste de Minas Gerais) orientado segundo a direção N-S a NNE-SSW. O Orógeno Brasília é resultado da convergência dos paleocontinentes Amazônico, São Francisco e Paranapanema durante a amalgamação do Gondwana Oeste, no Evento Brasileiro – Pan Africano, no Neoproterozoico (BRITO NEVES et al., 1999, 2014; ALKMIM et al., 2001; CORDANI et al., 2003; FUCK et al., 2017). Fuck (1990) e Fuck (1994) dividem a Faixa Brasília em duas zonas: a Zona Externa, localizada junto à margem oeste do Cratón do São Francisco e a Zona Interna, localizada mais a oeste (Figura 3.3).

A Faixa Brasília 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, onde situa-se a área de estudo (VALERIANO et al., 2004, 2008; FUCK et al., 2017; VALERIANO, 2017). A compartimentação tectônica da Faixa Brasília, de leste para oeste, é definida pelos terrenos que se acrescionaram à borda ocidental do Cratón do São Francisco e inclui um cinturão de dobras e empurrões de antepaís (metassedimentos para-autóctones 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, 2008) (Figura 3.3).

A Faixa Brasília Meridional resulta da colisão neoproterozoica entre a margem ativa do Bloco Paranapanema e da margem passiva do Cratón do São Francisco e 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 (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO, 2000; TROUW et al., 2000, 2013; VALERIANO et al., 2004, 2008; MANTOVANI e BRITO NEVES, 2005, 2009).

Na região da área de estudo, ocorrem unidades litoestratigráficas que compõem dois blocos continentais associados a colisão neoproterozoica, os quais são separados pela Sutura de Alterosa (Figura 3.4), representando o limite entre os dois domínios litológicos (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a; e HARALYI et al., 1985).

O Complexo Barbacena está associado ao embasamento do Cratón do São Francisco e representa o bloco cavalgado, constituído por uma complexa associação litológica, incluindo

terrenos migmatíticos e granito-gnaiss-*greenstone*, além de intercalações tectônicas de rochas supracrustais alóctones e autóctones dos grupos Araxá, Canastra e Bambuí.

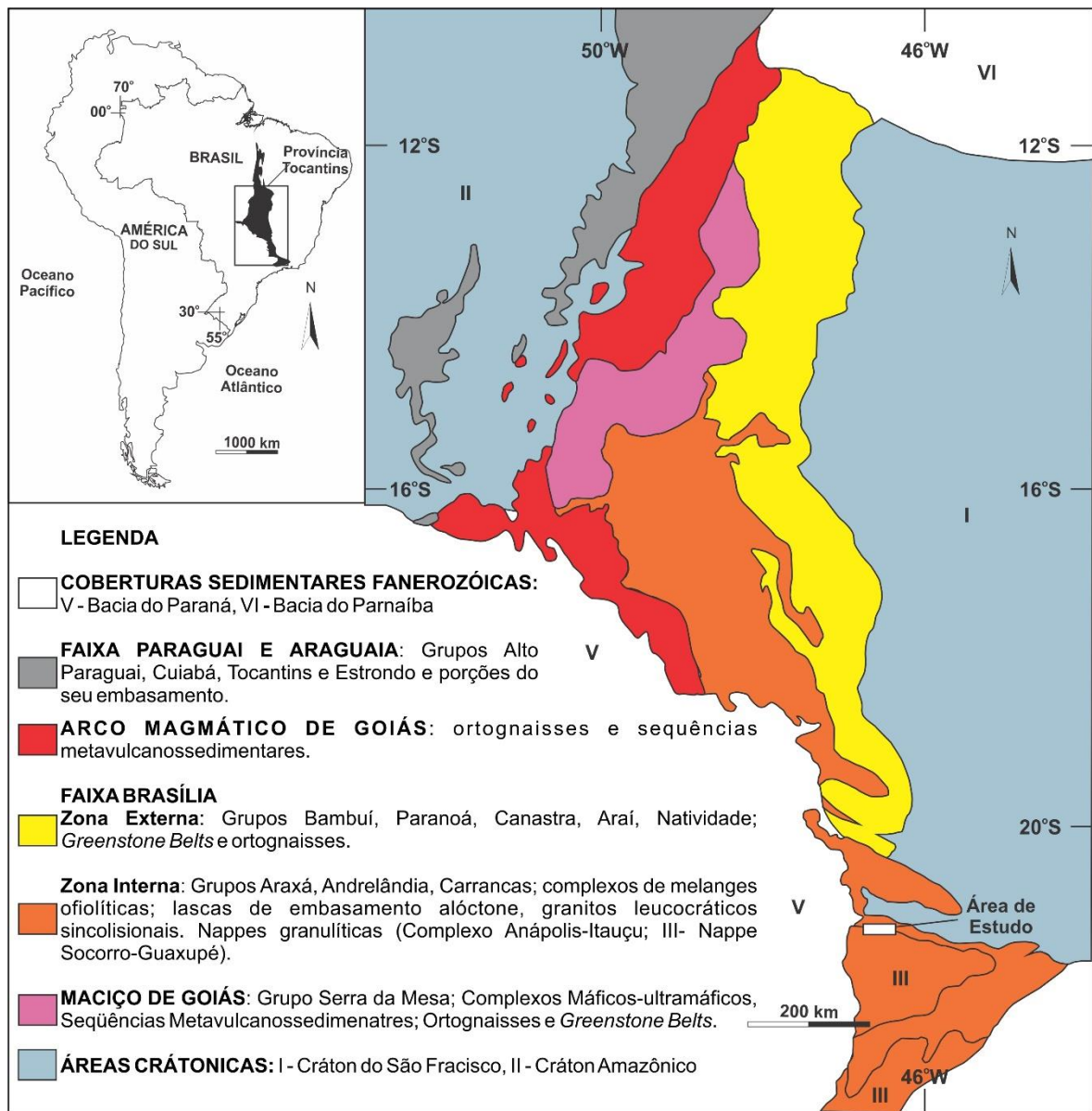


Figura 3.3 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (Modificado de FUCK, 1990, 1994; SEER, 1999; DARDENNE, 2000; PIMENTEL et al., 2000; VALERIANO et al., 2000; SILVA, 2003; VALERIANO et al., 2004; HASUI, 2012.).

O Complexo Guaxupé representa o bloco Paranapanema e corresponde ao bloco cavalgante, composto por rochas de alto grau metamórfico (fácies granulito).

Encaixado entre essas unidades, 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.

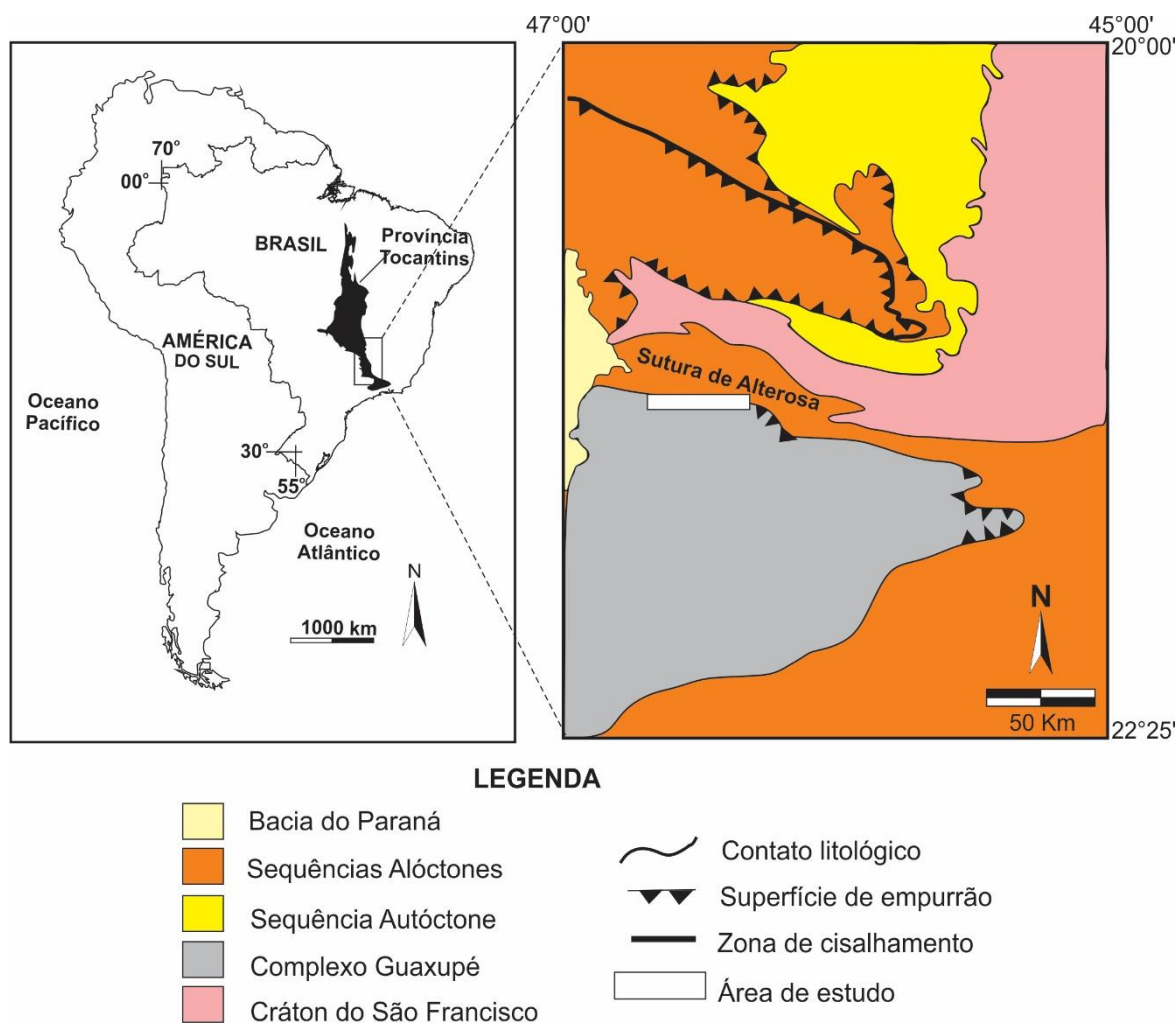


Figura 3.4 - Mapa geológico simplificado da Zona de Sutura de Alterosa (Modificado de ZANARDO et al., 2006).

3.4 Unidades Litoestratigráficas

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

3.4.1 *Complexo Guaxupé*

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, ocorre encoberto pelas rochas sedimentares fanerozoicas da Bacia do Paraná (ZANARDO 1992, 2003; ZANARDO et al., 2006) (Figura 3.5).

O conjunto foi definido por Cavalcante et al. (1979) sob a denominação de Complexo Varginha, incluindo rochas metamorfasadas 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, 1982a), 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) e Complexo Guaxupé (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006).

O termo *Nappe* Socorro-Guaxupé (CAMPOS NETO et al., 1984), abrange os complexos Guaxupé (a norte) e Socorro (a sul) em uma mesma unidade, separados pelo Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino e para os autores representa uma seção espessa da crosta continental inferior, interpretada como a raiz de um arco magmático desenvolvido na margem ativa da Placa do Paranapanema (CAMPOS NETO e FIGUEIREDO, 1992; CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO et al. 2004). A *Nappe* Socorro-Guaxupé é constituída por três unidades: (i) Unidade Granulítica Basal, composta principalmente por granulitos, (ii) Unidade Diatexítica, constituída por ortognaisses e migmatitos metaluminosos e (iii) Unidade Metatexítica, representada por paragnaisses e migmatitos metassedimentares (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO et al., 2011).

O termo Complexo Guaxupé, utilizado neste trabalho, representa uma unidade formada por um bloco tectônico continental alóctone de crosta inferior, que foi colocado sobre um embasamento arqueano e rochas metassedimentares neoproterozoicas durante colisão continental, resultando na atual configuração geológica da área (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006).

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 de composição granítica, paragnaisses e quartzitos, xistos, mármore e lentes de calciossilicatadas (DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006). Os litotipos ortoderivados podem ser subdivididos em três conjuntos

ou associações: charnockítica/mangerítica, migmatítica e gnáissico/granítica (ZANARDO, 2003).

O padrão estrutural do Complexo Guaxupé é marcado por foliação penetrativa frequentemente blastomilonítica, com direção W-NW, paralela ao bandamento composicional e mergulho de baixo a médio ângulo para SSW. Os ângulos de mergulho mais elevados são resultantes da atuação de zonas de cisalhamento empinadas que rotacionaram a foliação de baixo ângulo. Na porção norte do Complexo Guaxupé a foliação torna-se progressivamente mais inclinada, até vertical (MORALES, 1988, 1993; ZANARDO, 1992, 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 (DEL LAMA, 1998; 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 3.5).

Estudos realizados utilizando termobarometria convencional aplicada em ortopiroxênio-granada granulito na porção norte do Complexo Guaxupé, mostram temperaturas entre 870-890°C e pressões entre 11-12 kbar, com reequilíbrio estimado em 740-770°C e 9,2 kbar (DEL LAMA, 1993). Dados termobarométricos obtidos em granada granulito 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, utilizando os *softwares* PT Mafic e THERMOCALC em enderbitos, granulitos máficos e charnockitos, indicam pico metamórfico acima de 900°C e 10 kbar.

Termometria de Al-em-ortopiroxênio aplicada em ortopiroxênio-granulito rico em granada, na porção basal do Complexo Guaxupé, próximo à Alfenas, mostra condições *P-T* de auge metamórfico de 900°C e 12,0 kbar (ROCHA et al., 2018).

Guaxupé na região de Santa Cruz do Prata – Juruaia – Monte Belo, ocorre uma faixa estruturada na direção E-W a WNW-ESE, cujas litologias são atribuídas ao Grupo Araxá por critérios petrográficos, metamórficos, estruturais e estratigráficos (ZANARDO, 1992; ZANARDO et al., 1996a, 2006).

A faixa atribuída ao Grupo Araxá apresenta contato tectônico com o Complexo Guaxupé por meio da Zona de Cisalhamento Varginha ao sul e contato tectônico com o Complexo Barbacena pela Zona de Cisalhamento Riacho Fundo a noroeste, e pela Zona de Cisalhamento Petúnia a nordeste (ZANARDO, 2003, ZANARDO et al., 2006).

A porção norte do Grupo Araxá foi incluída por Cavalcante et al. (1979) no Complexo Campos Gerais, abrangendo o Domínio de Jacuí, constituído principalmente por metaultrabasitas xistosas e anfibolitos e o Domínio de Nova Resende, composto por migmatitos, gnaisses e granitoides. O mesmo autor atribuiu a porção sul do conjunto, a partir das proximidades do município de São Pedro da União, limitado pela Falha de São Pedro, ao Complexo Varginha, constituído principalmente por granada gnaisses e 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; Soares et al. (1991) denominaram de Complexo Varginha; enquanto Campos Neto et al. (2004, 2007), atribuem essa faixa à unidade Metatexítica da *Nappe* Socorro-Guaxupé intercalada a metassedimentos metamorfisados em fácies anfibolito associados ao Grupo Andrelândia.

O Grupo Araxá, nessa porção, é constituído por metassedimentos psamo-pelíticos, com intercalações de granitos sin-tardi tectônicos, ortognaisses e intercalações tectônicas de rochas metamáficas e metaultramáficas, afetadas pelo cinturão de cisalhamento Campo do Meio. Os litotipos são representados por gnaisses paraderivados e ortoderivados com composição granítica a tonalítica, xistos e quartzitos com ou sem granada e/ou cianita, anfibolitos, anfibólio gnaisses, rochas metaultramáficas e subordinadamente rochas calciossilicáticas e gonditos (ZANARDO et al., 2006) (Figura 3.6).

As rochas metamáficas e metaultramáficas concentram-se na porção norte do Grupo Araxá. 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, LIMA, 2014).

De acordo com Godoy et al. (1999), os granitoides e ortognaisses que ocorrem no Grupo Araxá na região de São Pedro da União, apresentam composição química potássica a cálcio-alcalina, sienogranítica a tonalítica, com caráter peraluminoso a metaluminoso. Esses litotipos

apresentam características geoquímicas semelhantes à de rochas geradas em ambiente de arco de ilha ou arco continental associado a um evento colisional (GODOY et al., 1999). 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).

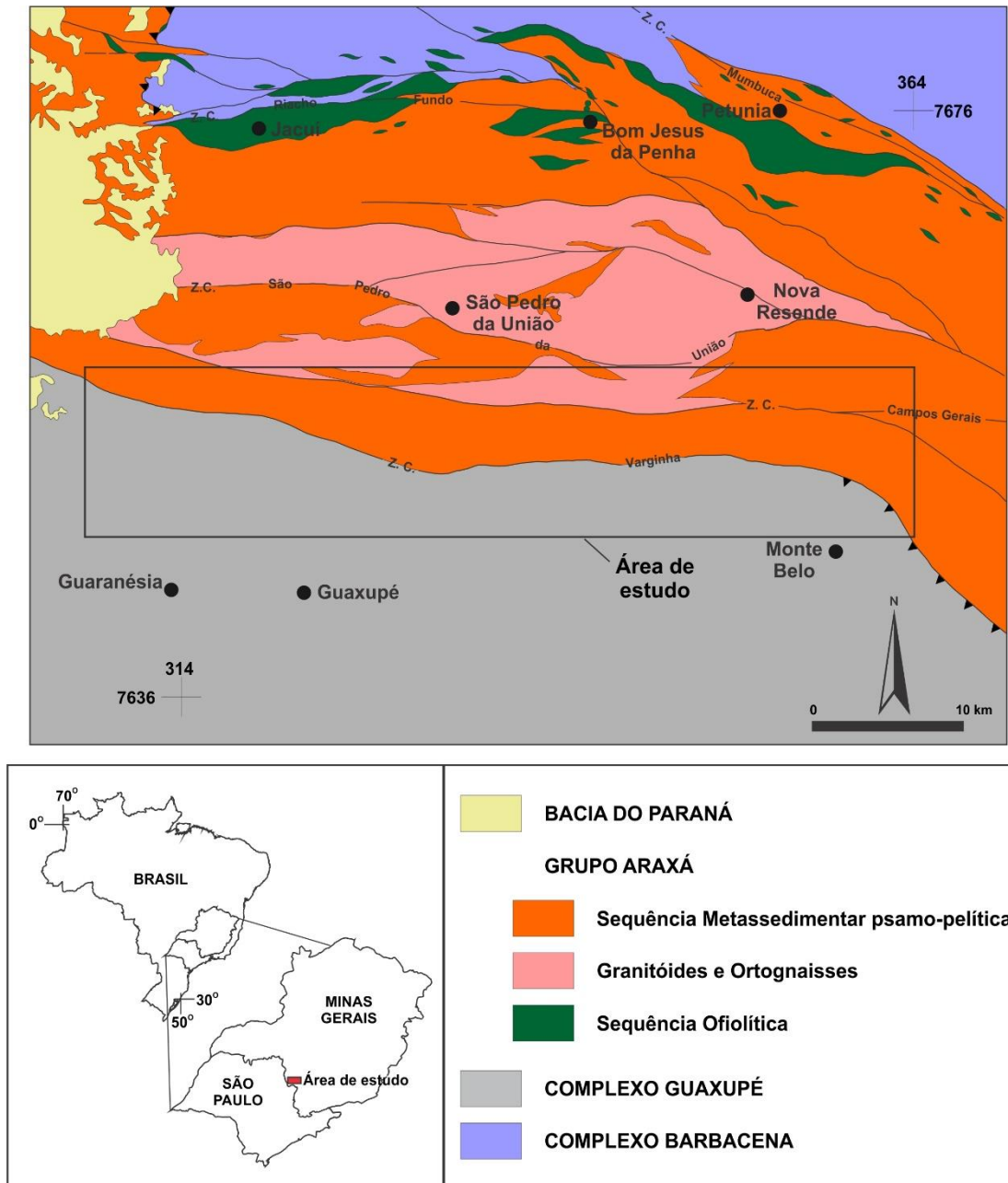


Figura 3.6 - Litologias que compõem o Grupo Araxá entre o Complexo Guaxupé e o Complexo Barbacena (Modificado de ZANARDO, 2003; ZANARDO et al., 2006).

O padrão estrutural do Grupo Araxá 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, 1992, 2003; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 2006). A região representa o principal domínio de atuação do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, marcado por padrão anastomosado das zonas de cisalhamento direcionais sinistrais, verticais e orientadas próximo a E-W (MORALES, 1993).

De acordo com Zanardo (2003), pode ser reconhecido um zoneamento metamórfico, com aumento de temperatura e pressão 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 da ordem de 15 kbar (DEL LAMA, 1993; ZANARDO et al., 2006).

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 porção sul do Grupo Araxá nesta região 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. Dados geotermobarométricos de Leme (2016), obtidos pelo *software THERMOCALC* em granada ortognaisse, mostram que as condições na porção sul do Grupo Araxá alcançaram 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 superior.

4. GEOLOGIA LOCAL

Neste capítulo são descritos os aspectos mesoscópicos, microscópicos e mineralógicos dos litotipos que ocorrem na região de Guaxupé – São Pedro da União – Monte Belo – Nova Resende. A divisão das unidades geológicas segue as propostas de Zanardo (1992, 2003) e Del Lama (1998), nomeadas de Complexo Guaxupé para sul da Zona de Cisalhamento Varginha e de Grupo Araxá para norte desta zona de cisalhamento (Figura 4.1). Com base nos levantamentos de campo, a descrição das unidades é compartimentada em domínios dentro da área de estudo, de acordo com predominância do litotipo, para melhor ilustrar a variação mineralógica, textural e composicional das rochas.

A relação de contato entre as unidades é tectônica marcada por zona de cisalhamento e zona de empurrão para leste. O contato entre o Complexo Guaxupé e o Grupo Araxá parece ser abrupto, em parte de difícil caracterização, devido à falta de afloramentos e continuidade entre os tipos de rochas.

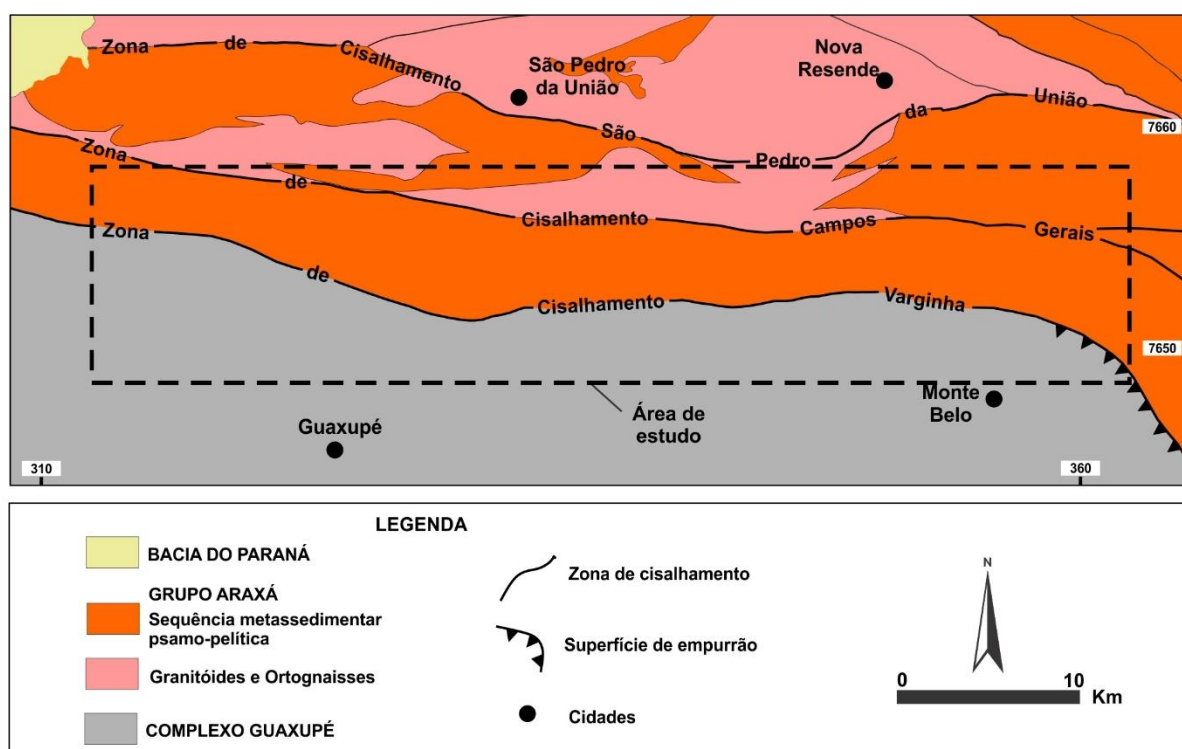


Figura 4.1 - Mapa geológico simplificado mostrando a localização da área de estudo e as principais zonas de cisalhamento (Modificado de ZANARDO et al., 2006).

4.1 Complexo Guaxupé

O Complexo Guaxupé abrange a porção sul da área de estudo e representa uma unidade bastante homogênea, constituída principalmente por rochas ortoderivadas de natureza básica a

ácida, com predomínio de composições intermediárias, associadas a raras intercalações de rochas metassedimentares, metamorfasadas em fácies granulito.

A estrutura dessas rochas é marcada por foliação penetrativa com direção W a WNW, paralela ao bandamento composicional, com baixo a médio ângulo de mergulho. De modo geral, a foliação principal é blastomilonítica com diferentes graus de desenvolvimento, gerando formas lenticulares e apresenta orientação geral N45W/30SW e lineação mineral com atitude média N35W/08SE.

4.1.1 Rochas ortoderivadas

As rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé constituem um conjunto de gnaisses granulíticos (ortopiroxênio gnaisses) félsicos a máficos, associadas a outros gnaisses (biotita e/ou anfibólio gnaisses) e rochas metamáficas.

As exposições mais comuns dessas rochas afloram principalmente na forma de blocos arredondados a tabulares com diâmetro centimétrico a métrico nas áreas de pastagens, em cortes de estrada na forma de paredões com espessura métrica a decamétrica ou como lajedos métricos ao longo de drenagens (Figura 4.2-A, B, C).

As rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé apresentam coloração cinza esverdeado, com tonalidades variando de cinza esverdeado escuro/preto a cinza esverdeado claro quando frescas (Figura 4.2-D) e coloração esbranquiçada com manchas de coloração avermelhada e ocre quando alteradas por intemperismo. Comumente exibem capa de alteração de cor escura e percolação de óxido/hidróxido de ferro.

De modo geral, os gnaisses ortoderivados são rochas anisotrópicas, de granulação fina a grossa, granoblásticas inequigranulares a porfiroblásticas/porfiroclásticas orientadas. Apresentam foliação principal (Sn) marcada por estrutura gnáissica homogênea a bandada, nítida a difusa, paralela ao bandamento composicional. O bandamento gnáissico é definido pela intercalação de leitos contínuos a descontínuos, com espessura variável (submilimétrico a subcentimétrico), marcado por variação composicional entre leitos félsicos e leitos máficos ou por variação granulométrica (Figura 4.2-E, F). Em algumas rochas dominam bandas félsicas e em outras porções dominam bandas mais máficas. Nas rochas de granulação mais fina, o bandamento gnáissico é menos visível. Feições de *ribbons* de quartzo (Figura 4.2-G) são destacadas pelo estado de alteração da rocha.

Em escala microscópica, a textura é granoblástica fina a grossa a blastomilonítica, com leitos ou domínios difusos nematoblásticos e mais raramente lepidoblásticos ou ainda com

domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos. Os cristais, de modo geral, apresentam formas alongadas e orientadas definindo a foliação.



Figura 4.2 - Aspectos macroscópicos das rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé. (A), (B), (C): Afloramentos de gnaiss granulítico em forma de blocos; (D): Afloramento de granulito bandado com coloração cinza esverdeado escuro/preto; (E): Estrutura gnáissica definida pela variação composicional entre leitos descontínuos félsicos e máficos; (F): Estrutura gnáissica com bandamento difuso definido pela intercalação de leitos descontínuos de minerais félsicos e máficos; (G): *Ribbons* de quartzo definindo a foliação da rocha.

Os principais tipos de rochas desta unidade, na área de estudo, são gnaisses granulíticos (ortopiroxênio gnaisses) de composição variando de enderbítica a charnockítica, com intercalações de gnaisses quartzo jutoníticos, quartzo noríticos, mangeríticos, jutoníticos e noríticos, com ou sem clinopiroxênio, granada, anfibólio e às vezes biotita e rutilo, e intercalações subordinadas de anfibólio gnaisses, biotita-anfibólio gnaisses, biotita gnaisses com anfibólio, clinopiroxênio-anfibólio gnaisses e mais raramente clinopiroxênio-biotita-granada-anfibólio gnaisses, além de lentes de granulito básico com granada. A ocorrência de granada nos gnaisses granulíticos é mais comum logo a sul da Zona de Cisalhamento Varginha, próximo a sua inflexão para sudeste (Figura 4.1).

4.1.1.1 Gnaisses granulíticos

Os gnaisses granulíticos afloram em toda porção sul da Zona de Cisalhamento Varginha (Figura 4.1) e são caracterizados por apresentar estrutura bandada. A estrutura bandada geralmente é bem definida e marcada por variações composicionais e granulométricas.

Essas rochas mostram composições que variam de ácidas a básicas, predominando composições charnockíticas, opdalíticas e noríticas, intercaladas a bandas alaskíticas, anfibolíticas, jutoníticas e noríticas. Podem conter clinopiroxênio, anfibólio e biotita. Apresentam textura granoblástica inequigranular contínua a descontínua alongada e orientada, com domínios difusos inequigranulares nematoblásticos e lepidoblásticos alongados e orientados (Figura 4.3-A, B, C, D).

A mineralogia dos gnaisses granulíticos é constituída por plagioclásio (30-60%), quartzo (traços-20%), feldspato potássico (1-35%), ortopiroxênio (5-10%), clinopiroxênio (0-10%), anfibólio (0-20%), biotita (0-traços) e minerais opacos (2-4%), além de apatita ($\pm 1\%$), zircão (traços), carbonato (traços) e clorita (traços).

Nessas rochas, o plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos, alongados, com contatos predominantemente lobulados a retos e dimensões que variam de 0,1 a 3,0 mm e granulação média da ordem de 0,5 mm. Os cristais exibem geminação polissintética nítida a difusa e extinção ondulante em diferentes graus. Alguns cristais mostram geminação levemente arqueada e com terminações em cunha. Podem aparecer mirmequitas e antipertitas. Os cristais apresentam sinais de recristalização e recuperação de limites. Localmente ocorrem agregados de cristais de plagioclásio com contatos retos entre si. Exibem grau variado de saussuritização.

Nos termos mais ácidos e intermediários, o quartzo ocorre sob a forma de cristais irregulares, anédricos e alongados formando *ribbons*, com contatos lobulados e dimensões

médias da ordem de 0,4 mm, com cristais que podem alcançar até 4,5 mm de comprimento. Apresenta extinção ondulante em diferentes intensidades. Pode ter ocorrência bem restrita em termos mais plagioclásíticos e básicos, com disposição intersticial.

Os cristais de feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) ocorrem sob a formas subédricas a predominantemente anédricas, são alongados, com contatos lobulados e tamanho médio da ordem de 0,5 mm, podendo alcançar dimensões de até 5,0 mm. Os cristais de ortoclásio, às vezes, mostram sinais de triclinização, que origina geminação em grade, geralmente difusa. Exibem extinção ondulante leve a moderada e podem ser pertíticos a mesopertíticos (em filetes e vênulas). Localmente ocorrem gotas de quartzo em cristais de ortoclásio (Figura 4.3-E). Nos termos mais básicos ou plagioclásíticos, o feldspato potássico ocorre como minúsculos cristais intersticiais e formando as antipertitas.

Os cristais de ortopiroxênio (hiperstênio) ocorrem sob formas subédricas a predominantemente anédricas, localmente arredondadas, com dimensões que variam de 0,2 a 2,0 mm; ou como agregados alongados, às vezes com contatos poligonais (textura de equilíbrio). Apresentam pleocroísmo salmão a esverdeado. Mostram-se alterados, fraturados e com películas de óxido/hidróxido de ferro. Ocorrem parcialmente uralitizados ou ainda aparecem envolvidos por anfibólio (Figura 4.3-F). Apresentam lamelas de exsolução de clinopiroxênio. Os cristais de ortopiroxênio ocorrem associados ao clinopiroxênio (Figura 4.3-G), aos minerais opacos e anfibólio. Podem ainda apresentar bordas corroídas por biotita ou cloritizadas.

Quando presente, os cristais de clinopiroxênio (diopsídio/sahlita) ocorrem sob formas subédricas a anédricas, com tamanho que varia de 0,4 a 4,0 mm e granulação média da ordem de 0,6 mm. Os cristais exibem coloração esverdeada e apresentam fraco pleocroísmo em tons de verde pálido. Podem ocorrer parcialmente uralitizados, com bordas alteradas para anfibólio ou constituindo bordas em cristais de ortopiroxênio e ocorrem com lamelas de exsolução de ortopiroxênio. Mostram-se alterados e fraturados.

O anfibólio pode ocorrer como cristais bem desenvolvidos ou como pequenos cristais associados ao piroxênio e biotita. Os cristais são subédricos a anédricos, orientados, com dimensões que variam de 0,2 a 3,0 mm e granulação média da ordem de 0,4 mm. Ocorre associado ao piroxênio, corroendo ou envolvendo estes (Figura 4.3- G, H); aos minerais opacos; e pode ocorrer alterado para biotita. Em algumas porções, os cristais de anfibólio mostram textura de equilíbrio com os piroxênios. Nos termos mais ácidos, o anfibólio apresenta pleocroísmo em tons de verde e indica se tratar de hastingsita; nos termos mais básicos ou

plagioclásitos, exibe pleocroísmo em tons de verde escuro a marrom e indica tratar-se de hornblenda.

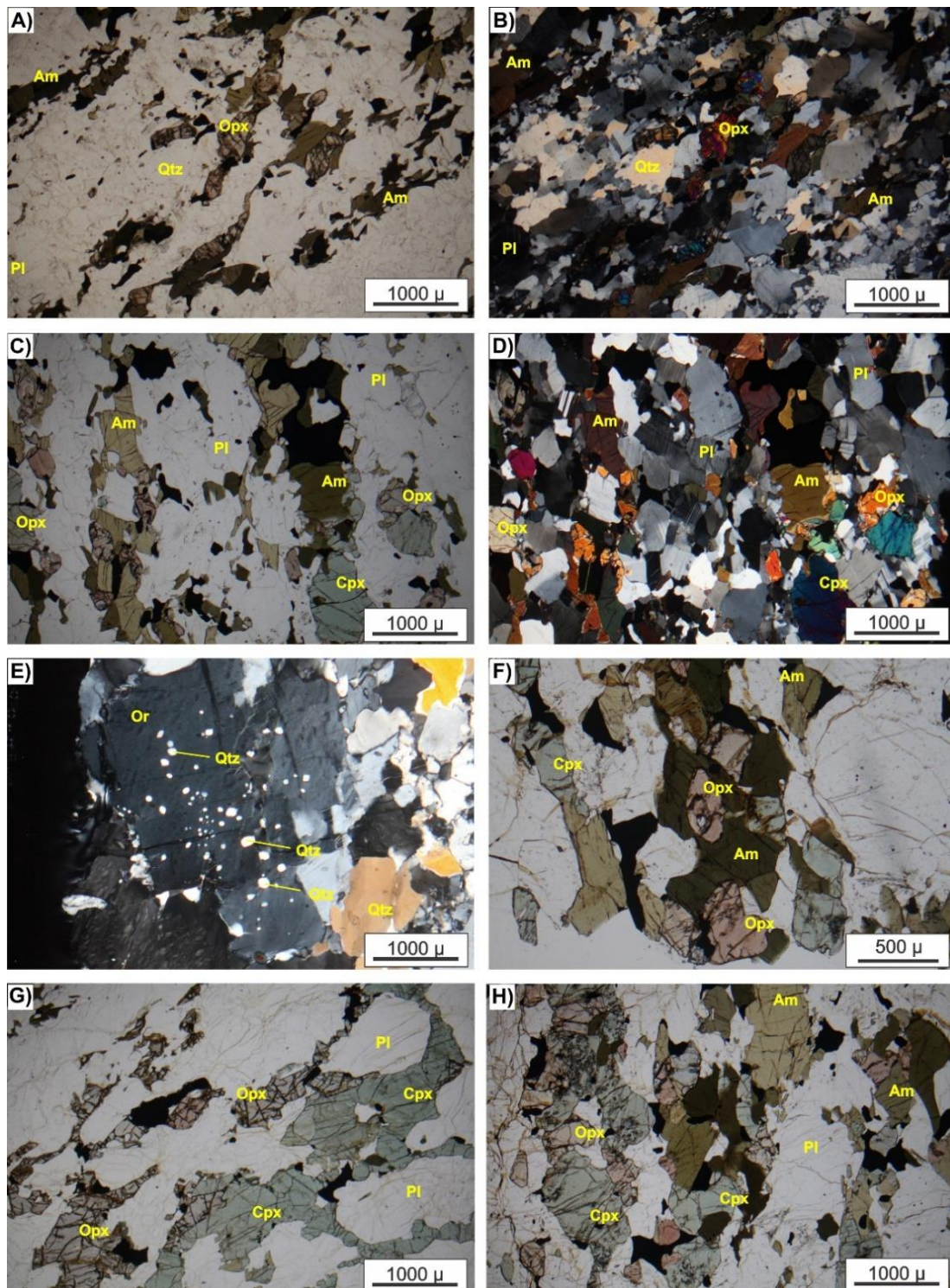


Figura 4.3 - Fotomicrografias dos gnaisses granulíticos. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular descontínua alongada e orientada, com domínios descontínuos inequigranulares nematoblásticos (Polarizadores paralelos em A e C e polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristal de ortoclásio com gotas de quartzo (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de ortopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de ortopiroxênio associado a cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Opx: ortopiroxênio, Or: ortoclásio, Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo.

A biotita é pouco frequente e pode ocorrer como pequenos cristais anédricos ou como cristais tabulares de coloração castanha a marrom, com dimensões inferiores 0,5 mm. Ocorre associada a alteração do anfibólio e do piroxênio e aos minerais opacos.

Os minerais opacos (ilmenita, magnetita, calcopirita e pirrotita) são subédricos, anédricos a arredondados, com dimensões que variam entre 0,1 e 2,0 mm e ocorrem associados aos minerais máficos. Os cristais de ilmenita podem exibir lamelas de magnetita. A apatita ocorre como cristais sub-prismáticos a arredondados, com dimensões inferiores a 0,3 mm, dispersa. O zircão também é arredondado e ocorre disperso. O carbonato e a clorita ocorrem como minerais secundários, resultantes de alteração retrometamórfica de plagioclásio e biotita, respectivamente.

4.1.1.2 *Granada gnaiss granulítico*

Os granada gnaisses granulíticos ocorrem predominantemente na porção leste da área de estudo (porção noroeste da Folha Topográfica de Monte Belo), logo a sul da Zona de Cisalhamento Varginha, a partir da inflexão desta para sudeste, na altura do município de Juréia. Também foram registradas ocorrências desses litotipos na porção centro-leste e centro-oeste da área de estudo no Complexo Guaxupé, próximo ao contato com o Grupo Araxá, e tendem a desaparecer para oeste da unidade (Figura 4.1).

A composição dos granada gnaisses granulíticos varia de ácida a básica e é predominantemente enderbítica a opdalítica e quartzo diorítica a norítica.

Essas rochas apresentam estrutura gnáissica homogênea a bandada, descontínua a nítida e textura granoblástica fina a grossa inequigranular orientada a blastomilonítica. O bandamento é marcado pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos contínuos a descontínuos, leitos descontínuos de textura granoblástica a nematoblástica ou por domínios difusos lenticulares ricos em minerais máficos (piroxênios, anfibólio e mais raramente biotita) (Figura 4.4-A, B, C, D, E, F). A granada ocorre em bandas descontínuas (Figura 4.4-G) ou como domínios lenticulares difusos, com textura granoblástica a porfiroblástica/porfiroclástica (Figura 4.4-H).

A mineralogia desses granada gnaisses granulíticos é constituída por plagioclásio (40-55%), quartzo (1-25%), feldspato potássico (tr-5%), granada (5-20%), clinopiroxênio (7-15%), ortopiroxênio (5-13%), anfibólio (0-10%), biotita (0-4%) e minerais opacos (2-3%) e mineralogia acessória composta por apatita (traços a 1%), zircão (traços) e rutilo (0-2%).

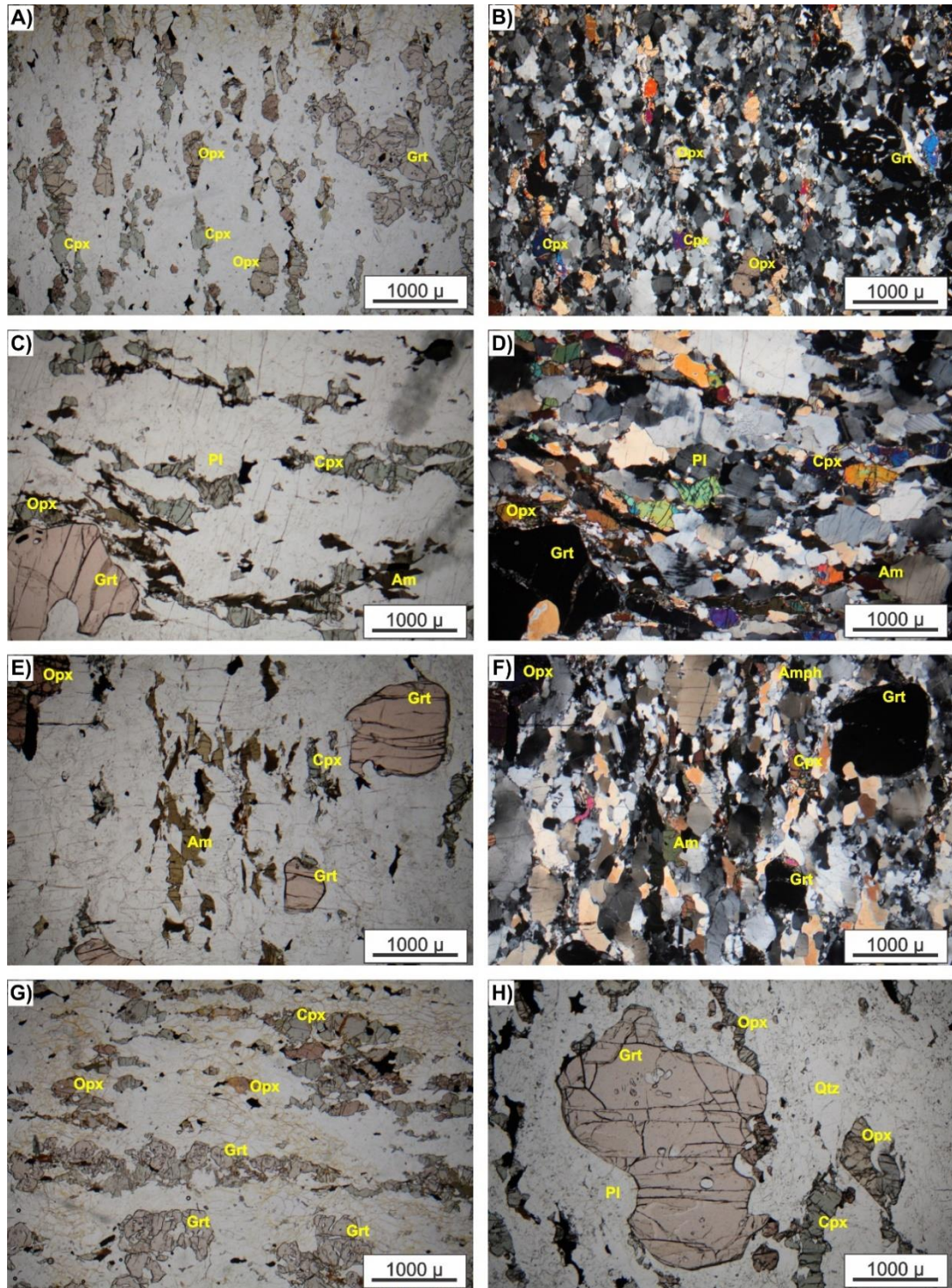


Figura 4.4 - Fotomicrografias de granada gnaisses granulíticos. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Textura marcada pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e por leitos descontínuos de textura granoblástica a nematoblástica constituídos por minerais máficos (Polarizadores paralelos em A, C e E, polarizadores cruzados em B, D e F). (G): Leitos descontínuos constituídos por granada (Polarizadores paralelos); (H): Textura porfiroblástica/porfiroclástica constituída por cristal de granada (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Opx: ortopiroxênio, Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo.

Nesse litotipo, o plagioclásio (andesina) ocorre sob a forma de cristais irregulares, anédricos a subédricos ou mais raramente tabulares, geralmente alongados, com dimensões da

ordem de 0,5 mm e podem alcançar até 3,0 mm, com contatos retos a predominantemente lobulados. Localmente, ocorrem agregados de plagioclásio com contatos retos (textura de equilíbrio). Os cristais exibem extinção ondulante moderada a forte e apresentam sinais de recristalização, recuperação e formação de subgrãos. Podem ou não exibir geminação polissintética (Lei da Albita) nítida a difusa, às vezes com terminações em cunhas e alguns dos cristais mostram encurvamento da geminação. Frequentemente aparecem cristais antipertíticos por corrosão (antipertitas em vênulas, filetes e edifício) (Figura 4.5-A, B), cristais com gotas de quartzo em seu interior e também mirmequíticos.

Os cristais de quartzo são subédricos a anédricos, alongados e frequentemente formam *ribbons*. Mostram contatos retos a lobulados e granulação variável, com tamanho médio da ordem de 0,5 mm a 0,8 mm, podendo alcançar dimensões de até 5,0 mm de comprimento. Exibem extinção ondulante leve a forte, sinais de recuperação e recristalização e podem mostrar formação de subgrãos. Localmente ocorrem porções recristalizadas compostas por cristais anédricos com contatos lobulados e granulação inferior a 0,1 mm. Nas porções mais máficas e plagioclasíticas, o quartzo é basicamente intersticial e vermiforme (mirmequitas).

Os cristais de feldspato potássico (ortoclásio) geralmente ocorrem como pequenos cristais anédricos, intersticiais, formando as antipertitas. Também ocorrem sob a forma de agregados, distribuídos heterogeneamente, com contatos predominantemente retos (textura de equilíbrio), tamanho médio de 0,3 mm e podem ser pertíticos.

A granada pode ocorrer em agregados difusos, às vezes porfiroblásticos/porfiroclásticos ou como cristais subédricos, predominantemente anédricos a arredondados, alongados, com dimensões que podem variar de 1,0 a 4,5 mm. Ou ainda, pode ocorrer concentrada em leitos contínuos a descontínuos, sob a forma de cristais predominantemente anédricos a arredondados, alongados, com granulação variável e dimensões que não ultrapassam 1,5 mm. De modo geral, os cristais de granada são poiquilíticos (Figura 4.5-C, D), com inclusões de cristais arredondados de quartzo, de plagioclásio, cristais subédricos a anédricos de minerais opacos, de clinopiroxênio e mais raramente de rutilo e biotita. Localmente parecem englobar cristais de clinopiroxênio. Podem mostrar bordas irregulares a ameboides, com raras faces retas. Parte dos cristais mostram-se corroídos por clinopiroxênio e ortopiroxênio, formando bordas de piroxênio; também ocorrem bordas de anfibólio e mais raramente de biotita. Os cristais podem ocorrer fraturados.

Entre os piroxênios, o clinopiroxênio exibe composição entre diopsídio e sahlita e ocorre sob formas subédricas a principalmente anédricos alongados, localmente lenticulares, com dimensões variando de 0,3 a 4,5 mm. Os cristais também formam agregados com contatos retos

entre si. Os cristais exibem leve pleocroísmo em tons de verde pálido, podem ocorrer fraturados e com películas de óxido e hidróxido de ferro. Mostram lamelas de exsolução de ortopiroxênio e extinção ondulante. Ocorrem parcialmente uralitizados, com bordas de anfibólio ou envolvidos por estes, ou ainda com núcleos de anfibólio. Ocorrem também cristais de ortopiroxênio como núcleo de agregados de cristais de clinopiroxênio e cristais de clinopiroxênio envolvendo cristal de plagioclásio.

O ortopiroxênio (hiperstênio) ocorre como cristais anédricos a arredondados, raramente subédricos, com dimensões que variam de 0,3 a 3,0 mm. Os cristais mostram forte pleocroísmo em tons de salmão e verde pálido e geralmente apresentam-se fraturados, alterados e com película de óxido/hidróxido de ferro. Os cristais ocorrem parcialmente uralitizados. Ocorrem cristais de ortopiroxênio circundado por cristais de clinopiroxênio. Localmente formam bordas em cristais de granada ou ocorrem com bordas de biotita. Apresentam lamelas de exsolução de clinopiroxênio e extinção ondulante em diferentes graus. Frequentemente os cristais de ortopiroxênio tendem a ser mais arredondados e mais alterados que os de clinopiroxênio.

Os cristais de anfibólio (hornblenda/hastingsita), quando presentes, podem ocorrer bem desenvolvidos, com dimensões variando de 0,5 a 2,0 mm ou como pequenos cristais associados aos piroxênios com dimensões inferiores ou da ordem de 0,1 mm. São subédricos a anédricos e exibem forte pleocroísmo verde amarronzado. Em algumas amostras, parecem estar em equilíbrio com a associação mineral. O anfibólio está associado ao processo de uralitização do piroxênio (Figura 4.5-E), formando bordas em torno destes, e também forma bordas em cristais de granada. Localmente, os cristais de anfibólio ocorrem com bordas de biotita.

A biotita, quando presente, ocorre como pequenos cristais tabulares com dimensões da ordem de até 0,5 mm ou como palhetas irregulares com dimensões de até 1,0 mm e exibem coloração marrom acastanhada. Origina-se principalmente da alteração do anfibólio e da granada, resultantes de retrometamorfismo (Figura 4.5-F). Ocorre nas bordas de cristais de anfibólio e nas bordas de alguns cristais de granada e de piroxênio. Localmente ocorre associada aos minerais opacos, ao rutilo quando este está presente ou como pequenas inclusões em cristais de granada.

Os minerais opacos (ilmenita, magnetita, calcopirita e pirrotita) ocorrem como cristais subédricos a anédricos ou arredondados, são irregulares e alongados, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 2,0 mm. Os cristais de ilmenita ocorrem com bandas de exsolução de magnetita (Figura 4.5-G). Ocorrem associados aos piroxênios, principalmente ortopiroxênio, aos cristais de granada (ocorrem inclusos em cristais de granada) e também à

cristais de anfibólio, biotita e rutilo quando presentes. Localmente podem formar coroas em torno de cristais de piroxênio.

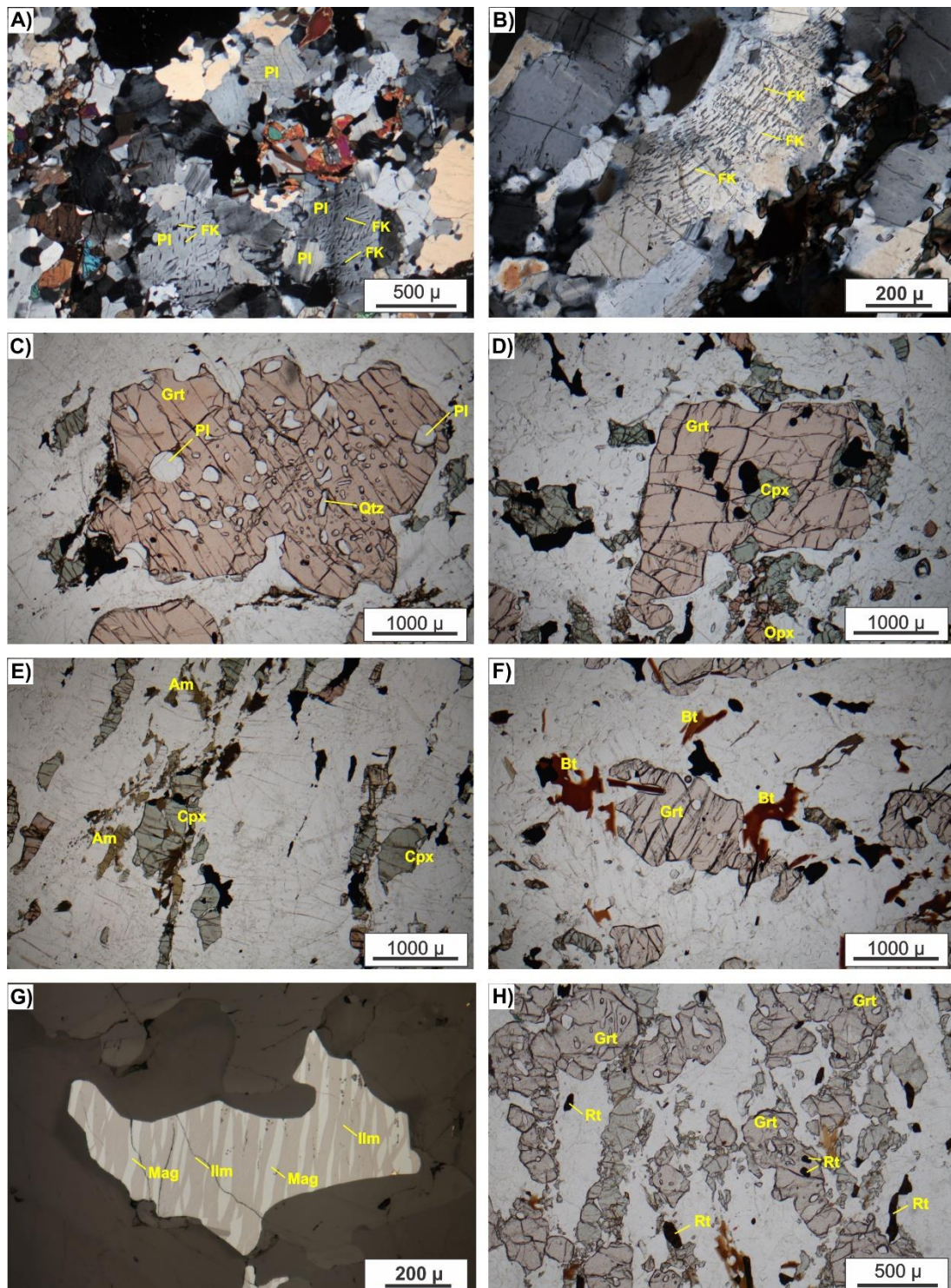


Figura 4.5 - Fotomicrografias de granada gnaisses granulíticos. (A), (B): Cristais de plagioclásio com textura antipertítica (Polarizadores cruzados); (C), (D): Cristais poiquilíticos de granada (Polarizadores paralelos); (E): Cristais de piroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (F): Biotita corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (G): Cristal de ilmenita com bandas de exsolução de magnetita (Fotomicrografia em luz refletida); (H): Cristais de rutilo associados à cristais de granada e inclusos em granada (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, FK: feldspato potássico, Grt: granada, Ilm: ilmenita; Mag: magnetita; Opx: ortopiroxênio; Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Rt: rutilo.

O rutilo ocorre como cristais prismáticos, sub-prismáticos e sub-arredondados, com dimensões de até 0,3 mm. Está associado aos minerais máficos, disperso nos leitos granoblásticos quartzo-feldspáticos ou incluso em cristais de granada (Figura 4.5-H). Os maiores cristais ocorrem associados aos leitos ricos em granada. Os cristais de apatita ocorrem sob formas prismáticas a arredondas, com dimensões inferiores a 0,3 mm, dispersa, assim como o zircão.

4.1.1.3 Anfibólio gnaisses e/ou biotita gnaisses

Os anfibólio gnaisses e/ou biotita gnaisses, caracterizados pela ausência de ortopiroxênio, ocorrem intercalados aos gnaisses granulíticos e granada gnaisses granulíticos e mostram contatos transicionais a gradacionais com esses litotipos. São rochas de coloração cinza esverdeado, marcadas por bandamento composicional e granulométrico difuso a nítido, definido pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos, com maior ou menor porcentagem de minerais máficos. Apresentam textura granoblástica a blastomilonítica com leitos/domínios nematoblásticos e lepidoblásticos inequigranulares com formas lenticulares e alongadas (Figura 4.6-A, B, C, D).

A composição dessas rochas varia de sienogranítica a granodiorítica e quartzo monzonítica, e além de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico como minerais essenciais, ocorrem também anfibólio, biotita, clinopiroxênio e granada.

A mineralogia principal é constituída por quartzo (15-45%), plagioclásio (20-35%), feldspato potássico (20-30%), biotita (4-8%), anfibólio (0-30%), clinopiroxênio (0-5%) e granada (0-10%), como acessórios foram observados minerais opacos (1-4%), epidoto (0-1%), titanita (<1%), apatita (<2%), zircão (<1%), carbonato (traços) e clorita (traços).

O plagioclásio (oligoclásio) ocorre como cristais subédricos a anédricos, com contatos lobulados e localmente retos e granulação variável, entre 0,2 a 2,0 mm, por vezes formando agregados microcristalinos. Os cristais podem exibir textura antipertítica e localmente mirmequítica (principalmente no contato com o feldspato potássico), com geminação polissintética nítida, difusa a ausente. Mostram extinção ondulante em diferentes graus. Localmente possui bordas mais sódicas, filetes intersticiais de albita, além de filetes e filmes de carbonato (grau variado de saussuritização).

Os cristais de quartzo ocorrem sob formas subédricas a predominantemente anédricas, são alongados e formam *ribbons*, com contatos lobulados, engrenados a imbricados e granulação variável (dimensões inferiores a 0,1 mm a até 5,0 mm de comprimento). Mostram extinção ondulante leve a forte, além de sinais de recristalização, recuperação e formação de subgrãos.

O feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) pode formar bandas alongadas descontínuas, com contatos poligonais, lobulados a raramente engrenados e dimensões médias de 0,4 mm, podendo ultrapassar 5,0 mm. Os cristais são anédricos a localmente arredondados, alongados, pertíticos a mesopertíticos (em edifício, filetes, vênulas). Apresentam geminação em grade difusa a nítida, mostrando sinais de recuperação e/ou recristalização e extinção ondulante leve a forte. Exibe grau variado de saussuritização.

O anfibólio (hornblenda/hastingsita), quando presente, ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos, com dimensões que variam de inferior a 0,1 mm até 2,0 mm e pode formar domínios difusos associados a biotita e minerais opacos. Os cristais exibem pleocroísmo em tons de verde claro a verde amarronzado. Mostram-se associados ao processo de uralitização do clinopiroxênio, corroídos ou substituídos por biotita (Figura 4.6-E, F) e envolvendo cristais de minerais opacos.

A biotita ocorre como cristais tabulares ou como palhetas irregulares, com dimensões que variam de 0,4 mm a 1,5 mm e coloração castanho amarronzada. Está associada a alteração retrometamórfica do anfibólio (quando este está presente) e também ocorre associada aos minerais opacos. Pode ocorrer em equilíbrio com o metamorfismo progressivo. Os cristais de biotita podem exibir variados estágios de cloritização.

O clinopiroxênio (sahlita/ferro-sahlita), quando presente, ocorre como cristais subédricos a anédricos, com contatos lobulados e granulação média da ordem de 0,4 mm. Apresenta coloração verde claro e leve pleocroísmo. Exibe grau variado de uralitização, muitas vezes com bordas ou envoltos por cristais de anfibólio, e também mostra-se corroído por biotita (Figura 4.6-G). Em rochas com retrometamorfismo tardio mais intenso, ocorre como pseudomorfos uralitizados e cloritizados.

Nesses gnaisses, a granada é pouco comum e tende a ocorrer próximo à Zona de Cisalhamento Varginha, no limite norte do Complexo Guaxupé (Figura 4.1). A granada ocorre como cristais euédricos, anédricos e arredondadas, e dimensões médias da ordem de 0,3 mm, podendo atingir 1,5 mm. Os cristais são fraturados e parcialmente alterados e/ou corroídos por biotita (Figura 4.6-H) e localmente por anfibólio. Os cristais de anfibólio podem envolver cristais de granada.

Os minerais opacos (ilmenita, magnetita, calcopirita, pirrotita) ocorrem sob a forma de cristais subédricos a anédricos, orientados, com dimensões que variam de 0,3 a 1,0 mm. Mostram-se associados aos minerais máficos (anfibólio e biotita) e localmente envolvem cristais de anfibólio.

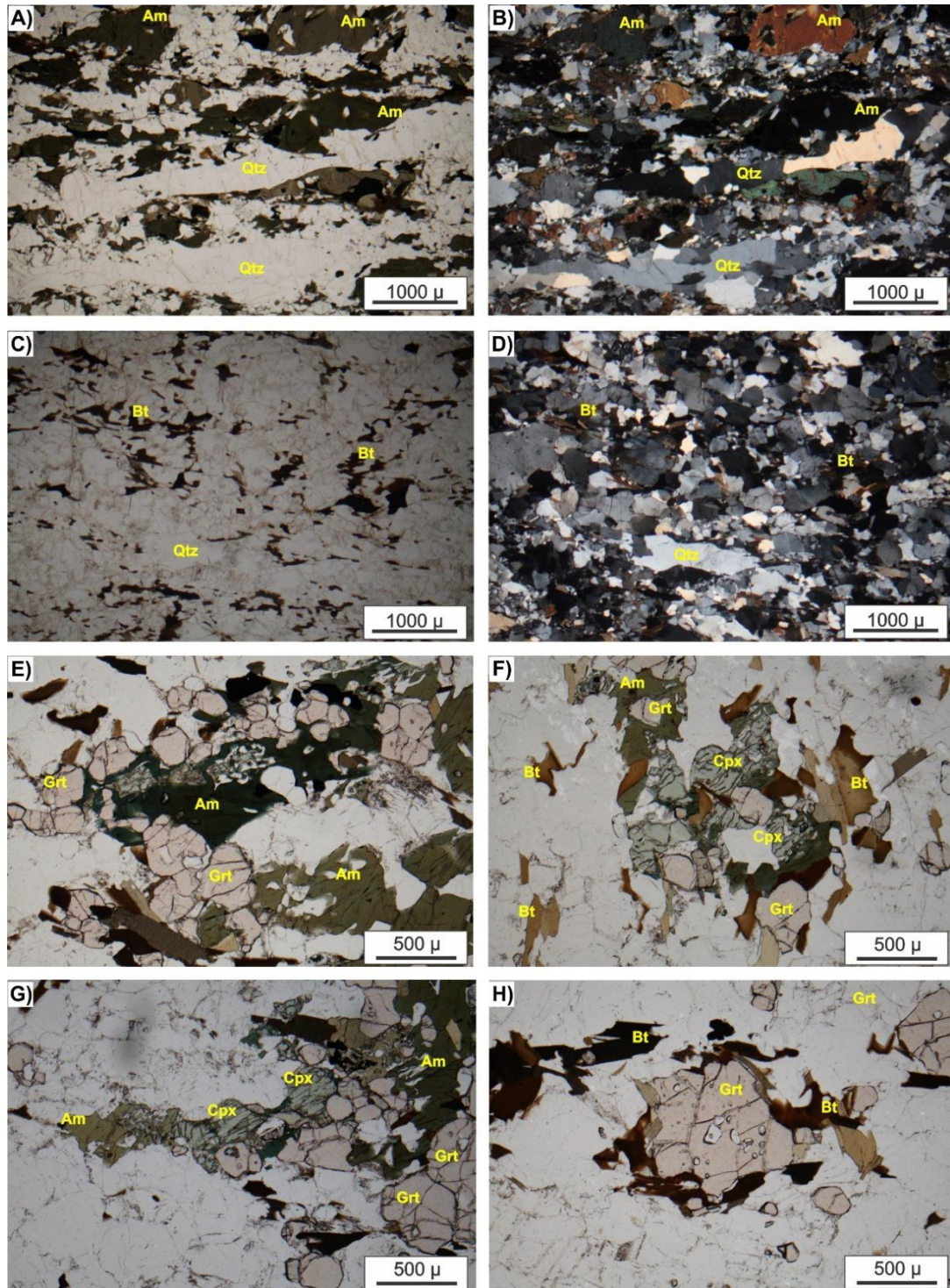


Figura 4.6 - Fotomicrografias de anfibólio e/ou biotita gnaisses. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada a blastomilonítica com leitos descontínuos nematoblásticos e lepidoblásticos inequigranulares constituídos por anfibólio e biotita (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristais de anfibólio corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (F), (G): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (H): Cristal de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Qtz: quartzo.

Cristais de apatita apresentam formas prismáticas a arredondadas, dimensões que podem alcançar até 0,4 mm e ocorrem dispersos. Os cristais de zircão são arredondados, às vezes

zonados, com dimensões de até 0,1 mm e ocorrem dispersos. O carbonato ocorre como cristais anédricos, filetes intersticiais ou filmes em cristais de plagioclásio; localmente mostra-se intercrescido com clorita, resultantes de alteração retrometamórfica do plagioclásio; também apresenta-se como manchas difusas em feldspato potássico por concentração de minúsculas inclusões. O epidoto constitui cristais subédricos, associado a alteração do anfibólio e plagioclásio. A titanita ocorre como cristais subédricos a anédricos, com dimensões médias de 0,3 mm, principalmente associada à biotita e aos minerais opacos. A clorita ocorre intercrescida com biotita, resultante de retrometamorfismo.

4.1.1.4 *Granulitos básicos*

Na porção noroeste do Complexo Guaxupé, na área de estudo, ocorrem lentes de dimensões métricas de granulitos básicos com granada, com contatos bruscos com as litologias descritas acima, sob as quais os granulitos básicos estão inseridos (Figura 4.1). São rochas de coloração verde escuro a preta, de granulação média a grossa e de estrutura levemente anisotrópica. O litotipo apresenta estrutura maciça com fraca orientação e textura decussada inequigranular, com cristais euédricos a subédricos de anfibólio e clinopiroxênio.

A mineralogia dessa rocha é constituída por anfibólio ($\pm 45\%$), clinopiroxênio ($\pm 35\%$), plagioclásio ($\pm 10\%$), ortopiroxênio ($\pm 8\%$), granada ($\pm 2\%$), minerais opacos ($< 1\%$) e como minerais secundários ocorrem traços de carbonato e sericita.

O anfibólio (hastingsita) ocorre como cristais euédricos, subédricos a localmente anédricos, com dimensões de até 4,0 mm. Exibem forte pleocroísmo verde claro a verde amarronzado, com contatos retos entre si (textura decussada) (Figura 4.7-A) e contatos lobulados a raramente retos com os cristais de clinopiroxênio. Substituem cristais de piroxênio (clinopiroxênio e ortopiroxênio) (Figura 4.7-B).

Entre os piroxênios, o clinopiroxênio (sahlita) ocorre sob formas subédricas a anédricas, com dimensões de até 2,5 mm, com fraco pleocroísmo em tons de verde pálido. Os cristais podem ocorrer parcialmente uralitizados ou envolvidos por cristais anfibólio, e com lamelas de exsolução de ortopiroxênio. Ocorrem agregados de cristais de clinopiroxênio com textura de equilíbrio e localmente com núcleos de ortopiroxênio. Os cristais de ortopiroxênio (hiperstênio) são anédricos, com dimensões que não ultrapassam 1,0 mm, fraturados, com forte pleocroísmo em tons de salmão e verde. Ocorrem alterados, corroídos principalmente por anfibólio e às vezes por clinopiroxênio. Mostram-se em núcleos de agregados de clinopiroxênio (Figura 4.7-C) ou envoltos por cristais de anfibólio.

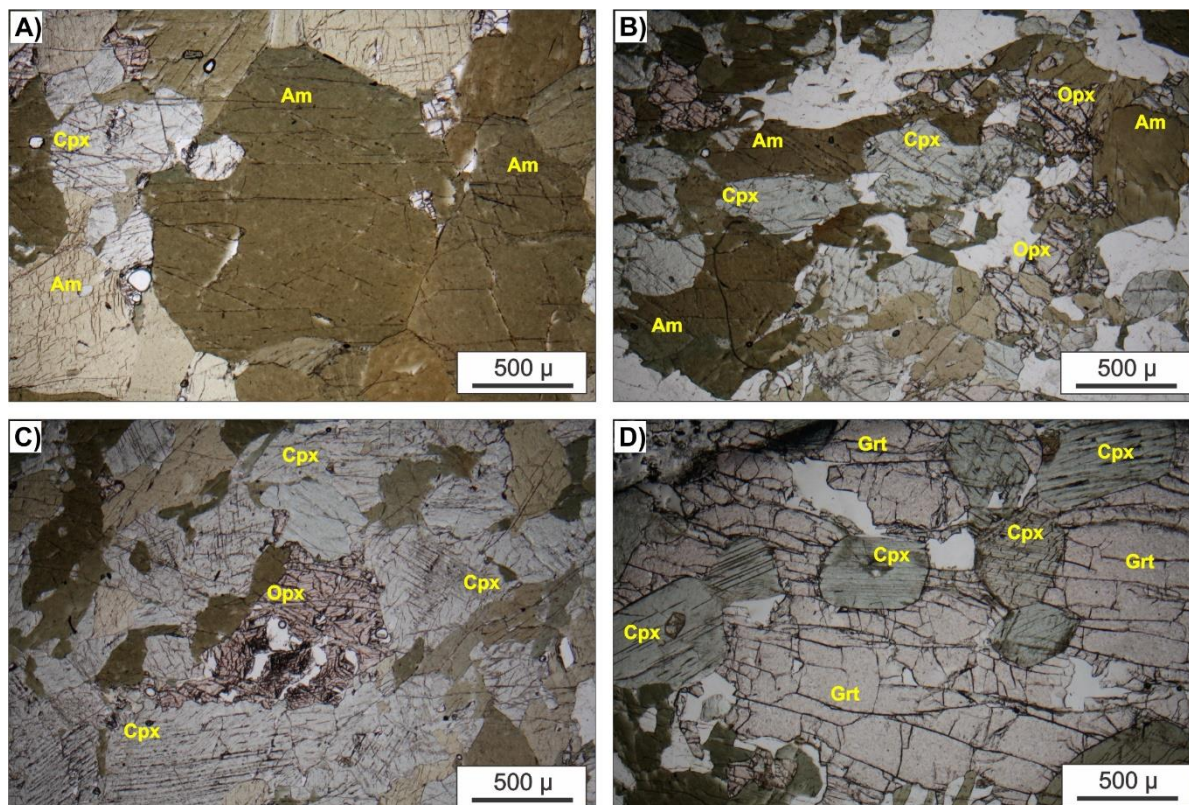


Figura 4.7 - Fotomicrografias de granulito básico. (A): Cristais euédricos a subédricos de anfibólio exibindo contatos retos (Polarizadores paralelos); (B): Cristais de clinopiroxênio e ortopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (C): Cristal de ortopiroxênio envolto por cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (D): Cristal de granada com inclusões de cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio; Grt: granada; Cpx: clinopiroxênio; Opx: ortopiroxênio.

O plagioclásio (andesina cálcica/labradorita) ocorre em domínios descontínuos, sob a forma de cristais tabulares a raramente anédricos, com contatos predominantemente retos a lobulados e granulação média da ordem de 0,4 mm, que pode alcançar dimensões de até 1,0 mm. Mostram extinção ondulante e geminação polissintética difusa, às vezes com terminações em cunhas.

A granada é rara e ocorre sob a forma de cristais anédricos a arredondados, com dimensões variáveis (de 0,3 mm a 4,5 mm). São cristais límpidos e podem mostrar inclusões arredondadas de clinopiroxênio (Figura 4.7-D).

O carbonato e a sericita ocorrem associados a alteração do plagioclásio (saussuritização).

4.1.2 Rochas metassedimentares

Os metassedimentos associados a esta unidade são raros na área de estudo e são representados principalmente por quartzitos, gnaisses quartzosos e xistos quartzosos de tendência pelítica. Ocorrem dispostos sob a forma de lentes descontínuas com espessura

centimétrica a métrica intercalados nas rochas ortoderivadas ou como faixas descontínuas de espessura métrica a decamétrica que se estreitam nos gnaisses granulíticos.

As exposições mais comuns relacionadas a estas rochas ocorrem em cortes de estrada com até 2,0 m de altura ou em chão e calhas de estrada de terra, bastante alteradas, alternando bandas centimétricas a métricas de cores branca, cinza e rosada (Figura 4.8-A, B, C).

As rochas metassedimentares são anisotrópicas, de granulação fina a grossa, granoblásticas inequigranulares a porfiroblásticas/porfiroclásticas, de coloração bege esbranquiçada a avermelhada a azulada e geralmente mostram películas de óxido/hidróxido de ferro, marcando principalmente a alteração dos cristais de granada (Figura 4.8-D). As porções mais quartzosas encontram-se mais preservadas.

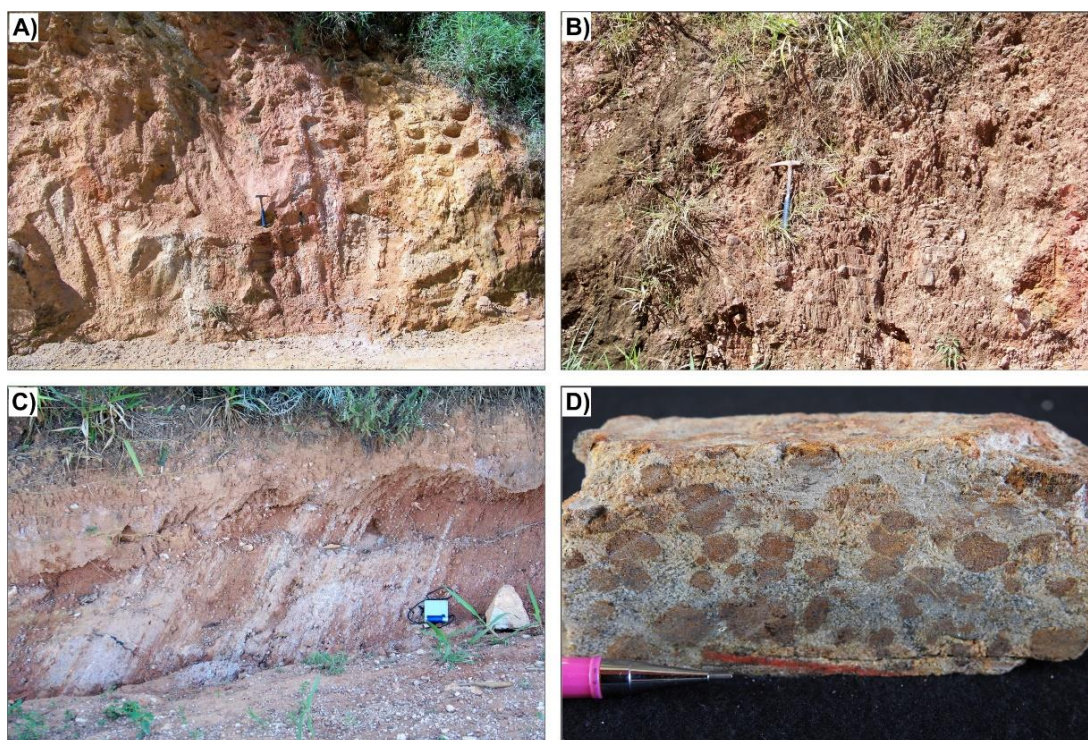


Figura 4.8 - Aspectos mesoscópicos dos metassedimentos associados ao Complexo Guaxupé na área de estudo. (A), (B), (C): Afloramentos em corte de estrada de metassedimentos bastante alterados; (D): Rocha metassedimentar quartzosa com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas marcadas por cristais de granada oxidados.

A foliação (S_n) geralmente é marcada por cristais alongados de quartzo (*ribbons*) e feldspato potássico, realçada pelo estado de alteração. Estas rochas podem exibir bandamento gnáissico paralelo a foliação principal (S_n), marcado por variação composicional entre bandas quartzosas e bandas feldspáticas, bandas granoblásticas e bandas nematoblásticas, ou por variação granulométrica.

Em escala microscópica a textura é granoblástica inequigranular orientada a porfiroblástica/porfiroclástica, com leitos descontínuos nematoblásticos inequigranulares orientados marcados por sillimanita (Figura 4.9-A, B, C, D, E, F).

Os principais tipos de rocha associados a esta unidade são sillimanita-granada gnaisses quartzosos, sillimanita quartzito rico em granada, sillimanita-granada xistos, xistos quartzosos e granada gnaisses quartzosos, que ocorrem predominantemente na porção leste da área de estudo (Figura 4.1). São constituídos principalmente por quartzo (50-65%), granada (15-30%), feldspato potássico (0-25%), sillimanita (10-15%), biotita (tr-5%), muscovita (0-3%) e mineralogia acessória composta por rutilo (<1-2%) minerais opacos (<1-3%), zircão (<1%) e apatita (<1%).

O quartzo ocorre sob formas anédricas, às vezes alongadas, com granulação variável (cristais com dimensões inferiores a 0,1 mm a 3,5 mm) e contatos lobulados a predominantemente engrenados. Os cristais exibem forte extinção ondulante, mostram recristalização, recuperação dos limites, além de formação de subgrãos.

Os cristais de granada são anédricos a arredondados, localmente alongados, com dimensões que variam de 2,0 a 8,0 mm. São poiquilíticos, com inclusões de minerais opacos, rutilo, sillimanita, quartzo e biotita. Os cristais ocorrem fraturados e bastante alterados por óxido/hidróxido de ferro.

O feldspato potássico ocorre em agregados com contatos retos a lobulados e pode formar bandas finamente recristalizadas. Exibe grau variado de sericitização e caulinitização.

A sillimanita ocorre como de cristais prismáticos, subédricos a anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 3,0 mm, concentrada em domínios descontínuos, formando agregados lenticulares orientados. Os cristais mostram forte extinção ondulante e localmente os prismas encontram-se arqueados. Os cristais apresentam-se fraturados, cujas fraturas podem estar preenchidas por filossilicatos finos. Pode ocorrer associada aos minerais opacos e aos cristais de rutilo (Figura 4.9-G, H). Localmente, em bordas de alguns cristais de granada, ocorrem cristais arredondados de sillimanita, com dimensões inferiores a 0,1 mm, ou ainda cristais arredondados de sillimanita envolvidos por minerais opacos.

Os cristais de rutilo ocorrem sob formas prismáticas a sub-arredondadas ou como agregados irregulares (Figura 4.9-H), com dimensão variável (inferior a 0,1 mm a 1,0 mm). Ocorrem inclusos em cristais de granada, dispersos nos leitos granoblásticos quartzosos e também ocorrem associados aos cristais de sillimanita e de minerais opacos. Apresenta contatos retos com os cristais de sillimanita.

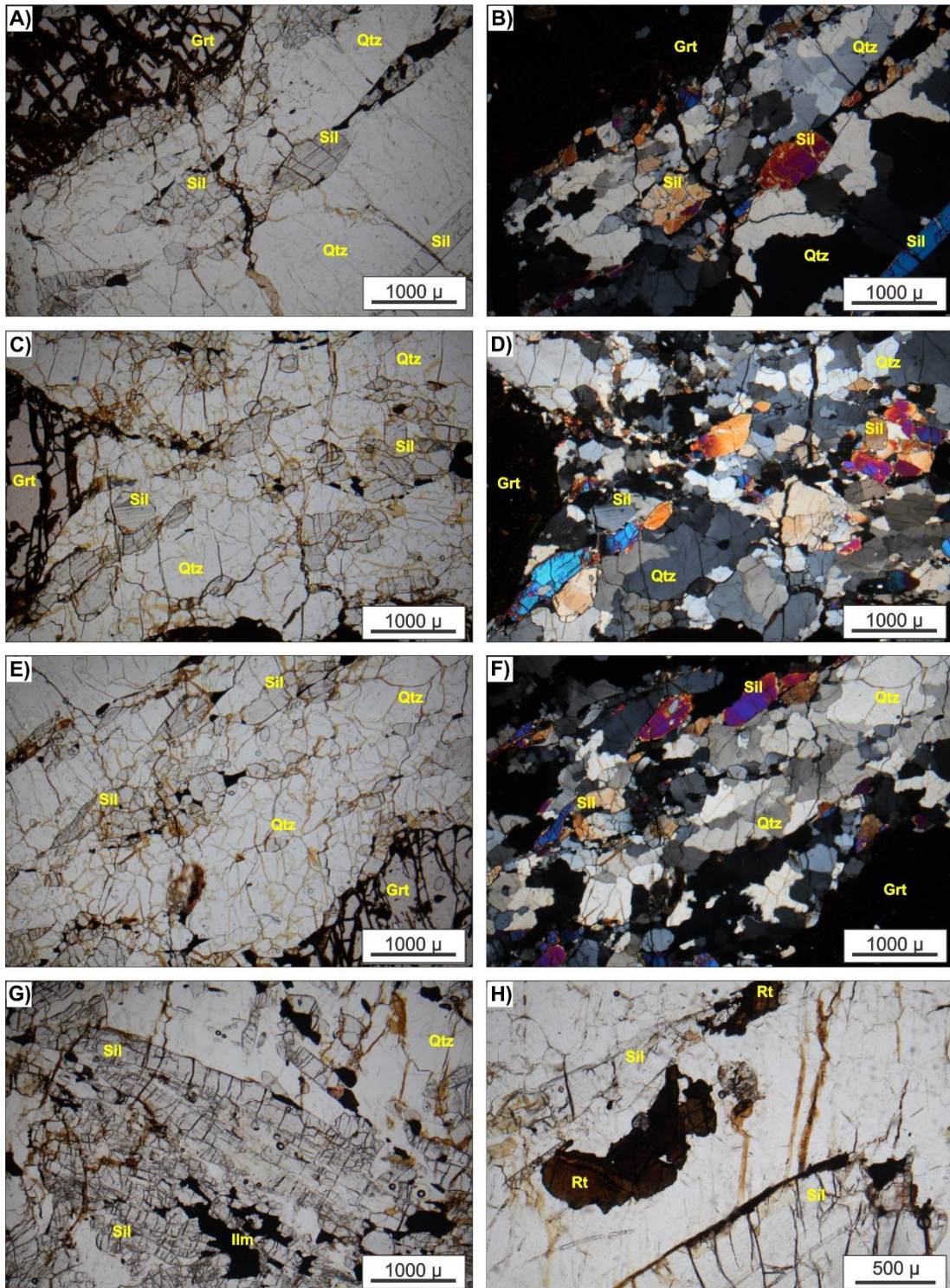


Figura 4.9 - Fotomicrografias de sillimanita-granada quartzito. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Textura granoblástica inequigranular orientada a porfiroblástica/porfiroclástica, com domínios/leitos descontínuos nematoblásticos orientados marcados por sillimanita (Polarizadores paralelos em A, C e E e polarizadores cruzados em B, D e F); (G): Agregados de cristais prismáticos de sillimanita associados a ilmenita (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de sillimanita associados a de cristais de rutilo (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ilm: ilmenita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo, Sil: sillimanita.

Os minerais opacos são subédricos a anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 a 1,5 mm e granulação média da ordem de 0,4 mm. Ocorrem associados aos cristais

sillimanita, de rutilo e inclusos em cristais de granada. Localmente ocorrem cristais de minerais opacos envolvendo cristais de sillimanita.

A biotita ocorre como pequenos cristais tabulares de coloração marrom avermelhada resultante da alteração da granada e pode ocorrer na interface dos cristais de granada e sillimanita. A muscovita ocorre como alteração da sillimanita. O zircão é arredondado, com dimensões inferiores a 0,1 mm e ocorre disperso. A apatita é sub-prismática a arredondada, com dimensões médias da ordem de 0,1 mm e ocorre dispersa.

4.2 Grupo Araxá

Nesta unidade foram incluídas as rochas que ocorrem a norte da Zona de Cisalhamento Varginha e são correlacionadas ao Grupo Araxá, compreendendo a porção norte da área de estudo (delimitada a sul pela Zona de Cisalhamento Varginha e a norte pela Zona de Cisalhamento Campos Gerais) (Figura 4.1).

Nessa porção, o Grupo Araxá é constituído por metassedimentos pelíticos a psamo-pelíticos com intercalações de granada gnaisses e intercalações subordinadas de rochas metamáficas e metaultramáficas metamorfisados em condições de fácies anfibolito superior a granulito.

As litologias ocorrem como faixas e bancos centimétricos, métricos a decamétricos comumente descontínuos, que se afunilam em detrimento de outros litotipos ou lentes na área de estudo. Os litotipos mais comuns são representados por cianita-granada gnaisses, cianita-granada gnaisses quartzosos, cianita-granada xistos, cianita-granada quartzitos, granada quartzitos e granada gnaisses (com anfibólio, biotita e clinopiroxênio), além de rochas metamáficas como anfibolitos com granada e clinopiroxênio, retroeclogitos e rochas metaultramáficas.

A estrutura das rochas dessa porção do Grupo Araxá é marcada por forte anisotropia, com foliação com direção W a WNW, paralela ao bandamento composicional, com ângulo de mergulho médio a alto. A foliação principal é bem marcada, milonítica a comumente blastomilonítica e constitui tectonitos “S” a “SL”. Apresenta orientação geral N75W/60SW com características anastomosadas, gerando formas lenticulares, fusiformes ou amendoadas e lineação mineral sub-horizontal com atitude média N84W/10NW.

4.2.1 *Cianita-granada gnaisses*

Os cianita-granada gnaisses, cianita-granada gnaisses quartzosos e os cianita-granada quartzitos (ou granada quartzitos) ocorrem como uma faixa de intercalações de bancos contínuos a descontínuos de espessura centimétrica, métrica a decamétrica que dominam na porção leste da área de estudo e tendem a adelgaçar para porção centro-oeste e oeste nos granada gnaisses (Figura 4.1).

Os cianita-granada gnaisses e cianita-granada gnaisses quartzosos representam rochas de coloração cinza claro a azulado a marrom amarelado com pontuações de cor vermelho a rosada marcadas pelos cristais de granada. As rochas alteradas por intemperismo mostram coloração bege esbranquiçada com as pontuações de granada alteradas para óxido/hidróxido de ferro. As exposições mais comuns dessas litologias ocorrem em calhas e chão de estrada de terra (Figura 4.10-A, B).

Apresentam estrutura gnáissica nítida a mal definida, marcada pela alternância de leitos quartzosos alongados descontínuos e leitos feldspáticos alongados com formas ocelares, além de leitos difusos compostos por cianita bem orientada. Nos gnaisses quartzosos, a quantidade de quartzo chega a alcançar 50% do conteúdo modal da rocha e a estrutura gnáissica é definida pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos e leitos lenticulares descontínuos ricos em quartzo amoldados em torno de cristais de granada (Figura 4.10-C, D).

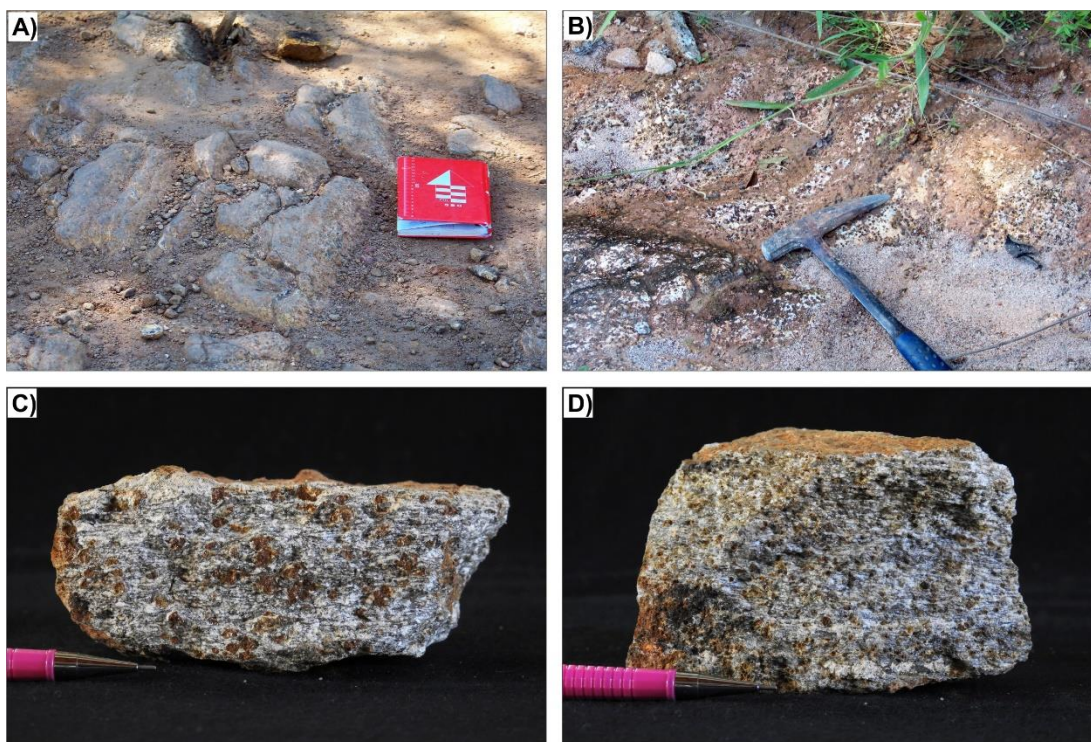


Figura 4.10 - Aspectos macroscópicos do cianita-granada gnaisse. (A), (B): Afloramentos em chão de estrada de terra, bastante alterados; (C), (D): Estrutura gnáissica definida pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e leitos lentiformes descontínuos ricos em quartzo amoldados em torno de cristais de granada.

Essas rochas exibem textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica, às vezes com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas, associadas a leitos descontínuos ou domínios com textura nematoblástica orientada. A trama dessas rochas é formada por faixas descontínuas e lentes alongadas de feldspatos ou agregados de feldspatos ocelares, envolvidos por *ribbons* de quartzo, que também podem amoldar-se em torno dos cristais de granada (Figura 4.11-A, B, C, D).

A mineralogia principal é constituída por quartzo (25-50%), feldspato potássico (10-35%), granada (15-20%), cianita (5-20%), plagioclásio (0-15%) e biotita (0-5%) e como minerais acessórios ocorrem minerais opacos (<2%), rutilo (<1%) e zircão (traços), além de traços de sericita, clorita, carbonato, gibbsita e caulinita.

O quartzo é anédrico, alongado e forma *ribbons*, com contatos lobulados, retos, imbricados e engrenados. Os cristais ocorrem com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 5,0 mm de comprimento. Podem ocorrer fraturados e exibem sinais de recristalização, recuperação e extinção ondulante em diferentes graus.

O feldspato potássico (ortoclásio) constitui leitos descontínuos alongados, com formas lenticulares, com aspecto “sujo”. Os cristais são anédricos a predominantemente arredondados, alterados, com dimensões que variam de 0,1 mm a até 0,5 mm. Podem ser pertíticos. Apresentam extinção ondulante moderada a forte e ocorrem impregnados com óxido/hidróxido de ferro.

A granada ocorre como cristais subédricos, anédricos a arredondadas, com dimensões que variam de 0,5 a 3,0 mm. Os cristais são alongados, localmente com formas lenticulares e podem constituir agregados com formas ocelares (Figura 4.11-E). São fraturados e podem ser poiquilíticos, com inclusões arredondadas de quartzo e mais raramente de rutilo. Ocorrem agregados de cristais de granada com núcleos de cianita e cristais alterados para biotita (Figura 4.11-F). A granada pode ocorrer também como pseudomorfos, intensamente fraturados e alterados para óxido/hidróxido de ferro.

Os cristais de cianita são tabulares a anédricos, com dimensões que variam de 0,1 a 3,0 mm, fortemente orientada (Figura 4.11-G). Os cristais são poiquilíticos, com inclusões de granada, rutilo e de minerais opacos. Alguns cristais exibem *kink-bands* e extinção ondulante. Ocorre associada a granada (Figura 4.11-H) e ocorre parcialmente alterada para sericita e mais raramente para biotita.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre com aspecto “sujo” e coloração amarronzada, parcialmente a totalmente alterado. Constitui agregados lenticulares, orientados segundo a foliação principal da rocha, formando bandas descontínuas a difusas. Mostram-se

fraturados, com extinção ondulante e com textura antipertítica. Os cristais ocorrem parcialmente substituídos por sericita, carbonato, gibbsita e caulinita.

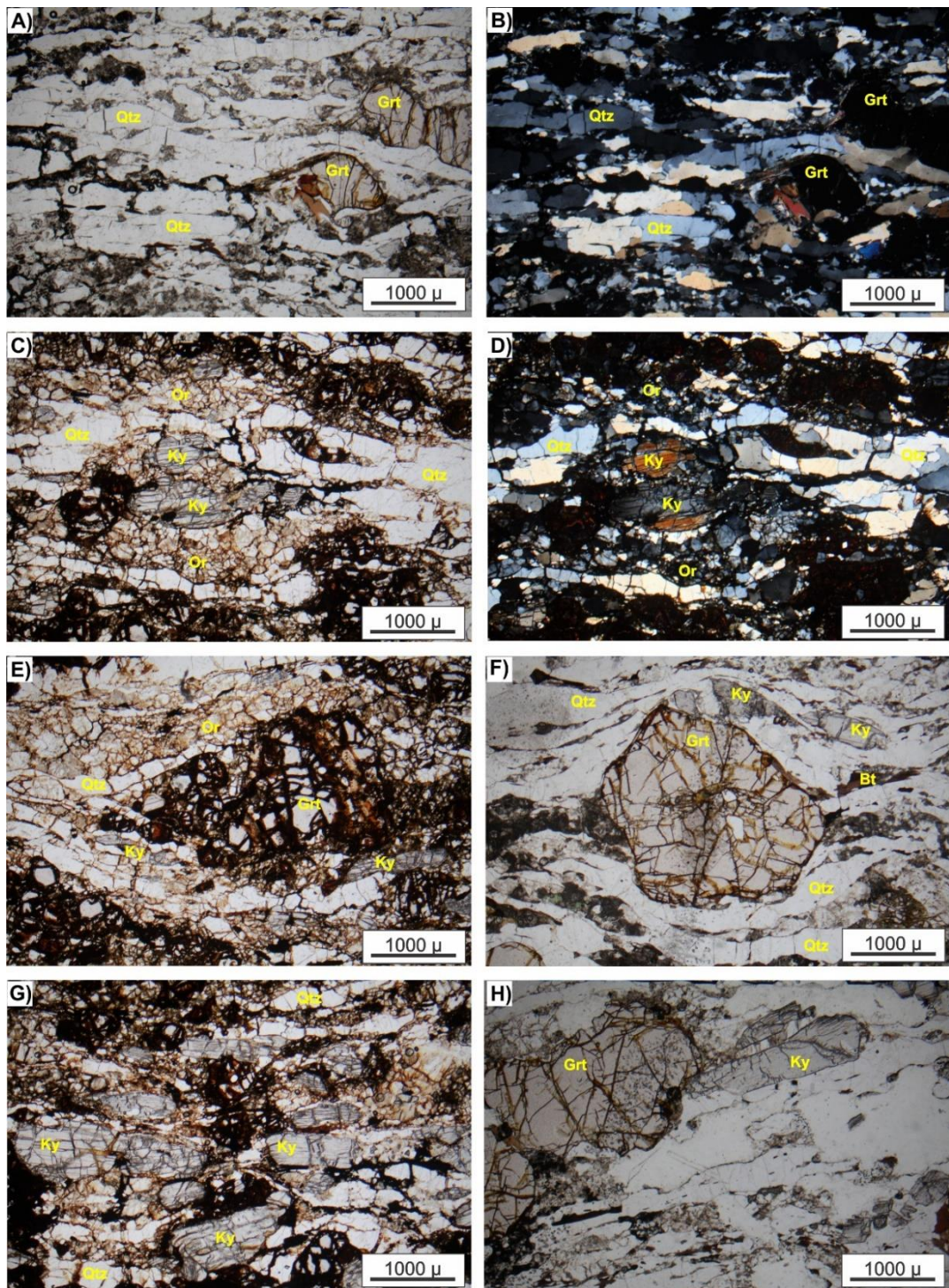


Figura 4.11 - Fotomicrografias de cianita-granada gnaiss. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica, às vezes com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas, associada a leitos descontínuos ou domínios com textura nematoblástica orientada (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Agregados de cristais de granada com formas oclares (Polarizadores paralelos); (F): Cristal arredondado e fraturado de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (G): Cristais tabulares de cianita fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (H): Cristal prismático de cianita associado à granada (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Or: ortoclásio, Qtz: quartzo.

A biotita ocorre como cristais tabulares de coloração marrom acastanhada, orientada, com dimensões que variam de 0,5 mm a 1,0 mm. O mineral é resultante de retrometamorfismo e ocorre corroendo cristais de granada e associado aos minerais opacos e rutilo. Pode ocorrer parcialmente cloritizada.

Os minerais opacos ocorrem como cristais anédricos ou subédricos, são representados por grafita e ilmenita e estão associados aos minerais máficos da rocha. Os cristais de rutilo ocorrem sob formas prismáticas, subédricas, anédricas e arredondadas, com até 1,0 mm de dimensão. Ocorrem inclusos em cristais de cianita e granada, dispersos nos leitos granoblásticos félsicos e também associados a biotita e ilmenita. O zircão é arredondado e disperso. Ocorrem ainda agregados de sericita, carbonato, gibbsita e caulinita, produto de alteração dos feldspatos. A clorita ocorre como mineral de reação retrógrada, resultante da alteração de retrometamorfismo tardio da biotita e mais localmente da granada.

4.2.2 Granada quartzitos

Intercalados aos cianita-granada gnaisses ocorrem cianita e/ou granada quartzitos e cianita e/ou granada quartzitos feldspáticos, com contatos gradacionais a nítidos e com intercalações centimétricas de quartzo xistos e mica xistos, com contatos gradacionais a transicionais. As porções mais quartzosas encontram-se mais preservadas. Esta litologia aparece sustentando as cristas das serras alinhadas na área de estudo, a exemplo da Serra da Palestina na porção leste (Figura 4.1).

Os cianita e/ou granada quartzitos são rochas de coloração bege esbranquiçada, que adquirem coloração rosada a avermelhada por ação de alteração intempérica. As exposições mais comuns destes litotipos afloram principalmente na forma de paredões com espessura métrica a decamétrica e na forma de blocos tabulares a arredondados com diâmetro métrico em áreas de pastagens (Figura 4.12-A, B, C, D).

Apresentam estrutura anisotrópica, marcada pela orientação de cristais achatados e estirados de quartzo, cianita e filossilicatos que podem gradar para estrutura xistosa. Próximo ao contato da zona de cisalhamento, essas rochas apresentam estrutura milonítica (Figura 4.12-E, F) com alto ângulo de mergulho.

Exibem textura granoblástica inequigranular orientada milonítica a blastomilonítica, com leitos descontínuos ou domínios porfiroblásticos/porfirocláticos e nematoblásticos descontínuos a lenticulares orientados (Figura 4.13-A, B, C, D, E, F, G, H).

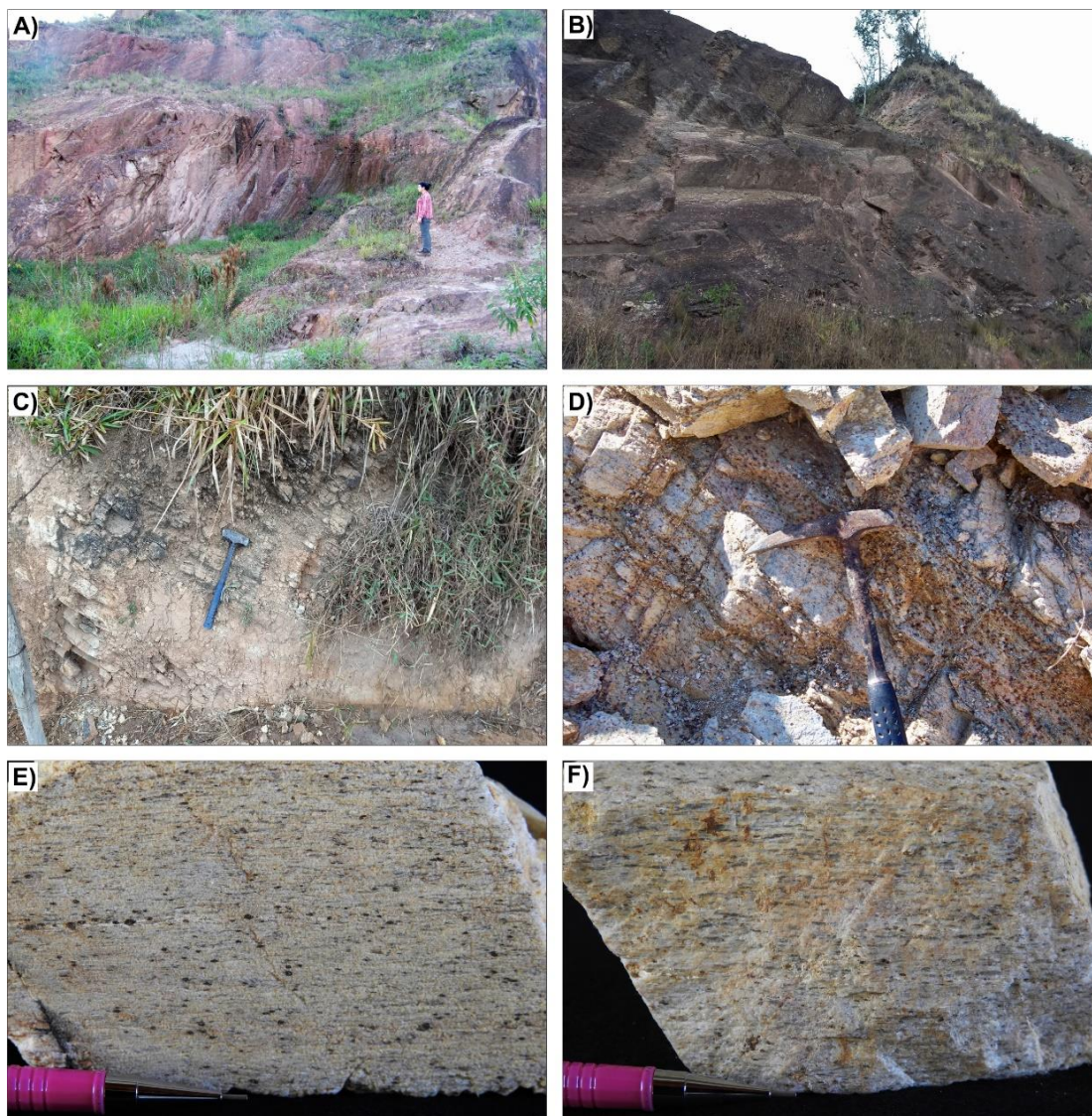


Figura 4.12 - Aspectos macroscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A), (B), (C): Exposições mais comuns de cianita-granada quartzito; (D): Afloramento de granada quartzito; (E): Estrutura anisotrópica a milonítica marcada pela orientação de cristais achatados e estirados de quartzo e granada; (F): *Ribbons* de quartzo em granada quartzito.

Além de quartzo, que pode compor até 90% do conteúdo mineralógico dessas rochas, a mineralogia principal é constituída por granada (5-40%), cianita (0-25%), feldspato potássico (0-5%), biotita (0-5%), muscovita (0-5%), rutilo (0-3%), minerais opacos (<1%) e traços de zircão, apatita, plagioclásio, sericita, gibbsita, caulinita e pirofilita.

O quartzo é irregular, ocorre como cristais subédricos a anédricos, alongados, com contatos retos a predominantemente lobulados e engrenados e granulação variável. Os cristais podem formar *ribbons* com dimensões superiores a 5,0 mm de comprimento. Exibem extinção ondulante em diferentes graus, recristalização, recuperação e formação de subgrãos. Os cristais podem ocorrer fraturados. Ocorrem porções com cristais com contatos engrenados com

granulação menor e porções com contatos retos e lobulados com granulação maior e *ribbons*. Pode ocorrer com inclusões de acículas de rutilo.

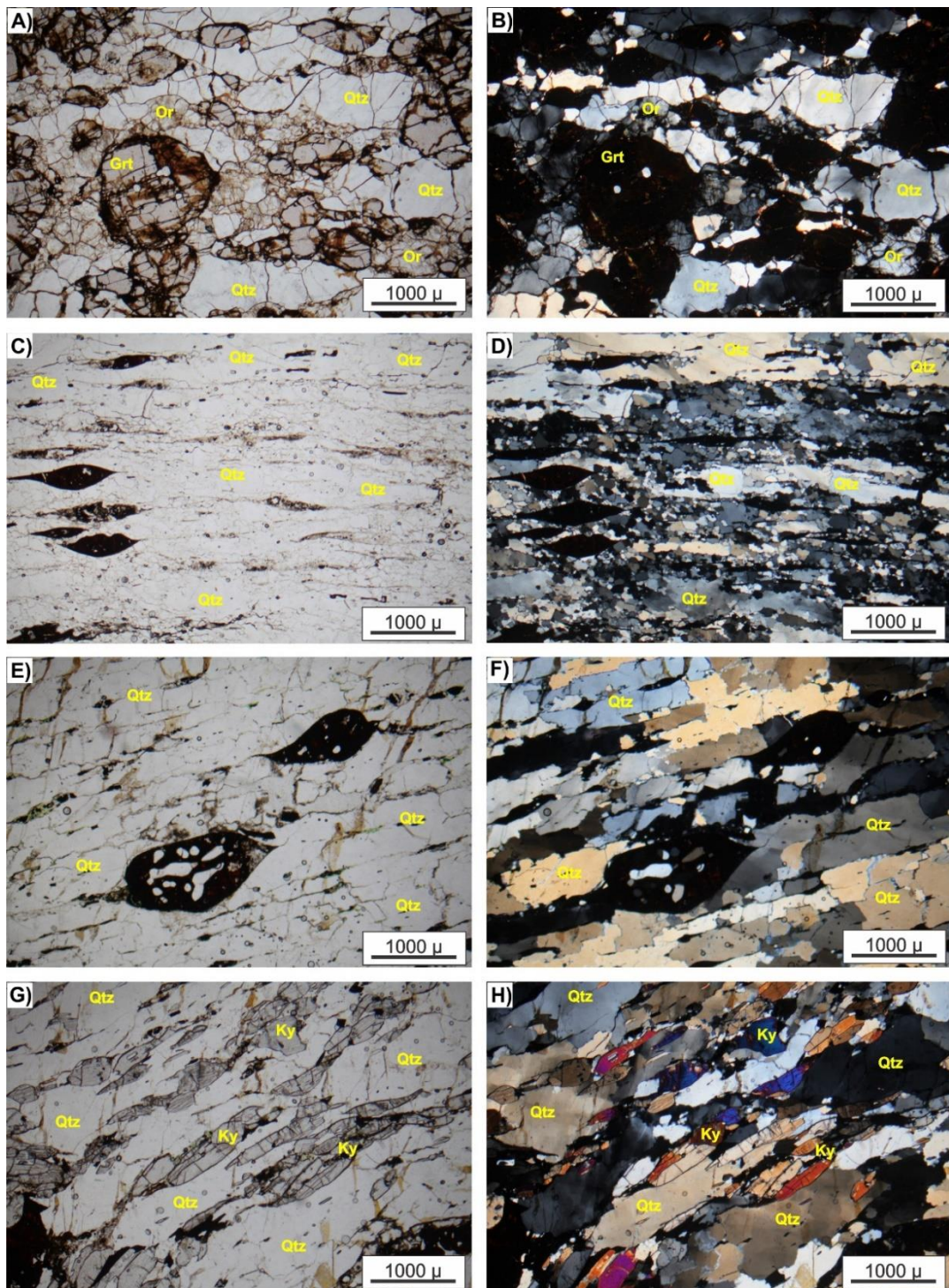


Figura 4.13 - Fotomicrografias de cianita-granada quartzito. (A), (B): Textura granuloblástica inequigranular orientada com formas lenticulares (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura milonítica/blastomilonítica com pseudomorfos de granada com formas oclares (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F): Textura blastomilonítica com *ribbons* de quartzo e pseudomorfos oclares de granada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (G), (H): Textura granuloblástica inequigranular orientada intercalada a leitos descontínuos nematoblásticos orientados compostos por cianita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente). Grt: granada, Ky: cianita, Or: ortoclásio, Qtz: quartzo.

A granada é irregular, ocorre como cristais subédricos, anédricos e arredondados, comumente alongados, às vezes com formas lenticulares (amendoadas) e com dimensões que variam de 0,1 mm a 5,0 mm. Pode formar leitos descontínuos fortemente orientados (Figura 4.14-A, B). Os cristais podem ocorrer intensamente alterados para óxido/hidróxido de ferro e são fraturados. São geralmente poiquilíticos com inclusões de cristais anédricos e arredondados de quartzo, cianita e rutilo. Localmente ocorrem alterados para biotita, muscovita e sericita. A granada pode mostrar-se associada a cristais de cianita ou ocorrer envolvida por estas (Figura 4.14-C, D, E).

Os cristais de cianita ocorrem sob formas tabulares a anédricas, localmente lenticulares, com dimensões que variam de inferiores a 0,5mm a superiores a 6,0 mm de comprimento. A cianita também pode ocorrer como leitos descontínuos (Figura 4.14-F) ou formando agregados difusos com contatos retos entre si ou agregados com formas lenticulares. Frequentemente os cristais são fraturados, podem apresentar geminação lamelar, arqueamento (Figura 4.14-G), extinção ondulante em diferentes graus ou ainda com inclusões de cristais de rutilo (Figura 4.14-H). Podem ocorrer associados aos cristais de rutilo, mostrando contatos retos. Os cristais podem ocorrer parcialmente alterados para muscovita, sericita e pirofilita.

O feldspato potássico (ortoclásio), quando presente, ocorre constituindo domínios lenticulares difusos orientados segundo a foliação principal. Os cristais são anédricos a arredondados, com dimensões máximas de 1,5 mm e formam agregados lenticulares. Mostram extinção ondulante leve a moderada e podem ser pertíticos. Comumente os cristais ocorrem parcialmente alterados para muscovita, sericita, gibbsita e caulinita. Podem estar presentes também cristais poligonais de plagioclásio parcialmente substituídos por gibbsita e caulinita.

A biotita ocorre como pequenos cristais de coloração marrom avermelhada resultantes de alteração da granada e raramente inclusos em cristais de granada. A muscovita ocorre como pequenos cristais tabulares ou como agregados fibrosos finos e crescem sobre o feldspato, cianita, biotita e granada.

Os cristais de rutilo são prismáticos a anédricos, às vezes com formas lenticulares, orientados, com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Ocorrem associados principalmente a cianita, exibindo contatos retos com esta. Também ocorrem como inclusões em cristais de cianita e granada.

Os minerais opacos constituem cristais anédricos a lenticulares, principalmente associados aos cristais de granada. Pode ocorrer também grafita associada a biotita e ao rutilo. Como minerais traços ocorrem cristais submilimétricos de zircão dispersos com formas subédricas a arredondadas; além de cristais dispersos de apatita, com formas sub-prismáticas a

sub-arredondadas e com dimensões inframilimétricas. A sericita ocorre como agregados fibrosos resultantes da alteração dos feldspatos, cianita e granada. Traços de gibbsita, caulinita e pirofilita resultam da alteração de ortoclásio e plagioclásio.

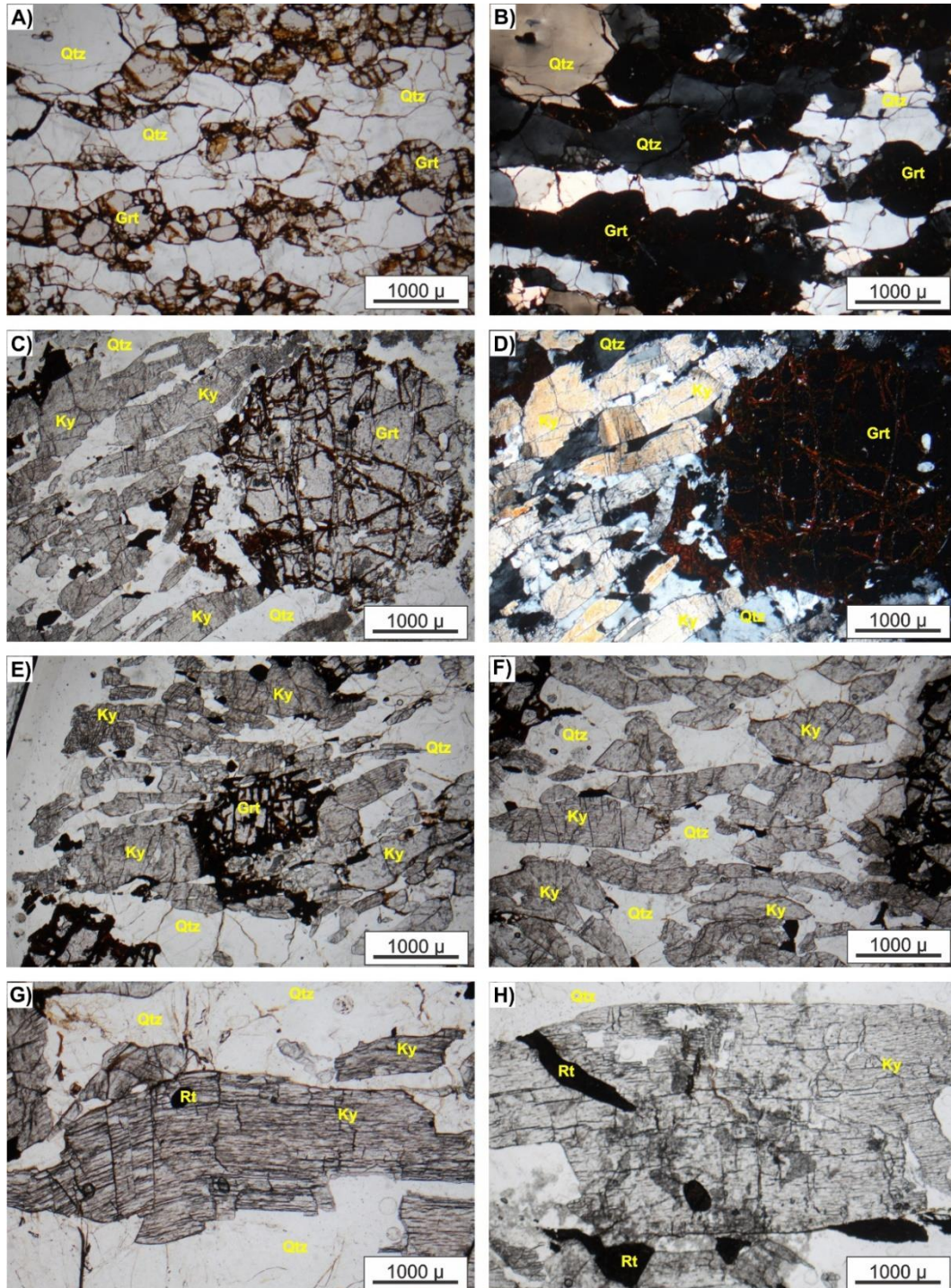


Figura 4.14 - Fotomicrografias de cianita-granada quartzitos. (A), (B): Leitos descontínuos formados por agregados lenticulares de cristais de granada fortemente orientados (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Cristais de cianita contornando cristal arredondado de granada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E): Cristais de cianita contornado cristal de granada (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de cianita formando leitos nematoblásticos descontínuos (Polarizadores paralelos); (G): Cristal de cianita arqueado com inclusão de rutilo (Polarizadores paralelos); (H): Cristal tabular de cianita com inclusões de cristais de rutilo (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo

4.2.3 *Granada gnaisses*

Os granada gnaisses ocorrem com maior expressão na porção centro-oeste e oeste da área de estudo (Figura 4.1). Ocorrem com diferenças composicionais, estruturais e texturais de um afloramento para outro ou de banda para banda, originando diversos sub-tipos petrográficos. Com a diminuição da granada, essas rochas transicionam para anfibólio e/ou biotita gnaisses. A composição dessas rochas varia de sienogranítica a tonalítica, com ocorrências locais de composições quartzo monzoníticas a quartzo monzodioríticas.

As exposições mais comuns desses litotipos estão associadas a cortes de estrada com espessura métrica a decamétrica, a blocos tabulares e arredondados com dimensões métricas e mais raramente em chão de estrada (Figura 4.15-A, B, C, D).

Intercalados nesses gnaisses é comum a presença de mobilizados ou injeções de material quartzo-feldspático de coloração cinza esbranquiçada a rósea (Figura 4.15-E) e veios de quartzo com formas irregulares ou como leitos e bandas concordantes, com contatos abruptos com os granada gnaisses. Em algumas porções, estas rochas exibem feições migmatíticas.

São rochas de coloração cinza claro a cinza escuro esverdeado quando frescas, a bege esbranquiçado a rosado com máculas de cor vermelho amarronzado quando alteradas por intemperismo. Exibem estrutura gnáissica homogênea a bandada, nítida a comumente difusa, com feições blastomiloníticas frequentes (Figura 4.15-F, G, H). O bandamento é marcado pela alternância de leitos descontínuos de espessura milimétrica a submilimétrica constituídos por minerais félsicos e por minerais máficos, às vezes fusiformes, ou ainda por *ribbons* de quartzo e ocelos de feldspatos, contornando ou interrompidos por cristais de granada.

Estas rochas podem exibir porfiroclastos/porfiroblastos de feldspato potássico, de coloração predominantemente rósea, com formas tabulares, arredondadas a ocelares, com dimensões que variam de subcentimétrica a centimétrica.

Apresentam textura granoblástica poligonal a interpenetrada, pouco orientada a blastomilonítica, com leitos descontínuos ou domínios difusos porfiroblásticos/porfiroclásticos, lepidoblásticos e nematoblásticos pouco orientados a blastomiloníticos (Figura 4.16-A, B, C, D, E, F, G, H). A matriz é constituída por quartzo e feldspatos recrystalizados. Ocasionalmente ocorre gnaisses com textura reliquiar ígnea, geralmente associados a porções menos deformadas (LEME, 2016).

Os granada gnaisses podem apresentar como minerais essenciais: feldspato potássico (<1-40%), plagioclásio (15-50%), quartzo (10-35%), granada (5-45%), biotita (traços-15%), anfibólio (0-10%), clinopiroxênio (0-10%), além de minerais acessórios como epidoto (<1%),

ilmenita (<2%), rutilo (0-5%), muscovita (0-2%), allanita (0-1%), titanita (0-2%), apatita (<1%), zircão (<1%) e traços de carbonatos, clorita e sericita.



Figura 4.15 - Aspectos macroscópicos dos granada gnaisses. (A), (B), (C), (D): Principais formas de ocorrência dos granada gnaisses; (E): Injeção quartzo-feldspática em granada-anfibólio-biotita gnaiss; (F): Bandamento gnáissico descontínuo definido pela alternância de leitos félsicos e leitos máficos em biotita-granada-anfibólio gnaiss; (G), (H): Feições blastomiloníticas com cristais de feldspato com forma ocelar.

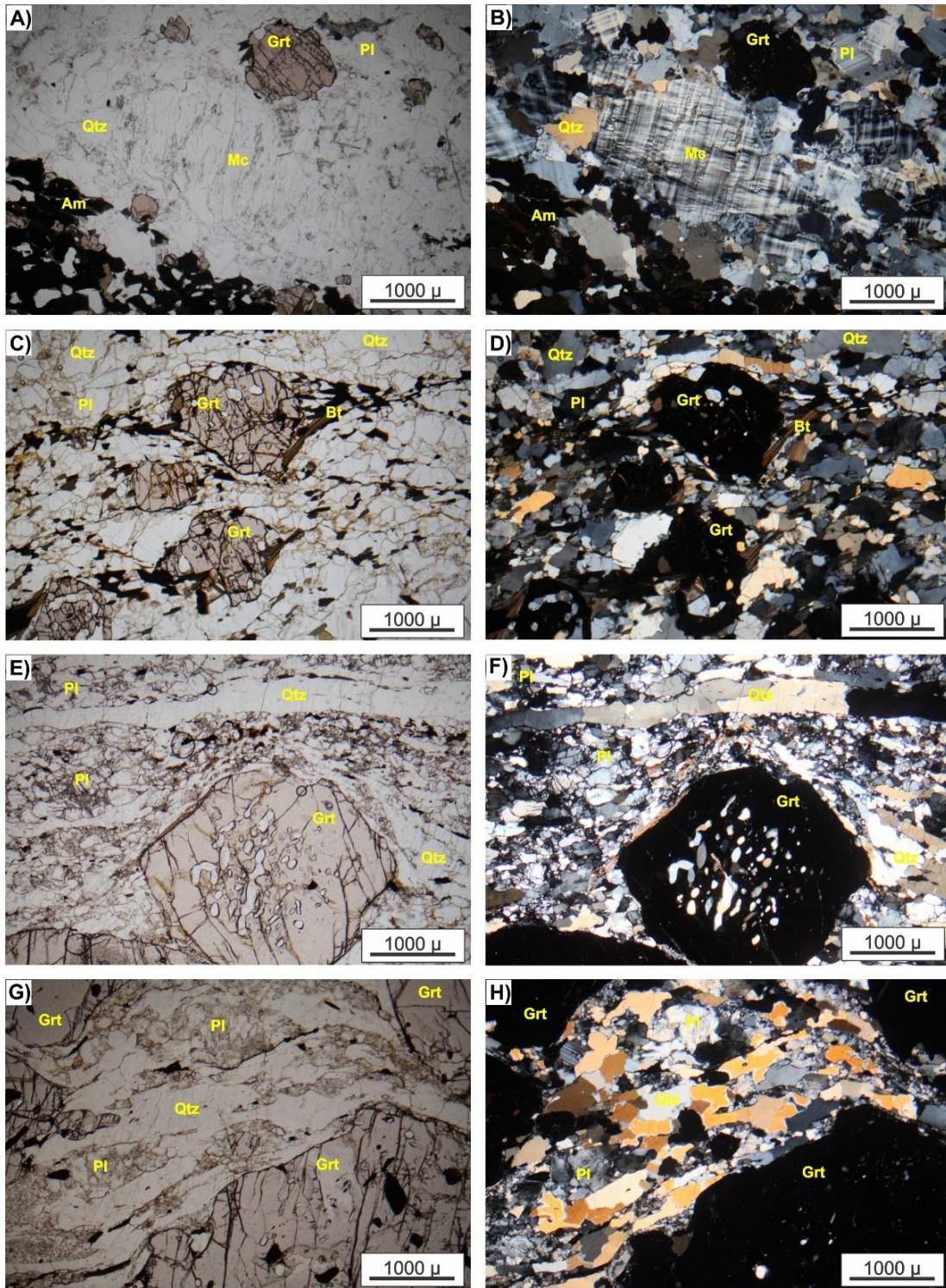


Figura 4.16 - Fotomicrografias de granada gnaisses. (A), (B): Textura granoblástica lobulada pouco orientada com domínios nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura granoblástica orientada com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F), (G), (H): Textura blastomilonítica com leitos descontínuos ou domínios difusos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em E e G, polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Bt: biotita, Grt: granada, Mc: microclínio, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

O feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) ocorre como cristais subédricos a anédricos, por vezes alongados ou com formas ocelares, com contatos frequentemente lobulados a retos e engrenados, e dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 5,5 mm de comprimento. São pertíticos a mesopertíticos (filetes e vênulas), apresentam extinção ondulante em diferentes graus, além de recristalização e recuperação. Apresenta geminação em grade nítida e mais comumente difusa, provavelmente oriunda de triclinização do ortoclásio (passagem de ortoclásio para microclínio). Localmente exibe bordas albitizadas e textura pertítica. Nesses gnaisses é comum aparecer ortoclásio intersticial, que corrói o plagioclásio, formando textura antipertítica por corrosão.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre sob a forma de cristais tabulares, subédricos a anédricos e ocelares (Figura 4.17-A, B), às vezes alongados, com contatos retos a frequentemente lobulados e dimensões que variam de 0,2 mm a 5,0 mm. São antipertíticos (filetes e vênulas) por corrosão e mirmequíticos, apresentam extinção ondulante leve a forte e sinais de recristalização e recuperação. A geminação polissintética, quando presente, pode ser nítida a difusa e localmente arqueada. Podem ocorrer formando agregados poligonais com contatos retos e textura de equilíbrio. Os cristais exibem grau variado de albitização, com filmes ou filetes de carbonatos e bordas albíticas (saussuritizados). Localmente ocorre englobando a granada ou com gotas de quartzo.

Os cristais de quartzo são anédricos, podem ser alongados, com contatos lobulados a imbricados, com dimensões que variam de inframilimétricas a 9,0 mm de comprimento e geralmente formam *ribbons* (Figura 4.17-C). Exibem extinção ondulante em diferentes graus, além de sinais de recristalização e recuperação. Alguns cristais mostram inclusões aciculares de rutilo ou de gotas de plagioclásio.

A granada ocorre sob a forma de cristais subédricos, anédricos, arredondados a lentiformes, com dimensões que variam de 0,2 a 9,0 mm ou como agregados difusos. Comumente mostram bordas irregulares com feições ameboides. Frequentemente os cristais são poiquilíticos (Figura 4.17-D), com inclusões de rutilo, quartzo, plagioclásio, minerais opacos, biotita e zircão. Os cristais são fraturados, podem ocorrer oxidados e alguns apresentam aspecto de dissolução. As bordas dos cristais de granada mostram-se corroídas por biotita (Figura 4.17-E) e outros filossilicatos, como sericita e muscovita e também anfibólio. Localmente, ocorre com finas acículas de anfibólio de dimensões submilimétricas em arranjo romboédrico (as acículas estão dispostas segundo duas direções principais, formando ângulos próximos de 90° entre si), que sugerem ser resultante de exsolução da granada. Pode formar coroas em torno de cristais de plagioclásio.

A biotita ocorre como pequenos cristais tabulares ou sob a forma de palhetas irregulares de coloração marrom claro a marrom avermelhado, com dimensões de até 1,5 mm. Pode ocorrer como cristais primários, orientados segundo a foliação principal, formando leitos lepidoblásticos descontínuos e também corroendo cristais de granada, de anfibólio e clinopiroxênio resultantes de reação retrometamórfica. Pode ocorrer intercrescida com muscovita e clorita. Está associada aos minerais opacos e ao rutilo.

O anfibólio (hastingsita/ferro-hastingsita), quando presente, ocorre como cristais subédricos a anédricos, com dimensões da ordem de até 2,5 mm. Pode exibir bordas alteradas para biotita e em alguns casos, forma coroas quase completas ao redor dos cristais de granada (Figura 4.17-F) e clinopiroxênio. Localmente ocorre alterado para biotita.

Os cristais de clinopiroxênio (sahlita/hedenberguita) são subédricos a anédricos, com dimensões que podem alcançar até 1,5 mm. Podem ocorrer em agregados associados a granada (Figura 4.17-G). Mostram pleocroísmo em tons de verde pálido a verde. Podem ocorrer corroídos por biotita (Figura 4.17-H) e anfibólio.

O epidoto ocorre como cristais tabulares a arredondados, podendo atingir até 0,5 mm e frequentemente está associado aos domínios constituídos por biotita e anfibólio e ao plagioclásio.

Os minerais opacos são prismáticos, subédricos a anédricos, com dimensões inferiores a 1,0 mm. Ocorrem inclusos em cristais de granada com orientação aleatória ou dispersos nos domínios granoblásticos.

O rutilo ocorre sob formas prismáticas, anédricas a arredondas, orientado, com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Mostram-se principalmente inclusos em cristais de granada, dispersos na matriz granoblástica félsica e associados aos minerais opacos e biotita. Ocorrem cristais aciculares finíssimos inclusos em cristais de quartzo. A allanita ocorre como cristais subédricos, pode apresentar-se zonada ou com coroas de epidoto. A titanita é subédrica a anédrica, com dimensões médias da ordem de 0,3 mm e ocorre predominantemente associada à biotita; localmente ocorre formando coroas em minerais opacos.

A muscovita ocorre sob a forma de pequenos cristais tabulares a anédricos, de tamanho inferior a 0,3 mm e é principalmente resultante da substituição da biotita e da alteração dos feldspatos; localmente ocorre intercrescida com clorita. A apatita é prismática a arredondada, com dimensões inferiores a 0,3 mm e ocorre dispersa. O zircão é arredondo, às vezes zonado e ocorre comumente disperso ou incluso em cristais de granada. Os carbonatos, clorita e sericita ocorrem como minerais traços, resultantes de alteração retrometamórfica do plagioclásio.

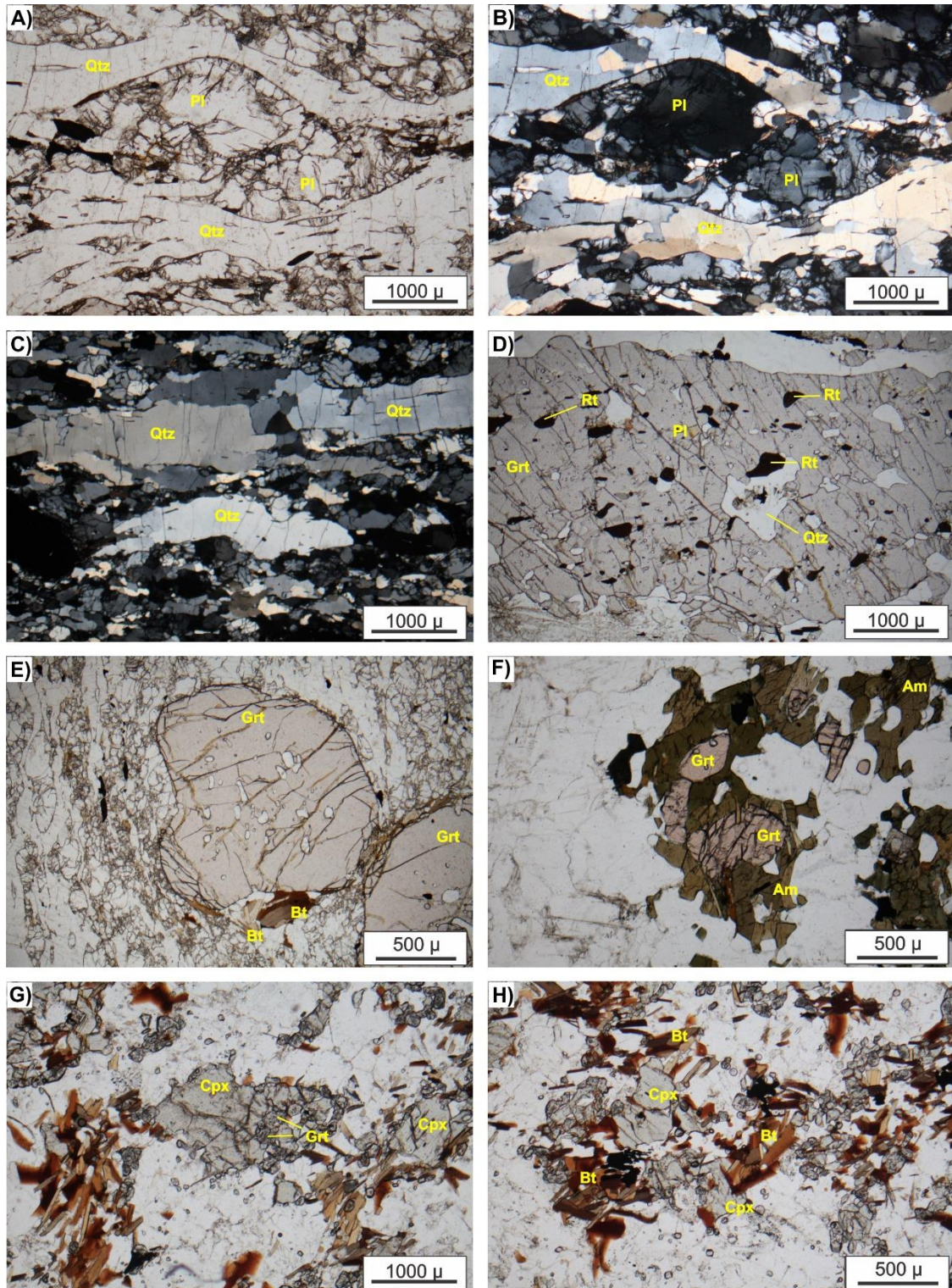


Figura 4.17 - Fotomicrografias de granada gnaisses. (A), (B): Agregados de cristais de plagioclásio com forma ocelar (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C): *Ribbons* de quartzo (Polarizadores cruzados); (D): Cristal de granada poiquilítico, com inclusões de quartzo e rutilo (Polarizadores paralelos); (E): Cristal arredondado de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de granada com coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de clinopiroxênio associados a pequenos cristais de granada (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de clinopiroxênio corroídos por biotita (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Rt: rutilo.

4.2.4 *Biotita-cianita-granada xisto feldspático*

No extremo oeste da área de estudo ocorre biotita-cianita-granada xisto feldspático (Figura 4.1). Esta litologia aflora na forma de lajedos métricos (Figura 4.18-A, B) a decamétricos ao longo do Ribeirão da Vargem e está intercalado aos granada gnaisses e associado a lentes de rochas metamáficas e metaultramáficas.

É uma rocha de coloração cinza claro azulada a cinza escuro quando fresca e adquire coloração rosada a amarronzada quando alterada por intemperismo. Apresenta forte anisotropia definida por estrutura xistosa com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas (Figura 4.18-C, D).

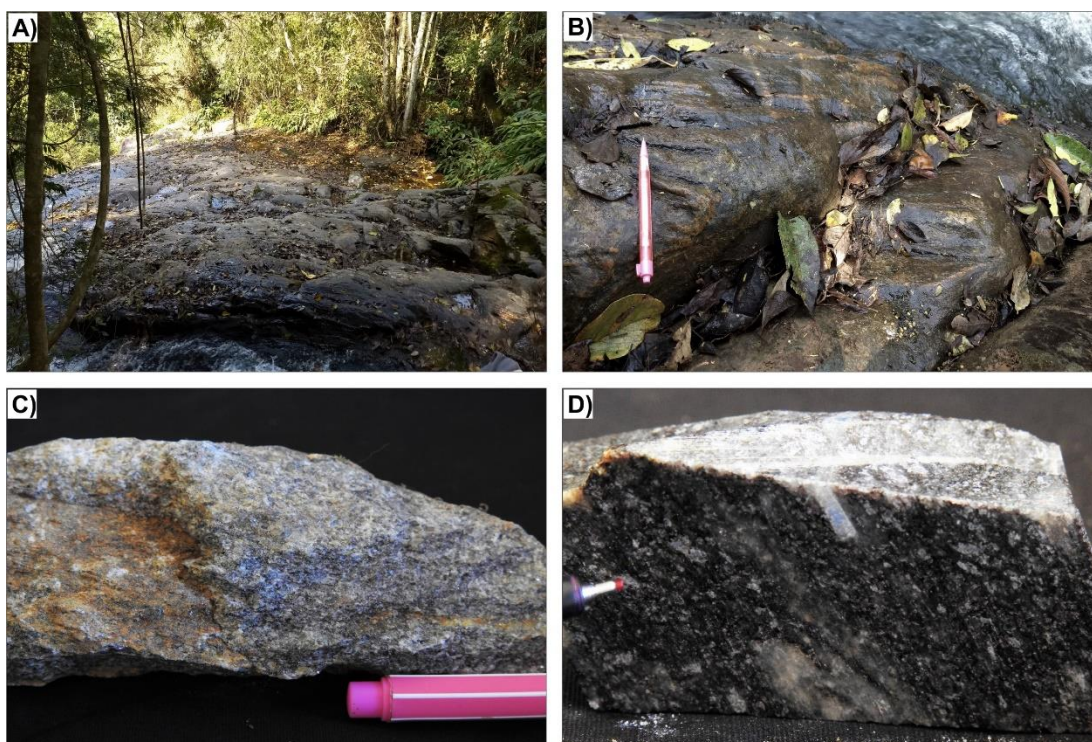


Figura 4.18 - Aspectos macroscópicos do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (A), (B): Principais formas de ocorrência do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (C), (D): Estrutura marcada por forte anisotropia definida por xistosidade com porções porfiroblásticas/porfiroclásticas.

O biotita-cianita-granada xisto feldspático apresenta textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios descontínuos a difusos nematoblásticos, lepidoblásticos e porfiroblásticos/porfiroclásticos inequigranulares orientados (Figura 4.19-A, B, C, D).

A mineralogia essencial desse litotipo é constituída por: quartzo (35-40%), granada (15-20%), feldspato potássico (<1-15%), cianita (10-15%), biotita (10-15%), muscovita (5-15%), sericita (<5%), plagioclásio (<2%), minerais opacos (<3%), rutilo ($\pm 1\%$), apatita (<1%) e zircão (traços).

O quartzo é irregular, ocorre sob formas predominantemente anédricas, com contatos lobulados a engrenados e dimensões que podem variar de 0,1 mm a 4,0 mm. Pode formar *ribbons*. Os cristais apresentam extinção ondulante em diferentes graus, recristalização, recuperação e formação de subgrãos.

A granada ocorre como cristais anédricos a predominantemente arredondados, com dimensões da ordem de 0,5 mm, podendo alcançar até 1,5 mm. Os cristais são relativamente límpidos, às vezes poiquilíticos, com inclusões de quartzo, rutilo e biotita e são pouco fraturados. Mostram-se parcialmente substituídos por biotita e às vezes por sericita. Ocorrem cristais euédricos de granada inclusos em cianita.

Os cristais de feldspato potássico são anédricos, com contatos lobulados e dimensões geralmente inferiores a 0,5 mm. É representado por microclínio oriundo de triclinização, com geminação em grade difusa. Os cristais exibem extinção ondulante em diferentes graus.

A cianita ocorre como cristais tabulares, subédricos a anédricos, orientados, com dimensões que variam de 0,1 mm a 5,0 mm. Os cristais são fraturados, poiquilíticos (Figura 4.19-E) com inclusões de granada, minerais opacos, rutilo, quartzo e podem mostrar geminação lamelar. Mostra-se corroída por biotita (bordas de biotita) e mais comumente está alterada e envolvida por filossilicatos finos e fibrosos (muscovita e sericita) (Figura 4.19-F, G). Raros cristais mostram *kink bands* e extinção ondulante.

A biotita ocorre sob a forma de cristais tabulares ou como finas palhetas irregulares com coloração marrom avermelhada. Ocorre substituindo ou envolvendo cristais de granada (Figura 4.19-H), resultante de reação retrometamórfica. Está associada a granada e aos minerais opacos. Os cristais de biotita podem estar envolvidos por sericita fina fibrosa ou alterados para muscovita.

A muscovita e a sericita ocorrem como cristais tabulares ou agregados de cristais fibrosos finos. São resultantes de reações tardias e ocorrem principalmente alterando e envolvendo cristais de cianita, de biotita e feldspatos.

Ocorrem raras cristas de plagioclásio (oligoclásio) com formas sigmoidais, contatos lobulados e dimensões inferiores a 0,4 mm. Mostram geminação polissintética nítida e podem ser mirmequíticos. Localmente ocorrem substituídos por muscovita e sericita.

Os minerais opacos (ilmenita e grafita) ocorrem como cristais tabulares, sub-prismáticos a sub-arredondados, estão orientados segundo a foliação principal, associados principalmente a biotita e mais raramente a granada. O rutilo é sub-prismático a arredondado e pode ocorrer incluso em cristais de granada e cianita ou associado a biotita e minerais opacos. A apatita é

prismática a arredondada e pode formar agregados granulares. Os cristais de zircão são arredondados e ocorrem dispersos.

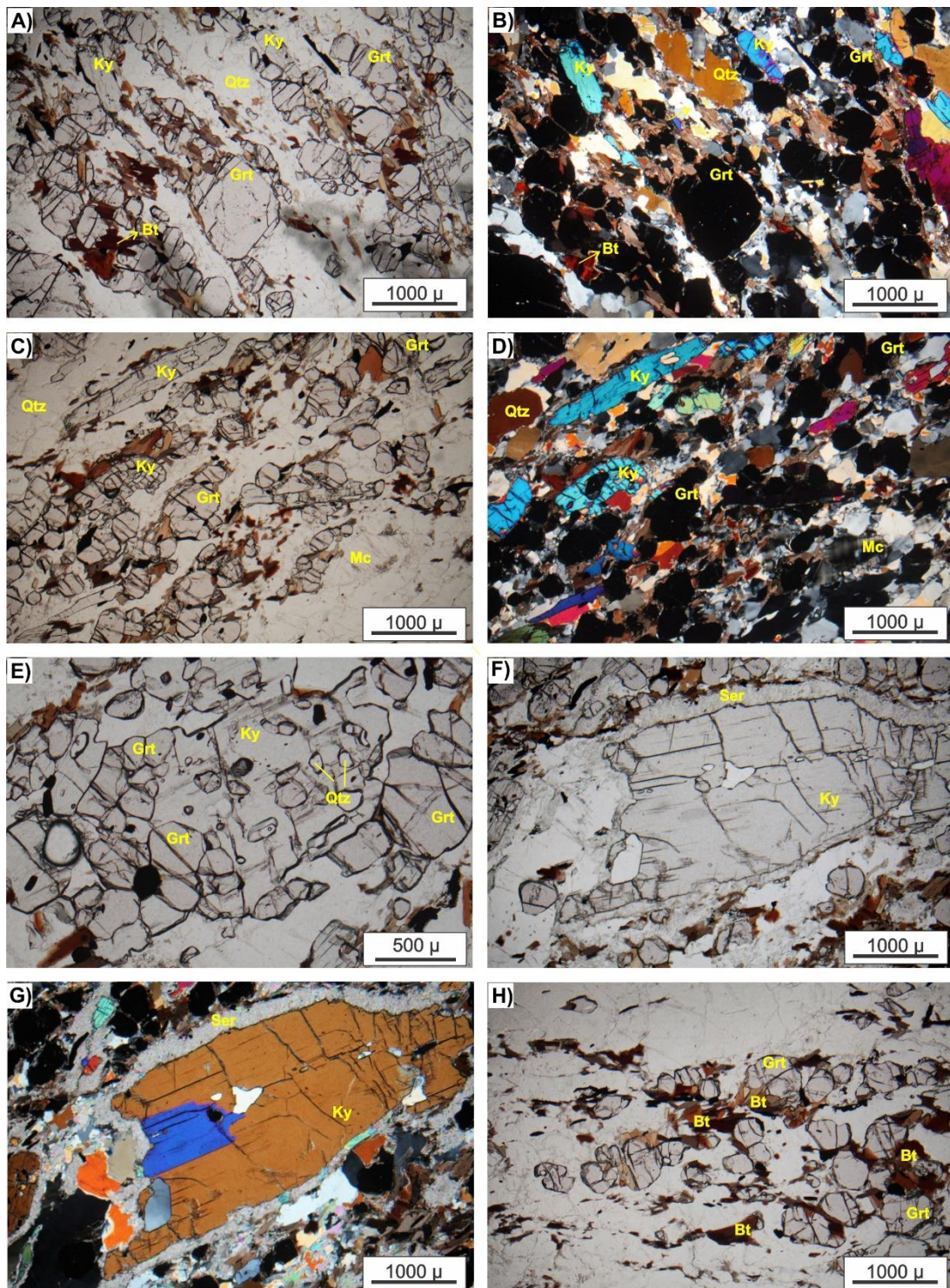


Figura 4.19 - Fotomicrografias do biotita-cianita-granada xisto feldspático. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios nematoblásticos, lepidoblásticos e porfiroblásticos/porfiroclásticos orientados (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E): Cristal de cianita poiquilítico, com inclusões de granada e quartzo (Polarizadores paralelos); (F), (G): Cristal de cianita envolvido por coroa de sericita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (H): Biotita corroendo cristais arredondados de granada (Polarizadores paralelos). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Mc: microclínio, Qtz: quartzo, Ser: sericita.

4.2.5 *Metamáficas*

As rochas metamáficas constituem bandas descontínuas, lenticulares a ocelares, de espessura centimétrica, métrica a decamétrica intercaladas nos metassedimentos pelíticos e psamo-pelíticos (Figura 4.20-A, B). São concordantes em relação as rochas encaixantes e apresentam contatos bruscos. Em escala de afloramento encontram-se boudinadas (Figura 4.20-C), marcando porções pouco deformadas e pouco alteradas por intemperismo.

As metamáficas mostram coloração verde escuro a cinza esverdeado escuro, com grau variável de anisotropia e com estrutura de aspecto maciço pouco orientada a termos com estrutura gnáissica descontínua a contínua e xistosa (Figura 4.20-D, E, F). São constituídas basicamente por clinopiroxênio, granada, anfibólio e plagioclásio, com diferenças estruturais e texturais de um afloramento para outro, de provável origem ortoderivada. Ocorrem também rochas metamáficas com texturas simplectíticas (clinopiroxênio e plagioclásio) e coroníticas (coroas de plagioclásio em cristais de granada), de retroeclogito (Figura 4.20-G) semelhante ao descrito por Hoppe et al. (1985), Zanardo (1992) e Luvizotto (2003) no Grupo Araxá.

A textura varia de granoblástica inequigranular bandada a nematoblástica inequigranular, às vezes associadas a porções porfiroblásticas/porfiroclásticas, com cristais de granada com até 1,0 cm de diâmetro (Figura 4.21-A, B, C, D, E, F, G, H).

A mineralogia principal das rochas metamáficas é constituída por: anfibólio (20-45%), clinopiroxênio (15-38%), granada (2-35%), plagioclásio (5-25%), escapolita (0-8%), epidoto (0-5%), titanita (0-5%), quartzo (<1%), rutilo (0-1%), minerais opacos (<1%), apatita (<1%), além de traços de zircão, biotita e clorita.

O anfibólio exhibe composição variando entre hornblenda tschermakita, hornblenda pargasítica e hastingsita, com coloração verde escura amarronzada e amarelo alaranjado. É irregular, ocorre predominantemente como cristais anédricos a subédricos, às vezes alongados, com dimensões que variam de 0,2 a 5,0 mm de comprimento. Podem constituir leitos descontínuos com orientação incipiente ou ocorrer como agregados de cristais euédricos de anfibólio com contatos poligonais (textura de equilíbrio). Ocorrem cristais de anfibólio simplectíticos com epidoto (Figura 4.22-A, B) e podem exhibir zoneamento, aparecendo delgada coroa de actinolita/ferro-actinolita. Em alguns casos, ocorre englobando cristais subédricos a arredondados de granada (Figura 4.22-C) e localmente mostram-se corroídos por biotita.

O clinopiroxênio exhibe composição entre diopsídio e sahlita e ocorre sob a forma de cristais subédricos a anédricos ou arredondados, com contatos retos a lobulados e dimensões que variam de 0,2 mm a 2,0 mm. Pode ocorrer como agregados euédricos com contatos retos entre si, mostrando textura de equilíbrio. Apresenta fraco pleocroísmo em tons de marrom

pálido a verde claro e são fraturados. Os cristais ocorrem parcialmente uralizados (Figura 4.22-D), podem ocorrer englobados por anfibólio ou ocorrer com textura simplectítica de anfibólio. Localmente ocorrem alterados por óxido/hidróxido de ferro.



Figura 4.20 - Aspectos mesoscópicos das rochas metamáficas. (A), (B): Lentes de rochas metamáficas intercaladas em metassedimentos pelíticos; (C): *Boudin* de rocha metamáfica intercalado em rocha metapelítica; (D), (E), (F): Amostras de rochas metamáficas com granada com estrutura bandada descontínua; (G): Amostra de retroeclogito.

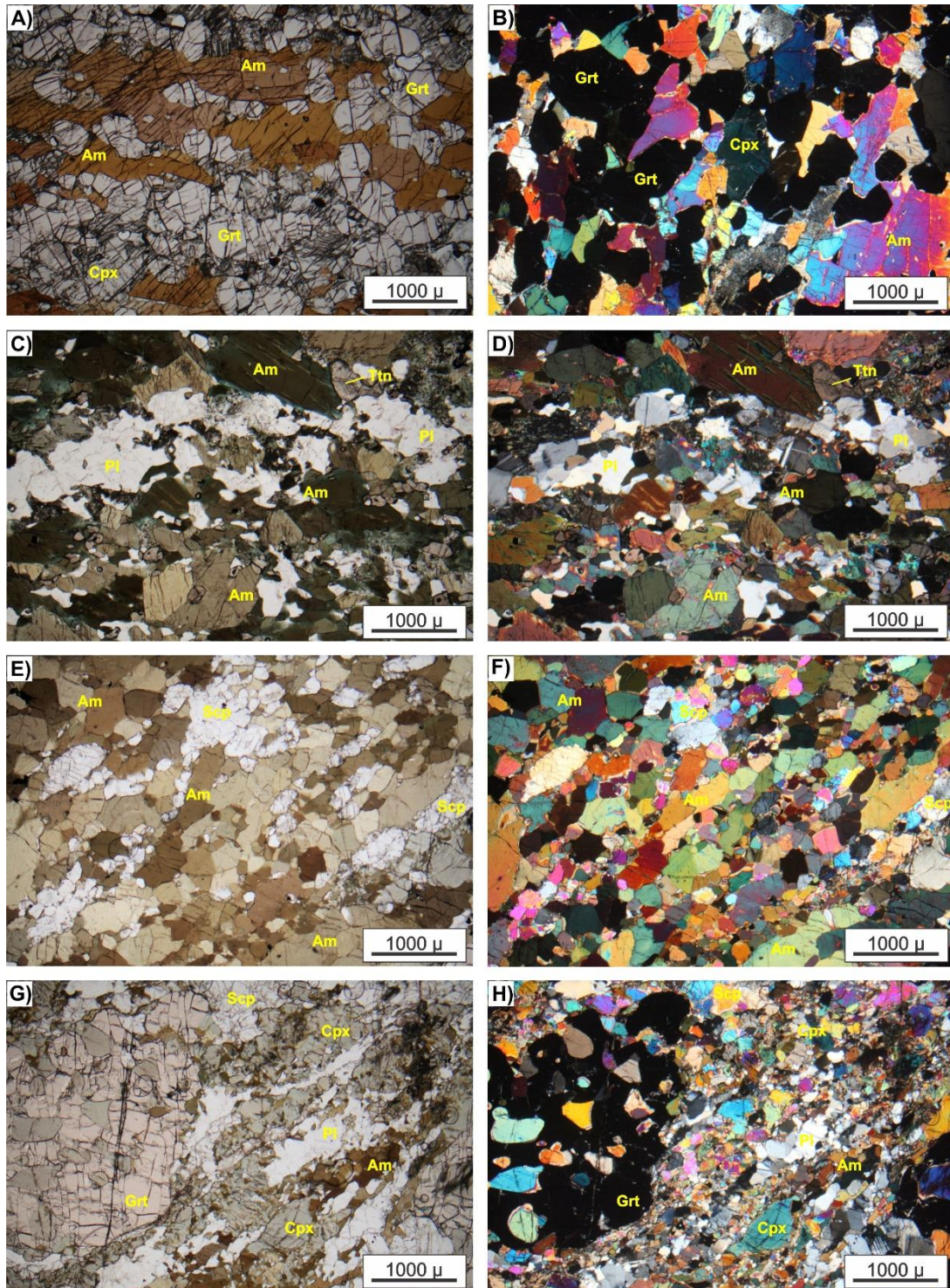


Figura 4.21 - Fotomicrografias das rochas metamáficas. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular orientada intercalada a domínios descontínuos nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (E), (F): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por escapolita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular constituída por clinopiroxênio, plagioclásio e escapolita associada a domínios descontínuos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita, Ttn: titanita.

A granada ocorre sob a forma de cristais subédricos, anédricos a arredondados, com bordas irregulares e dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 1,0 cm de diâmetro. Os cristais podem ser poiquilíticos, com inclusões de clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio, epidoto, escapolita, minerais opacos e rutilo (Figura 4.22-E, F). São fraturados, e as fraturas localmente ocorrem preenchidas por óxidos/hidróxidos de ferro ou epidoto e clorita. Ocorrem cristais com coroas de anfibólio ou substituídos por biotita e anfibólio.

O plagioclásio exibe composição variando de oligoclásio cálcico a andesina cálcica. Ocorre sob a forma de cristais tabulares a subédricos, com dimensões que variam de 0,1 a 1,0 mm. Podem formar agregados com contatos poligonais, mostrando textura de equilíbrio e mais raramente com contatos lobulados (Figura 4.22-G). Os agregados podem ser lentiformes, constituindo domínios descontínuos na trama da rocha. Apresentam geminação polissintética (Lei da Albita) nítida a difusa, às vezes com terminações em cunha e mais raramente geminação periclina-albita e extinção ondulante. Localmente apresentam delgada borda de albita.

A escapolita ocorre como cristais subédricos, com contatos predominantemente retos e dimensões médias da ordem de 0,4 mm. Os cristais formam agregados lenticulares, orientados segundo a foliação principal da rocha (Figura 4.22-H).

Os cristais de epidoto são predominantemente anédricos, com dimensões da ordem de 0,2 mm. Ocorrem associados à alteração do anfibólio e podem formar cristais simplectíticos com este mineral. Ocorrem cristais arredondados inclusos em granada.

A titanita constitui cristais subédricos, anédricos a arredondados, com dimensões que variam de 0,2 a 2,0 mm. Ocorre associada aos minerais máficos, principalmente ao anfibólio. Pode ocorrer como coroas em cristais de minerais opacos. Mais raramente pode envolver cristais de rutilo.

O quartzo é raro, subédrico, por vezes alongado, mostra contatos retos, com dimensões inferiores a 0,1 mm e exibe extinção ondulante. O rutilo ocorre sob a forma de cristais prismáticos, anédricos a arredondados, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm até 0,5 mm. Ocorre associado principalmente a granada, anfibólio e clinopiroxênio. Pode estar incluso em cristais de granada ou envoltos por titanita.

Os minerais opacos ocorrem como pequenos cristais anédricos e estão associados ao anfibólio e titanita; comumente ocorrem com coroas de titanita. Cristais de apatita prismáticos a arredondados e cristais arredondados de zircão ocorrem com dimensões inferiores a 0,1 mm e apresentam-se dispersos. A biotita e a clorita ocorrem como raros e pequenos cristais tabulares, corroendo cristais de granada.

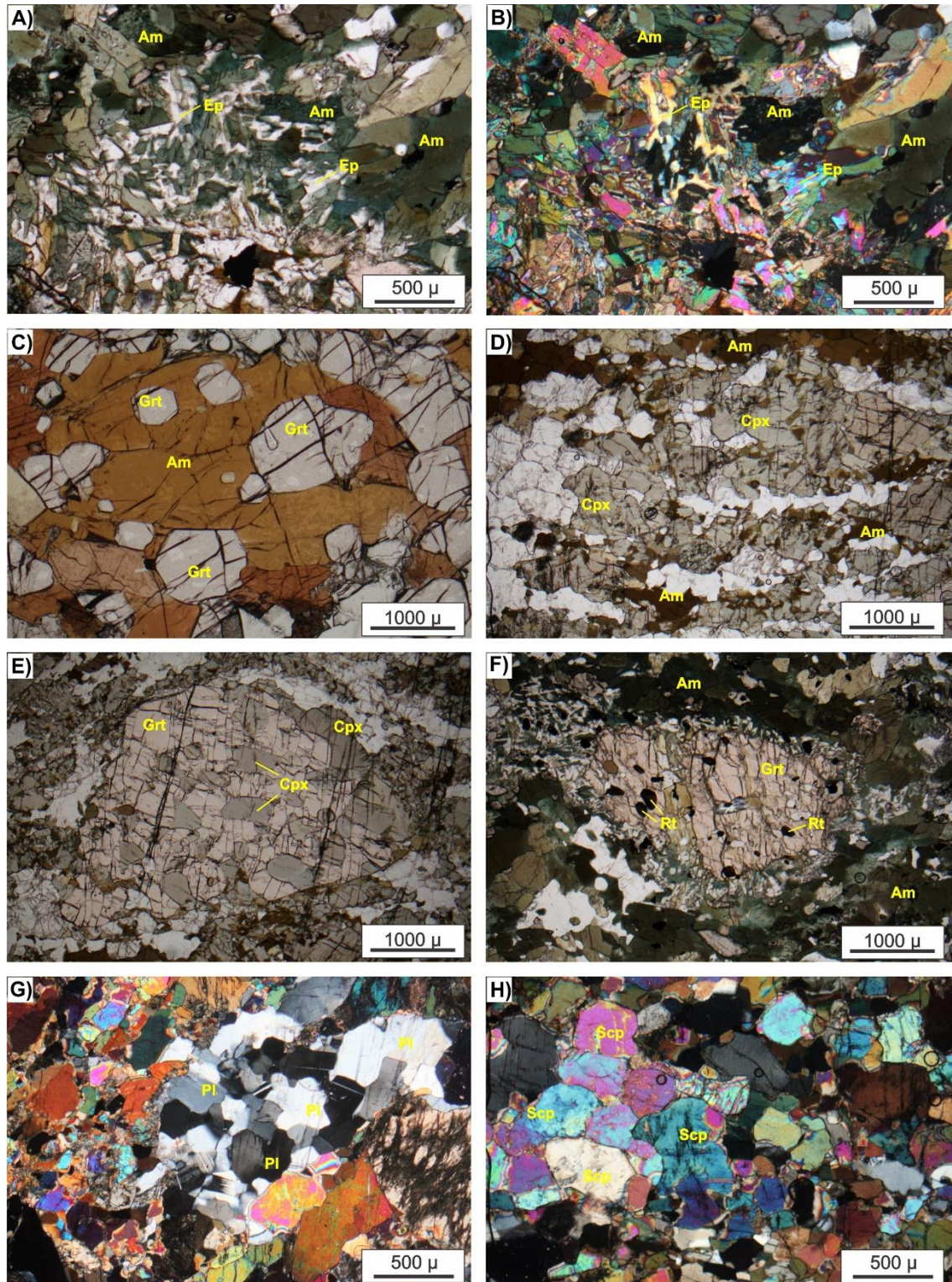


Figura 4.22 - Fotomicrografias das rochas metamáficas. (A), (B): Cristais de anfibólio com epidoto e anfibólio simplectítico (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C): Cristais de granada envolvidos por anfibólio (Polarizadores paralelos); (D): Cristais de clinopiroxênio em processo de uralitização (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais de granada poiquilíticos, com inclusões de clinopiroxênio (em E) e de rutilo (em F) (Polarizadores paralelos); (G): Agregado de cristais de plagioclásio com contatos retos (Polarizadores cruzados); (H): Agregado de cristais de escapolita com contatos retos (Polarizadores cruzados). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo, Scp: escapolita.

4.2.5.1 *Retroeclogito*

As rochas interpretadas como retroeclogitos foram descritas na porção oeste do Grupo Araxá e ocorrem como lentes métricas encaixadas em biotita-cianita-granada xisto feldspático na região do Ribeirão da Vargem (Figura 4.1).

O retroeclogito é uma rocha de coloração verde escuro com pontuações milimétricas arredondadas de coloração marrom avermelhada marcada por cristais de granada. Apresenta estrutura levemente anisotrópica, com textura granoblástica inequigranular com fraca orientação (Figura 4.23-A, B), constituída por clinopiroxênio (30-35%), granada (30-35%), anfibólio ($\pm 10\%$), plagioclásio ($\pm 10\%$), quartzo (5-10%), com mineralogia acessória composta por ilmenita (2-3%), titanita ($< 1\%$), rutilo ($< 1-2\%$), apatita ($< 1\%$), além de traços de zircão e carbonatos.

Neste litotipo, a granada ocorre como cristais anédricos a arredondados, com bordas irregulares e lobuladas e dimensões que variam de 0,5 mm a 5,0 mm. Localmente ocorrem porções com cristais arredondados de tamanho inferior ou próximo de 0,1 mm. São poiquilíticos, com inclusões de quartzo, plagioclásio, clinopiroxênio, rutilo, anfibólio, ilmenita e zircão. Os cristais de granada são comumente circundados por coroas de plagioclásio e quartzo, com contatos predominantemente retos entre si (Figura 4.23-C, D, E, F). A granada em contato com o clinopiroxênio é menos frequente. Os cristais mostram-se corroídos por anfibólio marrom, por clinopiroxênio e mais localmente por anfibólio verde. Ocorrem agregados de cristais de granada com núcleos de clinopiroxênio ou mais raramente de anfibólio marrom. Alguns cristais mostram desmisturação de titanita.

Os cristais de clinopiroxênio (sahlita) são anédricos, com dimensões médias da ordem de 0,5 mm. Cristais maiores podem alcançar dimensões de até 2,5 mm. Apresentam pleocroísmo em tons de verde pálido a marrom pálido. Podem ser simplectíticos, marcados pelo intercrescimento de clinopiroxênio e plagioclásio vermiforme, além de quartzo e anfibólio (Figura 4.23-G, H; Figura 4.24-A, B). Podem ocorrer parcialmente uralitizados.

O anfibólio ocorre sob a forma de cristais anédricos, com dimensões que podem alcançar até 3,0 mm. Os cristais apresentam forte pleocroísmo em tons de amarelo esverdeado a marrom pálido. Mostram-se associados principalmente aos cristais de clinopiroxênio, corroendo estes e também intercrescido nos cristais simplectíticos. É possível identificar ainda bordas de coloração esverdeada nos anfibólios de cor marrom, indicando a formação de um anfibólio de mais baixa temperatura. Podem ocorrer formando coroas em torno de cristais de ilmenita.

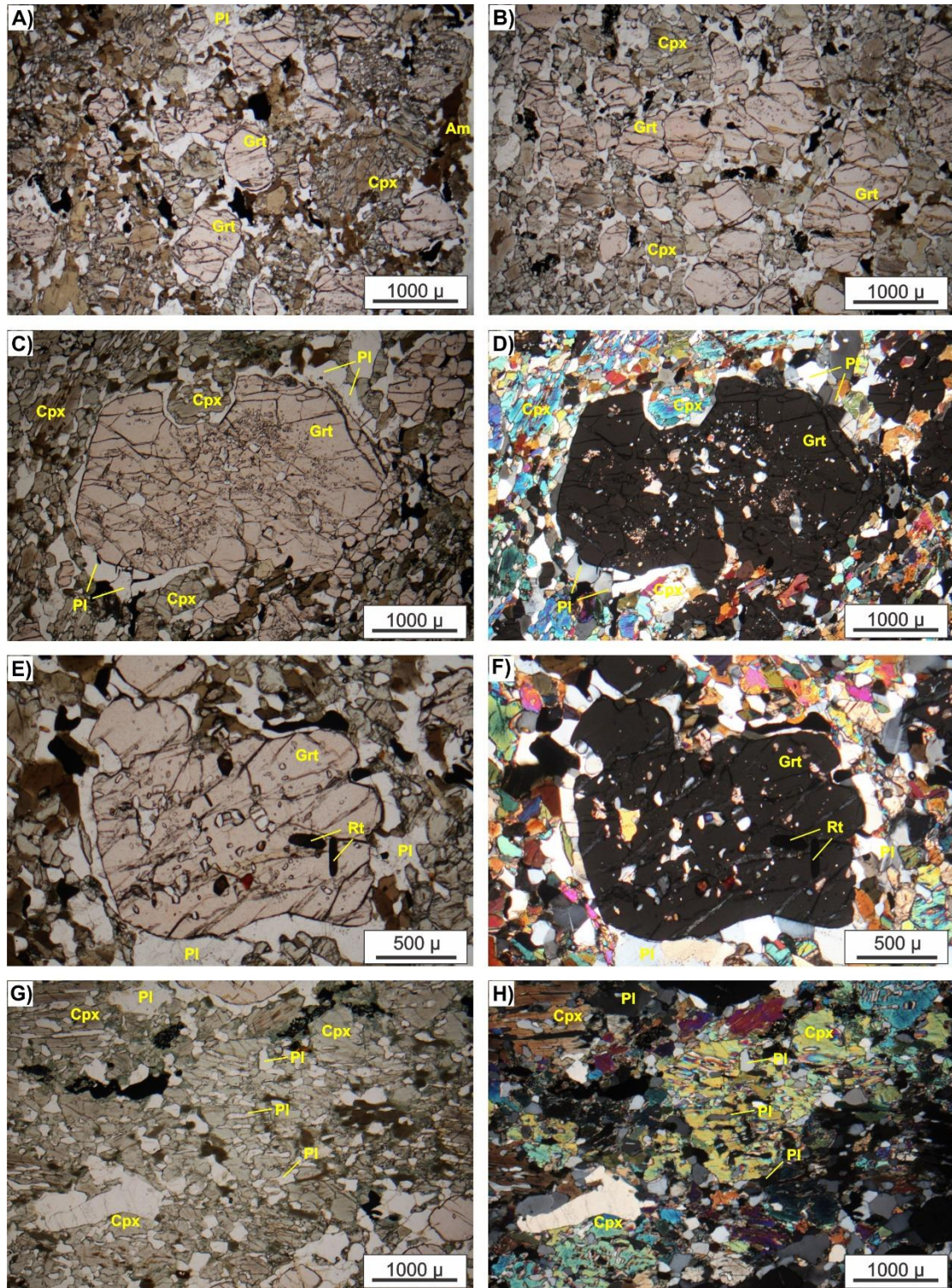


Figura 4.23 - Fotomicrografias de retroeclogito. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular com fraca orientação marcada por granada e clinopiroxênio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D), (E), (F): Cristais de granada poiquilíticos com coronas de plagioclásio (Polarizadores paralelos em C e E, polarizadores cruzados em D e F); (G), (H): Cristais de clinopiroxênio simplectíticos com plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutílio.

Os cristais de plagioclásio (oligoclásio/andesina) são euédricos a anédricos, com contatos retos a predominantemente lobulados e dimensões da ordem de 0,1 mm. Possuem

extinção ondulante leve e raramente apresentam geminação polissintética nítida. Constituem coroas em torno de cristais de granada com contatos retos entre si (textura de equilíbrio) e ocorrem com formas lamelares a vermiformes nos simplectitos.

Os cristais de quartzo são anédricos, com dimensões geralmente inferiores a 0,5 mm, porém, em algumas porções, podem alcançar 3,0 mm. Os cristais mostram extinção ondulante leve a moderada, sinais de recristalização e recuperação.

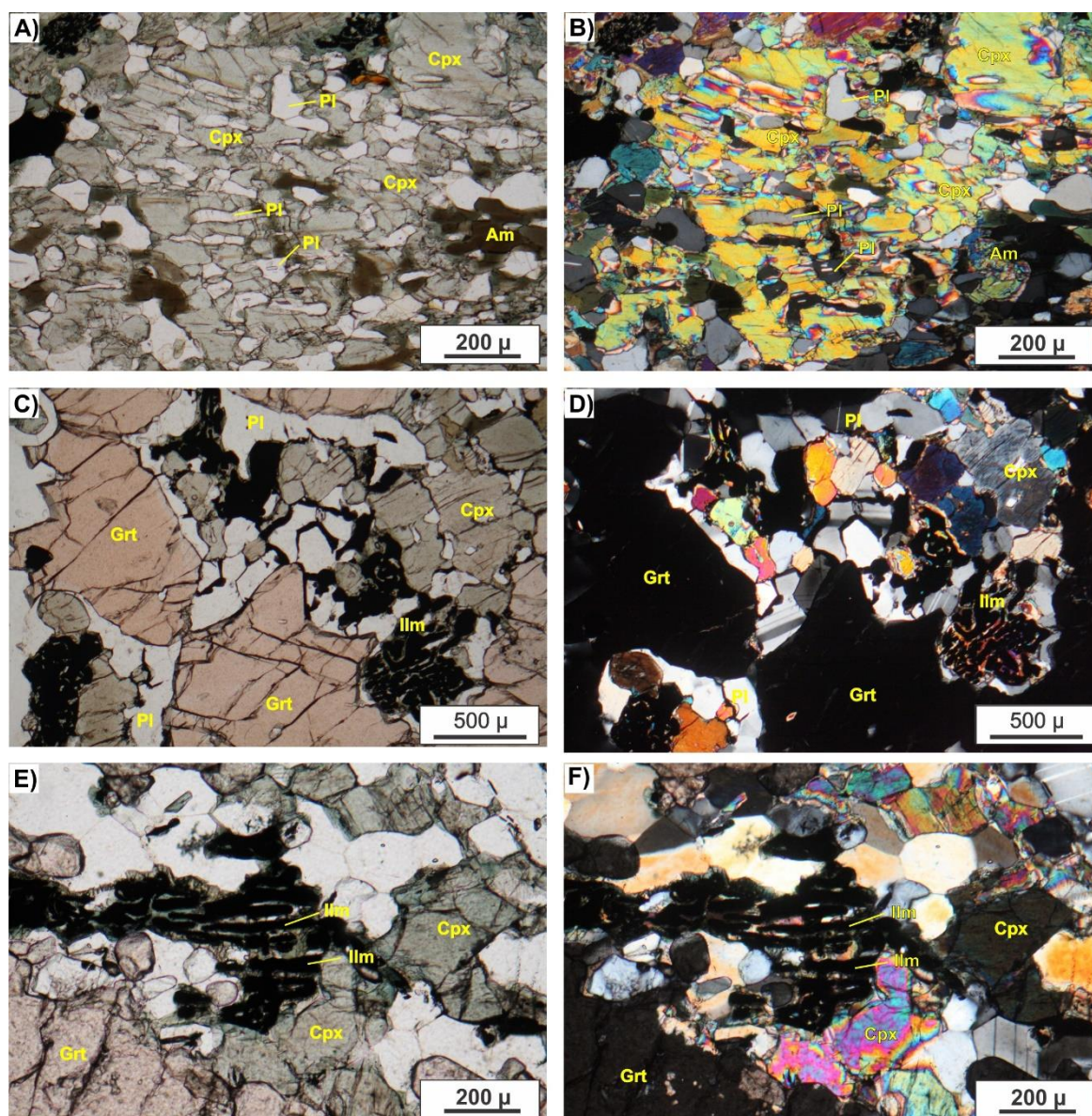


Figura 4.24 - Fotomicrografias de retroeclogito. (A), (B): Cristal de clinopiroxênio simplectítico com plagioclásio (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D), (E), (F): Cristais vermiformes de ilmenita (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Ilm: ilmenita, Pl: plagioclásio.

A ilmenita ocorre sob formas subédricas a predominantemente anédricas, com dimensões que variam de inferiores a 0,4 mm a 1,5 mm, associada aos minerais máficos, principalmente ao anfibólio. Localmente apresenta coroas de anfibólio verde e textura

vermiforme (simplectítica) (Figura 4.24-C, D, E, F). Também ocorre inclusa em cristais de granada. Os cristais de rutilo apresentam formas subédricas a arredondadas, raramente prismática, com tamanhos inferiores a 0,3 mm. Geralmente ocorrem inclusos em cristais de granada.

A titanita ocorre como cristais arredondados, associada aos minerais máficos; às vezes ocorre englobando o rutilo e como desmisturação na granada. O zircão forma cristais arredondados, com tamanho inferior a 0,1 mm e pode estar disperso ou incluso em cristais de granada. A apatita é arredondada, com dimensões da ordem 0,1 mm e também ocorre dispersa. O carbonato forma cristais anédricos a arredondados, associado principalmente a alteração da granada.

4.2.6 Metaultramáficas

As rochas metaultramáficas são raras na área de estudo e ocorrem como lentes de espessura centimétrica encaixada nos metassedimentos. São rochas de coloração verde acinzentado a cinza escuro quando frescas, com coloração ocre esverdeado quando alteradas por intemperismo. Apresentam estrutura isotrópica a anisotrópica marcada por xistosidade (Figura 4.25-A, B, C, D).

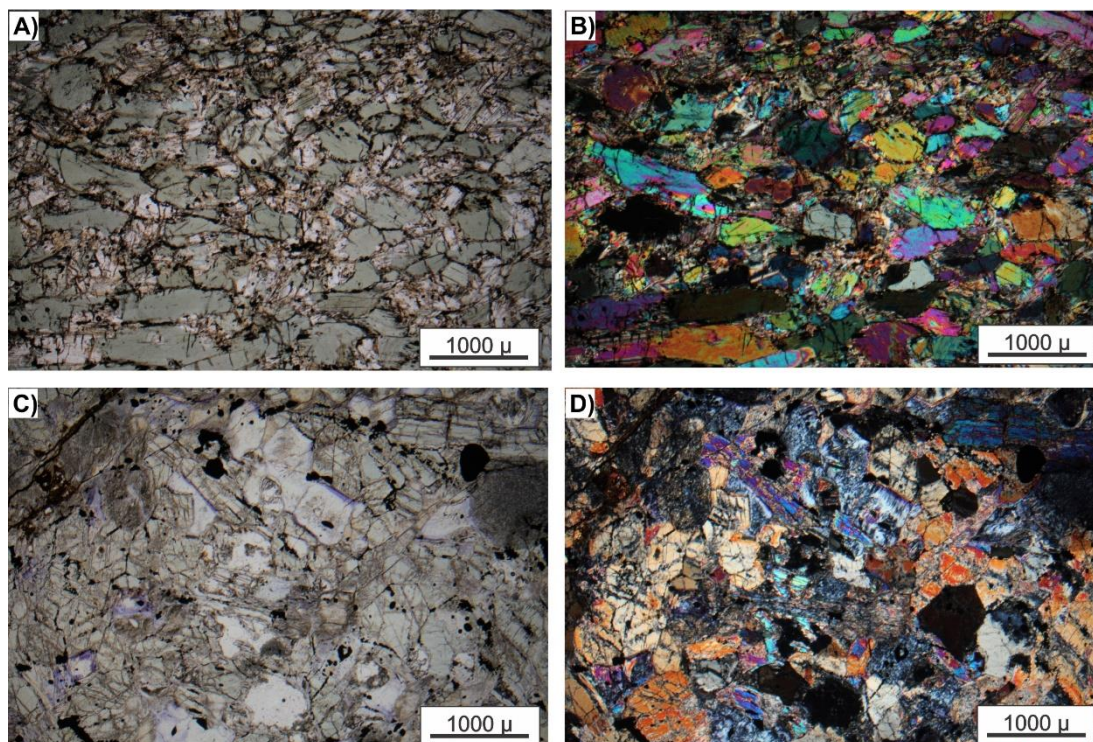


Figura 4.25 - Fotomicrografias de rochas metaultramáficas. (A), (B): Textura nematoblástica em anfibólio xisto fortemente orientada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente); (C), (D): Textura fracamente orientada em rocha metaultrabásica serpentinizada (Polarizadores paralelos e polarizadores cruzados, respectivamente).

As metaultramáficas descritas na área de estudo são representadas por anfibólio xisto e metaultrabásica serpentinizada.

O anfibólio xisto mostra textura nematoblástica inequigranular, constituído basicamente por hornblenda ($\pm 95\%$), cummingtonita ($\pm 4\%$), e traços de minerais opacos, rutilo e biotita.

Os cristais de hornblenda ocorrem sob formas predominantemente prismáticas a anédricas, com dimensões que variam de 0,4 mm a 4,0 mm e contatos predominantemente retos a lobulados. Exibem pleocroísmo em tons de verde a verde claro. Localmente ocorrem delgadas lamelas de desmisturação de cummingtonita em hornblenda em {001}.

A cummingtonita ocorre como cristais prismáticos a anédricos, com dimensões máximas de 0,5 mm e contatos retos a lobulados. Ocorrem com delgadas lamelas de desmisturação de hornblenda em cummingtonita em {001}.

Os minerais opacos ocorrem sob formas sub-prismáticas a anédricas, com dimensões inferiores a 0,2 mm; o rutilo é anédrico e com dimensões da ordem de 0,1 mm. A biotita é rara e está associada aos cristais de hornblenda.

Associadas às litologias metaultramáficas no Grupo Araxá, também ocorre rocha metaultrabásica serpentinizada, com estrutura isotrópica e textura granular ígnea preservada com domínios serpentinizados. É constituída por serpentina, pseudomorfs de clinopiroxênio e ortopiroxênio, anfibólio, além de minerais opacos e traços de espinélio.

Os cristais de piroxênio (comumente clinopiroxênio) ocorrem sob a forma de pseudomorfs subédricos a arredondados serpentinizados, com dimensões de até 2,0 mm.

O anfibólio (tremolita) ocorre corroendo o piroxênio, e também apresenta-se serpentinzado. Ocorre como cristais prismáticos a anédricos com dimensões de até 3,5 mm de comprimento, ou como palhetas fibrosas envolvendo os cristais de piroxênio, exibindo contatos denteados.

Os minerais opacos ocorrem sob a forma de cristais subédricos a anédricos, com dimensões de até 0,4 mm. Localmente ocorrem associados a cristais de espinélio.

5. QUÍMICA MINERAL

As análises de química mineral foram realizadas em 11 lâminas por meio de microsonda eletrônica da marca *JEOL* modelo *JXA-8230 superprobe*, sob condições de 15kV de aceleração, 20 nA de corrente e diâmetro do feixe de 10 µm, com padrões naturais para todos os elementos. A Tabela 5.1 apresenta os elementos analisados em cada mineral, os cristais e linhas utilizados e o tempo de análise (em segundos) no pico e em cada *background*.

Tabela 5.1 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral por microsonda eletrônica.

Elemento	Cristal	Linha	Padrão	Pico	Background
Granada					
Si	TAP	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Ti	PET	K α	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	K α	Almandina	10 s	5 s
Cr	PET	K α	Cromita	20 s	10 s
Fe ²⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	K α	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	K α	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Piroxênio (ortopiroxênio e clinopiroxênio)					
Si	TAP	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	K α	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	K α	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	K α	Cromita	20 s	10 s
Fe ²⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	K α	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	K α	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Feldspato					
Si	TAP	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Al	TAP	K α	Anortita	10 s	5 s
Fe ³⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Ba	PET	L α	Barita	20 s	10 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Anfibólio					
Si	TAP	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	K α	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	K α	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	K α	Cromita	20 s	10 s
Fe ²⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	K α	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	K α	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s

Tabela 5.1 - *continuação*

Elemento	Cristal	Linha	Padrão	Pico	Background
Biotita					
Si	TAP	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	K α	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	K α	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	K α	Cromita	20 s	10 s
Fe ²⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	K α	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	K α	Diopsídio	10 s	5 s
Ba	PET	L α	Barita	20 s	10 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Escapolita					
Si	TAP	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	K α	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	K α	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	K α	Cromita	20 s	10 s
Fe ³⁺	LIF	K α	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	K α	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	K α	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	K α	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	K α	Albita	10 s	5 s
K	PET	K α	Ortoclásio	10 s	5 s
SO ₃	PET	K α	Pirita	20 s	10 s

Das 11 lâminas selecionadas, quatro são referentes a rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) e sete lâminas são referentes a granada gnaisses (amostras TGL-34 e TGL-57), rochas metamáficas (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1) e rochas metapelíticas (TGL-39.2) atribuídas ao Grupo Araxá, escolhidas de acordo com suas associações minerais, diferenças texturais e proximidade com o contato entre as unidades do Complexo Guaxupé e Grupo Araxá. Foram analisados cristais de granada, piroxênio (clinopiroxênio e ortopiroxênio), feldspato (feldspato potássico e plagioclásio), anfibólio, biotita e escapolita.

Foram também analisadas concentrações de elementos traço em rutilo e quartzo em quatro amostras atribuídas ao Grupo Araxá (amostras TGL-17, TGL-34, TGL-38 e TGL-39), para o cálculo das condições de temperatura utilizando os geotermômetros Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo.

Os elementos traços foram analisados por meio de microsonda eletrônica da marca JEOL modelo JXA-8230 *superprobe*, sob condições de 20kV de aceleração, corrente de 80 nA e diâmetro do feixe de 5 μ m. No caso da análise do quartzo, foram utilizados 2 espectrômetros para análise do Si e 3 espectrômetros para análise do Ti. A Tabela 5.2 apresenta os elementos

analisados em cada mineral, os cristais e linhas utilizados e o tempo de análise (em segundos) no pico e em cada *background*.

Tabela 5.2 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral de elementos traço por microsonda eletrônica.

Elemento	Cristal	Linha	Padrão	Pico	Background
Rutilo					
Si	TAP	K α	Wollastonita	300 s	150 s
Al	TAP	K α	Coríndon	300 s	150 s
V	PET	K α	Metálico	150 s	50 s
Sn	PET	L α	Metálico	150 s	50 s
Cr	PET	K α	Metálico	150 s	50 s
Sb	PET	L α	Metálico	150 s	50 s
Ta	LIF	L α	Metálico	150 s	50 s
Fe	LIF	K α	Hematita	150 s	50 s
W	LIF	L α	Metálico	150 s	50 s
Hf	LIF	L α	Metálico	150 s	50 s
Zr	PET	L α	Zircão	150 s	50 s
Nb	PET	L α	Metálico	150 s	50 s
Ti	PET	K α	Metálico	20 s	10 s
Quartzo					
Si	TAP	K β	Quartzo	20 s	10 s
Ti	PET	K α	Rutilo sintético	400 s	200 s

A relação das amostras e minerais analisados está listada na Tabela 5.3. A localização das amostras analisadas é apresentada na Figura 5.1.

Tabela 5.3 - Minerais analisados por microsonda eletrônica em cada amostra

Unidade	Amostra	Grt	Opx	Cpx	Pl	Fk	Am	Bt	Scp	Rt	Qtz
Complexo Guaxupé	TGL-13	x	x	x	x	x	x				
	TGL-32	x	x	x	x	x					
	TGL-58	x	x	x	x	x	x	x			
	MAG-11	x	x	x	x		x				
Grupo Araxá	TGL-17	x		x	x		x			x	x
	TGL-34	x			x	x				x	x
	TGL-38	x		x	x		x			x	x
	TGL-39	x		x	x		x			x	x
	TGL-39.2	x			x	x		x			
	TGL-57	x			x			x			
	TGL-61.1	x		x	x		x		x		

Grt: granada, Opx: ortopiroxênio, Cpx: clinopiroxênio, Pl: plagioclásio, Fk: feldspato potássico, Am: anfibólio, Bt: biotita, Scp: escapolita, Rt: rutilo; Qtz: quartzo. Amostras - TGL-13: anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaiss e enderbítico; TGL-32: granada-clinopiroxênio gnaiss e enderbítico; TGL-58: clinopiroxênio-granada gnaiss e jutonítico com biotita e anfibólio; MAG-11: ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada; TGL-17: anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado com rutilo; TGL-34: rutilo-granada gnaiss e monzogranítico blastomilonítico; TGL-38: retroeclogito; TGL-39: retroeclogito; TGL-39.2 - biotita-cianita-granada xisto feldspático; TGL-57: biotita-granada gnaiss e tonalítico com rutilo; TGL-61.1: escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito.

As análises das fases minerais foram pontuais para os cristais de piroxênio, feldspatos, anfibólio, biotita e escapolita e em perfis para cristais de granada, a fim de avaliar a variação dos teores dos elementos. As análises obtidas foram tratadas com os *softwares* AX e MINPET versão 2.02 para obtenção das fórmulas estruturais, proporções catiônicas e atividades dos membros finais. Os resultados completos das análises, assim como o cálculo das fórmulas estruturais são apresentados no Anexo I (Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

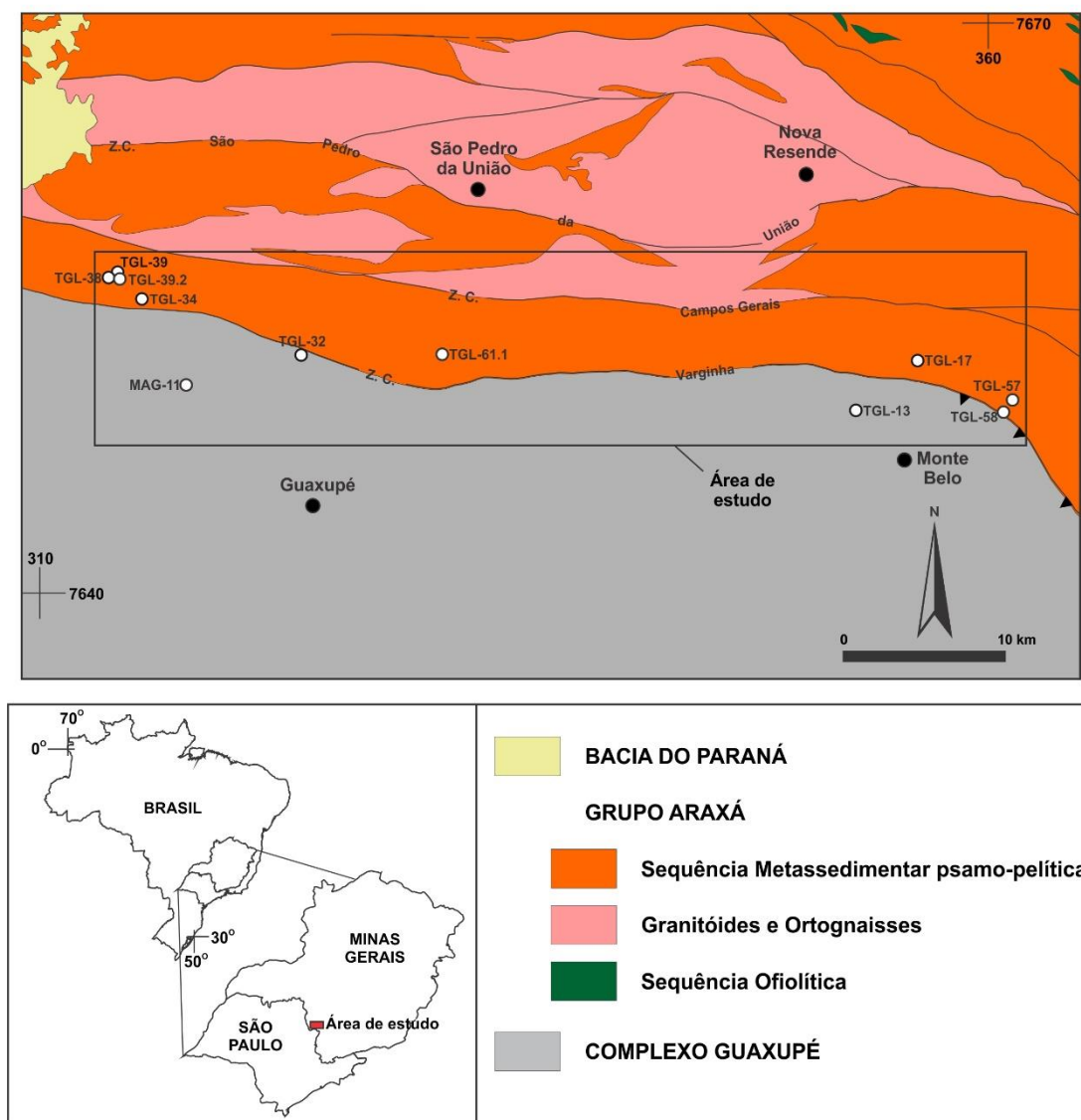


Figura 5.1 - Mapa geológico simplificado da área de estudo mostrando a localização das amostras analisadas por microsonda eletrônica (círculos brancos). (Modificado de ZANARDO et al., 2006).

As análises dos elementos traço foram realizadas em cristais de rutilo e quartzo inclusos em granada e também em cristais da matriz. As concentrações dos elementos traço obtidas para os cristais de rutilo e quartzo das quatro amostras analisadas são apresentadas no Anexo II (Tabelas 1 e 2).

Devido a ocorrência de inclusões de zircão em alguns cristais de rutilo e cristais de zircão em contato com rutilo, o Si foi incluído nas análises de elementos traço em rutilo. As análises que apresentam conjuntamente concentrações altas de Si e Zr (acima de 250 ppm) foram descartadas.

5.1 Granada

Foram analisados 61 cristais de granada, 16 deles nas lâminas do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) e 45 deles nas lâminas do Grupo Araxá (amostras TGL-17, TGL-34, TGL-38, TGL-39, TGL-39.2, TGL-57 e TGL-61.1).

O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) da granada foi calculado na base para 12 oxigênios e oito cátions, recalculando todo ferro presente ($\text{FeO}_{\text{Total}}$) como Fe^{2+} e Fe^{3+} . As porcentagens dos membros almandina, piropo, espessartita, grossulária, andradita e uvarovita foram calculadas segundo as expressões:

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

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

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

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

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

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

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 são apresentados no Anexo I, Tabela 1.

Complexo Guaxupé

Os cristais de granada dos gnaisses enderbíticos do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13 e TGL-32) ocorrem como porfiroblastos/porfiroclastos subédricos a predominantemente anédricos e arredondados, com dimensões que não ultrapassam 4,5 mm. Os cristais podem ser poiquilíticos, com inclusões de quartzo e plagioclásio e apresentam bordas ameboides a irregulares. A granada chega a constituir cerca de 10% do conteúdo modal deste litotipo.

Nessas rochas, a granada apresenta composição química semelhante, dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{45,94-51,03}$) e piropo ($\text{Prp}_{30,03-36,23}$), seguida por proporções intermediárias de grossulária ($\text{Grs}_{8,92-15,69}$) e menores proporções de andradita ($\text{Adr}_{1,42-6,71}$) e

espessartita ($\text{Sps}_{1,30-2,64}$). A composição química mostra perfis composicionais quase planos (retos) e homogêneos, marcados por fraco zoneamento químico, definido por leve aumento de Fe^{2+} e diminuição de Mg em direção às bordas dos cristais. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido, com aparente enriquecimento de Ca nas porções centrais dos cristais, seguida de sutil diminuição para as zonas periféricas do cristal e leve aumento em direção às bordas mais externas. As concentrações de espessartita são homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais (Figura 5.2–A, B, C, D).

Na amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58), os cristais de granada ocorrem concentrados em leitos, sob formas subédricas, anédricas a arredondadas, com dimensões que não ultrapassam 1,5 mm. São poiquilíticos, com inclusões de quartzo e rutilo e mostram bordas irregulares a ameboides. Localmente os cristais ocorrem com bordas substituídas por biotita. A granada chega a constituir cerca de 15% do conteúdo modal deste litotipo.

A granada apresenta composição dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{42,38-46,80}$) e piropo ($\text{Prp}_{34,43-39,26}$), seguida por proporções intermediárias de grossulária ($\text{Grs}_{13,15-16,51}$) e pequenas proporções de andradita ($\text{Adr}_{<1,0-3,89}$) e espessartita ($\text{Sps}_{<1,0-1,17}$). Os perfis composicionais são quase planos (retos), com pequenas variações em direção às bordas dos cristais, definidas por sutil aumento de Fe^{2+} e diminuição de Mg. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido. As concentrações de espessartita são baixas e homogêneas ao longo de todos os cristais (Figura 5.3–A, B, C, D).

No ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (amostra MAG-11), os cristais de granada são anédricos a arredondados, às vezes alongados, com dimensões que variam de 0,3 mm a 4,5 mm. Os cristais são frequentemente límpidos, com raras inclusões arredondadas de clinopiroxênio e constituem cerca de 3% do conteúdo modal da amostra.

A composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{39,64-44,04}$) e piropo ($\text{Prp}_{36,24-41,28}$), com proporções intermediárias de grossulária ($\text{Grs}_{8,87-11,91}$) e menores proporções de andradita ($\text{Adr}_{4,57-8,27}$) e de espessartita ($\text{Sps}_{2,07-2,73}$).

Os perfis composicionais dos cristais de granada são quase planos (retos), marcados por fraco zoneamento químico, marcado por leve aumento de Fe^{2+} e diminuição de Mg em direção às bordas dos cristais. As moléculas de grossulária e andradita exibem perfis de tendência inversa, mas não mostram zoneamento químico definido. As concentrações de espessartita são

homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais (Figura 5.4–A). Raros cristais apresentam zoneamento, definido do núcleo para a borda, pelo enriquecimento em Fe^{2+} e Ca e diminuição dos teores de Mg e Fe^{3+} (Figura 5.4–B).

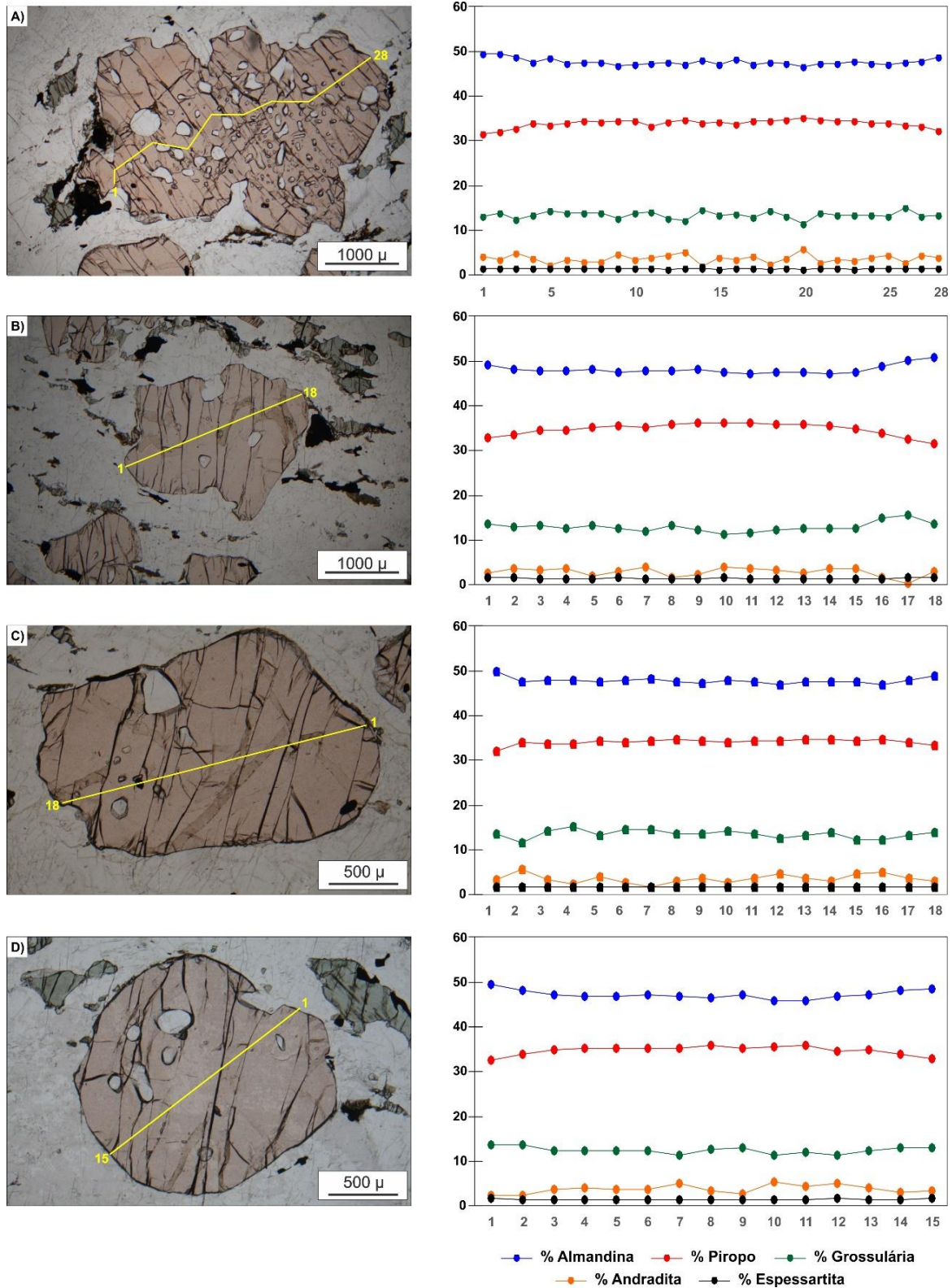


Figura 5.2 - Perfis composicionais de cristais de granada em amostras de granada gnaiss enderbítico do Complexo Guaxupé. (A), (B), (C): Amostra TGL-13; (D): Amostra TGL-32.

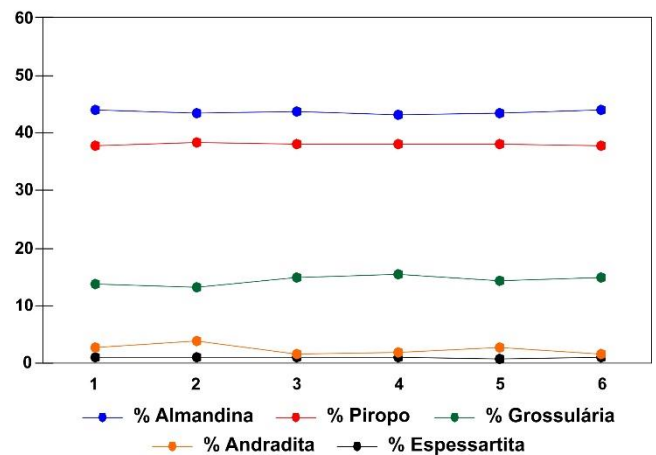
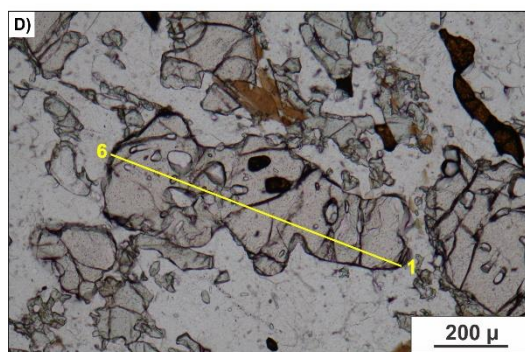
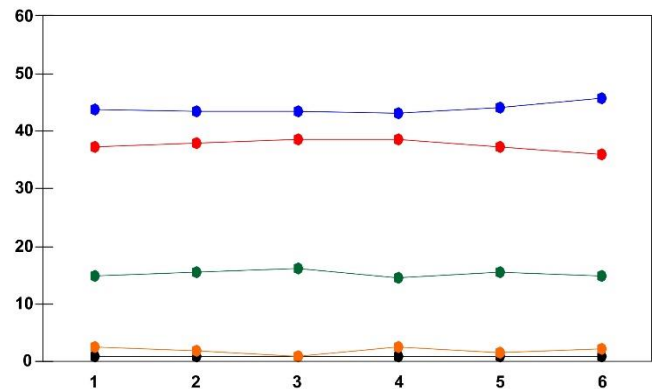
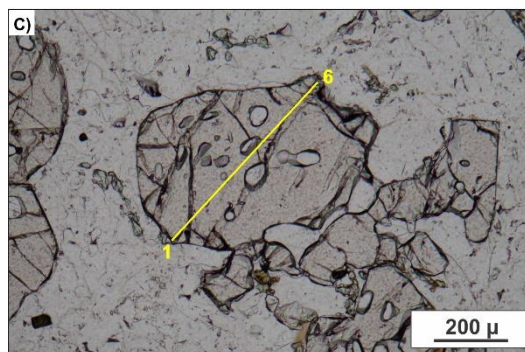
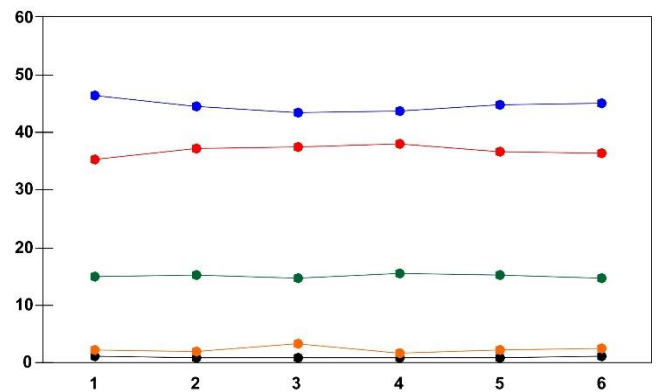
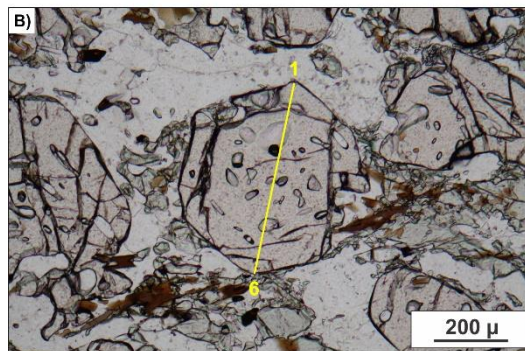
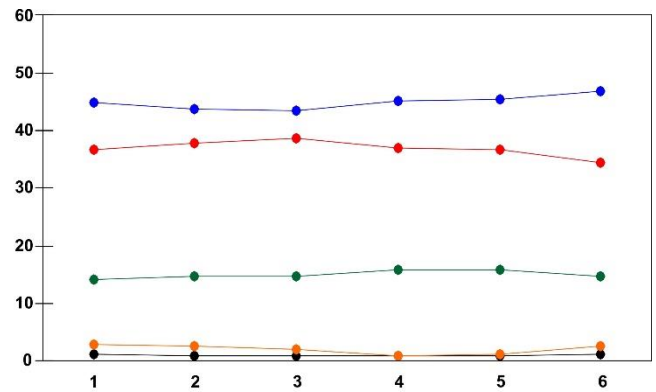
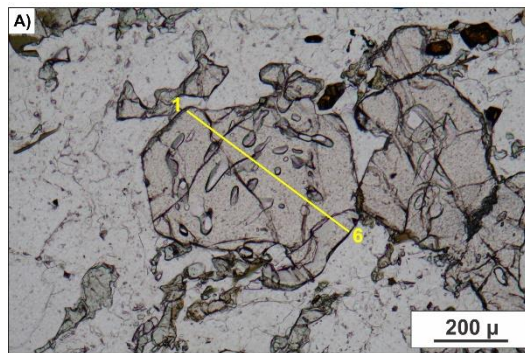


Figura 5.3 - (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico do Complexo Guaxupé (Amostra TGL-58).

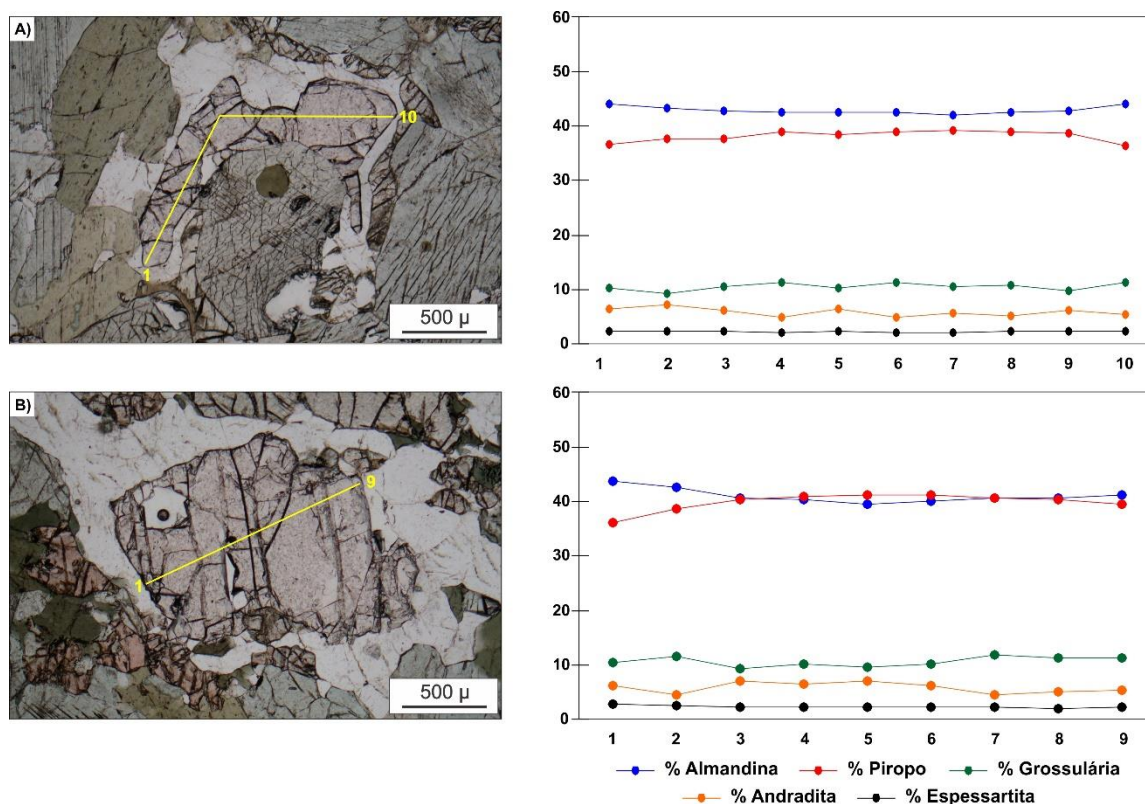


Figura 5.4 - (A), (B): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada do Complexo Guaxupé (Amostra MAG-11).

Grupo Araxá

Granada Gnaisses

Na amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), os cristais de granada são predominantemente anédricos a lentiformes, com dimensões que variam de 1,0 a 9,0 mm e bordas com feições lobulares e ameboides. São poiquilíticos, com inclusões de rutilo, quartzo, plagioclásio, minerais opacos, espinélio e zircão. As bordas dos cristais de granada mostram-se corroídas por biotita e outros filossilicatos, como sericita e/ou muscovita. Nesta amostra, a granada constitui cerca de 40% do conteúdo modal.

A granada, nessa rocha, apresenta composição dominada pela molécula almandina ($\text{Alm}_{59,31-63,94}$), seguida por proporções intermediárias de piropo ($\text{Prp}_{25,02-29,09}$) e menores proporções de grossulária ($\text{Grs}_{3,87-10,27}$), andradita ($\text{Adr}_{1,17-5,20}$) e espessartita ($\text{Sps}_{<1,0-1,15}$). Os cristais analisados mostram composição predominantemente homogênea, com perfis composicionais retos. As concentrações de almandina, piropo e espessartita são homogêneas ao longo de todos os cristais e as concentrações de grossulária mostram tendência inversa às concentrações de andradita (Figura 5.5–A, B, C).

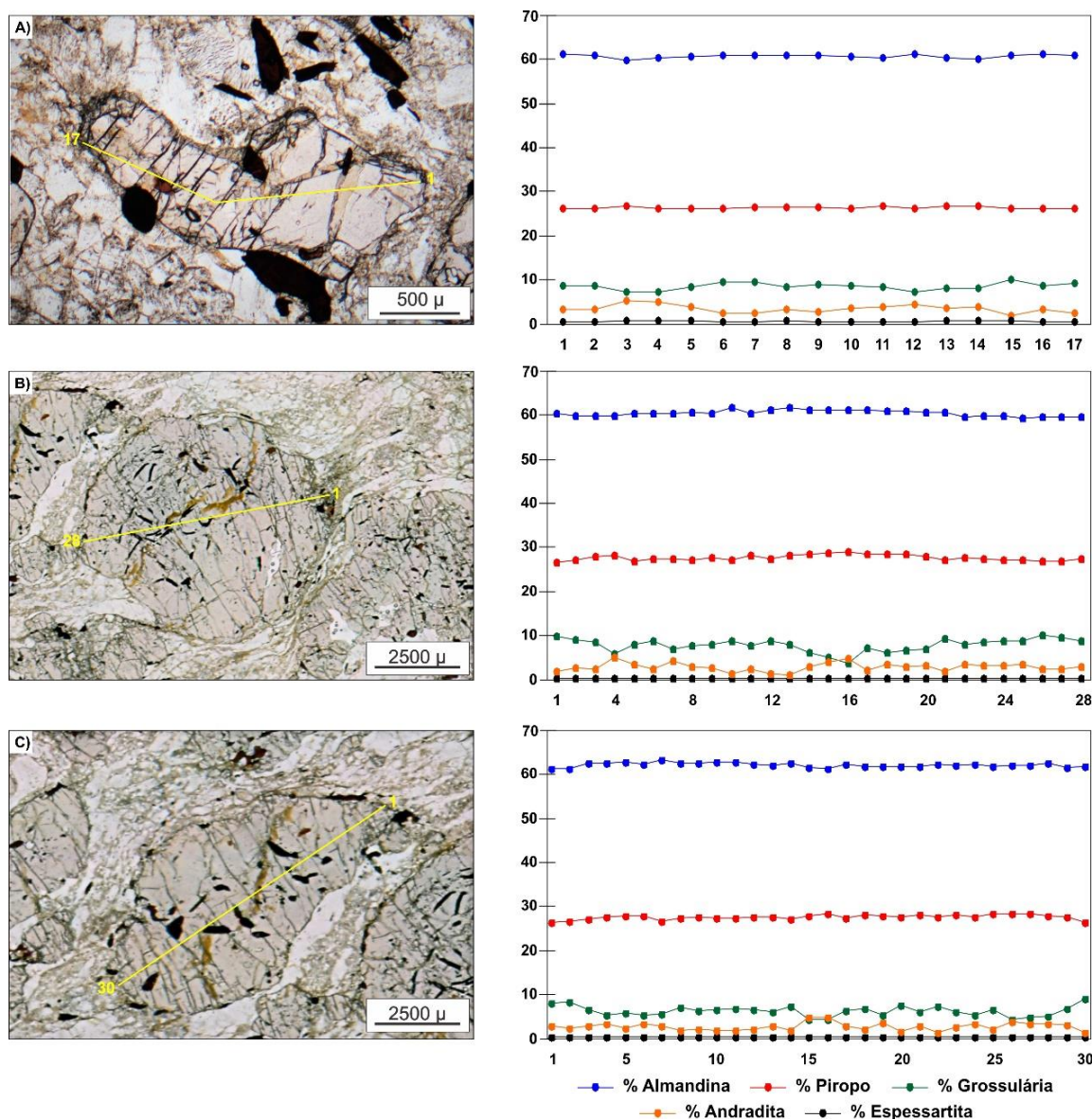


Figura 5.5 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico do Grupo Araxá (Amostra TGL-34).

Na amostra de biotita-granada gnaiss tonalítico com rutilo (amostra TGL-57), os cristais de granada são porfiroblásticos/porfiroclásticos, com formas anédricas, arredondadas a lenticulares, alongados, com dimensões que variam de 0,5 a 3,0 mm e chegam a constituir 20% do conteúdo modal deste litotipo. Os cristais são poiquilíticos, com inclusões de quartzo, plagioclásio, minerais opacos e rutilo. São pouco fraturados e apresentam películas de óxido/hidróxido de ferro.

A composição dos cristais de granada é dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{45,10-48,20}$) e piropo ($\text{Prp}_{40,75-43,37}$), seguida por menores proporções de grossulária ($\text{Grs}_{6,17-10,71}$) e proporções inferiores de andradita ($\text{Adr}_{<1,00-3,59}$) e espessartita ($\text{Sps}_{1,20-1,41}$). Os perfis composicionais dos cristais de granada são geralmente retos e homogêneos, podendo exibir leve

aumento de Fe^{2+} e empobrecimento de Mg em direção às bordas dos cristais. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido e as concentrações de espessartita são homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais (Figura 5.6-A, B, C).

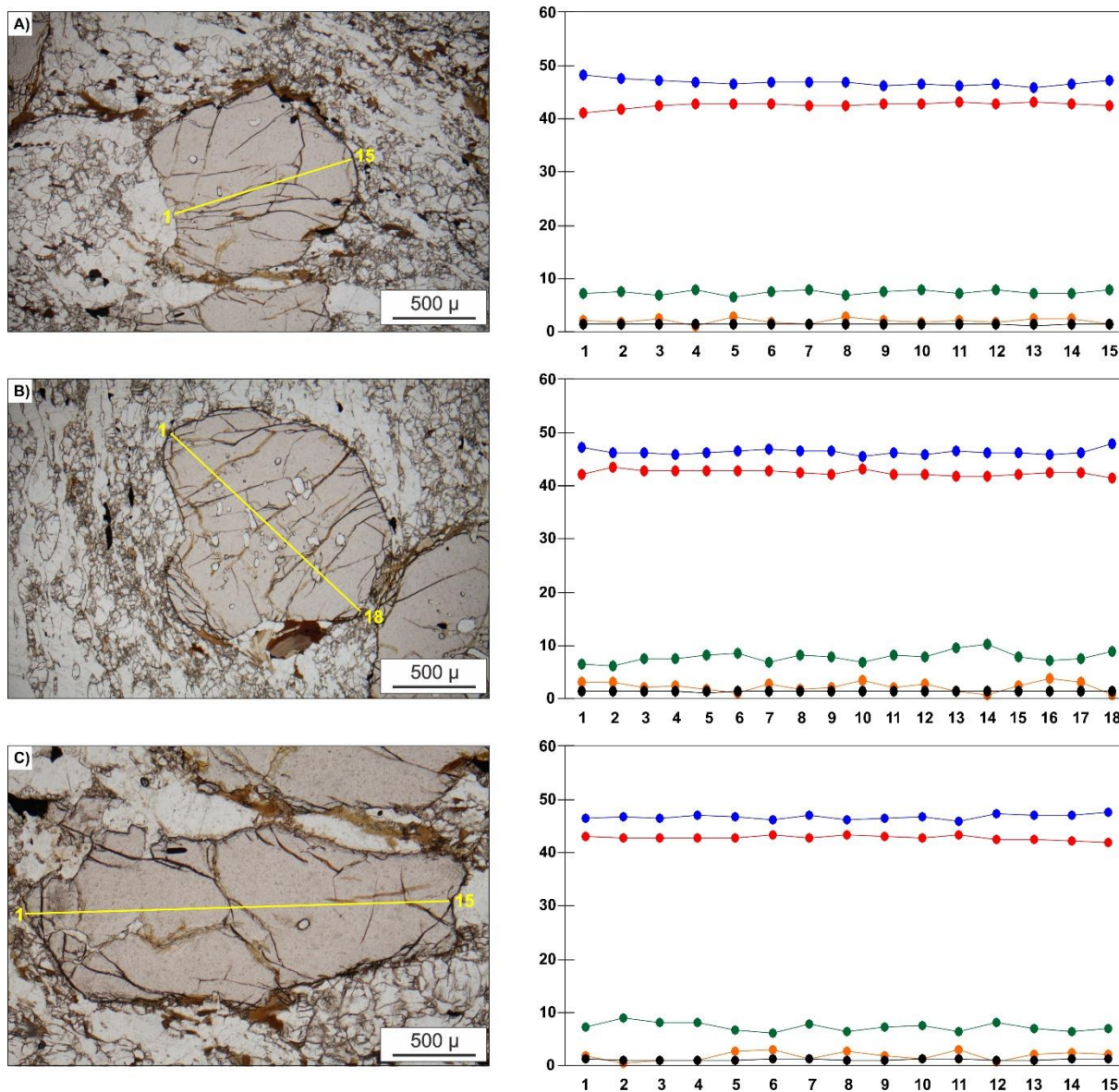


Figura 5.6 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de biotita-granada gnaiss tonalítico com rutilo do Grupo Araxá (Amostra TGL-57).

Metassedimento pelítico

Na amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2), os cristais de granada são anédricos a predominantemente arredondados, com dimensões que variam de 0,5 mm a 1,5 mm e constituem cerca de 20% do conteúdo modal da amostra. Os cristais são relativamente límpidos, às vezes poiquilíticos, com inclusões de quartzo, rutilo e biotita e são pouco fraturados. Cristais euédricos a subédricos com dimensões médias da ordem de 0,3 mm

ocorrem inclusos em cianita. Podem ocorrer cristais parcialmente substituídos por biotita e por sericita.

A composição da granada é dominada pela molécula de almandina ($\text{Alm}_{68,09-70,74}$), seguida por proporções intermediárias de piropo ($\text{Prp}_{21,64-23,71}$) e menores proporções de grossulária ($\text{Grs}_{2,19-5,74}$), andradita ($\text{Adr}_{<1,00-3,94}$) e espessartita ($\text{Sps}_{1,30-1,55}$). Os perfis composicionais dos cristais de granada são retos e homogêneos, marcados por fraca variação composicional em direção às bordas, definida por leve aumento de Fe^{2+} e leve diminuição de Mg. As concentrações de grossulária, andradita e espessartita são homogêneas ao longo dos cristais (Figura 5.7–A, B, C).

Os cristais de granada inclusos em cianita apresentam composição semelhante aos cristais de granada da matriz, com composição dominada pela molécula de almandina ($\text{Alm}_{68,08-69,54}$), seguida por proporções intermediárias de piropo ($\text{Prp}_{23,55-24,51}$) e baixas proporções de grossulária ($\text{Grs}_{3,07-4,73}$), andradita ($\text{Adr}_{<1,00-3,00}$) e espessartita ($\text{Sps}_{1,28-1,39}$). Os perfis composicionais dos cristais inclusos também são retos e homogêneos, não exibindo zoneamento químico (Figura 5.7–D).

Metamáficas

Na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), a granada ocorre como cristais subédricos, anédricos a arredondados, com dimensões que podem alcançar até 2,5 mm. Os cristais apresentam-se geralmente fraturados e límpidos. Nesta amostra, a granada chega a constituir cerca de 30% do conteúdo modal.

A composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{40,03-46,29}$) e piropo ($\text{Prp}_{36,37-41,29}$), seguida por proporções intermediárias de grossulária ($\text{Grs}_{10,92-19,54}$) e proporções menores de andradita ($\text{Adr}_{<1,00-4,07}$) e espessartita ($\text{Sps}_{<1,00-1,37}$). Os perfis composicionais são quase planos, com pequenas variações decorrentes de sutil aumento de Fe^{2+} e diminuição de Mg em direção às bordas, assim como leve diminuição de Ca (Figura 5.8–A, B, C).

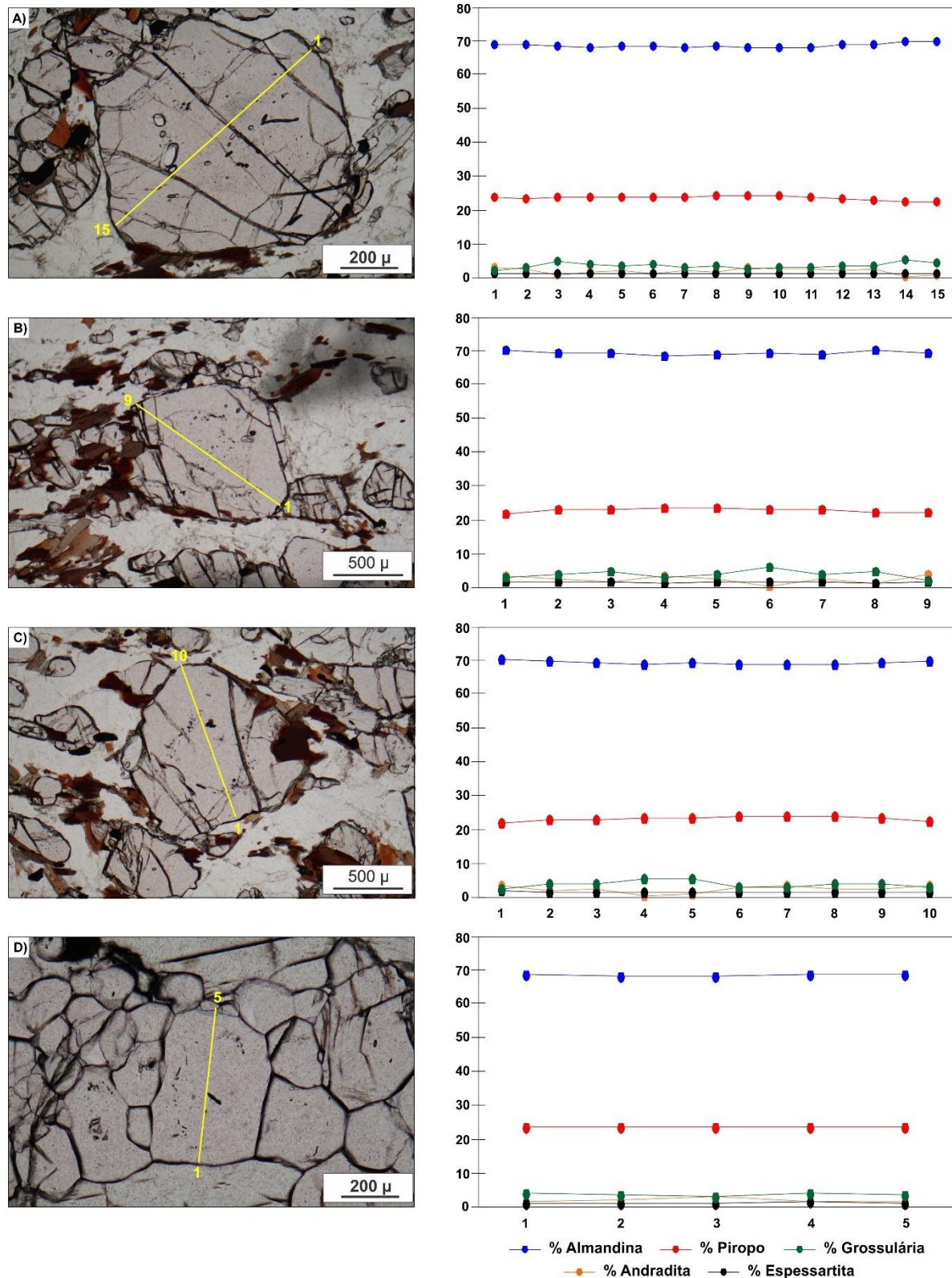


Figura 5.7 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático do Grupo Araxá (Amostra TGL-39.2); (D): Perfil composicional em cristal de granada euédrico incluído em cristal de cianita (Amostra TGL-39.2).

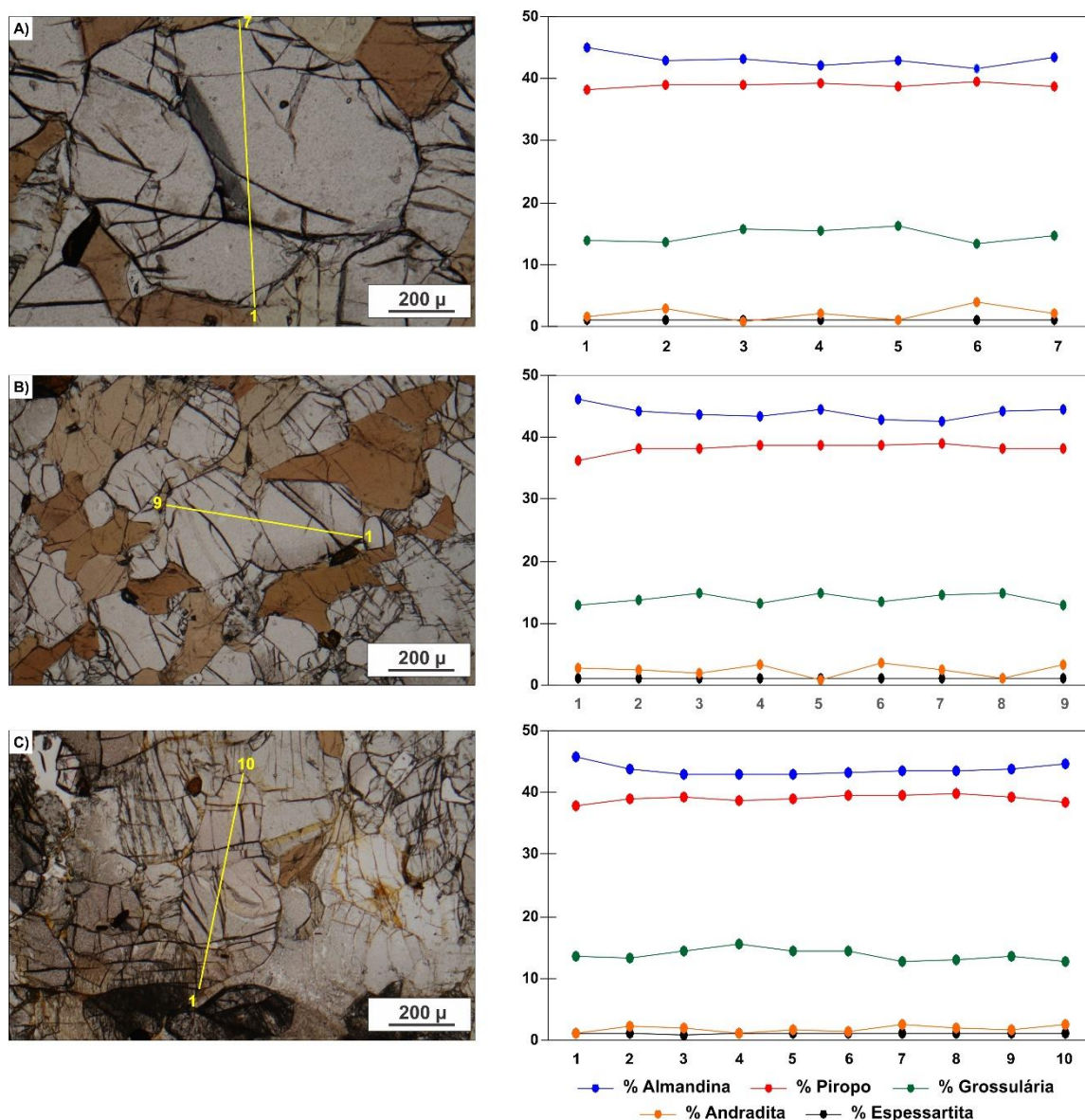


Figura 5.8 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado do Grupo Araxá (Amostra TGL-17).

As granadas dos retroeclogitos (amostras TGL-38 e TGL-39) ocorrem como cristais anédricos a arredondados, com bordas irregulares e lobuladas, com dimensões que variam de 0,1 mm a 5,0 mm e chegam a constituir cerca de 35% do conteúdo modal desse litotipo. Os cristais são comumente poiquilíticos, com inclusões de quartzo, plagioclásio, clinopiroxênio, rutilo, anfibólio e ilmenita e podem estar circundados por coroas de plagioclásio e quartzo, com contatos predominantemente retos entre si.

A composição da granada nas duas amostras é semelhante, dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{49,72-60,03}$) e grossulária ($\text{Grs}_{16,68-30,40}$), seguida por proporções intermediárias de piropo ($\text{Prp}_{12,39-20,97}$) e menores proporções de andradita ($\text{Adr}_{1,21-9,00}$) e espessartita ($\text{Sps}_{1,40-2,90}$). Os perfis composicionais apresentam-se geralmente planos, com pequenas variações em

direção às bordas, definidas por leve aumento de Fe^{2+} e leve diminuição de Ca. As concentrações de piropo e espessartita são homogêneas ao longo de todos os cristais e as concentrações de andradita mostram fraca diminuição em direção às bordas (Figura 5.9–A, B, C).

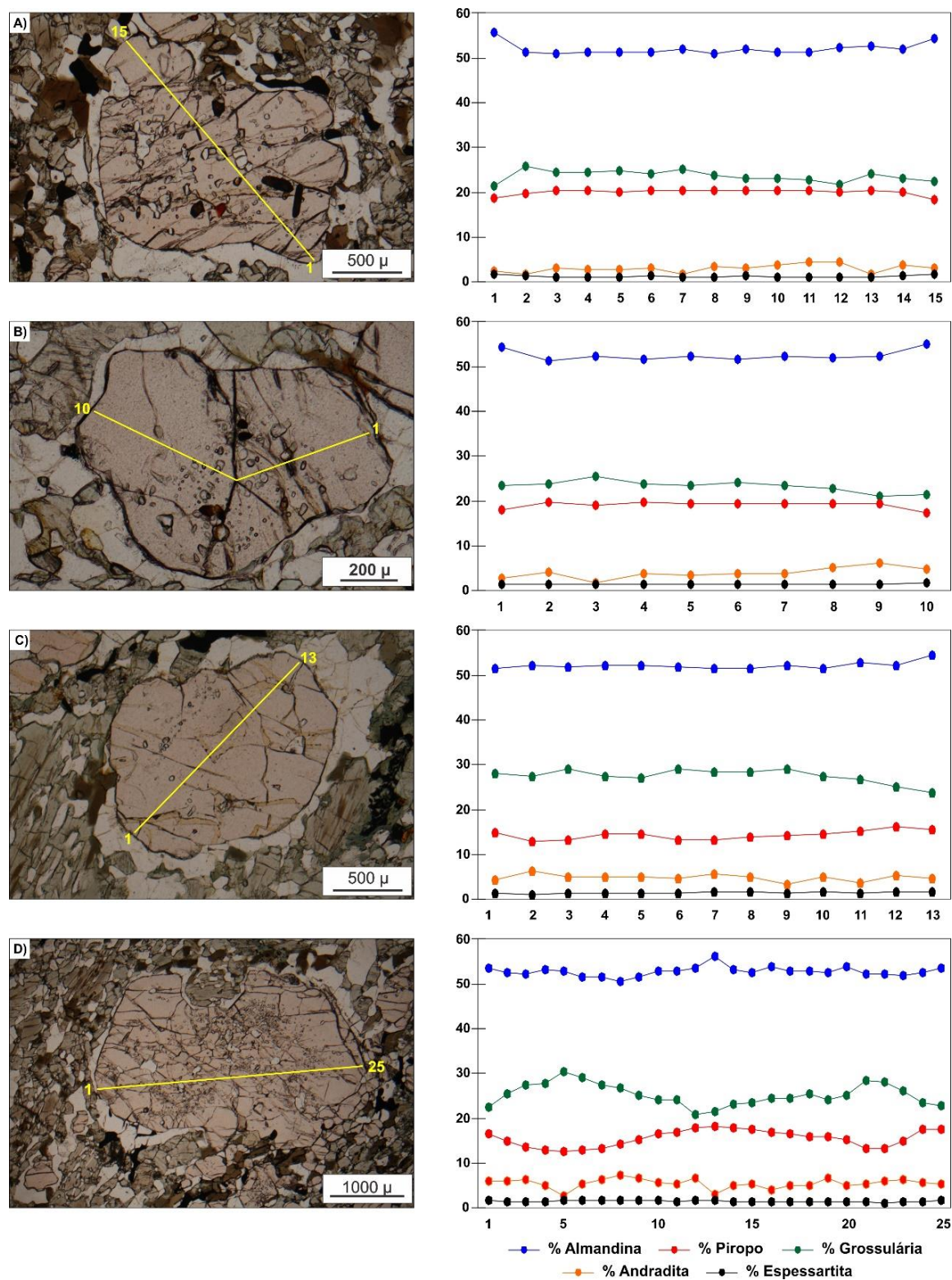


Figura 5.9 - Perfis composicionais de cristais de granada em retroeclogito do Grupo Araxá. (A), (B): Amostra TGL-38; (C), (D): Amostra TGL-39.

Raros cristais apresentam zoneamento, definido do núcleo para a borda, pelo enriquecimento em Ca (seguido por uma diminuição na borda) e diminuição dos teores de Mg e Fe^{2+} (seguido por um aumento na borda) (Figura 5.9–D).

Na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), a granada ocorre como cristais anédricos a arredondados, com dimensões que variam de 4,0 mm a 1,0 cm de diâmetro. Os cristais são poiquilíticos, com inclusões de clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio, escapolita e minerais opacos e mostram-se bastante fraturados. Nesta amostra, a granada constitui cerca de 35% do conteúdo modal.

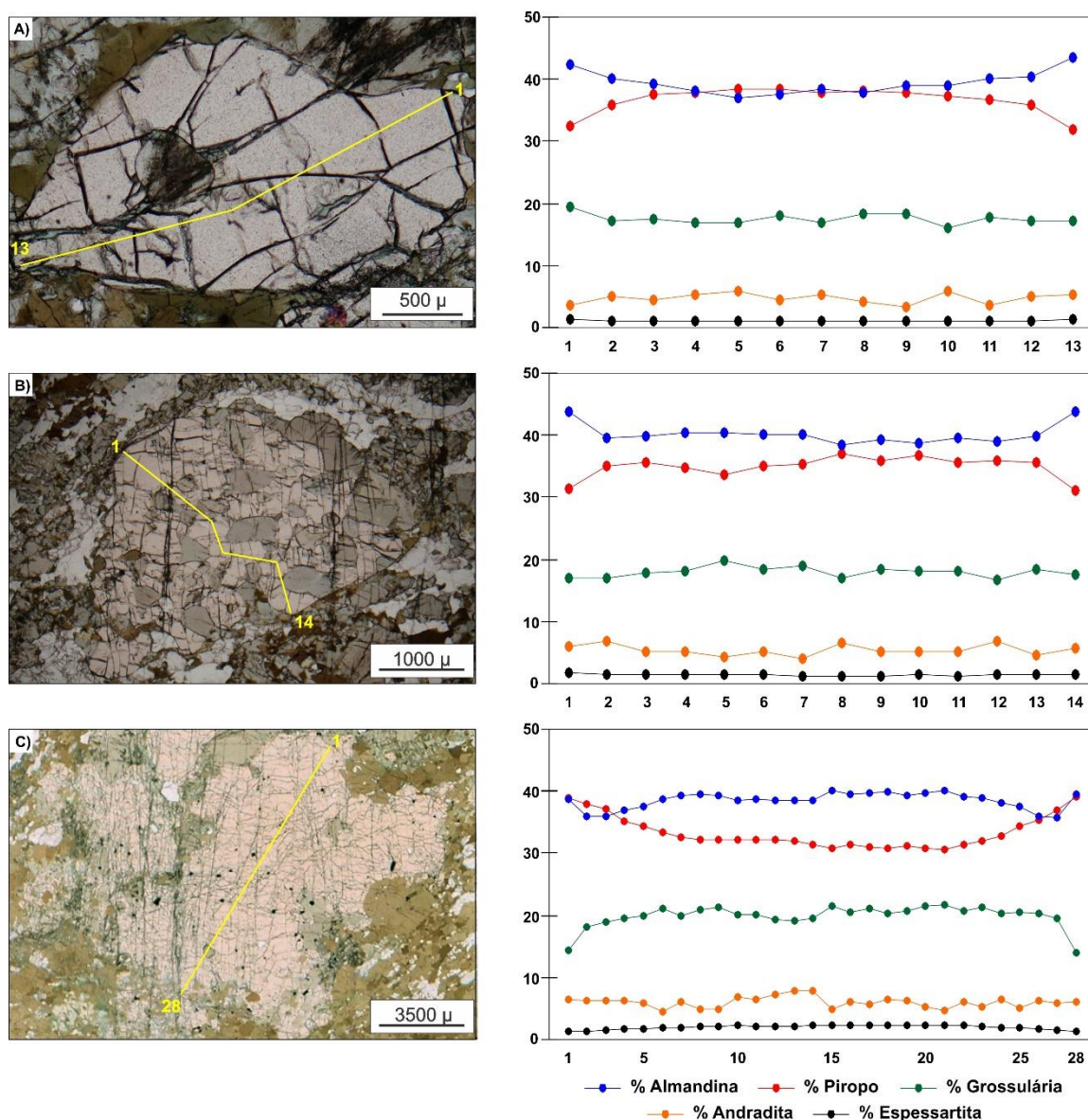


Figura 5.10 - (A), (B), (C): Perfis composicionais de cristais de granada em amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito do Grupo Araxá (Amostra TGL-61.1).

A composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina ($\text{Alm}_{35,64-43,80}$) e piropo ($\text{Prp}_{30,74-39,01}$), seguida por proporções intermediárias de grossulária ($\text{Grs}_{13,98-21,81}$) e proporções inferiores de andradita ($\text{Adr}_{3,49-7,92}$) e espessartita ($\text{Sps}_{1,06-2,37}$). Os perfis composicionais mostram-se geralmente planos, com variações em direção às bordas dos cristais, definidas por leve aumento de Fe^{2+} e leve diminuição de Mg. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido. As concentrações de espessartita são homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais (Figura 5.10–A, B).

Os maiores cristais de granada, com dimensões próximas de 1,0 cm de diâmetro, apresentam zoneamento composicional definido do núcleo para a borda, pelo enriquecimento em Mg e diminuição dos teores de Fe^{2+} e Ca, além de leve aumento de Fe^{3+} (Figura 5.10–C).

5.2 Piroxênio

Foram analisados 137 cristais de piroxênio, incluindo ortopiroxênio (o ortopiroxênio ocorre apenas nas rochas do Complexo Guaxupé) e clinopiroxênio, sendo 77 cristais nas amostras ortoderivadas do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) e 60 cristais referentes às amostras de rochas metamáficas do Grupo Araxá (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) do piroxênio foi calculado para seis oxigênios e quatro cátions, considerando todo ferro presente ($\text{FeO}_{\text{Total}}$) como Fe^{2+} . O resultado das análises de microsonda eletrônica e a variação de *a.p.u.f.* para os cristais analisados de cada amostra estão apresentados no Anexo I, Tabela 2.

De acordo com o diagrama de Morimoto (1988), que divide os piroxênios em quatro sistemas químicos, todos os cristais analisados são classificados no sistema “Quad” (Ca-Mg-Fe piroxênios) (Figura 5.11-A, B). O diagrama é construído com base nos cátions que ocupam o sítio M (sítios M1 e M2), calculados para seis oxigênios, utilizando J (2 Na) no eixo das abscissas e Q ($\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$) no eixo das ordenadas.

Complexo Guaxupé

Nas rochas ortoderivadas de composição enderbítica do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13 e TGL-32), o clinopiroxênio ocorre em associação com o ortopiroxênio. Os cristais de ortopiroxênio são subédricos, anédricos a arredondados, ocorrem orientados, com contatos retos a lobulados e dimensões que podem alcançar até 3,0 mm. Os cristais podem ocorrer

parcialmente uralitizados, alterados para óxido/hidróxido de ferro, ou ainda formando bordas em cristais de granada. Frequentemente apresentam lamelas de exsolução de clinopiroxênio.

O clinopiroxênio ocorre como cristais subédricos a predominantemente anédricos, podem ser alongados com formas lenticulares. Os cristais apresentam contatos lobulados a localmente retos, com dimensões de até 4,5 mm de comprimento. Ocorrem parcialmente uralitizados, com bordas alteradas para anfibólio.

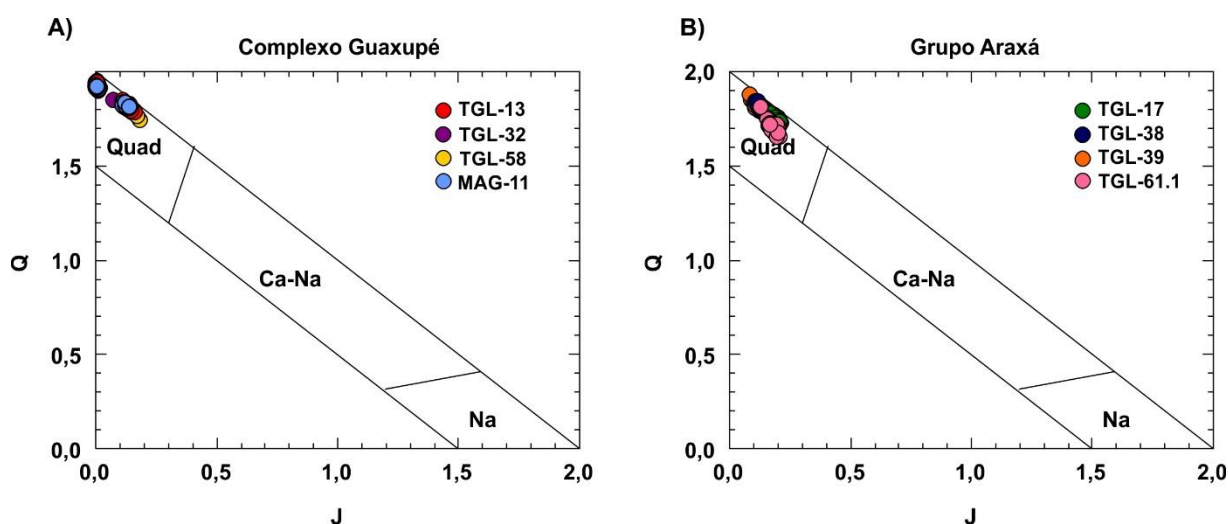


Figura 5.11 - Diagrama Q-J de classificação química de piroxênio (MORIMOTO, 1988). (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras de rochas metamáficas do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.

Quimicamente, os cristais de ortopiroxênio das amostras de gnaisses enderbíticos são semelhantes e são classificados como hiperstênio ($\text{En}_{58,46-62,38}$) (Figura 5.12-A). Apresentam conteúdos de Mg variando de 1,109 a 1,187 *a.p.u.f.* e de Fe^{2+} de 0,713 a 0,788 *a.p.u.f.* Os teores de Ca variam entre 0,016 e 0,037 *a.p.u.f.*, com 0,085 a 0,132 *a.p.u.f.* de Al e teores de X_{Mg} que variam de 0,585 a 0,624.

O clinopiroxênio, nos gnaisses enderbíticos do Complexo Guaxupé, é classificado como sahlita ($\text{Wo}_{43,10-47,48}\text{En}_{34,54-37,75}\text{Fs}_{16,37-19,79}$), com exsoluções de augita (Figura 5.12-A). A composição química dos cristais mostra teores de Ca variando de 0,486 a 0,867 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,632 e 0,794 *a.p.u.f.*, Fe^{2+} entre 0,299 e 0,575 *a.p.u.f.* e X_{Mg} 0,580 a 0,700. O conteúdo de Al varia entre 0,170 e 0,239 *a.p.u.f.* e de Na, entre 0,037 e 0,082 *a.p.u.f.* e mostra correlação positiva entre esses teores (Figura 5.13-A).

Na amostra de clinopiroxênio-granada gnaisse jutonítico (amostra TGL-58), os cristais de ortopiroxênio são anédricos a arredondados, alongados, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 0,7 mm. Podem ocorrer parcialmente uralitizados ou ainda com bordas de biotita. Geralmente exibem lamelas de exsolução de clinopiroxênio. Os cristais de

clinopiroxênio são anédricos e alongados, ocorrem orientados, com dimensões que variam de 0,1 a 1,5 mm de comprimento. Podem ocorrer parcialmente uralitizados e frequentemente mostram lamelas de exsolução de ortopiroxênio.

Quimicamente, os cristais de ortopiroxênio da amostra de gnaiss jutonítico são classificados como hiperstênio ($\text{En}_{57,30-59,69}$) (Figura 5.12-A). Mostram conteúdos de Mg variando de 1,125 a 1,175 *a.p.u.f.* e de Fe^{2+} de 0,739 a 0,781 *a.p.u.f.* Os teores de Ca variam entre 0,018 e 0,025 *a.p.u.f.*, com 0,103 a 0,170 *a.p.u.f.* de Al e teores de X_{Mg} que variam de 0,593 a 0,614.

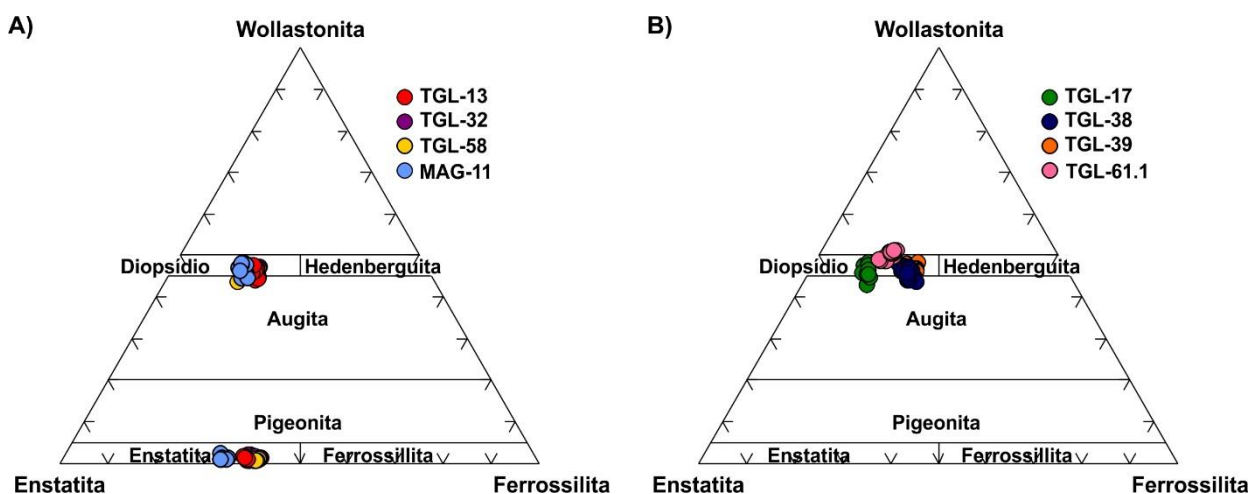


Figura 5.12 - Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de piroxênios (MORIMOTO, 1988). (A): Complexo Guaxupé, amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Grupo Araxá; amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.

Neste litotipo, o clinopiroxênio é classificado como sahlita ($\text{Wo}_{38,91-42,53}\text{En}_{33,21-39,24}\text{Fs}_{14,62-17,25}$) (Figura 5.12-A). A composição química dos cristais apresenta conteúdos de Ca variando de 0,794 a 0,857 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,619 e 0,680 *a.p.u.f.*, Fe^{2+} entre 0,274 e 0,334 *a.p.u.f.* e X_{Mg} de 0,659 a 0,728. O teor de Al varia entre 0,224 e 0,283 *a.p.u.f.* e de Na, entre 0,069 e 0,090 *a.p.u.f.* e mostra correlação positiva entre esses teores (Figura 5.13-A).

Na amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (amostra MAG-11), os cristais de ortopiroxênio são anédricos, com dimensões que não ultrapassam 1,0 mm. Podem ocorrer parcialmente uralitizados, e às vezes, alterado para clinopiroxênio. Podem mostrar-se em núcleos de agregados de clinopiroxênio. O clinopiroxênio ocorre sob formas subédricas a anédricas, com dimensões de até 2,5 mm de comprimento. Ocorrem agregados de cristais subédricos de clinopiroxênio com textura de equilíbrio e localmente com núcleos de ortopiroxênio. Os cristais podem ocorrer parcialmente uralitizados e frequentemente mostram lamelas de exsolução de ortopiroxênio.

Os cristais de ortopiroxênio associados ao granulito básico do Complexo Guaxupé são classificados quimicamente como hiperstênio ($\text{En}_{63,09-65,02}$) (Figura 5.12-A). Apresentam conteúdos de Mg variando de 1,242 a 1,277 *a.p.u.f.* e de Fe^{2+} de 0,602 a 0,656 *a.p.u.f.* Os teores de Ca variam entre 0,016 e 0,048 *a.p.u.f.*, com 0,124 a 0,179 *a.p.u.f.* de Al e teores de X_{Mg} que variam de 0,654 a 0,674.

O clinopiroxênio é classificado como sahlita ($\text{Wo}_{41,39-44,04}\text{En}_{36,02-38,33}\text{Fs}_{13,07-14,93}$) com exsoluções de augita (Figura 5.12-A). A composição química dos cristais mostra conteúdos de Ca variando de 0,698 a 0,886 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,678 e 0,777 *a.p.u.f.*, Fe^{2+} entre 0,247 e 0,367 *a.p.u.f.* e X_{Mg} de 0,679 a 0,744. O teor de Al varia entre 0,199 e 0,262 *a.p.u.f.* e de Na, entre 0,052 e 0,068 *a.p.u.f.*, mostrando correlação positiva entre esses teores (Figura 5.13-A).

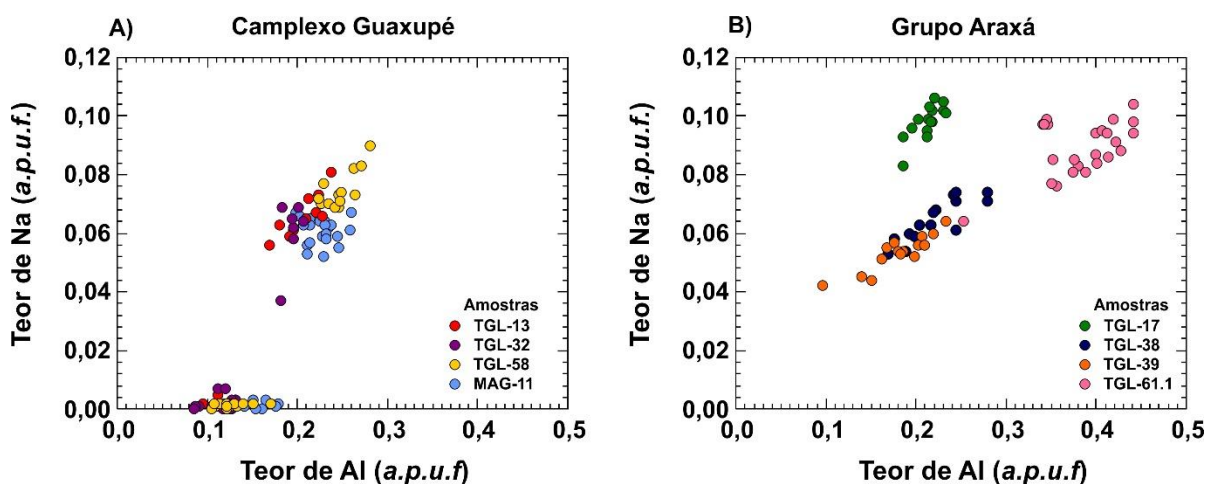


Figura 5.13 - Diagrama binário Al (em *a.p.u.f.*) x Na (em *a.p.u.f.*) para cristais de piroxênio. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.

Grupo Araxá

Nas rochas do Grupo Araxá o clinopiroxênio ocorre somente nas rochas metamáficas. Nas quatro amostras analisadas, é classificado como sahlita (Figura 5.12-B), mas exibem diferenças composicionais quando comparado entre os litotipos, mostrando maior conteúdo de ferro nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) e maior conteúdo de magnésio na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17).

No anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), o clinopiroxênio ocorre como cristais subédricos a anédricos ou arredondados, com dimensões que variam de 0,2 mm a 2,0 mm, com contatos retos a lobulados e textura de equilíbrio. Os cristais podem ocorrer fraturados e raramente mostram-se corroídos por anfibólio. O clinopiroxênio ($\text{Wo}_{43,06-48,55}\text{En}_{40,27-43,24}\text{Fs}_{10,70-13,71}$) (Figura 5.12-B) apresenta teor de Ca variando de 0,769 a 0,849 *a.p.u.f.*, de Mg variando entre 0,697 e 0,757 *a.p.u.f.* e de Fe^{2+} entre

0,191 e 0,237 *a.p.u.f.*, com razão X_{Mg} variando de 0,760 a 0,798. O teor de Al varia entre 0,185 e 0,232 *a.p.u.f.* e de Na entre 0,083 e 0,106 *a.p.u.f.*, mostrando correlação positiva entre esses conteúdos (Figura 5.13-B).

Nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), o clinopiroxênio constitui cristais subédricos a anédricos, com bordas lobuladas e dimensões máximas de 2,5 mm. Os cristais podem ser simplectíticos (intercrescimento de clinopiroxênio e plagioclásio), além de quartzo e anfibólio e podem ocorrer parcialmente uralitizados. Nessas amostras, a composição do clinopiroxênio ($Wo_{43,63-48,30}En_{29,99-34,61}Fs_{17,67-23,79}$) (Figura 5.12-B) é semelhante, com teores de Ca variando de 0,786 a 0,892 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,544 e 0,633 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} variando entre 0,320 e 0,425 *a.p.u.f.* e conteúdo de X_{Mg} entre 0,580 e 0,663. Apresentam conteúdos de Al variando de 0,097 a 0,232 *a.p.u.f.* e de Na variando entre 0,042 e 0,075 *a.p.u.f.*, mostrando correlação positiva entre esses teores (Figura 5.13-B). Nas amostras de retroeclogitos, os cristais simplectíticos mostram os menores teores de Al e Na.

Na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), o clinopiroxênio ocorre como cristais subédricos a predominantemente anédricos, ou sob a forma de agregados com cristais euédricos com contatos retos entre si, mostrando textura de equilíbrio. Os cristais apresentam dimensões médias da ordem de 0,4 mm, ocorrem fraturados e podem mostrar-se parcialmente uralitizados. Também ocorrem como cristais anédricos a arredondados inclusos em granada.

A composição do clinopiroxênio é mais cálcica ($Wo_{48,63-51,31}En_{33,35-38,05}Fs_{12,73-15,52}$), com teores de Ca variando de 0,844 a 0,902 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,567 e 0,677 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} variando entre 0,242 e 0,262 *a.p.u.f.* e conteúdo de X_{Mg} entre 0,684 e 0,734. Apresentam conteúdos de Al relativamente altos, variando de 0,225 a 0,444 *a.p.u.f.* e de Na variando entre 0,064 e 0,094 *a.p.u.f.*, mostrando correlação positiva entre esses teores (Figura 5.13-B). Os cristais não apresentam zoneamento composicional.

A composição dos cristais de clinopiroxênio inclusos em granada é semelhante à dos cristais da matriz, com teores de Ca variando de 0,835 a 0,860 *a.p.u.f.*, de Mg entre 0,581 e 0,660 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} variando entre 0,218 e 0,246 *a.p.u.f.* e conteúdo de X_{Mg} entre 0,706 e 0,752. Os cristais inclusos exibem conteúdos de Al e Na relativamente mais altos que os cristais da matriz, variando de 0,345 a 0,445 *a.p.u.f.* e de Na variando entre 0,097 e 0,105 *a.p.u.f.*, respectivamente. Assim como os cristais da matriz, os cristais inclusos não apresentam zoneamento químico

5.3 Feldspato

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 ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e feldspato potássico (KAlSi_3O_8) como membros finais. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula dos feldspatos foi calculado para oito oxigênios e cinco cátions.

5.3.1 Plagioclásio

Foram analisados 146 cristais de plagioclásio, sendo 69 cristais referentes as amostras ortoderivadas Complexo Guaxupé (TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) e 77 cristais referentes as amostras de granada gnaisses (TGL-34 e TGL-57), de metassedimento pelítico (TGL-39.2) e rochas metamáficas (TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1) referentes ao Grupo Araxá. A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de plagioclásio analisados de cada amostra estão apresentadas no Anexo I, Tabela 3.

Complexo Guaxupé

O plagioclásio é abundante nos granada gnaisses enderbíticos do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13 e TGL-32) e perfaz cerca de 40 a 50% do conteúdo modal das amostras analisadas. Nessas rochas, o plagioclásio ocorre como cristais subédricos a anédricos, comumente alongados, com contatos retos a lobulados e dimensões que podem alcançar até 3,0 mm. Localmente podem ocorrer como inclusões arredondadas em cristais de granada.

Quimicamente, os cristais analisados apresentam composição de andesina ($\text{An}_{33,62-38,00}$) (Figura 5.14-A) e não exibem zoneamento composicional. Os cristais da matriz de ambas amostras apresentam composição semelhante, com teor de Na entre 0,567 e 0,620 *a.p.u.f.*, de Ca variando de 0,332 a 0,369 *a.p.u.f.*, de K entre 0,026 e 0,042 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} entre 0,003 e 0,011 *a.p.u.f.*

Um único cristal de plagioclásio incluso em granada foi analisado e apresenta composição muito semelhante aos cristais da matriz. É quimicamente classificado como andesina ($\text{An}_{34,73}$), com conteúdo de Na de 0,594 *a.p.u.f.*, de Ca de 0,338 *a.p.u.f.*, de K de 0,041 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,004 *a.p.u.f.*

Na amostra de clinopiroxênio-granada gnaisse jutonítico (amostra TGL-58), o plagioclásio perfaz cerca de 50% do conteúdo modal da amostra e ocorre como cristais subédricos a anédricos, alongados, com contatos predominantemente lobulados a retos e dimensões médias da ordem de 0,3 mm.

Quimicamente, os cristais de plagioclásio analisados apresentam composição de andesina ($An_{33,55-35,14}$) (Figura 5.14-A) e não exibem zoneamento composicional. Apresentam teores de Na variando de 0,617 a 0,635 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,331 e 0,349 *a.p.u.f.*, de K entre 0,017 e 0,033 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} variando de 0,003 a 0,017 *a.p.u.f.*

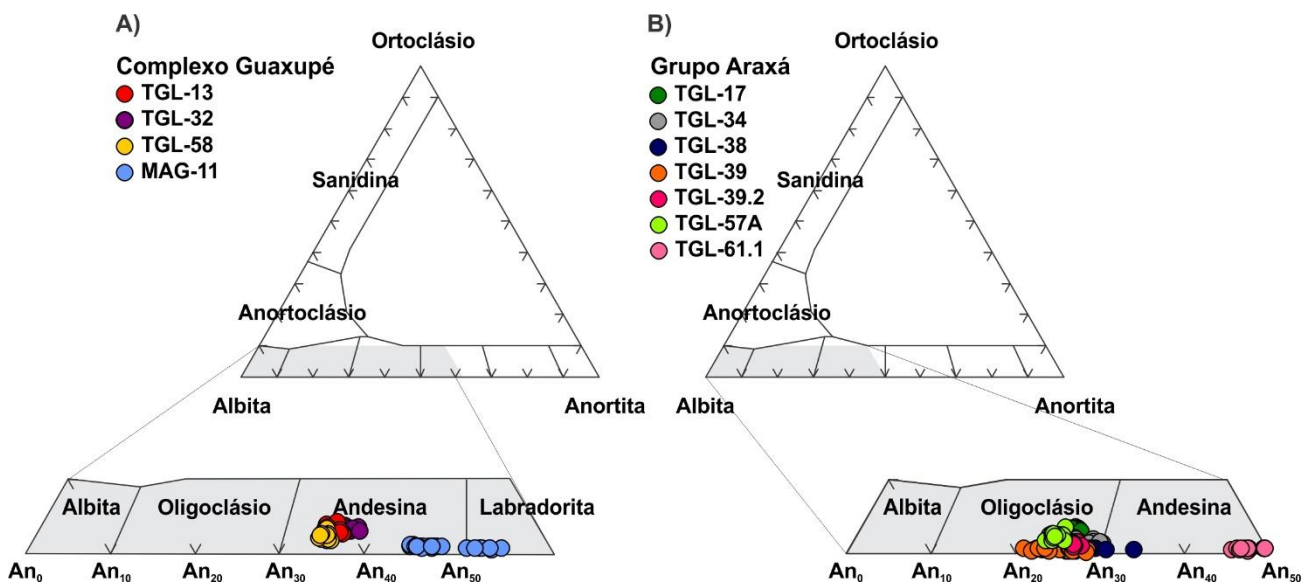


Figura 5.14 - Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-34, TGL-38, TGL-39, TGL-39.2, TGL-57 e TGL-61.1.

No ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (amostra MAG-11), o plagioclásio ocorre concentrado em leitos descontínuos associado aos leitos granoblásticos constituídos por clinopiroxênio e compõem cerca de 10% do conteúdo modal da amostra. Ocorre como cristais tabulares a raramente anédricos, com contatos retos a lobulados, exibindo textura de equilíbrio e dimensões que variam de 0,2 a 1,0 mm.

Os cristais de plagioclásio analisados apresentam composição química variando de andesina a labradorita ($An_{43,05-53,58}$) (Figura 5.14-A) e exibem sutil zoneamento composicional, marcado por leve aumento de Ca e sutil diminuição de Na em direção às bordas dos cristais. Apresentam teores de Na variando de 0,453 a 0,560 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,429 e 0,531 *a.p.u.f.*, de K entre 0,005 e 0,012 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,002 a 0,006 *a.p.u.f.*

Grupo Araxá

Granada gnaisses

Na amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, com contatos lobulados a poligonais

e dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. São antipertíticos (filetes e vênulas), algumas vezes por corrosão e podem constituir até 20% da mineralogia da amostra. Quimicamente, os cristais analisados apresentam composição de oligoclásio ($An_{25,84-29,53}$) (Figura 5.14-B) e mostram conteúdos de Na variando entre 0,677 e 0,712 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,252 e 0,291 *a.p.u.f.* e de K entre 0,013 e 0,022 *a.p.u.f.* Não exibem zoneamento composicional.

No biotita-granada gnaisse tonalítico com rutilo (amostra TGL-57), o plagioclásio ocorre como cristais anédricos e alongados, com contatos lobulados e dimensões que variam de 0,3 a 1,0 mm de comprimento, constituindo agregados lenticulares dispostos em leitos descontínuos, compondo cerca de 50% do conteúdo modal da amostra. O plagioclásio é classificado quimicamente como oligoclásio cálcico ($An_{22,64-24,84}$) (Figura 5.14-B) e os cristais analisados não exibem zoneamento composicional. Apresentam teores de Na variando de 0,710 a 0,757 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,223 e 0,247 *a.p.u.f.*, de K variando de 0,017 a 0,035 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,000 a 0,021 *a.p.u.f.*

Metassedimento pelítico

Na amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2), os cristais de plagioclásio são anédricos a lentiformes, mostram contatos lobulados e dimensões inferiores a 0,4 mm e constituem cerca de 2 a 3% do conteúdo modal do litotipo.

Quimicamente, o plagioclásio analisado é classificado como oligoclásio cálcico ($An_{25,61-27,16}$) (Figura 5.14-B) e não exhibe zoneamento composicional. Os cristais de plagioclásio mostram teores de Na variando de 0,718 a 0,735 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,258 e 0,272 *a.p.u.f.*, de K variando de 0,009 a 0,016 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,000 a 0,001 *a.p.u.f.*

Metamáficas

Na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17) do Grupo Araxá, o plagioclásio ocorre concentrado em domínios associados aos leitos granoblásticos constituídos por clinopiroxênio e granada. Ocorre como cristais subédricos, com contatos retos e textura de equilíbrio e pode constituir até 10% do conteúdo modal desse litotipo. Quimicamente, os cristais analisados apresentam composição de oligoclásio ($An_{24,87-26,11}$) (Figura 5.14-B), e não exibem zoneamento químico. Mostram teores de Na variando de 0,681 a 0,725 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,241 e 0,262 *a.p.u.f.*, de K entre 0,031 e 0,035 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,001 a 0,003 *a.p.u.f.*

Os cristais de plagioclásio dos retroeclogitos do Grupo Araxá (amostras TGL-38 e TGL-39) são tabulares a subédricos, com contatos poligonais a lobulados e dimensões que podem

alcançar até 0,5 mm. Constituem coroas em torno de cristais de granada e também ocorrem associados aos cristais de clinopiroxênio. Os cristais analisados apresentam composição variando entre oligoclásio e andesina ($An_{20,72-33,81}$) (Figura 5.14-B), classificados predominantemente como oligoclásio. Apresentam teores de Na variando de 0,637 a 0,783 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,206 e 0,328 *a.p.u.f.*, de K de 0,002 a 0,007 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} entre 0,001 e 0,008 *a.p.u.f.* Podem exibir sutil zoneamento químico, mostrando aumento de Ca em direção às bordas do cristal.

Na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), os cristais de plagioclásio são euédricos a subédricos, com contatos predominantemente retos a lobulados e textura de equilíbrio e ocorrem como agregados anédricos a lenticulares que formam domínios descontínuos na trama da rocha. O plagioclásio constitui cerca de 5% do conteúdo modal do litotipo. Quimicamente, o plagioclásio analisado é classificado como andesina ($An_{45,21-49,13}$) (Figura 5.14-B) e os cristais não mostram zoneamento composicional. Apresentam conteúdos de Na variando entre 0,500 e 0,539 *a.p.u.f.*, de Ca entre 0,447 e 0,491 *a.p.u.f.*, de K variando de 0,003 a 0,007 *a.p.u.f.* e de Fe^{3+} de 0,001 a 0,003 *a.p.u.f.*

5.3.2 *Feldspato potássico*

Foram analisados 46 cristais de feldspato potássico, sendo 25 cristais nas amostras ortoderivadas do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32 e TGL-58) e 21 cristais em uma amostra de granada gnaisse (amostra TGL-34) e na amostra de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2) atribuídas ao Grupo Araxá. A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de feldspato potássico analisados de cada amostra estão apresentadas no Anexo I, Tabela 4.

Complexo Guaxupé

Nas amostras de granada gnaisse enderbítico (amostras TGL-13 e TGL-32) do Complexo Guaxupé, o feldspato potássico chega a constituir até 5% do conteúdo modal das amostras e é representado por ortoclásio. O feldspato potássico é irregular, intersticial e ocorre principalmente formando as antipertitas.

Na amostra TGL-13, o feldspato potássico apresenta composição variando em cerca de 2% na concentração de ortoclásio ($Or_{95,87-97,52}$) (Figura 5.15-A), com teores de Ab entre 2,48 a 4,13% e conteúdo de Na variando de 0,024 a 0,038 *a.p.u.f.* e de Ba de 0,013 a 0,020 *a.p.u.f.*

O feldspato potássico, na amostra TGL-32, apresenta composição variando em cerca de 4% na concentração de ortoclásio ($Or_{87,23-91,43}$) (Figura 5.15-A), com molécula de Ab variando de 8,57 a 12,77%, teores de Na 0,080 a 0,120 *a.p.u.f.* e de Ba de 0,008 a 0,013 *a.p.u.f.*

Na amostra clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58), o feldspato potássico (ortoclásio) é irregular e intersticial, formando as antipertitas e compõe cerca de 5% do conteúdo modal da amostra.

O feldspato potássico analisado apresenta composição variando em menos de 5% na concentração de ortoclásio ($Or_{90,02-94,08}$) (Figura 5.15-A), com molécula de Ab variando de 5,92 a 9,98%, teores de Na entre 0,055 e 0,094 *a.p.u.f.* e de Ba entre 0,015 e 0,020 *a.p.u.f.* Os cristais não mostram zoneamento composicional.

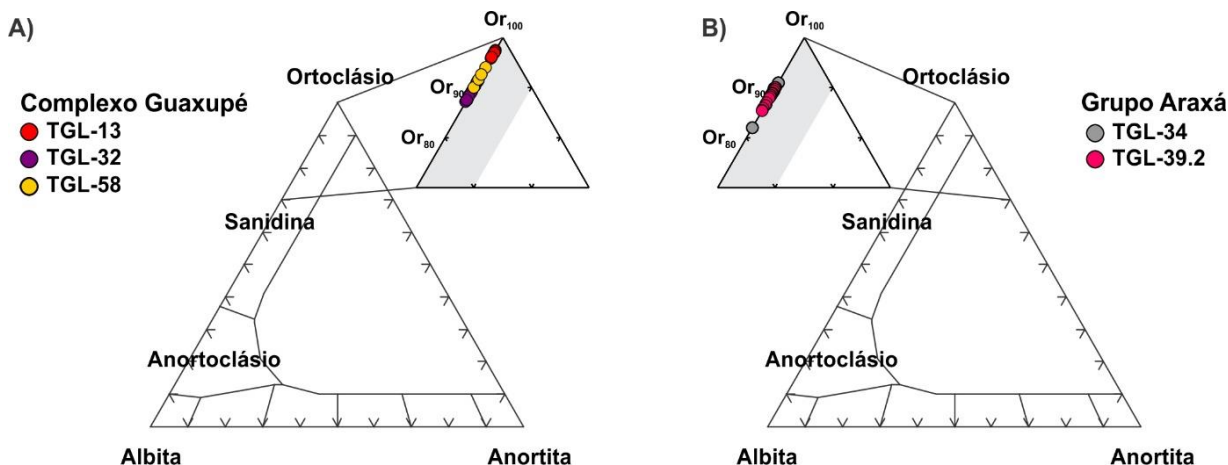


Figura 5.15 - Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-32 e TGL-58; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-34 e TGL-39.2.

Grupo Araxá

Das amostras analisadas atribuídas ao Grupo Araxá, o feldspato potássico ocorre somente no rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) e na amostra de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2).

Granada gnaiss

Na amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), o feldspato potássico é representado por ortoclásio e microclínio e ocorre como cristais anédricos, com contatos lobulados e retos, dimensões que podem alcançar até 1,0 mm e textura pertítica a mesopertítica (filetes e vênulas).

O feldspato potássico analisado apresenta composição variando em aproximadamente 10% na concentração de ortoclásio ($Or_{81,97-91,04}$) (Figura 5.15-B), com molécula de Ab variando

de 8,96 a 18,03%, teores de Na entre 0,083 e 0,123 *a.p.u.f.* e de Ba entre 0,009 e 0,013 *a.p.u.f.* Os cristais não exibem zoneamento químico.

Metassedimento pelítico

Os cristais de feldspato potássico (microclínio) na amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2) são anédricos, com contatos lobulados e dimensões inferiores a 0,5 mm e constituem aproximadamente 15% do conteúdo modal da amostra.

Os cristais analisados mostram composição variando em aproximadamente 5% no conteúdo de ortoclásio ($\text{Or}_{85,36-90,21}$) (Figura 5.15-B), com teor da molécula de albita variando de 9,79 a 14,64%, conteúdos de Na entre 0,093 e 0,138 *a.p.u.f.* e de Ba entre 0,005 e 0,007 *a.p.u.f.* Os cristais não mostram zoneamento composicional.

5.4 Anfibólio

Foram analisados 61 cristais de anfibólio, sendo 25 cristais em três amostras de rochas ortoderivadas atribuídas ao Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-58 e MAG-11) e 36 cristais nas amostras de rochas metamáficas do Grupo Araxá (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula do anfibólio foi calculado em base anidra para 23 oxigênios e 16 cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+} ($\text{FeO}_{\text{Total}}$). A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os anfibólios analisados de cada amostra estão apresentados no Anexo I, Tabela 5.

Complexo Guaxupé

Na amostra de granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-13), o anfibólio ocorre como cristais subédricos a anédricos bem desenvolvidos com dimensões de até 1,0 mm, em equilíbrio com a associação mineral, ou como pequenos cristais associados aos piroxênios, resultantes do processo de reequilíbrio metamórfico.

Quimicamente, 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 magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-A). O anfibólio apresenta teores de 0,292 a 0,338 *a.p.u.f.* de Ti, 1,699 a 1,799 *a.p.u.f.* de Al^{IV} e 0,447 a 0,480 *a.p.u.f.* de Al^{VI} . O conteúdo de Si varia entre 6,201 e 6,301 *a.p.u.f.*, o de Ca de 1,798 a 1,869 *a.p.u.f.*, o de Mg entre 2,498 e 2,561 *a.p.u.f.*, o de Fe^{2+} de 1,708 a 1,819 *a.p.u.f.* e o teor de Na_B é baixo, variando de 0,073 a 0,111

a.p.u.f. Os teores de Na_A e K_A são relativamente altos, entre 0,332 e 0,361 *a.p.u.f.* e 0,360 e 0,379 *a.p.u.f.*, respectivamente.

Na amostra clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58), o anfibólio ocorre como cristais anédricos, com dimensões inferiores a 0,3 mm, associados ao processo de uralitização do piroxênio, relacionado ao reequilíbrio metamórfico.

Assim como na amostra de gnaiss enderbítico (amostra TGL-13), os cristais de anfibólio do gnaiss jutonítico 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 magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-A). Os cristais analisados mostram teores de Ti variando de 0,257 a 0,353 *a.p.u.f.*, de Al^{IV} de 1,670 a 1,791 *a.p.u.f.* e de Al^{VI} de 0,466 a 0,562 *a.p.u.f.* O conteúdo de Si varia entre 6,209 e 6,330 *a.p.u.f.*, de Ca de 1,843 a 1,892 *a.p.u.f.*, de Mg de 2,435 a 2,656 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} de 1,546 a 1,794 *a.p.u.f.* e o teor de Na_B de 0,045 a 0,106 *a.p.u.f.* Os teores de Na_A e K_A são relativamente altos, entre 0,282 a 0,402 *a.p.u.f.* e 0,355 a 0,401 *a.p.u.f.*, respectivamente.

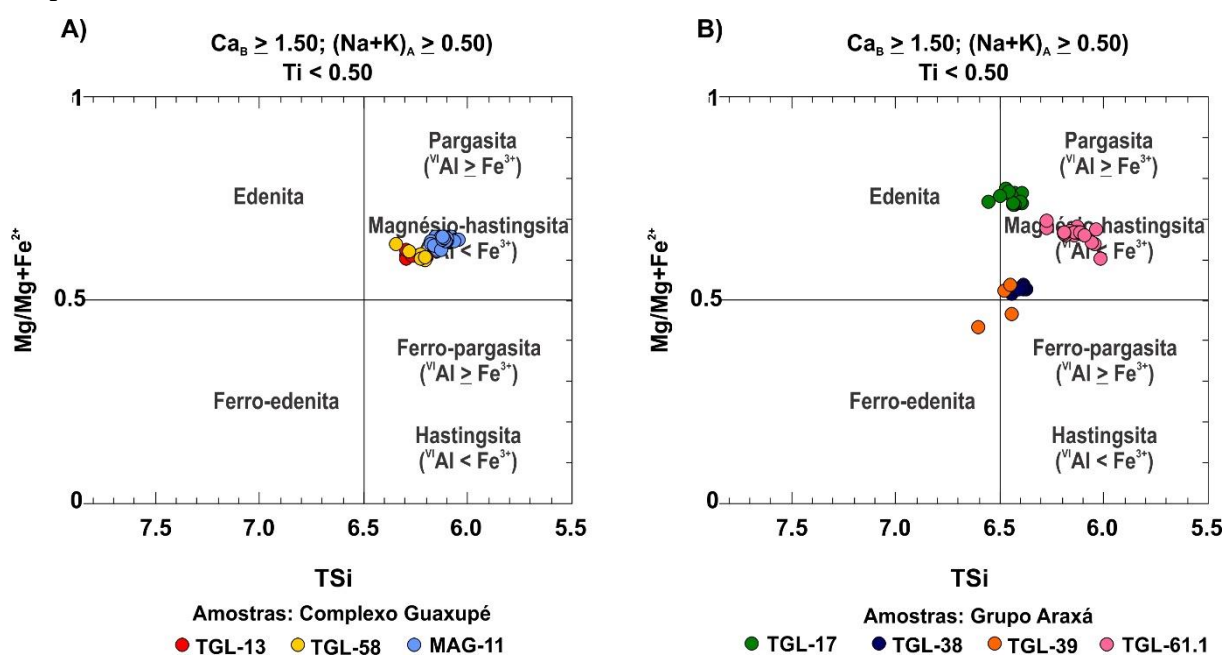


Figura 5.16 - Diagrama de classificação de anfibólios cálcicos (Modificado de LEAKE et al., 1997). (A): Amostras do Complexo Guaxupé – TGL-13, TGL-58 e MAG-11; (B): Amostras do Grupo Araxá – TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1.

No ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (amostra MAG-11), os cristais de anfibólio são euédricos a anédricos, com dimensões que podem alcançar até 4,0 mm e exibem contatos predominantemente retos a lobulados e textura de equilíbrio. O anfibólio ocorre em equilíbrio com a associação mineral e localmente ocorre

associado ao processo de uralitização do piroxênio. Ocorrem também cristais inclusos em clinopiroxênio.

Quimicamente, os cristais de anfibólio analisados exibem composição cálcica (possuem $Ca_B \geq 1,5$, $Na_A + K_A \geq 0,5$, $Ti \leq 0,5$ e $Si < 6,5$) e são classificados como magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-A). Apresentam teores de 0,184 a 0,233 *a.p.u.f.* de Ti, de 1,803 a 1,913 *a.p.u.f.* de Al^{IV} e 0,574 a 0,665 *a.p.u.f.* de Al^{VI} . O conteúdo de Si varia entre 6,087 e 6,197 *a.p.u.f.*, o de Ca de 1,732 a 1,861 *a.p.u.f.*, o de Mg de 2,527 a 2,636 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} de 1,636 a 1,751 *a.p.u.f.* e o teor de Na_B é baixo, variando de 0,014 a 0,087 *a.p.u.f.* Os teores de Na_A e K_A são relativamente altos a moderados, variando de 0,592 a 0,677 *a.p.u.f.* e 0,183 a 0,228 *a.p.u.f.*, respectivamente. Os cristais analisados não exibem zoneamento composicional e não foram observadas diferenças químicas entre os cristais de anfibólio euédricos e os cristais anédricos.

Um único cristal de anfibólio incluso em clinopiroxênio foi analisado e apresenta composição semelhante aos cristais da matriz. É quimicamente classificado como magnésio-hastingsita e mostra teor de 0,170 *a.p.u.f.* de Ti, de 1,815 *a.p.u.f.* de Al^{IV} e 0,665 *a.p.u.f.* de Al^{VI} . O conteúdo de Si é de 6,185 *a.p.u.f.*, de Ca é de 1,786 *a.p.u.f.*, de Mg de 2,574 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} 1,728 *a.p.u.f.* e teor de Na_B de 0,050 *a.p.u.f.* O teor de Na_A é relativamente alto (0,687 *a.p.u.f.*) e o teor de K_A é de 0,164 *a.p.u.f.*

Grupo Araxá

O anfibólio analisado na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17) ocorre como leitos descontínuos com orientação incipiente e sob a forma de cristais subédricos a anédricos, com dimensões que podem atingir até 5,0 mm.

Os cristais apresentam composição cálcica (possuem $Ca_B \geq 1,5$, $Na_A + K_A \geq 0,5$, $Ti \leq 0,5$ e $Si < 6,5$) e são classificados como pargasita e magnésio-hastingsita, no limite desses campos no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-B). Mostram teores de 0,259 a 0,288 *a.p.u.f.* de Ti, de 1,489 a 1,643 *a.p.u.f.* de Al^{IV} e de 0,575 a 0,617 *a.p.u.f.* de Al^{VI} . O conteúdo de Si varia de 6,201 a 6,301 *a.p.u.f.*, o de Ca de 1,675 a 1,770 *a.p.u.f.*, de Mg de 2,977 a 3,140 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} de 1,058 a 1,178 *a.p.u.f.* e o de Na_B entre 0,191 e 0,240 *a.p.u.f.* Os teores de Na e K no sítio A são moderados, variando de 0,390 a 0,477 e 0,176 a 0,240, respectivamente. A composição química de alguns cristais mostra fraco zoneamento do núcleo para borda, marcado por diminuição de Ti e Al^{VI} e aumento de Ca e Na_B .

Nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), o anfibólio ocorre como cristais irregulares, comumente anédricos, com dimensões que podem alcançar até 3,0 mm.

Apresentam forte pleocroísmo em tons de amarelo esverdeado a marrom pálido e mostram-se associados principalmente aos cristais de clinopiroxênio, corroendo estes e também intercrescido nos cristais simplectíticos.

Quimicamente apresentam composição cálcica ($\text{Ca}_B \geq 1,5$, $\text{Na}_A + \text{K}_A \geq 0,5$, $\text{Ti} \leq 0,5$ e $\text{Si} < 6,5$) e são classificados predominantemente como magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-B). O anfibólio analisado mostra conteúdos de Ti variando entre 0,192 e 0,262 *a.p.u.f.*, de Al^{IV} entre 1,401 e 1,627 *a.p.u.f.* e de Al^{VI} entre 0,536 e 0,621 *a.p.u.f.* O conteúdo de Si varia de 6,373 a 6,599 *a.p.u.f.*, o de Ca de 1,782 a 1,885 *a.p.u.f.*, o de Mg de 1,817 a 2,517 *a.p.u.f.* e de Fe^{2+} de 2,045 a 2,448 *a.p.u.f.* e o de Na_B de 0,063 a 0,116 *a.p.u.f.* Os teores de Na_A são relativamente altos, de 0,399 a 0,559 *a.p.u.f.* e os de K são relativamente baixos, de 0,091 a 0,118 *a.p.u.f.* Os cristais mostram leve enriquecimento de Al em direção às bordas.

Nas amostras de retroeclogito também ocorrem cristais de anfibólio de coloração verde clara, anédricos, principalmente na interface de cristais de granada e de piroxênio, que sugerem ser de menor temperatura.

Na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), os cristais de anfibólio são irregulares, predominantemente anédricos, alongados, com dimensões médias de 0,6 mm. Ocorrem também agregados de cristais euédricos de anfibólio com contatos retos e textura de equilíbrio. Os menores cristais, com tamanho médio da ordem de 0,2 mm ocorrem associados ao processo de uralitização do clinopiroxênio.

Os cristais de anfibólio 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 magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.16-B). Mostram teores de Ti variando de 0,252 a 0,360 *a.p.u.f.*, de Al^{IV} de 1,748 a 2,005 *a.p.u.f.* e de Al^{VI} de 0,591 a 0,704 *a.p.u.f.* O conteúdo de Si varia entre 5,995 e 6,267 *a.p.u.f.*, de Ca de 1,746 a 1,864 *a.p.u.f.*, de Mg de 2,401 a 2,796 *a.p.u.f.*, de Fe^{2+} de 1,337 a 1,612 *a.p.u.f.* e o teor de Na_B de 0,103 a 0,175 *a.p.u.f.* Os teores de Na_A são relativamente altos, entre 0,545 e 0,623 *a.p.u.f.* e os teores de K_A variam de 0,155 a 0,190 *a.p.u.f.*

5.5 Biotita

Foram analisados 21 cristais de biotita, 5 cristais em uma amostra de rocha ortoderivada do Complexo Guaxupé (amostra TGL-58) e 16 cristais em amostras de granada gnaiss (amostra TGL-57) e de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2) atribuídos ao Grupo Araxá. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da biotita foi calculado em base anidra

para 22 oxigênios e 16 cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+} ($\text{FeO}_{\text{Total}}$). A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para a biotita analisada em cada amostra está apresentada no Anexo I, Tabela 6.

Complexo Guaxupé

Nas amostras do Complexo Guaxupé, a biotita ocorre apenas na amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58) e apresenta-se sob a forma de cristais tabulares ou como palhetas irregulares anédricas de coloração marrom alaranjada, com dimensões máximas de 0,4 mm. Ocorre como produto de alteração de cristais de granada e de piroxênio ou associada aos cristais de rutilo.

De acordo com o diagrama Al^{IV} versus $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$, os cristais de biotita analisados são quimicamente classificados como flogopita (Figura 5.17-A). Apresentam X_{Mg} variando de 0,688 a 0,719, conteúdos de Fe^{2+} entre 1,380 e 1,541 *a.p.u.f.* e altos teores de Ti, entre 0,597 e 0,641 *a.p.u.f.* O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,401 e 2,443 *a.p.u.f.* e o de Al^{VI} 0,051 a 0,116 *a.p.u.f.*

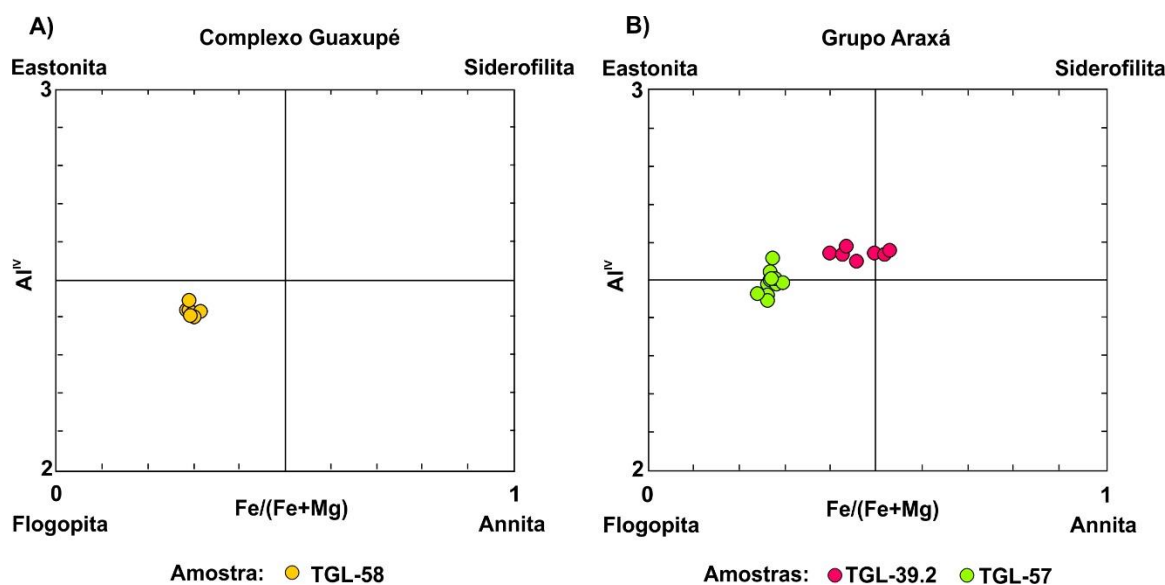


Figura 5.17 - Diagrama de classificação de biotita. (A): Amostra do Complexo Guaxupé – Amostra TGL-58; (B): Amostras do Grupo Araxá – Amostras TGL-39.2 e TGL-57.

Grupo Araxá

Granada gnaiss

Na amostra de biotita-granada gnaiss tonalítico com rutilo (amostra TGL-57), a biotita ocorre como pequenos cristais tabulares, orientados, com dimensões máximas de 0,5 mm e coloração amarela a marrom acastanhada. Os cristais podem ser primários ou resultantes de

reações de retrometamorfismo, formadas a partir da alteração da granada ou associada a cristais de minerais opacos e rutilo.

Quimicamente, os cristais de biotita analisados são classificados como eastonita e flogopita de acordo com o diagrama Al^{IV} versus $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ (Figura 5.17-B). Os cristais apresentam X_{Mg} variando de 0,662 a 0,719, conteúdos de Fe^{2+} entre 1,340 e 1,588 *a.p.u.f.* e altos teores de Ti, entre 0,563 e 0,559 *a.p.u.f.* O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,463 e 2,522 *a.p.u.f.* e o de Al^{VI} de 0,211 a 0,283 *a.p.u.f.*

Metassedimento pelítico

Na amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2), a biotita ocorre como cristais tabulares ou como finas palhetas anédricas com coloração marrom avermelhada. Ocorre substituindo ou envolvendo cristais de granada, resultante de reação retrometamórfica. Os cristais de biotita podem estar envolvidos ou alterados para muscovita.

De acordo com o diagrama Al^{IV} versus $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$, os cristais de biotita analisados são quimicamente classificados no limite entre os campos siderofilita e eastonita (Figura 5.17-B). Apresenta X_{Mg} variando de 0,430 a 0,562, conteúdos de Fe^{2+} entre 1,962 e 2,596 *a.p.u.f.* e altos teores de Ti, entre 0,449 e 0,559 *a.p.u.f.* O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,553 e 2,591 *a.p.u.f.* e o de Al^{VI} 0,523 a 0,619 *a.p.u.f.* Os cristais classificados como eastonita, tendem a ser mais magnesianos e estão relacionados a alteração de granada.

5.6 Escapolita

Foram analisados nove cristais de escapolita em amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1) atribuída ao Grupo Araxá. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da escapolita foi calculado para 12 (Si, Al) e 16 cátions (DEER et al., 1992), considerando todo ferro presente como Fe^{3+} (Fe_2O_{3Total}). A variação do conteúdo de *a.p.u.f.* para os cristais de escapolita analisados são apresentadas no Anexo I, Tabela 7.

Grupo Araxá

Na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), os cristais de escapolita são subédricos, com contatos predominantemente retos e com dimensões médias de 0,4 mm. Os cristais formam agregados lenticulares, orientados segundo a foliação principal da rocha.

Quimicamente apresentam composição de meionita, variando entre $\text{Me}_{69,81}$ a $\text{Me}_{75,22}$, com teores de Si entre 6,983 e 7,150 *a.p.u.f.*, de Al entre 4,857 e 5,046 *a.p.u.f.*, de Ca variando de 2,753 a 2,957 *a.p.u.f.* e de Na de 0,979 a 1,192 *a.p.u.f.* As análises mostram elevado conteúdo de SO_3 , variando de 2,998 a 6,579 em porcentagem em peso.

5.7 Rutilo

As concentrações de 12 elementos traço para rutilo (Si, Al, V, Sn, Cr, Sb, Ta, Fe, W, Hf, Zr, Nb), além de Ti, foram analisadas em 49 cristais de rutilo em amostras de granada gnaiss (amostra TGL-34) e de rochas metamáficas (amostras TGL-17, TGL-38 e TGL-39) atribuídas ao Grupo Araxá. Os resultados das análises químicas dos elementos traço nos cristais de rutilo estão apresentadas no Anexo II, Tabela 1.

Grupo Araxá

Granada gnaiss

Na amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), os cristais de rutilo ocorrem sob formas anédricas a arredondas com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Mostram-se dispersos na matriz e inclusos em cristais de granada. Os cristais de rutilo são geralmente límpidos e homogêneos (Figura 5.18-A, B) e podem ocorrer com inclusões de zircão (Figura 5.18-C, D) ou ainda apresentar lamelas de exsolução de ilmenita (Figura 5.18-E, F).

As concentrações de elementos traço nesses cristais mostram teores de Si variando entre 0 e 6 ppm, de Al entre 36 e 100 ppm, de V entre 2.656 e 4.677 ppm, de Cr entre 430 e 1.039 ppm, de Fe entre 0 e 7.813 ppm, de Zr entre 785 e 3.737 e de Nb de 563 a 3.950 ppm, além de baixos conteúdos de Sn (0 a 93 ppm), Sb (0 a 65 ppm), Ta (0 a 89 ppm), W (0 a 45 ppm) e Hf (0 a 111 ppm).

Metamáficas

Na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), os cristais de rutilo são irregulares, possuem formas anédricas a arredondadas e com dimensões que podem alcançar até 0,5 mm. Ocorrem dispersos na matriz, associados a granada, anfibólio e clinopiroxênio. Podem ser límpidos e homogêneos (Figura 5.19-A, B), com lamelas de

ilmenita (Figura 5.19-C e D) ou ainda com inclusões de cristais minúsculos de granada, apatita (Figura 5.19-E), e em contato com cristais de zircão (Figura 5.19-F).

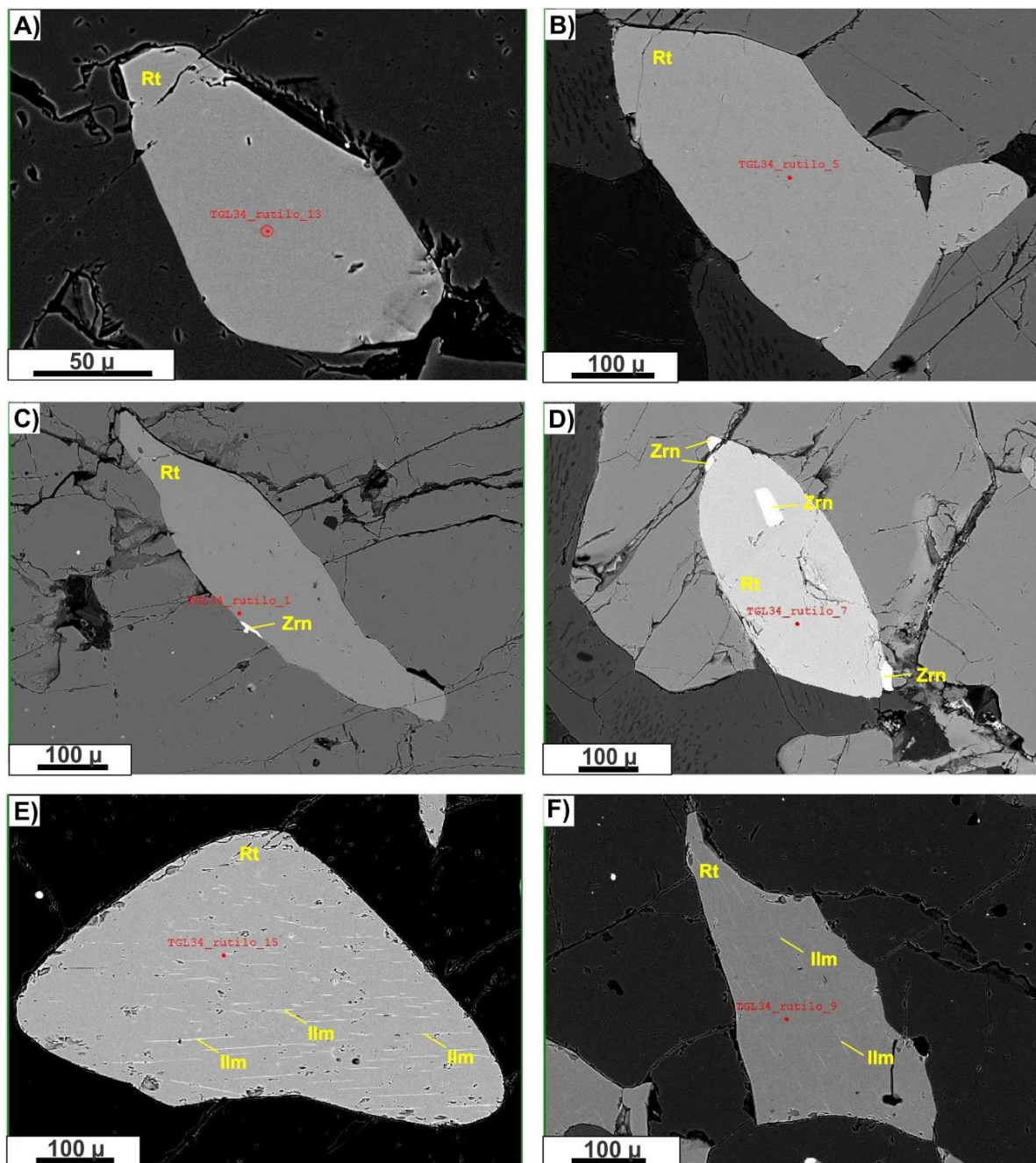


Figura 5.18 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados em amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) do Grupo Araxá. (A), (B): Cristais de rutilo límpidos e homogêneos; (C), (D): Cristais de rutilo com inclusões de cristais de zircão; (E), (F): Cristais anédricos de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita. Ilm: ilmenita, Rt: rutilo; Zrn: zircão.

Os cristais de rutilo contêm de 0 a 151 ppm de Si, de 37 a 1.270 ppm de Al, 1.335 a 2.441 ppm de V, 731 a 2.008 ppm de Cr, de 0 a 13.452 ppm de Fe, 888 a 1.763 ppm de Nb, teores de Zr variando de 1.174 a 2.252 ppm, além de baixos teores de Sn (0 - 63 ppm), Ta (0 - 110 ppm), W (0 - 86 ppm) e Hf (0 - 100 ppm).

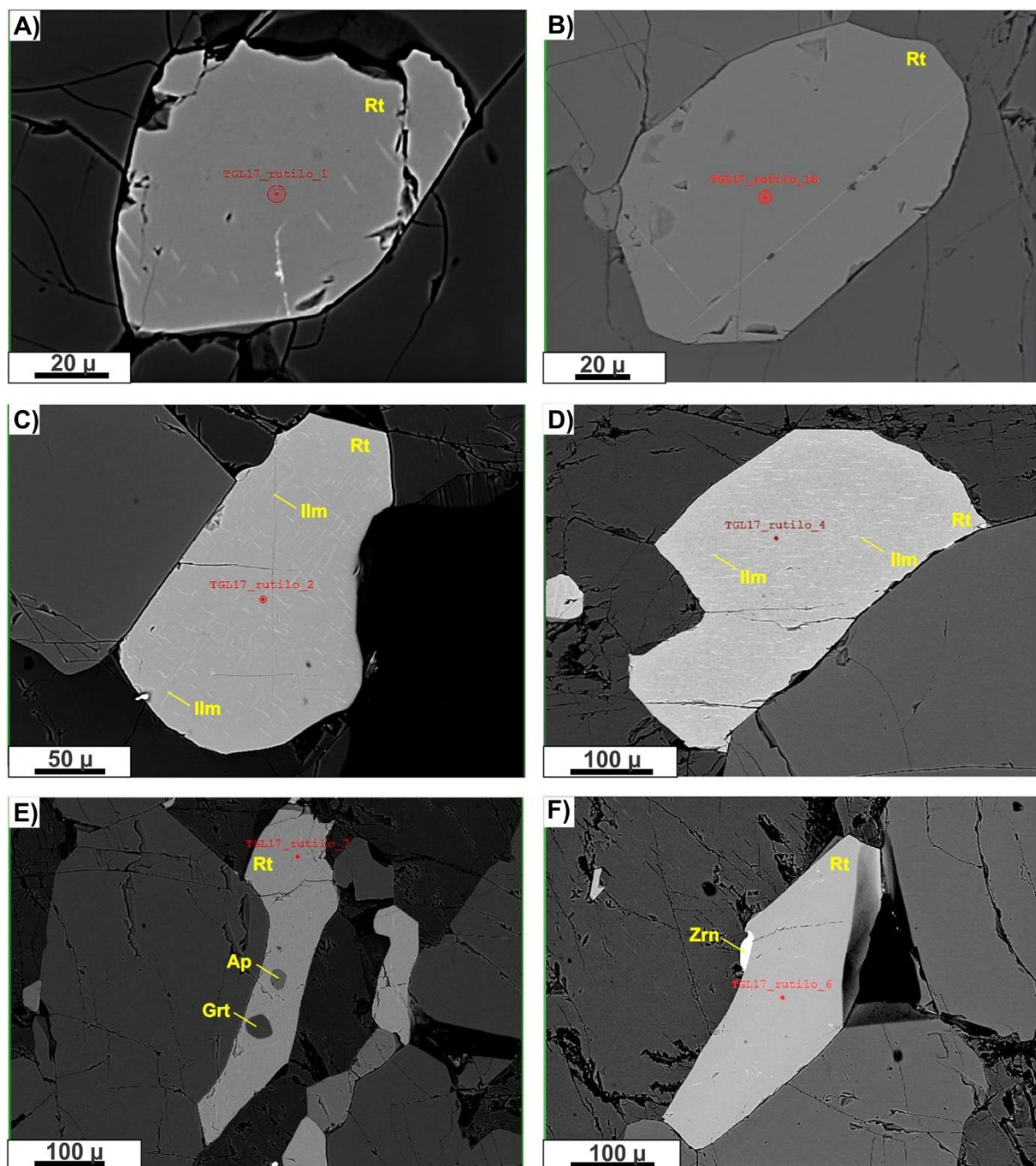


Figura 5.19 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17) do Grupo Araxá. (A), (B): Cristais de rutilo límpidos e homogêneos; (C), (D): Cristais de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita; (E): Cristal de rutilo com inclusão de granada e apatita; (F): Cristal de rutilo em contato com cristal de zircão em sua borda. Ap: apatita, Grt: granada, Ilm: ilmenita; Rt: rutilo; Zrn: zircão.

Nos retroeclogitos (amostras TGL-38 e TGL-39), os cristais de rutilo apresentam formas subédricas, anédricas a arredondadas, com dimensões inferiores a 0,3 mm e ocorrem comumente inclusos em cristais de granada. Podem ser límpidos e homogêneos (Figura 5.20-A), mas, frequentemente apresentam finas bandas de exsolução ilmenita (Figura 5.20-B, C) ou lamelas de exsolução de ilmenita (Figura 5.20-D, E, F).

Os cristais contêm de 0 a 161 ppm de Si, de 23 a 259 ppm de Al, de 1.638 a 3.342 de V, 77 a 1.152 ppm de Cr, de 0 a 5.980 ppm de Fe, de 640 a 1.171 ppm de Zr, de 332 a 8.108 ppm de Nb, de 0 a 316 ppm de W, de 0 a 282 ppm de Ta, além de baixos valores de Sn (0 a 111 ppm) e de Hf (0 a 75 ppm).

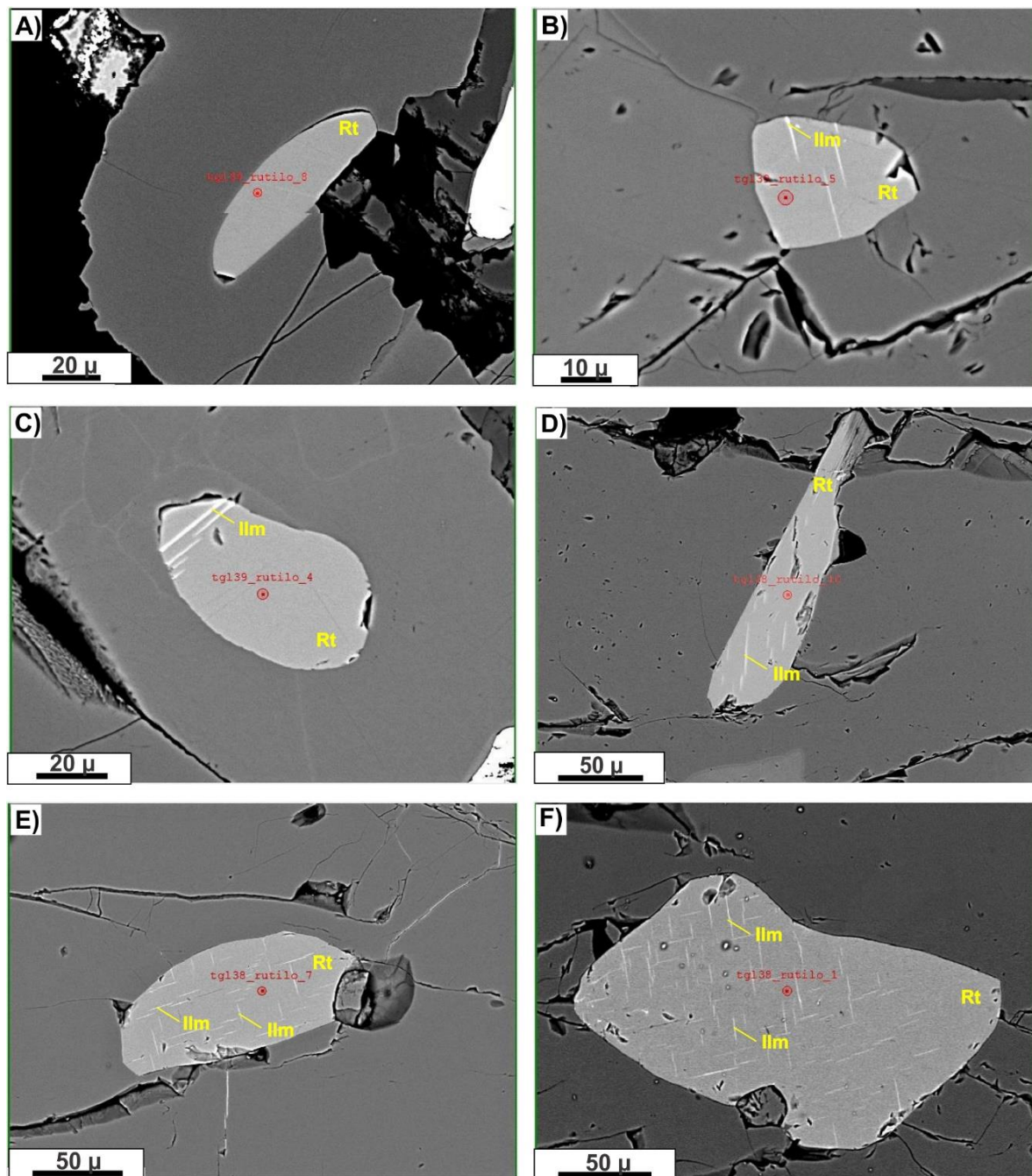


Figura 5.20 - Imagens retroespalhadas de cristais de rutilo analisados nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) do Grupo Araxá. (A): Cristal de rutilo límpido e homogêneo; (B), (C): Cristais de rutilo com finas bandas de exsolução de ilmenita; (D), (E), (F): Cristais de rutilo com lamelas de exsolução de ilmenita. Ilm: ilmenita, Rt: rutilo.

5.8 Quartzo

Foram determinadas concentrações de Ti em 61 cristais de quartzo nas amostras de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) e retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) atribuídas ao Grupo Araxá. As análises foram realizadas em cristais de quartzo inclusos em granada e também em cristais da matriz. Os resultados das análises de Ti em quartzo estão apresentadas no Anexo II, Tabela 2.

Grupo Araxá

Granada gnaiss

Os teores de Ti nos cristais de quartzo da amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) variam de 70 a 272 ppm. O conteúdo de Ti nos cristais associados a matriz varia de 97 a 272 ppm, com média de 183 ppm e os teores associados aos cristais de quartzo inclusos em granada variam de 70 a 227 ppm, com média de 159 ppm.

Metamáficas

Na amostra anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), as análises foram realizadas em cristais de quartzo associados a matriz da rocha. O teor de Ti varia de 59 a 106 ppm.

Nos retroeclogitos (amostras TGL-38 e TGL-39), os teores de Ti em quartzo são menores e mostram pequena variação, entre 28 e 66 ppm. Não foram verificadas diferenças ou padrão nos teores em cristais inclusos ou em cristais de matriz. O teor de Ti em quartzo nos cristais da matriz varia de 28 a 66 ppm, com média de 43 ppm e o conteúdo de Ti das inclusões em cristais de granada varia de 38 a 58 ppm, com média de 48 ppm.

6. GEOTERMOBAROMETRIA

As condições de pressão e temperatura foram calculadas por geotermobarometria otimizada com o uso do *software THERMOCALC*, no modo “*Average P-T*” (*avPT*) (POWELL e HOLLAND, 1994) e pelo *software RCLC (Thermobarometry Corrected for Retrograd Exchange)* de Pattison et al. (2003), e por geotermometria de elementos traço com uso dos termômetros Zr-em-rutilo, calibração de Tomkins et al. (2007) e Ti-em-quartzo, calibração de Thomas et al. (2010), além da utilização de cálculo pareado dos geotermômetros para estimativas de pressão e temperatura (THOMAS et al., 2010).

As condições *P-T* calculadas simultaneamente pelo *THERMOCALC* e suas respectivas correlações foram plotadas na planilha “*avept*”.

6.1 *Average P-T (Média P-T)*

O *THERMOCALC* é um *software* de cálculo termodinâmico que utiliza um conjunto de dados termodinâmicos internamente consistentes para realizar cálculos de geotermobarometria e de diagramas de fases para rochas metamórficas (POWELL e HOLLAND, 1988; HOLLAND e POWELL, 1998).

De acordo com Powell e Holland (1994), o método “*Average P-T*” (*avPT*) envolve cálculos termodinâmicos de um conjunto de reações linearmente independentes entre os membros finais de uma assembleia mineral (presumidamente em equilíbrio) pelo método dos mínimos quadrados, para gerar um resultado de pressão e temperatura a partir do cruzamento dessas reações. Essas reações são deslocadas dentro de suas barras de erro até definirem uma elipse com o menor erro possível. A confiabilidade dos cálculos é balizada por propagação de erros simples.

Para cada reação entre os membros finais da assembleia mineral pode ser escrita uma relação de equilíbrio dada por:

$$0 = \Delta G^0 + RT \ln K$$

Onde, ΔG^0 = variação da Energia de Gibbs, calculada a partir das energias de Gibbs dos membros finais participantes na reação; R = constante universal dos gases; T = temperatura; $\ln K$ = logaritmo natural da constante de equilíbrio para a reação, calculada a partir das atividades dos membros finais nas fases em que esses membros finais ocorrem.

Os cálculos das condições *P-T* foram realizados com o *software THERMOCALC* versão 3.26, no modo *avPT*, seguindo as recomendações de Powell e Holland (1994). As condições médias de pressão e temperatura foram calculadas em nove amostras, quatro delas atribuídas ao Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) e cinco delas ao Grupo Araxá (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39, TGL-39.2 e TGL-61.1).

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 9,0 kbar e 700°C para o Complexo Guaxupé e 11,0 kbar e 700°C para o Grupo Araxá, para a obtenção dos valores das atividades dos membros finais. Os intervalos de temperatura e pressão utilizados para o cálculo das atividades são as condições de reequilíbrio regional (ZANARDO, 1992; DEL LAMA, 1993, 1998; NASCIMENTO, 2010).

Os resultados de pressão e temperatura obtidos para cada amostra e a associação mineral utilizada para o cálculo são apresentados na Tabela 6.1 para amostras do Complexo Guaxupé e na Tabela 6.2 para amostras do Grupo Araxá.

Tabela 6.1 - Condições *P-T* calculadas pelo *software THERMOCALC* para amostras do Complexo Guaxupé

Amostra	Associação	P (Kbar) / T (°C)	Cor.	P (Kbar)	T (°C)
Complexo Guaxupé					
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am	12.2 ±0.6 / 961 ±29	0.474	13.82 ±0.51	1183 ±26
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am	12.8 ±0.5 / 968 ±30	0.499	14.64 ±0.94	1120 ±28
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am	11.3 ±0.7 / 957 ±27	0.516	13.88 ±0.54	1153 ±35
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + Fk	11.3 ±0.7 / 900 ±37	0.568	13.10 ±0.91	937 ±35
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + Fk	11.4 ±0.7 / 887 ±36	0.562	13.26 ±0.88	902 ±31
TGL -13	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + Fk	11.6 ±0.7 / 889 ±36	0.640	13.12 ±0.82	914 ±27
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx	14.7 ±1.3 / 1199 ±99	0.930	13.52 ±0.54	1229 ±43
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx	13.8 ±1.6 / 1108 ±121	0.923	13.67 ±0.62	1117 ±104
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx	13.8 ±1.5 / 1123 ±118	0.915	13.58 ±0.53	1096 ±161
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx + Fk	13.2 ±1.6 / 1039 ±116	0.914	13.91 ±0.59	1170 ±52
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx + Fk	14.6 ±1.6 / 1124 ±114	0.912	13.89 ±0.67	1145 ±92
TGL -32	pl + qtz + grt + cpx + opx + Fk	12.7 ±1.3 / 988 ±98	0.910	14.16 ±0.57	1160 ±39
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt	12.0 ±0.9 / 958 ±38	0.623	12.68 ±0.75	956 ±29
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt	12.3 ±0.6 / 928 ±28	0.631	13.96 ±0.64	921 ±22
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt	12.7 ±1.0 / 979 ±43	0.468	12.79 ±0.93	978 ±38
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt + Fk	11.4 ±0.9 / 906 ±39	0.632	13.14 ±0.95	973 ±44
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt + Fk	10.9 ±1.0 / 910 ±43	0.656	12.42 ±0.91	958 ±37
TGL-58	pl + qtz + grt + cpx + opx + am + bt + Fk	10.91 ±0.9 / 915 ±41	0.656	11.82 ±0.75	1012 ±40
MAG-11	pl + grt + cpx + opx + am	13.2 ±1.1 / 937 ±35	0.365	13.47 ±0.78	923 ±26
MAG-11	pl + grt + cpx + opx + am	12.8 ±0.9 / 929 ±29	0.350	12.97 ±0.73	919 ±20
MAG-11	pl + grt + cpx + opx + am	13.0 ±0.8 / 955 ±27	0.354	13.13 ±0.69	945 ±23
MAG-11	pl + grt + cpx + opx + am	12.9 ±0.7 / 948 ±34	0.359	13.45 ±0.89	941 ±21

Am: anfibólio; Bt: biotita; Cpx: clinopiroxênio; Fk: feldspato potássico; Grt: granada, Opx: ortopiroxênio; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo.

Tabela 6.2 - Condições *P-T* calculadas pelo *software THERMOCALC* para amostras do Grupo Araxá

Amostra	Associação	P (Kbar) / T (°C)	Cor.	P (Kbar)	T (°C)
Grupo Araxá					
TGL-17	cpx + grt + am + pl + qtz	13.1 ±0.6 / 849 ±31	0.499	14.06 ±0.74	832 ±30
TGL-17	cpx + grt + am + pl + qtz	13.1 ±0.7 / 848 ±38	0.506	14.31 ±0.65	849 ±33
TGL-17	cpx + grt + am + pl + qtz	13.5 ±0.6 / 838 ±33	0.528	14.42 ±0.8	828 ±39
TGL-17	cpx + grt + am + pl + qtz	13.3 ±0.5 / 844 ±28	0.515	14.0 ±0.62	848 ±28
TGL-38	cpx + grt + am + pl + qtz	11.8 ±0.7 / 756 ±30	0.220	11.35 ±0.85	754 ±35
TGL-38	cpx + grt + am + pl + qtz	11.2 ±1.1 / 727 ±48	0.200	11.22 ±0.78	725 ±55
TGL-38	cpx + grt + am + pl + qtz	12.0 ±0.9 / 749 ±39	0.217	11.76 ±0.82	748 ±43
TGL-38	cpx + grt + am + pl + qtz	12.5 ±0.7 / 772 ±33	0.222	12.33 ±0.49	808 ±50
TGL-39	cpx + grt + am + pl + qtz	12.5 ±1.1 / 757 ±49	0.298	12.3 ±0.48	735 ±33
TGL-39	cpx + grt + am + pl + qtz	11.7 ±1.1 / 724 ±48	0.236	12.9 ±0.48	766 ±54
TGL-39	cpx + grt + am + pl + qtz	11.4 ±0.6 / 751 ±27	0.256	11.93 ±0.76	749 ±31
TGL-39	cpx + grt + am + pl + qtz	12.5 ±0.8 / 799 ±37	0.308	10.58 ±0.6	796 ±29
TGL-39.2	grt + ky + qtz + Fk + pl + bt	10.1 ±0.8 / 789 ±25	0.491	-	-
TGL-39.2	grt + ky + qtz + Fk + pl + bt	10.2 ±1.2 / 775 ±36	0.499	-	-
TGL-39.2	grt + ky + qtz + Fk + pl + bt	10.1 ±0.6 / 773 ±18	0.477	-	-
TGL-39.2	grt + ky + qtz + Fk + pl + bt	10.1 ±1.0 / 774 ±30	0.491	-	-
TGL-61.1	cpx + grt + am + pl + scp	15.1 ±1.1 / 880 ±40	0.360	15.97 ±0.76	782 ±33
TGL-61.1	cpx + grt + am + pl + scp	15.7 ±0.7 / 920 ±38	0.511	15.59 ±0.89	739 ±35
TGL-61.1	cpx + grt + am + pl + scp	15.3 ±1.0 / 882 ±41	0.406	15.37 ±0.78	775 ±32
TGL-61.1	cpx + grt + am + pl + scp	15.3 ±1.2 / 914 ±47	0.342	15.90 ±0.81	801 ±34

Am: anfibólio; Bt: biotita; Cpx: clinopiroxênio; Fk: feldspato potássico; Grt: granada; Ky: cianita; Opx: ortopiroxênio; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo; Scp: escapolita.

Complexo Guaxupé

Os cálculos das condições de pressão e temperatura para as amostras de granada gnaiss enderbítico (amostras TGL-13 e TGL-32) e de granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58) atribuídos ao Complexo Guaxupé foram realizados com e sem feldspato potássico (ortoclásio) na associação mineral, que está presente nas antipertitas e como material intersticial.

Na amostra com anfibólio (amostra TGL-13), foi considerada a associação mineral sahlita + hiperstênio + almandina + andesina + Mg-hastingsita + quartzo ± ortoclásio, com α_{H_2O} igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} . Nos cálculos em que o ortoclásio não é considerado na associação mineral, os valores de pressão e temperatura, calculados simultaneamente, variam de 11,3 ±0,70 kbar a 12,8 ±0,50 kbar e 957 ±27°C a 968 ±30°C, com correlações médias da ordem de 0,5 (Figura 6.1, Figura 6.2-A, Tabela 6.1). As variáveis de pressão e temperatura, calculadas separadamente, resultam em valores de pressão e temperatura mais elevados, que variam de 13,82 ±0,51 kbar a 14,64 ±0,94 kbar e de 1.120 ±28°C a 1.183 ±26°C (Tabela 6.1).

Quando o feldspato potássico é adicionado a associação mineral, os resultados das condições de pressão e temperatura, calculados juntos, mostram valores *P-T* um pouco

inferiores e mais homogêneos, que variam de $11,3 \pm 0,7$ kbar a $11,6 \pm 0,7$ kbar e $887 \pm 36^\circ\text{C}$ a $900 \pm 37^\circ\text{C}$ (Figura 6.1, Figura 6.2-A, Tabela 6.1). As condições de pressão e temperatura calculadas separadamente resultam em valores superiores, que variam de $13,10 \pm 0,91$ kbar a $13,26 \pm 0,88$ e de $902 \pm 31^\circ\text{C}$ a $937 \pm 35^\circ\text{C}$ (Tabela 6.1).

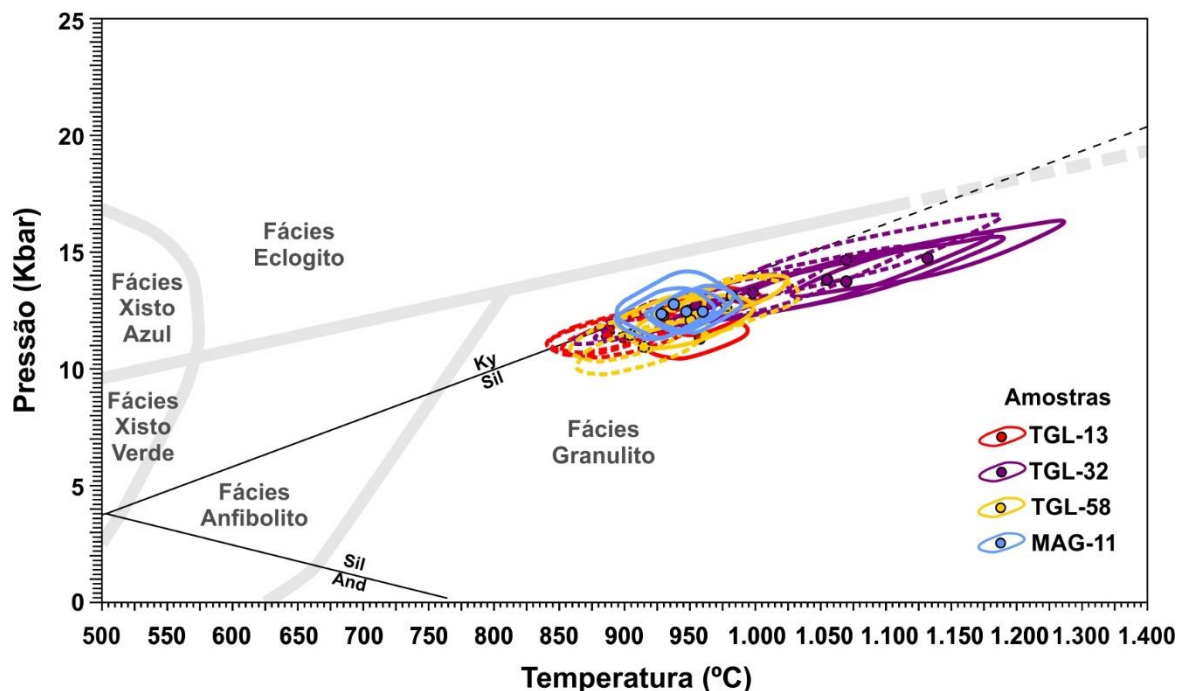


Figura 6.1 - Diagrama P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (média P - T) para as amostras do Complexo Guaxupé. As linhas cheias representam os cálculos realizados para associação mineral: $pl+qtz+grt+cpx+opx\pm am\pm bt$. As linhas pontilhadas representam os cálculos realizados para a associação mineral de cada amostra com Fk no cálculo. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Para a amostra de granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-32) que não apresenta anfibólio em seu conteúdo modal, foi considerada a associação mineral sahlita + hiperstênio + almandina + andesina + quartzo $\pm$ ortoclásio, sem fluido. Nos cálculos em que o ortoclásio não é considerado na associação mineral, os valores de pressão e temperatura, calculados juntos, variam de $13,8 \pm 1,50$ kbar a $14,7 \pm 1,30$ kbar e $1.108 \pm 121^\circ\text{C}$ a $1.199 \pm 99^\circ\text{C}$, com correlações altas (Figura 6.1, Figura 6.2-B, Tabela 6.1). As variáveis de pressão e temperatura, calculadas separadamente, resultam em valores de pressão mais baixos e homogêneos, que variam de $13,52 \pm 0,54$ kbar a $13,67 \pm 0,62$ kbar e valores de temperatura mais elevados, variando de $1.096 \pm 161^\circ\text{C}$ a $1.229 \pm 43^\circ\text{C}$ (Tabela 6.1).

Utilizando-se o feldspato potássico na associação mineral, os resultados das condições de pressão e temperatura, calculados juntos, mostram valores que variam de $12,7 \pm 1,30$ kbar a $14,6 \pm 1,60$ kbar e $988 \pm 98^\circ\text{C}$ a $1.124 \pm 114^\circ\text{C}$, com correlação alta (Figura 6.1, Figura 6.2-B, Tabela 6.1). Os resultados de pressão e temperatura, calculados separadamente mostram valores

de $13,89 \pm 0,67$ kbar a $14,16 \pm 0,57$ kbar para pressão e valores de $1.145 \pm 92^\circ\text{C}$ a $1.170 \pm 52^\circ\text{C}$ para temperatura.

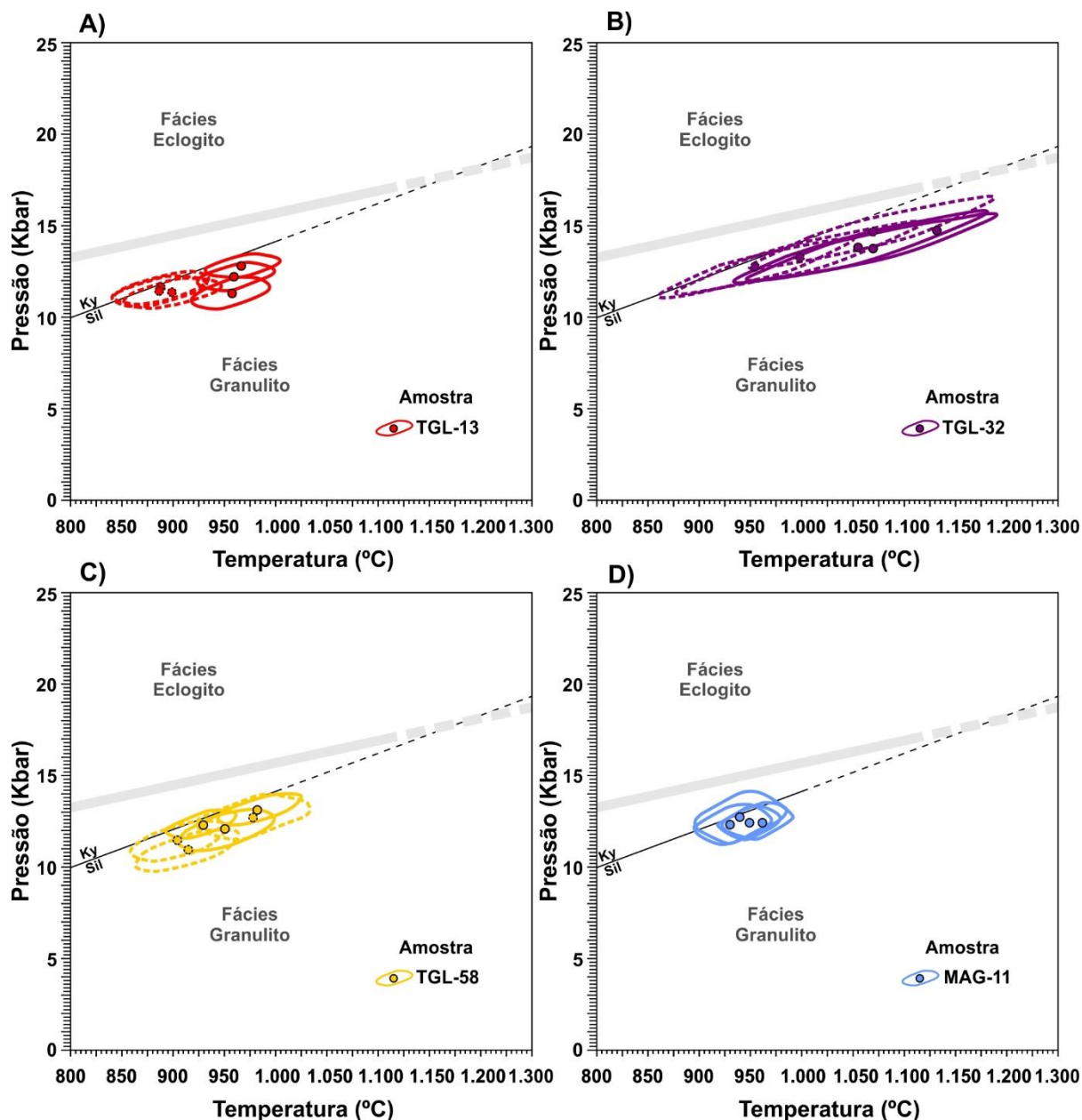


Figura 6.2 - Diagramas P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (média P - T) para as amostras do Complexo Guaxupé. (A): Amostra de anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaiss enderbítico (TGL-13); (B): Amostra de granada-clinopiroxênio gnaiss enderbítico (TGL-32); (C): Amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico com biotita e anfibólio (TGL-58); (D): Amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (MAG-11). (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Na amostra de granada gnaiss jutonítico (amostra TGL-58), foi considerada a associação mineral sahlita + hiperstênio + almandina + andesina + Mg-hastingsita + flogopita + quartzo $\pm$ ortoclásio, com $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} . Nos cálculos em que o ortoclásio não é considerado na associação mineral, os valores de pressão e temperatura,

calculados simultaneamente, variam de $12,0 \pm 0,90$ kbar a $12,7 \pm 1,0$ kbar e $928 \pm 28^\circ\text{C}$ a $979 \pm 43^\circ\text{C}$, com correlações variando de 0,47 a 0,63 (Figura 6.1, Figura 6.2-C, Tabela 6.1). As variáveis de pressão e temperatura, calculadas separadamente, resultam em valores de pressão e temperatura próximos aos calculados juntos, que variam de $12,68 \pm 0,75$ kbar a $13,96 \pm 0,64$ kbar e de $921 \pm 22^\circ\text{C}$ a $978 \pm 38^\circ\text{C}$ (Tabela 6.1).

Quando o feldspato potássico é adicionado no cálculo, os resultados das condições de pressão e temperatura, calculados juntos, mostram valores P - T um pouco inferiores e mais homogêneos, que variam de $10,90 \pm 1,0$ kbar a $11,40 \pm 0,90$ kbar e $906 \pm 39^\circ\text{C}$ a $915 \pm 41^\circ\text{C}$, com correlações da ordem de 0,6 (Figura 6.1, Figura 6.2-C, Tabela 6.1). As condições de pressão e temperatura calculadas separadamente resultam em valores superiores, que variam de $11,82 \pm 0,75$ kbar a $13,14 \pm 0,95$ e de $958 \pm 37^\circ\text{C}$ a $1.012 \pm 40^\circ\text{C}$ (Tabela 6.1).

Para a amostra de granulito básico com granada (amostra MAG-11), foi considerada a associação mineral sahlita + hiperstênio + Mg-hastingsita + labradorita + almandina, com $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} . Os valores de pressão e temperatura, calculados juntos, variam de $12,8 \pm 0,90$ kbar a $13,2 \pm 1,10$ kbar e $929 \pm 29^\circ\text{C}$ a $955 \pm 27^\circ\text{C}$, com correlações de 0,35 (Figura 6.1, Figura 6.2-D, Tabela 6.1). As variáveis de pressão e temperatura, calculadas separadamente, resultam em valores de pressão um pouco mais elevados, que variam de $12,97 \pm 0,73$ kbar a $13,47 \pm 0,78$ kbar e valores de temperatura mais baixos, variando de $919 \pm 20^\circ\text{C}$ a $945 \pm 23^\circ\text{C}$ (Tabela 6.1), mas próximos aos calculados simultaneamente.

Grupo Araxá

Metamáficas

Para a amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), foi considerada a associação sahlita + almandina + pargasita + oligoclásio + quartzo e valor de $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e α_{CO_2} igual a 0,7. Valores de média de pressão e temperatura calculados simultaneamente, mostram condições P - T que variam de $13,1 \pm 0,60$ kbar a $13,5 \pm 0,60$ kbar e $838 \pm 33^\circ\text{C}$ a $849 \pm 31^\circ\text{C}$, com correlações médias (Figura 6.3, Figura 6.4-A, Tabela 6.2). Os resultados de pressão e temperatura, calculados independentemente, apresentam valores homogêneos e próximos aos calculados juntos, mostrando condições de temperaturas que variam de $828 \pm 39^\circ\text{C}$ a $849 \pm 33^\circ\text{C}$ e valores de pressão um pouco mais elevados, que variam de $14,0 \pm 0,62$ kbar a $14,42 \pm 0,80$ kbar (Tabela 6.2). Não foi possível calcular valores de pressão e temperatura quando o anfibólio é excluído da associação mineral, sugerindo que este está em equilíbrio com a associação mineral.

Os cálculos para as amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) foram realizados utilizando-se a associação mineral sahlita + almandina + Mg-hastingsita + andesina/oligoclásio + quartzo, com $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e α_{CO_2} igual a 0,7. Os valores de condições P - T , para as variáveis calculadas simultaneamente, resultam em pressões que variam de $11,2 \pm 1,10$ kbar a $12,5 \pm 1,10$ kbar e temperaturas que variam de $724 \pm 48^\circ\text{C}$ a $799 \pm 37^\circ\text{C}$, com valores de correlação baixos, variando de 0,2 a 0,3 (Figura 6.3, Figura 6.4-B, Tabela 6.2). Os resultados de pressão calculados separadamente são menos homogêneos quando comparado aos valores de pressão calculados junto a temperatura, e variam $10,58 \pm 0,60$ kbar a $12,9 \pm 0,48$ (Tabela 6.2). Já os valores de temperatura calculados separadamente são correspondentes aos calculados juntos, variando de $725 \pm 55^\circ\text{C}$ a $808 \pm 50^\circ\text{C}$ (Tabela 6.2). No caso dos retroeclogitos, também não é possível calcular valores de pressão e temperatura quando o anfibólio é excluído da associação mineral, sugerindo que este está em equilíbrio.

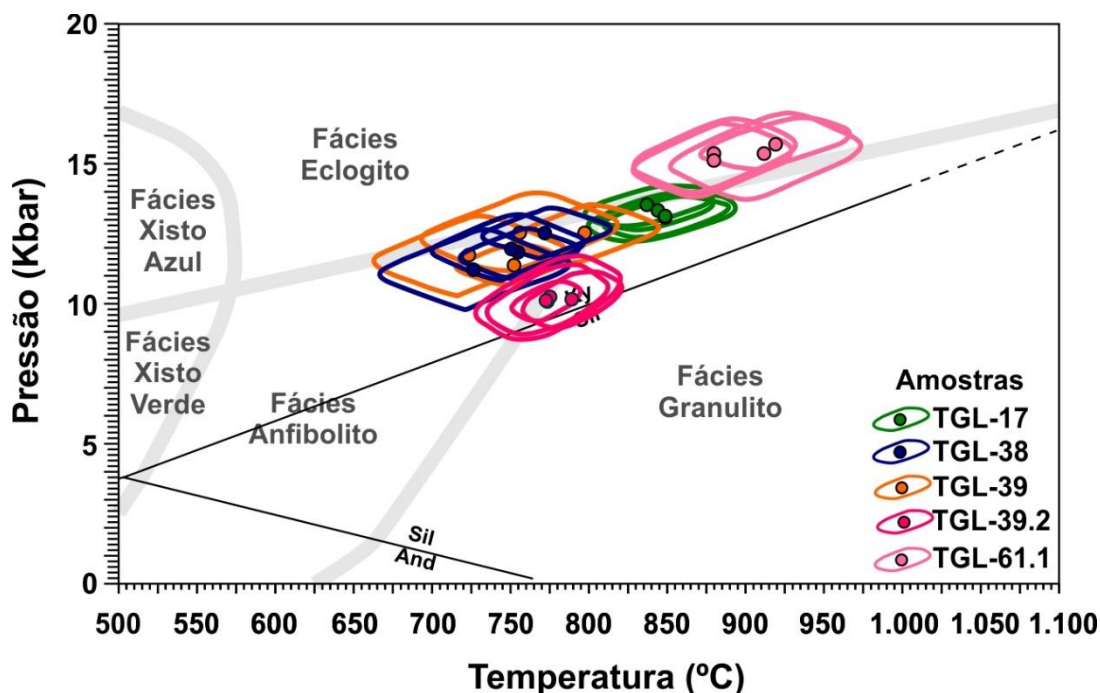


Figura 6.3 - Diagrama P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (média P - T) para as amostras do Grupo Araxá. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Para a amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), foi considerada a associação sahlita + almandina + Mg-hastingsita + escapolita cálcica (meionita) + andesina e valor de $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e de α_{CO_2} igual a 0,7. Valores de média de pressão e temperatura calculados simultaneamente, mostram condições P - T que variam de $15,1 \pm 1,10$ kbar a $15,7 \pm 0,70$ kbar e $880 \pm 40^\circ\text{C}$ a $920 \pm 38^\circ\text{C}$, com correlações que variam de 0,34 a 0,51 (Figura 6.3, Figura 6.4-C, Tabela 6.2). Os resultados de pressão e temperatura, calculados

independentemente, apresentam valores de pressão homogêneos e próximos aos calculados juntos, que variam de $15,37 \pm 0,78$ kbar a $15,97 \pm 0,76$ kbar (Tabela 6.2) e valores de temperatura sistematicamente mais baixos, que variam de $739 \pm 35^\circ\text{C}$ a $801 \pm 34^\circ\text{C}$ (Tabela 6.2). Não foi possível calcular valores de pressão e temperatura quando o anfibólio é excluído da associação mineral, sugerindo que este está em equilíbrio.

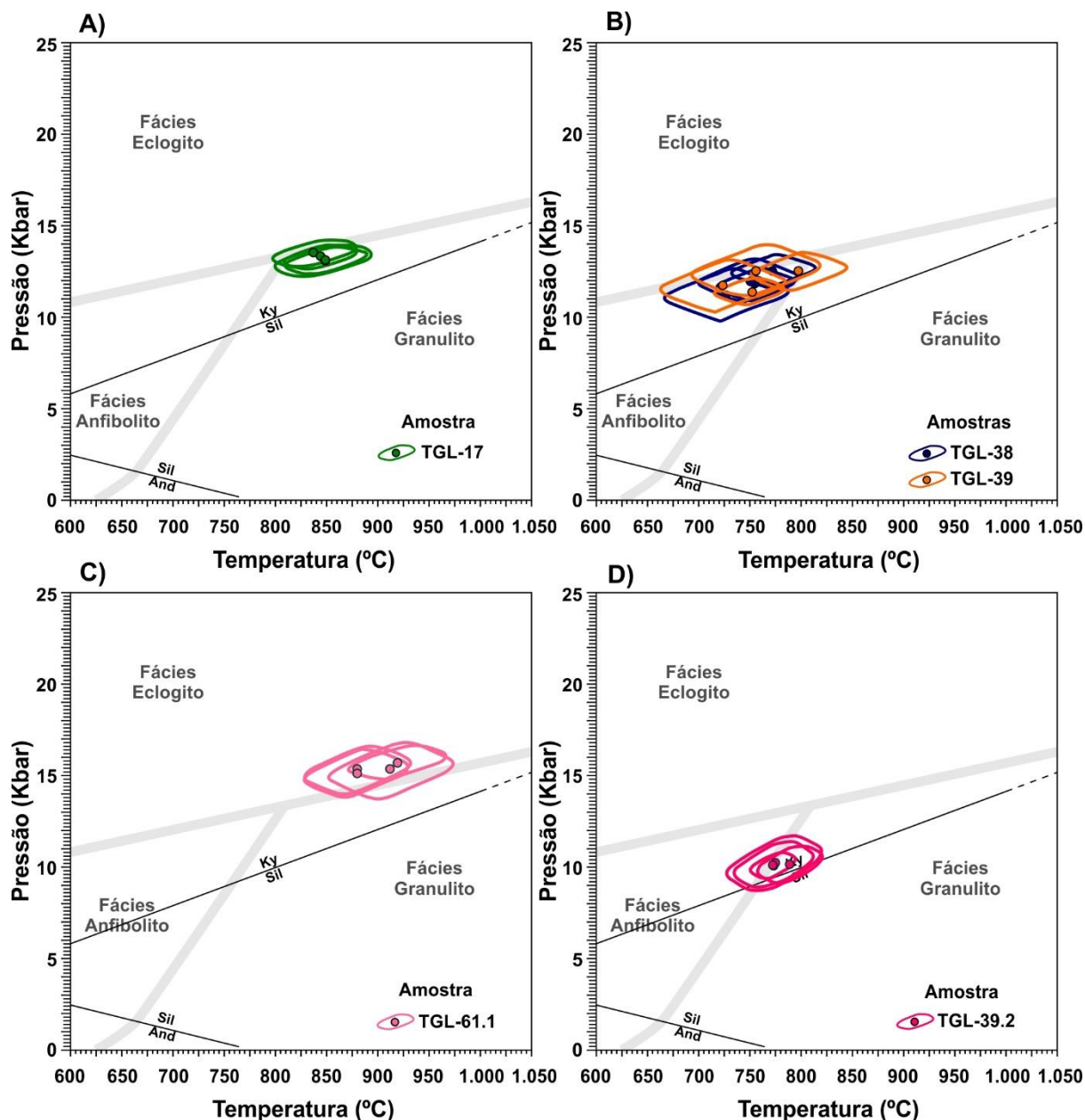


Figura 6.4 - Diagrama P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (média P - T) para as amostras do Grupo Araxá. (A): Amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado com rutilo (TGL-17); (B): Amostras de retroeclogito (TGL-38 e TGL-39); (C): Amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (TGL-61.1); (D): Amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (TGL-39.2). (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Metassedimento pelítico

Para a amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2), foi considerada a associação almandina + cianita + quartzo + microclínio + oligoclásio + eastonita e valor de $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e de α_{CO_2} igual a 0,7. Valores de média de pressão e temperatura calculados simultaneamente, mostram condições P - T que variam de $10,1 \pm 0,60$ kbar a $10,2 \pm 1,20$ kbar e $773 \pm 18^\circ\text{C}$ a $789 \pm 25^\circ\text{C}$, com correlações da ordem de 0,4 (Figura 6.3, Figura 6.4-D, Tabela 6.2). Não foi possível calcular as condições de pressão e temperatura separadamente.

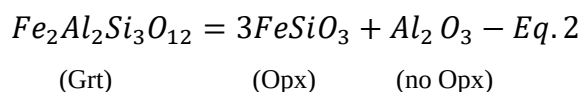
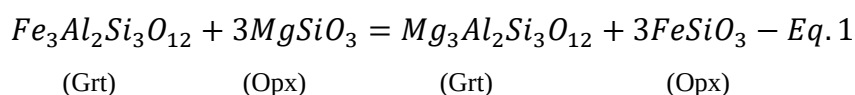
6.2 RCLC (Thermobarometry Corrected for Retrograd Exchange)

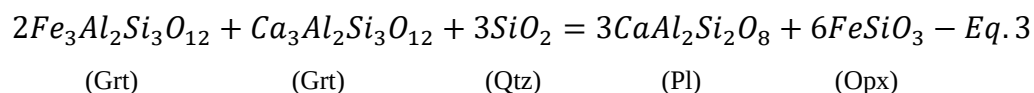
O *RCLC* é um *software* de cálculo termodinâmico elaborado por Pattison et al. (2003), baseado na solubilidade de Al em ortopiroxênio em equilíbrio com granada, corrigindo efeitos da troca Fe-Mg tardia.

Como as concentrações de Al no ortopiroxênio são pouco alteradas durante o retrometamorfismo devido à sua velocidade extremamente lenta de difusão, espera-se que as condições do auge metamórfico em fácies granulito sejam preservadas (ANOVITZ, 1991). Os efeitos da troca tardia de Fe-Mg entre os minerais são corrigidos pelo ajuste de razão Fe-Mg entre granada e ortopiroxênio e solubilidade de Al, na tentativa de se chegar a um equilíbrio interno entre as duas fases.

De acordo com Pattison et al. (2003), o sistema termodinâmico usado no *software RCLC*, é baseado na associação mineral granada – ortopiroxênio – plagioclásio – quartzo, no sistema Ca-Fe-Mg-Al-Si (CFMAS) e utiliza como base de dados termodinâmicos, os dados do *software TWQ2.02b* de Berman e Aranovich (1996), com modificações de Aranovich e Berman (1997) referentes a solubilidade de Al em ortopiroxênio em equilíbrio com granada em sistema de membro final-Fe.

Neste sistema, são geradas seis equações de equilíbrio, sendo três independentes. As três equações de equilíbrio independentes são:





A Eq. 1 representa a reação de troca Fe-Mg entre a granada e o ortopiroxênio em equilíbrio; a Eq. 2 mostra o equilíbrio baseado na solubilidade de Al no ortopiroxênio em equilíbrio com a granada; e a Eq. 3 representa o geobarômetro granada – ortopiroxênio – plagioclásio – quartzo num sistema de membros finais-Fe (PATTISON et al., 2003).

A correção dos efeitos da troca tardia de Fe-Mg é feita pelo ajuste da razão Fe-Mg das fases de acordo com o balanço de massa, de modo que todos os equilíbrios se cruzem em um ponto. Este ponto de interseção é denominado de “estimativa *P-T* corrigida de Fe-Mg-Al”. O pressuposto implícito é que esse ponto *P-T* representa a condição de equilíbrio antes do início da troca tardia de Fe-Mg (FITZSIMONS e HARLEY, 1994; PATTISON e BÉGIN, 1994; PATTISON et al., 2003).

Os resultados calculados pelo *software* geram um valor inicial, obtidos a partir da intersecção do equilíbrio das Eqs. 2 e 3 (estimativa *P-T* Fe-Al não corrigida), e um valor convergido, obtido a partir da correção da troca tardia Fe-Mg (estimativa *P-T* corrigida de Fe-Mg-Al), mais próximo do auge metamórfico.

O trabalho de Pattison et al. (2003) mostra valores corrigidos para 414 amostras de granulitos (máficos, intermediários e aluminosos), que resultam em condições de temperatura, em média, 100°C mais elevadas que as obtidas tradicionalmente. Das amostras estudadas, poucos exemplos reduzem as condições *P-T* dos valores iniciais para os valores convergidos, e neste caso, os autores recomendam a utilização dos valores não corrigidos (condições *P-T* mais elevadas).

Os cálculos das condições de pressão e temperatura com o *software RCLC* foram realizados somente para as amostras ortoderivadas do Complexo Guaxupé (amostras TGL-13, TGL-32, TGL-58 e MAG-11) que apresentam ortopiroxênio em sua associação mineral, seguindo as recomendações de Pattison et al. (2003). Foram utilizadas as mesmas análises combinadas de granada, ortopiroxênio, plagioclásio e biotita usadas no método *Average P-T*.

Os resultados de pressão e temperatura obtidos para cada amostra e a associação mineral utilizada para o cálculo são apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Condições *P-T* calculadas pelo *software RCLC* para amostras do Complexo Guaxupé

Amostra	Associação mineral	Inicial	Convergado
Complexo Guaxupé			
TGL-13	grt + opx + pl + qtz	936 °C / 12.72 Kbar	884 °C / 12.49 Kbar
TGL-13	grt + opx + pl + qtz	924 °C / 12.54 Kbar	862 °C / 12.24 Kbar
TGL-13	grt + opx + pl + qtz	922 °C / 12.60 Kbar	865 °C / 12.32 Kbar
TGL-32	grt + opx + pl + qtz	948 °C / 12.56 Kbar	912 °C / 12.40 Kbar
TGL-32	grt + opx + pl + qtz	936 °C / 12.86 Kbar	936 °C / 12.87 Kbar
TGL-32	grt + opx + pl + qtz	927 °C / 12.97 Kbar	946 °C / 13.06 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + qtz	1079 °C / 14.97 Kbar	983 °C / 14.46 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + qtz	1069 °C / 14.71 Kbar	963 °C / 14.16 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + qtz	1085 °C / 14.83 Kbar	973 °C / 14.25 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + bt + qtz	1079 °C / 14.97 Kbar	968 °C / 14.51 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + bt + qtz	1069 °C / 14.71 Kbar	949 °C / 14.22 Kbar
TGL-58	grt + opx + pl + bt + qtz	1085 °C / 14.83 Kbar	958 °C / 14.31 Kbar
MAG-11	grt + opx + pl	1005 °C / 13.51 Kbar	996 °C / 13.48 Kbar
MAG-11	grt + opx + pl	967 °C / 12.63 Kbar	935 °C / 12.55 Kbar
MAG-11	grt + opx + pl	927 °C / 12.68 Kbar	947 °C / 12.73 Kbar

Bt: biotita; Grt: granada, Opx: ortopiroxênio; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo.

Na amostra de anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-13), foi considerada a associação mineral hiperstênio + almandina + andesina + quartzo. Foram obtidas condições *P-T* iniciais que variam de 922 a 936°C e de 12,56 a 12,97 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3). Os resultados convergidos mostram condições de temperaturas mais baixas, variando de 862 a 884°C e condições de pressão próximas aos valores iniciais, variando de 12,24 a 12,49 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3).

Para a amostra de granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-32) que não apresenta anfibólio em seu conteúdo modal, foi considerada a associação mineral hiperstênio + almandina + andesina + quartzo. Os valores de temperatura e pressão não corrigidos variam de 927 a 948°C e de 12,56 a 12,97 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3). As condições *P-T* convergidas mostram valores de temperatura e pressão muito próximos aos valores iniciais, variando de 912 a 946°C e de 12,40 a 13,06 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3).

Na amostra de granada gnaiss jutónico (amostra TGL-58), os cálculos das condições de pressão e temperatura foram realizados para a associação mineral hiperstênio + almandina + andesina + quartzo e para hiperstênio + almandina + andesina + quartzo + flogopita. As condições *P-T* iniciais obtidas são as mesmas para ambas associações minerais e variam de 1.069 a 1.085°C e de 14,71 a 14,97 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3). Para associação mineral que não inclui biotita, os valores convergidos de temperatura e pressão são inferiores aos iniciais e variam de 963 a 983°C e 14,16 a 14,46 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3). As condições de pressão

e temperatura calculadas a partir da associação mineral que inclui a biotita, mostram valores próximos aos calculados para a associação mineral anidra e variam de 949 a 968 °C e de 14,22 a 14,51 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3).

Para a amostra de granulito básico com granada (amostra MAG-11), foi considerada a associação mineral hiperstênio + labradorita + almandina. Os valores de temperatura e pressão iniciais variam de 927 a 1.005°C e de 12,63 a 13,51 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3). As condições *P-T* convergidas, mostram valores de temperatura e pressão próximos aos valores iniciais, variando de 935 a 996°C e de 12,55 a 13,48 kbar (Figura 6.5, Tabela 6.3).

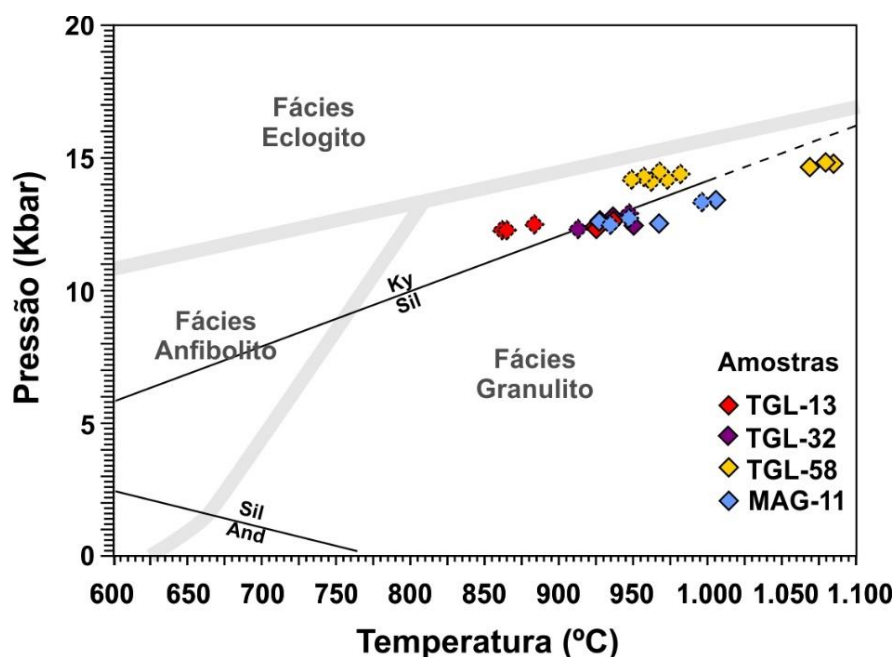


Figura 6.5 - Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software RCLC* para as amostras do Complexo Guaxupé. Os losangos com linha cheia representam as condições *P-T* iniciais calculadas, e os losangos com linha pontilhada representam as condições *P-T* convergidas. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

6.3 Zircônio em rutilo (Zr-em-rutilo)

O rutilo é um importante transportador/carreador de elementos de alto potencial iônico (HFSE), como o Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Hf, Ta e W (SAUNDERS et al., 1980; ZACK et al., 2002; ZACK et al., 2004). Este fato, associado a estudos que mostram que a incorporação de Zr no rutilo é dependente da temperatura, baseado em pesquisas esparsas que sugeriram diferentes concentrações de Zr em rutilo em rochas portadoras de quartzo, zircão e rutilo em equilíbrio, em diferentes graus metamórficos, representa uma importante ferramenta na investigação de temperatura dessas rochas (ZACK et al., 2004; WATSON et al., 2006; FERRY e WATSON, 2007; TOMKINS et al., 2007).

O rutilo ocorre como fase acessória em muitas assembleias metamórficas de alta temperatura e está associado a reações que podem ser relacionadas a condições de pressão e temperatura (EWING et al., 2013). Sendo o rutilo uma fase mineral comum às rochas metamórficas, a utilização do termômetro Zr-em-rutilo acrescenta mais uma ferramenta na tentativa de se determinar com mais precisão as condições *P-T* de formação da rocha.

Um dos primeiros estudos de calibração do termômetro Zr-em-rutilo foi realizado por Zack et al. (2004), a partir de calibração empírica baseada em rochas metamórficas com associação mineral rutilo-quartzo-zircão abrangendo intervalo de temperatura de 430 a 1100°C. O conteúdo de Zr no rutilo foi estreitamente relacionado com o grau metamórfico nesse intervalo de temperatura, admitindo que a concentração de Zr é condicionada apenas pela temperatura, não sendo afetada por variações de pressão. Na calibração de Zack et al (2004) a temperatura é determinada a partir da equação:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 127,8 \ln(Zr_{ppm}) - 10$$

De acordo com Zack et al. (2004), o erro associado ao método é da ordem de $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Os resultados obtidos a partir da calibração, quando comparado com os dados já existentes das amostras analisadas nesse estudo, mostraram erro de aproximadamente $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

A calibração de Watson et al. (2006) é baseada em dados experimentais de cristais de rutilo naturais e sintéticos em presença de quartzo e zircão ou fundido silicático, em condições de 3,5-30 kbar e 470-1070°C para os cristais naturais e 10-14 kbar e 675-1450 °C para os cristais sintéticos. Segundo os autores, os resultados experimentais e naturais combinados definem uma dependência log-linear do teor de Zr no rutilo em relação à temperatura e resulta em incertezas de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ para maior parte da faixa de temperaturas de interesse (400-1000°C), sendo relativamente insensíveis a mudanças de pressão. A calibração de Watson et al. (2006) resulta na equação:

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{4470 \pm 120}{(7,36 \pm 0,10) - \log(Zr)} - 273$$

Onde, Zr é o conteúdo de zircônio em ppm.

Ferry e Watson (2007), assim como previsto por Degeling (2003) e Watson et al. (2006), observaram que a solubilidade do Zr no rutilo que coexiste com zircão, depende da atividade do SiO_2 (a_{SiO_2}), assim como depende da temperatura. A atividade do SiO_2 influencia a absorção de Zr pelo rutilo, e com a diminuição da a_{SiO_2} , o rutilo tende a apresentar composição mais rica em Zr. Os autores propõem uma calibração do termômetro a partir de dados experimentais

levando em consideração a atividade de SiO₂. A calibração pode ser utilizada em ocorrências sem quartzo, desde a a_{SiO_2} seja conhecida ou possa ser estimada.

As calibrações de Zack et al. (2004), Watson et al. (2006) e Ferry e Watson (2007) para o termômetro Zr-em-rutilo ressaltaram o efeito da temperatura e da atividade de SiO₂, minimizando a influência da pressão na substituição do Zr no rutilo.

Tomkins et al. (2007) admitem dependência da pressão no termômetro Zr-em-rutilo. Os autores consideram o papel da pressão devido a diferença de tamanho de raio iônico entre os cátions Zr⁴⁺ (0,72 Å) e Ti⁴⁺ (0,61 Å), indicando que sob condições de altas pressões, íons Zr⁴⁺ são menos capazes de substituir Ti⁴⁺ na estrutura do rutilo, sugerindo dependência da pressão na solubilidade do Zr no rutilo. Tomkins et al. (2007) realizaram calibrações experimentais para o campo de estabilidade do quartzo α (a 10,0 kbar), do quartzo β (a 20,0 kbar) e da coesita (30,0 kbar), resultando em três equações utilizadas como geotermômetro com incertezas de $\pm 30^\circ\text{C}$.

Campo do quartzo α (a 10,0 kbar):

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{83,9 + 0,410P}{0,1428 - R\ln\emptyset} - 273$$

Campo do quartzo β (a 20,0 kbar):

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{85,7 + 0,473P}{0,1453 - R\ln\emptyset} - 273$$

Campo da coesita (a 30,0 kbar):

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{88,1 + 0,206P}{0,1412 - R\ln\emptyset} - 273$$

Onde, $\emptyset$ é o teor de Zr em ppm; P é a pressão em kbar; R é a constante dos gases 0,0083144 kJ K⁻¹.

Neste trabalho, utilizou-se a calibração de Tomkins et al. (2007) no campo de estabilidade do quartzo β para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, para amostras do Grupo Araxá compostas pela associação rutilo-quartzo-zircão. As análises de concentração de Zr em cristais de rutilo foram realizadas somente em rochas do Grupo Araxá (rochas metamáficas – amostras TGL-17, TGL-38 e TGL-39 e amostra de granada gnaiss – TGL-34), localizadas logo a norte da Zona de Cisalhamento Varginha, próximo ao contato do Complexo Guaxupé.

Os cálculos com os geotermômetros de elementos traço não foram realizados em amostras do Complexo Guaxupé por não apresentarem associação mineral adequada.

Devido às inclusões de zircão observadas em alguns cristais de rutilo, as análises que apresentam concentrações conjuntas de Si e Zr acima de 250 ppm foram descartadas. A análise química dos elementos traço nos cristais de rutilo e as respectivas temperaturas calculadas com o geotermômetro Zr-em-rutilo estão apresentadas no Anexo II, Tabela 1.

Grupo Araxá

Metamáficas

Na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), os teores de Zr em rutilo são relativamente altos e variam de 1.174 a 2.252 ppm (Figura 6.6-A). Para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes de Zr-em-rutilo variam de 788°C a 859°C, de 794°C a 865°C e 799°C a 871°C, respectivamente (Figura 6.6-B). Todos os cristais analisados estão associados a matriz da rocha, não ocorrendo inclusos em nenhum mineral nesta amostra.

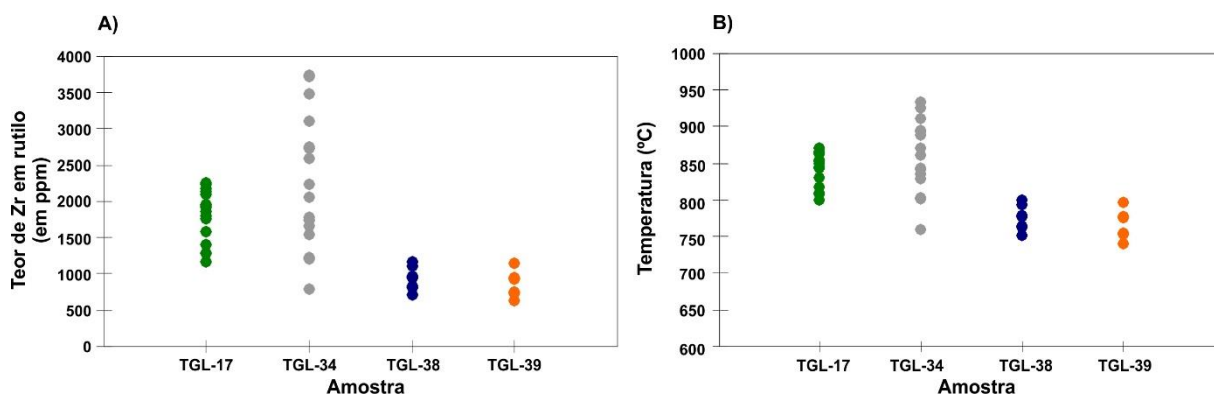


Figura 6.6 - (A): Teor de Zr em rutilo em amostras do Grupo Araxá; (B): Temperaturas calculadas com o geotermômetro Zr-em-rutilo, utilizando a calibração de Tomkins et al. (2007), no campo do quartzo β para 15 kbar em amostras do Grupo Araxá;

Nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), o conteúdo de Zr em rutilo é intermediário e varia de 640 a 1.171 ppm (Figura 6.6-A), relativamente mais baixo quando comparado com as outras amostras analisadas. Os cálculos para o geotermômetro de Zr-em-rutilo, para pressões de 13, 14 e 15 kbar, resultam em temperaturas que variam de 730 a 788°C, de 735 a 794°C e de 740 a 799°C (Figura 6.6-B). Nestas amostras, os cristais analisados estão inclusos em granada. Os valores de temperatura calculados com o geotermômetro são semelhantes para as duas amostras de retroeclogito. Não foi observado diferença nos teores em relação à posição da inclusão de rutilo dentro da granada.

Granada gnaiss

No rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), o conteúdo de Zr em rutilo é relativamente alto e varia de 785 a 3.737 ppm (Figura 6.6-A), mostrando maior amplitude de valores quando comparado com as outras amostras. Para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes do geotermômetro são 749-921°C, 754-927°C e 760-934°C (Figura 6.6-B). Os cristais analisados estão inclusos em granada. Não foi observado diferença nos teores em relação à posição da inclusão de rutilo dentro da granada.

6.4 Titânio em quartzo (Ti-em-quartzo)

O quartzo é um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre e ocorre tanto em rochas ígneas como rochas metamórficas, formadas em um amplo intervalo de pressão e temperatura. Quando em presença de minerais de titânio, especialmente rutilo, o Ti pode substituir o Si na estrutura do quartzo devido à natureza tetravalente desses cátions, sem que seja necessário o balanço de cargas (WARK e WATSON, 2006; THOMAS et al., 2010). Assim, pode ocorrer concentrações relativamente altas de Ti em quartzo (variando de 1 a mais de 100 ppm) em rochas ígneas ou metamórficas (WARK e WATSON, 2006).

Wark e Watson (2006) observaram que o potencial químico do Ti e que a extensão da substituição do Ti pelo Si no quartzo, varia sistematicamente com a temperatura. Baseado em estudos experimentais, os autores desenvolveram um geotermômetro de Ti-em-quartzo, chamado de “*TitaniQ*”. A calibração do geotermômetro é baseada em estudos com quartzo e rutilo em equilíbrio em presença de fluidos aquosos e fundido silicático, conduzidos a temperaturas entre 600 a 1000°C e pressões de 10 kbar, mostrando que o conteúdo de Ti no quartzo aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura, resultando na equação:

$$\text{Log} (X_{Ti}^{qtz}) = (5,69 \pm 0,02) - \frac{(3765 \pm 24)}{T (K)}$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{-3765}{\log (X_{Ti}^{qtz}) - 5,69} - 273$$

As incertezas calculadas para o geotermômetro Ti-em-quartzo (“*TitaniQ*”) são de $\pm 5^{\circ}\text{C}$. A precisão e as incertezas dos cálculos também são influenciadas pela qualidade das amostras, condições analíticas e erros de calibração (WARK e WATSON, 2006).

A calibração “*TitaniQ*” original pode ser usada para determinar a temperatura com precisão para pressões próximas a 10,0 kbar. No entanto, a aplicação bem-sucedida do termômetro Ti-em-quartzo em outras pressões depende de quanto a pressão afeta a solubilidade de Ti no quartzo (THOMAS et al., 2010).

Com base em experimentos realizados em 2,0 kbar e temperaturas de 900 a 1000 °C, Ostapenko et al. (2007) sugerem um efeito de pressão sobre a solubilidade do Ti em quartzo.

A dependência da pressão na solubilidade do Ti no quartzo ocorre devido a diferença de tamanho de aproximadamente 38% entre o cátion Ti^{4+} que substitui o Si^{4+} na estrutura do quartzo na coordenação tetraédrica, além disso, entre os silicatos, o quartzo é anormalmente compressível (LEVIEN et al., 1980). Neste contexto, Thomas et al. (2010) apresentam nova calibração do geotermômetro Ti-em-quartzo, baseado em experimentos conduzidos em pressões de 5,0 a 20,0 kbar e sob as mesmas condições de temperaturas utilizadas por Wark e Watson (2006), considerando a atividade do titânio (a_{TiO_2}) igual a 1,0. A equação de calibração do geotermômetro de Thomas et al. (2010) é:

$$RT \ln X_{TiO_2}^{qtz} = -60952 + 1,520T - 1741P + RT \ln a_{TiO_2}$$

Onde, R é a constante universal dos gases igual a 8,3145 J/K; T é a temperatura em Kelvin; $X_{TiO_2}^{qtz}$ é a fração molar de TiO_2 no quartzo; P é a pressão em kbar; a_{TiO_2} é a atividade de TiO_2 no sistema.

O rearranjo da equação acima, para o cálculo da temperatura em graus Celsius é:

$$T (^{\circ}C) = \frac{60952 + 1741P}{1,52 - R \ln X_{TiO_2}^{qtz} + R \ln a_{TiO_2}}$$

Segundo Thomas et al. (2010), o limite de pressão superior para a aplicação do geotermômetro deve ser próximo de 20,0 kbar devido às mudanças no comportamento da solubilidade do Ti no quartzo nessas condições de pressão. Os mesmos autores admitem que extrapolar os resultados experimentais para pressões mais altas poderia resultar em estimativas imprecisas das condições de pressão e temperatura e que as aplicações do método em baixas temperaturas são limitadas pela sensibilidade das técnicas analíticas disponíveis. O limite superior de temperatura em sistemas anidros pode ocorrer a temperaturas acima de 1.000 °C, já em sistemas com excesso de H_2O , a estabilidade do quartzo é limitada a temperaturas de fusão do granito (WARK e WATSON, 2006).

Para o cálculo da temperatura, foi utilizada a calibração de Thomas et al. (2010) com pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar em amostras com quartzo e rutilo em equilíbrio. As análises de concentração de Ti em quartzo foram realizadas somente nas rochas do Grupo Araxá (rochas metamáficas - amostras TGL-17, TGL-38 e TGL-39; amostra de granada gnaiss - TGL-34). Os cálculos com os geotermômetros de elementos traço não foram realizados em amostras do Complexo Guaxupé por não apresentarem associação mineral adequada. Os dados de análise química do Ti nos cristais de quartzo e as respectivas temperaturas calculadas com o geotermômetro Ti-em-quartzo estão apresentadas no Anexo II, Tabela 2.

Grupo Araxá

Metamáficas

Na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17), o teor de Ti em quartzo varia de 59 a 106 ppm (Figura 6.7-A). Para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes variam de 765 a 831°C e média de 803°C, de 786 a 854°C e média de 826°C e de 808 a 877°C, com média de 848°C, respectivamente (Figura 6.7-B). Os cristais analisados estão associados a matriz da rocha.

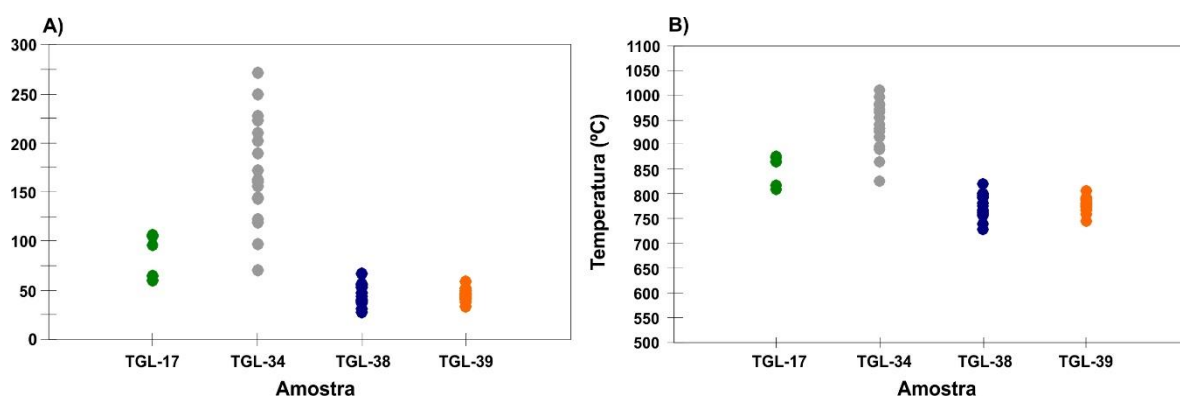


Figura 6.7 - (A): Teores em ppm de Ti em quartzo em amostras do Grupo Araxá; (B): Temperaturas calculadas com o geotermômetro Ti-em-quartzo, utilizando a calibração de Thomas et al. (2010), para 15,0 kbar em amostras do Grupo Araxá.

Nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), o conteúdo de Ti em quartzo é menor e mais homogêneo, variando de 28 a 66 ppm (Figura 6.7-A). Os cálculos para o geotermômetro Ti-em-quartzo, para pressões de 13, 14 e 15 kbar, resultam em temperaturas que variam de 689 a 776°C e média de 735°C, de 709 a 798°C e média de 755°C e de 729 a 820°C e média de temperaturas de 777°C (Figura 6.7-B). Nestas amostras, os cristais analisados estão inclusos em cristais de granada ou associados a matriz. Os valores de temperatura

calculados com o geotermômetro são semelhantes para as duas amostras de retroeclogitos. Não foi observado diferenças significativas nos teores em relação aos cristais inclusos e aos cristais da matriz.

Granada gnaiss

No rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), o conteúdo de Ti em quartzo é relativamente alto e varia de 70 a 272 ppm (Figura 6.7-A), mostrando maior conteúdo de Ti e maior amplitude de valores quando comparado com as outras amostras. Para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes ao geotermômetro variam de 782 a 958°C e média de 887°C, de 804 a 983°C e média de 911°C e de 826 a 1009°C e média de 935°C (Figura 6.7-B). Os cristais analisados estão inclusos em cristais de granada ou associados a matriz da rocha. Os maiores conteúdos de Ti (acima de 200 ppm) e consequentemente os maiores valores de temperatura correspondentes (acima de 964 °C), ocorrem relacionados a cristais da matriz da rocha. Entre os cristais inclusos, os cristais associados as porções centrais das granadas, quando comparados com os cristais localizados em direção às bordas das granadas, tendem a apresentar maior conteúdo de Ti.

6.5 Cálculo pareado Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo

De acordo com Thomas et al. (2010), a dependência de pressão e temperatura na solubilidade de Ti no quartzo pode ser combinada com dependências de pressão e temperatura na solubilidade de Zr no rutilo ou Zr em titanita, por exemplo, para estimar condições *P-T*, ou ainda pode ser combinada com outros métodos termométricos e barométricos baseados em equilíbrio de fases metamórficas, que podem ser utilizados em conjunção com a solubilidade de Ti em quartzo.

Para Thomas et al. (2010), o uso do método Ti-em-quartzo é mais eficiente em rochas que contêm rutilo, com α_{TiO_2} igual a 1,0, combinando assim os métodos de Ti-em-quartzo e Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) para obter estimativas de pressão e temperatura. Pode-se utilizar rochas que não apresentam rutilo, mas que contêm outros minerais essenciais de Ti, como ilmenita ou titanita, com valores de α_{TiO_2} menores que 1,0 (nesse caso, α_{TiO_2} deve ser bem conhecida). As estimativas de pressão e temperatura podem ser obtidas a partir da intersecção das isopletras Ti-em-quartzo com as isopletras Zr-em-rutilo.

Para a utilização do cálculo pareado é importante que seja confirmada a geração contemporânea de quartzo e da fase de Ti. Assim deve-se parear o quartzo da matriz com o

rutilo da matriz e as inclusões de quartzo devem ser pareadas com inclusões de rutilo no mesmo mineral (THOMAS et al., 2010).

Neste trabalho, o cálculo pareado foi realizado utilizando os termômetros Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) e Ti-em-quartzo de Thomas et al. (2010) para obtenção de valores de temperatura e pressão das amostras analisadas.

Grupo Araxá

Metamáficas

Para a amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17) utilizou-se o par rutilo-quartzo para os cristais da matriz, resultando em condições de 844°C e 14,6 kbar (Figura 6.8-A).

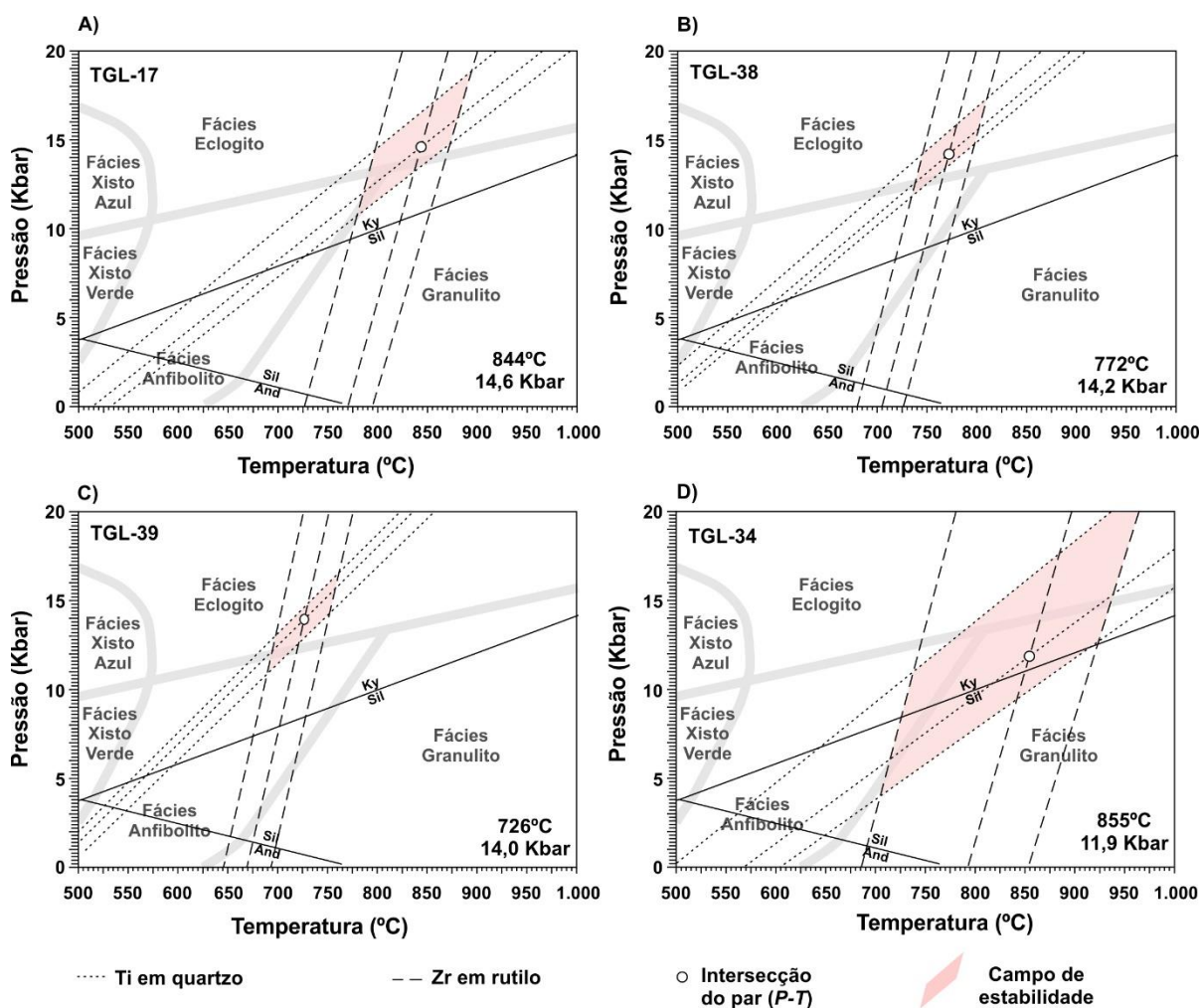


Figura 6.8 - Diagramas P-T mostrando o cálculo pareado dos geotermômetros Zr-em-rutilo (TOMKINS et al., 2007) e Ti-em-quartzo (THOMAS et al., 2010) para as amostras do Grupo Araxá. (A): Amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (TGL-17); (B): Amostra de retroeclogito (TGL-38); (C): Amostra de retroeclogito (TGL-39); (D): Amostra de rutilo-granada gnaíse monzogranítico blastomilonítico (TGL-34). (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Nos retroeclogitos, os cálculos foram realizados para os cristais de rutilo e quartzo inclusos em granada, apresentando valores de 772°C e 14,2 kbar para a amostra TGL-38 (Figura 6.8-B) e 726°C e 14,0 kbar para a amostra TGL-39 (Figura 6.8-C).

Granada gnaiss

Na amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), foram pareados os teores de Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo para cristais inclusos em granada, mostrando condições de 855°C e 11,9 kbar (Figura 6.8-D).

7. DISCUSSÕES

7.1 Complexo Guaxupé

7.1.1 Petrografia

Na área de estudo, o Complexo Guaxupé é constituído principalmente por litologias ortoderivadas de natureza básica a ácida, com predomínio de composições intermediárias, representadas por granulitos (ortopiroxênio gnaisses) félsicos a máficos com ou sem granada e clinopiroxênio, intercalados a anfibólio e/ou biotita gnaisses (sem ortopiroxênio) com ou sem clinopiroxênio e granada, com intercalações subordinadas de metassedimentos com sillimanita, granada, ortoclásio e rutilo.

As associações minerais das rochas do Complexo Guaxupé na área de estudo são típicas de fácies granulito e são representadas principalmente por:

- i) Granada gnaisses granulíticos:
 - granada + clinopiroxênio + ortopiroxênio + andesina + quartzo $\pm$ rutilo;
 - granada + clinopiroxênio + ortopiroxênio + andesina + quartzo + ortoclásio $\pm$ rutilo;
 - granada + clinopiroxênio + ortopiroxênio + anfibólio + labradorita;
- ii) Gnaisses granulíticos:
 - ortopiroxênio + clinopiroxênio + oligoclásio/andesina + quartzo;
 - ortopiroxênio + clinopiroxênio + oligoclásio/andesina + quartzo + ortoclásio;
- iii) Anfibólio e/ou biotita gnaisses:
 - ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + anfibólio + granada + clinopiroxênio;
 - ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + biotita + granada;
 - ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + anfibólio + biotita + granada;
 - ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + anfibólio + biotita;
 - ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + biotita;
- iv) Metassedimentos:
 - sillimanita + quartzo + granada + ortoclásio + rutilo;
 - quartzo + granada + ortoclásio + rutilo;

Feições mineralógicas e texturais, a exemplo de recristalização (poligonização) de ortopiroxênio, presença de pertitas e antipertitas, exsoluções de ortopiroxênio em clinopiroxênio, exsoluções de clinopiroxênio em ortopiroxênio, bandas de exsoluções de magnetita em ilmenita, *ribbons* de quartzo, extinção ondulante em feldspatos e ortopiroxênio, além de recristalização e recuperação de cristais de feldspatos e de recuperação de cristais de quartzo com formação de subgrãos, também sugerem condições de altas temperaturas (VOLL,

1976; GOWER e SIMPSON, 1992; DEER et al. 1992; PASSCHIER e TROUW, 2005; HARLEY, 2008).

As associações minerais relacionadas aos aspectos petrográficos, indicam auge metamórfico em condições de fácies granulito, com temperaturas mínimas da ordem de 800 °C, no campo de estabilidade da sillimanita.

Em todas as amostras observam-se reações retrometamórficas, que ocorreram com grau variado nas rochas. As reações de retrometamorfismo indicam o reequilíbrio das associações minerais ainda em fácies granulito a anfibolito superior e são marcadas principalmente por substituição de ortopiroxênio e clinopiroxênio por anfibólio (uralitização); passagem de ortoclásio para microclínio; substituição de ortopiroxênio por biotita; passagem de anfibólio para biotita; cristais de granada com bordas de anfibólio e biotita; cristais de granada com coronas de anfibólio; substituição de sillimanita por muscovita e presença de mirmequitas. Nas rochas metassedimentares, a muscovita presente é de retrometamorfismo. Processos de saussuritização e cloritização ocorrem associados ao retrometamorfismo tardio ao reequilíbrio das associações minerais em fácies xisto-verde.

Nos termos mais plagioclásiticos e básicos, tanto nos gnaisses granulíticos como nos granada gnaisses granulíticos, observa-se entrada intersticial de feldspato alcalino formando as antipertitas por corrosão, controlada pelos planos de foliação. Esse processo aparenta ter ocorrido acima da isógrada do ortoclásio, ainda em fácies granulito, podendo estar associado ao processo de descompressão durante a exumação tectônica.

7.1.2 Química mineral e metamorfismo

As análises de química mineral realizadas para as rochas ortoderivadas do Complexo Guaxupé, mostram que a composição dos cristais de granada é dominada pelas moléculas de almandina e piropo, com perfis composicionais quase retos e com sutis variações composicionais em direção às bordas dos cristais. Essas características químicas em cristais de granada são comuns para rochas de alto grau metamórfico, uma vez que em condições de altas temperaturas (acima de 700°C), a difusão intra-cristalina aumenta e leva a redução do zoneamento composicional, representando a homogeneização da composição seguida de pouca modificação durante o resfriamento, marcado pelas variações composicionais em direção às bordas dos cristais (TRACY et al., 1976; WOODSWORTH, 1977; YARDLEY, 1977; SPEAR, 1993; CARLSON e SCHWARZE, 1997; COOKE et al., 2000).

Os elevados conteúdos de Al (em *a.p.u.f.*) nos cristais de ortopiroxênio de todas as amostras analisadas do Complexo Guaxupé, variando de 0,085 a 0,179 *a.p.u.f.*, assim como nos

cristais de clinopiroxênio, variando de 0,170 a 0,283 *a.p.u.f.*, indicam condições de pressão relativamente altas (DEER et al., 1997c; PATTISON et al., 2003).

Na composição química de anfibólios, analisados nas amostras de granada gnaiss enderbítico, granada gnaiss jutonítico e granulito básico com granada, os elevados conteúdos de Al^{IV} (1,670 a 1,913 *a.p.u.f.*), de Ti (0,184 a 0,353 *a.p.u.f.*) e de álcalis (Na + K) também indicam condições de alta temperatura (ZAKRUTKIN e GRIGORENKO, 1967; KOSTYUK e SOBOLEV, 1969; ROBINSON et al., 1982; DEER et al., 1997b).

7.1.3 Geotermobarometria

A associação mineral constituída por granada + clinopiroxênio + ortopiroxênio + plagioclásio $\pm$ quartzo corresponde ao auge metamórfico. As condições de pressão e temperatura calculadas simultaneamente pelo *software THERMOCALC*, para a associação mineral almandina + sahlita + hiperstênio + andesina + quartzo, na amostra de granada gnaiss granulítico (amostra TGL-32) variam de $13,8 \pm 1,5$ kbar a $14,7 \pm 1,3$ kbar e $1.108 \pm 121^\circ\text{C}$ a $1.199 \pm 99^\circ\text{C}$ (Figura 7.1). As temperaturas superiores a 1050°C são superestimadas e não correspondem às condições da associação mineral presente na rocha, enquanto as condições de pressão em torno de 13,0 a 14,0 kbar parecem ser condizentes.

Os altos valores de temperatura (acima de 1050°C) e pressão (acima de 14,0 kbar) obtidos para esta associação mineral, parecem não ter consistência com as condições de equilíbrio metamórfico dessas rochas, mas podem estar associados às condições *P-T* de formação ígnea do material.

As condições de pressão e temperatura calculadas simultaneamente pelo *software THERMOCALC*, com α_{H_2O} igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} , para as associações minerais: i) sahlita + hiperstênio + almandina + andesina + Mg-hastingsita + quartzo na amostra de anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-13); ii) sahlita + hiperstênio + almandina + andesina + Mg-hastingsita + flogopita + quartzo na amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico com anfibólio, biotita e rutilo (amostra TGL-58); e iii) sahlita + hiperstênio + Mg-hastingsita + laboradorita + almandina na amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada, resultaram em condições de pressão e temperatura que variam de $11,3 \pm 0,70$ - $12,8 \pm 0,50$ kbar / 957 ± 27 - $968 \pm 30^\circ\text{C}$, de $12,0 \pm 0,90$ - $12,7 \pm 1,0$ kbar / 928 ± 28 - $979 \pm 43^\circ\text{C}$ e de $12,8 \pm 0,90$ - $13,2 \pm 1,10$ kbar / 929 ± 29 - $955 \pm 27^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 7.1), associadas ao reequilíbrio pós auge metamórfico ainda em fácies granulito.

Ao utilizar feldspato potássico nos cálculos, os valores tendem a ser mais consistentes estaticamente e mais homogêneos, e apresentam condições de pressão e temperatura um pouco inferiores, variando de 887 ± 36 - $900 \pm 37^\circ\text{C}$ / $11,3 \pm 0,70$ - $11,6 \pm 0,70$ kbar para a amostra TGL-13, de 988 ± 98 - $1.124 \pm 114^\circ\text{C}$ / $12,7 \pm 1,30$ - $14,6 \pm 1,60$ kbar para a amostra TGL-32, e de 906 ± 39 - $915 \pm 41^\circ\text{C}$ / $10,9 \pm 1,0$ - $11,4 \pm 0,9$ kbar para a amostra TGL-58 (Figura 7.1). Estes resultados parecem estar associados ao reequilíbrio metamórfico ainda em fácies granulito, relacionado ao processo de anatexia por descompressão quase isotérmica durante o início da exumação, seguindo a linha de estabilidade cianita-sillimanita, dentro do campo de estabilidade da sillimanita.

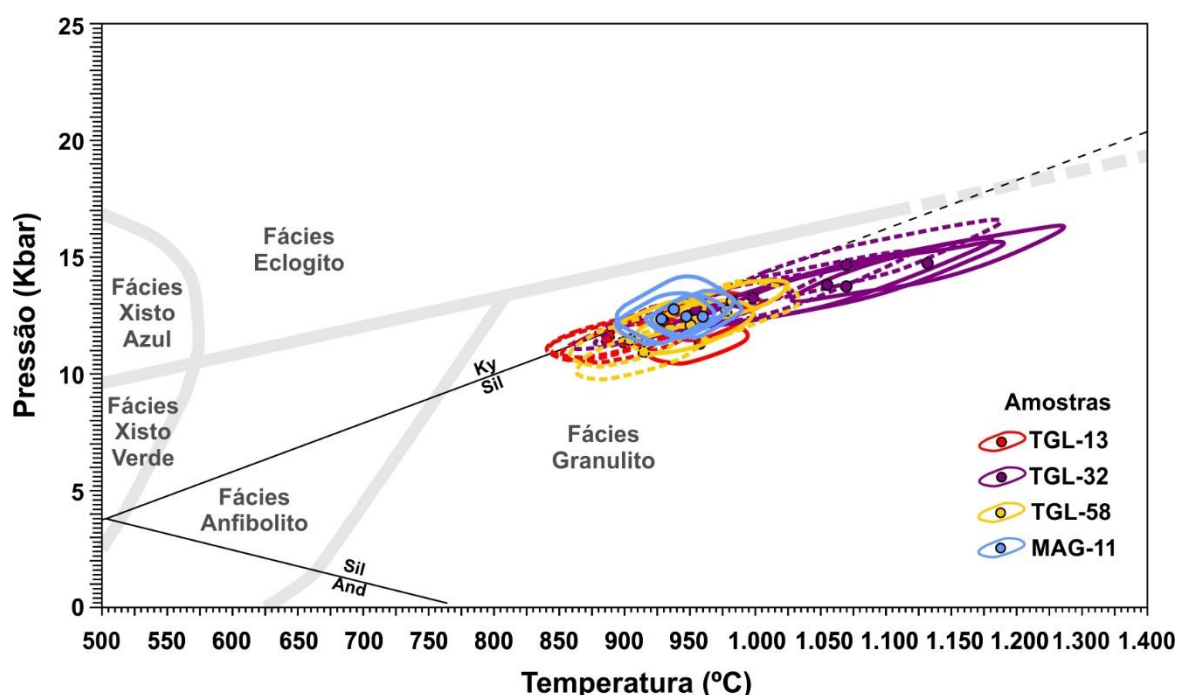


Figura 7.1 - Diagrama P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software* THERMOCALC (média P - T) para as amostras do Complexo Guaxupé. As linhas cheias representam os cálculos realizados para associação mineral: $pl+qtz+grt+cpx+opx\pm am\pm bt$. As linhas pontilhadas representam os cálculos realizados para a associação mineral de cada amostra com Fk no cálculo. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

As condições de pressão e temperatura calculadas pelo *software* RCLC, que é baseado na solubilidade de Al em ortopiroxênio em equilíbrio com granada, corrigindo efeitos da troca Fe-Mg tardia, mostra valores de condições P - T convergidos (que levam em consideração a troca tardia Fe-Mg) inferiores em até 127°C em relação aos valores de condições P - T iniciais (que levam em consideração somente a solubilidade de Al no ortopiroxênio em equilíbrio com granada), no caso de algumas amostras (Figura 7.2).

Os valores das condições P - T convergidos, inferiores aos iniciais, são curiosos e no caso de algumas amostras, caem no campo de estabilidade da cianita, incoerente com as associações

minerais do Complexo Guaxupé (Figura 7.2). Os resultados mais baixos podem estar relacionados ao fato dos cálculos da correção não conseguirem reintegrar as composições químicas por não considerar as exsoluções de clinopiroxênio (ricas em cálcio) nos cristais de ortopiroxênio.

Assim, como recomendado por Pattison et al. (2003), os valores mais elevados, neste caso os iniciais, devem ser considerados. As condições de pressão e temperaturas iniciais calculadas pelo método *RCLC* variam de 922-936°C / 12,54-12,72 kbar para a amostra de anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-13), de 927-948°C / 12,56-12,97 kbar para a amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss enderbítico (amostra TGL-32), de 1.069-1.085°C / 14,71-14,97 kbar para a amostra de clinopiroxênio-granada gnaiss jutonítico com biotita, anfibólio e rutilo (amostra TGL-58) e de 927-1005°C / 12,63-13,51 kbar para a amostra de granulito básico com granada (amostra MAG-11) (Figura 7.2).

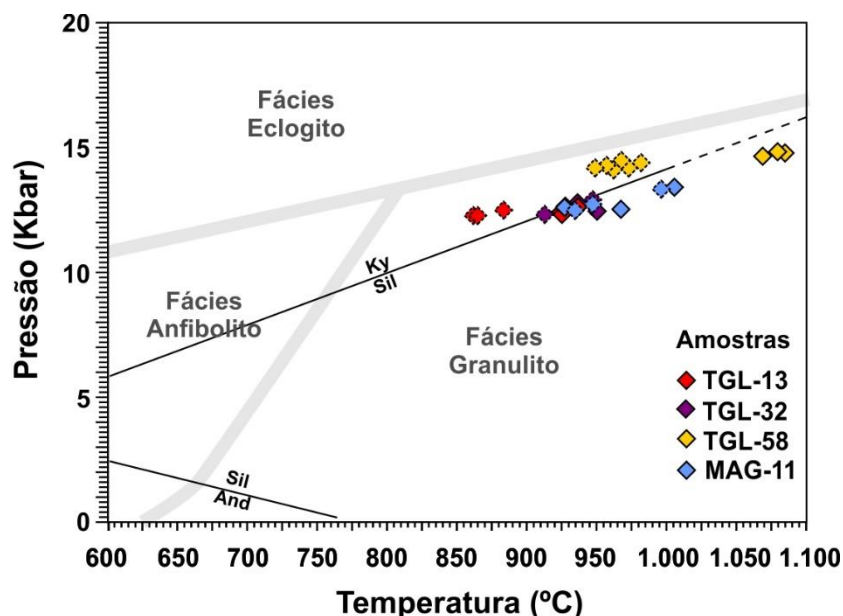


Figura 7.2 - Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software RCLC* para as amostras do Complexo Guaxupé. Os losangos com linha cheia representam as condições *P-T* iniciais calculadas, e os losangos com linha pontilhada representam as condições *P-T* convergidas. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Ao comparar as condições *P-T* calculadas simultaneamente pelo *software THERMOCALC*, com as condições *P-T* iniciais calculadas pelo *software RCLC*, os resultados mostram valores de pressão bastante próximos para todas as amostras (Figura 7.3), com valores de temperatura correspondentes no caso das amostras TGL-13 (Figura 7.3-A) e MAG-11 (Figura 7.3-D), valores de temperatura inferiores no caso da amostra TGL-32 (Figura 7.3-B) e valores de temperatura superiores no caso da amostra TGL-58 (Figura 7.3-C).

As condições de pressão e temperatura calculadas neste trabalho, são próximas as condições obtidas por Del Lama (1998) e Del Lama et al. (2000) na mesma área de estudo, que descreve condições P - T de 1.000 a 1.070°C e 14,7 a 15,3 kbar para o auge metamórfico na porção nordeste do Complexo Guaxupé.

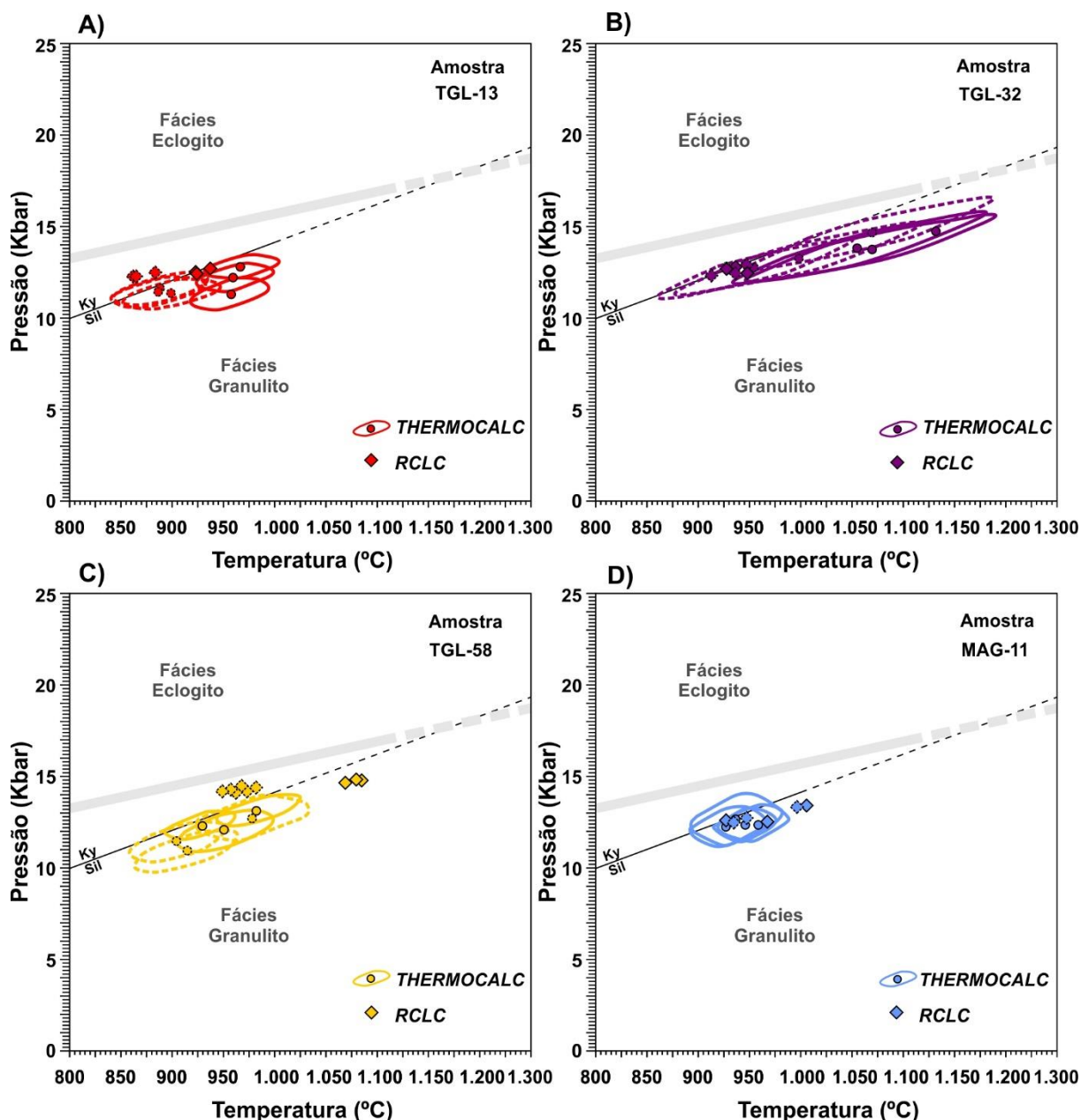


Figura 7.3 - Diagramas P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o software THERMOCALC (média P - T) e software RCLC para as amostras do Complexo Guaxupé. Nos cálculos utilizando o THERMOCALC, as linhas cheias representam os cálculos realizados para associação mineral: $pl+qtz+grt+cpx+opx\pm am\pm bt$, e as linhas pontilhadas representam os cálculos realizados para a associação mineral de cada amostra com Fk no cálculo. Nos cálculos utilizando o software RCLC, os losangos com linha cheia representam as condições P - T iniciais, e os losangos com linha pontilhada representam as condições P - T convergidas. (A): Amostra de anfibólio-clinopiroxênio-granada gnaíse enderbítico (TGL-13); (B): Amostra de granada-clinopiroxênio gnaíse enderbítico (TGL-32); (C): Amostra de clinopiroxênio-granada gnaíse jutonítico com biotita e anfibólio (TGL-58); (D): Amostra de ortopiroxênio-clinopiroxênio-anfibólio granulito básico com granada (MAG-11). (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993)

Os valores obtidos para as associações minerais hidratadas, indicam maior homogeneidade e correspondência com a associação mineral em equilíbrio, e mostram-se dentro do intervalo de 980 a 710°C e 13,2 a 8,7 kbar que Del Lama (1998) apresenta para condições do reequilíbrio metamórfico da região e estão associados ao processo de exumação tectônica.

Em direção a porção nordeste do Complexo Guaxupé, próximo a inflexão da Zona de Cisalhamento Varginha, é nítido o aumento do conteúdo modal de granada e de clinopiroxênio nas rochas ortoderivadas, demonstrando maiores condições de pressão e temperatura na unidade, como também observado por Del Lama (1998).

Os aspectos mineralógicos, texturais e químicos, associados aos resultados de geotermobarometria otimizada apresentados neste trabalho para a porção norte do Complexo Guaxupé, próximo ao contato com a Zona de Cisalhamento Varginha, sugerem auge metamórfico em fácies granulito em condições de alta a ultra alta temperatura (UHT) (HARLEY 1989, 1998, 2008; O'BRIEN e RÖTZLER, 2003), com temperaturas em torno de 1000 a 1050°C e pressão da ordem de 14 kbar, com condições de reequilíbrio de 950 a 750°C e 13,0 a 11,0 kbar, em condições de fácies granulito, dentro do campo de estabilidade da sillimanita, próximo ao limite de estabilidade da cianita-sillimanita, relacionados ao processo de exumação tectônica.

7.2 Grupo Araxá

7.2.1 Petrografia

Na área de estudo, o Grupo Araxá é constituído por metassedimentos pelíticos a psamo-pelíticos com intercalações de ortognaisses e intercalações subordinadas de rochas metamáficas e metaultramáficas, representados por gnaisses paraderivados e ortoderivados de composição granítica a tonalítica, quartzitos e xistos com granada e/ou cianita, além de rochas metamáficas com granada, clinopiroxênio e anfibólio. As litologias ocorrem como faixas e bancos centimétricos, métricos a decamétricos comumente descontínuos, que se afunilam em detrimento de outros litotipos ou lentes na área de estudo.

As associações minerais relacionadas ao auge metamórfico nas rochas do Grupo Araxá na área de estudo são típicas de fácies anfibolito superior a granulito e são representadas principalmente por:

i) Metassedimentos

- cianita + granada + ortoclásio + quartzo + rutilo;

- cianita + granada + quartzo + rutilo;

- granada + quartzo + rutilo;

ii) Granada gnaisses

- granada + ortoclásio + oligoclásio/andesina + anfibólio + quartzo;

- granada + ortoclásio/microclínio + oligoclásio + anfibólio + biotita + quartzo;

- granada + ortoclásio/microclínio + oligoclásio + anfibólio + clinopiroxênio;

- granada + ortoclásio + oligoclásio + biotita + quartzo + rutilo;

- granada + ortoclásio/microclínio + oligoclásio + quartzo + rutilo;

iii) Rochas metamáficas:

- granada + clinopiroxênio + anfibólio + oligoclásio/andesina $\pm$ quartzo $\pm$ rutilo;

Feições mineralógicas e texturais, a exemplo de recristalização (poligonização) de ortoclásio, recristalização e recuperação de cristais de feldspatos, recuperação de cristais de quartzo com formação de subgrãos, presença de pertitas e antipertitas, *ribbons* de quartzo, além da ausência de muscovita formada durante o metamorfismo progressivo, também indicam condições de altas temperaturas (VOLL, 1976; YARDLEY, 1989; GOWER e SIMPSON, 1992; PASSCHIER e TROUW, 2005). Ocorrem também feições associadas ao processo de fusão parcial, como material quartzo feldspático intersticial, gotas de quartzo em plagioclásio e feldspato alcalino corroendo plagioclásio.

As associações minerais relacionadas aos aspectos petrográficos indicam auge metamórfico em condições de fácies anfibolito superior a granulito, com temperaturas mínimas da ordem de 750°C, no campo de estabilidade da cianita.

Em todas as amostras observam-se reações retrometamórficas, que ocorreram com grau variado nas rochas, indicando que o processo foi penetrativo, embora com intensidade variada. As reações retrógradas que indicam o reequilíbrio das associações minerais em fácies anfibolito superior são marcadas por substituição de clinopiroxênio por anfibólio (uralitização); passagem de ortoclásio para microclínio; passagem de anfibólio para biotita e em muitos casos com geração de titanita e opacos; cristais de granada com bordas de anfibólio e biotita; cristais de granada com coronas de plagioclásio e anfibólio, presença de mirmequitas, passagem de cianita para muscovita, simplectitos de plagioclásio e anfibólio em cristais de clinopiroxênio, simplectitos de epidoto em anfibólio e exsolução de titanita em granada. Processos de saussuritização, epidotização, sericitização e cloritização ocorrem associados ao retrometamorfismo tardio ao reequilíbrio das associações minerais em condições de fácies xisto verde.

7.2.2 *Química mineral e metamorfismo*

As análises de química mineral, realizadas para sete amostras do Grupo Araxá, sendo duas amostras de granada gnaiss (amostras TGL-34 e TGL-57), quatro amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1) e uma amostra de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2), de modo geral, mostram resultados semelhantes.

A composição dos cristais de granada é definida pela composição química global da rocha, dominando moléculas de almandina e piropo nas amostras de granada gnaiss (amostras TGL-34 e TGL-57), de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2) e em duas amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17 e TGL-61.1). Nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), a composição da granada é dominada pelas moléculas almandina e grossulária.

Os perfis composicionais em cristais de granada de todas as amostras são quase planos (retos) e mostram sutis variações composicionais em direção às bordas, características químicas comuns para rochas de alto grau metamórfico.

Raros cristais de granada preservam perfis composicionais com zoneamento químico melhor definido, como cristais centimétricos na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), que apresentam zoneamento composicional definido do núcleo para a borda, pelo enriquecimento em Mg e diminuição dos teores de Fe^{2+} e Ca, provavelmente associado ao metamorfismo progressivo. Cristais de granada com zoneamento composicional definido tendem a ser incomuns em condições de elevado grau metamórfico, todavia, em casos em que uma rocha tenha um curto tempo de permanência em temperaturas metamórficas máximas, juntamente com ausência de fase fluida inter-granular, como encontrado sob condições crustais profundas, é possível que as composições relacionadas ao metamorfismo progressivo tenham sido preservadas (YARDLEY e VALLEY, 1997; COOKE et al., 2000).

Os cristais de clinopiroxênio, analisados somente nas rochas metamáficas, são quimicamente classificados como sahlita e mostram elevados conteúdos de Al, variando de 0,185 a 0,232 *a.p.u.f.* para a amostra de granulito bandado (amostra TGL-17), de 0,97 a 0,232 *a.p.u.f.* para as amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39) e de 0,225 a 0,444 *a.p.u.f.* para a amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1). As análises também mostram conteúdos relativamente altos de Na e correlação positiva entre os teores de Al e Na (em *a.p.u.f.*).

Os maiores teores de Al e Na na composição dos piroxênios, são encontrados na amostra TGL-61.1, nos cristais de clinopiroxênio inclusos em granada. Estas características químicas

são próximas a composição de onfacita e indicam condições elevadas de pressão e temperatura, em equilíbrio em fácies eclogito (O'BRIEN e RÖTZLER, 2003).

As amostras de retroeclogito mostram os menores conteúdos de Al e Na. Tais composições químicas estão relacionadas às feições texturais presentes na amostra, como cristais de clinopiroxênio simplectíticos (que mostram os menores valores de Al e Na das amostras) e coronas de plagioclásio em torno de cristais de granada, originadas a partir da desestabilização de clinopiroxênio rico em Na e Al (em fácies eclogito) para formação de plagioclásio sódico (em condições de reequilíbrio) (HARLEY, 1998, O'BRIEN e RÖTZLER, 2003).

Quimicamente, os cristais de plagioclásio de todas as amostras analisadas do Grupo Araxá são classificados predominantemente como oligoclásio, a exceção da amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito, que é classificado como andesina. De modo geral, os cristais analisados não exibem zoneamento composicional, somente nas amostras de retroeclogito, que mostram leve enriquecimento de Ca em direção as bordas dos cristais.

No caso do retroeclogitos, as bordas mais cálcicas em cristais de plagioclásio estão associadas a reações de retrometamorfismo. Com a desestabilização do clinopiroxênio, parte do cálcio entra na estrutura do plagioclásio, gerando o aumento do elemento em direção às suas bordas.

A composição química dos anfibólios, analisados nas amostras de rochas metamáficas atribuídas ao Grupo Araxá, mostram elevados conteúdos de Al^{IV} (1,401 a 2,005 *a.p.u.f.*), de Al^{VI} (0,536 a 0,704 *a.p.u.f.*), de Ti (0,192 a 0,360 *a.p.u.f.*) e de álcalis (Na + K), e também indicam condições metamórficas de alta temperatura e de alta pressão. Os maiores conteúdos de Ti, Al^{IV} e Al^{VI} ocorrem na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1).

Os cristais de biotita analisados em uma amostra de granada gnaiss (amostra TGL-57) e em outra de metassedimento pelítico (TGL-39.2), podem estar associados ao auge metamórfico, como no caso da amostra TGL-57, ou relacionados com o reequilíbrio da associação mineral, como no caso da amostra TGL-39.2. Em ambos casos, a análise química mostra altos teores de X_{Mg} , Al^{IV} , Ti, que também indicam características típicas de alto grau metamórfico (GUIDOTTI, 1984).

A escapolita ocorre somente em uma amostra de rocha metamáfica (amostra TGL-61.1), é classificada como meionita ($Me_{69,81}$ a $Me_{75,22}$), com elevados conteúdos de Ca e de SO_3 (2,998 a 6,579 em porcentagem em peso) e ocorre em equilíbrio com o plagioclásio (andesina). Estas características químicas e este equilíbrio mineralógico é comum em condições de altas

temperaturas e pressões, com escapolita e plagioclásio comumente mais ricos em cálcio (LOVERING e WHITE, 1964, 1969; NEWTON e GOLDSMITH, 1975; GOLDSMITH e NEWTON, 1977; REBBERT e RICE, 1997; DIRKS e SITHOLE, 1999; DEER et al., 2004). O elevado teor de SO_3 , além de estar associado a condição de elevado grau metamórfico, é mais comum em composições intermediárias a básicas (GOLDSMITH et al., 1974).

7.2.3 Geotermobarometria

Condições de pressão e temperatura foram calculadas pelo *software THERMOCALC* para as quatro amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17, TGL-38, TGL-39 e TGL-61.1) e para a amostra de metassedimento pelítico (amostra TGL-39.2) atribuídas ao Grupo Araxá. Não foi possível calcular condições P - T para as amostras de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34) e de biotita-granada gnaiss tonalítico com rutilo (TGL-57), uma vez que as fases minerais presentes são insuficientes para os cálculos de equilíbrio no *software*.

Os valores das condições de pressão e temperatura calculadas simultaneamente pelo *software THERMOCALC*, para as rochas metamáficas do Grupo Araxá, com $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} , para as associações minerais: i) sahlita + almandina + pargasita + oligoclásio + quartzo na amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17); ii) sahlita + almandina + Mg-hastingsita + andesina/oligoclásio + quartzo nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39); e iii) sahlita + almandina + Mg-hastingsita + meionita + andesina na amostra de escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito (amostra TGL-61.1), resultaram em condições de pressão e temperatura que variam de $13,1 \pm 0,60$ - $13,5 \pm 0,60$ kbar / 838 ± 33 - $849 \pm 31^\circ\text{C}$, de $11,2 \pm 1,10$ - $12,5 \pm 1,10$ kbar / $724 \pm 48^\circ\text{C}$ - $799 \pm 37^\circ\text{C}$, e de $15,1 \pm 1,10$ - $15,7 \pm 0,70$ kbar / $880 \pm 40^\circ\text{C}$ a $920 \pm 38^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 7.4).

Para a amostra de metassedimento pelítico, classificado como biotita-cianita-granada xisto feldspático (amostra TGL-39.2), foi considerada a associação almandina + cianita + quartzo + microclínio + oligoclásio + eastonita e valor de $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$ igual a 0,3 e com 0,7 para α_{CO_2} , resultando em condições P - T homogêneas e consistentes, que variam de $10,1 \pm 0,60$ - $10,2 \pm 1,20$ kbar e 773 ± 18 - $789 \pm 25^\circ\text{C}$ (Figura 7.4).

As temperaturas calculadas pelo geotermômetro Zr-em-rutilo, segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para o campo de estabilidade do quartzo β , para cristais de rutilo associados a matriz da rocha, em condições de pressão de 13, 14 e 15 kbar, variam de 788°C a 859°C , de 794°C a 865°C e 799°C a 871°C , respectivamente para a amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio granulito bandado (amostra TGL-17). As temperaturas calculadas para

o geotermômetro Ti-em-quartzo para cristais da matriz da mesma rocha, utilizando-se a calibração de Thomas et al. (2010), para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, resultam em condições de temperatura que variam de 765 a 831°C, de 786 a 854°C e de 808 a 877°C, respectivamente. O cálculo pareado dos termômetros Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo, como sugerido por Thomas et al. (2010), resultam em condições de 844°C e 14,6 kbar. As condições *P-T* calculadas pelo *THERMOCALC*, quando comparadas com as condições de temperatura calculadas pelos geotermômetros de elementos traço, principalmente para condições de 13,0 e 14,0 kbar, são bastante homogêneas, consistentes e congruentes com a associação mineral (Figura 7.5-A). Os dados obtidos pelo cálculo pareado, mostram condições de temperatura concordantes com os resultados obtidos pelo *THERMOCALC*, com pressão um pouco superior, dentro do campo de fácies eclogito (Figura 7.5-A).

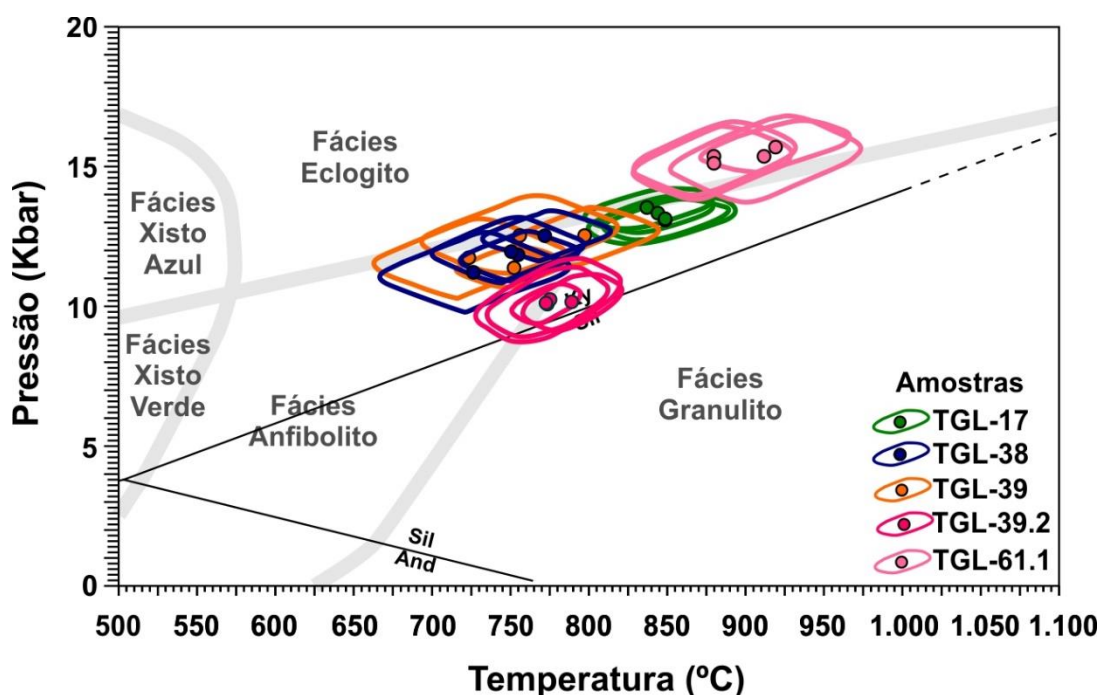


Figura 7.4 - Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (média *P-T*) para as amostras do Grupo Araxá. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

Os valores de temperatura calculados pelo geotermômetro Zr-em-rutilo, segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para o campo de estabilidade do quartzo β , para cristais de rutilo inclusos em granada em amostras de retroeclogito (amostras TGL-38 e TGL-39), para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, variam de 730 a 788°C, de 735 a 794°C e de 740 a 799°C, respectivamente. As temperaturas calculadas para o geotermômetro Ti-em-quartzo para cristais inclusos em granada, utilizando-se a calibração de Thomas et al. (2010), para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, resultam em condições de temperatura que variam de 689 a 776°C, de 709

a 798°C e de 729 a 820°C, respectivamente. O cálculo pareado dos termômetros Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo, como sugerido por Thomas et al. (2010), resultam em condições de 772°C e 14,2 kbar para a amostra TGL-38 e de 726°C e 14,0 kbar para a amostra TGL-39, em condições de fácies eclogito. As condições *P-T* calculadas pelo *THERMOCALC*, quando comparadas com as condições de temperatura calculadas pelos geotermômetros de elementos traço são bastante homogêneas, consistentes e congruentes com a associação mineral (Figura 7.5-B, C). Os dados obtidos pelo cálculo pareado, mostram condições de temperatura concordantes com os resultados obtidos pelo *THERMOCALC*, com condições de pressão superiores, dentro do campo de fácies eclogito.

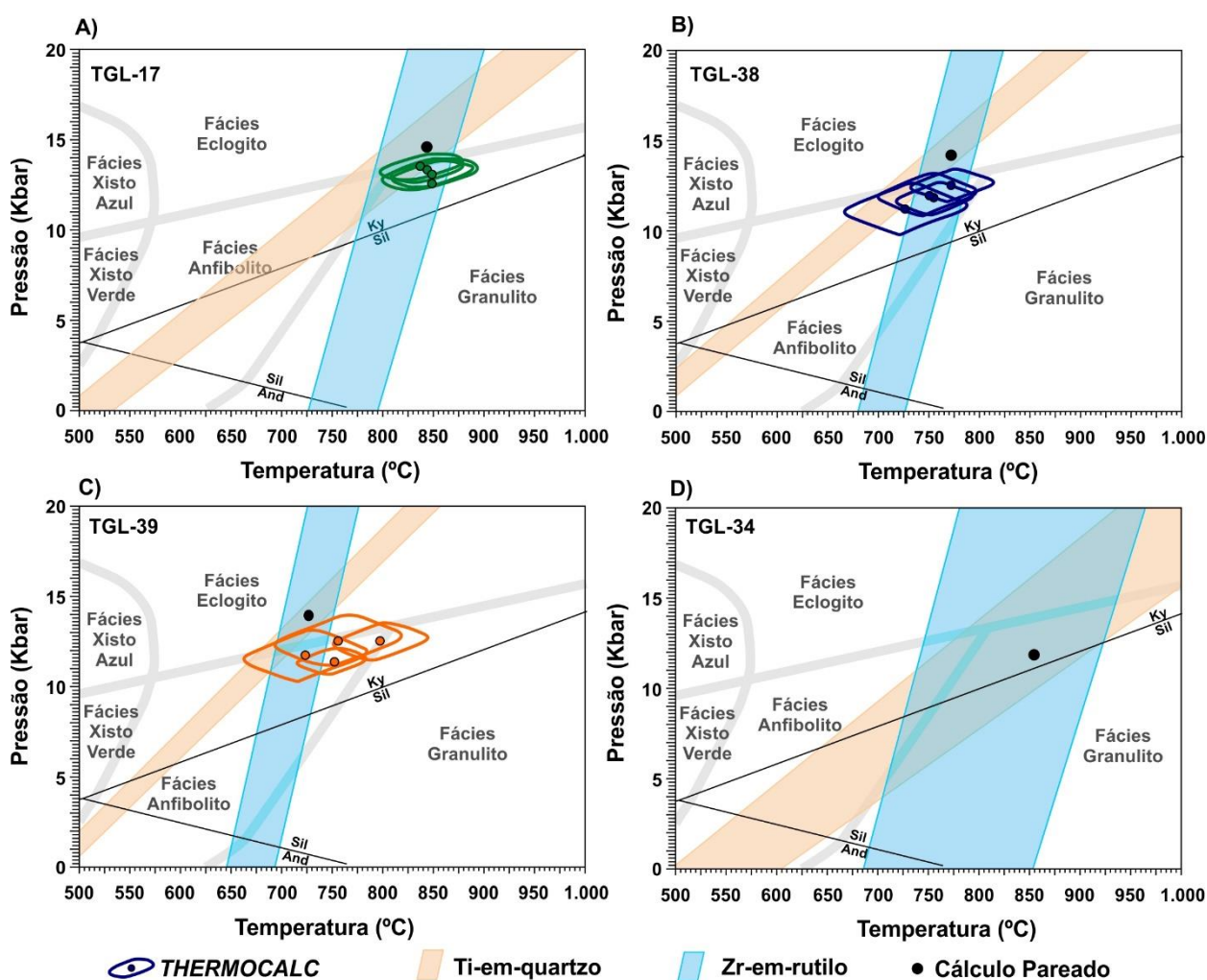


Figura 7.5 - Diagrama *P-T* mostrando condições de pressão e temperatura calculadas pelo *software THERMOCALC*, faixa de valores de Ti-em-quartzo (em rosa) e de Zr-em-rutilo (em azul) e as condições do cálculo pareado (círculos preto) para a amostras do Grupo Araxá. (A): Amostra de anfíbólio-granadaclinopiroxênio granulito bandado (TGL-17); (B): Amostra de retroeclogito (TGL-38); (C): Amostra de retroeclogito (TGL-39); (D): Amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (TGL-34). (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

No caso da amostra de rutilo-granada gnaiss monzogranítico blastomilonítico (amostra TGL-34), não foi possível calcular as condições de pressão e temperatura utilizando-se o

software THERMOCALC. As temperaturas calculadas pelo geotermômetro Zr-em-rutilo, segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para o campo de estabilidade do quartzo β , para cristais de rutilo inclusos em granada, para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, variam de 749-921°C, 754-927°C e 760-934°C, respectivamente. As temperaturas calculadas para o geotermômetro Ti-em-quartzo para cristais inclusos em granada e cristais associados a matriz, utilizando-se a calibração de Thomas et al. (2010), para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar, resultam em condições de temperatura que variam de 782 a 958°C, de 804 a 983°C e de 826 a 1.009°C, respectivamente. O cálculo pareado dos termômetros Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo, como sugerido por Thomas et al. (2010), para cristais inclusos em granada, resultam em condições de 855°C e 11,9 kbar, dentro do campo de fácies granulito. As condições de temperatura calculadas pelo geotermômetro Ti-em-quartzo resultam em valores superestimados, gerados por cristais de quartzo com maiores teores de Ti, que geralmente estão relacionados a matriz da rocha. Os valores de temperatura correspondentes aos cristais da matriz parecem não ser adequados, uma vez que a rocha apresenta matriz intensamente recristalizada e tais valores gerados pelo conteúdo de Ti em cristais da matriz podem não corresponder ao auge metamórfico, mas estar relacionados ao processo de descompressão. Neste caso, os campos de valores desenhados pelas isopletras utilizadas no cálculo pareado (Figura 7.5-D), que utilizam valores para cristais de quartzo inclusos em granada são mais adequados e consistentes, uma vez que podem registrar o auge de temperatura.

Os aspectos mineralógicos e texturais, associados aos resultados de química mineral e geotermobarometria otimizada e de elementos traço apresentados neste trabalho, sugerem auge metamórfico em condições de fácies eclogito para porção sul do Grupo Araxá, logo a norte da Zona de Cisalhamento Varginha, com condições de temperatura mínimas de 900°C e pressões superiores a 15 kbar, no campo dos granulitos de alta pressão (HP) (O'BRIEN e RÖTZLER, 2003). As condições de reequilíbrio são balizadas entre 850 a 700°C e 13,5 a 11,0 kbar, em condições de fácies granulito a anfibolito superior, dentro do campo de estabilidade da cianita, recalibradas por descompressão isotérmica.

Rochas metamáficas como o escapolita-clinopiroxênio-granada anfibolito registram feições texturais e características químicas-mineralógicas, como elevados teores de Na e Al em clinopiroxênio e escapolita com elevado teor de Ca e de SO₃, em correspondência com condições de transição de fácies granulito a eclogito. Os aspectos texturais das amostras de retroeclogito registram feições típicas, como cristais de granada com coroas de plagioclásio, cristais de clinopiroxênio simplectíticos (intercrescimento de plagioclásio e anfibólio), indicando a substituição de onfacita (comum em fácies eclogito) pelo intercrescimento de

plagioclásio sódico e clinopiroxênio com menor conteúdo de Al e Na que o clinopiroxênio inicial, recalibradas em condições de fácies anfibolito superior a granulito.

Os dados apresentados para o Grupo Araxá são compatíveis com as condições termobarométricas calculadas por Del Lama (1993), Del Lama et al. (1994) e Leme (2016) na porção meridional do Grupo Araxá, próximo à área de estudo, 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.

7.3 Integração dos dados

Os dados descritos neste trabalho, em consonância aos dados bibliográficos (HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990; ZANARDO, 1992 e 2003; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993 e 1998; DEL LAMA et al. 2000; ZANARDO et al., 2006), mostram que a área de estudo corresponde a uma zona de colisão resultante da obducção de segmento de crosta inferior, representada pelo Complexo Guaxupé, que cavalgou sobre rochas correlacionadas ao Grupo Araxá. A Zona de Cisalhamento Varginha marca o limite entre as unidades, com direção E-W que inflete para SE na altura do município de Monte Belo, adquirindo características de rampa lateral.

Na porção mais basal do bloco cavalgante (Complexo Guaxupé), logo a sul da inflexão da Zona de Cisalhamento Varginha, as rochas registram auge metamórfico em condições de alta a ultra alta temperatura (UHT), com auge metamórfico balizado em torno de 1.000 a 1.050°C e pressões da ordem de 14,0 kbar e condições de reequilíbrio de 950 a 750°C e 13,5 a 11,0 kbar, em condições de fácies granulito, dentro do campo de estabilidade da sillimanita, próximo ao limite entre os campos de estabilidade da cianita-sillimanita (Figura 7.6).

Na área de estudo, a divisão de Del Lama et al. (2000) em três porções de diferentes regimes de pressão para o Complexo Guaxupé (Figura 3.5), é levemente modificada, estendendo a porção de mais alta pressão (Zona I) definida por estes autores para oeste, até a parte centro-oeste/oeste da área de estudo, logo a sul da Zona de Cisalhamento Varginha, onde predominam os granada gnaisses granulíticos (Figura 7.7).

No bloco cavalgado, as rochas correlacionadas ao Grupo Araxá mostram condições de pressão superiores, dentro do campo de rochas de alta pressão (HP). As feições mineralógicas e texturais, associadas à geotermobarometria, sugerem auge metamórfico em condições de fácies eclogito, com temperatura da ordem de 900°C e pressões superiores a 15,0 kbar, e

condições de reequilíbrio de 850 a 700°C e 13,5 a 11,0 kbar, em fácies granulito a anfibolito superior, dentro do campo de estabilidade da cianita (Figura 7.6).

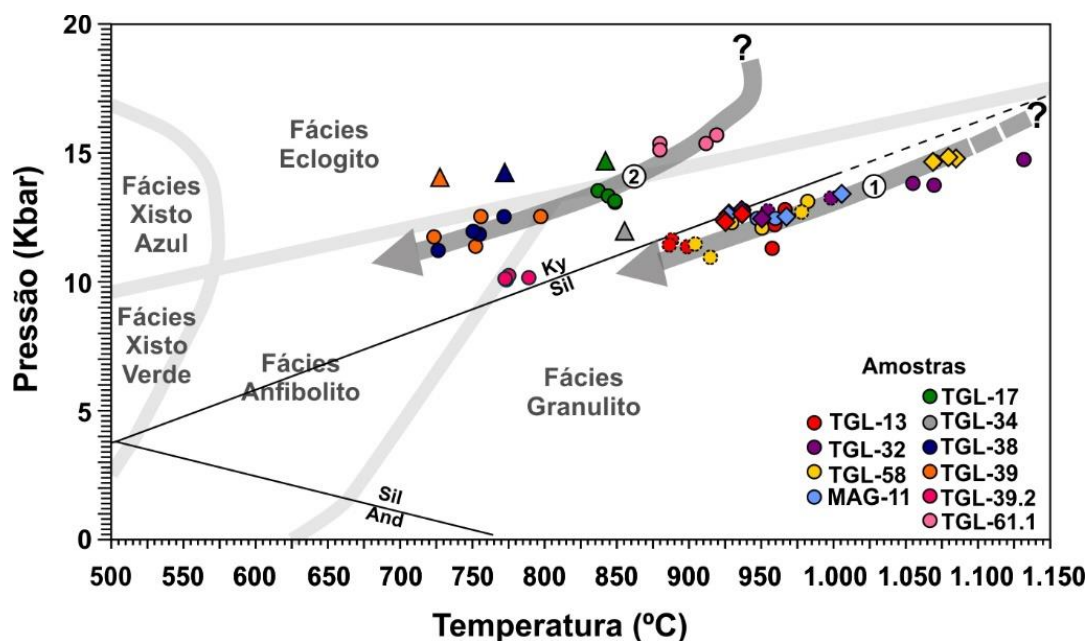


Figura 7.6 - Diagrama P - T mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas pelo *software THERMOCALC* (representadas pelos círculos), pelo *software RCLC* (representadas pelos losangos) e pelo cálculo pareado Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo (representadas pelos triângulos) para amostras do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé. As setas indicam o caminhameto metamórfico horário para (1): Complexo Guaxupé e (2): Grupo Araxá. (Diagrama de fácies metamórficas modificado de SPEAR, 1993).

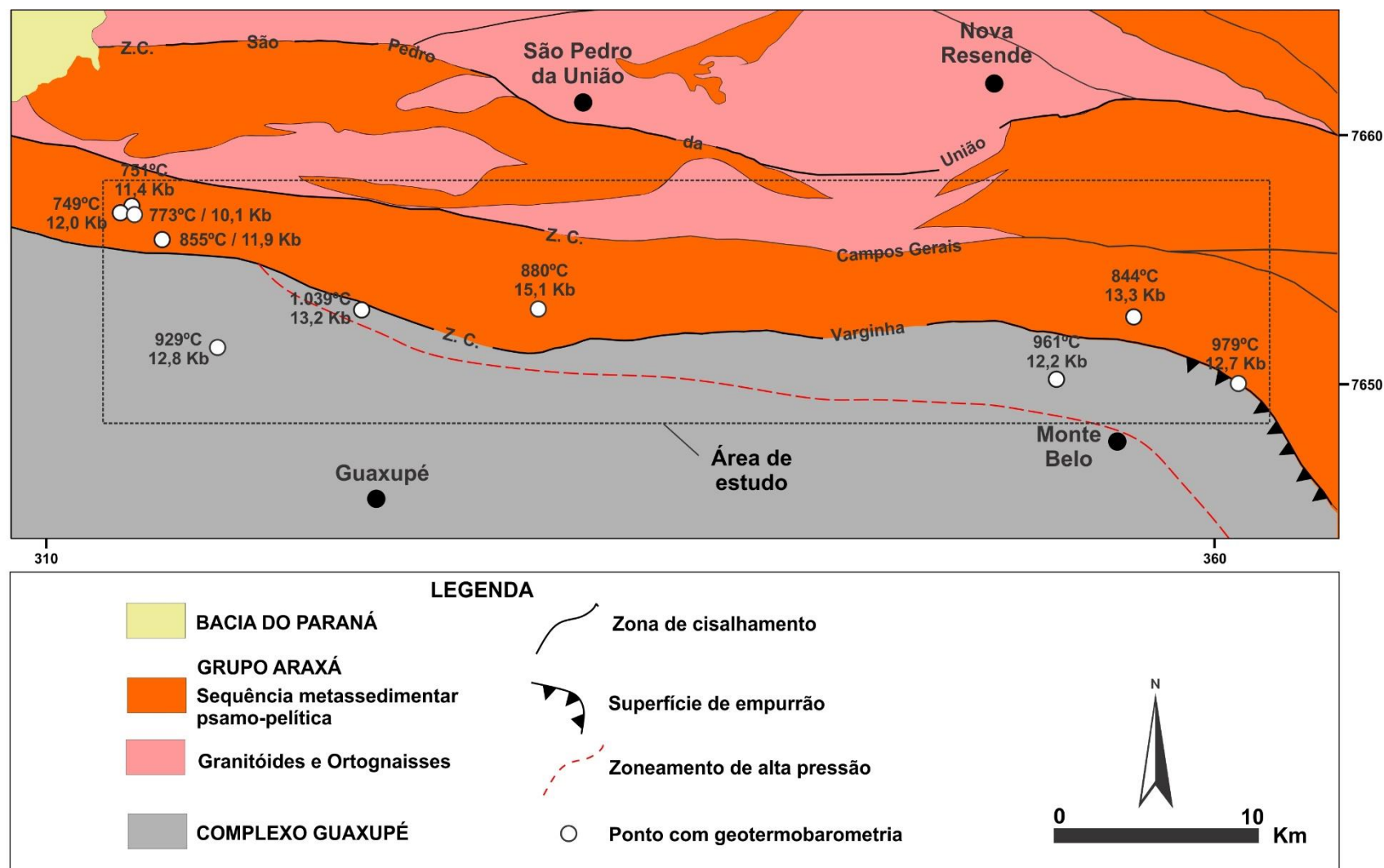


Figura 7.7 - Mapa geológico simplificado da área de estudo mostrando a localização das amostras com geotermobarometria (círculos brancos), os resultados geotermobarométricos calculados e a delimitação da zona de alta pressão (onde se concentram os granada gnaisses granulíticos) no Complexo Guaxupé marcada pela linha vermelha tracejada. (Modificado de Zanardo, 1992, 2003; Del Lama, 1998; Del Lama et al., 2000).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

As condições de pressão e temperatura determinadas, associadas aos dados litológicos, petrográficos e de química mineral descritos neste trabalho, reiteram um quadro regional de blocos crustais justapostos, marcados por uma zona de sutura (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a, 1982b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990; CAMPOS NETO, 1991; ZANARDO, 1992 e 2003; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993 e 1998; CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; DEL LAMA et al. 2000; ZANARDO et al., 2006; HASUI, 2010).

A estruturação regional, reconhecida pela gravimetria (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980; HASUI, 1982; HARALYI e HASUI, 1982a, 1982b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990), mostra blocos crustais a norte e a sul (Cráton do São Francisco e Bloco Paranapanema, respectivamente), cujos limites são definidos por grandes descontinuidades gravimétricas e correspondem a uma faixa de deformação intensa, marcada pela atuação do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, e definindo a Zona de Paleo-Sutura de Alterosa (ZANARDO et al., 2006).

A configuração geológica da região resulta da obducção de segmento de crosta inferior, representado pelo Complexo Guaxupé, que cavalgou em rampa frontal com direção próxima de N-S a NW-SE e rampa lateral/oblíqua em direção próxima de W-E sobre a borda do Cráton do São Francisco no Neoproterozoico, levando a uma colisão continente-continente com espessamento crustal.

Na frente da colisão, nos domínios do bloco cavalgado, a deformação é absorvida por meio do desenvolvimento de cinturões transcorrentes (TAPPONNIER et al., 1986). De acordo com Morales (1993), o arranjo lito-estrutural das unidades geológicas na região, mostra que a deformação foi absorvida inicialmente ao longo dos planos de baixo ângulo em regime de cavalgamento, passando posteriormente para alto ângulo, em regime direcional. A componente direcional do movimento foi responsável pelo deslocamento lateral entre os blocos, arrastando consigo os terrenos da faixa metassedimentar atribuída ao Grupo Araxá.

A Zona de Cisalhamento Varginha (ZCV) separa, a norte, as rochas do Grupo Araxá, e a sul, as rochas granulíticas do Complexo Guaxupé e limita diferentes condições de metamorfismo. Esta zona de cisalhamento apresenta direção aproximada E-W e inflete para SE na porção leste da área, onde origina uma transpressão, propiciando a exposição das rochas mais profundas da sequência granulítica (DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000).

O quadro geotectônico é compatível com as condições de pressão e temperatura determinadas, em que na base do bloco cavalgante, representada pelo Complexo Guaxupé, logo a sul da inflexão da Zona de Cisalhamento Varginha, ocorrem granulitos de alta a ultra alta temperatura. As associações minerais observadas indicam ápice metamórfico balizado em 1.000 – 1.050°C e pressão de ~14,0 kbar, e reequilíbrio metamórfico entre 950 a 750°C e 13,5 a 11,0 kbar, em fácies granulito, dentro do campo de estabilidade da sillimanita, próximo ao limite de estabilidade da cianita-sillimanita.

No bloco cavalgado, a norte da Zona de Cisalhamento Varginha, as rochas correlacionadas ao Grupo Araxá mostram condições de pressão superiores. As associações minerais observadas em lentes de rochas metamáficas indicam auge metamórfico em condições de fácies eclogito, com temperaturas da ordem de 900°C e pressões superiores a 15,0 kbar, e condições de reequilíbrio de 850 a 700°C e 13,5 a 11,0 kbar, em fácies granulito a anfibolito superior, dentro do campo de estabilidade da cianita.

A foliação principal (Sn), comumente blastomilonítica, com orientação geral N45W/30SW para o Complexo Guaxupé e orientação geral N75W/60SW para o Grupo Araxá, está relacionada ao reequilíbrio das associações minerais em condições de fácies granulito a anfibolito superior com queda de pressão, associada a progressão da deformação não coaxial.

Os resultados petrográficos e geotermobarométricos sugerem trajetória metamórfica com sentido horário para o Grupo Araxá, com reequilíbrio das associações minerais dentro do campo de estabilidade da cianita associado a descompressão quase isotérmica. No caso do Complexo Guaxupé, os dados indicam condições de reequilíbrio das associações por queda de pressão e temperatura, no campo de estabilidade da sillimanita, seguindo a linha limite de estabilidade cianita-sillimanita, sugerindo uma trajetória *P-T-t* horária. Os dados apresentados são compatíveis com regime *P-T-t* típico de zonas de espessamento crustal (colisão continental), seguida por exumação tectônica, marcando o reequilíbrio das associações minerais.

BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; FONSECA, M. A. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: clues from the São Francisco craton region, Brazil. **Geology**, v. 29, n. 4, p. 319-322, 2001.
- 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. 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. Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozóico Superior. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, n. 40, p. 285-295, 1968.
- ALMEIDA, F. F. M. Geochronological division of the Precambrian of South America. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 1, n. 1, p. 13-21, 1971.
- 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.; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. In: NAIRN, A. E. M.; STEHLI, F.G. (Ed). **The Ocean Basins and Margins**. Nova York, Plenum Publ, 1973. p. 411-446.
- 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.
- ANOVITZ, L. M. Al-zoning in pyroxene and plagioclase: Window on late prograde to early retrograde P-T paths in granulite terranes. **American Mineralogist**, v. 76, p. 1328-1343, 1991.
- ARANOVICH, L. Ya; BERMAN, R. G. A new garnet-orthopyroxene thermometer based on reversed Al_2O_3 solubility in $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ orthopyroxene. **American Mineralogist**, v. 82, n. 3-4, p. 345-353, 1997.
- 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.

BARBOSA, O. Guia de excursão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, 1955. **Noticiário...**, SBG, 1955, v. 3, p. 3-5.

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. C. R. Geologia do triângulo Mineiro. **Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral**, Rio de Janeiro. n.136, 140 p, 1970.

BERMAN, R. G. Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{TiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$. **Journal of Petrology**, v. 29, n. 2, p. 445-522, 1988.

BERMAN, R. G. Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique, with petrological applications. **The Canadian Mineralogist**, v. 29, n. 4, p. 833-855, 1991.

BERMAN, R. G.; ARANOVICH, L. Ya. Optimized standard state and solution properties of minerals I - Model calibration for olivine, orthopyroxene, cordierite, garnet, and ilmenite in the system $\text{FeO}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 126, n. 1-2, p. 1-24, 1996.

BRITO NEVES, B. B. de; CAMPOS NETO, M. da C.; FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 155-166, 1999.

BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014.

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, 1991.

CAMPOS NETO, M. da C. Orogenic Systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage in southeastern Brazil. **Tectonic Evolution of South America**, v. 31, p. 335-365, 2000.

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.; BASEI, M. A. S.; JANASI, V. A.; MORAES, R. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: An Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, n. 4, p. 393-406, 2011.

CAMPOS NETO, M. da 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.; 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.; JANASI, V. A.; BASEI, M. A. S.; SIGA JUNIOR, O. Sistema de Nappes Andrelândia, setor oriental: Litoestratigrafia e posição estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 suppl, p. 47-60, 2007.

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.

CARLSON, W.; SCHWARZE, E. Petrological significance of prograde homogenization of growth zoning in garnet: an example from the Llano Uplift. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 15, n. 5, p. 631-644, 1997.

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 (Relatório Final)**. DNPM/CPRM, 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.

COOKE, R. A.; O'BRIEN, P. J.; CARSWELL, D. A. Garnet zoning and the identification of equilibrium mineral compositions in high-pressure-temperature granulites from the Moldanubian Zone, Austria. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 18, n. 5, p. 551-569, 2000.

CORDANI, U. G.; BRITO-NEVES, B. B. de.; D'AGRELLA-FILHO, M. S. From Rodinia to Gondwana: a review of the available evidence from South America. **Gondwana Research**, v. 6, n. 2, p. 275-283, 2003.

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.

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

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

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Framework silicates: silica minerals, feldspathoids and the zeolites – vol. 4B**. Londres: The Geological Society Publishing House, 2004. 982p.

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

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

DEGELING, H. S. **Zr equilibria in metamorphic rocks**. 2003. 231p. Tese (Doutorado) - Australian National University. 2003.

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 em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 1993.

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, 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.; 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.; 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.

DIRKS, P. H. G. M.; SITHOLE, T. A. Eclogites in the Makuti gneisses of Zimbabwe: implications for the tectonic evolution of the Zambezi Belt in southern Africa. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 17, p. 593-612, 1999.

EBERT, H. Pesquisa na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. **Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, p. 79- 89, 1955.

EBERT, H. A Tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. **Relatório Anual do Diretor. DNPM. DGM**, p. 97-107, 1957.

EBERT, H. A estrutura pré-cambriana do sudoeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. **Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba**, v. 26, p. 42-45, 1967.

EBERT, H. Ocorrências de fácies granulíticas no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 40, n. suplemento, p 215-229, 1968.

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.

EBERT, H. **Aspectos da Geologia da Região de São João del Rei e Os Paraibídes entre São João Del Rei e Itapira e a bifurcação entre Paraibíades e Araxaíades**. São Paulo, SP: SBG-SP, 1984. 114 p.

EBERT, H. D.; HASUI, Y. Transpressional tectonics and partioning 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.

EWING, T. A.; HERMANN, J.; RUBATTO, D. The robustness of the Zr-in-rutile and Ti-in-zircon thermometers during high-temperature metamorphism (Ivrea-Verbano Zone, northern Italy). **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 165, n. 4, p. 757-779, 2013.

FYFE, W. S.; LEONARDOS Jr, O. H. Ancient metamorphic-migmatite belts of the Brazilian Atlantic coast: the African connection. **Revista Brasileira de Geociências**, v.4, 247-251, 1974.

FERRY, J. M.; WATSON, E. B. New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 154, n. 4, p. 429-437, 2007.

FITZSIMONS, I. C. W.; HARLEY, S. L. The influence of retrograde cation exchange on granulite P-T estimates and a convergence technique for the recovery of peak metamorphic conditions. **Journal of Petrology**, v. 35, n. 2, p. 543-576, 1994.

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.

FUCK, R. A. Dobramentos neoproterozóicos da margem Ocidental do Cráton do São Francisco: revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Boletim Resumos...**Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. p. 288-289.

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.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M., ALVARENGA, C. J.; DANTAS, E. L. The northern Brasília belt. In: HELIBRON, M., CORDANI, U.G., ALKMIM, F.F. (Eds), **São Francisco Craton, Eastern Brazil**. Springer, Cham, 2017. p. 205-220.

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.

GOLDSMITH, J. R.; NEWTON, R. C. Scapolite-plagioclase stability relations at high pressures and temperatures in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-CaCO}_3\text{-CaSO}_4$. **American Mineralogist**, v. 62, n. 11-12, p. 1063-1081, 1977.

GOLDSMITH, J. R.; NEWTON, R. C.; MOORE, P. B. Silicate-nitrate compounds: High-pressure synthesis and stability of a nitrate scapolite. **American Mineralogist**, v. 59, n. 7-8, p. 768-774, 1974.

GOWER, R. J. W.; SIMPSON, C. Phase boundary mobility in naturally deformed, high-grade quartzofeldspathic rocks: evidence for diffusional creep. **Journal of Structural Geology**, v. 14, n. 3, p. 301-313, 1992.

GUIDOTTI, C. V. Micas in metamorphic rocks. In: BAILEY, S. W. (Ed), **Micas**. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, Washington, D.C., v. 13, n. 1, p. 357-467, 1984.

HARALYI, 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, 1982a.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. Compartimentação Geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n 31, 1982, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, v 1, 1982b, p. 374-385

HARALYI, 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.

HARLEY, S. L. The origins of granulites: a metamorphic perspective. **Geological Magazine**, v. 126, n. 3, p. 215-247, 1989.

HARLEY, S. L. On the occurrence and characterization of ultrahigh-temperature (UHT) crustal metamorphism. In: TRELOAR, P. J.; O'BRIEN, P. J. (Eds). **What Controls Metamorphism and Metamorphic Reactions?**. Special Publication Geological Society of London, v. 138, p. 75-101, 1998.

HARLEY, S. L. Refining the P - T records of UHT crustal metamorphism. **Journal of metamorphic Geology**, v. 26, n. 2, p. 125-154, 2008.

HASUI, Y. The Mantiquiera Province: Archean structure and Proterozoic evolution. **Brazilian Journal of Geology**, v. 12, n. 1-2-3, p. 167-171, 1982.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

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.

HASUI, Y.; RODRIGUES, E. de P.; OLIVEIRA, M.C. de B.; ENS, H.J.; MORALES, N.; ZANARDO, A.; QUADE, H.; NYR, R.; KÜLLER, M.L.; FRASCÁ, M.H.B.O. **Deformação por cisalhamento dúctil: modelo de transformação de rochas pré-cambrianas antigas do leste de São Paulo**. Fase I. São Paulo: IPT, 3v., 1988. (Relatório IPT nº 25908).

HEINRICH, W.; REHS, G.; FRANZ, G. Monazite–xenotime miscibility gap thermometry. I. An empirical calibration. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 15, n. 1, p. 3-16, 1997.

HOLLAND, T. J. B.; POWELL, R. T. J. B. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. **Journal of metamorphic Geology**, v. 16, n. 3, p. 309-343, 1998.

HOPPE, A.; KLEIN, H.; CHOUDHRURI, A.; SCHMIDT, W. Eclogitos pré-cambrianos no sudoeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, **Belo Horizonte**, 1985. **Boletim...Belo Horizonte: SBG**, 1985, v. 5, p. 180-192.

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. 1992.

KOSTYUK, E. A.; SOBOLEV, V. S. Paragenetic types of calciferous amphiboles of metamorphic rocks. **Lithos**, v. 2, p. 67-81, 1969.

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.

LEME, T. G. **Petrografia e geoquímica da ocorrência de (clinopiroxênio)- hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa Cruz Do Prata – MG**. 2016. 87p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2016.

LEVIEN, L.; PREWITT, C. T.; WEIDNER, D. J. Structure and elastic properties of quartz at pressure. **American Mineralogist**, v. 65, n. 9-10, p. 920-930, 1980.

LIMA, F. G. **Evolução petrogenética das rochas máficas/ultramáficas na área ao sul do Cráton São Francisco, entre as cidades de Fortaleza de Minas e Jacuí-MG**. 2014. 104p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2003.

LOVERING, J. F.; WHITE, A. J. R. The significance of primary scapolite in granulitic inclusions from deep-seated pipes. **Journal of Petrology**, v. 5, n. 2, p. 195-218, 1964.

LOVERING, J. F.; WHITE, A. J. R. Granulitic and eclogitic inclusions from basic pipes at Delegate, Australia. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 21, n. 1, p. 9-52, 1969.

LUVIZOTTO, G. L. **Caracterização metamórfica das rochas do grupo Araxá na região de São Sebastião do Paraíso, Sudoeste de Minas Gerais**. 2003. 187p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2003.

MANTOVANI, M. S. M.; DE BRITO NEVES, B. B. de. The Paranapanema Lithospheric Block: Its Importance for Proterozoic (Rodinia, Gondwana) Supercontinent Theories. **Gondwana Research**, v. 8, n. 3, p. 303-315, 2005.

MANTOVANI, M. S. M., BRITO NEVES, B. B. de. The Paranapanema Lithospheric Block: its nature and role in the Accretion of Gondwana. In: GAUCHER, C.; SIAL, A.; HALVERSON, G.; FRIMMEL, H. (Eds.), **Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: A Focus on South Western Gondwana**. Elsevier, Amsterdam, 2009. pp. 257-272.

MORALES, N. **Evolução lito-estrutural das rochas pré-cambrianas da região de São João da Boa Vista**. 1988. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional), Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988. 157p.

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, 1993.

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 em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2010.

NEWTON, R. C.; GOLDSMITH, J. R. Stability of the scapolite meionite ($3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{CaCO}_3$) at high pressures and storage of CO_2 in the deep crust. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 49, n. 1, p. 49-62, 1975.

O'BRIEN, P. J.; RÖTZLER, J. High-pressure granulites: formation, recovery of peak conditions and implications for tectonics. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 21, n. 1, p. 3-20, 2003.

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.

OSTAPENKO, G. T.; TARASHCHAN, A. N.; MITSYUK, B. M. Rutile-quartz geothermobarometer. **Geochemistry International**, v. 45, n. 5, p. 506-508, 2007.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics**. Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 366 p.

PATTISON, D. R. M.; BÉGIN, N. J. Zoning patterns in orthopyroxene and garnet in granulites: implications for geothermometry. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 12, n. 4, p. 387-410, 1994.

PATTISON, D. R. M.; CHACKO, T.; FARQUHAR, J.; McFARLANE, C. R. M. Temperatures of granulite-facies metamorphism: constraints from experimental phase equilibria and thermobarometry corrected for retrograde exchange. **Journal of Petrology**, v. 44, n. 5, p. 867-900, 2003.

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.; HOLLAND, T. J. B. An internally consistent dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 6, n. 2, p. 173-204, 1988.

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

POWELL, R.; HOLLAND, T. J. B. On thermobarometry. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 26, n. 2, p. 155-179, 2008.

PYLE, J. M.; SPEAR, F. S. An empirical garnet (YAG)–xenotime thermometer. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 138, n. 1, p. 51-58, 2000.

PYLE, J. M.; SPEAR, F. S.; RUDNICK, R. L.; McDONOUGH, W. F. Monazite–xenotime–garnet equilibrium in metapelites and a new monazite–garnet thermometer. **Journal of Petrology**, v. 42, n. 11, p. 2083-2107, 2001.

REBBERT, C. R.; RICE, J. M. Scapolite-plagioclase exchange: $\text{Cl} \rightleftharpoons \text{CO}_3$ scapolite solution chemistry and implications for peristerite plagioclase. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 3, p. 555-567, 1997.

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

ROBINSON, P.; SPEAR, F. S.; SCHUMACHER, J. C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B. W.; DOOLAN, B. L. Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrences and theory. In: VEBLEN, D. R.; RIBBE, P. H. (Eds), **Reviews in Mineralogy**. v. 9B, p. 1-227, 1982.

ROCHA, B. C.; MORAES, R.; MÖLLER, A.; CIOFFI, C. R. Magmatic inheritance vs. UHT metamorphism: Zircon petrochronology of granulites and petrogenesis of charnockitic leucosomes of the Socorro–Guaxupé nappe, SE Brazil. **Lithos**, v. 314, p. 16-39, 2018.

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.

SAUNDERS, D.; TARNEY, J.; WEAVER, S. D. Transverse geochemical variations across the Antarctic Peninsula: implications for the genesis of calc-alkaline magmas. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 46, n. 3, p. 344-360, 1980.

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.

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, 2003.

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, 1993. 789p.

TAPPONNIER, P.; PELTZER, G.; ARMIJO, R. On the mechanics of the collision between India and Asia. In: COWARD, M.P.; RIES, A. C. (Eds). **Collision Tectonics**. Geological Society, London, Special Publications, v. 19, n. 1, p. 113-157, 1986.

THOMAS, J. B.; WATSON, E. B.; SPEAR, F. S.; SHEMELLA, P. T.; NAYAK, S. K.; LANZIROTTI, A. Titanite under pressure: the effect of pressure and temperature on the solubility of Ti in quartz. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 160, n. 5, p. 743-759, 2010.

TOMKINS, H. S.; POWELL, R.; ELLIS, D. J. The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 25, n. 6, p. 703-713, 2007.

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-Brazilian 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.

TROUW, R. A. J.; PETERNEL, R.; RIBEIRO, A.; HEILBRON, M.; VINAGRE, R.; DUFFLES, P.; TROUW, C.C.; FONTAINHA, M., KUSSAMA, H. H. A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 43-57, 2013.

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. The Southern Brasília Belt. In: HEILBRON, M., CORDANI, U.G., ALKMIM, F.F. (Eds), **São Francisco Craton, Eastern Brazil**. Springer, Cham, 2017. p. 189-203.

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.; PIMENTEL, M. M.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H.; TROUW, R. A. J. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 294, n. 1, p. 197-210, 2008.

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

VOLL, G. Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Erstfeld to the Leventina nappe, Swiss Alps, and its geological significance. **Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen**, v. 56, p. 641-647, 1976.

WARK, D. A.; WATSON, E. B. TitaniQ: a titanium-in-quartz geothermometer. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 152, n. 6, p. 743-754, 2006.

WATSON, E. B.; WARK, D. A.; THOMAS, J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 151, n. 4, p. 413, 2006.

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 Brasileiro 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.

WOODSWORTH, G. J. Homogenization of zoned garnets from pelitic schists. **The Canadian Mineralogist**, v. 15, n. 2, p. 230-242, 1977.

YANG, P.; RIVERS, T. Trace element partitioning between coexisting biotite and muscovite from metamorphic rocks, Western Labrador: Structural, compositional and thermal controls. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 64, n. 8, p. 1451-1472, 2000.

YARDLEY, B. W. D. An empirical study of diffusion in garnet. **American Mineralogist**, v. 62, p. 793-800, 1977.

YARDLEY, B. W. D. **An introduction to metamorphic petrology**. Inglaterra: Longman Group, 1989. 248 p.

YARDLEY, B. W. D; VALLEY, J. W. The petrologic case for a dry lower crust. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 102, n. B6, p. 12173-12185, 1997.

ZACK, T., KRONZ, A., FOLEY, S. F., RIVERS, T. Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists. **Chemical Geology**, v. 184, n. 1-2, p. 97-122, 2002.

ZACK, T.; MORAES, R.; KRONZ, A. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 148, n. 4, p. 471-488, 2004.

ZAKRUTKIN, V. V.; GRIGORENKO, M. W. Titanium and alkalis in amphiboles in metamorphism. **Doklady of the Academy of Sciences of the USSR, Earth Science Section**, v. 173, p. 917-918, 1967.

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, 1992.

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, 2003.

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

Tabelas de análises químicas

Tabela 1 – Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de granada e proporção molecular dos cristais analisados.

Amostra	Complexo Guaxupé																		
	TGL-13																		
	6_1	6_2	6_3	6_5	6_6	6_7	6_8	6_9	6_10	6_11	6_13	6_14	6_15	6_16	6_17	6_18	6_19	6_20	6_21
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SiO ₂	38.762	39.056	38.972	39.250	39.398	39.258	39.065	39.214	38.958	39.030	39.086	39.187	39.054	39.482	39.420	39.125	39.208	39.449	39.078
TiO ₂	0.130	0.131	0.128	0.123	0.140	0.123	0.125	0.100	0.135	0.105	0.086	0.115	0.084	0.086	0.110	0.100	0.076	0.118	0.101
Al ₂ O ₃	21.155	21.137	21.085	21.463	21.527	21.553	21.323	21.726	21.484	21.460	21.422	21.357	21.348	21.230	21.444	21.369	21.352	21.408	21.612
Cr ₂ O ₃	0.008	0.001	0.000	0.000	0.007	0.000	0.007	0.013	0.000	0.010	0.000	0.030	0.000	0.001	0.000	0.003	0.023	0.008	0.010
FeO	24.302	24.191	24.309	23.551	23.644	23.389	23.146	23.279	23.370	23.036	23.438	23.695	23.568	23.376	23.498	23.637	23.426	23.262	23.295
MnO	0.715	0.669	0.684	0.658	0.642	0.726	0.641	0.646	0.643	0.626	0.633	0.625	0.680	0.641	0.626	0.634	0.643	0.619	0.627
MgO	8.252	8.430	8.582	8.933	8.878	8.952	9.075	9.047	9.054	9.054	8.769	9.036	9.086	8.989	9.091	8.848	9.069	9.133	9.122
CaO	6.323	6.279	6.266	6.264	6.138	6.350	6.118	6.178	6.271	6.270	6.571	6.215	6.235	6.118	6.378	6.173	6.255	6.184	6.155
Na ₂ O	0.006	0.002	0.001	0.025	0.006	0.003	0.000	0.010	0.007	0.013	0.000	0.000	0.001	0.022	0.007	0.007	0.014	0.010	0.000
K ₂ O	0.005	0.013	0.015	0.002	0.012	0.012	0.006	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.009	0.001	0.008	0.011
Total	99.657	99.909	100.03	100.26	100.39	100.35	99.497	100.20	99.923	99.596	99.987	100.23	100.04	99.945	100.58	99.904	100.06	100.19	100.003
Alm	49.41	49.35	48.68	47.59	48.53	47.31	47.43	47.46	46.90	46.96	47.36	47.50	46.92	48.10	47.10	48.16	47.11	47.51	47.17
Pyp	31.60	32.04	32.69	33.83	33.45	33.85	34.48	34.28	34.50	34.47	33.33	34.23	34.56	33.86	34.25	33.59	34.39	34.39	34.66
Grs	13.17	13.77	12.26	13.39	14.40	13.79	13.80	13.76	12.62	13.78	14.04	12.54	12.01	14.56	13.40	13.54	12.89	14.23	13.07
And	4.21	3.37	4.90	3.66	2.20	3.46	2.89	3.02	4.55	3.35	3.91	4.29	5.03	2.00	3.87	3.29	4.08	2.48	3.71
Sps	1.56	1.45	1.48	1.42	1.37	1.56	1.38	1.39	1.39	1.36	1.37	1.35	1.47	1.37	1.34	1.37	1.39	1.32	1.35
Uvr	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.02	0.03

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Complexo Guaxupé																		
	TGL-13																		
	6_22	6_23	6_24	6_25	6_26	6_27	6_28	6_29	6_30	8_1	8_2	8_3	8_4	8_5	8_6	8_7	8_8	8_9	8_10
Análise	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SiO ₂	39.061	39.521	39.075	39.269	39.065	39.056	39.214	38.889	38.730	39.152	39.068	39.279	39.190	39.324	39.086	39.349	39.635	39.208	39.292
TiO ₂	0.113	0.102	0.097	0.118	0.111	0.124	0.147	0.140	0.129	0.101	0.093	0.106	0.097	0.071	0.090	0.078	0.076	0.049	0.045
Al ₂ O ₃	21.461	21.715	21.306	21.602	21.344	21.342	21.450	21.372	21.330	21.632	21.464	21.456	21.441	21.445	21.811	21.565	21.546	21.658	21.731
Cr ₂ O ₃	0.006	0.015	0.008	0.000	0.016	0.004	0.005	0.000	0.004	0.011	0.000	0.009	0.015	0.012	0.003	0.014	0.000	0.013	0.002
FeO	23.589	23.321	23.255	23.494	23.403	23.395	23.239	23.602	23.933	23.921	23.670	23.479	23.560	23.335	23.131	23.669	23.245	23.284	23.554
MnO	0.605	0.654	0.646	0.618	0.638	0.634	0.643	0.695	0.707	0.725	0.695	0.622	0.678	0.641	0.703	0.641	0.655	0.650	0.688
MgO	9.236	9.193	9.052	9.087	8.931	8.952	8.831	8.728	8.434	8.680	8.788	9.052	9.064	9.268	9.330	9.279	9.533	9.479	9.509
CaO	6.239	6.168	6.170	6.123	6.306	6.427	6.460	6.358	6.294	6.039	6.116	6.043	5.944	5.678	5.781	5.812	5.496	5.341	5.581
Na ₂ O	0.013	0.008	0.000	0.000	0.013	0.012	0.003	0.016	0.000	0.001	0.045	0.038	0.024	0.005	0.000	0.023	0.031	0.013	0.000
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.011	0.001	0.000	0.000	0.004	0.019	0.021	0.006	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	100.317	100.68	99.601	100.30	99.817	99.957	99.992	99.788	99.552	100.26	99.953	100.10	100.02	99.759	99.935	100.41	100.185	99.679	100.384
Alm	46.45	47.35	47.35	47.68	47.36	46.96	47.61	47.63	48.81	49.05	48.14	47.74	47.82	48.14	47.24	47.65	47.83	48.02	47.37
Pyp	35.13	34.56	34.41	34.35	33.96	34.04	33.42	33.33	32.32	32.92	33.58	34.28	34.39	35.03	35.46	35.07	35.79	35.96	35.98
Grs	11.31	13.86	13.45	13.42	13.33	13.14	14.95	13.08	13.37	13.65	12.99	13.20	12.67	13.35	12.69	11.94	13.11	12.21	11.26
And	5.73	2.76	3.38	3.22	3.86	4.41	2.61	4.37	3.95	2.78	3.78	3.22	3.49	2.04	3.09	3.80	1.72	2.31	3.91
Sps	1.31	1.40	1.40	1.33	1.38	1.37	1.38	1.51	1.54	1.56	1.51	1.34	1.46	1.38	1.52	1.38	1.40	1.40	1.48
Uvr	0.02	0.05	0.02	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.04	0.04	0.01	0.04	0.00	0.04	0.01

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Complexo Guaxupé																		
	TGL-13																		
	9_12	9_13	9_14	9_15	9_16	9_17	9_18	10_1	10_2	10_3	10_4	10_5	10_6	10_7	10_8	10_9	10_10	10_11	10_12
Análise	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SiO ₂	38.955	38.954	39.204	38.923	39.058	39.136	39.235	39.394	39.302	39.193	39.215	39.164	38.868	38.773	39.373	38.912	39.027	38.850	38.789
TiO ₂	0.063	0.066	0.069	0.105	0.116	0.120	0.104	0.120	0.101	0.103	0.083	0.061	0.082	0.061	0.049	0.060	0.053	0.105	0.101
Al ₂ O ₃	21.671	21.508	21.657	21.367	21.504	21.373	21.678	21.448	21.440	21.709	21.665	21.684	21.506	21.523	21.517	21.828	21.767	21.633	21.540
Cr ₂ O ₃	0.021	0.014	0.006	0.004	0.000	0.014	0.001	0.012	0.022	0.002	0.009	0.000	0.000	0.016	0.002	0.000	0.000	0.009	0.003
FeO	23.392	23.309	23.238	23.662	23.538	23.627	23.838	24.164	23.485	23.394	23.335	23.174	23.169	23.337	22.956	22.981	23.250	22.781	23.443
MnO	0.679	0.655	0.640	0.659	0.647	0.656	0.678	0.784	0.705	0.701	0.651	0.695	0.675	0.653	0.650	0.691	0.658	0.726	0.762
MgO	8.997	9.035	9.129	8.968	9.112	8.931	8.795	8.636	8.993	9.248	9.311	9.323	9.220	9.169	9.534	9.218	9.360	9.392	9.055
CaO	6.234	6.047	6.030	6.081	6.220	6.122	6.066	6.038	6.020	5.994	6.025	5.955	5.861	5.997	5.958	5.801	6.163	5.971	6.022
Na ₂ O	0.017	0.000	0.000	0.000	0.010	0.006	0.008	0.004	0.008	0.000	0.011	0.016	0.011	0.024	0.013	0.008	0.016	0.020	0.018
K ₂ O	0.000	0.004	0.010	0.000	0.000	0.003	0.000	0.003	0.011	0.000	0.009	0.011	0.002	0.000	0.000	0.013	0.020	0.001	0.013
Total	100.015	99.593	99.981	99.758	100.19	99.987	100.39	100.63	100.08	100.32	100.31	100.07	99.391	99.549	100.03	99.510	100.300	99.489	99.745
Alm	46.99	47.54	47.60	47.69	46.90	47.98	48.70	49.40	48.10	47.13	46.84	46.76	47.11	46.74	46.35	47.31	45.94	45.97	46.97
Pyp	34.35	34.47	34.60	34.21	34.65	33.89	33.30	32.55	33.99	35.04	35.29	35.41	35.26	35.18	36.02	35.22	35.68	35.93	34.69
Grs	12.45	13.03	13.68	12.25	12.08	13.17	13.60	13.75	13.71	12.45	12.25	12.37	12.25	11.34	12.71	13.03	11.35	12.07	11.54
And	4.60	3.51	2.73	4.41	4.92	3.48	2.90	2.57	2.58	3.86	4.13	3.89	3.86	5.16	3.47	2.90	5.53	4.32	5.04
Sps	1.47	1.42	1.38	1.43	1.40	1.41	1.46	1.68	1.51	1.51	1.40	1.50	1.47	1.42	1.39	1.50	1.42	1.58	1.66
Uvr	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04	0.07	0.01	0.03	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-13			TGL-32															
Análise	10_13	10_14	10_15	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	1_6	1_7	1_8	1_9	1_10	1_11	1_12	1_13	1_14	1_15	1_16
Cristal	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SiO ₂	39.024	38.961	38.599	38.548	38.678	39.042	38.373	38.678	38.635	38.792	38.716	38.780	38.384	38.650	38.611	38.470	38.544	38.537	38.510
TiO ₂	0.103	0.108	0.115	0.079	0.073	0.071	0.070	0.083	0.060	0.084	0.081	0.060	0.060	0.087	0.065	0.077	0.061	0.050	0.046
Al ₂ O ₃	21.536	21.522	21.250	21.598	21.394	21.614	21.545	21.834	21.637	21.614	21.777	21.642	21.780	21.794	21.586	21.773	21.594	21.626	21.617
Cr ₂ O ₃	0.023	0.017	0.020	0.006	0.011	0.016	0.011	0.006	0.003	0.012	0.013	0.041	0.004	0.002	0.013	0.014	0.014	0.019	0.036
FeO	23.364	23.467	23.536	24.442	24.198	24.297	24.007	24.259	24.271	24.286	23.906	24.180	23.932	24.090	24.210	24.442	24.087	23.962	23.899
MnO	0.697	0.716	0.758	1.041	1.091	0.968	0.986	0.997	0.980	0.994	0.996	1.016	1.010	0.998	0.992	0.951	1.022	0.970	0.986
MgO	9.134	8.908	8.591	8.169	8.704	8.697	8.575	8.839	8.704	8.693	8.700	8.766	8.697	8.684	8.689	8.761	8.510	8.541	8.563
CaO	6.052	5.955	6.018	5.664	5.609	5.601	5.599	5.584	5.483	5.633	5.672	5.641	5.630	5.696	5.724	5.644	5.554	5.708	5.698
Na ₂ O	0.000	0.021	0.016	0.004	0.000	0.009	0.015	0.000	0.005	0.000	0.019	0.004	0.037	0.008	0.012	0.012	0.000	0.013	0.013
K ₂ O	0.006	0.002	0.008	0.004	0.004	0.003	0.000	0.003	0.000	0.005	0.003	0.001	0.000	0.006	0.000	0.000	0.004	0.005	0.014
Total	99.937	99.679	98.909	99.555	99.762	100.316	99.182	100.283	99.778	100.113	99.883	100.130	99.533	100.014	99.902	100.143	99.389	99.431	99.383
Alm	47.19	48.03	48.55	50.52	48.70	49.43	48.93	48.47	49.18	49.05	48.66	48.63	48.16	48.65	48.47	48.33	49.56	49.01	48.88
Pyp	34.76	33.99	33.07	31.49	33.44	33.11	33.23	33.94	33.49	33.29	33.41	33.60	33.74	33.39	33.46	33.85	32.81	32.97	33.07
Grs	12.47	13.00	13.19	12.22	10.35	11.60	10.79	9.87	10.44	10.86	11.44	10.47	10.02	10.90	10.20	8.92	11.60	11.55	11.43
And	4.01	3.28	3.40	3.46	5.10	3.68	4.77	5.53	4.72	4.61	4.18	4.95	5.66	4.84	5.60	6.71	3.75	4.23	4.27
Sps	1.51	1.55	1.66	2.28	2.38	2.09	2.17	2.18	2.14	2.16	2.17	2.21	2.23	2.18	2.17	2.09	2.24	2.13	2.16
Uvr	0.07	0.05	0.06	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.04	0.04	0.12	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.06	0.11

Tabela 1- *continuação*

Amostra	Complexo Guaxupé																		
	TGL-32																		
	1_17	1_18	1_19	1_20	4_1	4_2	4_3	4_4	4_5	4_6	4_7	4_8	4_9	4_10	4_11	4_13	4_14	4_15	6_1
	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
SiO ₂	38.677	38.712	38.890	38.565	38.280	38.709	38.382	38.218	38.918	38.284	39.051	38.440	38.556	38.303	38.687	38.554	38.254	38.670	38.554
TiO ₂	0.051	0.049	0.087	0.069	0.091	0.094	0.105	0.088	0.083	0.094	0.086	0.073	0.061	0.038	0.074	0.097	0.089	0.072	0.072
Al ₂ O ₃	21.652	21.570	21.886	21.423	21.505	21.498	21.365	21.688	21.780	21.452	21.574	21.753	21.765	21.737	21.379	21.572	21.508	21.378	21.562
Cr ₂ O ₃	0.041	0.037	0.022	0.036	0.033	0.039	0.012	0.038	0.033	0.024	0.028	0.041	0.017	0.018	0.016	0.038	0.028	0.020	0.026
FeO	24.315	24.299	24.224	24.307	24.864	24.942	24.666	24.623	24.346	24.519	24.421	24.677	24.514	24.730	24.686	24.535	24.722	24.538	24.444
MnO	1.014	0.999	1.073	1.138	1.180	1.143	1.131	1.144	1.145	1.105	1.110	1.127	1.119	1.117	1.146	1.085	1.151	1.136	1.071
MgO	8.563	8.504	8.188	8.078	7.737	8.049	8.009	8.067	8.217	8.057	8.199	8.141	8.166	8.089	8.187	8.086	7.911	7.844	8.271
CaO	5.735	5.804	5.807	6.036	6.005	5.625	5.719	5.812	5.932	5.757	5.886	5.744	5.826	5.665	5.855	5.871	5.820	6.002	6.058
Na ₂ O	0.017	0.007	0.015	0.019	0.010	0.013	0.012	0.017	0.000	0.001	0.000	0.032	0.017	0.001	0.000	0.000	0.003	0.004	0.004
K ₂ O	0.000	0.002	0.000	0.012	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	100.065	99.982	100.19	99.682	99.703	100.11	99.406	99.694	100.45	99.291	100.35	100.027	100.040	99.698	100.029	99.838	99.485	99.664	100.060
Alm	48.91	49.10	50.35	49.53	50.57	51.03	50.54	49.76	49.88	50.26	50.32	49.87	49.81	50.33	49.90	50.23	50.48	50.78	48.98
Pyp	32.93	32.66	31.30	31.15	30.03	30.90	31.00	31.38	31.36	31.25	31.19	31.51	31.50	31.40	31.44	31.14	30.72	30.15	31.88
Grs	10.53	11.11	13.52	12.10	11.43	11.41	11.41	10.40	12.84	11.42	13.32	10.46	11.37	10.63	11.24	12.02	11.22	13.34	11.03
And	5.20	4.80	2.37	4.52	5.23	3.99	4.47	5.74	3.33	4.56	2.69	5.40	4.74	5.12	4.87	4.12	4.94	3.17	5.67
Sps	2.22	2.18	2.33	2.49	2.60	2.49	2.49	2.53	2.48	2.43	2.40	2.48	2.45	2.46	2.50	2.37	2.54	2.48	2.35
Uvr	0.12	0.11	0.07	0.11	0.10	0.12	0.04	0.11	0.10	0.07	0.08	0.12	0.05	0.06	0.05	0.12	0.08	0.06	0.08

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-32																		
Análise	6_2	6_3	6_4	6_5	6_6	6_7	6_8	6_9	6_10	6_11	6_12	6_13	6_15	6_16	6_17	6_18	6_19	6_20	6_21
Cristal	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
SiO ₂	38.490	38.215	38.509	38.618	38.481	38.338	38.770	38.562	38.407	38.541	38.305	38.761	38.540	39.053	38.733	38.787	38.608	38.785	38.736
TiO ₂	0.061	0.076	0.081	0.089	0.073	0.078	0.091	0.082	0.076	0.069	0.068	0.075	0.062	0.077	0.090	0.093	0.078	0.060	0.102
Al ₂ O ₃	21.535	21.406	21.795	21.639	21.484	21.505	21.560	21.565	21.328	21.712	21.458	21.618	21.851	21.896	21.687	21.732	21.509	21.545	21.686
Cr ₂ O ₃	0.015	0.006	0.049	0.026	0.015	0.020	0.017	0.030	0.032	0.027	0.011	0.019	0.012	0.009	0.026	0.033	0.027	0.021	0.008
FeO	24.444	24.101	24.466	24.268	24.359	24.443	24.402	24.134	24.207	24.209	24.284	24.010	24.116	24.083	24.166	24.103	24.690	24.320	24.251
MnO	1.047	1.022	1.010	1.022	0.995	1.002	1.003	1.045	1.002	1.052	1.035	1.041	1.069	1.092	1.065	1.068	1.058	1.034	1.014
MgO	8.308	8.190	8.424	8.515	8.387	8.286	8.459	8.319	8.502	8.457	8.487	8.489	8.483	8.521	8.596	8.555	8.439	8.343	8.436
CaO	5.838	5.872	5.608	5.751	5.798	5.826	5.727	5.774	5.768	5.670	5.724	5.630	5.636	5.622	5.747	5.789	5.870	5.924	5.824
Na ₂ O	0.008	0.005	0.015	0.005	0.027	0.006	0.000	0.015	0.006	0.015	0.013	0.000	0.004	0.015	0.010	0.011	0.012	0.000	0.005
K ₂ O	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000	0.008	0.012	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Total	99.745	98.895	99.959	99.932	99.618	99.512	100.041	99.529	99.328	99.751	99.384	99.643	99.772	100.366	100.121	100.170	100.291	100.032	100.062
Alm	49.37	49.46	49.64	49.08	49.14	49.42	49.65	49.57	48.83	49.27	48.75	49.69	49.30	49.74	48.81	48.91	48.89	49.47	49.37
Pyp	32.09	31.85	32.52	32.76	32.42	32.12	32.41	32.07	32.90	32.63	32.94	32.54	32.72	32.44	32.98	32.78	32.49	31.97	32.35
Grs	10.89	11.81	10.54	10.99	10.67	10.71	11.57	12.03	10.48	11.07	9.92	12.55	11.38	12.84	11.06	11.57	9.70	12.09	11.89
And	5.27	4.58	4.88	4.84	5.40	5.46	4.15	3.87	5.46	4.57	6.02	2.90	4.21	2.52	4.71	4.27	6.46	4.16	4.13
Sps	2.30	2.26	2.22	2.23	2.19	2.21	2.18	2.29	2.20	2.31	2.28	2.27	2.34	2.36	2.32	2.33	2.32	2.25	2.21
Uvr	0.04	0.02	0.15	0.08	0.04	0.06	0.05	0.09	0.10	0.08	0.03	0.06	0.04	0.03	0.08	0.10	0.08	0.06	0.02

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-32													TGL-58					
Análise	6_23	6_24	8_1	8_2	8_3	8_4	8_5	8_6	8_7	8_8	8_9	8_10	8_12	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
Cristal	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1
SiO ₂	38.570	38.523	38.608	38.594	38.421	38.680	38.364	38.678	38.867	38.587	38.693	38.657	38.516	39.585	39.005	39.750	39.578	39.452	39.590
TiO ₂	0.104	0.084	0.078	0.076	0.053	0.069	0.062	0.084	0.074	0.079	0.088	0.089	0.053	0.058	0.050	0.061	0.079	0.117	0.077
Al ₂ O ₃	21.477	21.670	21.964	21.592	21.806	21.672	21.768	21.767	21.783	21.772	21.717	21.338	21.390	22.597	22.552	22.634	22.339	22.403	22.265
Cr ₂ O ₃	0.012	0.030	0.030	0.036	0.015	0.029	0.023	0.004	0.000	0.008	0.015	0.015	0.040	0.049	0.020	0.000	0.007	0.040	0.113
FeO	24.504	24.522	24.591	24.355	24.399	24.213	24.444	23.949	24.396	24.393	24.298	24.468	24.227	21.846	21.571	21.491	21.143	21.431	21.510
MnO	1.079	1.088	1.106	1.063	1.046	1.062	1.077	1.076	1.104	1.075	1.083	1.092	1.202	0.550	0.517	0.475	0.513	0.463	0.476
MgO	8.174	8.039	8.082	8.430	8.249	8.514	8.329	8.534	8.552	8.503	8.250	8.267	8.120	10.085	10.055	10.221	10.144	10.150	10.066
CaO	5.732	6.098	5.847	5.648	5.697	5.656	5.548	5.698	5.599	5.731	5.667	5.860	6.166	6.270	6.243	6.293	6.480	6.408	6.318
Na ₂ O	0.019	0.004	0.000	0.025	0.012	0.009	0.014	0.014	0.017	0.000	0.020	0.018	0.003	0.003	0.004	0.001	0.012	0.010	0.000
K ₂ O	0.008	0.000	0.005	0.000	0.009	0.000	0.000	0.003	0.000	0.007	0.013	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Total	99.680	100.05	100.31	99.819	99.707	99.904	99.629	99.806	100.39	100.15	99.843	99.810	99.718	101.042	100.017	100.926	100.293	100.475	100.415
Alm	50.17	49.70	50.31	49.41	49.86	49.30	49.82	49.05	49.41	49.06	50.19	49.53	48.91	44.02	43.44	43.87	43.26	43.41	44.17
Pyp	31.50	31.00	31.10	32.49	31.93	32.72	32.28	32.80	32.72	32.74	31.70	31.79	31.34	37.87	38.32	38.21	38.10	38.21	37.77
Grs	11.69	11.90	12.03	10.77	11.26	11.26	10.54	11.91	11.05	10.55	12.36	11.33	11.76	13.85	13.15	15.12	15.55	14.49	15.05
And	4.15	4.91	4.05	4.77	4.55	4.28	4.85	3.81	4.35	5.29	3.24	4.82	5.22	2.93	3.89	1.79	1.92	2.73	1.66
Sps	2.36	2.38	2.42	2.33	2.30	2.32	2.37	2.35	2.40	2.35	2.36	2.39	2.64	1.17	1.12	1.01	1.09	0.99	1.02
Uvr	0.04	0.09	0.09	0.11	0.05	0.09	0.07	0.01	0.00	0.03	0.04	0.04	0.12	0.14	0.06	0.00	0.02	0.12	0.33

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra Análise Cristal	TGL-58																		
	II_1	II_2	II_4	II_5	VIII_1	VIII_2	VIII_3	VIII_4	VIII_5	VIII_6	VIII_7	VIII_8	VIII_9	VIII_10	VIII_11	VIII_12	XI_1	XI_3	XI_4
	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5
SiO ₂	39.169	39.296	39.608	39.704	39.171	39.801	39.651	39.745	39.759	39.138	40.031	39.766	39.612	39.550	39.416	39.343	39.087	39.507	39.400
TiO ₂	0.070	0.095	0.085	0.094	0.090	0.078	0.098	0.101	0.091	0.076	0.068	0.080	0.080	0.099	0.092	0.064	0.061	0.064	0.111
Al ₂ O ₃	22.390	22.400	22.803	22.545	22.450	22.619	22.180	22.514	22.388	22.143	22.544	22.493	22.397	22.396	22.372	22.074	22.207	22.267	22.283
Cr ₂ O ₃	0.090	0.065	0.039	0.057	0.118	0.070	0.041	0.052	0.007	0.101	0.037	0.013	0.000	0.025	0.035	0.072	0.037	0.043	0.059
FeO	22.197	21.798	20.767	20.950	22.024	21.781	21.357	21.744	22.022	22.800	20.754	21.054	20.988	21.466	21.687	22.671	22.443	21.739	21.595
MnO	0.470	0.421	0.407	0.385	0.474	0.438	0.391	0.435	0.456	0.517	0.439	0.393	0.442	0.424	0.422	0.542	0.496	0.429	0.428
MgO	9.381	9.820	10.448	10.489	9.714	10.134	10.324	9.935	9.806	9.067	10.571	10.468	10.153	10.060	9.839	9.221	9.291	9.870	9.966
CaO	6.465	6.329	6.254	6.314	6.271	6.477	6.251	6.277	6.261	6.460	6.515	6.379	6.381	6.467	6.346	6.201	6.315	6.403	6.664
Na ₂ O	0.000	0.016	0.000	0.021	0.009	0.000	0.012	0.004	0.019	0.006	0.010	0.005	0.010	0.008	0.012	0.008	0.000	0.003	0.007
K ₂ O	0.000	0.004	0.009	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.002	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000
Total	100.231	100.244	100.420	100.558	100.320	101.398	100.316	100.805	100.810	100.313	100.968	100.651	100.063	100.494	100.220	100.211	99.937	100.326	100.513
Alm	45.78	44.67	43.10	42.81	44.99	43.87	43.59	45.08	45.45	46.80	42.38	42.90	43.71	43.81	44.75	47.12	46.35	44.63	43.43
Pyp	35.59	37.14	39.18	39.27	36.85	37.83	38.69	37.12	36.67	34.43	39.26	39.11	38.09	37.79	37.10	34.84	35.32	37.13	37.57
Grs	15.21	14.68	15.87	15.06	14.01	14.61	14.75	15.95	15.69	14.72	16.00	15.25	16.51	15.27	15.43	15.22	14.90	15.32	14.58
And	2.15	2.33	0.87	1.77	2.74	2.56	1.97	0.75	1.11	2.61	1.28	1.84	0.70	2.11	1.67	1.41	2.25	1.87	3.30
Sps	1.01	0.91	0.87	0.82	1.02	0.93	0.83	0.92	0.97	1.12	0.93	0.84	0.94	0.90	0.90	1.16	1.07	0.92	0.92
Uvr	0.27	0.19	0.12	0.17	0.35	0.21	0.12	0.15	0.02	0.30	0.11	0.04	0.00	0.08	0.10	0.22	0.11	0.13	0.17

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-58									MAG-11									
Análise	XI_5	XI_7	XI_8	XI_9	XI_10	XI_11	XI_12	XI_13	XI_14	III_1	III_2	III_3	III_4	III_5	III_6	III_8	III_9	III_10	III_11
Cristal	5	5	5	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SiO ₂	39.623	39.682	39.617	39.515	39.765	39.867	39.338	39.697	39.586	37.927	37.977	38.423	38.583	37.931	38.649	38.003	38.511	38.692	38.602
TiO ₂	0.074	0.092	0.073	0.078	0.049	0.066	0.046	0.063	0.070	0.027	0.033	0.025	0.034	0.011	0.032	0.006	0.030	0.014	0.038
Al ₂ O ₃	22.209	22.045	22.467	22.293	22.552	22.257	22.419	22.140	22.124	22.251	22.344	22.556	22.344	22.723	22.570	22.434	22.444	22.475	22.621
Cr ₂ O ₃	0.063	0.047	0.095	0.049	0.013	0.009	0.014	0.002	0.032	0.063	0.066	0.076	0.063	0.066	0.069	0.087	0.072	0.066	0.069
FeO	21.274	22.005	22.154	21.658	21.343	21.048	21.160	21.619	22.433	22.120	22.048	21.790	21.296	21.336	21.225	21.954	21.250	21.406	21.784
MnO	0.395	0.421	0.480	0.450	0.447	0.399	0.437	0.461	0.517	1.082	1.033	1.000	0.945	0.987	0.996	1.068	0.970	1.020	1.034
MgO	10.138	9.829	9.733	9.898	10.166	10.332	10.239	9.964	9.562	9.341	9.637	9.765	10.095	9.818	10.132	9.700	10.153	10.160	10.030
CaO	6.484	6.483	6.460	6.607	6.500	6.407	6.340	6.480	6.430	6.000	5.962	6.140	5.923	5.913	5.934	6.180	5.931	5.877	5.853
Na ₂ O	0.006	0.014	0.011	0.015	0.018	0.008	0.012	0.005	0.006	0.002	0.000	0.007	0.000	0.024	0.000	0.002	0.013	0.000	0.020
K ₂ O	0.010	0.003	0.014	0.016	0.000	0.000	0.010	0.009	0.000	0.010	0.008	0.000	0.003	0.005	0.000	0.000	0.005	0.000	0.010
Total	100.277	100.621	101.103	100.579	100.854	100.392	100.014	100.441	100.761	98.824	99.107	99.780	99.286	98.813	99.606	99.435	99.379	99.711	100.061
Alm	43.62	44.77	44.98	43.86	43.45	43.42	43.07	44.25	45.61	44.04	43.20	42.88	42.63	42.45	42.44	42.25	42.11	42.48	42.76
Pyp	38.03	36.82	36.52	37.24	38.04	38.53	38.71	37.31	35.90	36.63	37.72	37.80	38.90	38.54	38.98	37.97	39.23	39.06	38.66
Grs	15.59	15.12	14.71	14.98	15.44	16.23	14.51	15.68	14.81	10.22	9.28	10.60	11.32	10.19	11.40	8.87	10.64	10.78	9.87
And	1.71	2.20	2.44	2.74	2.00	0.92	2.67	1.76	2.45	6.50	7.30	6.27	4.90	6.31	4.81	8.27	5.61	5.26	6.15
Sps	0.84	0.90	1.02	0.96	0.95	0.85	0.94	0.98	1.10	2.41	2.30	2.20	2.07	2.20	2.18	2.38	2.13	2.23	2.27
Uvr	0.19	0.14	0.28	0.15	0.04	0.03	0.04	0.01	0.09	0.18	0.19	0.22	0.18	0.19	0.20	0.25	0.21	0.19	0.20

Tabela 1 – *continuação*

Complexo Guaxupé											Grupo Araxá								
Amostra	MAG-11										TGL-17								
Análise	III_12	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	2_1	2_2	2_4	2_5
Cristal	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
SiO ₂	38.368	38.399	38.753	38.362	38.539	38.664	38.687	38.850	38.589	38.728	39.723	39.583	39.397	39.585	39.376	39.075	39.371	39.400	39.432
TiO ₂	0.021	0.014	0.030	0.022	0.029	0.037	0.041	0.028	0.038	0.049	0.056	0.074	0.072	0.093	0.065	0.059	0.088	0.093	0.094
Al ₂ O ₃	22.276	22.336	22.736	22.414	22.609	22.752	22.720	22.711	22.541	22.567	22.448	22.382	22.237	22.334	22.248	22.055	22.334	22.278	22.359
Cr ₂ O ₃	0.065	0.125	0.059	0.063	0.054	0.083	0.065	0.055	0.070	0.066	0.100	0.077	0.108	0.089	0.080	0.100	0.074	0.068	0.067
FeO	22.010	22.247	21.236	21.021	20.736	20.735	20.586	20.404	20.509	20.872	21.227	20.548	20.558	20.771	21.117	22.578	21.640	21.217	21.610
MnO	1.092	1.239	1.120	1.030	0.995	1.005	1.009	1.012	0.973	1.005	0.626	0.591	0.627	0.615	0.639	0.533	0.545	0.483	0.520
MgO	9.418	9.355	10.116	10.391	10.577	10.721	10.743	10.604	10.503	10.314	10.836	10.928	10.789	10.932	10.384	9.556	10.127	10.147	10.263
CaO	6.111	6.152	5.890	5.993	5.992	6.132	5.963	6.002	6.006	6.102	5.673	5.683	5.747	5.820	5.712	5.889	6.060	6.250	6.114
Na ₂ O	0.004	0.003	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.016	0.065	0.015	0.000	0.000	0.015	0.004	0.019	0.021
K ₂ O	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.012	0.016	0.004	0.017	0.000	0.000	0.003	0.012
Total	99.367	99.870	99.938	99.303	99.533	100.130	99.814	99.666	99.237	99.718	100.690	99.943	99.565	100.232	99.638	99.854	100.232	99.957	100.490
Alm	44.04	43.89	42.51	40.69	40.37	39.64	40.05	40.71	40.78	41.26	42.75	42.03	42.27	41.98	43.95	46.29	44.17	43.64	43.52
Pyp	36.51	36.24	38.81	40.29	40.81	41.22	41.28	40.58	40.46	39.62	40.57	41.29	40.72	41.02	39.19	36.37	38.21	38.28	38.70
Grs	11.36	10.45	11.50	9.43	10.09	9.58	10.18	11.91	11.37	11.36	12.26	13.19	13.41	12.86	14.12	12.99	13.79	14.87	13.16
And	5.47	6.32	4.57	7.09	6.37	7.13	6.11	4.44	5.05	5.30	2.72	2.22	1.86	2.58	1.13	2.83	2.43	1.88	3.21
Sps	2.40	2.73	2.44	2.27	2.18	2.19	2.20	2.20	2.13	2.19	1.33	1.28	1.35	1.31	1.37	1.15	1.17	1.04	1.11
Uvr	0.19	0.36	0.17	0.18	0.16	0.24	0.19	0.16	0.20	0.19	0.29	0.25	0.32	0.26	0.24	0.30	0.22	0.20	0.20

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-17																		
	2_6	2_7	2_8	2_9	2_10	2_11	2_12	2_13	2_14	2_15	2_16	2_17	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_6	3_7
	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
SiO ₂	39.470	39.339	39.440	39.718	39.195	39.358	39.629	39.875	39.461	39.754	39.559	39.444	39.461	39.139	39.560	39.317	39.505	39.483	39.737
TiO ₂	0.063	0.102	0.075	0.087	0.066	0.076	0.103	0.089	0.111	0.089	0.086	0.092	0.063	0.077	0.084	0.082	0.085	0.073	0.090
Al ₂ O ₃	22.052	22.293	22.329	22.105	22.257	22.212	22.359	22.514	22.385	22.403	22.276	22.383	22.133	22.088	22.280	22.353	22.457	22.267	22.169
Cr ₂ O ₃	0.070	0.077	0.058	0.056	0.101	0.068	0.054	0.038	0.037	0.053	0.061	0.034	0.112	0.093	0.063	0.095	0.108	0.082	0.080
FeO	21.285	21.323	21.005	21.368	21.916	21.686	21.329	20.831	20.609	20.774	21.100	21.193	21.334	20.843	20.666	20.030	20.392	20.218	19.859
MnO	0.508	0.502	0.481	0.539	0.481	0.532	0.539	0.507	0.481	0.496	0.518	0.521	0.514	0.520	0.522	0.462	0.484	0.468	0.456
MgO	10.272	10.228	10.323	10.225	10.046	10.093	10.432	10.481	10.399	10.380	10.492	10.255	10.796	10.697	10.940	10.761	10.630	10.339	10.187
CaO	5.835	6.342	6.368	6.019	5.991	5.752	6.266	6.194	6.552	6.417	6.534	6.201	5.385	5.744	6.130	6.629	6.717	7.135	7.624
Na ₂ O	0.005	0.033	0.017	0.031	0.012	0.036	0.009	0.028	0.009	0.003	0.019	0.010	0.028	0.005	0.007	0.024	0.000	0.016	0.012
K ₂ O	0.002	0.005	0.000	0.003	0.001	0.006	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.005	0.009	0.000	0.009	0.000	0.000	0.006	0.000
Total	99.561	100.24	100.09	100.15	100.06	99.817	100.71	100.55	100.04	100.35	100.637	100.137	99.836	99.201	100.261	99.752	100.372	100.087	100.206
Alm	44.41	42.86	42.71	44.21	44.46	44.89	42.82	43.09	42.06	42.91	41.72	43.42	43.45	42.57	41.21	40.16	40.84	40.67	40.38
Pyp	38.68	38.67	38.92	38.30	38.11	38.16	39.11	39.09	39.14	38.79	39.43	38.63	40.71	40.61	41.09	40.70	39.97	38.94	38.10
Grs	14.75	13.53	14.55	14.99	12.84	13.77	13.71	15.75	15.45	16.12	13.40	14.65	11.77	12.70	12.92	14.32	14.65	16.05	18.34
And	0.84	3.47	2.53	1.04	3.20	1.66	3.01	0.74	2.17	0.95	4.07	2.04	2.49	2.70	3.44	3.42	3.19	3.02	1.92
Sps	1.09	1.08	1.03	1.15	1.04	1.14	1.15	1.07	1.03	1.05	1.11	1.12	1.10	1.12	1.12	0.99	1.04	1.00	0.97
Uvr	0.21	0.23	0.17	0.17	0.30	0.20	0.16	0.11	0.11	0.16	0.18	0.10	0.33	0.28	0.19	0.28	0.32	0.24	0.24

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-17																		
	3_8	3_9	3_10	4_1	4_2	4_3	4_4	4_5	4_6	4_7	4_8	9_1	9_2	9_3	9_4	9_5	9_6	9_7	9_8
	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
SiO ₂	39.540	39.660	39.247	39.442	39.464	39.282	39.599	39.448	39.633	39.681	39.906	39.624	39.535	39.547	39.630	39.424	39.710	39.491	39.592
TiO ₂	0.096	0.069	0.057	0.071	0.100	0.097	0.107	0.093	0.119	0.108	0.069	0.048	0.095	0.106	0.106	0.102	0.097	0.039	0.079
Al ₂ O ₃	22.462	22.198	22.345	22.144	22.234	22.142	22.257	22.399	22.281	22.414	22.498	22.503	22.305	22.126	22.277	22.114	22.620	22.221	22.127
Cr ₂ O ₃	0.080	0.060	0.114	0.063	0.032	0.050	0.067	0.035	0.037	0.050	0.092	0.065	0.101	0.078	0.054	0.068	0.107	0.090	0.067
FeO	20.254	21.205	22.136	21.039	20.872	20.400	19.917	19.850	20.249	20.904	21.658	22.183	21.489	20.990	20.863	20.938	21.039	21.489	21.342
MnO	0.502	0.503	0.545	0.566	0.490	0.515	0.489	0.474	0.488	0.499	0.543	0.541	0.545	0.463	0.525	0.526	0.511	0.550	0.495
MgO	10.398	10.503	10.404	10.613	10.358	10.106	10.007	9.688	10.164	10.311	10.234	10.071	10.368	10.455	10.316	10.363	10.553	10.485	10.646
CaO	6.781	5.985	5.472	5.633	6.473	7.249	7.923	8.132	7.396	6.608	5.976	5.662	5.924	6.165	6.283	6.145	6.007	5.817	5.740
Na ₂ O	0.018	0.001	0.000	0.008	0.014	0.000	0.007	0.020	0.025	0.006	0.010	0.001	0.025	0.028	0.026	0.023	0.012	0.007	0.002
K ₂ O	0.005	0.003	0.013	0.013	0.003	0.008	0.008	0.006	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	100.13 6	100.18 5	100.32 6	99.591	100.03	99.846	100.38	100.14	100.39	100.58	100.98	100.69	100.38	99.969	100.08	99.697	100.64	100.18	100.08
Alm	41.44	43.46	44.54	43.49	42.36	40.99	40.03	40.36	40.79	42.54	44.68	45.80	43.71	42.91	43.12	43.03	43.22	43.57	43.51
Pyp	39.09	39.35	39.40	40.00	39.00	38.21	37.54	36.51	38.11	38.59	38.12	37.78	38.99	39.31	38.70	39.08	39.49	39.48	39.95
Grs	16.20	14.28	10.92	13.59	14.86	16.19	18.38	19.54	17.14	15.62	14.86	13.76	13.30	14.40	15.59	14.57	14.44	12.76	13.16
And	1.89	1.66	3.63	1.48	2.56	3.36	2.79	2.38	2.68	2.00	0.87	1.32	2.42	2.03	1.19	1.89	1.41	2.72	2.13
Sps	1.07	1.07	1.17	1.21	1.05	1.11	1.04	1.02	1.04	1.06	1.15	1.15	1.17	0.99	1.12	1.13	1.09	1.18	1.06
Uvr	0.24	0.18	0.33	0.19	0.09	0.15	0.20	0.10	0.11	0.15	0.27	0.19	0.30	0.23	0.16	0.20	0.31	0.27	0.20

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-17								TGL-34										
Análise	9_9	9_10	9_11	9_12	9_13	9_14	9_15	9_16	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	7_6	7_7	7_8	7_9	7_10	7_11
Cristal	6	6	7	7	7	7	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SiO ₂	39.655	39.359	39.410	40.400	39.512	39.519	39.928	39.535	38.288	38.387	38.590	37.700	38.146	38.100	37.927	38.046	38.222	38.311	38.204
TiO ₂	0.087	0.073	0.068	0.091	0.099	0.076	0.102	0.081	0.056	0.047	0.033	0.017	0.067	0.042	0.060	0.077	0.038	0.069	0.346
Al ₂ O ₃	22.408	22.222	22.195	22.773	22.494	22.351	22.232	22.225	21.723	21.770	21.888	21.531	21.769	21.621	21.698	21.616	21.663	21.731	21.897
Cr ₂ O ₃	0.103	0.074	0.075	0.078	0.057	0.064	0.070	0.081	0.079	0.081	0.073	0.060	0.042	0.072	0.066	0.062	0.048	0.051	0.028
FeO	21.339	21.876	21.677	20.918	21.225	21.217	21.157	21.832	28.388	28.478	28.495	28.664	28.809	28.431	28.831	28.689	28.558	28.764	28.622
MnO	0.552	0.536	0.525	0.438	0.478	0.483	0.498	0.553	0.200	0.213	0.185	0.223	0.223	0.219	0.201	0.216	0.214	0.215	0.216
MgO	10.471	10.192	10.137	11.352	10.604	10.463	10.467	10.455	6.884	6.998	7.269	7.150	6.943	7.023	7.015	7.004	7.140	6.987	7.305
CaO	5.833	5.703	5.834	5.206	5.914	5.982	5.847	5.730	4.398	4.436	4.203	4.004	4.263	4.144	4.131	4.025	4.006	3.826	3.831
Na ₂ O	0.024	0.026	0.025	0.030	0.015	0.002	0.007	0.010	0.013	0.019	0.020	0.010	0.009	0.000	0.007	0.017	0.022	0.026	0.025
K ₂ O	0.000	0.000	0.014	0.146	0.005	0.012	0.000	0.000	0.013	0.000	0.009	0.001	0.007	0.000	0.006	0.002	0.000	0.007	0.000
Total	100.466	100.054	99.959	101.431	100.403	100.169	100.293	100.500	100.042	100.429	100.764	99.359	100.278	99.653	99.943	99.753	99.911	99.987	100.475
Alm	43.72	44.71	44.66	43.28	43.04	43.46	44.24	43.98	60.48	59.95	59.81	59.87	60.47	60.49	60.38	60.76	60.40	61.59	60.44
Pyp	39.27	38.52	38.26	41.86	39.88	39.34	39.02	39.30	26.74	27.12	28.03	28.22	27.06	27.40	27.50	27.37	27.80	27.13	28.29
Grs	13.67	12.80	13.76	13.57	13.25	14.06	15.45	12.20	10.00	9.22	8.72	5.98	8.14	8.83	7.07	7.98	8.14	8.92	8.01
And	1.75	2.47	1.85	0.00	2.57	1.92	0.00	3.05	2.04	2.90	2.71	5.20	3.67	2.57	4.37	3.14	2.92	1.60	2.57
Sps	1.18	1.15	1.13	0.92	1.02	1.03	1.05	1.18	0.44	0.47	0.41	0.50	0.49	0.49	0.45	0.48	0.47	0.47	0.48
Uvr	0.31	0.22	0.22	0.23	0.17	0.19	0.21	0.24	0.24	0.24	0.22	0.18	0.13	0.22	0.20	0.19	0.15	0.16	0.09

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-34																		
	7_13	7_14	7_15	7_16	7_17	7_18	7_19	7_20	7_21	7_23	7_24	7_25	7_26	7_27	7_28	7_29	7_30	8_1	8_2
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
SiO ₂	38.123	38.483	38.233	38.207	37.768	38.446	38.019	38.040	38.044	38.501	37.972	38.086	38.324	38.229	38.167	38.244	38.175	38.098	38.146
TiO ₂	0.067	0.152	0.071	0.075	0.098	0.073	0.110	0.096	0.103	0.118	0.077	0.099	0.110	0.091	0.096	0.100	0.100	0.039	0.089
Al ₂ O ₃	21.792	22.106	21.872	22.019	21.985	21.842	21.768	21.873	21.670	21.742	21.567	21.718	21.669	21.707	21.746	21.431	21.691	21.520	21.829
Cr ₂ O ₃	0.038	0.037	0.021	0.031	0.041	0.036	0.038	0.017	0.035	0.044	0.060	0.069	0.085	0.108	0.081	0.119	0.105	0.034	0.048
FeO	28.511	28.929	29.105	29.361	29.317	28.931	28.932	28.793	28.707	28.612	28.318	28.354	28.567	28.320	28.050	28.222	28.227	29.000	28.881
MnO	0.207	0.240	0.192	0.208	0.229	0.196	0.223	0.177	0.220	0.214	0.167	0.222	0.195	0.227	0.198	0.204	0.217	0.221	0.232
MgO	7.073	7.328	7.362	7.420	7.388	7.366	7.339	7.316	7.177	7.057	7.094	7.045	7.017	7.011	6.931	6.978	7.064	6.816	6.874
CaO	3.823	3.445	3.420	3.401	3.202	3.509	3.550	3.622	3.812	4.253	4.302	4.331	4.482	4.621	4.666	4.560	4.442	4.072	4.034
Na ₂ O	0.000	0.000	0.019	0.011	0.027	0.019	0.000	0.006	0.025	0.003	0.011	0.015	0.010	0.007	0.011	0.009	0.020	0.008	0.013
K ₂ O	0.000	0.009	0.003	0.001	0.000	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.013	0.000	0.014	0.000	0.000
Total	99.634	100.72	100.29	100.73	100.05	100.42	99.983	99.939	99.793	100.54	99.568	99.938	100.46	100.32	99.959	99.867	100.054	99.808	100.145
Alm	61.27	61.69	61.29	61.11	61.20	61.23	60.89	60.85	60.63	60.52	59.70	59.80	59.84	59.31	59.47	59.67	59.48	61.44	61.35
Pyp	27.57	28.25	28.64	28.87	29.09	28.49	28.66	28.57	28.05	27.21	27.77	27.49	27.20	27.25	26.98	27.10	27.50	26.61	26.78
Grs	9.01	8.14	6.25	5.13	3.87	7.35	6.21	6.87	7.23	9.61	8.28	8.63	8.88	9.03	10.18	9.65	8.92	8.27	8.54
And	1.59	1.29	3.25	4.29	5.07	2.30	3.64	3.24	3.37	2.04	3.64	3.31	3.34	3.56	2.62	2.71	3.19	3.05	2.61
Sps	0.46	0.53	0.43	0.46	0.51	0.43	0.50	0.39	0.49	0.47	0.37	0.49	0.43	0.50	0.44	0.45	0.48	0.49	0.51
Uvr	0.12	0.11	0.06	0.09	0.12	0.11	0.12	0.05	0.11	0.14	0.18	0.21	0.26	0.32	0.25	0.36	0.32	0.10	0.14

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-34																		
	8_3	8_4	8_5	8_6	8_7	8_8	8_9	8_10	8_11	8_12	8_13	8_14	8_15	8_16	8_17	8_18	8_19	8_20	8_21
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SiO ₂	37.997	37.987	38.180	37.922	38.173	38.200	37.975	38.426	37.984	38.283	38.457	38.390	37.860	37.973	38.153	38.212	38.069	38.298	38.154
TiO ₂	0.074	0.054	0.037	0.058	0.080	0.095	0.043	0.051	0.053	0.045	0.050	0.041	0.043	0.017	0.053	0.025	0.093	0.055	0.043
Al ₂ O ₃	21.518	21.688	22.030	21.705	21.824	22.113	22.038	21.906	22.061	22.027	21.938	22.101	21.992	21.839	21.814	22.057	21.668	21.960	21.553
Cr ₂ O ₃	0.050	0.055	0.040	0.031	0.047	0.038	0.039	0.014	0.019	0.035	0.033	0.036	0.028	0.032	0.037	0.029	0.036	0.040	0.043
FeO	29.404	29.608	29.528	29.469	30.009	29.341	29.253	29.685	29.326	29.431	29.602	29.476	29.620	29.493	29.482	29.062	29.466	29.030	29.204
MnO	0.228	0.195	0.230	0.228	0.254	0.236	0.221	0.216	0.231	0.227	0.241	0.241	0.232	0.228	0.261	0.233	0.243	0.233	0.254
MgO	6.961	7.089	7.203	7.165	6.902	7.076	7.080	7.113	7.035	7.168	7.206	7.032	7.146	7.249	7.066	7.247	7.186	7.177	7.233
CaO	3.422	3.195	3.076	3.176	3.215	3.328	3.210	3.199	3.175	3.279	3.346	3.393	3.385	3.417	3.368	3.329	3.352	3.479	3.350
Na ₂ O	0.011	0.022	0.001	0.000	0.018	0.009	0.014	0.013	0.004	0.002	0.016	0.013	0.009	0.012	0.000	0.007	0.008	0.000	0.007
K ₂ O	0.008	0.000	0.000	0.003	0.010	0.000	0.008	0.000	0.009	0.000	0.013	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.003
Total	99.674	99.893	100.326	99.757	100.531	100.436	99.881	100.623	99.898	100.497	100.902	100.723	100.313	100.259	100.232	100.200	100.121	100.276	99.845
Alm	62.58	62.69	62.83	62.47	63.47	62.62	62.66	63.03	63.00	62.51	62.21	62.71	61.81	61.40	62.47	61.93	61.98	61.94	61.83
Pyp	27.23	27.77	28.05	28.08	26.88	27.52	27.73	27.53	27.53	27.83	27.87	27.25	28.07	28.41	27.52	28.21	28.04	27.85	28.19
Grs	6.59	5.38	6.03	5.47	5.79	7.14	6.56	6.75	6.86	6.69	6.24	7.34	4.52	4.57	6.44	6.98	5.59	7.72	6.26
And	2.87	3.45	2.46	3.38	3.07	2.05	2.36	2.10	2.02	2.36	2.96	2.00	4.96	4.96	2.87	2.25	3.70	1.86	2.99
Sps	0.51	0.43	0.51	0.51	0.56	0.52	0.49	0.48	0.51	0.50	0.53	0.53	0.52	0.51	0.58	0.52	0.54	0.51	0.56
Uvr	0.15	0.17	0.12	0.09	0.14	0.11	0.12	0.04	0.06	0.11	0.10	0.11	0.08	0.10	0.11	0.09	0.11	0.12	0.13

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-34																		
	8_22	8_23	8_24	8_25	8_26	8_27	8_28	8_29	8_30	6_1	6_2	6_3	6_5	6_6	6_7	6_8	6_9	6_10	6_11
Análise	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cristal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SiO ₂	38.137	38.076	37.849	38.448	38.257	38.162	37.836	38.189	38.485	37.871	37.994	37.981	37.729	37.907	37.960	38.367	38.127	38.093	37.838
TiO ₂	0.052	0.021	0.034	0.039	0.045	0.053	0.016	0.045	0.060	0.121	0.118	0.101	0.099	0.121	0.106	0.107	0.087	0.128	0.134
Al ₂ O ₃	21.898	21.958	21.928	22.019	22.158	22.124	21.845	21.971	21.847	21.290	21.727	21.564	21.348	21.586	21.721	21.462	21.773	21.659	21.605
Cr ₂ O ₃	0.055	0.035	0.020	0.036	0.035	0.017	0.023	0.027	0.066	0.089	0.102	0.112	0.112	0.107	0.112	0.099	0.102	0.109	0.119
FeO	29.071	29.229	29.469	29.240	29.755	29.589	29.468	29.198	29.060	28.786	28.794	28.909	28.887	28.775	28.520	28.810	28.948	28.777	28.634
MnO	0.220	0.242	0.213	0.219	0.243	0.214	0.217	0.236	0.226	0.261	0.243	0.277	0.267	0.270	0.244	0.243	0.281	0.223	0.250
MgO	7.095	7.215	7.076	7.366	7.341	7.277	7.139	7.111	6.866	6.684	6.717	6.826	6.629	6.684	6.697	6.827	6.778	6.756	6.704
CaO	3.329	3.262	3.261	3.218	3.096	3.089	3.083	3.625	3.937	4.280	4.320	4.521	4.506	4.479	4.382	4.335	4.228	4.336	4.427
Na ₂ O	0.008	0.003	0.006	0.018	0.026	0.034	0.009	0.009	0.008	0.004	0.025	0.015	0.027	0.005	0.005	0.000	0.008	0.006	0.007
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.022	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
Total	99.864	100.04	99.855	100.60	100.95	100.55	99.635	100.41	100.57	99.385	100.04	100.32	99.604	99.937	99.748	100.24	100.33	100.086	99.717
Alm	62.48	62.11	62.48	61.97	62.12	62.31	62.68	61.60	62.01	61.14	60.91	59.89	60.37	60.59	60.91	60.99	61.08	61.01	60.63
Pyp	27.66	28.18	27.80	28.51	28.56	28.39	28.08	27.69	26.52	26.20	26.27	26.71	26.13	26.18	26.20	26.42	26.41	26.33	26.30
Grs	7.54	6.22	5.56	6.62	4.49	5.07	5.25	6.88	9.29	8.58	8.52	7.22	7.35	8.44	9.52	9.44	8.31	9.01	8.64
And	1.62	2.83	3.59	2.22	4.07	3.54	3.39	3.19	1.44	3.21	3.32	5.16	5.08	3.85	2.46	2.32	3.23	2.80	3.49
Sps	0.49	0.54	0.48	0.48	0.54	0.48	0.49	0.52	0.50	0.58	0.54	0.62	0.60	0.60	0.54	0.53	0.62	0.49	0.56
Uvr	0.17	0.11	0.06	0.11	0.11	0.05	0.07	0.08	0.20	0.27	0.31	0.34	0.34	0.32	0.34	0.30	0.31	0.33	0.36

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-34																		
	6_12	6_13	6_14	6_15	6_16	6_17	6_18	9_1	9_2	9_3	9_4	9_5	9_6	9_7	9_8	9_9	9_10	9_11	9_12
	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SiO ₂	38.317	36.833	38.047	37.996	38.524	38.235	38.105	37.726	37.835	38.014	38.071	38.412	38.155	38.062	38.218	37.877	37.832	38.130	37.910
TiO ₂	0.120	0.111	0.111	0.137	0.126	0.110	0.121	0.056	0.034	0.050	0.075	0.048	0.047	0.058	0.023	0.034	0.038	0.000	0.019
Al ₂ O ₃	21.735	23.800	21.732	21.803	21.644	21.440	21.613	21.575	21.837	21.821	21.786	21.777	21.902	21.796	21.778	21.560	21.621	21.880	21.999
Cr ₂ O ₃	0.110	0.108	0.131	0.136	0.136	0.135	0.146	0.017	0.017	0.030	0.023	0.016	0.040	0.052	0.027	0.064	0.056	0.059	0.044
FeO	28.903	28.524	28.746	28.640	28.782	29.045	28.693	28.966	29.186	28.719	29.163	29.005	29.080	28.889	29.017	29.045	29.064	29.736	29.256
MnO	0.240	0.224	0.264	0.279	0.276	0.236	0.256	0.449	0.514	0.502	0.478	0.484	0.475	0.473	0.429	0.461	0.417	0.410	0.370
MgO	6.868	6.463	6.834	6.866	6.775	6.722	6.690	6.444	6.412	6.425	6.489	6.499	6.502	6.423	6.426	6.531	6.373	6.567	6.776
CaO	4.455	4.120	4.334	4.395	4.395	4.362	4.374	4.308	4.459	4.211	4.152	4.125	4.264	4.196	4.115	4.079	4.227	3.824	3.883
Na ₂ O	0.022	0.030	0.017	0.010	0.010	0.006	0.015	0.030	0.000	0.004	0.011	0.013	0.000	0.006	0.009	0.013	0.000	0.003	0.005
K ₂ O	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.007	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Total	100.76	100.21	100.21	100.26	100.66	100.29	100.02	99.570	100.29	99.776	100.246	100.38	100.46	99.961	100.04	99.663	99.627	100.61	100.26
Alm	60.31	61.30	60.48	60.17	61.06	61.17	61.02	61.20	61.07	61.91	61.90	62.22	61.68	62.06	62.48	61.74	62.09	62.72	61.61
Pyp	26.63	26.08	26.69	26.83	26.12	26.11	26.08	25.42	25.20	25.13	25.33	25.17	25.33	25.08	25.02	25.65	25.04	25.63	26.59
Grs	8.33	7.26	8.13	8.14	10.00	8.62	9.27	7.94	7.82	10.13	8.69	10.27	9.08	9.80	10.11	8.01	8.86	7.09	6.80
And	3.76	4.38	3.64	3.79	1.76	3.14	2.54	4.23	4.72	1.62	2.89	1.17	2.74	1.82	1.33	3.31	2.91	3.46	4.02
Sps	0.53	0.51	0.59	0.62	0.60	0.52	0.57	1.01	1.15	1.12	1.06	1.06	1.05	1.05	0.95	1.03	0.93	0.91	0.82
Uvr	0.33	0.31	0.40	0.41	0.42	0.41	0.45	0.05	0.05	0.09	0.07	0.05	0.12	0.16	0.08	0.19	0.17	0.18	0.13

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-34																		
	9_13	9_14	9_15	9_16	9_17	9_18	9_19	9_20	9_21	9_22	9_23	9_24	9_25	9_26	9_27	9_29	9_30	9_31	9_32
Análise	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SiO ₂	38.377	38.040	38.374	37.836	38.242	37.830	38.076	38.315	37.979	38.265	37.667	37.663	38.035	37.644	38.176	38.363	37.739	38.136	38.320
TiO ₂	0.000	0.003	0.020	0.022	0.052	0.033	0.047	0.034	0.048	0.053	0.086	0.069	0.028	0.035	0.018	0.036	0.045	0.054	0.053
Al ₂ O ₃	21.990	21.635	21.892	21.727	21.731	21.400	21.940	21.547	22.108	21.924	22.015	21.708	21.840	21.578	21.775	21.910	21.629	21.744	21.787
Cr ₂ O ₃	0.037	0.046	0.045	0.036	0.039	0.023	0.042	0.033	0.014	0.050	0.031	0.037	0.062	0.032	0.037	0.043	0.039	0.028	0.032
FeO	29.158	29.435	29.813	28.951	29.317	29.346	29.436	29.802	29.831	29.691	29.376	29.279	29.566	29.727	30.203	29.834	29.804	29.860	29.637
MnO	0.352	0.306	0.331	0.289	0.264	0.268	0.293	0.277	0.283	0.261	0.254	0.272	0.232	0.259	0.262	0.239	0.237	0.266	0.282
MgO	6.779	6.797	6.802	6.741	6.566	6.548	6.916	6.946	7.024	7.142	7.119	6.766	6.435	6.549	6.827	7.262	6.991	6.790	6.779
CaO	3.807	3.413	3.251	4.083	4.095	3.987	3.525	3.121	2.903	2.975	3.370	3.731	3.850	3.717	3.150	3.042	2.990	3.293	3.799
Na ₂ O	0.023	0.006	0.017	0.002	0.013	0.008	0.006	0.012	0.001	0.004	0.020	0.007	0.000	0.000	0.010	0.024	0.005	0.005	0.030
K ₂ O	0.016	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
Total	100.53	99.681	100.54	99.690	100.31	99.443	100.28	100.08	100.18	100.366	99.936	99.540	100.04	99.541	100.45	100.75	99.478	100.17	100.72
Alm	62.18	63.10	63.74	61.32	62.37	62.35	62.42	63.65	63.71	63.35	61.67	62.07	63.51	63.01	63.94	62.69	63.44	63.69	62.29
Pyp	26.31	26.59	26.38	26.50	25.54	25.75	27.01	26.97	27.49	27.75	28.10	26.70	25.16	25.86	26.61	28.18	27.54	26.47	26.33
Grs	8.59	7.25	7.26	7.75	8.98	7.70	6.76	6.73	5.53	6.15	4.65	6.49	8.67	6.30	5.62	5.07	4.80	6.78	7.15
And	1.92	2.21	1.67	3.68	2.35	3.50	3.00	1.88	2.59	2.00	4.81	3.98	1.96	4.15	3.09	3.29	3.55	2.37	3.36
Sps	0.78	0.68	0.73	0.65	0.58	0.60	0.65	0.61	0.63	0.58	0.57	0.61	0.52	0.58	0.58	0.53	0.53	0.59	0.62
Uvr	0.11	0.14	0.14	0.11	0.12	0.07	0.13	0.10	0.04	0.15	0.09	0.11	0.19	0.10	0.11	0.13	0.12	0.09	0.10

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-34								TGL-38										
Análise	9_33	9_34	9_35	9_36	9_37	9_38	9_39	9_40	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	1_6	1_7	1_8	1_9	1_10	1_11
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
SiO ₂	37.901	38.127	37.953	37.870	37.898	37.854	37.707	37.874	38.304	38.578	38.883	38.332	38.610	38.307	38.463	38.134	37.967	38.509	38.201
TiO ₂	0.059	0.045	0.051	0.045	0.034	0.036	0.045	0.050	0.039	0.045	0.056	0.041	0.043	0.038	0.030	0.037	0.035	0.032	0.043
Al ₂ O ₃	21.827	21.731	21.913	21.993	21.728	22.125	21.701	21.823	21.132	21.325	21.146	21.515	21.451	21.213	21.290	21.473	21.150	21.574	21.645
Cr ₂ O ₃	0.030	0.033	0.040	0.034	0.036	0.027	0.029	0.019	0.012	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.024	0.037	0.033	0.037	0.008
FeO	28.997	29.057	29.107	29.253	28.922	29.164	29.180	29.126	27.292	25.091	24.693	24.550	24.393	24.061	24.787	25.032	25.094	24.775	24.775
MnO	0.239	0.243	0.275	0.251	0.285	0.301	0.258	0.271	0.966	0.680	0.580	0.577	0.527	0.566	0.608	0.682	0.714	0.578	0.645
MgO	6.650	6.708	6.710	6.761	6.608	6.614	6.558	6.561	4.350	5.081	5.205	5.144	5.190	5.279	4.919	4.696	4.816	5.147	5.179
CaO	3.917	3.991	4.178	3.889	4.011	3.968	4.117	4.176	8.014	9.373	9.945	9.921	9.906	10.232	9.734	9.717	9.682	9.739	9.612
Na ₂ O	0.006	0.014	0.006	0.003	0.026	0.016	0.014	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	0.012	0.012
K ₂ O	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.009	0.009	0.000	0.005	0.000	0.014
Total	99.625	99.949	100.24	100.09	99.547	100.10	99.610	99.913	100.09	100.137	100.47	100.09	100.09	99.688	99.857	99.812	99.496	100.397	100.135
Alm	62.32	62.03	61.31	61.91	61.95	62.04	61.81	61.78	58.63	52.97	51.52	51.13	51.45	49.72	52.60	52.89	52.30	51.75	51.45
Pyp	26.08	26.17	26.29	26.54	25.96	26.00	25.87	25.77	16.89	19.58	19.90	19.95	19.98	20.49	19.02	18.32	18.86	19.89	20.17
Grs	8.78	8.77	7.81	7.24	8.61	7.87	7.57	8.26	21.11	24.05	25.14	24.26	25.55	24.58	25.23	24.34	22.96	24.04	22.96
And	2.17	2.32	3.84	3.63	2.61	3.26	4.02	3.47	1.21	1.91	2.19	3.39	1.86	3.97	1.74	2.78	4.19	2.89	3.92
Sps	0.53	0.54	0.61	0.56	0.64	0.67	0.58	0.60	2.13	1.49	1.26	1.27	1.15	1.25	1.34	1.51	1.59	1.27	1.43
Uvr	0.09	0.10	0.12	0.10	0.11	0.08	0.09	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.11	0.10	0.11	0.02

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38																		
Análise	1_12	1_13	1_14	1_15	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	2_6	2_7	2_8	2_9	2_10	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5
Cristal	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
SiO ₂	38.060	38.101	38.340	38.082	38.465	38.291	38.340	38.396	38.135	38.273	38.032	38.061	37.826	37.935	37.946	38.307	38.681	38.598	38.218
TiO ₂	0.030	0.033	0.043	0.048	0.033	0.034	0.107	0.049	0.038	0.045	0.039	0.048	0.038	0.058	0.025	0.044	0.049	0.050	0.038
Al ₂ O ₃	21.499	21.333	21.453	21.407	21.159	21.178	21.527	21.448	21.334	21.342	21.527	21.163	21.139	21.311	20.970	21.053	21.379	21.176	21.198
Cr ₂ O ₃	0.015	0.027	0.027	0.043	0.005	0.000	0.012	0.009	0.000	-0.006	0.000	0.002	0.016	0.006	0.009	0.005	0.016	0.021	0.012
FeO	25.254	24.785	24.693	25.623	25.879	24.765	24.530	24.964	24.978	24.796	24.954	25.153	25.543	26.346	28.600	26.240	25.220	24.621	25.955
MnO	0.590	0.584	0.595	0.767	0.643	0.601	0.612	0.588	0.590	0.575	0.599	0.599	0.606	0.745	1.008	0.776	0.596	0.576	0.669
MgO	5.367	5.141	5.200	4.444	4.644	5.030	4.943	5.063	4.947	4.961	4.976	4.919	4.926	4.393	4.034	4.822	5.310	4.967	4.940
CaO	9.253	9.523	9.732	9.357	9.471	10.039	9.823	9.860	9.675	9.988	9.614	9.873	9.599	9.273	7.689	9.200	9.677	9.905	9.174
Na ₂ O	0.000	0.004	0.002	0.000	0.009	0.004	0.002	0.000	0.006	0.016	0.000	0.003	0.000	0.029	0.036	0.000	0.011	0.000	0.003
K ₂ O	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.014	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Total	100.064	99.523	100.070	99.765	100.304	99.935	99.898	100.381	99.703	99.989	99.721	99.824	99.691	100.087	100.312	100.429	100.940	99.899	100.209
Alm	51.74	51.91	51.39	54.71	54.26	51.09	52.16	51.68	52.26	51.46	52.21	51.73	52.17	54.81	60.03	53.92	51.49	52.20	53.64
Pyp	20.97	20.07	20.16	17.35	17.96	19.54	19.14	19.60	19.29	19.29	19.45	19.21	19.36	17.24	15.84	18.71	20.42	19.13	19.22
Grs	20.68	23.13	23.59	24.03	23.47	23.76	25.60	23.64	23.58	24.05	23.31	22.72	21.01	21.47	17.28	20.88	22.36	25.84	21.15
And	5.26	3.50	3.45	2.08	2.84	4.26	1.70	3.76	3.54	3.87	3.70	4.99	6.06	4.66	4.39	4.77	4.33	1.51	4.46
Sps	1.31	1.29	1.31	1.70	1.41	1.33	1.35	1.29	1.31	1.27	1.33	1.33	1.35	1.66	2.25	1.71	1.30	1.26	1.48
Uvr	0.05	0.08	0.08	0.13	0.02	0.00	0.04	0.03	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.07	0.04

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-38																		
	3_6	3_7	3_8	3_9	3_10	3_11	3_12	3_13	3_14	3_15	4_1	4_2	4_3	4_4	4_5	4_6	4_7	4_8	7_1
Análise	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6
SiO ₂	37.938	38.657	38.534	38.650	38.403	38.328	38.641	38.355	38.484	37.945	38.129	38.463	38.001	38.341	38.656	38.424	38.500	37.755	38.044
TiO ₂	0.021	0.031	0.032	0.032	0.037	0.055	0.032	0.077	0.044	0.026	0.040	0.071	0.029	0.031	0.040	0.036	0.035	0.047	0.022
Al ₂ O ₃	21.172	21.147	21.170	21.018	21.208	21.116	21.307	21.433	21.152	21.050	21.186	21.386	21.390	21.376	20.926	21.309	21.173	21.053	20.638
Cr ₂ O ₃	0.032	0.000	0.042	0.026	0.034	0.020	0.009	0.013	0.013	0.022	0.008	0.000	0.013	0.010	0.000	0.000	0.000	0.003	0.021
FeO	27.306	26.797	25.219	24.867	24.982	24.710	24.735	25.513	24.945	27.260	26.632	25.007	24.628	24.803	24.756	24.891	24.499	25.178	27.453
MnO	0.902	0.818	0.590	0.569	0.537	0.568	0.587	0.689	0.662	0.957	0.816	0.572	0.591	0.590	0.636	0.590	0.618	0.652	0.985
MgO	4.495	4.834	5.152	5.176	5.065	5.146	5.201	5.054	4.972	4.359	4.378	4.890	4.921	4.988	4.913	4.880	4.920	4.825	4.595
CaO	8.070	8.196	9.549	9.823	9.920	9.953	9.882	9.132	9.630	8.371	8.822	9.907	9.826	10.022	10.170	9.748	10.032	9.710	7.976
Na ₂ O	0.037	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.006	0.001	0.021	0.004	0.000	0.000	0.001	0.016	0.000	0.000	0.001
K ₂ O	0.000	0.005	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.013	0.014	0.000	0.000	0.000
Total	99.969	100.509	100.275	100.149	100.185	99.862	100.391	100.252	99.906	99.988	100.028	100.303	99.388	100.138	100.089	99.904	99.758	99.204	99.730
Alm	57.37	56.76	52.34	51.68	51.61	51.06	51.35	53.49	52.56	57.20	56.25	52.32	51.80	51.42	51.59	52.59	51.80	52.07	57.44
Pyp	17.65	18.62	19.88	19.91	19.61	19.96	20.02	19.58	19.21	17.08	17.09	18.89	19.26	19.34	18.90	18.90	19.00	19.00	17.96
Grs	18.57	20.93	22.98	24.07	23.55	23.65	24.22	22.48	24.42	19.45	21.65	24.69	24.25	24.13	25.33	24.90	25.90	22.27	18.18
And	4.12	1.76	3.37	3.01	3.95	4.03	3.09	2.91	2.29	4.06	3.07	2.82	3.34	3.77	2.79	2.23	1.94	5.20	4.17
Sps	2.01	1.79	1.29	1.24	1.18	1.25	1.28	1.52	1.45	2.13	1.81	1.26	1.31	1.30	1.39	1.30	1.36	1.46	2.19
Uvr	0.10	0.00	0.13	0.08	0.11	0.06	0.03	0.04	0.04	0.07	0.03	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38																		
Análise	7_2	7_3	7_4	7_5	7_6	7_7	7_8	7_9	7_10	7_11	7_12	7_13	7_14	7_15	7_16	7_19	7_20	7_21	7_22
Cristal	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
SiO ₂	38.309	38.216	38.333	38.628	38.685	38.611	38.379	38.516	38.667	38.086	38.329	38.302	38.205	38.605	38.539	38.741	38.175	38.425	38.086
TiO ₂	0.052	0.038	0.029	0.034	0.035	0.039	0.069	0.052	0.044	0.031	0.028	0.110	0.039	0.036	0.030	0.079	0.050	0.043	0.048
Al ₂ O ₃	20.961	21.072	20.973	21.373	21.459	21.387	21.404	21.254	21.237	21.042	21.144	20.866	20.888	21.168	21.118	20.727	20.935	21.134	20.618
Cr ₂ O ₃	0.042	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.002	0.018	0.017	0.058	0.024	0.066	0.006	0.010	0.065	0.020	0.013	0.046
FeO	26.533	26.420	24.998	24.802	24.309	24.190	23.891	23.837	24.126	23.931	25.520	25.680	25.711	24.564	24.580	24.648	24.580	24.697	24.467
MnO	0.859	0.763	0.614	0.554	0.562	0.559	0.580	0.521	0.587	0.589	0.784	0.768	0.723	0.554	0.540	0.593	0.570	0.540	0.588
MgO	4.940	4.924	5.003	5.172	5.286	5.107	4.986	4.967	4.985	4.917	4.742	4.862	5.038	5.261	5.258	5.120	5.207	5.188	5.235
CaO	8.321	8.569	9.669	9.905	9.834	10.183	10.451	10.620	10.360	10.440	9.657	8.851	8.982	9.821	9.782	10.087	9.919	9.839	9.951
Na ₂ O	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.031	0.000	0.007	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.034
K ₂ O	0.000	0.010	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.009	0.003	0.011	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.001	0.001
Total	100.016	100.017	99.598	100.454	100.155	100.066	99.779	99.808	100.027	99.070	100.250	99.470	99.649	100.007	99.848	100.060	99.483	99.867	99.073
Alm	55.64	55.20	52.28	51.48	51.29	50.92	50.30	50.01	50.93	50.15	52.95	54.78	53.68	51.34	51.40	51.27	50.53	51.38	50.10
Pyp	19.18	19.16	19.41	19.91	20.32	19.67	19.31	19.20	19.16	19.20	18.40	18.85	19.60	20.26	20.29	19.64	20.30	20.07	20.47
Grs	19.85	20.25	23.76	24.29	25.47	26.18	26.65	26.98	26.89	25.84	22.88	22.94	21.24	24.55	24.37	24.89	22.93	23.99	22.50
And	3.24	3.68	3.19	3.11	1.69	2.01	2.40	2.52	1.69	3.42	3.87	1.65	3.68	2.62	2.72	2.70	4.80	3.33	5.32
Sps	1.89	1.69	1.35	1.21	1.23	1.22	1.28	1.14	1.28	1.31	1.73	1.69	1.60	1.21	1.18	1.29	1.26	1.19	1.31
Uvr	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.06	0.05	0.18	0.08	0.20	0.02	0.03	0.20	0.06	0.04	0.14

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-38																		
	7_23	7_24	7_25	7_26	8_1	8_2	8_3	8_4	8_5	8_6	8_7	8_8	8_9	8_10	8_11	8_12	8_13	8_14	8_15
	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
SiO ₂	38.482	38.221	38.603	38.514	38.185	38.084	38.205	38.213	38.085	37.855	38.110	37.924	38.299	38.186	38.858	38.417	38.333	38.278	37.868
TiO ₂	0.058	0.046	0.050	0.049	0.061	0.054	0.027	0.047	0.028	0.025	0.035	0.088	0.027	0.114	0.084	0.064	0.063	0.054	0.039
Al ₂ O ₃	21.097	21.170	21.507	21.264	20.927	21.088	20.897	21.129	21.067	20.690	20.969	20.658	20.869	20.814	21.168	20.816	20.713	20.651	20.570
Cr ₂ O ₃	0.049	0.035	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.011	0.021	0.001	0.006	0.011	0.000	0.001	0.014	0.002	0.017	0.004
FeO	24.775	25.711	24.647	24.322	27.626	26.475	26.004	26.056	26.916	28.047	27.220	27.230	26.922	25.641	25.377	25.162	25.491	25.498	27.088
MnO	0.572	0.702	0.668	0.655	0.831	0.740	0.688	0.639	0.731	0.814	0.733	0.733	0.695	0.605	0.683	0.737	0.729	0.872	0.771
MgO	5.196	5.237	5.115	4.904	4.448	4.834	4.825	4.782	4.841	4.630	4.900	4.694	4.802	4.933	5.151	4.837	4.873	4.802	4.767
CaO	9.729	8.603	9.938	10.485	8.281	8.643	8.813	8.785	8.351	7.470	7.862	8.024	8.646	9.347	9.435	9.963	9.529	9.469	8.067
Na ₂ O	0.016	0.002	0.002	0.016	0.015	0.008	0.005	0.001	0.000	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004	0.030	0.003
K ₂ O	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.006	0.000	0.005	0.001	0.004
Total	99.977	99.717	100.524	100.218	100.370	99.925	99.448	99.631	100.035	99.540	99.823	99.368	100.266	99.630	100.764	100.000	99.741	99.672	99.180
Alm	51.56	54.02	51.33	50.43	57.58	55.19	55.01	55.42	56.04	58.90	57.16	57.34	55.69	53.37	52.90	51.97	52.93	52.79	56.78
Pyp	20.08	20.37	19.70	18.94	17.32	18.87	18.79	18.60	18.90	18.19	19.12	18.39	18.65	19.18	19.69	18.71	18.90	18.67	18.72
Grs	23.63	20.83	24.65	25.69	19.03	20.10	21.95	22.38	19.07	16.68	18.40	18.80	19.68	22.27	23.59	23.69	22.73	22.13	18.42
And	3.25	3.11	2.86	3.39	4.15	4.15	2.71	2.18	4.33	4.35	3.65	3.78	4.42	3.84	2.33	3.97	3.82	4.28	4.33
Sps	1.26	1.55	1.46	1.44	1.84	1.64	1.52	1.41	1.62	1.82	1.63	1.63	1.53	1.34	1.48	1.62	1.61	1.93	1.72
Uvr	0.15	0.11	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05	0.01

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38																		
Análise	8_16	8_17	8_19	8_20	8_21	8_22	8_23	8_24	8_25	9_1	9_2	9_3	9_4	9_5	9_6	9_7	9_8	9_9	9_10
Cristal	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
SiO ₂	38.011	38.258	38.370	38.582	38.332	38.117	38.648	38.140	38.278	38.335	38.561	38.604	38.457	38.602	38.610	38.622	38.561	38.475	38.312
TiO ₂	0.027	0.024	0.048	0.042	0.035	0.034	0.050	0.048	0.044	0.038	0.056	0.045	0.043	0.045	0.026	0.035	0.072	0.062	0.044
Al ₂ O ₃	20.960	21.076	21.066	20.711	21.346	21.305	21.051	21.285	21.078	21.079	21.174	21.291	21.290	21.341	21.324	21.266	21.094	21.195	21.308
Cr ₂ O ₃	0.002	0.009	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.014	0.009	0.000	0.003	0.003	0.000	0.010	0.026	0.010	0.009
FeO	26.622	27.632	26.402	26.622	26.303	26.910	26.523	26.251	26.288	26.281	24.234	24.497	24.507	24.476	24.619	24.457	24.642	24.886	24.666
MnO	0.706	0.794	0.658	0.782	0.662	0.678	0.676	0.660	0.671	0.761	0.589	0.528	0.532	0.566	0.595	0.560	0.571	0.596	0.560
MgO	5.050	4.801	4.697	4.704	4.800	4.945	4.909	4.772	4.711	4.846	5.104	5.317	5.278	5.252	5.324	5.292	5.285	5.317	5.287
CaO	8.068	7.679	8.756	8.539	8.877	8.633	8.596	8.712	9.130	8.626	10.051	9.957	9.763	9.905	9.765	9.633	9.918	9.446	9.654
Na ₂ O	0.000	0.000	0.007	0.014	0.040	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.004	0.000	0.011
K ₂ O	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001
Total	99.434	100.266	99.995	99.985	100.407	100.602	100.445	99.844	100.199	99.990	99.763	100.207	99.880	100.182	100.248	99.868	100.168	99.990	99.852
Alm	55.99	58.13	55.93	56.41	54.98	55.01	55.88	55.54	54.66	55.47	51.19	50.82	51.31	51.10	51.17	51.75	50.89	51.93	51.25
Pyp	19.76	18.66	18.20	18.14	18.70	19.29	18.88	18.60	18.31	18.80	19.67	20.47	20.40	20.23	20.50	20.38	20.37	20.54	20.53
Grs	19.03	18.24	22.16	21.83	21.20	18.52	21.70	21.63	21.56	21.42	25.99	24.40	24.36	24.74	23.99	24.99	23.81	23.20	23.24
And	3.65	3.19	2.23	1.83	3.65	5.68	2.06	2.77	3.94	2.59	1.83	3.16	2.76	2.67	3.04	1.63	3.58	2.99	3.67
Sps	1.57	1.75	1.45	1.71	1.48	1.50	1.48	1.46	1.48	1.68	1.29	1.16	1.17	1.24	1.30	1.23	1.25	1.31	1.24
Uvr	0.01	0.03	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.08	0.03	0.03

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-38																		
	9_11	9_12	9_13	9_14	9_15	10_1	10_2	10_3	10_4	10_5	10_6	10_7	10_8	10_9	10_10	10_11	10_12	10_13	10_14
Análise	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cristal	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SiO ₂	38.276	38.371	38.560	38.399	38.263	38.307	38.229	38.381	38.080	38.284	38.194	38.412	38.268	38.068	37.817	38.318	38.308	38.530	38.828
TiO ₂	0.052	0.049	0.041	0.049	0.047	0.051	0.067	0.070	0.044	0.044	0.087	0.056	0.079	0.067	0.067	0.057	0.062	0.053	0.049
Al ₂ O ₃	21.255	21.056	21.147	21.160	21.309	20.935	20.978	20.638	21.436	20.711	20.842	21.158	20.972	20.948	21.086	20.937	20.768	20.746	20.906
Cr ₂ O ₃	0.000	0.010	0.000	0.000	0.010	0.009	0.019	0.001	0.015	0.010	0.006	0.017	0.015	0.002	0.010	0.013	0.015	0.000	0.013
FeO	24.886	25.468	24.833	25.039	25.869	25.882	25.770	25.590	25.969	25.878	26.343	26.000	25.580	25.571	25.180	25.641	25.317	25.447	25.719
MnO	0.562	0.565	0.569	0.612	0.770	0.721	0.754	0.750	0.786	0.686	0.741	0.742	0.794	0.967	1.026	1.024	1.014	0.964	0.715
MgO	5.218	5.207	5.302	5.182	4.735	4.718	4.729	4.650	4.795	4.646	4.809	4.766	4.662	4.549	4.420	4.550	4.501	4.790	4.761
CaO	9.757	9.398	9.261	9.611	9.144	9.393	9.532	9.935	8.943	9.303	9.381	9.421	9.804	9.624	9.875	9.502	9.645	9.508	9.422
Na ₂ O	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.009	0.005	0.017	0.004	0.013	0.014	0.014	0.017	0.015	0.019	0.000	0.000
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.012	0.000	0.007	0.004
Total	100.008	100.123	99.694	100.021	100.145	100.005	100.087	100.014	100.067	99.613	100.408	100.573	100.195	99.805	99.485	100.069	99.637	100.036	100.402
Alm	51.22	52.39	52.65	51.85	54.38	53.91	53.22	52.64	54.41	54.36	53.41	53.63	52.69	53.00	52.33	53.50	53.27	53.05	54.29
Pyp	20.27	20.18	20.44	20.06	18.39	18.31	18.40	18.01	18.72	18.06	18.71	18.45	18.11	17.77	17.38	17.66	17.48	18.48	18.23
Grs	22.78	21.72	24.04	22.97	22.51	22.52	22.10	23.18	21.41	22.82	20.17	21.94	22.77	22.49	23.14	22.95	24.02	23.26	24.42
And	4.46	4.42	1.62	3.77	2.99	3.65	4.49	4.48	3.65	3.13	6.04	4.23	4.56	4.52	4.74	3.52	2.85	3.10	1.47
Sps	1.24	1.24	1.25	1.35	1.70	1.59	1.67	1.65	1.74	1.52	1.64	1.63	1.75	2.15	2.29	2.26	2.24	2.11	1.56
Uvr	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.05	0.03	0.02	0.05	0.05	0.01	0.03	0.04	0.05	0.00	0.04

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38					TGL-39													
Análise	10_15	10_16	10_17	10_18	10_20	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	7_6	7_7	7_8	7_9
Cristal	10	10	10	10	10	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
SiO ₂	38.057	38.055	38.557	38.075	38.368	37.788	38.001	37.924	38.058	37.832	37.630	37.918	37.657	37.942	37.693	37.662	37.433	37.762	37.677
TiO ₂	0.030	0.027	0.056	0.031	0.053	0.032	0.040	0.056	0.073	0.028	0.056	0.045	0.018	0.063	0.059	0.065	0.077	0.060	0.146
Al ₂ O ₃	21.182	21.245	21.043	21.385	21.038	21.337	21.461	21.199	21.201	20.987	20.975	21.318	21.291	21.237	21.308	20.905	21.395	21.392	21.337
Cr ₂ O ₃	0.011	0.010	0.013	0.000	0.019	0.029	0.004	0.000	0.007	0.016	0.000	0.002	0.000	0.000	0.008	0.024	0.010	0.012	0.000
FeO	26.180	26.916	26.863	25.951	25.913	27.698	27.080	25.938	25.970	27.606	28.028	26.228	27.926	28.211	26.098	25.479	25.343	25.550	24.741
MnO	0.688	0.690	0.698	0.621	0.649	0.691	0.616	0.552	0.514	0.637	0.776	0.668	0.806	0.821	0.619	0.549	0.500	0.569	0.633
MgO	4.790	4.647	4.636	4.743	4.565	4.225	4.685	4.673	4.548	4.248	3.931	4.477	4.454	4.007	4.186	3.781	3.370	3.288	3.142
CaO	8.738	8.512	8.581	9.118	9.538	8.270	8.533	9.881	9.673	8.410	8.542	9.249	7.706	8.080	10.067	11.016	11.664	11.571	11.672
Na ₂ O	0.008	0.000	0.003	0.007	0.000	0.006	0.000	0.020	0.010	0.000	0.001	0.000	0.009	0.013	0.000	0.012	0.000	0.000	0.034
K ₂ O	0.000	0.000	0.011	0.011	0.000	0.004	0.000	0.000	0.009	0.009	0.003	0.000	0.005	0.000	0.006	0.012	0.001	0.000	0.021
Total	99.680	100.089	100.459	99.924	100.127	100.079	100.416	100.243	100.063	99.759	99.940	99.885	99.866	100.358	100.031	99.504	99.785	100.183	99.393
Alm	55.16	56.40	56.81	54.46	54.33	58.40	56.31	52.48	53.89	58.13	58.48	54.90	58.66	59.64	53.58	52.52	52.23	53.06	52.93
Pyp	18.72	18.16	17.87	18.53	17.68	16.63	18.33	18.33	17.76	16.70	15.53	17.55	17.60	15.70	16.50	14.93	13.37	12.94	12.39
Grs	21.17	20.02	21.77	22.03	23.51	19.27	19.41	21.18	22.69	19.63	18.93	21.95	17.14	19.23	22.50	25.45	27.21	27.81	30.40
And	3.34	3.85	1.97	3.57	2.99	4.04	4.57	6.68	4.45	4.08	5.32	4.10	4.75	3.53	6.00	5.73	6.03	4.88	2.68
Sps	1.53	1.53	1.53	1.38	1.43	1.55	1.37	1.23	1.14	1.42	1.74	1.49	1.81	1.83	1.39	1.23	1.13	1.27	1.42
Uvr	0.03	0.03	0.04	0.00	0.06	0.09	0.01	0.00	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.07	0.03	0.04	0.00

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-39																		
	7_10	7_11	7_12	7_13	7_14	7_15	7_16	7_17	7_18	7_19	7_20	7_21	7_22	7_23	7_24	7_25	7_26	7_27	7_28
Análise	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SiO ₂	37.644	37.504	37.473	37.797	37.834	37.921	37.772	38.269	37.801	37.833	37.815	38.076	38.046	37.767	37.622	37.601	37.611	37.507	37.463
TiO ₂	0.128	0.194	0.136	0.109	0.066	0.069	0.095	0.048	0.055	0.044	0.070	0.038	0.063	0.066	0.059	0.184	0.113	0.079	0.054
Al ₂ O ₃	21.281	21.088	21.447	21.081	21.172	21.199	21.285	21.541	21.117	21.474	21.560	21.643	21.254	21.309	21.055	21.103	21.324	21.319	21.486
Cr ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.010	0.000	0.019	0.019	0.013	0.000	0.017	0.000	0.008	0.000	0.002	0.000	0.000	0.008
FeO	24.781	25.194	24.989	25.385	25.599	25.517	26.309	26.543	25.600	25.472	25.615	25.623	25.605	25.710	25.733	25.178	25.359	25.303	25.320
MnO	0.633	0.675	0.730	0.687	0.650	0.596	0.639	0.687	0.562	0.564	0.582	0.551	0.557	0.565	0.611	0.531	0.464	0.478	0.549
MgO	3.276	3.317	3.573	3.883	4.169	4.310	4.515	4.679	4.483	4.433	4.223	4.239	4.057	4.016	3.835	3.311	3.284	3.724	4.358
CaO	12.046	11.850	11.787	11.234	10.423	10.352	9.678	8.725	9.864	10.115	10.037	10.516	10.761	10.810	10.511	11.793	11.906	11.335	10.172
Na ₂ O	0.017	0.014	0.009	0.013	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.023	0.003	0.000	0.000	0.010	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000
K ₂ O	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.003	0.005	0.004	0.004	0.000	0.011	0.008	0.000	0.016	0.005	0.001
Total	99.801	99.853	100.112	100.189	99.906	99.960	100.309	100.514	99.498	99.977	99.901	100.703	100.323	100.271	99.424	99.722	100.071	99.741	99.405
Alm	51.41	51.61	50.60	51.41	52.73	52.63	53.45	55.95	53.25	52.58	53.74	52.72	52.71	52.29	53.64	52.18	52.23	51.91	52.47
Pyp	12.93	13.12	14.15	15.26	16.38	16.89	17.75	18.17	17.63	17.44	16.60	16.55	15.85	15.81	15.15	13.07	12.96	14.75	17.29
Grs	29.14	27.46	26.51	25.07	24.03	24.05	20.71	21.51	23.08	23.30	24.37	24.50	25.22	24.08	24.87	28.22	28.08	26.05	23.39
And	5.02	6.22	7.04	6.65	5.40	5.07	6.64	2.79	4.73	5.26	3.98	4.96	4.99	6.48	4.97	5.23	5.69	6.22	5.58
Sps	1.42	1.52	1.64	1.53	1.45	1.33	1.43	1.52	1.25	1.26	1.30	1.22	1.24	1.26	1.37	1.19	1.04	1.08	1.24
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.06	0.06	0.04	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-39																		
	7_29	8_1	8_2	8_3	8_4	8_5	8_6	8_7	8_8	8_9	8_10	9_1	9_2	9_3	9_4	9_5	9_6	9_7	9_8
	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
SiO ₂	37.934	37.667	37.874	37.703	37.670	37.155	37.180	37.506	37.637	37.478	37.471	37.912	37.735	37.990	38.125	37.857	37.747	38.057	37.990
TiO ₂	0.032	0.075	0.069	0.074	0.066	0.088	0.069	0.065	0.058	0.075	0.038	0.062	0.070	0.079	0.079	0.089	0.080	0.066	0.275
Al ₂ O ₃	21.268	20.944	20.804	20.894	20.853	20.486	20.800	21.152	20.989	20.988	21.196	21.439	20.827	20.838	21.000	20.763	20.926	20.841	20.848
Cr ₂ O ₃	0.016	0.012	0.031	0.018	0.013	0.010	0.005	0.007	0.014	0.013	0.012	0.004	0.018	0.012	0.004	0.020	0.026	0.022	0.019
FeO	25.856	27.750	26.933	27.300	27.166	27.338	27.368	27.050	26.988	27.140	27.105	27.969	26.756	26.853	26.692	26.446	26.042	26.256	26.296
MnO	0.623	0.749	0.930	1.049	1.079	1.071	1.181	1.099	1.134	0.842	0.742	0.789	0.718	0.752	0.662	0.646	0.603	0.659	0.671
MgO	4.429	4.093	4.126	4.226	4.211	3.967	4.037	3.964	4.161	4.433	4.137	4.260	4.279	4.476	4.379	4.406	4.365	4.352	4.587
CaO	9.882	9.184	9.164	8.900	8.994	8.741	9.078	9.162	9.161	8.904	8.989	8.096	9.502	9.357	9.284	9.849	10.126	9.990	9.475
Na ₂ O	0.000	0.020	0.006	0.000	0.011	0.019	0.004	0.011	0.013	0.000	0.007	0.000	0.017	0.000	0.001	0.004	0.002	0.000	0.000
K ₂ O	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.010	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002
Total	100.031	100.507	99.933	100.148	100.051	98.889	99.717	100.025	100.154	99.869	99.699	100.527	99.923	100.338	100.228	100.075	99.914	100.239	100.159
Alm	53.42	56.00	55.86	55.80	55.39	56.45	55.08	55.66	54.93	55.17	56.23	58.74	54.53	54.53	55.46	53.47	52.82	53.51	54.12
Pyp	17.36	16.16	16.19	16.65	16.62	15.88	16.14	15.71	16.44	17.57	16.42	16.70	16.86	17.50	17.07	17.29	17.18	16.99	17.87
Grs	22.75	18.13	20.65	18.49	18.53	17.93	17.07	19.58	18.88	17.84	19.64	18.75	20.09	19.81	21.68	20.75	21.73	22.05	21.48
And	5.04	7.90	5.10	6.66	6.94	7.18	9.00	6.50	7.09	7.49	5.97	4.05	6.77	6.45	4.30	6.97	6.83	5.92	4.98
Sps	1.39	1.68	2.07	2.35	2.42	2.43	2.68	2.48	2.55	1.90	1.67	1.76	1.61	1.67	1.47	1.44	1.35	1.46	1.48
Uvr	0.05	0.04	0.10	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.01	0.06	0.04	0.01	0.06	0.08	0.07	0.06

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-39																		
	9_9	9_10	9_11	9_12	9_13	9_14	9_15	9_16	9_17	9_18	9_19	9_20	9_21	9_22	9_23	9_24	9_25	9_26	9_27
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
SiO ₂	37.747	38.120	37.886	37.946	38.075	37.703	37.805	37.471	37.920	38.013	37.212	37.790	37.748	38.105	37.754	37.760	37.548	37.866	37.603
TiO ₂	0.057	0.092	0.079	0.062	0.098	0.056	0.071	0.056	0.080	0.073	0.082	0.090	0.086	0.063	0.083	0.074	0.037	0.061	0.040
Al ₂ O ₃	20.660	20.750	20.883	21.083	20.903	20.822	21.024	20.761	20.911	20.809	20.759	20.643	20.953	20.991	21.009	20.849	21.344	21.176	21.194
Cr ₂ O ₃	0.011	0.012	0.019	0.011	0.027	0.015	0.015	0.037	0.008	0.016	0.020	0.020	0.018	0.028	0.011	0.027	0.007	0.001	0.022
FeO	26.128	25.984	25.441	25.411	26.358	27.220	26.888	27.243	27.801	27.875	27.254	27.387	27.043	28.026	27.311	27.586	27.267	26.481	26.093
MnO	0.690	0.628	0.668	0.691	0.685	0.717	0.708	0.730	0.795	0.756	0.778	0.778	0.760	0.841	0.722	0.833	0.806	0.652	0.653
MgO	4.321	4.490	4.397	4.482	4.482	4.350	4.372	4.179	4.285	4.289	3.968	4.035	4.126	4.171	4.095	4.005	4.133	4.314	4.371
CaO	9.926	10.035	10.428	10.241	9.879	9.042	9.360	8.973	8.504	8.594	8.798	8.902	9.572	8.244	9.153	8.842	8.630	9.730	9.646
Na ₂ O	0.003	0.000	0.000	0.000	0.013	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.009	0.000	0.005	0.000	0.006	0.001	0.004	0.002
K ₂ O	0.000	0.000	0.010	0.002	0.004	0.009	0.000	0.011	0.002	0.000	0.017	0.000	0.003	0.010	0.005	0.000	0.000	0.004	0.000
Total	99.540	100.104	99.795	99.926	100.523	99.934	100.237	99.446	100.304	100.408	98.905	99.648	100.307	100.483	100.136	99.967	99.766	100.287	99.622
Alm	53.33	53.02	51.88	52.09	53.21	55.62	54.80	56.20	57.50	57.41	57.02	57.19	55.00	58.73	56.39	57.33	57.26	54.15	53.83
Pyp	17.02	17.49	17.24	17.55	17.49	17.15	17.18	16.58	16.79	16.77	15.85	15.87	16.24	16.27	16.11	15.76	16.37	16.93	17.28
Grs	21.60	22.44	23.32	23.29	21.02	18.86	19.85	19.01	18.60	18.59	19.26	20.29	20.16	19.14	20.14	19.64	19.72	21.37	21.47
And	6.46	5.62	6.01	5.50	6.60	6.71	6.54	6.46	5.32	5.50	5.94	4.81	6.85	3.88	5.71	5.29	4.82	6.08	5.88
Sps	1.54	1.39	1.49	1.54	1.52	1.61	1.58	1.65	1.77	1.68	1.77	1.74	1.70	1.86	1.61	1.86	1.81	1.45	1.47
Uvr	0.04	0.04	0.06	0.03	0.08	0.04	0.05	0.11	0.03	0.05	0.06	0.06	0.06	0.09	0.03	0.08	0.02	0.00	0.07

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-39																		
	9_28	9_29	9_30	10_1	10_2	10_3	10_4	10_5	10_6	10_7	10_8	10_9	10_10	10_11	10_12	11_1	11_2	11_3	11_4
	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
SiO ₂	38.369	37.972	37.713	37.621	37.784	37.749	37.668	37.701	37.620	37.997	38.115	37.815	37.739	37.946	38.218	37.749	38.091	37.801	38.185
TiO ₂	0.066	0.052	0.059	0.131	0.107	0.139	0.162	0.147	0.078	0.117	0.091	0.080	0.083	0.086	0.113	0.040	0.057	0.031	0.044
Al ₂ O ₃	21.573	21.534	21.273	20.882	20.560	20.762	20.883	20.645	20.736	20.854	20.829	20.885	20.925	20.644	20.923	21.029	21.455	21.874	21.714
Cr ₂ O ₃	0.028	0.000	0.000	0.025	0.015	0.023	0.033	0.022	0.029	0.002	0.012	0.025	0.000	0.000	0.014	0.006	0.003	0.016	0.000
FeO	26.155	25.946	27.064	27.176	27.299	26.864	26.956	26.843	26.487	26.507	26.810	27.518	27.957	27.351	27.636	27.443	26.118	25.468	25.602
MnO	0.659	0.656	0.805	0.707	0.781	1.034	1.091	1.094	1.079	0.969	0.791	0.784	0.779	0.757	0.809	0.823	0.737	0.734	0.799
MgO	4.538	4.365	3.946	3.922	4.095	4.067	4.098	4.166	4.076	4.134	4.048	4.060	3.951	4.079	3.710	4.159	4.315	4.375	4.468
CaO	9.771	9.738	9.054	9.783	9.047	9.355	9.097	9.342	9.556	9.500	9.886	8.947	8.971	9.315	9.318	8.917	9.781	10.121	9.987
Na ₂ O	0.009	0.004	0.002	0.017	0.000	0.027	0.056	0.015	0.007	0.014	0.012	0.000	0.007	0.004	0.004	0.003	0.009	0.000	0.006
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.008	0.010	0.010	0.000	0.000	0.001	0.006	0.008	0.007	0.006	0.011
Total	101.16	100.26	99.905	100.25	99.689	100.02	100.04	99.967	99.675	100.10	100.60	100.10	100.40	100.18	100.751	100.177	100.573	100.420	100.810
Alm	53.71	54.04	56.99	55.09	56.61	55.08	55.41	54.63	54.31	54.92	54.70	57.04	57.28	56.12	57.76	56.52	54.04	52.54	52.85
Pyp	17.58	17.09	15.55	15.48	16.09	16.01	16.23	16.41	16.10	16.16	15.78	15.95	15.56	15.97	14.42	16.38	16.84	17.21	17.40
Grs	22.52	23.09	21.47	20.28	20.18	20.16	19.55	19.51	20.61	21.90	21.83	19.86	18.85	20.33	22.26	19.20	22.80	23.32	23.46
And	4.60	4.31	4.17	7.41	5.32	6.24	6.35	6.87	6.43	4.79	5.84	5.32	6.54	5.88	3.72	6.03	4.63	5.25	4.49
Sps	1.45	1.46	1.80	1.59	1.74	2.31	2.47	2.45	2.42	2.15	1.75	1.75	1.74	1.68	1.79	1.84	1.64	1.64	1.77
Uvr	0.08	0.00	0.00	0.08	0.05	0.07	0.10	0.07	0.09	0.01	0.04	0.08	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.05	0.00

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL--39																		
	11_5	11_6	11_7	11_8	11_9	11_10	11_11	11_12	11_13	11_14	11_15	12_1	12_2	12_3	12_5	12_6	12_7	12_8	12_9
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9
SiO ₂	37.978	38.174	37.903	38.235	37.662	37.648	37.622	37.919	38.003	38.085	38.033	37.922	37.752	37.983	38.323	38.209	37.994	37.980	38.278
TiO ₂	0.021	0.049	0.068	0.085	0.076	0.095	0.114	0.092	0.043	0.066	0.032	0.031	0.039	0.127	0.077	0.024	0.058	0.212	0.053
Al ₂ O ₃	21.544	21.174	21.325	21.114	20.893	20.751	20.815	20.891	21.087	21.109	21.582	21.703	21.561	21.414	21.544	21.624	21.655	21.293	21.135
Cr ₂ O ₃	0.006	0.022	0.010	0.018	0.016	0.002	0.016	0.021	0.005	0.010	0.002	0.002	0.007	0.010	0.003	0.005	0.000	0.006	0.000
FeO	25.437	26.056	26.051	26.526	25.950	25.703	26.190	26.429	26.076	26.035	25.779	24.797	25.968	25.845	25.970	26.288	25.391	25.277	25.296
MnO	0.801	0.775	0.827	0.813	0.885	1.062	1.273	1.304	1.176	0.935	0.712	0.565	0.646	0.580	0.620	0.642	0.626	0.648	0.612
MgO	4.418	4.419	4.384	4.345	4.398	4.158	4.004	4.018	4.095	4.477	4.296	4.211	4.239	4.252	4.162	4.084	4.076	3.998	4.014
CaO	9.747	9.864	9.860	9.635	9.919	10.064	9.945	9.904	9.373	9.508	9.774	10.840	9.721	10.196	10.297	9.942	10.448	10.928	10.732
Na ₂ O	0.003	0.016	0.005	0.003	0.006	0.011	0.010	0.001	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	0.000	0.015	0.007
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.001	0.000	0.017	0.005	0.020	0.000	0.003	0.000	0.012	0.007	0.004	0.002	0.009	0.009
Total	99.952	100.54	100.42	100.773	99.824	99.495	99.983	100.595	99.902	100.238	100.183	100.063	99.921	100.429	101.006	100.820	100.248	100.365	100.132
Alm	53.46	53.36	53.16	54.40	52.50	52.60	53.07	53.48	54.74	53.80	54.16	51.68	54.35	53.39	53.78	54.88	53.30	52.21	53.06
Pyp	17.30	17.22	17.19	16.88	17.35	16.41	15.81	15.74	16.05	17.47	16.80	16.51	16.69	16.62	16.14	15.89	15.94	15.61	15.59
Grs	23.86	22.26	21.72	21.79	20.89	22.21	20.97	21.08	22.54	21.92	23.96	26.38	23.10	23.80	24.70	24.09	25.83	26.02	26.87
And	3.56	5.30	6.03	5.06	7.19	6.33	7.20	6.74	3.84	4.72	3.49	4.16	4.39	4.82	3.99	3.70	3.55	4.63	3.09
Sps	1.78	1.72	1.84	1.79	1.98	2.38	2.86	2.90	2.62	2.07	1.58	1.26	1.45	1.29	1.37	1.42	1.39	1.44	1.35
Uvr	0.02	0.07	0.03	0.05	0.05	0.01	0.05	0.06	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-39																		
	12_10	12_11	12_12	12_13	12_14	12_15	12_16	12_17	12_18	13_1	13_2	13_3	13_4	13_5	13_6	13_7	13_8	13_9	13_10
Análise	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cristal	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SiO ₂	37.947	38.008	37.619	38.162	38.027	38.047	37.665	37.897	38.118	38.127	37.311	37.522	38.018	37.934	37.880	37.563	37.613	38.260	37.784
TiO ₂	0.049	0.077	0.040	0.091	0.056	0.094	0.114	0.141	0.065	0.149	0.129	0.173	0.058	0.076	0.204	0.210	0.134	0.071	0.146
Al ₂ O ₃	21.660	21.399	21.341	21.314	21.533	21.519	21.237	21.424	21.469	21.378	21.294	21.437	21.606	21.156	21.113	21.078	21.243	21.442	21.551
Cr ₂ O ₃	0.000	0.008	0.000	0.012	0.000	0.009	0.000	0.023	0.021	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.002	0.000	0.001	0.010	0.000
FeO	25.348	25.542	25.715	25.404	25.012	24.931	25.047	24.996	25.253	24.970	25.309	24.884	25.256	25.208	24.912	25.025	24.726	24.995	24.937
MnO	0.621	0.618	0.603	0.609	0.591	0.621	0.604	0.556	0.581	0.523	0.472	0.503	0.587	0.563	0.637	0.658	0.683	0.610	0.670
MgO	4.077	4.038	4.051	4.032	4.059	4.065	3.931	4.103	4.180	3.804	3.225	3.365	3.698	3.687	3.402	3.321	3.488	3.661	3.701
CaO	10.798	10.682	10.442	10.678	10.909	11.090	10.854	10.907	10.386	11.527	11.789	11.853	11.465	11.390	11.907	11.943	11.698	11.555	11.454
Na ₂ O	0.003	0.004	0.000	0.000	0.015	0.002	0.000	0.023	0.000	0.023	0.032	0.006	0.000	0.016	0.012	0.001	0.020	0.000	0.009
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.001	0.017	0.000	0.000	0.014	0.010	0.000	0.000	0.000	0.011
Total	100.48	100.37	99.801	100.28	100.191	100.38	99.427	100.071	100.068	100.501	99.569	99.720	100.686	100.051	100.079	99.781	99.602	100.588	100.255
Alm	52.23	52.80	52.98	53.09	52.07	51.64	52.41	51.83	53.32	51.64	52.17	51.87	52.03	52.13	51.71	51.56	51.39	52.19	51.59
Pyp	15.97	15.79	16.01	15.69	15.88	15.87	15.49	16.08	16.29	14.82	12.85	13.30	14.46	14.45	13.32	13.10	13.77	14.22	14.54
Grs	25.36	25.28	23.82	26.31	26.54	26.75	26.38	26.08	26.21	27.96	27.44	28.87	27.33	27.20	29.06	28.28	28.24	28.86	27.45
And	5.04	4.71	5.83	3.52	4.12	4.34	4.36	4.58	2.82	4.31	6.31	4.80	4.88	4.86	4.43	5.58	4.96	3.36	4.89
Sps	1.38	1.37	1.35	1.35	1.31	1.38	1.35	1.24	1.29	1.16	1.07	1.13	1.31	1.25	1.42	1.47	1.53	1.35	1.49
Uvr	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-39			TGL-39.2															
Análise	13_11	13_12	13_13	II_1	II_2	II_3	II_4	II_5	II_6	II_7	II_8	II_9	II_10	II_11	II_12	II_13	II_14	II_15	III_1
Cristal	10	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
SiO ₂	38.074	37.824	37.575	37.659	37.943	37.749	37.855	38.224	37.590	37.785	37.582	37.970	37.686	37.867	37.921	37.745	38.031	37.662	37.644
TiO ₂	0.100	0.055	0.058	0.075	0.000	0.000	0.002	0.000	0.023	0.067	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000
Al ₂ O ₃	21.541	21.591	21.129	21.562	21.655	22.017	21.958	21.953	21.915	21.856	21.858	21.546	21.736	21.695	21.789	21.770	22.163	21.719	21.688
Cr ₂ O ₃	0.000	0.000	0.008	0.024	0.020	0.014	0.030	0.000	0.010	0.008	0.012	0.001	0.009	0.007	0.023	0.011	0.017	0.020	0.027
FeO	25.315	25.264	25.960	32.154	32.340	31.867	31.674	31.880	31.715	31.705	31.468	32.086	31.919	31.869	31.796	32.074	31.915	32.093	32.124
MnO	0.611	0.642	0.688	0.654	0.639	0.619	0.612	0.644	0.609	0.632	0.629	0.627	0.639	0.648	0.629	0.634	0.627	0.648	0.662
MgO	3.902	4.104	3.923	5.485	5.924	5.940	6.125	6.070	5.982	6.091	6.049	6.153	5.934	5.986	6.118	5.853	5.901	5.762	6.075
CaO	10.903	10.676	9.977	2.142	2.155	2.075	2.180	2.173	2.105	2.081	2.116	2.071	2.002	2.104	2.127	2.159	2.128	2.038	1.939
Na ₂ O	0.001	0.039	0.007	0.013	0.012	0.025	0.057	0.017	0.000	0.030	0.022	0.031	0.038	0.049	0.016	0.029	0.031	0.015	0.000
K ₂ O	0.005	0.005	0.002	0.026	0.017	0.004	0.021	0.015	0.007	0.008	0.003	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.021	0.006	0.004
Total	100.43 4	100.19 9	99.327	99.794	100.70	100.30	100.51	100.97	99.955	100.26	99.738	100.497	99.981	100.228	100.419	100.28	100.834	99.97	100.162
Alm	52.86	52.10	54.52	70.74	69.20	69.16	68.20	68.76	68.99	68.55	68.47	68.46	69.21	68.94	68.49	69.21	69.33	69.91	69.00
Pyp	15.22	16.19	15.52	21.65	23.24	23.44	24.20	23.65	23.66	23.99	23.97	24.14	23.47	23.64	24.02	23.10	23.12	22.77	24.01
Grs	26.85	24.93	23.80	5.32	3.11	3.83	3.37	4.74	3.92	3.69	3.82	2.67	3.31	3.59	3.66	3.46	4.75	3.89	2.19
And	3.71	5.35	4.55	0.69	2.91	2.01	2.84	1.34	2.04	2.18	2.17	3.17	2.36	2.38	2.27	2.63	1.20	1.83	3.24
Sps	1.35	1.43	1.55	1.47	1.42	1.39	1.39	1.43	1.37	1.41	1.42	1.40	1.44	1.45	1.40	1.42	1.40	1.46	1.49
Uvr	0.00	0.00	0.02	0.07	0.06	0.04	0.10	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.03	0.00	0.07	0.03	0.05	0.06	0.08

Tabela 1 – *continuação*

Amostra Análise Cristal	Grupo Araxá																		
	TGL-39.2																		
	III_2	III_3	III_4	III_5	III_6	III_7	III_8	III_9	III_10	III_11	III_12	III_13	III_14	III_15	VII_1	VII_2	VII_3	VII_4	VII_5
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
SiO ₂	37.927	38.190	38.246	37.895	38.137	37.907	38.112	37.785	37.845	37.834	38.072	37.748	38.022	37.940	37.611	37.761	37.976	37.638	37.725
TiO ₂	0.000	0.004	0.007	0.000	0.002	0.000	0.028	0.000	0.012	0.002	0.006	0.016	0.011	0.000	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃	21.856	21.901	21.767	21.844	21.803	21.829	21.766	21.674	21.811	21.874	21.859	21.818	21.893	21.757	21.637	21.762	21.669	21.923	22.042
Cr ₂ O ₃	0.002	0.000	0.006	0.026	0.024	0.007	0.007	0.002	0.000	0.013	0.019	0.010	0.017	0.038	0.031	0.018	0.008	0.007	0.034
FeO	32.181	31.762	31.860	31.907	31.871	31.823	31.926	31.803	31.795	31.839	32.110	31.988	31.948	32.039	32.738	32.161	32.035	31.958	31.982
MnO	0.612	0.593	0.661	0.615	0.665	0.655	0.630	0.635	0.636	0.617	0.624	0.640	0.618	0.683	0.640	0.648	0.643	0.584	0.637
MgO	6.015	6.114	6.204	6.063	6.168	6.134	6.204	6.157	6.150	6.112	6.052	5.887	5.815	5.766	5.478	5.797	5.863	5.920	5.908
CaO	2.099	2.146	2.170	2.111	1.986	2.084	2.027	2.150	2.090	2.166	2.130	2.178	2.099	1.998	2.175	2.151	2.119	2.196	2.190
Na ₂ O	0.018	0.000	0.012	0.016	0.010	0.020	0.006	0.024	0.034	0.019	0.010	0.031	0.010	0.031	0.026	0.025	0.025	0.038	0.000
K ₂ O	0.011	0.003	0.001	0.002	0.001	0.007	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.014	0.008	0.010	0.006	0.018	0.014	0.000	0.014
Total	100.719	100.711	100.932	100.478	100.667	100.465	100.705	100.230	100.375	100.475	100.881	100.329	100.441	100.261	100.347	100.345	100.353	100.263	100.531
Alm	69.01	68.87	68.26	68.76	68.83	68.45	68.68	68.09	68.27	68.34	68.92	69.00	69.91	70.04	70.54	69.46	69.46	68.79	69.07
Pyp	23.61	23.82	24.15	23.82	24.07	24.10	24.21	24.27	24.21	24.06	23.66	23.23	22.76	22.64	21.70	22.87	23.00	23.45	23.30
Grs	3.19	5.20	4.13	3.59	4.09	3.40	3.86	2.81	3.07	3.23	3.74	3.51	5.49	4.71	2.89	3.55	4.42	3.04	3.66
And	2.73	0.81	1.92	2.29	1.41	2.46	1.81	3.27	2.84	2.86	2.19	2.64	0.36	0.82	3.21	2.49	1.53	3.19	2.45
Sps	1.37	1.31	1.46	1.37	1.47	1.46	1.40	1.42	1.42	1.38	1.39	1.43	1.37	1.53	1.44	1.45	1.43	1.31	1.43
Uvr	0.01	0.00	0.02	0.08	0.07	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.06	0.03	0.05	0.12	0.10	0.05	0.03	0.02	0.10

Tabela 1 – continuação

Amostra Análise Cristal	Grupo Araxá																		
	TGL-39.2																		
	VII_6 3	VII_7 3	VII_8 3	VII_9 3	IX_1 4	IX_2 4	IX_3 4	IX_4 4	IX_5 4	IX_6 4	IX_7 4	IX_8 4	IX_9 4	IX_10 4	X_1 Inc. 1	X_2 Inc. 1	X_3 Inc. 1	X_4 Inc. 1	X_5 Inc. 1
SiO ₂	38.130	37.723	37.798	37.904	37.298	37.661	37.866	37.836	38.153	37.644	37.552	38.089	37.896	37.670	37.931	37.667	37.880	37.866	37.810
TiO ₂	0.010	0.000	0.004	0.007	0.000	0.000	0.001	0.013	0.007	0.002	0.000	0.028	0.007	0.010	0.009	0.017	0.006	0.009	0.005
Al ₂ O ₃	21.863	21.678	21.514	21.886	21.565	21.482	21.589	21.690	21.884	21.851	21.833	21.785	21.715	21.639	21.741	21.575	21.713	21.585	21.327
Cr ₂ O ₃	0.007	0.014	0.009	0.021	0.040	0.020	0.003	0.009	0.002	0.008	0.013	0.012	0.012	0.026	0.021	0.013	0.003	0.026	0.020
FeO	31.824	31.883	32.236	32.877	32.643	32.172	32.166	31.510	31.776	32.015	31.968	32.138	32.117	32.498	31.754	31.682	32.104	31.848	31.881
MnO	0.631	0.644	0.587	0.689	0.681	0.598	0.631	0.606	0.620	0.620	0.577	0.588	0.585	0.657	0.593	0.610	0.606	0.621	0.611
MgO	5.876	5.833	5.633	5.697	5.420	5.829	5.862	5.971	5.996	5.996	5.976	6.042	5.898	5.682	6.076	6.043	6.044	5.994	6.051
CaO	2.154	2.224	2.095	2.172	2.102	1.931	2.102	2.074	2.077	2.070	2.062	2.176	2.135	2.079	2.097	2.119	2.153	2.088	1.963
Na ₂ O	0.018	0.036	0.015	0.031	0.020	0.012	0.015	0.011	0.043	0.012	0.025	0.020	0.033	0.029	0.015	0.014	0.016	0.005	0.007
K ₂ O	0.003	0.024	0.015	0.018	0.010	0.015	0.000	0.000	0.009	0.008	0.022	0.022	0.018	0.000	0.015	0.011	0.015	0.000	0.020
Total	100.515	100.059	99.904	101.302	99.779	99.722	100.234	99.722	100.568	100.226	100.028	100.899	100.415	100.289	100.251	99.749	100.539	100.043	99.695
Alm	69.52	69.01	70.49	69.77	70.68	70.06	69.53	69.24	69.30	68.95	68.99	68.87	69.30	70.00	68.84	68.67	68.73	69.14	69.23
Pyp	22.95	23.05	22.19	22.39	21.64	23.04	23.05	23.49	23.48	23.71	23.71	23.61	23.19	22.47	23.84	23.88	23.76	23.55	23.82
Grs	5.74	3.84	4.81	2.13	2.38	3.54	3.83	5.41	5.11	2.86	2.72	3.75	3.74	2.77	4.28	3.69	3.07	4.25	3.77
And	0.28	2.43	1.10	3.94	3.53	1.89	2.10	0.43	0.74	3.00	3.12	2.32	2.26	3.06	1.58	2.29	3.00	1.57	1.73
Sps	1.40	1.45	1.31	1.54	1.55	1.34	1.41	1.36	1.38	1.39	1.30	1.31	1.31	1.48	1.32	1.37	1.35	1.39	1.37
Uvr	0.02	0.04	0.03	0.06	0.12	0.06	0.01	0.03	0.00	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.06	0.04	0.01	0.08	0.06

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-39.2							TGL-57											
Análise	X_6	X_7	X_8	X_9	X_10	X_11	X_12	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_10	I_11	I_12
Cristal	Inc. 2	Inc. 2	Inc. 2	Inc. 3	Inc. 3	Inc. 3	Inc. 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SiO ₂	37.697	37.812	37.838	38.014	37.879	38.123	37.781	39.348	39.668	39.631	39.614	39.514	39.411	39.637	39.620	39.876	39.699	39.449	39.583
TiO ₂	0.010	0.011	0.004	0.008	0.002	0.017	0.015	0.044	0.051	0.054	0.062	0.055	0.044	0.047	0.028	0.041	0.038	0.053	0.050
Al ₂ O ₃	21.705	21.744	21.961	21.572	21.770	21.686	21.727	22.262	22.403	22.222	22.333	22.463	22.581	22.318	22.627	22.464	22.227	22.464	22.399
Cr ₂ O ₃	0.014	0.019	0.022	0.025	0.015	0.000	0.005	0.022	0.000	0.023	0.007	0.000	0.023	0.016	0.026	0.060	0.059	0.016	0.020
FeO	31.597	31.597	31.527	31.858	31.804	31.633	31.694	22.556	22.299	22.430	22.653	22.968	22.765	22.667	22.800	22.727	22.628	22.697	22.651
MnO	0.608	0.601	0.581	0.576	0.599	0.609	0.577	0.612	0.588	0.575	0.576	0.590	0.606	0.609	0.598	0.605	0.612	0.611	0.581
MgO	6.209	6.146	6.215	6.045	6.104	6.233	6.181	11.358	11.359	11.385	11.351	11.351	11.437	11.336	11.505	11.508	11.411	11.430	11.282
CaO	2.114	2.183	2.061	1.937	1.978	2.023	2.035	3.456	3.566	3.516	3.412	3.491	3.516	3.483	3.484	3.531	3.478	3.567	3.398
Na ₂ O	0.010	0.023	0.012	0.011	0.012	0.018	0.002	0.000	0.014	0.019	0.006	0.002	0.007	0.002	0.003	0.018	0.009	0.012	0.010
K ₂ O	0.000	0.020	0.012	0.011	0.001	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.009
Total	99.964	100.155	100.231	100.057	100.164	100.347	100.017	99.660	99.948	99.855	100.014	100.433	100.388	100.115	100.693	100.831	100.158	100.302	99.981
Alm	68.08	68.15	68.37	69.54	69.02	68.54	68.61	46.39	46.48	46.46	46.95	46.59	45.98	46.79	46.13	46.22	46.54	45.88	47.15
Pyp	24.51	24.20	24.45	23.67	23.99	24.34	24.34	42.91	42.59	42.74	42.60	42.70	43.15	42.51	43.18	42.94	42.75	43.09	42.39
Grs	3.18	3.70	4.00	4.73	3.93	4.56	3.70	7.22	8.97	8.25	8.07	6.67	6.24	7.99	6.55	7.28	7.66	6.50	8.24
And	2.77	2.42	1.76	0.64	1.61	1.12	2.05	2.10	0.64	1.16	1.11	2.77	3.22	1.35	2.77	2.01	1.53	3.12	0.88
Sps	1.36	1.34	1.30	1.28	1.34	1.35	1.29	1.31	1.25	1.23	1.23	1.26	1.30	1.30	1.28	1.28	1.30	1.31	1.24
Uvr	0.04	0.06	0.07	0.08	0.05	0.00	0.01	0.07	0.00	0.07	0.02	0.00	0.07	0.05	0.08	0.18	0.17	0.05	0.06

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																		
	TGL-57																		
	I_13	I_14	I_15	I_16	I_17	I_18	I_19	I_20	I_21	I_22	I_23	I_24	I_25	I_26	I_27	I_28	I_29	I_30	II_1
	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
SiO ₂	39.644	39.529	39.519	39.353	39.720	39.331	39.511	39.476	39.621	39.914	39.362	39.760	39.828	39.740	39.797	39.748	39.630	40.002	38.711
TiO ₂	0.035	0.053	0.043	0.057	0.043	0.038	0.064	0.052	0.068	0.039	0.031	0.035	0.046	0.049	0.041	0.037	0.039	0.051	0.056
Al ₂ O ₃	22.390	22.337	22.344	22.307	22.483	22.582	22.427	22.522	22.324	22.488	21.929	22.526	22.504	22.415	22.541	22.498	22.594	22.298	21.782
Cr ₂ O ₃	0.025	0.061	0.076	0.061	0.024	0.029	0.018	0.032	0.031	0.030	0.029	0.034	0.019	0.020	0.019	0.029	0.028	0.046	0.028
FeO	23.013	23.120	23.130	23.450	23.154	22.970	22.560	22.871	22.760	22.775	23.010	22.699	22.675	22.686	22.639	22.593	22.769	22.984	22.762
MnO	0.604	0.660	0.622	0.605	0.649	0.604	0.599	0.595	0.619	0.590	0.570	0.599	0.651	0.591	0.598	0.570	0.636	0.607	0.628
MgO	11.282	11.171	11.085	10.888	11.172	11.195	11.328	11.326	11.421	11.385	11.175	11.376	11.451	11.485	11.477	11.532	11.350	11.405	10.904
CaO	3.483	3.476	3.501	3.455	3.475	3.346	3.399	3.460	3.359	3.508	3.523	3.639	3.512	3.505	3.527	3.558	3.493	3.434	3.450
Na ₂ O	0.020	0.024	0.015	0.000	0.001	0.021	0.013	0.023	0.000	0.029	0.007	0.021	0.013	0.026	0.000	0.027	0.025	0.012	0.024
K ₂ O	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.020	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004	0.000
Total	100.496	100.432	100.342	100.175	100.725	100.116	99.931	100.356	100.202	100.758	99.637	100.692	100.719	100.516	100.639	100.599	100.564	100.843	98.343
Alm	46.87	47.01	47.39	48.20	47.45	47.14	46.84	46.56	46.80	46.74	46.94	46.25	46.37	46.18	46.39	45.88	46.46	47.08	47.07
Pyp	42.35	42.05	41.73	41.12	41.82	42.36	42.63	42.69	42.83	42.47	42.23	42.58	42.77	43.01	42.87	43.19	42.63	42.40	41.91
Grs	6.96	6.55	7.09	7.01	7.54	6.64	7.96	6.63	7.34	7.95	6.74	7.59	7.67	7.17	7.84	7.15	7.11	7.76	6.47
And	2.37	2.67	2.16	2.19	1.74	2.37	1.18	2.65	1.62	1.36	2.75	2.10	1.70	2.21	1.57	2.35	2.23	1.28	2.98
Sps	1.29	1.41	1.33	1.30	1.38	1.30	1.28	1.27	1.32	1.25	1.22	1.27	1.38	1.26	1.27	1.21	1.36	1.28	1.37
Uvr	0.08	0.18	0.23	0.18	0.07	0.09	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.06	0.06	0.06	0.09	0.08	0.14	0.08

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-57																		
	II_3	II_4	II_5	II_6	II_7	II_9	II_10	II_11	II_12	II_13	II_14	II_15	II_16	II_17	II_18	II_19	II_20	II_21	II_22
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
SiO ₂	39.585	39.495	39.476	39.670	39.617	39.519	39.660	39.714	39.230	39.563	38.897	39.650	40.188	39.405	39.085	39.343	39.868	39.677	39.488
TiO ₂	0.040	0.044	0.060	0.037	0.043	0.034	0.039	0.051	0.047	0.043	0.038	0.034	0.052	0.055	0.045	0.045	0.049	0.024	0.035
Al ₂ O ₃	22.594	22.313	22.185	22.576	22.274	22.354	22.300	22.428	22.610	22.512	22.214	22.254	22.444	22.217	22.077	22.200	22.572	22.402	22.380
Cr ₂ O ₃	0.028	0.018	0.016	0.024	0.009	0.025	0.020	0.014	0.020	0.009	0.035	0.009	0.019	0.023	0.009	0.023	0.065	0.040	0.035
FeO	22.801	22.509	22.529	22.516	22.354	22.959	22.674	22.722	22.413	22.562	22.268	22.405	22.504	22.635	22.522	22.609	23.053	22.403	22.565
MnO	0.591	0.623	0.627	0.583	0.609	0.599	0.643	0.607	0.638	0.611	0.597	0.602	0.602	0.605	0.639	0.609	0.616	0.625	0.567
MgO	11.531	11.328	11.337	11.363	11.391	11.319	11.294	11.256	11.326	11.204	10.966	11.071	11.256	11.153	11.094	11.209	11.068	11.421	11.519
CaO	3.395	3.592	3.713	3.673	3.537	3.466	3.609	3.761	3.774	3.786	3.922	4.010	4.076	3.828	3.894	3.797	3.518	3.533	3.528
Na ₂ O	0.023	0.019	0.006	0.009	0.013	0.010	0.000	0.020	0.012	0.015	0.018	0.010	0.007	0.005	0.017	0.008	0.018	0.019	0.001
K ₂ O	0.008	0.011	0.005	0.002	0.001	0.007	0.003	0.013	0.012	0.018	0.004	0.002	0.010	0.000	0.000	0.006	0.011	0.007	0.003
Total	100.595	99.952	99.953	100.453	99.848	100.293	100.242	100.586	100.081	100.322	98.958	100.045	101.158	99.926	99.382	99.850	100.836	100.150	100.121
Alm	46.10	46.17	45.89	46.22	46.33	46.68	46.57	46.31	45.35	46.26	45.88	46.32	46.22	46.22	45.65	45.97	47.87	46.21	45.86
Pyp	43.35	42.68	42.69	42.61	42.77	42.61	42.34	42.17	42.94	42.13	41.95	41.54	41.65	42.08	42.23	42.37	41.30	42.84	43.37
Grs	6.17	7.59	7.48	8.13	8.38	6.64	8.00	7.95	6.85	8.24	7.88	9.53	10.04	7.81	7.03	7.33	8.66	8.00	6.78
And	2.92	2.08	2.53	1.70	1.14	2.66	1.67	2.14	3.37	1.97	2.80	1.25	0.74	2.50	3.59	2.92	0.58	1.40	2.67
Sps	1.26	1.33	1.34	1.24	1.30	1.28	1.37	1.29	1.37	1.31	1.30	1.28	1.27	1.30	1.38	1.31	1.31	1.33	1.21
Uvr	0.08	0.05	0.05	0.07	0.03	0.07	0.06	0.04	0.06	0.03	0.10	0.03	0.06	0.07	0.03	0.07	0.19	0.12	0.10

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																	
	TGL-57																	
	II_23	II_24	II_25	II_26	II_27	II_28	II_29	II_30	II_31	II_32	II_33	II_34	II_35	II_36	II_37	II_38	II_39	II_40
Análise	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SiO ₂	39.792	39.731	39.704	39.704	39.759	39.507	39.453	39.785	39.860	39.782	39.739	39.769	39.432	39.533	39.725	39.603	39.692	39.729
TiO ₂	0.036	0.040	0.020	0.060	0.039	0.038	0.041	0.040	0.039	0.043	0.030	0.050	0.033	0.032	0.050	0.051	0.044	0.025
Al ₂ O ₃	22.569	22.629	22.437	22.599	22.401	22.425	22.402	22.380	22.408	22.487	22.592	22.333	22.258	22.517	22.324	22.311	22.514	22.578
Cr ₂ O ₃	0.015	0.020	0.000	0.017	0.021	0.001	0.028	0.015	0.023	0.033	0.002	0.034	0.014	0.012	0.029	0.015	0.019	0.047
FeO	22.637	22.441	22.338	22.301	22.189	22.025	21.870	22.445	22.272	22.493	22.476	22.178	22.337	22.738	22.457	22.375	22.820	23.226
MnO	0.599	0.588	0.614	0.581	0.564	0.583	0.566	0.588	0.621	0.604	0.611	0.563	0.567	0.590	0.601	0.598	0.596	0.633
MgO	11.508	11.344	11.240	11.313	10.991	10.844	10.916	10.899	10.959	11.061	11.095	11.125	10.901	10.979	11.294	11.212	11.257	11.160
CaO	3.506	3.640	3.826	3.985	4.446	4.722	4.599	4.722	4.429	4.353	4.193	4.317	4.139	4.064	3.923	3.693	3.415	3.452
Na ₂ O	0.020	0.012	0.018	0.000	0.010	0.011	0.010	0.011	0.009	0.007	0.013	0.014	0.009	0.000	0.020	0.012	0.007	0.012
K ₂ O	0.008	0.000	0.005	0.003	0.003	0.005	0.008	0.004	0.000	0.000	0.002	0.008	0.001	0.004	0.000	0.011	0.000	0.000
Total	100.689	100.445	100.202	100.562	100.423	100.158	99.892	100.890	100.620	100.863	100.753	100.390	99.690	100.467	100.422	99.880	100.363	100.862
Alm	46.17	46.43	46.16	45.70	45.68	45.10	45.13	45.26	45.87	45.65	45.81	45.52	46.40	46.46	45.77	46.60	47.33	47.51
Pyp	43.04	42.47	42.14	42.35	41.12	40.83	41.15	40.75	40.89	41.35	41.54	41.61	41.12	41.29	42.30	42.10	42.17	41.80
Grs	7.41	8.69	9.08	9.00	10.57	10.67	10.71	9.95	10.68	9.34	9.21	10.00	9.88	8.71	8.36	9.11	8.20	7.24
And	1.97	1.05	1.23	1.67	1.33	2.11	1.67	2.69	1.13	2.26	2.06	1.51	1.30	2.24	2.11	0.81	0.94	1.92
Sps	1.27	1.25	1.31	1.24	1.20	1.25	1.21	1.25	1.32	1.28	1.30	1.20	1.22	1.26	1.28	1.28	1.27	1.35
Uvr	0.04	0.06	0.00	0.05	0.06	0.00	0.08	0.04	0.07	0.10	0.01	0.10	0.04	0.04	0.09	0.04	0.06	0.14

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-61.1																		
Análise	III_1	III_2	III_3	III_4	III_5	III_6	III_7	III_8	III_9	III_10	III_11	III_14	III_15	IV_1	IV_2	IV_3	IV_4	IV_5	IV_6
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
SiO ₂	38.873	38.960	38.998	38.720	39.052	39.163	38.589	39.071	39.253	38.583	38.941	38.577	38.150	38.459	38.404	38.851	38.568	39.104	38.867
TiO ₂	0.033	0.078	0.108	0.123	0.135	0.131	0.127	0.116	0.138	0.116	0.134	0.132	0.126	0.084	0.136	0.125	0.064	0.088	0.078
Al ₂ O ₃	21.970	22.529	22.304	22.493	22.560	22.793	22.412	22.428	22.755	22.645	22.263	22.277	22.314	22.091	22.311	22.361	22.221	22.300	22.315
Cr ₂ O ₃	0.080	0.070	0.091	0.089	0.080	0.071	0.084	0.084	0.084	0.102	0.082	0.069	0.067	0.075	0.116	0.096	0.079	0.103	0.059
FeO	20.927	20.366	19.843	19.528	19.331	19.187	19.523	19.165	19.548	19.968	19.951	20.291	21.672	22.084	20.405	20.166	20.346	20.365	20.268
MnO	0.693	0.573	0.556	0.550	0.561	0.523	0.524	0.558	0.493	0.586	0.574	0.577	0.701	0.794	0.613	0.608	0.641	0.618	0.621
MgO	8.509	9.437	9.792	9.860	10.079	10.118	9.805	10.012	9.977	9.676	9.661	9.322	8.234	8.077	9.046	9.328	8.988	8.885	9.151
CaO	8.588	8.247	8.001	8.280	8.458	8.375	8.248	8.349	8.128	8.142	7.957	8.100	8.124	8.311	8.643	8.431	8.484	8.955	8.529
Na ₂ O	0.000	0.016	0.049	0.007	0.037	0.011	0.008	0.004	0.010	0.018	0.000	0.015	0.017	0.030	0.020	0.026	0.009	0.000	0.028
K ₂ O	0.007	0.010	0.000	0.002	0.007	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	0.003	0.009	0.000	0.026	0.000	0.008	0.007
Total	99.680	100.285	99.741	99.652	100.300	100.372	99.331	99.788	100.386	99.835	99.571	99.360	99.406	100.013	99.693	100.018	99.401	100.425	99.923
Alm	42.34	40.06	39.34	38.14	37.09	37.63	38.29	37.92	39.07	38.84	40.15	40.37	43.58	43.76	39.54	39.69	40.41	40.48	40.02
Pyp	32.55	36.01	37.44	37.81	38.37	38.36	37.72	38.05	37.73	37.26	36.81	35.88	32.06	31.24	34.99	35.68	34.64	33.75	35.03
Grs	19.61	17.33	17.40	17.04	16.94	18.06	17.06	18.30	18.36	16.17	17.90	17.25	17.19	16.94	17.00	17.75	18.12	19.90	18.25
And	3.76	5.08	4.61	5.52	5.97	4.56	5.50	4.26	3.49	6.07	3.65	4.96	5.34	5.95	6.69	5.15	5.15	4.25	5.04
Sps	1.51	1.24	1.22	1.20	1.21	1.13	1.15	1.21	1.06	1.28	1.24	1.26	1.55	1.75	1.35	1.32	1.40	1.33	1.35
Uvr	0.24	0.20	0.24	0.26	0.23	0.21	0.24	0.25	0.24	0.29	0.24	0.20	0.20	0.22	0.34	0.28	0.23	0.30	0.17

Tabela 1 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-61.1																		
	IV_7	IV_8	IV_9	IV_10	IV_12	IV_13	IV_14	IV_15	XI_1	XI_2	XI_3	XI_4	XI_5	XI_6	XI_7	XI_8	XI_9	XI_10	XI_11
	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SiO ₂	39.164	38.673	38.852	38.637	38.664	38.442	38.728	38.255	38.617	38.738	38.832	38.501	38.666	39.181	38.403	38.534	38.484	38.245	38.351
TiO ₂	0.061	0.108	0.086	0.124	0.119	0.116	0.132	0.127	0.107	0.118	0.103	0.099	0.095	0.103	0.092	0.088	0.101	0.094	0.112
Al ₂ O ₃	22.590	22.569	22.407	22.444	22.348	22.300	22.343	22.152	22.436	22.358	22.483	22.362	22.450	22.482	22.495	22.365	22.012	22.034	22.052
Cr ₂ O ₃	0.097	0.028	0.084	0.024	0.064	0.095	0.072	0.088	0.079	0.081	0.081	0.081	0.081	0.075	0.092	0.084	0.063	0.058	0.075
FeO	20.170	19.907	19.938	19.534	19.968	20.174	19.988	21.974	20.011	18.709	18.823	19.129	19.316	19.656	20.027	19.872	19.686	19.854	19.925
MnO	0.594	0.567	0.579	0.604	0.588	0.653	0.654	0.711	0.627	0.620	0.697	0.806	0.852	0.930	0.922	0.962	0.965	1.045	0.959
MgO	9.291	9.629	9.349	9.544	9.280	9.267	9.278	8.013	10.081	9.898	9.694	9.122	8.953	8.781	8.439	8.332	8.294	8.262	8.290
CaO	8.508	8.487	8.650	8.462	8.481	8.488	8.290	8.410	7.600	8.975	9.251	9.405	9.448	9.507	9.416	9.479	9.445	9.600	9.693
Na ₂ O	0.012	0.004	0.000	0.012	0.032	0.029	0.030	0.012	0.027	0.017	0.004	0.008	0.020	0.015	0.000	0.007	0.056	0.055	0.018
K ₂ O	0.002	0.000	0.000	0.000	0.007	0.018	0.000	0.000	0.006	0.012	0.000	0.002	0.000	0.006	0.003	0.007	0.014	0.012	0.001
Total	100.488	99.971	99.945	99.385	99.551	99.581	99.514	99.742	99.590	99.525	99.969	99.515	99.881	100.735	99.887	99.729	99.121	99.258	99.476
Alm	40.18	38.35	39.24	38.56	39.44	39.00	39.96	43.80	38.66	35.87	35.96	36.92	37.52	38.71	39.18	39.47	39.35	38.49	38.69
Pyp	35.27	36.97	35.74	36.68	35.68	35.83	35.60	31.10	38.81	37.96	37.07	35.20	34.42	33.30	32.63	32.12	32.18	32.26	32.12
Grs	18.91	16.92	18.46	18.21	18.04	16.57	18.23	17.42	14.34	18.26	18.90	19.48	19.98	21.19	19.86	20.98	21.40	20.08	20.19
And	4.03	6.42	5.06	5.10	5.21	6.74	4.43	5.78	6.46	6.25	6.29	6.37	5.89	4.50	6.05	5.04	4.93	6.85	6.58
Sps	1.28	1.24	1.26	1.32	1.29	1.43	1.43	1.57	1.37	1.35	1.52	1.77	1.86	2.00	2.03	2.11	2.14	2.33	2.11
Uvr	0.28	0.08	0.24	0.07	0.19	0.28	0.21	0.26	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.22	0.27	0.25	0.19	0.14	0.22

Tabela 1 – *continuação*

Amostra	Grupo Araxá																
	TGL-61.1																
	XI_12	XI_13	XI_14	XI_15	XI_16	XI_17	XI_19	XI_20	XI_21	XI_22	XI_27	XI_28	XI_29	XI_30	XI_31	XI_32	XI_34
Análise	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SiO ₂	38.230	37.992	38.186	38.623	38.573	38.406	38.378	38.333	38.422	38.317	38.387	38.358	38.246	38.919	38.454	38.685	38.763
TiO ₂	0.128	0.125	0.111	0.124	0.103	0.103	0.107	0.085	0.110	0.104	0.104	0.117	0.108	0.089	0.129	0.132	0.057
Al ₂ O ₃	22.218	22.022	22.117	22.101	22.492	22.377	22.165	22.317	22.238	22.325	22.414	22.255	21.993	22.674	22.306	22.326	22.581
Cr ₂ O ₃	0.087	0.064	0.089	0.077	0.081	0.064	0.068	0.059	0.068	0.066	0.057	0.073	0.058	0.076	0.072	0.075	0.069
FeO	20.038	20.107	20.215	20.151	20.281	20.142	20.421	20.069	20.054	19.992	20.016	19.646	19.548	19.196	18.675	18.494	20.299
MnO	1.015	1.018	1.082	1.060	1.062	1.057	1.079	1.077	1.076	1.077	1.065	1.012	0.937	0.935	0.794	0.719	0.622
MgO	8.257	8.195	8.057	8.024	8.130	8.014	7.957	8.054	7.954	7.916	8.132	8.250	8.432	8.987	9.162	9.620	10.176
CaO	9.651	9.712	9.892	9.650	9.740	9.732	9.706	9.770	9.770	9.625	9.764	9.666	9.676	9.459	9.728	9.355	7.352
Na ₂ O	0.037	0.002	0.017	0.014	0.000	0.000	0.011	0.000	0.007	0.005	0.000	0.012	0.019	0.024	0.000	0.013	0.000
K ₂ O	0.019	0.002	0.000	0.006	0.008	0.000	0.000	0.001	0.000	0.016	0.000	0.003	0.023	0.003	0.015	0.000	0.003
Total	99.680	99.240	99.764	99.831	100.469	99.896	99.892	99.765	99.700	99.441	99.938	99.392	99.040	100.359	99.334	99.418	99.922
Alm	38.48	38.44	38.51	40.09	39.44	39.66	39.77	39.22	39.72	40.11	39.07	38.87	38.05	37.54	35.92	35.64	39.38
Pyp	32.11	32.02	31.35	30.86	31.29	30.98	30.80	31.21	30.74	30.68	31.45	31.94	32.76	34.34	35.36	36.93	39.01
Grs	19.36	19.16	19.50	21.55	20.53	21.12	20.30	20.78	21.54	21.81	20.79	21.25	20.35	20.62	20.36	19.61	13.98
And	7.37	7.92	7.90	4.90	6.18	5.73	6.51	6.25	5.40	4.81	6.19	5.43	6.50	5.14	6.41	5.98	6.07
Sps	2.24	2.26	2.39	2.32	2.32	2.32	2.37	2.37	2.36	2.37	2.34	2.23	2.07	2.03	1.74	1.57	1.35
Uvr	0.25	0.19	0.26	0.23	0.24	0.19	0.20	0.17	0.20	0.19	0.17	0.21	0.17	0.22	0.21	0.22	0.20

Tabela 2 – Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de piroxênio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base para 6 oxigênios.

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-13																	TGL-32	
Análise	1_1	1_2	1_3	1_4	2_1	2_2	2_3	2_4	3_1	3_2	3_3	4_1	5_1	5_2	5_3	7_1	7_2	1	2
SiO ₂	50.123	51.309	50.004	50.467	50.682	50.717	50.480	50.456	51.372	51.649	51.549	50.278	51.261	50.918	51.172	50.154	51.403	51.015	50.858
TiO ₂	0.628	0.350	0.572	0.524	0.605	0.418	0.577	0.640	0.093	0.071	0.121	0.559	0.100	0.488	0.133	0.587	0.128	0.059	0.101
Al ₂ O ₃	5.394	3.861	5.092	4.423	5.053	4.349	4.758	5.192	2.979	2.159	2.690	4.807	2.514	4.052	2.482	5.063	2.813	1.988	2.771
Cr ₂ O ₃	0.042	0.055	0.041	0.020	0.000	0.026	0.010	0.016	0.033	0.021	0.022	0.024	0.019	0.048	0.032	0.009	0.019	0.034	0.020
FeO	10.053	9.620	10.502	10.868	10.166	9.602	9.684	11.279	22.844	23.395	23.418	10.173	22.497	9.864	23.494	9.478	23.104	23.899	24.059
MnO	0.159	0.117	0.159	0.150	0.132	0.126	0.119	0.159	0.292	0.289	0.276	0.135	0.260	0.136	0.250	0.136	0.298	0.405	0.447
MgO	11.480	12.596	11.819	12.210	11.904	12.191	11.848	12.040	20.873	21.130	21.041	11.837	20.928	12.021	20.855	11.437	21.033	20.167	19.928
CaO	20.718	21.302	20.431	20.066	20.577	21.442	21.294	19.450	0.887	0.575	0.559	20.943	0.829	20.883	0.538	21.172	0.629	0.503	0.384
Na ₂ O	1.121	0.769	0.990	0.834	0.924	0.815	0.890	0.912	0.046	0.022	0.023	0.997	0.073	0.870	0.017	1.002	0.010	0.008	0.007
K ₂ O	0.000	0.009	0.002	0.001	0.004	0.016	0.010	0.000	0.010	0.002	0.000	0.003	0.013	0.008	0.000	0.019	0.002	0.000	0.010
Total	99.716	99.988	99.610	99.560	100.044	99.702	99.669	100.142	99.430	99.313	99.693	99.755	98.492	99.290	98.971	99.056	99.437	98.076	98.585
Si	1.883	1.918	1.883	1.901	1.895	1.904	1.895	1.888	1.931	1.947	1.935	1.890	1.943	1.918	1.937	1.894	1.932	1.955	1.938
Al ^{IV}	0.117	0.082	0.117	0.099	0.105	0.096	0.105	0.112	0.069	0.053	0.065	0.110	0.057	0.082	0.063	0.106	0.068	0.045	0.062
Soma 4	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.122	0.088	0.109	0.097	0.117	0.096	0.106	0.118	0.063	0.043	0.054	0.103	0.055	0.098	0.048	0.119	0.057	0.044	0.063
Ti	0.018	0.010	0.016	0.015	0.017	0.012	0.016	0.018	0.003	0.002	0.003	0.016	0.003	0.014	0.004	0.017	0.004	0.002	0.003
Cr	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Mg	0.643	0.702	0.663	0.685	0.663	0.682	0.663	0.672	1.169	1.187	1.177	0.663	1.182	0.675	1.177	0.644	1.178	1.152	1.132
Fe ²⁺	0.316	0.301	0.331	0.342	0.318	0.301	0.304	0.353	0.718	0.737	0.735	0.320	0.713	0.311	0.744	0.299	0.726	0.766	0.767
Mn	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.009	0.009	0.009	0.004	0.008	0.004	0.008	0.004	0.009	0.013	0.014
Ca	0.834	0.853	0.825	0.810	0.824	0.862	0.857	0.780	0.036	0.023	0.022	0.844	0.034	0.843	0.022	0.857	0.025	0.021	0.016
Na	0.082	0.056	0.072	0.061	0.067	0.059	0.065	0.066	0.003	0.002	0.002	0.073	0.005	0.064	0.001	0.073	0.001	0.001	0.000
Soma 6	2.020	2.014	2.023	2.016	2.011	2.017	2.015	2.012	2.002	2.004	2.003	2.023	2.001	2.009	2.004	2.013	2.002	1.999	1.996
Σ Cátions	4.020	4.014	4.023	4.016	4.011	4.017	4.015	4.012	4.002	4.004	4.003	4.023	4.001	4.009	4.004	4.013	4.002	3.999	3.996

Tabela 2 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra Análise	TGL-32															TGL-58			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	18	20	1	2	3	4
SiO ₂	51.504	50.023	50.383	50.879	50.830	50.576	50.453	50.607	50.321	50.045	49.974	51.009	51.092	51.511	50.129	51.353	51.034	51.242	50.889
TiO ₂	0.050	0.419	0.110	0.114	0.076	0.473	0.107	0.470	0.468	0.500	0.360	0.089	0.125	0.058	0.478	0.054	0.087	0.071	0.083
Al ₂ O ₃	1.887	4.109	2.642	2.320	2.602	4.394	2.827	4.638	4.405	4.520	4.028	2.873	2.869	1.920	4.369	2.452	2.832	2.874	2.745
Cr ₂ O ₃	0.013	0.028	0.024	0.032	0.023	0.043	0.022	0.038	0.028	0.054	0.037	0.031	0.035	0.032	0.060	0.051	0.062	0.056	0.048
FeO	23.430	9.874	24.506	23.842	24.603	10.294	24.280	9.860	9.956	10.246	17.999	23.513	23.337	23.827	12.919	23.370	23.614	23.819	23.615
MnO	0.435	0.219	0.448	0.446	0.475	0.207	0.417	0.230	0.205	0.189	0.361	0.449	0.359	0.431	0.269	0.358	0.348	0.342	0.380
MgO	20.497	11.587	19.351	19.837	19.717	11.592	19.549	11.386	11.424	11.157	13.945	20.217	20.231	20.600	11.919	20.841	20.499	20.548	20.802
CaO	0.400	21.222	0.644	0.734	0.444	21.103	0.620	21.256	21.122	21.270	11.873	0.407	0.924	0.494	18.254	0.468	0.485	0.534	0.529
Na ₂ O	0.005	0.940	0.010	0.011	0.003	0.890	0.036	0.883	0.844	0.940	0.501	0.007	0.029	0.016	0.788	0.009	0.009	0.023	0.004
K ₂ O	0.000	0.011	0.000	0.000	0.023	0.000	0.007	0.007	0.004	0.004	0.011	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.005	0.009
Total	98.220	98.431	98.118	98.215	98.796	99.573	98.316	99.374	98.776	98.925	99.089	98.595	99.001	98.893	99.184	98.959	98.970	99.515	99.102
Si	1.964	1.908	1.937	1.948	1.939	1.906	1.933	1.907	1.909	1.901	1.910	1.938	1.934	1.955	1.905	1.943	1.933	1.932	1.927
Al ^{IV}	0.036	0.092	0.063	0.052	0.061	0.094	0.067	0.093	0.091	0.099	0.090	0.062	0.066	0.045	0.095	0.057	0.067	0.068	0.073
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.048	0.092	0.057	0.052	0.056	0.101	0.061	0.113	0.106	0.103	0.091	0.067	0.062	0.041	0.101	0.052	0.060	0.059	0.049
Ti	0.001	0.012	0.003	0.003	0.002	0.013	0.003	0.013	0.013	0.014	0.010	0.003	0.004	0.002	0.014	0.002	0.002	0.002	0.002
Cr	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
Mg	1.165	0.659	1.109	1.132	1.121	0.651	1.116	0.639	0.646	0.632	0.794	1.145	1.142	1.165	0.675	1.175	1.157	1.154	1.174
Fe ²⁺	0.747	0.315	0.788	0.763	0.785	0.324	0.778	0.311	0.316	0.325	0.575	0.747	0.739	0.756	0.411	0.739	0.748	0.751	0.748
Mn	0.014	0.007	0.015	0.014	0.015	0.007	0.014	0.007	0.007	0.006	0.012	0.014	0.012	0.014	0.009	0.011	0.011	0.011	0.012
Ca	0.016	0.867	0.027	0.030	0.018	0.852	0.025	0.858	0.859	0.866	0.486	0.017	0.037	0.020	0.743	0.019	0.020	0.022	0.021
Na	0.000	0.069	0.001	0.001	0.000	0.065	0.003	0.065	0.062	0.069	0.037	0.001	0.002	0.001	0.058	0.001	0.001	0.002	0.000
Soma 6	1.993	2.022	2.000	1.997	1.999	2.015	2.001	2.008	2.010	2.017	2.007	1.994	1.999	2.000	2.012	2.001	2.001	2.002	2.009
Σ Cátions	3.993	4.022	4.000	3.997	3.999	4.015	4.001	4.008	4.010	4.017	4.007	3.994	3.999	4.000	4.012	4.001	4.001	4.002	4.009

Tabela 2 – continuação

Amostra Análise	Complexo Guaxupé																		
	TGL-58																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SiO ₂	50.842	49.921	50.670	50.863	50.903	51.121	50.225	50.442	49.354	50.223	49.820	50.581	50.833	49.828	51.001	49.845	50.081	50.205	49.503
TiO ₂	0.578	0.631	0.077	0.080	0.089	0.091	0.500	0.494	0.634	0.506	0.637	0.621	0.086	0.557	0.060	0.526	0.077	0.622	0.655
Al ₂ O ₃	5.103	5.601	2.887	2.738	3.134	2.782	5.145	5.327	5.982	5.197	6.399	5.658	3.368	5.576	2.636	5.620	3.793	5.996	6.120
Cr ₂ O ₃	0.112	0.091	0.052	0.051	0.060	0.041	0.107	0.116	0.128	0.127	0.122	0.116	0.063	0.105	0.071	0.116	0.050	0.123	0.109
FeO	8.813	8.877	24.153	23.924	24.323	23.809	10.324	9.966	10.154	10.118	9.787	8.822	23.872	10.047	24.450	10.592	23.849	9.085	9.809
MnO	0.100	0.096	0.503	0.449	0.491	0.474	0.239	0.227	0.211	0.231	0.171	0.073	0.449	0.229	0.513	0.203	0.439	0.090	0.121
MgO	12.264	12.011	19.918	20.282	20.091	20.284	11.576	11.612	11.065	11.656	11.091	13.276	20.037	11.236	20.080	11.463	19.819	11.389	11.417
CaO	21.313	20.968	0.475	0.539	0.525	0.605	20.764	20.875	21.222	20.601	20.574	19.975	0.484	21.158	0.594	20.082	0.546	21.169	20.377
Na ₂ O	0.999	0.982	0.025	0.014	0.022	0.029	0.969	0.970	1.006	1.064	1.241	0.962	0.026	1.006	0.034	1.012	0.031	1.140	1.144
K ₂ O	0.002	0.013	0.008	0.003	0.010	0.001	0.017	0.004	0.000	0.013	0.016	0.006	0.007	0.000	0.010	0.000	0.000	0.003	0.000
Total	100.125	99.189	98.768	98.942	99.648	99.238	99.866	100.033	99.756	99.734	99.858	100.091	99.225	99.742	99.448	99.458	98.686	99.821	99.254
Si	1.892	1.876	1.931	1.932	1.923	1.934	1.887	1.888	1.859	1.887	1.866	1.876	1.923	1.875	1.933	1.879	1.908	1.876	1.866
Al ^{IV}	0.108	0.124	0.069	0.068	0.077	0.066	0.113	0.112	0.141	0.113	0.134	0.124	0.077	0.125	0.067	0.121	0.092	0.124	0.134
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.116	0.124	0.060	0.055	0.062	0.058	0.115	0.123	0.125	0.117	0.149	0.123	0.074	0.122	0.051	0.129	0.078	0.141	0.138
Ti	0.016	0.018	0.002	0.002	0.003	0.003	0.014	0.014	0.018	0.014	0.018	0.017	0.002	0.016	0.002	0.015	0.002	0.017	0.019
Cr	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003
Mg	0.680	0.673	1.131	1.148	1.131	1.144	0.648	0.648	0.621	0.653	0.619	0.734	1.130	0.630	1.134	0.644	1.125	0.634	0.641
Fe ²⁺	0.274	0.279	0.770	0.760	0.768	0.753	0.324	0.312	0.320	0.318	0.307	0.274	0.755	0.316	0.775	0.334	0.760	0.284	0.309
Mn	0.003	0.003	0.016	0.014	0.016	0.015	0.008	0.007	0.007	0.007	0.005	0.002	0.014	0.007	0.016	0.006	0.014	0.003	0.004
Ca	0.850	0.844	0.019	0.022	0.021	0.025	0.836	0.837	0.857	0.829	0.826	0.794	0.020	0.853	0.024	0.811	0.022	0.848	0.823
Na	0.072	0.072	0.002	0.001	0.002	0.002	0.071	0.070	0.073	0.078	0.090	0.069	0.002	0.073	0.002	0.074	0.002	0.083	0.084
Soma 6	2.014	2.016	2.002	2.004	2.005	2.001	2.018	2.014	2.025	2.020	2.017	2.016	1.999	2.021	2.007	2.017	2.005	2.013	2.020
Σ Cátions	4.014	4.016	4.002	4.004	4.005	4.001	4.018	4.014	4.025	4.020	4.017	4.016	3.999	4.021	4.007	4.017	4.005	4.013	4.020

Tabela 2 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-58				MAG-11														
Análise	24	25	26	27	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
SiO ₂	50.068	50.704	51.033	50.941	50.942	50.812	51.050	52.718	50.256	50.892	50.462	50.606	51.946	50.978	50.356	51.702	52.021	50.776	51.019
TiO ₂	0.573	0.092	0.077	0.062	0.265	0.337	0.263	0.050	0.310	0.276	0.251	0.248	0.040	0.047	0.320	0.076	0.079	0.344	0.293
Al ₂ O ₃	5.491	2.985	2.299	2.411	4.887	5.305	4.849	2.845	5.359	4.903	5.135	4.668	3.662	4.090	5.448	3.544	3.465	5.271	4.516
Cr ₂ O ₃	0.128	0.057	0.060	0.039	0.055	0.081	0.077	0.033	0.032	0.053	0.046	0.030	0.042	0.032	0.058	0.031	0.017	0.063	0.050
FeO	9.339	24.137	24.239	24.516	8.260	8.296	8.210	20.329	9.005	8.786	8.786	8.434	20.176	21.081	8.263	20.452	20.202	8.556	8.866
MnO	0.106	0.448	0.484	0.484	0.216	0.190	0.224	0.395	0.171	0.212	0.184	0.177	0.300	0.404	0.214	0.421	0.392	0.199	0.206
MgO	12.090	20.025	19.949	20.007	12.601	12.388	12.656	23.031	12.524	12.592	12.500	12.432	22.900	22.402	12.354	23.023	22.688	12.470	13.031
CaO	21.079	0.568	0.460	0.449	21.589	21.780	21.938	0.397	21.077	21.174	21.619	21.699	0.413	0.567	21.757	0.438	0.752	21.638	20.558
Na ₂ O	0.951	0.012	0.000	0.023	0.901	0.891	0.784	0.016	0.854	0.878	0.886	0.872	0.005	0.031	0.880	0.000	0.035	0.878	0.933
K ₂ O	0.004	0.000	0.014	0.005	0.005	0.012	0.017	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.010	0.000	0.013	0.009	0.015	0.004	0.011
Total	99.829	99.028	98.613	98.935	99.720	100.092	100.070	99.813	99.590	99.769	99.869	99.165	99.492	99.633	99.662	99.695	99.665	100.198	99.482
Si	1.874	1.926	1.947	1.940	1.900	1.889	1.898	1.944	1.882	1.899	1.885	1.901	1.922	1.896	1.882	1.914	1.924	1.887	1.908
Al ^{IV}	0.126	0.074	0.053	0.060	0.100	0.111	0.102	0.056	0.118	0.101	0.115	0.099	0.078	0.104	0.118	0.086	0.076	0.113	0.092
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.116	0.060	0.051	0.049	0.115	0.122	0.111	0.068	0.118	0.115	0.112	0.108	0.081	0.076	0.122	0.069	0.075	0.118	0.107
Ti	0.016	0.003	0.002	0.002	0.007	0.009	0.007	0.001	0.009	0.008	0.007	0.007	0.001	0.001	0.009	0.002	0.002	0.010	0.008
Cr	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001
Mg	0.674	1.134	1.135	1.136	0.700	0.686	0.701	1.266	0.699	0.700	0.696	0.696	1.263	1.242	0.688	1.270	1.251	0.691	0.726
Fe ²⁺	0.292	0.767	0.774	0.781	0.258	0.258	0.255	0.627	0.282	0.274	0.275	0.265	0.624	0.656	0.258	0.633	0.625	0.266	0.277
Mn	0.003	0.014	0.016	0.016	0.007	0.006	0.007	0.012	0.005	0.007	0.006	0.006	0.009	0.013	0.007	0.013	0.012	0.006	0.007
Ca	0.845	0.023	0.019	0.018	0.863	0.868	0.874	0.016	0.846	0.847	0.865	0.874	0.016	0.023	0.871	0.017	0.030	0.862	0.824
Na	0.069	0.001	0.000	0.002	0.065	0.064	0.057	0.001	0.062	0.063	0.064	0.064	0.000	0.002	0.064	0.000	0.003	0.063	0.068
Soma 6	2.021	2.004	1.997	2.004	2.017	2.016	2.015	1.993	2.022	2.016	2.026	2.020	1.997	2.013	2.020	2.006	1.999	2.018	2.017
Σ Cátions	4.021	4.004	3.997	4.004	4.017	4.016	4.015	3.993	4.022	4.016	4.026	4.020	3.997	4.013	4.020	4.006	3.999	4.018	4.017

Tabela 2 – continuação

Amostra Análise	Complexo Guaxupé															Grupo Araxá			
	MAG-11															TGL-17			
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	4_1	4_2	4_3	5_1
SiO ₂	51.835	51.391	50.935	50.260	50.084	50.449	50.169	50.090	49.638	50.363	50.749	50.672	51.105	51.704	52.216	52.619	52.278	52.379	52.392
TiO ₂	0.047	0.042	0.201	0.226	0.245	0.244	0.224	0.211	0.263	0.230	0.234	0.275	0.261	0.052	0.048	0.387	0.452	0.471	0.497
Al ₂ O ₃	3.794	4.028	4.830	5.579	5.905	5.198	5.625	5.194	5.915	5.315	5.349	4.893	4.630	3.217	2.894	4.272	4.944	4.900	5.338
Cr ₂ O ₃	0.057	0.056	0.097	0.096	0.096	0.069	0.046	0.047	0.051	0.073	0.064	0.048	0.044	0.026	0.029	0.069	0.111	0.108	0.053
FeO	19.452	20.061	7.943	8.127	8.245	8.192	10.465	10.537	8.433	8.042	8.039	11.761	8.239	20.858	20.167	6.869	6.502	6.553	7.087
MnO	0.382	0.419	0.185	0.190	0.203	0.204	0.225	0.234	0.227	0.171	0.163	0.250	0.211	0.458	0.391	0.103	0.086	0.073	0.107
MgO	22.620	22.749	12.985	12.513	12.219	12.522	13.037	13.227	12.098	12.612	12.537	13.977	12.811	22.509	23.117	13.603	13.321	13.247	13.407
CaO	1.205	0.668	21.848	21.910	22.033	22.125	19.169	18.624	21.636	22.117	22.254	17.459	21.298	0.411	0.536	20.455	21.090	20.799	19.819
Na ₂ O	0.035	0.017	0.731	0.824	0.846	0.814	0.755	0.710	0.929	0.835	0.804	0.795	0.916	0.010	0.000	1.301	1.392	1.328	1.440
K ₂ O	0.006	0.001	0.000	0.000	0.003	0.006	0.007	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.006	0.000
Total	99.432	99.432	99.755	99.724	99.880	99.821	99.721	98.891	99.190	99.758	100.193	100.130	99.515	99.247	99.397	99.683	100.164	99.862	100.130
Si	1.918	1.906	1.897	1.876	1.869	1.883	1.878	1.889	1.867	1.880	1.885	1.890	1.908	1.926	1.935	1.940	1.919	1.927	1.921
Al ^{IV}	0.082	0.094	0.103	0.124	0.131	0.117	0.122	0.111	0.133	0.120	0.115	0.110	0.092	0.074	0.065	0.060	0.081	0.073	0.079
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.084	0.082	0.109	0.122	0.129	0.112	0.126	0.120	0.129	0.114	0.119	0.106	0.112	0.068	0.062	0.126	0.133	0.139	0.151
Ti	0.001	0.001	0.006	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.007	0.006	0.007	0.008	0.007	0.001	0.001	0.011	0.012	0.013	0.014
Cr	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002
Mg	1.247	1.257	0.721	0.696	0.679	0.697	0.727	0.743	0.678	0.702	0.694	0.777	0.713	1.250	1.277	0.747	0.729	0.726	0.732
Fe ²⁺	0.602	0.622	0.247	0.254	0.257	0.256	0.328	0.332	0.265	0.251	0.250	0.367	0.257	0.650	0.625	0.212	0.200	0.202	0.217
Mn	0.012	0.013	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.005	0.005	0.008	0.007	0.014	0.012	0.003	0.003	0.002	0.003
Ca	0.048	0.027	0.872	0.876	0.881	0.885	0.769	0.752	0.872	0.885	0.886	0.698	0.852	0.016	0.021	0.808	0.830	0.820	0.779
Na	0.003	0.001	0.053	0.060	0.061	0.059	0.055	0.052	0.068	0.060	0.058	0.058	0.066	0.001	0.000	0.093	0.099	0.095	0.102
Soma 6	1.998	2.005	2.016	2.023	2.024	2.024	2.019	2.015	2.028	2.026	2.020	2.022	2.015	2.001	2.000	2.002	2.009	2.000	2.001
Σ Cátions	3.998	4.005	4.016	4.023	4.024	4.024	4.019	4.015	4.028	4.026	4.020	4.022	4.015	4.001	4.000	4.002	4.009	4.000	4.001

Tabela 2 – continuação

Grupo Araxá																			
Amostra Análise	TGL-17											TGL-38							
	5_2	6_1	6_2	6_3	6_4	6_5	7_1	8_1	8_2	9_1	9_2	1_1	1_2	1_3	2_1	2_2	3_1	4_1	4_2
SiO ₂	52.642	52.630	52.045	51.963	52.034	52.387	52.953	52.110	52.421	52.356	52.551	49.020	50.297	50.921	49.713	49.088	49.450	49.630	50.678
TiO ₂	0.366	0.437	0.476	0.542	0.506	0.512	0.397	0.541	0.476	0.464	0.461	0.661	0.470	0.356	0.482	0.681	0.567	0.577	0.411
Al ₂ O ₃	4.274	4.647	4.866	5.322	5.046	5.064	4.547	5.325	5.042	4.985	5.022	5.395	4.331	4.280	4.957	5.464	5.474	4.875	3.781
Cr ₂ O ₃	0.065	0.067	0.037	0.062	0.064	0.049	0.049	0.067	0.080	0.067	0.070	0.049	0.040	0.011	0.000	0.028	0.035	0.019	0.016
FeO	6.104	6.805	7.648	6.194	6.408	6.465	6.408	7.325	7.037	6.743	7.037	12.092	10.995	10.161	12.189	13.311	10.945	12.203	11.131
MnO	0.088	0.050	0.101	0.069	0.114	0.084	0.070	0.092	0.105	0.119	0.094	0.109	0.108	0.120	0.085	0.103	0.102	0.108	0.104
MgO	13.536	13.311	13.714	12.662	12.754	13.046	13.739	12.989	13.373	13.250	13.366	10.853	11.188	11.194	10.456	10.307	10.695	10.867	11.125
CaO	21.526	20.334	19.002	21.238	20.805	21.162	20.522	19.417	20.043	20.708	20.231	19.472	20.746	21.829	20.257	19.202	21.070	19.545	21.116
Na ₂ O	1.161	1.384	1.297	1.461	1.483	1.373	1.345	1.412	1.431	1.442	1.381	0.984	0.819	0.746	0.927	1.009	0.837	0.910	0.721
K ₂ O	0.011	0.015	0.015	0.000	0.019	0.009	0.000	0.026	0.005	0.000	0.000	0.134	0.028	0.048	0.032	0.041	0.067	0.086	0.014
Total	99.772	99.680	99.200	99.512	99.233	100.151	100.019	99.302	100.012	100.123	100.206	98.769	99.022	99.666	99.096	99.233	99.241	98.819	99.095
Si	1.938	1.938	1.928	1.919	1.927	1.923	1.940	1.927	1.926	1.923	1.927	1.874	1.910	1.917	1.895	1.875	1.877	1.895	1.925
Al ^{IV}	0.062	0.062	0.072	0.081	0.073	0.077	0.060	0.073	0.074	0.077	0.073	0.126	0.090	0.083	0.105	0.125	0.123	0.105	0.075
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.123	0.140	0.140	0.150	0.147	0.142	0.136	0.159	0.144	0.139	0.144	0.118	0.104	0.107	0.118	0.121	0.122	0.114	0.094
Ti	0.010	0.012	0.013	0.015	0.014	0.014	0.011	0.015	0.013	0.013	0.013	0.019	0.013	0.010	0.014	0.020	0.016	0.017	0.012
Cr	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
Mg	0.742	0.731	0.757	0.697	0.704	0.714	0.750	0.716	0.732	0.725	0.730	0.618	0.633	0.628	0.594	0.587	0.605	0.618	0.630
Fe ²⁺	0.188	0.210	0.237	0.191	0.198	0.198	0.196	0.226	0.216	0.207	0.216	0.387	0.349	0.320	0.389	0.425	0.347	0.390	0.354
Mn	0.003	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ca	0.849	0.802	0.754	0.840	0.825	0.832	0.806	0.769	0.789	0.815	0.795	0.798	0.844	0.881	0.827	0.786	0.857	0.800	0.859
Na	0.083	0.099	0.093	0.105	0.106	0.098	0.096	0.101	0.102	0.103	0.098	0.073	0.060	0.054	0.069	0.075	0.062	0.067	0.053
Soma 6	2.000	1.997	1.999	2.002	2.001	2.002	1.998	1.991	2.002	2.007	2.000	2.018	2.009	2.004	2.013	2.018	2.013	2.010	2.005
Σ Cátions	4.000	3.997	3.999	4.002	4.001	4.002	3.998	3.991	4.002	4.007	4.000	4.018	4.009	4.004	4.013	4.018	4.013	4.010	4.005

Tabela 2 – continuação

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38								TGL-39										
Análise	4_3	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	7_1	10_1	1_2	1_3	1_4	5_1	6_1	6_2	6_3	6_4	7_1	7_2	7_3
SiO ₂	48.917	50.419	49.644	50.211	50.178	50.116	49.139	49.340	50.986	50.483	50.266	51.160	50.069	50.440	50.119	50.826	50.429	51.165	51.845
TiO ₂	0.544	0.530	0.642	0.457	0.499	0.442	0.517	0.499	0.423	0.468	0.555	0.312	0.554	0.478	0.515	0.427	0.455	0.335	0.250
Al ₂ O ₃	6.253	4.456	4.833	3.943	4.565	4.855	6.228	5.405	3.748	3.927	4.624	3.087	4.900	4.156	4.638	4.017	4.721	3.642	2.155
Cr ₂ O ₃	0.022	0.016	0.005	0.010	0.015	0.011	0.022	0.014	0.015	0.030	0.028	0.026	0.012	0.019	0.019	0.011	0.016	0.001	0.017
FeO	11.833	11.811	12.132	11.709	11.461	11.577	11.443	12.489	11.258	11.270	12.328	11.193	12.226	12.624	12.153	12.307	10.978	10.995	11.133
MnO	0.116	0.139	0.101	0.099	0.118	0.107	0.112	0.109	0.095	0.098	0.106	0.091	0.099	0.123	0.097	0.113	0.110	0.097	0.104
MgO	10.700	10.735	10.283	10.550	10.403	10.464	10.403	10.107	10.555	10.559	9.635	10.735	9.863	10.191	9.992	10.156	10.537	10.927	11.088
CaO	19.609	20.766	20.682	21.460	21.118	20.854	19.844	19.388	21.761	21.642	21.593	21.626	20.779	21.021	20.860	20.773	21.444	21.268	21.913
Na ₂ O	0.971	0.801	0.850	0.787	0.863	0.857	1.005	0.959	0.743	0.777	0.800	0.607	0.810	0.729	0.763	0.727	0.768	0.690	0.570
K ₂ O	0.053	0.011	0.030	0.008	0.003	0.013	0.046	0.031	0.006	0.005	0.000	0.031	0.021	0.028	0.027	0.002	0.039	0.005	0.015
Total	99.018	99.683	99.200	99.234	99.224	99.297	98.758	98.341	99.590	99.257	99.931	98.868	99.333	99.807	99.183	99.359	99.497	99.126	99.088
Si	1.862	1.908	1.893	1.913	1.907	1.903	1.872	1.894	1.930	1.919	1.906	1.949	1.905	1.915	1.909	1.931	1.907	1.939	1.971
Al ^{IV}	0.138	0.092	0.107	0.087	0.093	0.097	0.128	0.106	0.070	0.081	0.094	0.051	0.095	0.085	0.091	0.069	0.093	0.061	0.029
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.142	0.107	0.110	0.090	0.112	0.120	0.151	0.138	0.097	0.095	0.113	0.088	0.124	0.101	0.118	0.111	0.118	0.102	0.067
Ti	0.016	0.015	0.018	0.013	0.014	0.013	0.015	0.014	0.012	0.013	0.016	0.009	0.016	0.014	0.015	0.012	0.013	0.010	0.007
Cr	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Mg	0.607	0.605	0.584	0.599	0.589	0.592	0.591	0.578	0.595	0.598	0.544	0.610	0.559	0.577	0.567	0.575	0.594	0.617	0.628
Fe ²⁺	0.377	0.374	0.387	0.373	0.364	0.368	0.365	0.401	0.356	0.358	0.391	0.357	0.389	0.401	0.387	0.391	0.347	0.349	0.354
Mn	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003
Ca	0.800	0.842	0.845	0.876	0.860	0.848	0.810	0.797	0.883	0.882	0.877	0.883	0.847	0.855	0.852	0.846	0.869	0.864	0.892
Na	0.072	0.059	0.063	0.058	0.064	0.063	0.074	0.071	0.055	0.057	0.059	0.045	0.060	0.054	0.056	0.054	0.056	0.051	0.042
Soma 6	2.017	2.007	2.011	2.014	2.008	2.007	2.009	2.004	2.001	2.008	2.004	1.994	1.999	2.005	1.999	1.993	2.001	1.995	1.994
Σ Cátions	4.017	4.007	4.011	4.014	4.008	4.007	4.009	4.004	4.001	4.008	4.004	3.994	3.999	4.005	3.999	3.993	4.001	3.995	3.994

Tabela 2 – continuação

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-39						TGL-61.1												
Análise	7_4	7_5	8_1	8_2	10_1	10_2	Inc.	Inc.	Inc.	Inc.	Inc.	Inc.	Inc.	9	11	12	13	14	15
SiO ₂	50.545	50.237	50.552	50.009	51.237	50.232	48.900	48.966	48.976	48.939	47.126	47.272	47.272	47.012	47.240	46.735	48.013	46.784	47.654
TiO ₂	0.420	0.478	0.480	0.542	0.407	0.518	0.945	0.981	0.982	1.008	1.381	1.387	1.324	1.276	1.266	1.248	1.013	1.235	0.985
Al ₂ O ₃	4.407	4.000	4.093	5.213	3.394	4.537	7.846	7.937	7.901	7.849	10.080	10.051	9.557	9.114	9.574	9.718	8.006	10.041	8.089
Cr ₂ O ₃	0.005	0.035	0.005	0.022	0.020	0.025	0.072	0.053	0.052	0.052	0.103	0.085	0.106	0.117	0.108	0.078	0.122	0.051	0.106
FeO	12.071	12.131	12.185	12.626	11.355	12.022	7.740	7.828	7.890	6.986	7.737	7.704	7.638	8.151	8.155	8.225	7.707	8.337	8.152
MnO	0.090	0.108	0.101	0.091	0.063	0.085	0.117	0.067	0.089	0.090	0.072	0.065	0.087	0.100	0.119	0.092	0.085	0.071	0.092
MgO	10.731	10.239	10.211	9.970	10.841	10.177	11.485	11.409	11.401	11.868	10.422	10.427	10.510	10.460	10.188	10.221	10.998	10.132	10.956
CaO	19.928	20.948	20.907	20.344	21.843	21.271	20.935	20.876	21.031	21.361	21.010	21.076	21.395	22.011	21.392	21.670	22.061	21.615	22.161
Na ₂ O	0.704	0.727	0.716	0.872	0.595	0.759	1.360	1.341	1.377	1.354	1.441	1.363	1.369	1.157	1.262	1.220	1.180	1.300	1.055
K ₂ O	0.062	0.028	0.028	0.033	0.008	0.016	0.000	0.011	0.000	0.005	0.001	0.000	0.007	0.006	0.002	0.014	0.025	0.006	0.000
Total	98.963	98.930	99.277	99.721	99.763	99.642	99.400	99.468	99.698	99.513	99.371	99.428	99.265	99.403	99.306	99.220	99.210	99.572	99.249
Si	1.922	1.920	1.924	1.896	1.936	1.906	1.827	1.827	1.825	1.822	1.764	1.768	1.773	1.770	1.775	1.761	1.805	1.757	1.796
Al ^{IV}	0.078	0.080	0.076	0.104	0.064	0.094	0.173	0.173	0.175	0.178	0.236	0.232	0.227	0.230	0.225	0.239	0.195	0.243	0.204
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.120	0.100	0.107	0.129	0.087	0.109	0.172	0.176	0.172	0.167	0.209	0.211	0.196	0.174	0.199	0.193	0.160	0.201	0.155
Ti	0.012	0.014	0.014	0.015	0.012	0.015	0.027	0.028	0.028	0.028	0.039	0.039	0.037	0.036	0.036	0.035	0.029	0.035	0.028
Cr	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003
Mg	0.608	0.583	0.579	0.563	0.610	0.576	0.639	0.635	0.633	0.659	0.582	0.581	0.588	0.587	0.570	0.574	0.616	0.567	0.615
Fe ²⁺	0.384	0.388	0.388	0.400	0.359	0.381	0.242	0.244	0.246	0.218	0.242	0.241	0.240	0.257	0.256	0.259	0.242	0.262	0.257
Mn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003
Ca	0.812	0.858	0.852	0.827	0.884	0.865	0.838	0.835	0.840	0.852	0.843	0.845	0.860	0.888	0.861	0.875	0.889	0.870	0.895
Na	0.052	0.054	0.053	0.064	0.044	0.056	0.099	0.097	0.099	0.098	0.105	0.099	0.100	0.084	0.092	0.089	0.086	0.095	0.077
Soma 6	1.991	2.002	1.996	2.003	1.998	2.005	2.022	2.018	2.023	2.025	2.025	2.020	2.026	2.032	2.022	2.031	2.029	2.033	2.033
Σ Cátions	3.991	4.002	3.996	4.003	3.998	4.005	4.022	4.018	4.023	4.025	4.025	4.020	4.026	4.032	4.022	4.031	4.029	4.033	4.033

Tabela 2 – *continuação*

Amostra Análise	Grupo Araxá								
	TGL-61.1								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	47.899	49.379	47.656	47.431	47.637	47.903	47.800	47.640	47.231
TiO ₂	1.170	0.871	1.133	1.187	1.144	1.143	1.222	1.240	1.201
Al ₂ O ₃	7.999	5.769	8.825	8.643	9.118	8.556	8.545	9.237	9.351
Cr ₂ O ₃	0.110	0.075	0.121	0.093	0.075	0.093	0.085	0.101	0.102
FeO	8.043	7.841	8.055	8.169	8.116	8.152	7.925	8.183	8.030
MnO	0.110	0.081	0.083	0.068	0.061	0.099	0.098	0.094	0.093
MgO	10.860	12.112	10.645	10.561	10.592	10.781	10.798	10.471	10.466
CaO	22.423	22.415	21.800	22.079	21.285	21.493	21.803	20.984	21.445
Na ₂ O	1.061	0.879	1.118	1.145	1.300	1.177	1.114	1.310	1.295
K ₂ O	0.014	0.033	0.016	0.000	0.041	0.022	0.008	0.000	0.016
Total	99.688	99.454	99.450	99.376	99.369	99.419	99.398	99.260	99.229
Si	1.797	1.853	1.788	1.785	1.787	1.797	1.794	1.788	1.776
Al ^{IV}	0.203	0.147	0.212	0.215	0.213	0.203	0.206	0.212	0.224
Soma	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al ^{VI}	0.151	0.108	0.179	0.168	0.190	0.176	0.172	0.196	0.191
Ti	0.033	0.025	0.032	0.034	0.032	0.032	0.034	0.035	0.034
Cr	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
Mg	0.607	0.677	0.595	0.592	0.592	0.603	0.604	0.586	0.587
Fe ²⁺	0.252	0.246	0.253	0.257	0.255	0.256	0.249	0.257	0.253
Mn	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
Ca	0.902	0.901	0.877	0.890	0.856	0.864	0.877	0.844	0.864
Na	0.077	0.064	0.081	0.084	0.095	0.086	0.081	0.095	0.094
Soma 6	2.029	2.025	2.023	2.030	2.024	2.022	2.022	2.019	2.028
Σ Cations	4.029	4.025	4.023	4.030	4.024	4.022	4.022	4.019	4.028

Tabela 3 – Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de plagioclásio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 8 oxigênios.

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-13																		
Análise	1_1	1_2	1_3	1_4	2_1	2_2	3_1	5_1	5_2	5_3	6_1	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	3_2	3_3	3_4
SiO ₂	59.033	59.458	59.276	59.422	59.372	59.375	59.470	59.554	59.113	59.318	59.601	59.618	59.142	59.327	59.648	59.371	58.791	59.053	59.061
Al ₂ O ₃	25.982	25.817	25.980	25.878	26.116	25.984	25.978	25.827	25.717	25.961	25.980	25.879	26.165	25.698	25.585	26.072	25.946	25.967	25.893
Fe ₂ O ₃	0.120	0.117	0.149	0.125	0.153	0.110	0.124	0.134	0.088	0.111	0.120	0.148	0.162	0.113	0.114	0.111	0.111	0.116	0.116
BaO	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.023	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.000	0.000	0.000	0.015	0.006	0.044	0.000
CaO	7.086	7.039	7.165	6.953	7.162	7.005	7.083	7.011	7.147	7.103	7.089	6.996	7.310	6.952	6.992	7.386	7.192	7.049	7.002
Na ₂ O	6.943	7.014	6.906	7.131	6.991	6.973	6.917	7.108	7.029	7.017	6.889	7.043	6.935	7.150	7.118	7.042	6.921	6.833	6.984
K ₂ O	0.502	0.552	0.498	0.690	0.611	0.542	0.586	0.512	0.491	0.608	0.720	0.579	0.555	0.580	0.610	0.485	0.546	0.735	0.536
Total	99.646	99.998	99.972	100.19	100.39	99.990	100.18	100.13	99.580	100.11	100.40	100.27	100.256	99.813	100.057	100.482	99.512	99.798	99.587
Si	2.641	2.651	2.644	2.648	2.640	2.647	2.648	2.652	2.648	2.644	2.649	2.652	2.634	2.652	2.659	2.638	2.637	2.642	2.645
Al ^{IV}	1.371	1.357	1.366	1.359	1.369	1.366	1.363	1.356	1.358	1.364	1.361	1.357	1.374	1.354	1.345	1.366	1.372	1.370	1.367
Soma 4	4.012	4.009	4.010	4.007	4.008	4.013	4.011	4.008	4.006	4.008	4.010	4.009	4.007	4.006	4.004	4.004	4.009	4.011	4.012
Fe ³⁺	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ca	0.340	0.336	0.342	0.332	0.341	0.335	0.338	0.334	0.343	0.339	0.338	0.333	0.349	0.333	0.334	0.352	0.346	0.338	0.336
Na	0.602	0.606	0.597	0.616	0.603	0.603	0.597	0.614	0.611	0.607	0.594	0.607	0.599	0.620	0.615	0.607	0.602	0.593	0.606
K	0.029	0.031	0.028	0.039	0.035	0.031	0.033	0.029	0.028	0.035	0.041	0.033	0.032	0.033	0.035	0.028	0.031	0.042	0.031
Soma 1	0.975	0.978	0.973	0.991	0.984	0.972	0.973	0.982	0.985	0.984	0.976	0.979	0.985	0.989	0.988	0.990	0.983	0.977	0.977
Σ Cátions	4.987	4.987	4.983	4.998	4.992	4.985	4.984	4.989	4.991	4.992	4.986	4.987	4.992	4.996	4.992	4.994	4.992	4.989	4.988
Ab	62.05	62.25	61.70	62.40	61.59	62.26	61.67	62.80	62.19	61.87	61.07	62.38	61.16	62.87	62.53	61.54	61.50	60.94	62.32
An	35.00	34.52	35.37	33.62	34.87	34.56	34.90	34.23	34.95	34.61	34.73	34.24	35.62	33.78	33.94	35.67	35.31	34.74	34.53
Or	2.95	3.22	2.93	3.98	3.54	3.18	3.44	2.97	2.86	3.53	4.20	3.37	3.22	3.35	3.53	2.79	3.19	4.31	3.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-13							TGL-32											
Análise	3_5	4_1	4_2	4_3	4_4	4_5	4_6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	59.193	59.452	59.27	59.230	59.008	58.807	59.091	58.775	58.831	59.172	59.010	58.751	59.126	58.759	58.603	58.801	58.770	58.679	59.312
Al ₂ O ₃	26.107	25.882	25.73	26.263	25.683	26.063	26.532	26.590	26.182	26.223	26.206	26.050	26.287	26.306	26.270	26.484	26.242	25.717	26.181
Fe ₂ O ₃	0.122	0.092	0.182	0.092	0.337	0.146	0.105	0.121	0.142	0.075	0.143	0.150	0.138	0.159	0.176	0.183	0.145	0.113	0.162
BaO	0.000	0.000	0.010	0.017	0.001	0.000	0.000	0.024	0.000	0.034	0.013	0.035	0.030	0.000	0.015	0.024	0.000	0.003	0.000
CaO	7.120	6.967	7.002	7.255	6.928	7.481	7.534	7.744	7.502	7.312	7.478	7.330	7.391	7.337	7.684	7.652	7.408	7.171	7.049
Na ₂ O	6.977	7.146	6.964	6.897	7.012	6.999	7.054	6.721	6.738	6.744	6.890	6.902	6.855	6.776	6.833	6.568	6.854	6.702	6.905
K ₂ O	0.546	0.564	0.611	0.543	0.531	0.495	0.453	0.597	0.508	0.572	0.551	0.637	0.634	0.563	0.573	0.504	0.545	0.589	0.640
Total	100.055	100.09	99.77	100.296	99.500	99.967	100.750	100.572	99.904	100.131	100.291	99.855	100.461	99.900	100.154	100.216	99.963	98.973	100.249
Si	2.639	2.649	2.651	2.635	2.646	2.628	2.620	2.613	2.629	2.636	2.629	2.630	2.630	2.626	2.618	2.620	2.626	2.644	2.640
Al ^{IV}	1.372	1.360	1.356	1.377	1.358	1.373	1.387	1.394	1.379	1.377	1.376	1.375	1.378	1.386	1.383	1.391	1.382	1.366	1.374
Soma 4	4.011	4.009	4.007	4.013	4.004	4.002	4.007	4.007	4.008	4.014	4.005	4.005	4.008	4.012	4.001	4.011	4.008	4.011	4.013
Fe ³⁺	0.004	0.003	0.006	0.003	0.011	0.005	0.004	0.004	0.005	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.004	0.005
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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
Ca	0.340	0.333	0.336	0.346	0.333	0.358	0.358	0.369	0.359	0.349	0.357	0.352	0.352	0.351	0.368	0.365	0.355	0.346	0.336
Na	0.603	0.617	0.604	0.595	0.610	0.607	0.606	0.579	0.584	0.583	0.595	0.599	0.591	0.587	0.592	0.567	0.594	0.586	0.596
K	0.031	0.032	0.035	0.031	0.030	0.028	0.026	0.034	0.029	0.033	0.031	0.036	0.036	0.032	0.033	0.029	0.031	0.034	0.036
Soma 1	0.978	0.985	0.980	0.975	0.984	0.998	0.994	0.987	0.977	0.967	0.988	0.993	0.984	0.976	0.998	0.968	0.984	0.970	0.974
Σ Cátions	4.990	4.994	4.987	4.988	4.989	5.000	5.001	4.994	4.985	4.981	4.994	4.998	4.992	4.988	5.000	4.979	4.993	4.980	4.987
Ab	61.90	62.86	61.98	61.23	62.66	61.08	61.26	58.99	60.06	60.42	60.51	60.69	60.36	60.50	59.65	59.02	60.62	60.64	61.53
An	34.91	33.87	34.44	35.60	34.22	36.08	36.16	37.56	36.96	36.21	36.30	35.62	35.97	36.20	37.06	38.00	36.21	35.85	34.71
Or	3.19	3.26	3.58	3.17	3.12	2.84	2.59	3.45	2.98	3.37	3.19	3.69	3.67	3.31	3.29	2.98	3.17	3.51	3.75
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-32				TGL-58														
Análise	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	58.492	58.910	58.924	58.908	59.187	59.106	59.384	58.945	59.257	59.465	58.690	58.863	58.864	59.392	58.984	59.080	58.671	59.316	58.965
Al ₂ O ₃	26.167	26.241	26.118	26.032	26.070	25.751	25.535	25.744	25.596	25.573	25.902	25.280	25.767	25.597	25.634	25.548	25.523	25.794	25.867
Fe ₂ O ₃	0.120	0.144	0.132	0.148	0.075	0.135	0.087	0.079	0.301	0.096	0.106	0.106	0.124	0.100	0.087	0.086	0.514	0.156	0.124
BaO	0.000	0.000	0.019	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.001	0.015	0.008	0.001	0.005	0.000	0.030	0.000
CaO	7.474	7.304	7.348	7.313	7.138	7.249	7.033	7.149	7.040	6.927	7.016	6.739	6.878	6.978	7.050	6.972	6.979	7.079	7.276
Na ₂ O	6.833	6.907	7.063	6.758	7.194	7.198	7.301	7.173	7.118	7.317	7.142	7.060	7.250	7.212	7.276	7.093	7.094	7.348	7.322
K ₂ O	0.546	0.514	0.553	0.553	0.336	0.298	0.340	0.338	0.454	0.362	0.421	0.435	0.423	0.389	0.400	0.571	0.329	0.354	0.299
Total	99.632	100.020	100.156	99.715	99.999	99.738	99.679	99.427	99.767	99.746	99.290	98.484	99.320	99.676	99.433	99.355	99.110	100.077	99.852
Si	2.623	2.629	2.630	2.636	2.639	2.644	2.656	2.644	2.651	2.657	2.637	2.662	2.644	2.656	2.647	2.653	2.643	2.646	2.637
Al ^{IV}	1.384	1.381	1.374	1.373	1.371	1.358	1.347	1.361	1.350	1.347	1.372	1.348	1.364	1.350	1.356	1.353	1.355	1.356	1.364
Soma 4	4.007	4.010	4.004	4.010	4.010	4.002	4.003	4.006	4.000	4.005	4.010	4.010	4.008	4.006	4.003	4.006	3.998	4.002	4.001
Fe ³⁺	0.004	0.005	0.004	0.005	0.003	0.005	0.003	0.003	0.010	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.017	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ca	0.359	0.349	0.351	0.351	0.341	0.347	0.337	0.344	0.337	0.332	0.338	0.327	0.331	0.334	0.339	0.335	0.337	0.338	0.349
Na	0.594	0.598	0.611	0.586	0.622	0.624	0.633	0.624	0.617	0.634	0.622	0.619	0.631	0.625	0.633	0.618	0.620	0.635	0.635
K	0.031	0.029	0.031	0.032	0.019	0.017	0.019	0.019	0.026	0.021	0.024	0.025	0.024	0.022	0.023	0.033	0.019	0.020	0.017
Soma 1	0.989	0.981	0.999	0.974	0.985	0.993	0.993	0.990	0.991	0.990	0.988	0.974	0.991	0.985	0.998	0.989	0.993	1.000	1.005
Σ Cátions	4.996	4.991	5.002	4.983	4.995	4.995	4.995	4.995	4.991	4.995	4.998	4.984	5.000	4.991	5.001	4.994	4.990	5.002	5.005
Ab	60.35	61.23	61.48	60.54	63.33	63.14	63.98	63.22	62.95	64.28	63.23	63.77	64.00	63.68	63.63	62.65	63.53	63.94	63.45
An	36.48	35.78	35.35	36.20	34.72	35.14	34.06	34.82	34.41	33.63	34.32	33.64	33.55	34.05	34.07	34.03	34.53	34.04	34.84
Or	3.17	3.00	3.17	3.26	1.94	1.72	1.96	1.96	2.64	2.09	2.45	2.58	2.45	2.26	2.30	3.32	1.94	2.03	1.70
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra	MAG-11																		
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	56.244	57.494	57.129	57.032	57.172	57.181	57.509	57.311	56.699	56.665	56.620	56.562	56.204	56.835	54.845	54.891	55.201	55.135	55.304
Al ₂ O ₃	28.081	27.716	27.698	27.519	27.584	27.751	27.542	27.615	27.744	27.969	28.136	28.106	27.836	28.118	29.167	29.251	29.342	29.117	29.241
Fe ₂ O ₃	0.185	0.055	0.094	0.083	0.072	0.079	0.059	0.073	0.091	0.094	0.053	0.055	0.108	0.056	0.108	0.140	0.086	0.073	0.063
BaO	0.000	0.000	0.000	0.027	0.009	0.000	0.004	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.013	0.010	0.000	0.005	0.000	0.007
CaO	9.564	9.005	9.264	9.015	9.005	9.033	9.182	8.975	9.339	9.423	9.482	9.518	9.519	9.386	11.061	10.625	11.101	10.675	10.878
Na ₂ O	6.044	6.338	6.379	6.460	6.445	6.316	6.214	6.225	6.377	6.076	6.102	6.014	6.238	6.094	5.463	5.513	5.237	5.505	5.414
K ₂ O	0.173	0.210	0.195	0.195	0.208	0.193	0.195	0.194	0.191	0.197	0.168	0.175	0.197	0.158	0.096	0.114	0.119	0.124	0.129
Total	100.291	100.81	100.75	100.33	100.49	100.55	100.70	100.39	100.44	100.43	100.56	100.43	100.10	100.66	100.75	100.53	101.09	100.62	101.03
Si	2.520	2.555	2.545	2.551	2.552	2.549	2.559	2.557	2.536	2.532	2.527	2.528	2.524	2.533	2.457	2.461	2.461	2.468	2.466
Al ^{IV}	1.483	1.452	1.455	1.451	1.451	1.458	1.445	1.452	1.463	1.474	1.480	1.481	1.474	1.477	1.540	1.546	1.542	1.537	1.537
Soma 4	4.003	4.008	4.000	4.002	4.003	4.008	4.004	4.009	3.999	4.006	4.008	4.008	3.998	4.010	3.997	4.006	4.003	4.005	4.004
Fe ³⁺	0.006	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.004	0.005	0.003	0.002	0.002
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.459	0.429	0.442	0.432	0.431	0.431	0.438	0.429	0.448	0.451	0.453	0.456	0.458	0.448	0.531	0.510	0.530	0.512	0.520
Na	0.525	0.546	0.551	0.560	0.558	0.546	0.536	0.538	0.553	0.526	0.528	0.521	0.543	0.527	0.474	0.479	0.453	0.478	0.468
K	0.010	0.012	0.011	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.009	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007
Soma 1	1.000	0.989	1.007	1.007	1.003	0.991	0.987	0.981	1.015	0.992	0.993	0.989	1.016	0.986	1.015	1.001	0.993	0.999	0.998
Σ Cátions	5.003	4.997	5.007	5.008	5.006	4.999	4.991	4.990	5.013	4.998	5.000	4.997	5.014	4.996	5.011	5.007	4.996	5.005	5.001
Ab	52.82	55.34	54.87	55.83	55.76	55.23	54.43	55.03	54.67	53.24	53.28	52.81	53.65	53.53	46.94	48.11	45.74	47.93	47.03
An	46.19	43.45	44.03	43.06	43.05	43.66	44.45	43.84	44.25	45.63	45.76	46.19	45.24	45.56	52.52	51.24	53.58	51.36	52.23
Or	0.99	1.21	1.10	1.11	1.18	1.11	1.12	1.13	1.08	1.14	0.96	1.01	1.11	0.91	0.54	0.66	0.68	0.71	0.74
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Complexo Guaxupé									Grupo Araxá										
Amostra	MAG-11								TGL-17									TGL-34	
Análise	20	21	22	23	24	25	26	27	4_1	4_2	4_3	6_1	8_1	8_2	8_3	9_1	9_2	1	2
SiO ₂	55.566	55.315	56.361	56.832	56.953	56.384	56.740	56.529	61.111	61.515	61.456	61.562	61.496	61.687	61.150	61.527	60.878	61.422	60.568
Al ₂ O ₃	28.793	28.852	28.135	28.150	27.690	28.338	28.239	27.913	24.547	24.474	24.381	24.312	24.309	24.519	24.474	24.430	24.606	24.677	24.960
Fe ₂ O ₃	0.071	0.089	0.047	0.061	0.076	0.057	0.085	0.053	0.032	0.030	0.046	0.029	0.026	0.019	0.026	0.029	0.102	0.023	0.000
BaO	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002	0.004	0.000	0.036	0.000	0.018	0.000	0.006	0.024	0.007	0.011	0.000
CaO	10.301	10.324	9.269	9.271	9.164	9.655	9.556	9.542	5.286	5.202	5.150	5.262	5.337	5.282	5.211	5.052	5.485	5.337	5.822
Na ₂ O	5.672	5.472	6.231	6.285	6.351	5.984	6.194	6.175	8.225	7.906	8.181	8.427	8.030	8.243	8.234	8.029	8.210	8.211	8.009
K ₂ O	0.125	0.124	0.186	0.160	0.189	0.186	0.189	0.170	0.609	0.572	0.573	0.539	0.545	0.558	0.567	0.581	0.556	0.387	0.346
Total	100.528	100.19	100.22	100.75	100.42	100.603	101.011	100.384	99.815	99.681	99.822	100.122	99.762	100.300	99.668	99.673	99.843	100.068	99.704
Si	2.487	2.483	2.524	2.531	2.545	2.517	2.523	2.529	2.721	2.735	2.733	2.732	2.735	2.730	2.725	2.737	2.712	2.723	2.699
Al ^{IV}	1.519	1.527	1.486	1.478	1.459	1.491	1.481	1.472	1.288	1.283	1.278	1.272	1.275	1.279	1.286	1.281	1.292	1.290	1.311
Soma 4	4.006	4.010	4.010	4.009	4.003	4.008	4.004	4.002	4.009	4.018	4.011	4.003	4.010	4.009	4.010	4.018	4.004	4.013	4.011
Fe ³⁺	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.494	0.497	0.445	0.442	0.439	0.462	0.455	0.457	0.252	0.248	0.245	0.250	0.254	0.250	0.249	0.241	0.262	0.254	0.278
Na	0.492	0.476	0.541	0.543	0.550	0.518	0.534	0.536	0.710	0.681	0.705	0.725	0.692	0.707	0.711	0.692	0.709	0.706	0.692
K	0.007	0.007	0.011	0.009	0.011	0.011	0.011	0.010	0.035	0.032	0.033	0.031	0.031	0.031	0.032	0.033	0.032	0.022	0.020
Soma 1	0.996	0.983	0.998	0.996	1.002	0.992	1.003	1.005	0.998	0.963	0.985	1.007	0.979	0.990	0.993	0.968	1.006	0.982	0.990
Σ Cátions	5.002	4.993	5.008	5.005	5.005	5.001	5.007	5.006	5.007	4.980	4.996	5.010	4.989	4.999	5.004	4.985	5.010	4.995	5.001
Ab	49.55	48.60	54.30	54.59	55.04	52.30	53.40	53.42	71.23	70.86	71.74	72.09	70.82	71.50	71.68	71.67	70.73	71.93	69.92
An	49.73	50.67	44.63	44.50	43.88	46.63	45.53	45.61	25.30	25.76	24.96	24.87	26.01	25.32	25.07	24.92	26.11	25.84	28.09
Or	0.72	0.72	1.07	0.92	1.08	1.07	1.07	0.97	3.47	3.38	3.31	3.04	3.16	3.18	3.25	3.41	3.15	2.23	1.99
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-34												TGL-38						
Análise	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1_1	1_2	1_3	1_4	2_1	2_2	3_1
SiO ₂	61.310	60.689	61.408	60.864	60.750	60.357	60.619	60.561	61.140	60.983	60.890	60.981	59.623	60.689	61.200	60.012	62.117	62.048	60.809
Al ₂ O ₃	24.455	24.943	24.702	25.112	24.847	24.923	25.102	24.900	24.424	24.953	24.984	24.769	25.813	24.949	24.771	24.991	23.861	24.156	25.158
Fe ₂ O ₃	0.026	0.004	0.000	0.035	0.004	0.004	0.009	0.021	0.020	0.025	0.004	0.010	0.184	0.115	0.071	0.104	0.059	0.059	0.134
BaO	0.016	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CaO	5.291	5.817	5.446	6.131	5.907	6.003	6.036	5.931	5.489	5.768	5.587	5.605	6.881	5.654	5.548	6.118	4.522	4.920	5.900
Na ₂ O	8.145	7.956	8.286	7.923	8.220	7.811	7.936	7.861	8.217	8.209	8.083	8.137	7.382	8.275	8.276	8.129	8.815	8.809	8.130
K ₂ O	0.316	0.271	0.343	0.244	0.242	0.228	0.264	0.255	0.285	0.232	0.240	0.250	0.094	0.099	0.106	0.101	0.089	0.087	0.100
Total	99.558	99.680	100.184	100.308	99.977	99.325	99.964	99.528	99.574	100.170	99.788	99.764	99.966	99.784	99.950	99.422	99.427	100.067	100.193
Si	2.730	2.703	2.720	2.696	2.702	2.698	2.695	2.702	2.725	2.704	2.707	2.713	2.654	2.701	2.715	2.685	2.762	2.746	2.695
Al ^{IV}	1.284	1.310	1.290	1.312	1.303	1.314	1.315	1.310	1.283	1.305	1.310	1.299	1.355	1.309	1.296	1.318	1.251	1.260	1.314
Soma 4	4.014	4.013	4.011	4.008	4.004	4.012	4.010	4.011	4.008	4.009	4.017	4.012	4.009	4.010	4.011	4.003	4.012	4.007	4.009
Fe ³⁺	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.006	0.004	0.002	0.004	0.002	0.002	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.252	0.278	0.258	0.291	0.281	0.288	0.287	0.284	0.262	0.274	0.266	0.267	0.328	0.270	0.264	0.293	0.215	0.233	0.280
Na	0.703	0.687	0.712	0.681	0.709	0.677	0.684	0.680	0.710	0.706	0.697	0.702	0.637	0.714	0.712	0.705	0.760	0.756	0.699
K	0.018	0.015	0.019	0.014	0.014	0.013	0.015	0.015	0.016	0.013	0.014	0.014	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.006
Soma 1	0.975	0.980	0.990	0.987	1.004	0.978	0.987	0.979	0.989	0.994	0.977	0.984	0.977	0.993	0.984	1.008	0.982	0.996	0.989
Σ Cátions	4.988	4.993	5.000	4.994	5.008	4.990	4.997	4.990	4.997	5.003	4.993	4.996	4.986	5.003	4.995	5.010	4.995	5.003	4.998
Ab	72.23	70.10	71.92	69.07	70.60	69.26	69.34	69.53	71.84	71.08	71.35	71.38	65.64	72.18	72.52	70.22	77.51	76.04	70.96
An	25.93	28.32	26.12	29.53	28.04	29.41	29.14	28.99	26.52	27.60	27.26	27.17	33.81	27.25	26.87	29.20	21.97	23.47	28.46
Or	1.84	1.57	1.96	1.40	1.36	1.33	1.52	1.48	1.64	1.32	1.39	1.44	0.55	0.57	0.61	0.58	0.52	0.49	0.58
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-38				TGL-39														
Análise	4_1	4_2	4_3	4_4	1_1	1_2	1_3	2_1	2_2	2_3	2_4	3_1	3_2	3_3	_5_1	10_1	10_2	10_3	10_4
SiO ₂	60.361	61.055	62.282	62.455	61.206	61.361	62.167	62.522	61.936	61.513	61.238	60.942	61.874	61.115	61.986	60.345	61.459	61.975	62.814
Al ₂ O ₃	25.452	24.722	24.193	24.037	24.736	24.566	23.924	23.903	24.358	24.668	24.567	24.787	24.014	24.817	24.172	25.158	25.024	24.224	23.741
Fe ₂ O ₃	0.052	0.087	0.050	0.044	0.079	0.167	0.036	0.028	0.091	0.134	0.094	0.093	0.048	0.107	0.031	0.252	0.069	0.052	0.056
BaO	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.013	0.000	0.006	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000
CaO	6.224	5.600	4.815	4.642	5.333	5.495	4.579	4.677	5.179	5.484	5.455	5.492	4.979	5.785	4.819	5.912	5.523	5.000	4.357
Na ₂ O	7.800	8.421	8.872	8.865	8.448	8.517	9.030	8.882	8.548	8.530	8.405	8.348	8.775	8.120	8.765	8.213	8.248	8.799	9.145
K ₂ O	0.083	0.083	0.093	0.099	0.068	0.061	0.077	0.111	0.093	0.108	0.098	0.057	0.070	0.041	0.130	0.082	0.070	0.099	0.106
Total	99.972	99.961	100.28	100.16	99.848	100.15	99.814	100.11	100.211	100.406	99.853	99.731	99.707	99.992	99.893	99.945	100.412	100.140	100.214
Si	2.682	2.711	2.749	2.759	2.717	2.719	2.757	2.763	2.738	2.719	2.720	2.711	2.748	2.711	2.747	2.685	2.713	2.742	2.772
Al ^{IV}	1.333	1.294	1.259	1.252	1.295	1.283	1.251	1.245	1.270	1.285	1.287	1.300	1.257	1.298	1.263	1.320	1.302	1.264	1.235
Soma 4	4.015	4.006	4.008	4.011	4.012	4.002	4.008	4.008	4.008	4.004	4.007	4.011	4.005	4.009	4.010	4.004	4.016	4.006	4.007
Fe ³⁺	0.002	0.003	0.002	0.001	0.003	0.006	0.001	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	0.001	0.008	0.002	0.002	0.002
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.296	0.266	0.228	0.220	0.254	0.261	0.218	0.221	0.245	0.260	0.260	0.262	0.237	0.275	0.229	0.282	0.261	0.237	0.206
Na	0.672	0.725	0.759	0.759	0.727	0.732	0.776	0.761	0.733	0.731	0.724	0.720	0.755	0.698	0.753	0.708	0.706	0.755	0.783
K	0.005	0.005	0.005	0.006	0.004	0.003	0.004	0.006	0.005	0.006	0.006	0.003	0.004	0.002	0.007	0.005	0.004	0.006	0.006
Soma 1	0.975	0.999	0.994	0.986	0.987	1.002	1.000	0.990	0.987	1.001	0.992	0.988	0.998	0.979	0.990	1.003	0.974	0.999	0.996
Σ Cátions	4.989	5.005	5.003	4.997	4.999	5.004	5.007	4.998	4.994	5.005	4.999	4.999	5.003	4.988	5.001	5.008	4.989	5.005	5.004
Ab	69.06	72.78	76.52	77.12	73.85	73.46	77.77	76.97	74.51	73.34	73.19	73.10	75.82	71.58	76.13	71.21	72.69	75.68	78.68
An	30.45	26.75	22.95	22.32	25.76	26.19	21.79	22.40	24.95	26.05	26.25	26.58	23.78	28.18	23.13	28.33	26.90	23.76	20.72
Or	0.48	0.47	0.53	0.57	0.39	0.35	0.44	0.63	0.54	0.61	0.56	0.33	0.40	0.24	0.74	0.47	0.41	0.56	0.60
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Grupo Araxá																			
Amostra	TGL-39.2								TGL-57										
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	61.504	61.144	61.448	61.538	61.613	61.922	61.382	61.507	61.122	62.081	61.946	61.520	61.498	61.523	61.917	62.133	61.677	62.289	61.405
Al ₂ O ₃	24.533	24.838	24.959	24.639	24.613	24.796	24.979	24.727	24.123	23.869	23.946	23.893	23.964	23.574	23.859	23.796	23.919	23.828	23.831
Fe ₂ O ₃	0.000	0.035	0.011	0.000	0.006	0.003	0.010	0.000	0.032	0.024	0.016	0.016	0.044	0.040	0.032	0.016	0.042	0.022	0.059
BaO	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000
CaO	5.576	5.729	5.611	5.587	5.456	5.493	5.529	5.495	5.065	4.781	4.839	5.054	5.158	4.911	4.662	4.901	4.753	4.824	4.913
Na ₂ O	8.357	8.367	8.506	8.482	8.583	8.519	8.466	8.431	8.346	8.628	8.763	8.498	8.594	8.217	8.502	8.567	8.762	8.518	8.171
K ₂ O	0.286	0.188	0.183	0.164	0.266	0.264	0.238	0.204	0.360	0.316	0.433	0.430	0.343	0.334	0.330	0.332	0.319	0.289	0.612
Total	100.25	100.30	100.71	100.41	100.53	101.01	100.60	100.364	99.062	99.699	99.942	99.411	99.602	98.605	99.301	99.778	99.472	99.770	98.990
Si	2.724	2.708	2.710	2.720	2.722	2.722	2.710	2.720	2.736	2.758	2.750	2.746	2.741	2.762	2.759	2.759	2.749	2.763	2.751
Al ^{IV}	1.281	1.297	1.298	1.284	1.282	1.285	1.300	1.289	1.273	1.250	1.253	1.257	1.259	1.248	1.254	1.246	1.257	1.246	1.258
Soma 4	4.004	4.005	4.007	4.005	4.004	4.006	4.010	4.008	4.010	4.008	4.003	4.003	4.000	4.009	4.013	4.005	4.006	4.009	4.009
Fe ³⁺	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
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	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ca	0.265	0.272	0.265	0.265	0.258	0.259	0.261	0.260	0.243	0.228	0.230	0.242	0.246	0.236	0.223	0.233	0.227	0.229	0.236
Na	0.718	0.719	0.727	0.727	0.735	0.726	0.725	0.723	0.725	0.743	0.754	0.735	0.743	0.715	0.735	0.738	0.757	0.733	0.710
K	0.016	0.011	0.010	0.009	0.015	0.015	0.013	0.012	0.021	0.018	0.025	0.024	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.016	0.035
Soma 1	0.998	1.002	1.003	1.001	1.009	1.000	1.000	0.995	0.989	0.989	1.009	1.002	1.010	0.972	0.977	0.991	1.004	0.979	0.982
Σ Cátions	5.003	5.007	5.010	5.006	5.012	5.006	5.009	5.003	4.999	4.997	5.013	5.005	5.010	4.981	4.990	4.996	5.010	4.988	4.992
Ab	71.88	71.78	72.53	72.64	72.91	72.64	72.50	72.67	73.33	75.17	74.76	73.42	73.64	73.69	75.27	74.54	75.55	74.89	72.38
An	26.50	27.16	26.44	26.44	25.61	25.88	26.16	26.17	24.59	23.02	22.81	24.13	24.43	24.34	22.81	23.56	22.64	23.44	24.05
Or	1.62	1.06	1.03	0.92	1.48	1.48	1.34	1.16	2.08	1.81	2.43	2.44	1.93	1.97	1.92	1.90	1.81	1.67	3.57
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 3 – *continuação*

Grupo Araxá																					
Amostra	TGL-57									TGL-61.1											
Análise	12	14	15	16	17	18	19	20	21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	61.632	61.683	61.668	61.617	62.159	61.629	62.122	61.806	61.860	56.292	56.218	56.027	55.685	55.757	55.605	56.249	56.275	56.320	56.648	56.612	56.169
Al ₂ O ₃	23.913	23.844	23.857	23.961	23.665	23.840	23.979	23.623	23.958	28.233	28.415	28.529	28.616	28.549	28.614	28.302	28.535	28.774	27.931	28.332	28.342
Fe ₂ O ₃	0.003	0.037	0.035	0.028	0.050	0.036	0.044	0.051	0.061	0.022	0.092	0.056	0.052	0.057	0.064	0.084	0.069	0.059	0.032	0.065	0.068
BaO	0.009	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.008	0.000
CaO	4.988	5.009	5.111	5.169	4.919	4.801	4.833	4.805	4.824	9.750	9.731	9.726	10.243	10.115	10.199	9.824	9.773	9.861	9.313	9.350	9.521
Na ₂ O	8.417	8.372	8.512	8.444	8.504	8.461	8.468	8.534	8.405	5.942	5.973	5.948	5.788	5.760	5.798	6.110	6.030	6.259	6.181	6.033	6.077
K ₂ O	0.415	0.416	0.435	0.304	0.440	0.394	0.385	0.450	0.395	0.086	0.056	0.115	0.110	0.102	0.100	0.117	0.098	0.103	0.086	0.109	0.093
Total	99.376	99.375	99.618	99.523	99.736	99.160	99.836	99.268	99.515	100.324	100.484	100.401	100.493	100.339	100.379	100.691	100.787	101.376	100.190	100.509	100.269
Si	2.749	2.752	2.747	2.745	2.762	2.754	2.756	2.760	2.753	2.519	2.512	2.506	2.493	2.498	2.492	2.512	2.508	2.499	2.535	2.525	2.515
Al ^{IV}	1.258	1.254	1.253	1.259	1.240	1.256	1.254	1.244	1.257	1.489	1.497	1.505	1.510	1.508	1.512	1.490	1.500	1.505	1.474	1.490	1.496
Soma 4	4.007	4.006	4.000	4.004	4.002	4.009	4.010	4.004	4.011	4.008	4.009	4.011	4.003	4.006	4.004	4.001	4.008	4.004	4.009	4.015	4.011
Fe ³⁺	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.238	0.239	0.244	0.247	0.234	0.230	0.230	0.230	0.230	0.467	0.466	0.466	0.491	0.486	0.490	0.470	0.467	0.469	0.447	0.447	0.457
Na	0.728	0.724	0.735	0.729	0.733	0.733	0.728	0.739	0.725	0.516	0.517	0.516	0.502	0.500	0.504	0.529	0.521	0.539	0.536	0.522	0.528
K	0.024	0.024	0.025	0.017	0.025	0.022	0.022	0.026	0.022	0.005	0.003	0.007	0.006	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005
Soma 1	0.990	0.989	1.005	0.994	0.994	0.986	0.981	0.996	0.980	0.989	0.990	0.991	1.002	0.994	1.001	1.009	0.996	1.015	0.989	0.977	0.992
Σ Cátions	4.997	4.995	5.006	4.998	4.996	4.996	4.991	5.000	4.991	4.997	4.998	5.002	5.005	5.000	5.006	5.010	5.004	5.019	4.998	4.993	5.003
Ab	73.54	73.35	73.24	73.42	73.87	74.40	74.33	74.31	74.18	52.19	52.45	52.18	50.24	50.45	50.42	52.60	52.46	53.15	54.29	53.52	53.31
An	24.08	24.25	24.30	24.84	23.61	23.33	23.44	23.12	23.53	47.32	47.23	47.15	49.13	48.96	49.01	46.74	46.98	46.28	45.21	45.84	46.16
Or	2.38	2.40	2.46	1.74	2.51	2.28	2.22	2.58	2.29	0.49	0.32	0.66	0.63	0.59	0.57	0.66	0.56	0.57	0.50	0.64	0.53
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 4 – *continuação*

Complexo Guaxupé						Grupo Araxá													
Amostra Análise	TGL-58					TGL-34									TGL-39.2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5
SiO ₂	63.660	63.326	63.273	63.334	63.281	64.797	64.655	64.729	64.627	65.222	64.614	64.754	64.614	64.776	64.713	64.868	64.900	64.911	64.829
Al ₂ O ₃	19.029	19.180	18.954	19.258	19.284	18.907	19.267	19.121	18.928	18.892	19.043	19.230	18.747	19.260	19.280	19.301	19.352	19.132	19.232
Fe ₂ O ₃	0.072	0.039	0.055	0.030	0.031	0.010	0.028	0.022	0.053	0.037	0.028	0.019	0.003	0.021	0.002	0.002	0.022	0.000	0.030
BaO	0.823	1.020	1.076	1.029	0.799	0.615	0.478	0.683	0.578	0.546	0.528	0.710	0.579	0.564	0.312	0.376	0.385	0.360	0.311
CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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	0.608	0.862	0.754	0.885	1.034	1.149	1.840	0.929	1.091	1.112	1.110	1.382	1.186	1.041	1.506	1.434	1.051	1.177	1.041
K ₂ O	14.678	14.429	14.417	14.138	14.180	13.987	12.715	14.338	14.205	14.140	14.040	13.667	13.983	14.010	13.982	13.977	14.520	14.396	14.575
Total	98.869	98.856	98.529	98.674	98.608	99.464	98.983	99.821	99.482	99.948	99.363	99.763	99.111	99.672	99.794	99.958	100.230	99.976	100.017
Si	2.973	2.962	2.969	2.962	2.960	2.991	2.981	2.983	2.986	2.995	2.985	2.979	2.993	2.982	2.975	2.977	2.976	2.982	2.978
Al ^{IV}	1.048	1.058	1.049	1.062	1.063	1.029	1.047	1.039	1.031	1.023	1.037	1.043	1.024	1.045	1.045	1.044	1.046	1.036	1.042
Soma 4	4.020	4.019	4.018	4.024	4.023	4.020	4.029	4.021	4.017	4.018	4.022	4.022	4.017	4.027	4.020	4.021	4.022	4.019	4.020
Fe ³⁺	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Ba	0.015	0.019	0.020	0.019	0.015	0.011	0.009	0.012	0.010	0.010	0.010	0.013	0.011	0.010	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.055	0.078	0.069	0.080	0.094	0.103	0.165	0.083	0.098	0.099	0.099	0.123	0.106	0.093	0.134	0.128	0.093	0.105	0.093
K	0.874	0.861	0.863	0.844	0.846	0.824	0.748	0.843	0.837	0.828	0.827	0.802	0.826	0.823	0.820	0.818	0.849	0.844	0.854
Soma 1	0.947	0.959	0.954	0.944	0.956	0.938	0.922	0.939	0.947	0.939	0.937	0.939	0.944	0.927	0.960	0.953	0.950	0.955	0.954
Σ Cátions	4.967	4.978	4.971	4.968	4.978	4.958	4.951	4.960	4.965	4.957	4.959	4.962	4.961	4.953	4.980	4.974	4.972	4.974	4.974
Ab	5.92	8.33	7.37	8.69	9.98	11.09	18.03	8.96	10.45	10.68	10.73	13.32	11.41	10.15	14.06	13.49	9.91	11.05	9.79
An	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Or	94.08	91.67	92.63	91.31	90.02	88.91	81.97	91.04	89.55	89.32	89.27	86.68	88.59	89.85	85.94	86.51	90.09	88.95	90.21
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 4 – *continuação*[illegible]

Tabela 5 – Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de anfibólio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 23 oxigênios.

Complexo Guaxupé																			
Amostra	TGL-13						TGL-58						MAG-11						
Análise	1_1	2_1	4_1	4_2	4_3	5_1	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	41.813	41.823	41.189	41.918	41.537	41.653	41.268	41.968	42.486	41.079	41.485	41.581	40.811	40.807	41.180	40.959	40.857	40.678	40.925
TiO ₂	2.580	2.573	2.983	2.858	2.975	2.871	2.730	3.147	2.864	2.416	2.271	2.315	1.635	1.739	1.758	1.753	1.831	1.855	1.890
Al ₂ O ₃	12.238	12.269	12.654	12.369	12.544	12.332	12.981	12.609	12.207	13.210	12.862	13.222	14.393	14.232	14.158	13.926	14.043	13.948	13.914
Cr ₂ O ₃	0.000	0.018	0.015	0.019	0.029	0.061	0.133	0.154	0.186	0.167	0.081	0.129	0.063	0.082	0.084	0.082	0.100	0.085	0.070
FeO	13.786	14.434	14.052	13.647	13.575	13.851	13.085	12.709	12.409	14.021	14.282	14.266	13.588	13.600	13.319	13.415	13.570	13.680	13.696
MnO	0.069	0.065	0.077	0.103	0.080	0.079	0.055	0.033	0.069	0.114	0.127	0.101	0.111	0.150	0.132	0.120	0.104	0.135	0.138
MgO	11.407	11.128	11.196	11.452	11.250	11.296	11.297	11.547	11.959	10.813	11.134	11.150	11.677	11.597	11.805	11.770	11.730	11.539	11.605
CaO	11.589	11.284	11.415	11.181	11.459	11.430	11.549	11.855	11.684	11.382	11.645	11.566	11.198	11.323	11.181	11.416	11.115	11.027	10.938
Na ₂ O	1.488	1.488	1.570	1.525	1.485	1.528	1.527	1.436	1.345	1.415	1.498	1.583	2.365	2.348	2.366	2.326	2.449	2.455	2.403
K ₂ O	1.934	1.875	1.975	1.892	1.904	1.937	2.090	2.021	1.869	2.073	2.029	1.927	0.958	0.989	0.974	0.982	0.980	1.011	0.998
Total	96.901	96.957	97.126	96.963	96.836	97.037	96.715	97.478	97.076	96.690	97.413	97.840	96.799	96.866	96.955	96.748	96.779	96.412	96.577
Si	6.293	6.301	6.201	6.291	6.249	6.263	6.213	6.252	6.330	6.209	6.232	6.211	6.120	6.122	6.155	6.147	6.132	6.135	6.155
Al ^{IV}	1.707	1.699	1.799	1.709	1.751	1.737	1.787	1.748	1.670	1.791	1.768	1.789	1.880	1.878	1.845	1.853	1.868	1.865	1.845
Soma	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.464	0.480	0.447	0.479	0.474	0.450	0.517	0.466	0.475	0.562	0.510	0.540	0.665	0.639	0.650	0.611	0.617	0.615	0.622
Ti	0.292	0.292	0.338	0.323	0.337	0.325	0.309	0.353	0.321	0.275	0.257	0.260	0.184	0.196	0.198	0.198	0.207	0.210	0.214
Cr	0.000	0.002	0.002	0.002	0.003	0.007	0.016	0.018	0.022	0.020	0.010	0.015	0.008	0.010	0.010	0.010	0.012	0.010	0.008
Mg	2.558	2.498	2.512	2.561	2.522	2.532	2.535	2.563	2.656	2.435	2.493	2.482	2.610	2.593	2.630	2.633	2.624	2.593	2.601
Fe ²⁺	1.686	1.728	1.702	1.635	1.664	1.687	1.623	1.583	1.527	1.707	1.731	1.703	1.534	1.563	1.513	1.549	1.541	1.571	1.555
Soma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0.049	0.090	0.068	0.078	0.044	0.055	0.024	0.000	0.020	0.065	0.064	0.080	0.171	0.144	0.152	0.135	0.162	0.154	0.168
Mn	0.009	0.008	0.010	0.013	0.010	0.010	0.007	0.004	0.009	0.015	0.016	0.013	0.014	0.019	0.017	0.015	0.013	0.017	0.018
Ca	1.869	1.821	1.841	1.798	1.847	1.842	1.863	1.892	1.865	1.843	1.875	1.851	1.799	1.820	1.791	1.836	1.787	1.782	1.763
Na	0.073	0.080	0.081	0.111	0.099	0.093	0.106	0.104	0.106	0.077	0.045	0.056	0.016	0.017	0.041	0.014	0.037	0.046	0.052
Soma 6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.361	0.354	0.377	0.332	0.334	0.352	0.340	0.311	0.282	0.337	0.391	0.402	0.672	0.666	0.645	0.663	0.676	0.671	0.648
K	0.371	0.360	0.379	0.362	0.365	0.372	0.401	0.384	0.355	0.400	0.389	0.367	0.183	0.189	0.186	0.188	0.188	0.194	0.192
Soma 1	0.732	0.715	0.756	0.694	0.700	0.724	0.741	0.695	0.637	0.737	0.780	0.770	0.855	0.855	0.831	0.851	0.863	0.866	0.840
Σ Cátions	15.732	15.715	15.756	15.694	15.700	15.724	15.741	15.679	15.637	15.737	15.780	15.770	15.855	15.855	15.831	15.851	15.863	15.866	15.840

Tabela 5 – *continuação*

Complexo Guaxupé																			
Amostra Análise	MAG-11																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Inc.
SiO ₂	41.151	41.075	41.033	40.686	40.512	40.530	40.677	40.731	40.814	40.995	41.016	40.932	40.887	41.364	41.362	40.845	40.821	40.939	41.222
TiO ₂	1.917	1.965	1.990	1.954	1.996	2.019	2.061	2.023	2.020	2.016	2.055	2.041	2.033	2.025	1.978	2.067	2.036	1.974	1.506
Al ₂ O ₃	14.033	13.881	13.939	13.950	14.182	14.171	14.063	14.155	13.945	13.796	14.149	13.963	14.255	13.854	13.786	13.948	14.142	13.796	14.016
Cr ₂ O ₃	0.105	0.081	0.082	0.100	0.101	0.098	0.089	0.092	0.097	0.098	0.077	0.086	0.084	0.092	0.084	0.101	0.089	0.209	0.087
FeO	13.719	13.645	13.548	13.564	13.629	13.941	13.684	13.697	13.670	13.888	13.671	13.572	13.629	13.512	13.363	13.497	13.260	13.483	13.771
MnO	0.132	0.133	0.147	0.135	0.136	0.127	0.119	0.142	0.131	0.139	0.151	0.117	0.127	0.131	0.135	0.144	0.132	0.112	0.134
MgO	11.721	11.761	11.668	11.627	11.622	11.598	11.466	11.488	11.541	11.564	11.613	11.587	11.704	11.682	11.816	11.635	11.544	11.282	11.509
CaO	10.983	10.908	10.982	11.188	11.197	11.048	11.058	11.031	10.871	10.920	10.800	11.115	11.320	11.198	11.045	11.262	11.170	11.551	11.110
Na ₂ O	2.428	2.483	2.376	2.462	2.373	2.366	2.379	2.345	2.385	2.382	2.373	2.390	2.435	2.360	2.336	2.318	2.345	2.201	2.532
K ₂ O	1.004	1.012	1.022	1.033	1.043	1.062	1.027	1.047	1.044	1.040	1.060	1.023	1.014	1.003	1.040	1.034	1.058	1.190	0.856
Total	97.193	96.943	96.787	96.699	96.792	96.959	96.624	96.752	96.517	96.838	96.964	96.826	97.488	97.220	96.946	96.851	96.598	96.736	96.743
Si	6.148	6.153	6.153	6.119	6.089	6.087	6.120	6.119	6.143	6.156	6.140	6.140	6.098	6.173	6.184	6.128	6.131	6.156	6.185
Al ^{IV}	1.852	1.847	1.847	1.881	1.911	1.913	1.880	1.881	1.857	1.844	1.860	1.860	1.902	1.827	1.816	1.872	1.869	1.844	1.815
Soma	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.620	0.604	0.618	0.593	0.602	0.597	0.614	0.626	0.618	0.598	0.637	0.610	0.604	0.610	0.614	0.595	0.635	0.602	0.665
Ti	0.215	0.221	0.224	0.221	0.226	0.228	0.233	0.229	0.229	0.228	0.231	0.230	0.228	0.227	0.222	0.233	0.230	0.223	0.170
Cr	0.012	0.010	0.010	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.009	0.010	0.010	0.011	0.010	0.012	0.011	0.025	0.010
Mg	2.610	2.626	2.608	2.606	2.603	2.596	2.571	2.572	2.589	2.588	2.591	2.590	2.601	2.598	2.633	2.601	2.584	2.528	2.574
Fe ²⁺	1.542	1.539	1.541	1.568	1.557	1.567	1.571	1.563	1.554	1.575	1.532	1.560	1.557	1.554	1.521	1.559	1.541	1.621	1.581
Soma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0.172	0.170	0.159	0.138	0.156	0.184	0.151	0.158	0.167	0.169	0.179	0.143	0.143	0.132	0.150	0.135	0.125	0.075	0.147
Mn	0.017	0.017	0.019	0.017	0.017	0.016	0.015	0.018	0.017	0.018	0.019	0.015	0.016	0.017	0.017	0.018	0.017	0.014	0.017
Ca	1.758	1.751	1.765	1.803	1.803	1.778	1.783	1.776	1.753	1.757	1.732	1.786	1.809	1.791	1.769	1.810	1.798	1.861	1.786
Na	0.053	0.062	0.058	0.041	0.023	0.022	0.051	0.048	0.063	0.056	0.070	0.056	0.032	0.061	0.064	0.037	0.061	0.050	0.050
Soma 6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.650	0.659	0.633	0.677	0.669	0.667	0.643	0.635	0.633	0.637	0.619	0.639	0.672	0.622	0.613	0.638	0.622	0.592	0.687
K	0.191	0.193	0.195	0.198	0.200	0.204	0.197	0.201	0.200	0.199	0.202	0.196	0.193	0.191	0.198	0.198	0.203	0.228	0.164
Soma 1	0.842	0.853	0.828	0.875	0.869	0.870	0.840	0.836	0.834	0.836	0.822	0.835	0.865	0.813	0.812	0.836	0.825	0.820	0.850
Σ Cátions	15.842	15.853	15.828	15.875	15.869	15.870	15.840	15.836	15.834	15.836	15.822	15.835	15.865	15.813	15.812	15.836	15.825	15.820	15.850

Tabela 5 – continuação

Amostra Análise	Complexo Guaxupé															Grupo Araxá			
	MAG-11															TGL-17			
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	1_1	1_2	1_3	1_4
SiO ₂	40.908	41.170	40.869	41.679	40.864	41.203	41.207	40.908	40.830	41.526	40.565	40.905	41.019	41.230	40.787	44.239	43.995	43.783	43.714
TiO ₂	1.799	1.831	2.056	1.955	1.947	2.042	1.999	2.024	2.016	2.033	2.009	2.025	1.998	1.940	1.930	2.367	2.575	2.616	2.618
Al ₂ O ₃	14.212	13.709	14.011	13.586	13.954	13.697	13.823	13.882	14.128	13.946	13.747	13.808	13.953	14.027	14.064	12.568	12.836	12.843	12.930
Cr ₂ O ₃	0.082	0.092	0.108	0.082	0.108	0.107	0.118	0.094	0.094	0.107	0.093	0.103	0.077	0.081	0.161	0.071	0.126	0.091	0.120
FeO	13.566	13.594	13.494	13.465	13.353	13.599	13.628	13.538	13.472	13.136	13.480	13.526	13.421	13.356	13.442	8.684	8.876	9.079	9.374
MnO	0.136	0.166	0.139	0.138	0.149	0.160	0.156	0.146	0.143	0.131	0.135	0.120	0.162	0.143	0.117	0.075	0.066	0.052	0.075
MgO	11.498	11.467	11.318	11.877	11.497	11.526	11.617	11.411	11.449	11.585	11.332	11.256	11.423	11.400	11.271	14.462	14.124	14.080	14.096
CaO	11.024	11.160	11.147	11.443	11.360	11.585	11.237	11.401	11.255	11.383	11.279	11.379	11.329	11.245	11.433	11.030	10.990	10.697	10.742
Na ₂ O	2.386	2.306	2.272	2.302	2.306	2.307	2.299	2.398	2.236	2.380	2.292	2.280	2.347	2.346	2.298	2.188	2.252	2.265	2.292
K ₂ O	1.007	0.993	1.084	1.078	1.106	1.060	1.091	1.090	1.120	1.065	1.127	1.075	1.110	1.118	1.182	1.109	1.150	1.190	1.203
Total	96.619	96.488	96.498	97.604	96.642	97.286	97.175	96.892	96.742	97.291	96.060	96.475	96.840	96.887	96.684	96.791	96.989	96.695	97.163
Si	6.145	6.194	6.150	6.197	6.143	6.160	6.162	6.141	6.131	6.184	6.143	6.162	6.153	6.174	6.135	6.445	6.407	6.400	6.372
Al ^{IV}	1.855	1.806	1.850	1.803	1.857	1.840	1.838	1.859	1.869	1.816	1.857	1.838	1.847	1.826	1.865	1.555	1.593	1.600	1.628
Soma	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.662	0.626	0.636	0.579	0.616	0.574	0.599	0.598	0.632	0.633	0.597	0.615	0.621	0.650	0.629	0.604	0.611	0.613	0.594
Ti	0.203	0.207	0.233	0.219	0.220	0.230	0.225	0.229	0.228	0.228	0.229	0.229	0.225	0.218	0.218	0.259	0.282	0.288	0.287
Cr	0.010	0.011	0.013	0.010	0.013	0.013	0.014	0.011	0.011	0.013	0.011	0.012	0.009	0.010	0.019	0.008	0.014	0.010	0.014
Mg	2.574	2.571	2.538	2.632	2.576	2.568	2.589	2.553	2.562	2.571	2.558	2.527	2.554	2.544	2.527	3.140	3.065	3.067	3.062
Fe ²⁺	1.551	1.585	1.581	1.561	1.575	1.615	1.574	1.609	1.568	1.556	1.605	1.617	1.590	1.578	1.607	0.989	1.027	1.022	1.043
Soma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0.153	0.126	0.118	0.114	0.103	0.085	0.130	0.090	0.124	0.080	0.102	0.088	0.093	0.095	0.084	0.069	0.054	0.088	0.100
Mn	0.017	0.021	0.018	0.017	0.019	0.020	0.020	0.019	0.018	0.016	0.017	0.015	0.021	0.018	0.015	0.009	0.008	0.006	0.009
Ca	1.774	1.799	1.797	1.823	1.830	1.856	1.800	1.834	1.811	1.816	1.830	1.837	1.821	1.804	1.843	1.722	1.715	1.675	1.678
Na	0.055	0.054	0.067	0.046	0.048	0.039	0.049	0.057	0.047	0.087	0.050	0.060	0.065	0.083	0.058	0.200	0.223	0.231	0.213
Soma 6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.640	0.619	0.595	0.618	0.624	0.630	0.617	0.641	0.604	0.600	0.623	0.606	0.618	0.598	0.612	0.418	0.413	0.411	0.435
K	0.193	0.191	0.208	0.205	0.212	0.202	0.208	0.209	0.215	0.202	0.218	0.207	0.213	0.214	0.227	0.206	0.214	0.222	0.224
Soma 1	0.833	0.809	0.804	0.822	0.836	0.832	0.825	0.850	0.819	0.803	0.841	0.812	0.830	0.812	0.839	0.624	0.626	0.633	0.659
Σ Cátions	15.833	15.809	15.804	15.822	15.836	15.832	15.825	15.850	15.819	15.803	15.841	15.812	15.830	15.812	15.839	15.624	15.626	15.633	15.659

Tabela 5 – continuação

Grupo Araxá																			
Amostra Análise	TGL-17									TGL-38							TGL-39		
	1_5	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	2_6	3_1	3_2	1_1	1_2	3_1	3_2	6_1	6_2	6_3	2_1	2_2	2_3
SiO ₂	43.991	43.190	43.569	43.306	43.679	43.909	43.965	44.773	44.474	42.512	42.415	42.461	42.642	42.658	42.460	42.563	49.933	42.366	43.572
TiO ₂	2.451	2.502	2.529	2.518	2.379	2.360	2.500	2.442	2.518	2.207	2.207	2.166	2.315	2.262	2.140	2.221	0.136	2.036	1.685
Al ₂ O ₃	12.661	12.974	13.055	12.655	12.783	12.731	12.385	12.092	12.282	11.859	12.291	12.442	11.976	12.552	12.075	12.143	5.688	11.788	11.039
Cr ₂ O ₃	0.136	0.112	0.146	0.148	0.138	0.138	0.128	0.110	0.122	0.070	0.048	0.061	0.043	0.044	0.027	0.074	0.014	0.035	0.025
FeO	8.942	9.543	9.303	9.197	9.602	9.367	9.278	9.383	9.394	16.346	16.331	16.779	16.233	16.363	16.390	16.529	16.929	18.564	19.328
MnO	0.041	0.042	0.044	0.061	0.059	0.056	0.055	0.053	0.055	0.089	0.106	0.100	0.095	0.049	0.089	0.082	0.159	0.141	0.165
MgO	14.188	13.559	13.765	13.643	13.621	13.879	14.203	14.028	14.169	9.547	9.795	9.617	9.684	9.712	9.817	9.670	11.386	8.427	8.049
CaO	11.203	10.874	11.081	11.157	11.151	11.320	10.782	10.963	10.755	11.527	11.153	11.243	11.393	11.416	11.553	11.365	12.003	11.140	11.617
Na ₂ O	2.163	2.336	2.337	2.336	2.260	2.360	2.234	2.235	2.230	2.105	2.257	2.204	2.189	2.233	2.177	2.150	0.700	1.829	1.573
K ₂ O	1.195	1.071	1.087	0.998	0.987	0.947	1.021	1.119	1.225	0.542	0.479	0.544	0.486	0.554	0.531	0.499	0.156	0.609	0.559
Total	96.971	96.203	96.915	96.018	96.659	97.065	96.552	97.199	97.224	96.802	97.081	97.618	97.056	97.842	97.259	97.295	97.104	96.935	97.612
Si	6.414	6.366	6.368	6.390	6.405	6.407	6.437	6.511	6.471	6.428	6.387	6.373	6.422	6.374	6.393	6.402	7.407	6.454	6.599
Al ^{IV}	1.586	1.634	1.632	1.610	1.595	1.593	1.563	1.489	1.529	1.572	1.613	1.627	1.578	1.626	1.607	1.598	0.593	1.546	1.401
Soma	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.591	0.621	0.617	0.591	0.615	0.597	0.575	0.584	0.577	0.542	0.569	0.575	0.548	0.586	0.536	0.555	0.402	0.571	0.570
Ti	0.269	0.277	0.278	0.279	0.262	0.259	0.275	0.267	0.276	0.251	0.250	0.244	0.262	0.254	0.242	0.251	0.015	0.233	0.192
Cr	0.016	0.013	0.017	0.017	0.016	0.016	0.015	0.013	0.014	0.008	0.006	0.007	0.005	0.005	0.003	0.009	0.002	0.004	0.003
Mg	3.083	2.978	2.998	3.000	2.977	3.018	3.099	3.040	3.072	2.151	2.198	2.151	2.174	2.163	2.203	2.168	2.517	1.913	1.817
Fe ²⁺	1.042	1.111	1.089	1.113	1.130	1.110	1.036	1.096	1.061	2.047	1.977	2.022	2.011	1.992	2.016	2.017	2.064	2.279	2.418
Soma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0.049	0.066	0.048	0.022	0.047	0.033	0.100	0.045	0.082	0.020	0.080	0.084	0.033	0.053	0.048	0.062	0.036	0.086	0.030
Mn	0.005	0.005	0.005	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.011	0.013	0.013	0.012	0.006	0.011	0.010	0.020	0.018	0.021
Ca	1.750	1.717	1.735	1.764	1.752	1.770	1.692	1.708	1.677	1.868	1.800	1.808	1.838	1.828	1.864	1.832	1.908	1.818	1.885
Na	0.196	0.212	0.212	0.206	0.194	0.191	0.201	0.240	0.235	0.101	0.107	0.095	0.116	0.113	0.077	0.096	0.036	0.077	0.063
Soma 6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.416	0.456	0.451	0.462	0.449	0.477	0.433	0.390	0.394	0.516	0.552	0.546	0.523	0.534	0.559	0.531	0.165	0.463	0.399
K	0.222	0.201	0.203	0.188	0.185	0.176	0.191	0.208	0.227	0.105	0.092	0.104	0.093	0.106	0.102	0.096	0.030	0.118	0.108
Soma 1	0.638	0.657	0.653	0.650	0.634	0.653	0.624	0.598	0.622	0.620	0.644	0.651	0.617	0.639	0.661	0.627	0.195	0.582	0.507
Σ Cátions	15.638	15.657	15.653	15.650	15.634	15.653	15.624	15.598	15.622	15.620	15.644	15.651	15.617	15.639	15.661	15.627	15.195	15.582	15.507

Tabela 5 – continuação

Grupo Araxá																					
Amostra	TGL-39		TGL-61.1																		
Análise	5_1	7_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	42.886	42.632	40.282	42.425	41.014	42.633	40.678	40.462	39.952	41.296	41.651	41.529	41.116	41.264	41.729	41.553	41.155	41.703	40.943	41.100	41.478
TiO ₂	1.805	1.898	2.926	2.466	2.381	2.284	2.960	2.843	3.188	2.965	2.762	2.696	2.796	2.793	2.794	2.757	2.755	2.723	2.719	2.736	2.558
Al ₂ O ₃	11.633	12.080	14.885	13.755	14.932	13.706	15.244	15.181	14.772	14.490	14.398	13.934	14.175	14.476	14.346	14.536	14.692	14.411	14.767	14.621	14.151
Cr ₂ O ₃	0.017	0.021	0.088	0.069	0.090	0.079	0.115	0.135	0.209	0.068	0.078	0.080	0.096	0.073	0.083	0.075	0.092	0.091	0.084	0.080	0.089
FeO	17.238	16.549	11.950	11.339	11.758	11.242	10.812	11.645	12.844	11.324	11.491	11.751	11.523	11.565	11.580	11.451	11.720	11.555	11.978	11.645	11.445
MnO	0.085	0.089	0.079	0.053	0.073	0.039	0.041	0.061	0.092	0.057	0.068	0.048	0.091	0.069	0.036	0.076	0.055	0.055	0.057	0.078	0.090
MgO	9.540	9.638	11.413	12.417	11.752	12.761	12.096	11.361	10.736	12.204	12.148	12.150	11.958	12.028	11.988	12.138	11.934	11.944	11.781	12.029	12.045
CaO	11.164	10.971	11.517	11.334	11.128	11.278	11.669	11.545	11.592	11.008	11.324	11.503	11.490	11.351	11.364	11.448	11.107	11.190	11.215	11.686	11.190
Na ₂ O	1.953	1.904	2.589	2.471	2.542	2.448	2.556	2.410	2.484	2.556	2.530	2.500	2.414	2.553	2.474	2.544	2.569	2.512	2.577	2.462	2.552
K ₂ O	0.473	0.534	0.907	0.860	0.923	0.826	0.843	0.891	0.868	1.005	0.937	0.922	0.928	0.943	0.958	0.909	0.987	0.938	0.941	0.912	0.926
Total	96.793	96.314	96.636	97.187	96.593	97.297	97.015	96.533	96.735	96.972	97.386	97.112	96.585	97.114	97.352	97.488	97.066	97.123	97.063	97.348	96.523
Si	6.492	6.463	6.020	6.252	6.105	6.267	6.016	6.035	5.995	6.113	6.142	6.156	6.125	6.111	6.156	6.123	6.099	6.163	6.078	6.080	6.171
Al ^{IV}	1.508	1.537	1.980	1.748	1.895	1.733	1.984	1.965	2.005	1.887	1.858	1.844	1.875	1.889	1.844	1.877	1.901	1.837	1.922	1.920	1.829
Soma	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.568	0.621	0.643	0.641	0.726	0.642	0.673	0.704	0.609	0.642	0.645	0.591	0.614	0.638	0.652	0.648	0.666	0.674	0.663	0.629	0.653
Ti	0.205	0.216	0.329	0.273	0.267	0.252	0.329	0.319	0.360	0.330	0.306	0.301	0.313	0.311	0.310	0.306	0.307	0.303	0.304	0.304	0.286
Cr	0.002	0.003	0.010	0.008	0.011	0.009	0.013	0.016	0.025	0.008	0.009	0.009	0.011	0.009	0.010	0.009	0.011	0.011	0.010	0.009	0.010
Mg	2.152	2.177	2.542	2.727	2.607	2.796	2.666	2.525	2.401	2.692	2.670	2.684	2.655	2.655	2.636	2.666	2.636	2.631	2.607	2.652	2.671
Fe ²⁺	2.073	1.982	1.475	1.351	1.390	1.301	1.318	1.435	1.606	1.328	1.369	1.415	1.406	1.388	1.393	1.372	1.380	1.382	1.417	1.405	1.379
Soma	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fe ²⁺	0.110	0.116	0.018	0.046	0.074	0.081	0.019	0.017	0.006	0.074	0.048	0.042	0.029	0.045	0.036	0.039	0.072	0.046	0.070	0.036	0.045
Mn	0.011	0.011	0.010	0.007	0.009	0.005	0.005	0.008	0.012	0.007	0.009	0.006	0.011	0.009	0.005	0.010	0.007	0.007	0.007	0.010	0.011
Ca	1.811	1.782	1.844	1.790	1.775	1.776	1.849	1.845	1.864	1.746	1.789	1.827	1.834	1.801	1.796	1.808	1.764	1.772	1.784	1.852	1.784
Na	0.069	0.091	0.127	0.157	0.142	0.138	0.126	0.130	0.118	0.173	0.154	0.125	0.125	0.145	0.163	0.144	0.157	0.175	0.139	0.103	0.160
Soma 6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.504	0.469	0.623	0.549	0.592	0.560	0.607	0.567	0.604	0.561	0.569	0.593	0.572	0.588	0.545	0.583	0.581	0.545	0.603	0.603	0.577
K	0.091	0.103	0.173	0.162	0.175	0.155	0.159	0.169	0.166	0.190	0.176	0.174	0.176	0.178	0.180	0.171	0.187	0.177	0.178	0.172	0.176
Soma 1	0.596	0.572	0.796	0.710	0.767	0.715	0.766	0.737	0.770	0.750	0.745	0.768	0.748	0.766	0.725	0.754	0.767	0.722	0.781	0.776	0.752
Σ Cátions	15.596	15.572	15.796	15.710	15.767	15.715	15.766	15.737	15.770	15.750	15.745	15.768	15.748	15.766	15.725	15.754	15.767	15.722	15.781	15.776	15.752

Tabela 6 - Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de biotita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 22 oxigênios.

Complexo Guaxupé						Grupo Araxá																	
Amostra Análise	TGL-58					TGL-39.2							TGL-57										
	1	3	4	5	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	7	8	9	11		
SiO ₂	37.250	37.354	37.245	37.465	37.436	35.932	35.985	35.509	35.570	35.143	34.962	35.090	37.046	36.667	36.587	36.779	37.095	36.322	36.596	36.737	36.601		
TiO ₂	5.598	5.617	5.499	5.730	5.588	4.165	4.928	4.219	3.894	3.876	4.152	4.134	5.011	5.719	5.339	5.583	5.338	5.426	5.276	5.416	5.648		
Al ₂ O ₃	13.996	14.116	14.041	14.056	14.139	17.915	17.895	17.722	17.359	17.354	16.901	17.177	15.614	15.596	15.541	15.930	15.427	16.060	15.598	15.590	15.266		
Cr ₂ O ₃	0.121	0.082	0.147	0.120	0.097	0.069	0.080	0.104	0.055	0.062	0.060	0.067	0.082	0.160	0.184	0.163	0.120	0.115	0.127	0.170	0.147		
FeO	11.018	11.485	12.286	11.611	11.271	15.533	15.970	16.790	17.684	18.934	19.650	20.094	10.728	11.586	11.302	11.518	11.462	11.773	11.650	12.035	12.628		
MnO	0.000	0.023	0.018	0.014	0.029	0.007	0.001	0.001	0.039	0.018	0.065	0.068	0.017	0.019	0.027	0.012	0.028	0.022	0.005	0.039	0.007		
MgO	15.812	15.438	15.189	15.279	15.540	11.163	10.235	10.387	10.021	9.160	8.671	8.489	15.388	14.256	14.545	14.393	14.746	14.419	14.653	14.152	13.865		
BaO	0.251	0.356	0.295	0.295	0.278	0.093	0.136	0.095	0.080	0.116	0.140	0.129	0.249	0.276	0.222	0.263	0.354	0.181	0.265	0.323	0.306		
CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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	0.037	0.049	0.016	0.029	0.015	0.165	0.106	0.086	0.088	0.140	0.135	0.084	0.028	0.037	0.010	0.042	0.028	0.041	0.053	0.028	0.028		
K ₂ O	9.631	9.513	9.242	9.456	9.493	9.260	9.312	9.357	9.434	9.289	9.326	9.277	9.252	9.462	9.393	9.629	9.393	9.426	9.165	9.423	9.465		
Total	93.754	94.084	94.028	94.112	93.938	94.328	94.683	94.295	94.260	94.138	94.104	94.677	93.427	93.787	93.154	94.320	93.996	93.793	93.400	93.913	93.974		
Si	5.580	5.586	5.585	5.599	5.596	5.428	5.429	5.409	5.447	5.426	5.429	5.421	5.534	5.494	5.508	5.478	5.537	5.443	5.498	5.508	5.505		
Al ^{IV}	2.420	2.414	2.415	2.401	2.404	2.572	2.571	2.591	2.553	2.574	2.571	2.579	2.466	2.506	2.492	2.522	2.463	2.557	2.502	2.492	2.495		
Soma 8	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	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000		
Al ^{VI}	0.051	0.075	0.067	0.075	0.087	0.619	0.611	0.591	0.582	0.585	0.523	0.549	0.283	0.248	0.266	0.276	0.252	0.280	0.260	0.263	0.211		
Ti	0.631	0.632	0.620	0.644	0.628	0.473	0.559	0.483	0.449	0.450	0.485	0.480	0.563	0.644	0.604	0.625	0.599	0.611	0.596	0.611	0.639		
Cr	0.014	0.010	0.017	0.014	0.011	0.008	0.009	0.012	0.007	0.008	0.007	0.008	0.010	0.019	0.022	0.019	0.014	0.014	0.015	0.020	0.017		
Mg	3.530	3.441	3.394	3.403	3.462	2.513	2.301	2.358	2.287	2.108	2.007	1.954	3.426	3.183	3.263	3.195	3.280	3.220	3.280	3.162	3.108		
Fe ²⁺	1.380	1.436	1.541	1.451	1.409	1.962	2.015	2.139	2.265	2.445	2.552	2.596	1.340	1.452	1.423	1.435	1.431	1.475	1.464	1.509	1.588		
Mn	0.000	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000	0.005	0.002	0.009	0.009	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.001	0.005	0.001		
Soma 6	5.606	5.597	5.642	5.589	5.601	5.577	5.496	5.583	5.594	5.598	5.583	5.596	5.624	5.549	5.581	5.552	5.580	5.603	5.616	5.570	5.564		
Ba	0.015	0.021	0.017	0.017	0.016	0.006	0.008	0.006	0.005	0.007	0.008	0.008	0.015	0.016	0.013	0.015	0.021	0.011	0.016	0.019	0.018		
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Na	0.011	0.014	0.005	0.008	0.004	0.048	0.031	0.025	0.026	0.042	0.041	0.025	0.008	0.011	0.003	0.012	0.008	0.012	0.016	0.008	0.008		
K	1.840	1.815	1.768	1.803	1.810	1.785	1.792	1.818	1.843	1.830	1.848	1.828	1.763	1.809	1.804	1.830	1.789	1.802	1.756	1.802	1.816		
Soma	1.866	1.850	1.790	1.828	1.831	1.838	1.831	1.849	1.874	1.879	1.897	1.861	1.786	1.836	1.820	1.857	1.817	1.825	1.788	1.829	1.842		
Σ Cátions	15.472	15.447	15.432	15.417	15.432	15.415	15.328	15.433	15.468	15.476	15.479	15.458	15.409	15.385	15.401	15.409	15.398	15.427	15.404	15.399	15.407		
X _{Mg}	0.719	0.705	0.688	0.701	0.711	0.562	0.533	0.524	0.502	0.463	0.440	0.430	0.719	0.687	0.696	0.690	0.696	0.686	0.691	0.677	0.662		

Tabela 7 - Análises químicas por microsonda eletrônica em cristais de escapolita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados para 12 (Si, Al).

Amostra Análise	Grupo Araxá								
	TGL-61.1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	45.860	45.970	45.990	45.520	45.260	45.340	45.520	45.560	45.500
TiO ₂	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.010	0.000
Al ₂ O ₃	26.420	26.720	26.650	27.740	27.600	27.610	27.400	27.350	27.830
Cr ₂ O ₃	0.010	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
Fe ₂ O ₃	0.080	0.080	0.130	0.120	0.500	0.130	0.130	0.120	0.110
MnO	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.020	0.020	0.010	0.000
MgO	0.030	0.020	0.030	0.020	0.050	0.050	0.030	0.050	0.030
CaO	16.670	16.540	16.870	17.920	17.750	17.880	17.480	17.700	17.880
Na ₂ O	3.910	3.960	3.780	3.360	3.270	3.290	3.420	3.440	3.310
K ₂ O	0.040	0.030	0.030	0.060	0.060	0.020	0.050	0.040	0.030
SO ₃	6.246	6.493	6.579	3.529	4.103	3.461	4.300	4.136	2.998
Total	99.270	99.826	100.081	98.282	98.603	97.822	98.364	98.425	97.681
Si	7.150	7.140	7.143	6.992	6.983	6.998	7.042	7.030	6.997
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	4.857	4.892	4.879	5.025	5.021	5.023	4.996	4.976	5.046
Cr	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe ³⁺	0.009	0.009	0.015	0.014	0.058	0.015	0.015	0.014	0.012
Mn	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000
Mg	0.007	0.006	0.007	0.005	0.012	0.012	0.008	0.012	0.007
Ca	2.785	2.753	2.808	2.950	2.935	2.957	2.898	2.927	2.946
Na	1.183	1.192	1.140	1.001	0.979	0.985	1.027	1.030	0.986
K	0.008	0.006	0.006	0.012	0.011	0.004	0.010	0.007	0.005
Σ Cations	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
% Meionita	70.17	69.81	71.19	74.56	75.22	75.13	73.82	74.02	74.95

ANEXO II

**Tabelas de análises químicas de
elementos traço**

**Geotermobarometria Zr-em-
rutilo e Ti-em-quartzo**

Tabela 1 – Teores de Si, Al, V, Sn, Cr, Sb, Ta, Fe, W, Hf, Zr, Nb e Ti (em ppm) em cristais de rutilo nas amostras do Grupo Araxá e temperaturas calculadas utilizando o termômetro Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) para o campo do quartzo β para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar.

Amostra	Cristal	Textura	Si	Al	V	Sn	Cr	Sb	Ta	Fe	W	Hf	Zr	Nb	Ti	T(°C) - 13 kb	T(°C) - 14 kb	T(°C) - 15 kb
TGL-17	rt_1	Matriz	0	249	1790	0	1308	0	0	1498	0	45	1797	1195	596089	834	839	845
	rt_2	Matriz	0	88	1429	0	1184	0	0	7715	0	22	2092	1668	593506	851	857	862
	rt_3	Matriz	0	270	1929	0	868	0	0	1228	0	0	2130	1487	594108	853	859	864
	rt_4	Matriz	0	85	1856	0	1015	0	21	7262	6	0	2170	1383	590764	855	861	867
	rt_5	Matriz	0	1270	2079	0	854	0	110	4913	10	60	1586	1593	592575	820	826	831
	rt_6	Matriz	0	82	2441	32	1054	0	81	841	86	0	1278	1591	597509	797	803	808
	rt_7	Matriz	0	89	1825	0	965	0	14	8357	0	67	1759	1623	590399	831	837	843
	rt_9	Matriz	0	92	1915	63	961	0	37	1539	0	100	1294	1763	595038	798	804	809
	rt_10	Matriz	0	914	1908	0	1089	0	0	13452	0	0	1938	1311	583956	842	848	854
	rt_11	Matriz	0	55	2239	47	2008	0	62	652	37	6	1404	1307	594939	807	813	818
	rt_14	Matriz	0	40	1733	23	1201	0	0	0	0	15	2237	1487	596524	859	864	870
	rt_15	Matriz	151	97	1792	0	1203	0	31	794	4	0	2252	1505	596872	859	865	871
	rt_17	Matriz	0	57	1910	13	1239	0	8	1072	0	53	1868	1274	597140	838	844	849
	rt_18	Matriz	0	60	1723	25	1238	0	0	3843	0	53	1174	1416	596252	788	794	799
	rt_19	Matriz	0	37	1688	0	868	0	0	1056	0	0	1965	888	597376	844	849	855
	rt_20	Matriz	0	78	1335	0	731	0	0	2271	0	20	1929	1406	593025	842	847	853
TGL-34	rt_1	Inclusão	6	67	2712	34	715	0	7	2226	0	105	1203	1116	596087	791	796	802
	rt_2	Inclusão	0	42	2866	0	699	0	0	1925	0	43	785	1219	596553	749	754	760
	rt_3	Inclusão	0	50	3277	74	846	0	89	833	0	43	1655	1959	596173	825	830	836
	rt_4	Inclusão	0	79	4276	0	733	0	0	0	45	49	1749	2221	593423	831	836	842
	rt_5	Inclusão	0	42	3847	21	827	0	0	483	1	73	3737	1642	593360	921	927	934
	rt_7	Inclusão	0	100	3231	46	681	0	43	713	0	41	1771	1618	595891	832	838	843
	rt_8	Inclusão	0	54	2871	33	441	0	8	956	0	42	1551	1168	598249	818	823	829
	rt_10	Inclusão	0	77	3227	16	707	0	25	1045	0	0	2057	1443	595660	849	855	860
	rt_11	Inclusão	0	51	3477	0	894	0	79	3033	0	31	1224	3950	593202	793	798	804
	rt_12	Inclusão	0	41	3771	8	796	0	16	1055	0	111	2238	1130	595777	859	864	870

Tabela 1 – *continuação*

	rt_13	Inclusão	0	68	2656	37	648	0	0	1356	0	63	3716	717	596107	921	927	933
	rt_14	Inclusão	0	47	3177	35	850	0	0	724	0	38	2596	1422	595870	876	882	888
	rt_15	Inclusão	0	58	4677	20	1039	0	0	7813	0	58	3109	1601	589263	898	904	910
	rt_16	Inclusão	0	48	4495	4	994	65	10	551	0	96	3488	1606	593914	912	919	925
	rt_17	Inclusão	0	66	3623	93	885	0	61	862	0	18	2756	1813	594691	883	889	895
	rt_19	Inclusão	0	59	3440	52	749	47	0	845	0	32	1749	2110	595679	831	836	842
	rt_20	Inclusão	0	36	2983	61	430	0	0	658	23	40	2724	563	597613	882	888	894
TGL-38	rt_1	Inclusão	0	82	2710	50	144	0	0	759	0	75	944	706	597622	767	772	777
	rt_2	Inclusão	0	39	2667	5	145	0	16	0	0	32	828	624	598260	754	759	765
	rt_3	Inclusão	0	43	2013	14	118	0	65	1498	0	0	947	786	601541	767	772	778
	rt_4	Inclusão	161	73	1638	0	289	0	0	4317	0	36	950	495	595925	767	773	778
	rt_5	Inclusão	126	140	1780	50	1152	0	76	1461	79	0	961	3285	593840	768	774	779
	rt_6	Inclusão	0	32	2238	39	77	0	0	770	68	0	1109	470	599006	783	788	794
	rt_8	Inclusão	0	32	2630	111	666	0	0	650	0	0	1171	804	599216	788	794	799
	rt_9	Inclusão	0	29	2193	102	125	0	0	0	0	51	812	342	600898	752	757	763
	rt_10	Inclusão	7	23	2432	0	115	0	3	1662	15	51	720	332	600259	741	746	751
TGL-39	rt_3	Inclusão	33	88	3073	69	340	0	24	2185	275	0	939	2744	594408	766	771	777
	rt_4	Inclusão	0	88	3342	60	307	0	43	2536	293	40	640	2403	594719	730	735	740
	rt_5	Inclusão	117	60	1886	69	136	0	0	3006	75	0	734	575	596108	743	748	753
	rt_6	Inclusão	90	259	2611	2	417	0	282	4783	316	38	752	8108	586626	745	750	755
	rt_7	Inclusão	74	96	1898	71	92	0	7	5514	22	0	1142	901	594101	786	791	796
	rt_8	Inclusão	121	86	2290	0	146	0	0	5980	0	0	942	377	595244	766	772	777
	rt_9	Inclusão	40	137	2798	49	185	0	50	2403	126	70	930	2844	594047	765	771	776

Tabela 2 – Teores de Ti (em ppm) analisados em cristais de quartzo das amostras do Grupo Araxá e temperaturas calculadas utilizando o termômetro Ti-em-quartzo de Thomas et al. (2010) para pressões fixadas em 13, 14 e 15 kbar.

Amostra	Cristal	Textura	Ti	T (°C) - 13 kbar	T (°C) - 14 kbar	T (°C) - 15 kbar
TGL-17	qtz_1	Inclusão	96	819	841	864
	qtz_2	Inclusão	106	831	854	877
	qtz_3	Inclusão	64	773	795	817
	qtz_6	Inclusão	104	829	852	875
	qtz_7	Inclusão	59	765	786	808
TGL-34	qtz_1	Inclusão	189	905	930	955
	qtz_2	Inclusão	70	782	804	826
	qtz_3	Matriz	202	915	940	964
	qtz_4	Matriz	162	885	909	933
	qtz_5	Inclusão	210	920	945	970
	qtz_6	Inclusão	161	884	908	932
	qtz_7	Matriz	97	819	842	865
	qtz_8	Matriz	272	958	983	1009
	qtz_9	Inclusão	161	884	908	932
	qtz_10	Inclusão	227	932	957	982
	qtz_13	Inclusão	118	844	867	891
	qtz_14	Inclusão	143	868	892	915
	qtz_15	Inclusão	156	880	904	928
	qtz_16	Matriz	222	928	954	979
	qtz_17	Matriz	144	869	893	917
	qtz_18	Matriz	249	945	971	996
	qtz_19	Matriz	172	893	917	941
	qtz_20	Matriz	122	848	872	895
TGL-38	qtz_1	Inclusão	40	724	745	766
	qtz_3	Inclusão	38	718	739	760
	qtz_4	Inclusão	55	756	777	799
	qtz_5	Inclusão	53	752	774	795
	qtz_6	Inclusão	52	751	772	794
	qtz_7	Matriz	39	721	742	763
	qtz_8	Matriz	52	751	772	794
	qtz_9	Inclusão	56	758	779	801
	qtz_10	Inclusão	44	733	754	775
	qtz_11	Matriz	31	700	720	740
	qtz_12	Matriz	40	723	744	764
	qtz_13	Matriz	66	776	798	820
	qtz_14	Matriz	37	715	736	756
	qtz_15	Matriz	40	724	745	766
	qtz_16	Inclusão	55	757	778	800
	qtz_17	Inclusão	47	740	761	782
	qtz_18	Matriz	47	740	761	782
	qtz_19	Matriz	28	689	709	729

Tabela 2 – *continuação*

TGL-39	qtz_1	Matriz	49	745	766	787
	qtz_2	Matriz	41	726	747	768
	qtz_3	Matriz	38	718	739	760
	qtz_4	Matriz	47	740	761	782
	qtz_5	Matriz	44	734	755	776
	qtz_6	Matriz	40	724	745	766
	qtz_7	Matriz	33	705	726	746
	qtz_8	Matriz	45	736	757	778
	qtz_9	Matriz	46	738	759	781
	qtz_10	Matriz	50	746	767	789
	qtz_11	Inclusão	50	746	767	789
	qtz_12	Inclusão	41	726	747	768
	qtz_13	Inclusão	46	738	759	781
	qtz_14	Inclusão	44	734	755	776
	qtz_15	Inclusão	43	730	751	772
	qtz_16	Inclusão	52	750	771	792
	qtz_17	Inclusão	58	762	784	806
	qtz_18	Inclusão	51	749	770	791
	qtz_19	Inclusão	44	733	754	775
	qtz_20	Inclusão	44	733	754	775