

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DE MILONITOS: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DE ZONAS DE CISALHAMENTOS DO SETOR SUL DO ORÓGENO ARAÇUAÍ

Jessyca Carneiro

MONOGRAFIA nº 455

Ouro Preto, dezembro de 2022

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DE MILONITOS: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DE ZONAS DE CISALHAMENTOS DO SETOR SUL DO ORÓGENO ARAÇUAÍ

i



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.ª Dr.ª Cláudia Aparecida Marliére de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.ª Dr.ª Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. José Alberto Naves Cocota Júnior

Vice-Diretor

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Edison Tazava

Vice-Chefe

Prof.^a Dr.^a Maria Augusta Gonçalves Fujaco

MONOGRAFIA

Nº 455

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DE MILONITOS: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DE ZONAS DE CISALHAMENTOS DO SETOR SUL DO ORÓGENO ARAÇUAÍ

Jessyca Carneiro

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Cristiane de Castro Gonçalves

Co-Orientador

Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 401, ano 2020/1.

OURO PRETO

2021

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

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

Revisão geral: Jessyca Carneiro

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

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C289a	Carneiro, Jessyca. Análise microestrutural de milonitos [manuscrito]: uma perspectiva a partir de zonas de cisalhamentos do setor sul do Orógeno Araçuaí. / Jessyca Carneiro 2022. 226 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.
	Orientadora: Profa. Dra. Cristiane de Castro Gonçalves. Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica.
	 Petrologia. 2. Rochas metamórficas - Milonitos. 3. Microestruturas. Cisalhamento. I. Gonçalves, Cristiane de Castro. II. Gonçalves, Leonardo Eustáquio da Silva. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.
	CDU 552.4:551.243.6

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

http://www.sisbin.ufop.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO REITORIA ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Jessyca Carneiro

Análise Microestrutural de milonitos: uma perspectiva a partir de zonas de cisalhamento do setor sul do Orógeno Araçuaí

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Geóloga

Aprovada em 19 de dezembro de 2022

Membros da banca

Dra. Cristiane Paula de Castro Gonçalves - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto Dr. Rodson de Abreu Marques - Universidade Federal de Ouro Preto Msc. Gabriela Galliac - Universidade Federal de Ouro Preto

Cristiane Paula de Castro Gonçalves, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 19/12/2022



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Paula de Castro Goncalves**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2022, às 16:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do <u>Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015</u>.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <u>http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?</u> <u>acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0</u>, informando o código verificador **0447570** e o código CRC **BC8D2941**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.017054/2022-15

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163 Telefone: 3135591600 - www.ufop.br

Agradecimentos

Agradeço à minha mãe Carmem e aos meus irmãos João Pedro e Tatiana, por me apoiarem em todas as decisões, suportarem os momentos difíceis comigo e rirem nos momentos de alegria, não só durante a graduação.

Aos amigos do DEGEO: Carol, Isabel, Wilker e Luiza, muito obrigada por toda ajuda, paciência e compreensão que demonstraram para comigo durante todo esse tempo. Vocês são pessoas maravilhosas que merecem tudo de bom.

À professora Cristiane Gonçalves e ao professor Leonardo Gonçalves pela incrível oportunidade de crescimento que me ofereceram, não só acadêmico, mas também pessoal. Ao pessoal do grupo de pesquisa do LMic, em especial: Geraldinho, Carolzinha, Isabela e Stephany, muito obrigada pelas conversas, pelo apoio e motivação. Vocês me ajudaram muito mais do que podem imaginar, espero que sempre continuem animados, carinhosos e dedicados como são.

Agradeço também à Fundação Gorceix e ao CNPq pela contribuição para o desenvolvimento deste projeto.

E por fim, agradeço aos professores e funcionários do DEGEO e da Escola de Minas, e à Universidade Federal de Preto por tornarem possível que eu tivesse uma graduação rica em conhecimento e ensino de qualidade, que possibilitou meu aprendizado além do que jamais achei ser possível.

SUMÁRIO

AGRADECIMENIUSI	Х
SUMÁRIO	x
LISTA DE FIGURAS X I ISTA DE TARELAS	11 w
RESUMO	vi
CAPÍTULO 1	22
1.1 APRESENTAÇÃO 2	22
1.2 OBJETIVOS	22
1.3 JUSTIFICATIVA	23
1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO 2	23
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS 2	24
CAPÍTULO 2	28
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO	28
CAPÍTULO 3	6
3.1 CONCEITOS, CLASSIFICAÇÃO, PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E TIPOS D ROCHA	E 16
3.2 MICROESTRUTURAS	50
CAPÍTULO 4 5	;9
RESULTADOS	;9
41 DEEDAGDAELA E MICHAECEDUIDAS DAS MILANITAS DA ZANA D	
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E ;9
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E ;9 ;0
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E i9 i0 '1
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 39 70 7
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 59 50 '1 '7 '8
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 59 50 '1 '7 '8 '8
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 59 50 71 77 78 78 78
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D. CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 59 50 11 17 18 15 19
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 59 50 11 17 18 15 19 12
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E 9 60 11 77 78 78 15 19 12 15
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E9 10 1 7 8 8 15 19 12 15 17
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E9 60 11 77 78 78 15 19 12 15 17 10
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E9 60 11 77 78 78 15 19 12 15 17 10 10
4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA D CISALHAMENTO GUAÇUÍ	E9 10 17 18 18 15 19 12 15 17 10 10 10

5.1.2 Grupo ii	102
5.1.3 Grupo iii	104
5.1.4 Interseções	105
5.2 GRAUS METAMÓRFICOS AO LONGO DA ZONA DE CISALHAMENTO GUAÇUÍ	106
5.2 COMPARAÇÃO ENTRE ZONAS	.110
5.2.1 Zona de Cisalhamento Além Paraíba	.110
5.2.2 Zona de Cisalhamento Taxaquara	.111
CAPÍTULO 6	.113
CONCLUSÃO	.113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.115

INDÍCE DE FIGURAS

Figura	1.1 - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo, com posicionamento da região
	estudada em relação aos estados brasileiros próximos na parte direita superior. Fonte
	IBGE (2016,2020)

- Figura 4.4 a) Pórfiro alongado com antipertita em formato losangular (seta amarela), provavelmente indicando rotação horária (G040); b) pórfiro alongado, fraturado (seta amarela), com maclas curvas (seta verde), extinção ondulante (seta vermelha) (G017);
 c) pórfiro de plagioclásio (Pl) alterando para sericita (setas verdes), com extinção ondulante (seta amarela)(G046); d) estrutura núcleo-manto (G148); e) *fish* de plagioclásio, com fraturas preenchida por material isotrópico, incluso em *ribbon* de quartzo (Qz) (G028); f) plagioclásio com reação/exsolução (setas amarelas) (G041). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

- Figura 4.7 a) Biotita (Bt) derivada de piroxênio (seta verde) e hornblenda verde (Hbl) (seta amarela) (G010); b) biotita derivada de granada (Grt), formando sombra de pressão (franja) (seta verde), apresentando tamanho diferente da que forma a foliação (seta amarela), indicando 2 gerações (G017); c) foliação incipiente (seta amarela) (G022);
 d) biotita associada à titanita (Ttn) e à granada (G046); e) biotita cloritizando (Chl clorita) (G008); f) foliação S e S', indicada pelos traços amarelos (G043). As fotos a, c, d, e foram tiradas com nicóis descruzados, e as demais com nicóis cruzados. 67

- Figura 4.8 a) Pórfiro de granada (Grt) em formato sigmoidal fraturado (seta amarela), associado a biotita (Bt), titanita (Ttn) e opacos (Op), formando franja (sombra de pressão verde). Na parte inferior direita, aparece pórfiro arredondado, classificado como porfiroblasto (seta vermelha) (G046); b) pórfiro de granada em formato lenticular, fraturado (seta amarela), com biotita secundária no entorno. Ao lado há uma granada em formato de *fish* (seta vermelha), indicando rotação horária (G046); c) pórfiro de granada alongados, orientados segundo a foliação, fraturados (setas amarelas), parece crescer sobre a foliação (porfiroblasto), bordas dando indícios de recristalização (setas vermelhas) (G148); d) pórfiro de granada alongado, com fraturas preenchida (seta amarela), inclusões de biotita, quartzo (Qz) e feldspato (Fsp), sombra de pressão (seta vermelha) (G017). As fotos a, b, c foram tiradas com nicóis descruzados, enquanto a d) foi com nicóis cruzados.
- Figura 4.9 a) Hornblenda (Hbl) verde formando a partir de pórfiro de piroxênio (Px), e biotita (Bt) formando a partir desses (G018); b) Hornblenda verde (seta amarela) formando a partir de hornblenda castanho avermelhada (seta vermelha) (G042); c) Pórfiros de hornblenda (maioria) e piroxênio, com calda de recristalização, formando a foliação (G042); d) Pórfiros de hornblenda verde alongado, com formação de biotita a partir desse (seta amarela) (G014). Todas as fotos foram tiradas a nicóis descruzados.....69
- Figura 4.11 a) Pórfiro de microclíneo (Mcc) alongado, com pertita (seta amarela) (G008) e muscovita (Ms) inclusa; b) pórfiro de microclíneo (Mcc) alongado, com fraturas (seta amarela), extinção ondulante (seta verde), apresentando recristalização (com características de SGR) (G008). Todas as fotos foram tiradas a nicóis cruzados.....71

Figura 4.16 – Titanitas (Ttn) inclusas em hornblenda (Hbl) verde azulada e verde (G044). Foto com nicóis descruzados
Figura 4.17 – Apatita (Ap) sobre a matriz, aparentando fratura (seta amarela) (G010). Foto com nicóis descruzados
 Figura 4.18 - a) Classificado como allanita (Aln), inclusa em granada (Grt), com fraturas radiais (seta amarela) (G053); b) Grão de allanita e corona de epidoto s.s. (Ep), com fraturas (seta amarela) (G120). Foto a com nicóis descruzados, foto b, nicóis cruzados 75
 Figura 4.19 – a) Pórfiro lenticular de cummingtonita (Cum), com bordas interlobadas, com opaco incluso (G043); b) Mineral acicular classificado como antofilita, ocorre orientada, associada à foliação (G148). Todas as fotos com nicóis cruzados
 Figura 4.20 - a) Pórfiro lenticular classificado de diopsídio (Di), com fraturas (seta amarela) (G149); b) pórfiro alongado, fraturado (seta amarela), com hornblenda (Hbl) verde derivando desse (G014). Foto a com nicóis cruzados, foto b, nicóis descruzados
 Figura 4.21 - a) Plagioclásio (Pl) sericitizando (G046); b) Muscovita (Ms) em feldspato (Fsp) sericitizando (G053); c) Granada (Grt) com biotita (Bt) alterando para clorita (Chl) (G053); d) Carbonato anédrico, microcristalino (G024). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados
 Figura 4.22 - a) Fotomicrografia por MEV (G001), mostrando <i>fish</i> de plagioclásio (Pl) incluso em <i>ribbon</i> de quartzo (Qz), rodeado de material isotrópico (setas amarelas), que também se encontra na matriz com fragmentos de plagioclásio; b) fotomicrografia por microscópio óptico mostrando o <i>fish</i> de plagioclásio (Pl) (seta amarela), nicóis cruzados
Figura 4.23 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or). Modificado de Deer <i>et al.</i> (1992) (retirado de Vlach 2002)
 Figura 4.24 - a) Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com pontos de um porfiroclasto de plagioclásio plotados (1-8). Modificado de Deer <i>et al.</i> (1992) (retirado de Vlach 2002).; b) Fotomicrografias feitas por MEV, indicando posicionamento dos pontos amostrados (1-11).
 Figura 4.25 - a) Fotomicrografia por MEV, do campo 2.3 da amostra G001 (Apêndice I), mostrando zoom para fragmentos de plagioclásio (Pl) e material isotrópico (seta amarela); b) fotomicrografia por microscópio óptico (G001) mostrando pórfiro de plagioclásio (Pl), cercado por fragmentos com material isotrópico entre esses, nicóis cruzados. Seta amarela mostra local onde a fotomicrografia a) foi tirada
Figura 4.26 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com grãos de feldspatos da amostra G001 em diferentes texturas. Modificado de Deer <i>et al.</i> (1992) (retirado de Vlach 2002)
Figura 4.27 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com grãos de feldspatos da amostra G041 em diferentes texturas. Modificado de Deer <i>et al.</i> 1992.82

- **Figura 4.31 -** Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com pontos da amostra G041 plotados. Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).85
- Figura 4.33 Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G001 (a) e G017 (b), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação, como inclusão ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).
- Figura 4.35 Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G018 (a) e G046 (b), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).......88
- Figura 4.36 a) Fotomicrografia por MEV mostrando relação intrínseca entre hornblenda (Hbl) e biotita (Bt), indicando transição (Pl) G018); b) fotomicrografia por MEV mostrando grãos em formato sigmoidal de granada (Grt) com biotita derivando dessa, com inclusões de opacos (Op). Os opacos foram classificados opticamente como titanita, no entanto, pelas análises, verificou-se que possuem composição semelhante à do rutilo (setas amarelas) e ilmenita (seta azul).
- Figura 4.37 Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G041 (a) e G042 (b), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação, como inclusão ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).
 89
- Figura 4.38 a) Fotomicrografia por MEV, mostrando biotita (Bt) inclusa em granada (Grt) (G041);
 b) fotomicrografia por MEV mostrando biotita na foliação (G041);
 c) Fotomicrografia por MEV, mostrando relação intrínseca entre biotita, piroxênio (Px) e hornblenda

Figura	4.39	 Diagrama composicional da granada (Gross-Pyr-Alm) de acordo com as moléculas Grossulária (Gross), Piropo (Pyr) e Almandina (Alm). Modificado de Melo <i>et al.</i> (2017).
Figura	4.40	- Diagrama composicional da granada (Gross-Pyr-Alm). Pórfiros da amostra G017, diferenciando borda e núcleo. Modificado de Melo <i>et al.</i> (2017)
Figura	4.41	 Pórfiros de granada (Grt), com inclusões de biotita (Bt), quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), com sombra de pressão (seta amarela)
Figura	4.42	 Diagrama composicional de anfibólios cálcicos (Ca_B >1,50; (Na + K)_A < 0,50; Ca_A< 0,50), com os pontos amostrados plotados diferenciando os diferentes contextos. Modificado de Leake <i>et al.</i> 1997

- Figura 4.43 a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de hornblenda (Hbl) verde, com alteração (seta vermelha) rica em sílica, alumínio e ferro, com traços de potássio, e com parte superior classificada opticamente como hornblenda verde-azulada (setas amarelas). As setas verdes mostram material isotrópico rodeando fragmentos de plagioclásio (G001); b) fotomicrografia por MEV mostrando hornblenda na foliação, junto com a biotita (Bt) na foliação (em alguns pontos é possível ver transição entre hornblenda e biotita seta vermelha) (G001); c) Fotomicrografia por MEV mostrando pórfiros sigmoidais de hornblenda com cauda de recristalização (seta amarela) (G042);
 d) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); o fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); o fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de hornblenda fraturado, alongado com indícios de transição para biotita (seta amarela) (G018); f) fotomicrografia por MEV mostrando hornblenda sendo formada a partir de pórfiro de piroxênio (G018)..........94
- Figura 4.44 a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de piroxênio (Px), com alterações/substituições de composição diferenciada (setas vermelha), mostrando intenso fraturamento e torção (G042); b) fotomicrografia por MEV, mostrando *ribbon* de piroxênio (G042).....95
- Figura 4.46 a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro classificado como piroxênio (Px), pela presença de pórfiros de Px alterando da mesma forma na amostra G001(seta amarela), até as biotitas próximas apresentam composição diferenciada com menos potássio; b) Fotomicrografia por MEV, mostrando zoom em parte retorcida do pórfiro (Fig.4.44 a), mostrando as substituições de quartzo, com carbono (seta verde), carbonato rico em carbono (seta vermelha) e piroxênio cálcico (seta amarela) (G042).
- Figura 4.48 a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de granada associado com aluminossilicatos (setas amarelas) que parecem se formar a partir dele (G017); b)

fotomicrografia por MEV, mostrando sillimanita com microboudinagem orientada segundo a foliação (G017)......99

- Figura 5.3 a) *Ribbon* de piroxênio (Px), aparentando transição para biotita (Bt) (seta amarela) (G010); b) pórfiro de piroxênio, quase completamente obliterado por hornblenda (Hbl) e biotita (G018). Todas as amostras foram retiradas com nicóis descruzados.103
- Figura 5.4 a) Grãos de plagioclásio em formato de *fish* (setas vermelhas) inclusos em *ribbons* de quartzo (G025); b) Biotita cloritizando (G008). A foto a) foi tirada com nicóis cruzados, diferente da b), nicóis descruzados.
- Figura 5.5 a) Pórfiro de granada alongado, fraturado (setas amarela), com bordas recristalizadas (setas vermelhas) (G148); b) pórfiro de piroxênio (Px) alongado, fraturado (seta amarela), com bordas recristalizadas (seta verde) e cauda de recristalização (seta vermelha) (G148). Todas as fotos foram tiradas a nicóis descruzados.....105
- Figura 5.6 a) Pórfiro de hornblenda (Hbl verde azulada euédrica com indícios de transição para hornblenda verde (seta vermelha), com nicóis descruzados (G044); b) Mesmo local da foto a), porém a nicóis cruzados, para mostrar a granulação mais grosseira (G044).

- Figura 5.9 Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor central (porção acima da linha tracejada divisão feita por Silva (2010)). As amostras estão plotadas de acordo com o intervalo de temperatura sugerido com base nas microestruturas.109
- Figura 5.10 Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor sul (porção acima da linha tracejada divisão feita por Silva (2010)). As amostras estão plotadas de acordo com o intervalo de temperatura sugerido com base nas microestruturas....110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Classificação de milonitos segundo a proporção de matriz (baseada Sibson et al. 1977). 49
Tabela 4.1 - Grupos mineralógicos. 59
Tabela 4.2 - Porcentagens médias do quartzo por grupo. 60
Tabela 4.3 - Porcentagens médias do plagioclásio por grupo
Tabela 4.4 - Porcentagens médias da ortoclásio por grupo 64
Tabela 4.5 - Porcentagens médias da biotita por grupo. 65
Tabela 4.6 - Porcentagens médias da granada por grupo. 67
Tabela 4.7 - Porcentagens médias da hornblenda por grupo
Tabela 4.8 - Porcentagens médias da hiperstênio por grupo. 69
Tabela 4.9 - Porcentagens médias da microclíneo por grupo. 71
Tabela 4.10 - Porcentagens médias dos minerais acessórios por grupo. 71
Tabela 4.11 - Porcentagens médias da sillimanita por grupo 72
Tabela 4.12 - Porcentagens médias dos minerais secundários por grupo
Tabela 4.13 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de plagioclásio por amostra.79
Tabela 4.14 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de plagioclásio analisados, por amostra. 79
Tabela 4.15 - Valores dos principais óxidos das amostras de material isotrópico. 81
Tabela 4.16 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de Ortoclásio por amostra. 83
Tabela 4.17 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de ortoclásio analisados, por amostra. 83
Tabela 4.18 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de biotita por amostra.85
Tabela 4.19 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de biotita analisados, por amostra. 85
Tabela 4.20 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de granada por amostra
Tabela 4.21 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de granada analisados, por amostra. 90
Tabela 4.22 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de anfibólios por amostra
Tabela 4.23 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de anfibólio analisados, por amostra. 92
Tabela 4.24 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de piroxênio por amostra
Tabela 4.25 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de piroxênio analisados, por amostra. 95
Tabela 4.26 – Dados composicionais de fases formadas a partir de piroxênio.96
Tabela 4.27 - Dados composicionais de pontos com composição anômala em grãos de piroxênio96

Tabela 4.28 - Valores dos principais óxidos das amostras de sillimanita.	97
Tabela 5.1 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras do Grupo i.	102
Tabela 5.2 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras do Grupo ii.	103
Tabela 5.3 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras do Grupo iii.	104
Tabela 5.4 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras da interseção i e ii	105
Tabela 5.5 - Diferentes graus metamórficos observados nas lâminas da interseção ii e iii	106

Resumo

Na porção sul do Orógeno Aracuaí encontram-se zonas de cisalhamento transcorrentes com cinemática destral, geradas durante a orogenia brasiliana, como forma de transporte de massa para sul do orógeno confinado. Neste mesmo período, ocorreu a formação do Orógeno Ribeira e a nucleação de zonas com cinemática semelhante ao norte deste. Dentre essas estruturas estão as zonas de cisalhamento Guaçuí, Além Paraíba e Taxaquara. As regiões afetadas por essas zonas apresentam rochas milonitizadas, que são laboratórios naturais para o estudo de microestruturas. Analisando 39 amostras da zona de cisalhamento Guaçuí, separou-se as lâminas em 3 grupos (i, ii e iii) e duas interseções (i e ii, ii e iii), de acordo com a assembleia mineral, encontrando granitos (sieno e monzogranitos), granodioritos e tonalitos. Observou-se microestruturas como: *ribbons* de quartzo, núcleo-manto em feldspatos, *fishes* de plagioclásio, extinção ondulante, entre outras, indicando intervalos por volta de 400-700°C para algumas dessas rochas. A presença, por exemplo, de fish de granada e ribbons de piroxênio, indícios de deformação plástica para essas fases minerais mais resistente, sugere que a zona atingiu picos por volta de 900°C. Além disso, a presença de biotita cloritizando, hornblenda castanho avermelhada passando para hornblenda verde e dessa para hornblenda verde azulada, evidencia que essas rochas experimentaram mais de uma fase de retrometamorfismo (fácies anfibolito e xisto verde). Estipulou-se, com base nas microestruturas, intervalos de temperaturas (900°C; 700°C a 900°C; 400°C a 700°C), juntamente à localização das amostras, foi possível observar a concentração dos picos de maiores temperaturas no núcleo da zona, e a de menor, nas porções laterais. E notou-se maior semelhança microestrutural das amostras do setor sul, com as mostradas para a zona de cisalhamento Além Paraíba, do que as da Taxaquara.

Palavras chave: milonitos, microestruturas, zona de cisalhamento, Orógeno Araçuaí.

1.1 APRESENTAÇÃO

Apesar da vasta literatura sobre rochas geradas em zonas de alta deformação, muitas questões permanecem abertas sobre os mecanismos de localização da deformação, seja em zonas de cisalhamento dúcteis ou em falhas. Nesse contexto, muito se discute o uso do termo "milonito", sintetizado por Passchier & Trouw (1996) e Trouw *et al.* (2009) como: um termo estrutural, que não define composição mineralógica, dado a rochas foliadas, que, geralmente apresentam lineações contínuas, além de porfiroclastos (com exceção dos ultramilonitos) e matriz de granulação mais fina; que ocorrem em zonas de elevada deformação e possuem evidências de deformação dúctil, diferenciando-se das rochas adjacentes.

Os milonitos possuem texturas que estão diretamente ligadas ao comportamento reológico das fases minerais presentes na rocha milonitizada, às estruturas contidas na rocha de origem, à evolução metamórfica, além do grau de deformação atingido (Passchier & Trouw 1996). Visando conhecer melhor o importante feixe de zonas de cisalhamento, no contexto do Orógeno Araçuaí, possivelmente geradas para acomodar o escape de massa para sul durante o evento Brasiliano (Alkmim *et al.* 2007), o presente trabalho apresenta uma análise petrográfica e microestrutural de milonitos da Zona de Cisalhamento Guaçuí, na porção sul do Orógeno Araçuaí.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral analisar e discutir os principais processos deformacionais, graus metamórficos e possíveis mecanismos de concentração da deformação, que atuaram gerando a textura das rochas estudadas. Com isso, comparar os dados obtidos com as informações de outras zonas de cisalhamento, a fim de entender melhor os mecanismos de nucleação e evolução dessas estruturas. Como objetivos mediatos, podemos colocar:

- Caracterizar petrografica e microestruturalmente lâminas delgadas de milonitos, préselecionadas dentre amostras que compõem acervo pessoal dos orientadores deste trabalho;
- Identificar e analisar os principais mecanismos de deformação plástica nas amostras estudadas, além de possíveis processos de localização da deformação;
- Determinar intervalos de condições de temperatura e mecanismos de deformação predominantes, com base nas microestruturas encontradas pela análise das lâminas.

• Estabelecer, se possível, comparações entre composição mineralógica, microestruturas e graus metamórficos, observados ao longo da zona de cisalhamento amostrada e daquelas cujas informações são usadas para fins comparativos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, o Orógeno Araçuaí vem sendo estudado do ponto de vista estrutural regional, já que a compreensão de sua geração lança luz sobre o entendimento do evento orogênico Brasiliano. Entretanto, estudos que tratam da caracterização microestrutural dos litotipos da região, apesar de também serem importantes para o entendimento da evolução estrutural do orógeno, ainda são escassos. Diante desse cenário, o estudo dos processos e mecanismos de deformação que geraram os milonitos apresentados neste trabalho, possibilitam uma melhor compreensão das condições deformacionais operantes na nucleação e evolução de zona de cisalhamentos, que representam importantes estruturas, no arcabouço estrutural regional. E, por conseguinte, um melhor entendimento da história tectônica da região.

Ademais, a discussão e análise da deformação em escala de grão em rochas miloníticas, remetem a processos de localização da deformação e enfraquecimento de agregados minerais, assunto de grande importância na literatura internacional.

1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo se estende por cerca de 196 Km, iniciando-se nas proximidades da cidade de Iúna (ES), ao Norte, passando por Itaperuna (RJ) e chegando até a cidade de Além Paraíba (MG), ao sul (Fig. 1.1).



Figura 1.1 - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo, com posicionamento da região estudada em relação aos estados brasileiros próximos na parte direita superior. Fonte: IBGE (2016,2020).

Como se trata de uma extensa área, optou-se por mostrar como sugestões de acessos as principais rodovias federais que percorrem a região estudada. Dessa forma, partindo de Ouro Preto (MG), segue-se a BR356, passando pela cidade de Mariana (MG) até Viçosa (MG), onde acessa-se a parte de norte da área pela BR482 e a porção sul, pela BR120.

Ao escolher a BR482, seguindo para nordeste a partir da cidade de Guaçuí (ES), pode-se chegar às cidades de Muniz Freire (ES) e Iúna, ao norte da área. Já ao seguir pela BR120 e pegar a BR356, passando por Muriaé (MG) e, depois Itaperuna, tem-se acesso à parte central. Seguindo-se pela BR116 até interceptar a BR120 chega-se à parte sul da região, à Volta Grande (MG), de onde pode-se encontrar a cidade de Além Paraíba, a sudoeste, localizada no extremo sul da região estudada.

Partindo-se do sul em direção ao norte, a rodovia 393 atravessa grande parte da área de estudo, passando por Santo Antônio de Pádua (RJ) até encontrar a BR484 que segue até Guaçuí (Fig. 1.1).

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de se alcançar os objetivos citados acima, é proposta a metodologia a seguir.

1.5.1 Revisão bibliográfica

Realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o contexto geológico da região de estudo e sobre a caracterização microestrutural de rochas miloníticas. Foram consultados trabalhos sobre o Orógeno Araçuaí, as zonas de cisalhamento transcorrentes destrais do setor sul deste orógeno e as principais litologias encontradas na região. Trabalhos que abordam caracterização microestrutural de rochas miloníticas foram consultados buscando-se a análise de deformação de caráter plástico, para os principais minerais petrográficos, e os respectivos graus metamórficos em que se desenvolvem.

1.5.2 Caracterização petrográfica e microestrutural por microscopia óptica

A caracterização petrográfica e microestrutural foi realizada no Laboratório de Microscopia e Microanálises do DEGEO – LMic, setor MEV-EBSD - UFOP. Utilizou-se de microscópio óptico LEICA DMLP, com câmera Zeiss Axiocam MRc5 acoplada, para descrição e registro de fotomicrografias óticas, por meio do software ZEN A partir da revisão bibliográfica e do acervo de seções delgadas polidas pessoal dos orientadores deste trabalho, parte cedido por Silva (2010), foram selecionadas e analisadas, do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, analisou-se um total de 39 seções delgadas polidas, a maioria à luz transmitida plano-polarizada, do acervo pessoal dos orientadores deste trabalho. As lâminas, cedidas pelo professor Cláudio Maurício Teixeira Silva aos professores orientadores deste trabalho, foram confeccionadas durante a elaboração da tese de doutorado desse, com o título: "O sistema transcorrente da porção sudeste do Orógeno Araçuaí e norte da Faixa Ribeira: geometria e significado tectônico", adotando-se o seguinte procedimento:

- 1 Definição da composição mineralógica.
- 2 Descrição por fase mineral:
 - 2.1 Intervalo de tamanho dos grãos.
 - 2.2 Geometria das bordas natureza do contato com outros grãos.
 - 2.3 Microestruturas e, alterações, se presente.
- 3 Proporção modal de cada fase mineral e classificação dos minerais, entre essenciais, acessórios e secundários.
- 4 Identificação de microestruturas: presença de foliação, porfiroclastos e bandamento.
- 5 Nome da rocha.
- 6 Observações relevantes.

Essas seções amostram a maior parte dos setores central e sul da zona de cisalhamento Guaçuí, definidos por Silva (2010), definindo-se assim a área de estudo.

A caracterização microestrutural por microscópio óptico, é uma metodologia comumente usada e eficaz, tendo sido utilizada em diversos trabalhos como por exemplo: Hippert *et al.* (2001), Stipp *et*

al. (2002), Roncato Junior (2009), Richter et al. (2016), Melo et al. (2017), e que estão entre os consultados.

1.5.3 MEV-EDS

O sistema MEV-EDS (microscopia eletrônica de varredura com detector de energia dispersiva de raios-X) foi utilizado para correlacionar variações microestruturais com variações composicionais. A técnica se baseia na incidência de um feixe de elétrons, produzido por um filamento de tungstênio, sobre a amostra, que deve estar recoberta por um filme de material condutor. Quando atinge a superfície, esse feixe promove a excitação dos elétrons dos átomos dos minerais, no ponto de incidência, que ao voltarem a seu estado energético original liberam energia na forma de raios-x característicos. Ao MEV está acoplado o EDS (*Energy Dispersive System*), que detecta a energia emitida pelos elétrons, no comprimento de onda de raios X, característica de cada elemento. Com isso, consegue-se identificar a composição química do ponto de incidência do raio, e, por conseguinte, do mineral presente ali (Duarte *et al.*, 2003).

1.5.4 Construção do Mapa Geológico

Construiu-se o mapa geológico simplificado, apresentado no capítulo 2, com base em um compilado de cartas geológicas de escala 1:100.000, retiradas do site da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e do site Portal da Geologia, sendo estas: Folha Manhumirim (SF.24-V-A-I), Folha Afonso Cláudio (SF.24-V-A-II), Folha Carangola (SF.23-X-B-VI), Folha Espera Feliz (SF.23-V-A-IV), Folha Cachoeiro de Itapemirim (SF.24-V-A-V), Folha Ubá (SF.23-X-D-II), Folha Muriaé (SF.23-X-D-III), Folha Itaperuna (SF.24 -V-C-I), Folha Leopoldina (SF.23-X-D-V), Folha Pirapetinga/Santo Antônio de Pádua (SF.23-X-D-VI) e Folha São Fidélis (SF.24- V-C-IV).

Grande parte das cartas geológicas possuíam diferenças de nomenclatura, classificação e de interconexão entre seus elementos, sendo necessária a utilização de mapas em escala de menor detalhe (Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro (2016) – escala: 1:400.000; Folha Vitória (SF.24) – escala 1:1000.000) para ajustar os limites. Utilizou-se ainda as descrições litológicas apresentadas por Silva (2010) para as amostras coletadas na região e correlações com a literatura para uniformizar a divisão litológica. Ainda assim, a disparidade entre as folhas fica evidente no encontro entre a Folha Espera Feliz e a Folha Itaperuna, localizado pouco acima da divisão setorial da zona de cisalhamento Guaçu. Entretanto, como o objetivo do mapa é evidenciar os elementos geológicos na região de estudo, estas disparidades não comprometem a análise proposta, optando-se, portanto, por manter a escala apresentada, devido ao nível de detalhe exposto pela escala das cartas geológicas utilizadas.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

2.1.1. O Orógeno Araçuaí

O Orógeno Araçuaí, do sistema orogênico Araçuaí-Congo Ocidental, se consolidou durante o evento Brasiliano (Neoproterozoico-início Paleozoico), com uma configuração atípica devido a sua formação confinada. Aparece em mapa com forma linguóide (Fig.2.1), possui vergência centrífuga e traços estruturais fechados (Alkmim *et al.* 2006, 2007).



Figura 2.1 - Dobramentos Araçuaí (sensu Almeida 1977); ZI- zona de interferência do Orógeno Araçuaí com o Aulacógeno do Paramirim. Crátons: A=Amazônico; K= Kalahari; PP-RP=Paraná Paranapanema-Rio de la Plata; SF-C=São Francisco-Congo; SL-AO= São Luís-Oeste Africano. (Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Caracterizado como orógeno confinado, o Orógeno Araçuaí foi gerado pela colisão dos "braços" do paleocráton São Francisco – Congo (Fig.2.1), margens passivas da bacia Macaúbas (850 Ma), durante a formação do paleocontinente Gondwana (640-520 Ma). O fechamento do paleo-oceano Adamastor, durante essa colisão, se introduziu de norte para sul, como um "quebra-nozes" (Fig.2.2) (Pedrosa -Soares *et al.* 2001, Alkmim *et al.* 2006, 2007, Silva 2010).



Figura 2.2 - Imagem ilustrativa dos estágios colisional (a), por volta de 560 Ma e do colapso gravitacional (b), depois do escape lateral para sul, por volta de 500 Ma (adaptado de Alkmim *et al.* 2006, por Alkmim *et al.* 2007).

A área correspondente a essa faixa orogênica fica entre o cráton São Francisco e a margem continental leste brasileira, a norte do paralelo 21°S (início arbitrário norte do Orógeno Ribeira) (Pedrosa-Soares et al. 2001, 2007, Alkmim et al. 2006, 2007). A estratigrafia disposta na região é composta por: rochas do embasamento (>1,8 Ga) – complexos metamórficos de idade Arqueana a Paleoproterozoica (Alkmim et al. 2006, 2007), entre esses os complexos Guanhães, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira (Piedade), Juiz de Fora, Pocrane e Caparaó (Silva et al. 2002, Noce et al. 2007); Supergrupo Espinhaco (Paleoproterozoico/Mesoproterozoico); Grupo Macaúbas (Neoproterozoico); Grupo Bambuí (740 \pm 20 Ma); supersuítes graníticas G1 a G5 (com idades do Neoproterozoico ao início do Cambriano); e os complexos paragnáissicos Paraíba do Sul, Jequitinhonha e Nova Venécia (< 630-585 Ma) (Pedrosa-Soares et al. 2001, 2007, Alkmim et al. 2006, 2007). A área do presente trabalho se localiza principalmente sobre os dois últimos componentes litológicos, quais sejam supersuítes graníticas e complexos paragnáissicos apresentados, que são melhor definidos à frente.

O arcabouço estrutural do Orógeno Araçuaí é separado por Alkmim *et al.* (2006, 2007) nos seguintes domínios estruturais: Cinturão de Cavalgamento da Serra do Espinhaço Meridional; Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã; Zona de Dobramentos de Salinas; Corredor Transpressivo de Minas Novas; Saliência Rio Prado e região de interação com o Aulacógeno Paramirim; Bloco Guanhães; Zona de Cisalhamento Dom Silvério e estruturas adjacentes; Zona de Cisalhamento Itapebi e estruturas associadas; e núcleo cristalino (zona interna e de alto grau do orógeno). Na parte meridional do núcleo cristalino se encontram zonas de cisalhamento transcorrentes destrais que são foco deste estudo.

2.1.2. Zonas de cisalhamento transcorrentes destrais do setor meridional do núcleo cristalino do orógeno

Em grande parte da região leste do Orógeno Araçuaí, esse domínio estrutural é colocado como uma zona de alto grau metamórfica interna do orógeno, com embasamento composto pelos Complexo Pocrane (Noce *et al.* 2007) e o Complexo Juiz de Fora, este último é justaposto ao Complexo Mantiqueira pela Zona de Cisalhamento de Abre Campo. Tais complexos compõem parte do embasamento de 1,8 Ga do orógeno (Alkmim *et al.* 2006, 2007). Nessa área, ocorrem também rochas dos complexos Jequitinhonha, Nova Venécia e Paraíba do Sul (< 630-585 Ma), rochas mais novas que 630 Ma (metassedimentares e metavulcânicas) do Grupo Rio Doce, além das supersuítes graníticas G1 a G5 (Alkmim *et al.* 2006, 2007, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007).

O Complexo Juiz de Fora é colocado como de idade Paleoproterozoica. As principais litologias que o compõe são ortogranulitos, retrometamorfizado na facies anfibolito. Estes variam de composição, indo de norítica a charnoquíticas, com exemplares enderbíticos e charnoenderbíticos. A mineralogia predominante é composta de quartzo, plagioclásio, hiperstênio, clinopiroxênio e biotita, ademais granada, sillimanita e cordierita em granulitos aluminosos. Em menor quantidade, aparecem rochas dioríticas, noríticas, gabroicas e anfibolitos (Horn 2007, Heilbron *et al.* 2010, Heilbron *et al.* 2012, Duarte *et al.* 2012, Nogueira *et al.* 2012, Novo *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013, Noce *et al.* 2013, Novo *et al.* 2014).

O Complexo Pocrane, de idade Paleoproterozoica, é constituído de biotita-hornblenda gnaisse, com anfibolitos, rochas metassedimentares e rochas metaultramáficas associadas. Está localizado na parte oriental, no núcleo do Orógeno Araçuaí (Silva *et al.* 2002, Noce *et al.* 2007, Novo *et al.* 2013). Próximo a este complexo, Noce *et al.* (2007) ressaltam a presença do charnockito Caparaó, de idade aproximada 2195 Ma (Silva *et al.* 2002), colocado como Suíte Caparaó ou Complexo Caparaó (Silva *et al.* 2002), é composto de granulitos enderbíticos, charnockíticos, dioríticos e gabroicos (Noce *et al.* 2007).

O Complexo Paraíba do Sul é composto, predominantemente, por gnaisses aluminosos, cuja mineralogia principal é constituída de anfibólios (hornblenda), sillimanita, cordierita, granada e biotita. Além deste litotipo, o complexo apresenta rochas calciossilicáticas, quartzitos impuros, mármores, migmatitos e ainda anfibolitos. Essas rochas foram metamorfizadas em alto grau e são colocadas como de idade Paleoproterozoica por alguns autores (Signorelli 1993, Silva 1993, Heilbron *et al.* 2012, Duarte *et al.* 2012, Nogueira *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013) e de Neoproterozoica por outros (Silva *et al.* 2004, Horn 2007).

Alkmim *et al.* (2006) colocam os complexos paragnáissicos Jequitinhonha e Paraíba do Sul como sendo constituídos por paragnaisses aluminosos a peraluminosos, que se intercalam com

quartzitos impuros, rochas calcissilicáticas, grafita gnaisses e mármores. Já Pedrosa-Soares *et al.* (2001), separando esses complexos, determinam que biotitas gnaisses migmatizados, intercalados com gnaisses ricos em grafita, quartzito, granulitos calciossilicáticos e leptinitos, compõem o primeiro. Os mesmos autores caracterizam o segundo como um pacote de rochas metamorfizadas na facies anfibolito superior e na fácies granulito.

O Complexo Paraíba do Sul, segundo Horn (2006, 2007), possui origem metassedimentar, apresenta paragnaisses de composição variada, bandamento e migmatização intensos; além de quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfibolitos e mármores.

O Grupo Rio Doce é composto por quatro Formações: Palmital do Sul e Tumiritinga (inferiores), compostas por rochas metavulcanoclásticas; São Tomé e João Pinto (superiores), cuja litologia dominante são metarenitos. As três primeiras formações deste grupo possuem assinatura química, mineralogia e idade que indicam possível relação com o arco magmático do Orógeno Araçuaí (Alkmim *et al.* 2006, 2007, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, Vieira 2007, Silva 2010, Gonçalves *et al.* 2018, Novo *et al.* 2018).

As supersuítes G1 a G5 possuem idades que vão do Ediacariano ao início do Cambriano, e registram a fase de arco magmático até o colapso do edifício orogênico (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, Alkmim *et al.* 2006, Richter *et al.* 2016). A supersuíte G1 (630-580 Ma), pré-colisional, contraparte plutônica do arco magmático, é composta por tonalitos levemente foliados, granodioritos, por vezes com enclaves máficos e de dioritos (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Alkmim *et al.* 2006). A G2 (580-560 Ma), intrudida durante a fase colisional, contém, principalmente, granitos do tipo S (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Alkmim *et al.* 2006, 2007, Richter *et al.* 2016). A supersuíte G3 (545-520 Ma) (, Richter *et al.* 2016) originada do magmatismo tardio a pós-colisional, dividida em: G3-I – granitos a granodioritos, com enclaves de rochas intermediárias a máficas, gerada por pulsos de magma calcioalcalinos; e G3-S – corpos de silimanita-cordierita-granada leucogranitos (Pedrosa-Soares *et al.* 2001). Trabalhos mais recentes como os de Gradim (2013) e Richter *et al.* (2016) apontam que nessa supersuíte predomina granitos do tipo S.

As supersuítes G4 e G5 foram geradas por magmatismo pós-colisional, durante o colapso gravitacional do orógeno. A primeira é constituída por granitos do tipo S, peraluminosos com corpos em forma de balão, algumas dessas intrusões são de pegmatitos com espodumênio, petalita e turmalina. Já a segunda é formada por diápiros zonados inversamente: núcleo com rochas máficas a intermediárias, e bordas com sienomonzonitos a granitos. Essa supersuíte é caracterizada por plutons do tipo I, calcioalcalinos com alto potássio. (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, Alkmim *et al.* 2006, 2007).

Além dessas unidades, as zonas de cisalhamento do núcleo cristalino do Orógeno Araçuaí e de sua conexão com o Orógeno Ribeira também afetam, localmente: os complexos Mantiqueira, Quirino e Nova Venécia, a formação São Tomé, e o Grupo Andrelândia. O Complexo Mantiqueira, por vezes nomeado de Complexo Piedade por alguns autores, possui idade Paleoproterozoica, sendo interpretado como um arco magmático continental, com retrabalhamento de crosta arqueana, é composto de biotita-anfibólio ortognaisses de composição tonalítica a granítica, com bandamento centimétrico a decimétrico, associados a anfibolitos (Silva *et al.* 2002, Noce *et al.* 2007). Heilbron *et al* (2010) caracterizam as rochas deste complexo, metamorfizadas na fácies anfibolito chegando a granulito (localmente), como um conjunto de suíte de gnaisses calcioalcalinos migmatizados, com camadas de anfibolitos.

O Complexo Quirino, de idade Paleoproterozoica, metamorfizado na fácies granulito, possui como litologia principal biotita-hornblenda gnaisses migmatizados, de composição tonalítica a granítica, com enclaves máficos a ultramáficos, ortognaisses migmatizados. Além de possuir anfibolitos e leucogranitos intercalados (Tupinambá *et al.* 2007, Silva 2010, Heilbron *et al.* 2012, Noce *et al.* 2013, Tupinambá *et al.* 2013, Heilbron *et al.* 2016).

Os protólitos sedimentares do Complexo Nova Venécia são provenientes do Orógeno Araçuaí (Roncato Junior 2010), possuem idade de deposição aproximada de 590 Ma (Gradim 2013). Esses foram intensamente deformados e migmatizados durante a deformação regional, gerando granulitos e migmatitos paraderivados, além de sillimanita-cordierita-granada biotita gnaisse bandado, com intercalações de rochas calcissilicáticas (Roncato Júnior 2009). Esse Complexo intrudido pela Suíte Aimorés (granitoides G5), apresenta metamorfismo em condições 800–900 °C e 5–8 kbar (Gradim 2013) e retrometamorfismo incipiente na fácies xisto verde (Roncato Júnior 2009).

A Formação São Tomé, descrita como complexo São Tomé por Vieira (1993), datada em 790 Ma, é composta por quartzo-biotita-muscovita xistos ricos em granada, com intercalações de rochas calcissilicáticas, gnaisses, quartzitos e xistos magnesianos. Esses litotipos registram metamorfismo de grau médio.

O Grupo Andrelândia, ou Megassequência Andrelândia, de idade entre 1,0 e 0,79 Ga, no limite entre o Meso e o Neoproterozoico (Horn 2007, Heilbron *et al.* 2012, Duarte *et al.* 2012, Nogueira *et al.* 2012, Novo *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013, Noce *et al.* 2013, Novo *et al.* 2014, Heilbron *et al.* 2016). Predominam paragnaisses granatíferos-biotíticos migmatizados, que incluem: silimanitagranada-biotita gnaisse, biotita gnaisses, anfibólio-biotita gnaisse, granada-biotita gnaisse kinzigítico e granada-gnaisse. Intercalando ou em associação com os gnaisses paraderivados aparecem: quartzitos, anfibolitos, gonditos, rochas básicas, calcissilicáticas, pegmatoides e pegmatitos zonados. Com base na paragênese mineral das prinicipais litologias, fica evidente a ação de metamorfismo de alto grau, com retrometamorfismo na fácies anfibolito (Horn 2007, Heilbron *et al.* 2012, Duarte *et al.* 2012, Nogueira *et al.* 2012, Novo *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013, Novo *et al.* 2014, Noce *et al.* 2013, Heilbron *et al.* 2016). Alkmim *et al.* (2006) propuseram um modelo evolutivo para o Orógeno Araçuaí e mostraram que no último estágio de colisão (560-535 Ma), para acomodar a massa orogênica comprimida na configuração tectônica "quebra-nozes", foi necessária a movimentação de material para sul, por meio de zonas de cisalhamento transcorrentes destrais (Fig. 2.2 e 2.3). Esse tipo de escape pode ser visto na indentação tectônica entre a Índia e Ásia (Silva 2010, Xu *et al.* 2013 Brito Neves *et al.* 2015).



Figura 2.3 - Mapa estrutural esquemático do núcleo cristalino do Orógeno Araçuaí. Principais zonas de cisalhamento: A - Abre Campo, M – Manhuaçu, G – Guaçuí, B - Batatal, P – Além Paraíba. Cidades: V- Vitória, G- Governador Valadares, T- Teófilo Otoni (Alkmim *et al.* 2006).

Silva (2010) propõe um modelo evolutivo, com 4 fases, para o desenvolvimento dessas zonas de cisalhamento transcorrentes destrais: i) ocorre entre 580-565 Ma, no início da colisão, com a formação de zonas de cisalhamento reversas e de empurrão, Abre Campo e Manhuaçu, na margem oeste da bacia; ii) com o contínuo progresso da colisão, por volta de 560-530 Ma. ocorreu a instalação do regime transpressivo destral, na região e no Orógeno Ribeira, que rotacionou e reativou as zonas reversas já existentes na porção sul do Orógeno Araçuaí, e que proporcionou a nucleação das zonas de cisalhamento Guaçuí e Batatal. Todas estas estruturas, no entanto, foram obliteradas ou fundiram-se às

zonas destrais a norte do Orógeno Ribeira.; iii) por volta de 520-480 Ma, devido à distensão gerada pelo colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí, ocorreu formação de zonas de cisalhamento normais, advindas também da reativação das estruturas transcorrentes pré-existentes; e iv) transversalmente às zonas anteriores, devido a uma deformação rúptil, foram produzidas falhas e juntas de direção EW, ENE-WSW e NW-SE.

As principais zonas de cisalhamentos presentes no núcleo cristalino citado anteriormente são: Abre Campo, Manhuaçu, Guaçuí, Batatal.

A zona de cisalhamento Abre Campo, também conhecida por "descontinuidade gravimétrica de Abre Campo" (Haraly & Hassui 1982), atua como sutura Paleoproterozoica, separando terrenos do embasamento, além de delimitar a ocorrência de granitoides da supersuíte G1 (Neoproterozoico) (Alkmim *et al.* 2006, Silva 2010). Esse lineamento possui cerca de 350 km de extensão na direção N-S, embora apresente mudança para NE em: seu extremo norte, onde ficou preservada sua característica de zona dúctil de empurrão reversa; e na parte sul, por ser rotacionada próximo às estruturas do Orógeno Ribeira (Alkmim *et al.* 2007; Silva, 2010). Essa zona de cisalhamento é caracterizada como transcorrente destral, atinge os complexos Mantiqueira e Juiz de Fora, as unidade supracrustais do Grupo Andrelândia, e as supersuítes G1 e G2 (Tuller 1993, Alkmim *et al.* 2007, Silva 2010).

O lineamento Manhuaçu, assim como a Zona de Cisalhamento Abre Campo, foi gerado como zona dúctil de empurrão e reversa, durante a fase principal da colisão que originou o Orógeno Araçuaí (Silva *et al.* 2009). Posteriormente, esse lineamento foi rotacionado, assumindo a direção NE-SW e o caráter transpressivo destral instalado na região. Chegando a 330 km de extensão com traços anastomosados, essa estrutura passa por inflexão para NE, em sua ponta sul, devido a influência da Faixa Orogênica Ribeira. Ela atravessa os complexos Mantiqueira, Juiz de Fora, Quirino e Pocrane, além das unidades supracrustais do Grupo Andrelândia e Paraíba do Sul, e as supersuítes G1 e G2 (Silva *et al.*2009; Silva, 2010).

Com traço sigmoidal, se estendendo por 70 km e direção NNE-SSW, a Zona de Cisalhamento Batatal foi originada entre 560 e 520 Ma (Silva 2010). Sua porção norte tem cinemática destral reversa, enquanto ao sul apresenta caráter destral. Diferentemente das outras zonas, não atinge o Orógeno Ribeira, pois ela é interceptada pelo maciço plutônico Rio Novo do Sul (colocado como supersuíte G5), a sudoeste de Alfredo Chaves (ES), região sudeste do orógeno (Silva 2010). Antes de ser obliterada, atravessa o Complexo Paraíba do Sul e em parte o Tonalito Jequitibá, colocado como parte pertencente a supersuíte G2 (Tuller 1993, Silva 2010, Hartwing *et al.* 2020).

Estendendo-se por 320 km, a Zona de Cisalhamento Guaçuí, apresenta, em sua porção norte, ramificações do tipo "rabo de cavalo", que convergem para formar um único lineamento (NE-SW), bastante expressivo, de movimentação transcorrente destral (Silva, 2010). Esse lineamento foi nucleado no mesmo período que a Zona de Cisalhamento Batatal, exibindo inflexão para SW, ao atingir a Zona
de Cisalhamento Além Paraíba, com a qual se funde (Horn 2006, 2007, Silva 2010). As unidades litológicas por ela afetadas são: complexos Nova Venécia e Paraíba do Sul, Formação São Tomé, as supersuítes G1, G2 e G5 e o Grupo Andrelândia (Tuller 1993, Cunnigham *et al.* 1998, Horn 2006, 2007, Silva 2010).

Por se estender do núcleo cristalino do Orógeno Araçuaí em direção ao Orógeno Ribeira, a sul, onde se conecta à Zona de cisalhamento Além Paraíba, a Zona de Cisalhamento Guaçuí é de especial interesse. Assim, apresenta-se a seguir uma revisão acerca da cinemática e condições de ocorrência das zonas de cisalhamento Além Paraíba e Taxaquara, do Orógeno Ribeira, além de uma detalhada caracterização microestrutural dos milonitos associados à Zona de Cisalhamento Guaçuí. Busca-se, então, uma possível comparação entre as histórias evolutivas dessas importantes estruturas.

2.1.3. O Orógeno Ribeira

O Orógeno Ribeira é uma Faixa orogênica com 1400 km de extensão, localizada entre o Orógeno Araçuaí (a norte), a parte sul da Faixa Brasília (a oeste), o Orógeno Apiaí e o Cráton São Luís Alves (a sul), até a costa leste brasileira (Fig. 2.4) (Silva 2010).



Figura 2.4 - Mapa esquemático mostrando: Cobertura Fanerozoica - Bacia do Paraná (1); Província Tocantins - Faixa Brasília (2); Província Mantiqueira - Faixa Apiaí (3), faixas Ribeira e Araçuaí (6); Embasamento pré-1,7 Ga - Cinturão Mineiro (5), Maciço de Joinville (7); Coberturas do Cráton do São Francisco - Grupo Bambuí (4); Cidades - Salvador (Sv), Rio de Janeiro (Rj); Florianópolis (Fl); Curitiba (Ct); São Paulo (Sp) (Tupinambá *et al.* 2007).

A relação a norte com o Orógeno Araçuaí é ponto de muita discussão na literatura, já que um grupo de estudiosos interpreta essas duas faixas orogênicas como um só orógeno, parte da Província

Mantiqueira, formado durante o final do Neoproterozoico ao início do Paleozoico (Egydio-Silva *et al.* 1999, Cavalcante 2013, Bento dos Santos *et al.* 2015, Cavalcante *et al.* 2018, Giraldo *et al.* 2019). As diferenças entre o arcabouço estrutural dos segmentos deste único orógeno (Araçuaí-Ribeira), seria explicada pela variação da deformação entre esses, controlada pela geometria da litosfera do Cráton São Francisco; pelas variações reológicas geradas pela presença de fusão das rochas e pela cinemática diferenciada durante o evento orogênico (Cavalcante 2013, Bento dos Santos *et al.* 2015).

Já outros trabalhos (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Alkmim *et al.* 2006, 2007, Tupinambá *et al.* 2007, Silva 2010, Ribeiro *et al.* 2019, Faleiros *et al.* 2020) considera, essas faixas orogênicas como separadas, apesar de não possuírem uma estrutura marcante de separação, sendo o paralelo 21°S considerado o início arbitrário do Orógeno Ribeira.

O Orógeno Ribeira possui orientação NE-SW, foi formado durante o Evento Brasiliano, pela interação entre os crátons Congo, São Francisco e Paranapanema. Sua porção norte, é dividida em quatro terrenos estruturais: Ocidental, Paraíba do Sul e, Oriental, reunidos por volta de 605 e 580 Ma; e o terreno Cabo Frio, amalgamado aos demais em torno de 520 Ma (Tupinambá *et al.* 2007).

O Terreno Ocidental é caracterizado como o retrabalhamento da margem leste do Cráton São Francisco e possui embasamento mais velho que 1,8 - 1,7 Ga (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007, Bento Santos *et al.* 2015), composto pelos complexos Juiz de Fora e Mantiqueira (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007, Giraldo *et al.* 2019). Sobre o embasamento, por volta de 1,2 e 1,5 Ga, foi depositada a Megassequência Andrelândia. Em seguida, corpos granitoides sin-colisionais de tipo S, datados entre 585 e 570 Ma, intrudiram essas as unidades litológicas (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007). As rochas desse terreno atingiram alto grau metamórfico, chegando à fácies granulito e registrando retrometamorfismo em temperaturas mais baixas (Tupinambá *et al.* 2007). Heilbron *et al.* (2004) coloca que nas áreas próximas ao Cráton São Francisco o grau metamórfico é baixo (fácies xisto verde) e próximo ao contato com o Terreno Paraíba do Sul e Oriental o metamorfismo chega à fácies granulito, enquanto o retrometamorfismo chega a temperaturas de fácies anfibolito.

O Terreno Paraíba do Sul, que pode ser considerado um terreno acrescionário (Giraldo *et al.* 2019), tem o Complexo Quirino, de idade Arqueana a Paleoproterozoica, como embasamento (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007, Giraldo *et al.* 2019). Sobreposto a este se encontram gnaisses paraderivados (sillimanita-biotita gnaisse e biotita gnaisses), hornblenditos, rochas calcissilicáticas e mármores colocados como pertencentes ao Grupo Paraíba do Sul (Tupinambá *et al.* 2007), que apresentam metamorfismo na fácies anfibolito (Heilbron *et al.* 2004, Bento Santos *et al.* 2015). Junto ao embasamento, ocorrem granitoides megaporfiríticos e biotita leucogranitos de idade entre 535-520 Ma, os últimos também ocorrem associados à sequência metassedimentar (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007).

O Terreno Oriental não possui evidências de embasamento pré 1,7 Ga, alguns autores o consideram como uma microplaca (Microplaca Serra do Mar) separada, que só foi aglutinada à placa dos paleocontinentes São Francisco e Congo, durante o evento orogênico brasiliano (Heilbron *et al.* 2004, Giraldo *et al.* 2019). Esse terreno é dividido em três domínios, cada qual representando sucessões metassedimentares de uma bacia de margem passiva: Cambuci, Costeiro e Italva.

O domínio Cambuci é composto por uma sequência metavulcanossedimentar, contendo granada-biotita gnaisses migmatíticos, gonditos, olivina mármore de composição dolomítica, rochas metamáficas e calcissilicáticas. Esses litotipos foram metamorfizados em alto grau metamórfico (fácies anfibolito superior a granulito) (Heilbron et al. 2004, Tupinambá et al. 2007). Já o domínio Costeiro é constituído de sequências metassedimentares depositadas no Neoproterozoico, com sedimentos de origens Arqueanas a Neoproterozoicas (Arco Magmático Rio Negro), metamorfizadas em fácies anfibolito superior a granulito, intrudida por corpos plutônicos metamorfizados na fácies anfibolito (Heilbron et al. 2004, Tupinambá et al. 2007). Entre os litotipos metassedimentares encontram-se: gnaisses kinzigíticos e (granada) - (hornblenda) - biotita gnaisses migmatíticos intercalados com quartzitos impuros, biotita gnaisses, anfibolitos, gonditos e rochas calcissilicáticas. Os plútons podem se apresentar gnaissificados e possuem idades e origens diferentes: pré-colisional - com gnaisses mesocráticos de composição tonalítica, quartzo dioritos, dioritos e hornblenda gabro, provenientes do magmatismo calcioalcalino do Arco Magmático Rio Negro (Heilbron et al. 2004, Tupinambá et al. 2007); sin-colisional - com granitoides de composição calcioalcalina com potássio elevado, leucogranitos, granada charnockitos e biotita granito originados do magmatismo sin-colisional (Heilbron et al. 2004).

Segundo Tupinambá *et al.* (2007), o domínio Italva possui em sua base dioritos, gabros e tonalitos pertencentes ao Complexo Rio Negro (Arco Magmático Rio Negro), cobertos pela sequência metassedimentar do Grupo Italva, com: gnaisses de composição granítica a granodiorítica, intercalados com rochas calcissilicáticas, anfibolitos e sillimanita-muscovita-quartzo-xistos, além de gnaisses mesocráticos, de composição tonalítica e mármores com intercalações de anfibolitos, rochas calcissilicáticas e pegmatoides. O metamorfismo nesse domínio chega à fácies anfibolito e, a idade de deposição sedimentar é de 840 Ma (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007).

O Terreno Cabo Frio é colocado como fragmento do Cráton do Congo, que foi aglutinado aos demais terrenos em uma colisão tardia no Cambriano (535-510 Ma) (Heilbron *et al.* 2004, Tupinambá *et al.* 2007, Bento Santos *et al.* 2015, Giraldo *et al.* 2019). Com características colisionais de alta pressão, esse evento atingiu condições metamórficas de 780° C e 9 Kbar (Heilbron *et al.* 2004, Bento Santos *et al.* 2015). O embasamento deste terreno é o Complexo Região dos Lagos, de idade 1,9 Ga (Heilbron *et al.* 2004, Giraldo *et al.* 2019), constituído de ortognaisses de composição tonalítica a granítica intercalados com anfibolitos e com enclaves dioríticos. Sobre esse, segue-se uma sequência

metassedimentar Neoproterozoica, com características correspondentes a de deposição em bacia de retro arco, relacionada ao Arco Magmático Rio Negro (Heilbron *et al.* 2004). Tal sucessão sedimentar é composta por: sillimanita-cianita-granada-biotita gnaisses intercalados com granada-quartzo gnaisses, quartzitos, granada anfibolitos, diopsídio anfibolitos, titanita anfibolitos, metahornblenditos, granada-clinopiroxênio gnaisse e diopsídio gnaisse; além de sillimanita-granada-biotita gnaisses com rochas calciossilicáticas e granada quartzitos intercalados (Heilbron *et al.* 2004, Silva 2010).

Segundo Heilbron *et al.* (2004), a edificação do Orógeno Ribeira, decorrente da Orogenia Brasiliana, é parte da evolução diacrônica dos orógenos da Província Mantiqueira. O estágio de subducção ocorreu durante o Criogeniano/Ediacarano, gerando arcos magmáticos, como o arco intraoceânico magmático do Rio Negro, cuja rochas plutônicas estão no Terreno Oriental, e bacias de antee retro-arco. Por volta de 590-560 Ma, houve o fechamento do paleo-oceano Adamastor e a colisão entre os paleocontinentes São Francisco e Congo, com a aglutinação do Terreno Oriental e do arco magmático na região sudeste Franciscana, produzindo metamorfismos de alto grau e grande volume de magmatismo. Esse evento colisional se deu de forma oblíqua, lançando os terrenos Paraíba do Sul e Oriental, sobre o terreno Ocidental e nucleando zonas de encurtamento frontal com vergência para W e zonas de cisalhamento transpressivas de direção NE/SW de cinemática destral.

No Orógeno Ribeira, entre 535-510 Ma, ocorreu um último episódio colisional, com metamorfismo de alta pressão e temperatura estipulada de 780° C (Heilbron *et al.* 2004, Bento dos Santos *et al.* 2015), que marca a amalgamação do Terreno Cabo Frio, provável fechamento de bacia de retro-arco do Terreno Oriental. Heilbron *et al.* (2004) colocam que essa última colisão foi responsável pela geração de zonas de cisalhamento destrais, a exemplo da Além Paraíba, no entanto isso vai de encontro com as conclusões de Silva (2010), que supõe o desenvolvimento dessa zona entre 560 e 530; de Bento dos Santos *et al.* (2015), que propõem a geração de zonas de cisalhamento destrais na parte central da Província Mantiqueira por volta de 570-520 Ma; e de Giraldo *et al.* (2019), que colocam a Zona de Cisalhamento Além Paraíba com idade de nucleação por volta de 590-530.

A fase pós-colisional (510-480 Ma) (Heilbron *et al.* 2004), interpretada como colapso do edifício orogênico, é marcada por deformações extensionais nos terrenos Cabo Frio e Oriental, com geração de zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis, associadas a dobras, e zonas de cisalhamento subverticais, que possibilitaram a ascensão do magmatismo pós-colisional, formador de plutons graníticos calcioalcalinos (Heilbron *et al.* 2004, Bento dos Santos *et al.* 2015).

Na porção norte do Orógeno Ribeira, são descritas três zonas de cisalhamento transcorrente destral, de direção NE/SW: Zona de Cisalhamento Juiz de Fora-Jaguari-Taxaquara, Zona de Cisalhamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha e a Zona de Cisalhamento Niterói (Silva 2010). As duas primeiras, possuem prolongamento para NE, mostrando que teriam correspondentes no Orógeno Araçuaí (Wiedemann *et al.* 2001, Silva 2010). Além do mais, a cinemática transcorrente destral e a

evidência de coalescência com as zonas de cisalhamento do Orógeno Araçuaí, indicam que tais estruturas foram geradas na mesma época ou em períodos próximos (Silva *et al.* 2009, Silva 2010).

2.1.4. Zona de Cisalhamento Além Paraíba

A zona de cisalhamento Além Paraíba, localizada na parte norte do Orógeno Ribeira, região central da Província Mantiqueira, apresenta grande expressividade na porção norte do estado do Rio de Janeiro, com orientação NE-SW (Giraldo *et al.* 2019), sendo que seu traço fica menos evidente para nordeste. No entanto, sua presença para além da fronteira entre os estados do Rio de Janeiro e o Espírito Santo, ou para norte da longitude 21°S, limite arbitrário entre os orógenos Ribeira e Araçuaí, fica evidente pela análise de anomalias magnéticas (Fig. 2.5) (Silva 2010).



Figura 2.5 - Mapa magnetométrico mostrando os principais lineamentos do Orógeno Ribeira e sua conexão com o Orógeno Araçuaí. ZCAC – Zona de Cisalhamento Abre Campo; ZCMM – Zona de Cisalhamento Maripá de Minas; ZCBA - Zona de Cisalhamento Batatal; FC-MSM – Feixe de Zonas de Cisalhamento Manhuaçu - Santa Margarida; ZCGu – Zona de Cisalhamento Guaçuí. Destaca-se o lineamento da Zona de Cisalhamento Além Paraíba (ZCAP) (modificado de Silva 2010).

A Zona de Cisalhamento Além Paraíba afeta uma área de 200 km de extensão e 5 km de largura média, gerando milonitos de alto grau metamórfico (Egydio-Silva & Mainprice 1999, Cavalcante *et al.*

2018, Giraldo *et al.* 2019). As unidades afetadas são o Complexo Quirino, os paragnaisses do Complexo Paraíba do Sul e granulitos máficos (Silva 2010, Giraldo *et al.* 2019).

2.1.5. Zona de Cisalhamento Taxaquara

A zona de cisalhamento Taxaquara (Fig.2.6 e 2.7), de orientação NE-SW, está localizada na porção central do sistema de zonas de cisalhamento do Orógeno Ribeira, mais precisamente, a sudoeste da cidade de São Paulo. É uma zona pouco estudada, apesar de ser uma importante estrutura regional (Ribeiro *et al.* 2019, 2020).

Tal zona foi gerada com o sistema de zonas de cisalhamentos transcorrentes, com cinemática destral e orientação NE-SW, de idade Ediacarana-Cambriana (Ribeiro *et al.* 2019). As rochas afetadas pela Zona de Cisalhamento Taxaquara apresentam foliação milonítica de direção NE, lineação de estiramento ENE-WSW e dobras fechadas de eixo paralelo à foliação milonítica (Ribeiro *et al.* 2019). Com elementos demonstrando regime transcorrente destral, esta zona de cisalhamento, se desenvolveu em condições de crosta média, com temperaturas entre 530-480° C e pressões entre 5.0-2.2 Kbar (Ribeiro *et al.* 2019, 2020).



Figura 2.6 - Mapa com geologia regional da área em que está localizada a Zona de Cisalhamento Taxaquara (seta vermelha indicando). Modificado de Campanha *et al.* 2019.



Figura 2.7 - Imagem retirada de Silva (2010), mostrando a conexão das zonas de cisalhamento Guaçuí (ZCGu) e Além Paraíba (ZCAP), e das zonas Maripá de Minas; além da continuação da zona de cisalhamento Abre Campo, como zona de cisalhamento Taxaquara, por alguns autores, ou como zona de cisalhamento Juiz de Fora-Jaguari-Taxaquara, por outros.

2.1.6. Zona de Cisalhamento Guaçuí

A Zona de Cisalhamento Guaçuí é um expressivo lineamento topográfico, que se estende por 320 km, passando pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Seu traçado começa com ramificações do tipo rabo de cavalo, nas cidades de Aimorés (MG) e Colatina (ES), que se unificam em um ramo de direção SSW no Estado do Rio de Janeiro (Silva 2010). Por influência da zona de cisalhamento Além Paraíba, deflete-se para SW a partir da cidade de Itaperuna (RJ) até a cidade mineira de Além Paraíba, onde passa a se fundir ao sistema de zonas do Orógeno Ribeira (Fig. 2.3 e 2.5) (Cunningham *et al.* 1998, Horn 2007, Silva 2010).

A Zona de Cisalhamento Guaçuí é interpretada como uma zona de cisalhamento dúctil destral transpressional, de direção preferencial NNE, tendo sido gerada durante o escape lateral para sul, na formação do Orógeno Araçuaí (Tuller 1993, Cunnigham *et al.* 1998, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, Alkmim *et al.* 2006, 2007, Silva 2010). Embora seja considerada por alguns autores como uma zona de metamorfismo de baixo a médio grau (Cunnigham *et al.* 1998, Hartwing *et al.* 2020), Horn (2006, 2007) e Silva (2010), mostram que há evidência de metamorfismo de facies anfibolito a granulito, com retrometamorfismo até fácies xisto verde.

As principais unidades afetadas por essa zona de cisalhamento são os complexos Nova Venécia e Paraíba do Sul, a Formação São Tomé do Grupo Rio Doce, as supersuítes Neoproterozoicas (G1, G2 e G5) e o Grupo Andrelândia (Tuller 1993, Cunnigham *et al.* 1998, Horn 2006, 2007, Silva 2010).

Os plútons, representativos da supersuíte G1 na região da Zona de Cisalhamento Guaçuí, são Galiléia e Alto Capim, compostos por rochas tonalíticas com granitos, granodioritos e trondhjemitos.

Apresentam foliação rica em biotita, e enclaves magmáticos de composição máfica a intermediária estirados ao longo do bandamento gnáissico (Vieira 1993, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Silva 2010).

A supersuíte G2 é representada na região pelos plútons Rio Guandu, Mascarenhas e Afonso Cláudio. É constituída, no geral, por ortognaisses, hornblenda-biotita gnaisses, biotita gnaisses tonalíticos, quartzodiorito, tonalitos, granodioritos, trondhjemitos e enderbitos (Vieira 1993, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Silva 2010).

A supersuíte G5, localmente conhecida como Suíte Caparaó, contém granulitos de composição enderbítica, charnoquítica, quartzo diorítica e gabroica; além de granitoides calcioalcalinos, com alta quantidade de K, que indicam contribuição do manto para sua formação (Vieira 1993, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Silva 2010).

Segundo Silva (2010), a Zona de Cisalhamento Guaçuí passou por 4 fases de deformação: a primeira (630-585 Ma), uma compressão E-W, gerou uma foliação gnáissica e dobras com sentido de transporte tectônico para W; a segunda, posterior a 560 Ma, foi caracterizada por regime transpressivo destral, com grau metamórfico de xisto a anfibolito ao norte, e fácies anfibolito a granulito na região sul. Produziu foliação milonítica e lineação bem marcadas.

A terceira fase de deformação, no intervalo 530-490 Ma, foi uma extensão restrita, com direção E-W, que ocorreu em fácies xisto verde a anfibolito, gerando zonas de cisalhamento normais (setores norte e sul), dobras, lineação e *boudins*. A última fase é caracterizada por um regime de extensão rúptil tardio, que gerou nas direções NE-SW e NW-SE, falhas e juntas.

À medida que se estende para sul, além de mostrar inflexão para SW, esse lineamento demonstra aumento na intensidade da deformação, chegando a gerar ultramilonitos. Isso pode ser explicado pela intervenção da Zona de Cisalhamento Além-Paraíba nessa região (Silva *et al.* 2009, Silva 2010).

Considerando-se, então, o contexto metamórfico e deformacional registrado pelo núcleo cristalino do Orógeno Araçuaí e sua conexão com o Orógeno Ribeira, delimitou-se a região dos setores central e sul da Zona de Cisalhamento Guaçuí para detalhada caracterização mineralógica e microestrutural (Fig. 2.8 e 2.9). O mapa geológico simplificado da figura 2.8 foi delimitado com base na disposição espacial das amostras selecionadas para o trabalho, e com o intuito de mostrar a distribuição das principais unidades e traços estruturais. As cartas geológicas utilizadas foram descritas no capítulo 1, item 1.5.4.



Figura 2.8 - Mapa Geológico com localização da área de estudo (forma vermelha) em relação às faixas Ribeira e a Araçuaí, e às zona de cisalhamentos principais: Zona de Cisalhamento Abre Campo (ZCAC), Zona de Cisalhamento Maripá de Minas (ZCMM), Zona de Cisalhamento Batatal (ZCBA), Feixe de Zonas de Cisalhamento Manhuaçu - Santa Margarida (FC-MSM) e Zona de Cisalhamento Guaçuí (ZCGU). Modificado de Silva 2010.



Figura 2.9 - Mapa geológico simplificado da área de estudo, com a divisão setorial da Zona de Cisalhamento Guaçuí feita por Silva (2010): acima da linha tracejada está localiza parte do setor central e abaixo o setor Sul. No canto superior direito, encontra-se um mapa geológico modificado de Silva (2010) com a localização da área de estudo em relação ao Orógeno Araçuaí, à Faixa Ribeira e às principais zonas de cisalhamento (Fig. 2.8).

Pensando na melhor harmonização do mapa, dois dos principais complexos metamórficos presentes na região, entre estes complexo Juiz de Fora e complexo Quirino, foram agrupados com o nome de complexos arqueanos e paleoproterozoicos, como aparece na legenda do mapa (Fig. 2.8). Já o complexo Paraíba do Sul foi individualizado, pois sua idade é colocada como Neoproterozoica na Folha Espera Feliz (Horn 2007) e na Folha Vitória (Silva *et al.*, 2004).

Na área de estudo, evidenciou-se ainda, durante a construção do mapa, um conjunto de rochas metavulcanossedimentares de idade Neoproterozoica, contendo litologias com paragênese de metamorfismo de anfibolito de alto grau a granulito. Há um predomínio de gnaisses, com composição variada, que às vezes aparecem intercalados: (ortopiroxênio)-granada-biotita gnaisse, (anfibólio)-biotita gnaisse com migmatismo intenso, sillimanita-granada-biotita gnaisse, granada-biotita gnaisse e biotita gnaisse. Entrepostos a esses litotipos aparecem: anfibolitos; rochas calcissilicáticas; gonditos clássicos e gonditos com anfibólio e piroxênio na composição, ambos com cobertura supergênica de óxidos/hidróxidos de manganês. Ocorrem ainda rochas metaultramáficas (metapiroxinitos e

metahornblenditos), olivina-diopsídio mármores (com flogopita, diopsídio, espinélio, talco, titanita e apatita) e anfibolitos maciços a bandados. O contato do mármore com os gnaisses e as rochas calcissilicáticas, contêm, respectivamente, pegmatoides com diopsídio e, às vezes, granada; e gnaisses claros, dominado por plagioclásio e granada (Heilbron *et al.* 2012, Duarte *et al.*, 2012, Nogueira *et al.* 2012).

As unidades mais jovens da região são granitoides Neoproterozoicos. Esses recebem diferentes denominações e apresentam diferentes características ao longo da área. As rochas dominantes podem ser colocadas como granitoides brasilianos gnaissificados, compreendendo: ortognaisses porfiroblásticos, ortognaisses graníticos a tonalíticos, por vezes com composição monzodiorítica ou mesmo trondhjemitos, com partes de anfibólio-biotita gnaisses; hornblenda-biotita gnaisses, gnaisses biotíticos (com granada e, às vezes, hornblenda e ortopiroxênio) e hornblenda-biotita gnaisses graníticos porfiríticos. Ocorrem também rochas charnoquíticas, localmente porfiríticas, com composição variando de granítica a tonalítica, com granada. Há hornblenda-biotita granito, granada-biotita granito, granada leucogranitos. Veios pegmatíticos intrudem, em geral, os ortognaisses, e os granitos pouco ou não deformados apresentam restitos de rochas do Grupo Andrelândia e do Complexo Juiz de Fora (Signorelli 1993, Silva 1993, Horn 2007, Heilbron *et al.* 2012, Novo *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013, Noce *et al.* 2014).

O metamorfismo predominante ocorre na fácies anfibolito, porém em alguns corpos chega à fácies granulito. Há indícios de retrometamorfismo na fácies xisto verde, porém não é evidenciado em toda a litologia (Signorelli 1993, Silva 1993, Horn 2007, Novo *et al.* 2012, Heilbron *et al.* 2012, Tupinambá *et al.* 2013, Noce *et al.* 2013, Novo *et al.* 2014).

A ampla ocorrência de falhas geológicas e zonas de cisalhamento na região evidencia a dominância de deformação em regime dúctil-rúptil (Fig. 2.8). No setor sul da Zona de Cisalhamento Guaçuí a maioria dos contatos litológicos são por falhas, embora apenas algumas dessas estruturas estejam representadas, a fim de que toda a variação litológica pudesse ser claramente observada, na escala adotada. Da mesma forma, antiformes e sinformes, normais e revirados, presentes na porção sudeste-sudoeste da área de estudo não estão representados, uma vez que não afetam a região da zona de cisalhamento foco do trabalho. O mesmo se aplica a ampla ocorrência de falhas e fraturas na porção nordeste.

O traçado da Zona de Cisalhamento Guaçuí (ZCG) baseia-se na delimitação feita por Silva (2010) e nas estruturas especificadas nas Folhas Espera Feliz e Afonso Cláudio como pertencentes à ZCG. Com o traçado, a visualização do comportamento superficial dessa zona em mapa fica mais fácil, inclusive sua deflexão para SW.

CAPÍTULO 3

ZONAS DE CISALHAMENTO E MICROESTRUTURAS

3.1 CONCEITOS, CLASSIFICAÇÃO, PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E TIPOS DE ROCHA

Zonas de cisalhamento são zonas, de variados tamanhos, em que há intensa localização de deformação cisalhante, diferenciando-a das regiões que a circundam (Fig.3.1) (Fossen & Cavalcante 2017). Em geral, são consideradas estruturas planares, embora possam apresentar geometria anastomosadas e complexas (Carreras *et al.* 2010, Fossen & Cavalcante 2017).



Figura 3.1 - Desenvolvimento de zona de cisalhamento em um veio que foi convertido no núcleo ultramilonítico dessa zona (Caledonian Jotun Nappe, Norway. Fossen & Cavalcante (2017)).

Segundo Fossen & Cavalcante (2017), a nucleação de uma zona pode ser iniciada ou direcionada por anisotropias presentes na rocha (veio, dique, fratura) (Fig.3.1), tendo que ser levado em conta, o sentido do cisalhamento, a resistência do agregado mineral e a orientação da estrutura. Entretanto, há ainda a possibilidade de ocorrer a nucleação, ou concentração da deformação, em rochas sem aparentes descontinuidades, pela ocorrência de minerais menos resistente no agregado (e.g Handy *et al.* 1994, Gonçalves *et al.* 2015).

Uma vez nucleadas, essas zonas crescem a partir do seu centro, havendo uma relação direta entre o deslocamento gerado (maior no centro) e a extensão da estrutura (Fossen & Cavalcante 2017). É possível também aumentar o comprimento de uma zona de cisalhamento, através da conexão com zonas vizinhas, que podem gerar uma rede de zonas cisalhantes (Fig.3.2). Com o aumento da dimensão da zona, e dependendo da reologia do material e da deformação empregada, a espessura desta tende a se ampliar também.



Figura 3.2 - Ilustração esquemática da evolução de uma rede de zonas de cisalhamento. **a**) Interação de estruturas durante seu crescimento; **b**) Algumas zonas de cisalhamento se conectam formando zonas mais restritas; **c**) Desenvolvimento de rede contínua, com todos os segmentos interligados; **d**) evolução para uma zona de cisalhamento anastomosada com lentes de protólitos menos deformados. O modelo é independente da escala Fossen & Cavalcante (2017).

Essas estruturas podem se propagar em profundidade atingindo condições de crosta inferior, e até litosféricas. Dependendo da parte crustal ou litosférica que se analisa, diferentes produtos serão encontrados, já que o comportamento da zona será distinto, como apresentado na figura (Fig.3.3) (Passchier & Trouw 1996).

As zonas de cisalhamento podem ser classificadas como dúcteis ou rúpteis. As de carácter dúctil são zonas em que a deformação plástica é dominante e contínua. Essa, por sua vez, irá depender da mineralogia das rochas deformadas, das condições de pressão e temperatura em que os litotipos foram submetidos, além da presença ou ausência de fluídos (e.g. Fossen & Cavalcante 2017). Já as zonas rúpteis apresentam predominância de deformação rúptil, em geral por rotação de fragmentos de corpo rígido, às vezes denominadas zonas de falha ou falhas. É comum, no entanto, encontrar os dois tipos de deformação em uma única zona de cisalhamento, dando a esta a denominação rúptil-dúctil, ou viceversa, dependendo de qual predomina (Fig.3.3). Além do que, essas zonas podem ser reativadas ao longo da história, variando sua posição verticalmente, podendo-se sobrepor estágios e condições de deformação (Passchier & Trouw 1996, White *et al.* 1980).



Figura 3.3 – a) Diagrama simplificado ilustrando a variação vertical em uma zona de cisalhamento e as texturas ("facies") características, além da transição rúptil-plástica para quartzo e feldspatos, e os mecanismos dominantes de recristalização (*bulging, subgrain rotation e grain boundary migration*), que são relacionados a temperatura, taxa de deformação e quantidade de fluídos presentes. b-d) Ilustração de microtexturas em três regimes diferentes: b- *brittle fracturing* (mecanismos rúpteis); c - deformação plástica com feldspato fraturado (grão central) e pequenos grãos de quartzo (deformados plasticamente); d- recristalização de alta temperatura, em que quartzo e feldspato se comportam plasticamente (Fossen & Cavalcante 2017).

Nas regiões onde ocorre deformação rúptil, há geração de rochas de falha, que podem ser divididas em não-coesivas – goiva de falha (*fault gouge*), além de brechas e cataclasito não coesivos; e em coesivas – brecha, cataclasito e pseudotaquilito (Fig. 3.4 a) (Sibson *et al.* 1977, Passchier & Trouw 1996).



Figura 3.4 - a) Rocha fraturada, na parte inferior esquerda. No meio, disposta na diagonal da imagem, se encontra uma brecha de falha; e na parte superior da imagem há um cataclasito. A escala da foto é de 3 mm (Trouw *et al.* 2009). **b)** Granulito do Complexo Juiz de Fora, na região de Ipatinga e Novo Horizonte, apresentando milonitização, com foliação milonítica evidenciada, além de minidobras e porfiroclastos assimétricos (Silva 2010).

As zonas com características dúcteis apresentam rochas foliadas, com lineações contínuas, além de porfiroclastos e matriz de granulação mais fina (ambos podendo variar em granulação e quantidade), denominadas milonitos (Passchier & Trouw 1996, Trouw *et al.* 2009).

Segundo Sibson *et al.* (1977), os milonitos (Fig. 3.4 b) podem ser divididos em protomilonito, milonito e ultramilonito, dependendo da porcentagem de matriz presente na rocha, como mostrado na tabela a seguir:

Tabela 3.1 - Classificação de milonitos segundo a proporção de matriz (baseada Sibson et al. 1977).

	Proporção da Matriz
Protomilonito	10-50 %
Milonito	50-90%
Ultramilonito	90-100%

Essas rochas são geradas em zona de alta deformação (*high strain*) e apresentam foliações características (S, C e C'). Podem mostrar grãos reliquiais de minerais de maior resistência, de maior granulação que a matriz, denominados porfiroclastos, e grãos alongados ou estirados; além de microestruturas que serão apresentadas no tópico 3.2.1., deste trabalho.

O sentido do cisalhamento, ou rotação, pode ser bem identificado em milonitos através do deslocamento de marcadores, como: veios, bandamento, foliação, dentre outros. Também é possível, identificá-lo pela análise microestrutural, como exemplificado a seguir (e.g. Passchier & Trouw 1996, Silva 2010).

Foliação milonítica

Uma das feições característica, podendo ou não estar bem desenvolvida, em rochas miloníticas é a sua foliação. Trata-se de uma foliação secundária e espaçada, composta por porções e lentes, diferenciadas por variação reológica, em função de variação composicional e de granulação dos grãos. Essa foliação tende a contornar porfiroclastos, evidenciando uma estrutura S-C. O plano de foliação S é obliquo ao plano de cisalhamento e seu traço é paralelo ao maior eixo dos porfiroclastos; já o plano C é paralelo ao plano de cisalhamento. A relação angular entre esses planos pode fornecer o sentido do cisalhamento (Fig. 3.5). Pode ocorrer uma foliação C', gerada em estágios finais do cisalhamento, quando a foliação já está bem definida, sobrepondo, de forma oblíqua, a foliação principal, a estrutura S/C. Tem-se ainda a situação em que a foliação C' é a foliação gerada pela localização inicial da foliação, que evoluirá para uma estrutura S-C típica (White *et al.* 1980, Passchier & Trouw 1996, Hollyoke III & Tullis *et al.* 2006, Jordt Evangelista 2012, Gonçalves *et al.* 2015).



Figura 3.5 - Estrutura S-C em granito cisalhado (Fossen & Cavalcante 2017).

3.2 MICROESTRUTURAS

Microestrutura é o termo dado às relações das fases minerais entre si, em escala microscópica, como dobras, bandamento composicional, foliação, lineação. Considera-se ainda aspectos geométricos dos grãos como forma, tamanho, contatos e disposição, que, em geral, são definidos pela análise textural da rocha (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012).

Rochas deformadas por cisalhamento podem apresentar conjuntos de microestruturas características, as quais evidenciam o grau metamórfico e a ação da tensão cisalhante aos quais o material foi submetido, lembrando que pode haver sobreposição de fases de deformação (Passchier & Trouw 1996). Portanto, através da análise microestrutural e identificação dos mecanismos de deformação atuantes é possível determinar as condições de deformação operantes como: condições de pressão e temperatura, taxa de deformação, presença de fluidos. Para tal, deve-se ter em mente que cada fase mineral, pode apresentar, dependendo da taxa de deformação, temperatura e pressão, e da presença de fluídos, diferentes tipos de comportamentos reológicos (Fig. 3.6) (Fossen & Cavalcante 2017).



Figura 3.6 - Comportamento de quartzo e feldspato com aumento de profundidade (temperatura e pressão também aumentam) e de taxa de deformação. A linha reta indica predomínio de deformação rúptil, enquanto a parte curva mostra a predominância de deformação dúctil (modificado de Passchier & Trouw 1996).

Nesse sentido, com base nos trabalhos de White *et al.* (1980), Knipe (1989), Stünitz & Fitz Gerald (1993), Passchier (1993), Passchier & Trouw (1996), Kruhl 1996, Hippertt *et al.* (2001), Stipp *et al.* (2002), Karnioul & Machado (2005), Hollyoke III & Tullis (2006), Jordt Evangelista (2012), Fossen & Cavalcante (2017), Cavalcante *et al.* (2018), Conte *et al.* (2020) lista-se, a seguir, os principais mecanismos de deformação e suas respectivas microestruturas, segundo sua predominância em cada grau metamórfico, tendo como base o comportamento de agregado quartzo-feldspático.

3.2.1. Grau metamórfico mais baixo (<300°)

Os principais mecanismos atuantes nessas condições são de natureza rúptil, destacando-se a fragmentação mecânica, com deslizamento e rotação dos fragmentos, no processo de fluxo cataclástico (Passchier & Trouw 1996). São gerados grãos (em geral, de fragmentos de rocha) com diferentes tamanhos, com bordas retas e terminações angulares (Fig.3.7 a), além de extinção ondulante esporádicas nos grãos maiores e microfraturas internas (Passchier &Trouw 1996).

Outro mecanismo é a dissolução por pressão, um processo de difusão de matéria produzido pela dissolução de bordas de grãos, ativada pelo aumento de tensão no contato entre os grãos e facilitada por fluidos. A matéria dissolvida em geral se precipita ao redor do próprio grão, gerando sombras de pressão (Fig. 3.7 b) (Passchier & Trouw 1996).



Figura 3.7 - Textura produzida por fragmentação (Jordt Evangelista 2012). **b**) i- durante diagênese, tensão diferencial nos pontos de contato é alta, como indicado pelas partes sombreadas; **ii**- ocorreu dissolução por pressão no contato dos grãos, alterando suas formas. O material dissolvido é distribuído e depositado ao redor dos grãos (Passchier & Trouw 1996).

3.2.2. Grau metamórfico baixo (300-400°C)

Nessa condição, embora fases minerais mais resistentes ainda mostrem feições indicativas de fraturamento, há maior evidência de deformação intracristalina (Passchier & Trouw 1996). Neste processo, há deslocamento de defeitos reticulares (discordâncias) pelo cristal, proporcionando uma deformação plástica no mineral, pelo fluxo de discordâncias (*dislocation creep*) (Knipe 1989, Passchier & Trouw 1996).

Em condições de baixo grau metamórfico, minerais menos resistentes exibirão feições resultantes do processo de fluxo de discordâncias: extinção ondulante e subgrãos (Passchier & Trouw 1996). Com o aumento do grau de deformação, serão também observadas evidências do domínio de recristalização dinâmica por *Bulging* (BLG) ou migração lenta e localizada de borda (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002). Esse mecanismo de recristalização consiste na formação de novos grãos (de tamanho bem menor) a partir da formação de um *bulge* no contato de grãos com diferentes densidades de discordâncias (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002). Pode também ocorrer a nucleação (menos comum) de um novo grão, dentro do cristal mais deformado (Passchier & Trouw 1996). Esse mecanismo, pode ter uma componente de rotação de subgrão para a formação de novos grãos (Stipp *et al.* 2002) (Fig.3.8).



Figura 3.8 - Esquema ilustrativo de dois modelos de formação de novos grãos por *Bulging* (BLG). Obs.: a migração de borda de grão apresentada aqui é localizada e lenta, diferente da GBM do *tópico 3.2.3*. (Stipp *et al.* 2002).

Assim, em condições de baixo grau metamórfico, as principais microestruturas geradas a serem observadas são (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002):

• **Bulge** – É o deslocamento da borda de um grão ("barriguinha") menos deformado para dentro de um grão com alta densidade de discordância (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002, Jordt Evangelista 2012). Esse tipo de microestrutura gera contatos interlobados entre os minerais (Fig. 3.9 a) (Stünitz & Fitz Gerald 1993, Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002, Jordt Evangelista 2012).

• **Bandas de deformação** – são áreas separadas por paredes de deformação (planos com acúmulo de discordâncias), e que apresentam limites difusos (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012). É evidenciada pela extinção diferenciadas das regiões vizinhas (Fig. 3.9 b). São mais espessas que as lamelas de deformação (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002).

• Extinção ondulante – as discordâncias (defeitos intracristalinos) estão distribuídas pelo grão, de forma que, opticamente, quando se gira a platina (com polarizadores cruzados), a extinção não é uniforme, percorrendo o grão, que não fica extinto completamente (Fig. 3.9 b) (Stünitz & Fitz Gerald 1993, Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002, Jordt Evangelista 2012).

• Maclas de deformação – nesse caso uma concentração de defeitos intracristalinos em direções cristalográficas específicas. Ao microscópio óptico, percebe-se faixas

paralelas que se extinguem em diferentes posições. São parecidas com as maclas geminadas, no entanto, essas têm seu prolongamento interrompido, em aspecto acunhado (Fig.3.9 c) (Passchier & Trouw 1996).

• Lamelas de deformação – comuns em quartzo nessas condições de metamorfismo, são regiões, com forma lamelar, delimitadas por planos com acúmulo de discordâncias e/ou inclusões fluidas, o que gera um contraste de relevo e cor (a polarizadores cruzados) entre regiões adjacentes internamente de um dado grão (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002, Jordt Evangelista 2012).

• **Subgrãos** – São regiões semelhantes às bandas de deformação, porém seus limites tendem a ser mais bem definidos (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012). São mais comuns em temperaturas mais altas (Fig. 3.9 d) (Kruhl 1996), embora possam aparecer em condições de baixo grau metamórfico, dependendo do mineral em questão (Stipp *et al.* 2002).



Figura 3.9 - a) Setas vermelhas indicando contato lobado entre grãos de quartzo, aparente recristalização por *bulge*. **b**) Seta vermelha mostra banda de deformação (zona mais escura no grão). A seta amarela mostra a extinção ondulante presente no cristal (Cavalcante *et al.* 2018). **c**) Maclas de deformação em grãos de plagioclásio (Cavalcante 2013). **d**) Seta vermelha mostra limite bem definido de subgrão de quartzo (Kruhl 1996).

3.2.3. Grau metamórfico médio a alto (400-700°C)

A partir dessa temperatura os mecanismos de deformação dominantes são aqueles associados à predominância de recristalização dinâmica (Passchier & Trouw 1996), e por consequência, há formação de novos grãos, principalmente por Rotação de Subgrão (*Subgrain Rotation -SGR*) e Migração de Borda de Alta Temperatura (*Grain Boundary Migration -* GBM) (Passchier & Trouw 1996,).

A recristalização por rotação de subgrãos (SGR) é caracterizada por uma progressiva rotação dos subgrãos, até que tenham uma desorientação em relação a seus vizinhos maior que 10° (Passchier & Trouw 1996). Nesse ponto, o subgrão se individualiza e gera um novo grão, cujo tamanho é semelhante ao tamanho dos subgrãos. Os novos grãos terão orientação cristalográfica próxima, com uma relação de desorientação com o grão deformado. Esse tipo de mecanismo é mais influente nas temperaturas de 400 a 570° C para grãos de quartzo, e produz microestruturas do tipo núcleo-manto, caracterizada por um grão deformado (porfiroclasto), bordejado por grãos menores, recristalizados pela rotação dos subgrãos (Passchier & Trouw 1996, Stipp *et al.* 2002).

A migração de borda (GBM) ocorre com maior expressividade na faixa de $570 - 620^{\circ}$ C. Caracteriza-se pelo deslocamento da borda do grão menos deformado para o mais deformado, gerando grandes lobos. Diferentemente da migração de borda de baixa temperatura (por *bulging* - BLG), não é localizada, os contatos produzidos são ameboides ou curvos e não saturados e os grãos podem se apresentar alongados (Stipp *et al.* 2002).

As principais microestruturas geradas por esses mecanismos são:

• Estrutura núcleo-manto – núcleo (porfiroclasto) circundado por um manto de grãos de menor tamanho e mesma composição, gerado pela recristalização dinâmica das bordas do grão reliquiar (Fig. 3.10 a) (Passchier 1994, Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012).

• **Caudas de recristalização** – Advém de recristalização dinâmica de um porfiroclasto, onde o manto de grãos recristalizados, se distribuem e se orientam segundo o tipo e o sentido de cisalhamento operante. Podem ser simétricas ou assimétricas em relação ao traço da foliação da rocha, se tornando indicadores de sentido se cisalhamento (Fig.3.10 c) (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012).

• De forma simplificada, pode-se dizer que existem dois tipos principais de assimetria dessas estruturas: tipo δ - o núcleo (porfiroclasto) rotacionou durante a recristalização e a cauda acompanha; e, tipo σ - quando não se reconhece a rotação do porfiroclasto (Fig.3.10 c) (Passchier 1994, Jordt Evangelista 2012).

• **Grãos alongados** – as fases minerais podem apresentar alongamento dos grãos, principalmente, as menos resistentes (Passchier & Trouw 1996).

• Mica-*fish* – são porfiroclastos de micas que se apresentam com forma sigmoidal, com caldas de recristalização em suas pontas (Fig.12 b). São usados como indicadores de sentido de

cisalhamento (Jordt Evangelista 2012). Em graus metamórficos maiores, outros minerais podem desenvolver grãos com formas lenticulares, ou *fishes* (Passchier & Trouw 1996).

 Sombra de pressão – é gerada por dissolução por pressão e os minerais precipitados nas bordas do porfiroclasto (sítios de alívio de pressão), apresentam outras composições (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012).



Figura 3.10 - a) Setas vermelhas mostrando manto recristalizado de plagioclásio. Seta amarela apontando para porfiroclasto de plagioclásio com extinção ondulante. **b**) Porfiroclasto de muscovita formando microestrutura do tipo mica *fish*. Setas pretas mostram sentido de cisalhamento, e seta vermelha, evidência a presença de calda de recristalização; base da foto tem 2 mm (Mukherjee 2011). **c**) Esquema ilustrativa de 2 tipos de assimetria em porfiroclastos: $\sigma \in \delta$. Setas vermelhas indicam sentido de cisalhamento (Jordt Evangelista 2012).

3.2.4. Grau metamórfico alto (>700° e < 900°C)

Em alto grau metamórfico ainda se observa a ocorrência de GBM (Migração de Borda de Alta Temperatura), porém o deslizamento ao longo das bordas dos grãos (*Grain Boundary Sliding* - GBS) pode ser mais frequente. Esse mecanismo ocorre com o deslizamento de bordas de grãos, ou seja, os grãos deslizam entre si. E para evitar os vazios que podem aparecer, durante essa movimentação, há a combinação desse processo com a difusão em estado sólido (*solid-state diffusion creep*). A migração de borda gera agregados com bordas curvas e lobadas (Passchier & Trouw 1996).

Algumas microestruturas comuns em alto grau metamórfico são:

• *Ribbons* – trata-se de grãos alongados com razões axiais até de 20:1. Podem ser encontrados em médio a alto grau, porém sua predominância vai ser em altas temperaturas. No caso do quartzo, a formação dessas microestruturas, se dá pelo contato de grãos com orientação cristalográfica semelhante, que coalescem formando um *ribbon* poliminerálico, que apresenta bordas retas e forma retangular, geradas pela mobilidade de bordas de grãos (Fig.3.11 a) (Hippertt *et al.* 2001).

• *Chessboard* - são subgrãos, cujos planos cristalográfico prismático e basal são ativos. Podem ser identificados pela presença de subgrãos dispostos em uma configuração de tabuleiro de xadrez. A ativação do plano prismal do quartzo, por exemplo, se dá em temperaturas maiores que 650°C. Devido a isso, essa microestrutura é comum a alto grau metamórfico (Fig.3.11b) (Kruhl 1996, Karnioul & Machado 2005, Cavalcante *et al.* 2018).





É importante destacar que em condições de alta temperatura, com diminuição e/ou a ausência de deformação (*strain*), é estabelecido um mecanismo de recristalização estática (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista 2012). Nessas condições, há um ajuste dos contatos intergranulares e crescimento dos grãos, por um processo de redução da área de suas bordas (*Grain Boundary Area Reduction* - GBAR) (Passchier & Trouw 1996). Consequentemente, a energia acumulada nos limites dos grãos diminui e grãos com bordas retas e forma poligonal se desenvolvem. Dessa forma, as microestruturas pré-existentes podem ser obliteradas, dificultando a identificação e interpretação de etapas e condições metamórficas e deformacionais.

Ainda, embora em condições de alta temperatura a deformação plástica prevaleça (fluência de defeitos intracristalinos), o aumento progressivo e acúmulo de discordâncias nos retículos cristalinos, em decorrência de tensão dirigida, pode levar ao enrijecimento dos grãos e do agregado (Jordt Evangelista 2012). Nesse contexto, a dificuldade de fluência dos defeitos é referenciada como *strain hardening*, o que pode gerar fraturamento em altas temperaturas, e deve ser levado em conta na análise microestrutural (Passchier & Trouw 1996, Jordt Evangelista, 2012, White *et al.* 1980).

Como a zona de cisalhamento pode ser reativada, em diferentes níveis crostais, as microestruturas observadas podem registrar mecanismos de deformação operantes em variadas condições de temperatura e pressão. Além do mais, a circulação de fluidos contribui para a localização da deformação, por exemplo através da geração de minerais secundários, menos resistentes, o que é referenciado como um processo de "amaciamento" do agregado ou *strain softening*, em contraponto ao *strain hardening*. Sendo assim, apesar do metamorfismo dessas zonas ser progressivo, pode haver evidências de retrometamorfismo e de um ciclo metamórfico e deformacional complexo (Passchier & Trouw 1996, Karnioul & Machado 2005).

CAPÍTULO 4

4.1 PETROGRAFIA E MICROESTRUTURAS DOS MILONITOS DA ZONA DE CISALHAMENTO GUAÇUÍ

Foram descritas 39 lâminas, coletadas ao longo dos setores central (30) e sul (9) da Zona de Cisalhamento Guaçuí.

Como apresentado na metodologia, as descrições se basearam na caracterização geral da rocha, por meio da identificação das fases minerais presentes, suas relações de proporção e, microestruturas observadas.

Com base na mineralogia essencial, as amostras, inicialmente, foram separadas em 3 grupos:

i) Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Granada ± Zircão± Opacos ± Apatita ± Sillimanita;

ii) Plagioclásio + Quartzo + Ortoclásio + Hornblenda + Hiperstênio ± Zircão ± Opacos;

iii) Microclíneo + Quartzo + Biotita + Plagioclásio ± Zircão ± Opacos ± Apatita.

A diferenciação foi feita sem levar em conta as variações modais, mas a associação mineral. Embora outras associações minerais tenham sido observadas, a ocorrências de novos minerais essenciais não é expressiva, optando-se pela combinação entre os grupos apresentados, como i e ii; ii e iii (Tabela 4.1), sendo essas:

i e ii) Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Granada + Hornblenda + Hiperstênio;

ii e iii) Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Microclíneo + Hornblenda + Hiperstênio.

GRUPO	LÂMINA
i	G046, G053, G041, G028, G017, G016, G040, G052, G057, G111, G024.
ii	G043, G014, G010, G033, G004, G001, G042, G018, G060, G032, G104, G110, G119, G120, G138. G149, G058.
iii	G022, G025, G008, G009, G045, G147, G134.
ii e iii	G044.

Tabela 4.1 - Grupos mineralógicos.

|--|

A maioria das amostras apresentam-se inequigranular, porfiroclástica, sendo a matriz de granulação média e os porfiroclastos variando entre 0,4mm a 9,6 mm, e com foliação milonítica bem definida, O grau de milonitização varia, mas predominam os milonitos. Como mostra o digrama a seguir, as rochas do grupo i variam entre granitos (sieno-granito, monzogranitos) e granodioritos; as do grupo ii estão entre granitos (sieno-granito, monzogranitos), granodioritos e tonalitos; enquanto a maioria das amostras do grupo iii são monzogranitos, seguido de sieno-granito e granodioritos. As interseções se encaixam entre os tonalitos e granitoides ricos em quartzo (i e ii) e sieno-granitos (ii e iii).



Figura 4.1 - Diagrama QAPF com as amostras plotadas por grupo.

Vale ressaltar que as rochas do grupo ii, por apresentarem ortopiroxênio, poderiam entrar no campo das rochas charnoquíticas, optando-se, nesse momento pela classificação: piroxênio granitos, piroxênio tonalitos (Frost & Frost 2008).

4.1.1 Minerais essenciais

Quartzo (Qz) – Está presente em todas as rochas estudadas (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Porcentagens médias do quartzo por grupo.

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)
i	35-25

ii	10-40
iii	20-30
i e ii	20-37
ii e iii	15

Os grãos de quartzo apresentam: extinção ondulante e formação de subgrãos, até mesmo padrão *chessboard* (Fig.4.2 e, f)). Com exceção das lâminas: G033, G032, G022, G044, G016, G057 e G024, em todas as outras amostras o quartzo se apresenta, predominantemente, como *ribbons* e como agregados poligonizados e/ou com bordas interlobadas na matriz (fina a média) (Fig.4.2 a). Nas amostras G033 e G024, observam-se grãos de quartzo na matriz e como pórfiros alongados, orientados, com contatos curvos a quase ameboides, em geral, com os feldspatos (Fig.4.2 b). Nas amostras G016 e G057, embora *ribbons* sejam observados pontualmente, os grãos estão recristalizados (agregados poligonizados), enquanto na amostra G032 não há vestígio do desenvolvimento de *ribbons* e o agregado está totalmente recristalizado (Fig. 4.2 c e d).





Figura 4.2 - a) *Ribbons* (setas amarelas) de quartzo (Qz), matriz de quartzo e feldspatos (Fsp) (setas verdes), com contatos retos a interlobado (G046); **b**) grãos alongados em duas direções, indicadas pelas retas vermelhas (G024); **c**) resquício de *ribbons* de quartzo recristalizados (setas amarelas), matriz de quartzo e feldspatos (setas verdes) com predominância de contatos retos (G016); **d**) matriz de quartzo e feldspatos recristalizada (predominância de contatos retos e agregados poligonizados), granulometria mais fina na base da lâmina (seta amarela e verde, respectivamente) (G032); **e**) subgrãos em padrão *chessboard* em pórfiro alongado de quartzo (seta verde), e grãos com extinção ondulante parte superior (seta amarela) (G033); **f**) grão alongado de quartzo com subgrãos (seta verde) (G022). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

Nas amostras G111, G060, G018, G110, G104, G001, G010, G028 e G017 há inclusões de fish

de plagioclásio em ribbons (Fig. 4.3 a e b).



Figura 4.3 - Grãos de plagioclásio, formando estrutura *fish* (setas amarelas), inclusos em *ribbons* de quartzo (G018); *Ribbons* de quartzo, com *fish* de plagioclásio incluso (setas amarelas) (G001). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

Plagioclásio (Pl) – Está presente em todas as amostras (Tabela 4.3)

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)	
i	20-40	
ii	20-37	
iii	14-35	
i e ii	17-30	

Tahala / 3 -	Porcentagens	mádias	do	nlagioclásio	nor	aruno
1 abela 4.3 -	Forcemagens	meuras	uo	plagiociasio	por	grupo



Os feldspatos coexistem com frequência, sendo muitas vezes difícil diferenciá-los na matriz, mas possível de fazê-lo com os pórfiros. Dentre esses, o plagioclásio, em geral, apresenta-se em maior quantidade que o ortoclásio, quer seja na matriz de granulação média, e/ou como pórfiros. Em grande parte das amostras os plagioclásios apresentam-se anédricos, com bordas curvas a interlobadas e extinção ondulante. Em algumas amostras, há pórfiros alongados e orientados (G033, G053, G024, G017) (Fig. 4.4 b). A ocorrência de estrutura núcleo-manto é comum, com pórfiros (núcleos) cercados total ou parcialmente de grãos recristalizados (Fig. 4.4 d). Ainda apresentam: fraturas (preenchidas ou não) (Fig. 4.4 b), alteração (sericitização e ou carbonatização) (Fig. 4.4 c), extinção ondulante (Fig. 4.4 b e c), subgrãos (G017 e G042), antipertita, exsolução e geometria em *fish* inclusos em grãos de quartzo (G028) (Fig. 4.4 a, e, f).





Figura 4.4 - a) Pórfiro alongado com antipertita em formato losangular (seta amarela), provavelmente indicando rotação horária (G040); **b**) pórfiro alongado, fraturado (seta amarela), com maclas curvas (seta verde), extinção ondulante (seta vermelha) (G017); **c**) pórfiro de plagioclásio (Pl) alterando para sericita (setas verdes), com extinção ondulante (seta amarela)(G046); **d**) estrutura núcleo-manto (G148); **e**) *fish* de plagioclásio, com fraturas preenchida por material isotrópico, incluso em *ribbon* de quartzo (Qz) (G028); **f**) plagioclásio com reação/exsolução (setas amarelas) (G041). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

Em algumas lâminas, os grãos de feldspatos aparecem tanto deformados plasticamente (*fish*), como intensamente fraturado, cercados por material isotrópico (G041, G028, G016, G001 e G022) (Fig. 4.5 a). Além disso é um dos minerais mais alterado, quando há indícios de tal processo. Algumas vezes é confundido com a cordierita, principalmente, quando apresenta macla de deformação ou a cordierita aparece fraturada e pinitizada (Fig. 4.5 b).



Figura 4.5 - a) Porfiroclastos de plagioclásio (Pl), um com duas direções de macla polissintética, possuem muitas fraturas preenchidas por material isotrópico (G028); **b**) Grão com macla acunhada (G014). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

Ortoclásio (Or) – Está presente em todos os grupos, com exceção da interseção ii e iii (Tabela 4.4)

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)	
i	8-30	
ii	5-20	

Tabela 4.4 - Porcentagens médias da ortoclásio por grupo

iii	(acessório)
i e ii	(acessório)
ii e iii	-

Os grãos de ortoclásio (Ort) aparecem como pórfiros e na matriz de granulação média. Nas amostras do grupo iii é colocado como acessório, pois o feldspato principal é o microclíneo. A identificação dessa fase mineral foi facilitada pela presença de mirmequita ou pertita (Fig. 4.6 a e b). Nas amostras do grupo i e ii, observam-se fraturas (preenchidas ou não) (Fig. 4.6 b e d), alteração, grãos alongados (Fig. 4.6 b), estrutura núcleo-manto (Fig. 4.6 c), extinção ondulante (Fig. 4.6 b) e boudinado (Fig. 4.6 d) (G014, G010, G001, G058, G110, G138, G043).



Figura 4.6 - a) Pertita em pórfiro de ortoclásio (Or) (seta amarela) (G138); **b**) Pórfiro de ortoclásio pertíticos (seta verde), alongado, com extinção ondulante (seta amarela) (G053); **c**) pórfiro de ortoclásio com pertita e estrutura núcleo-manto (seta amarelo - núcleo, setas verdes - manto) (G043); **d**) Pórfiro de ortoclásio boudinado (seta amarelo), com fratura (seta verde) e borda recristalizada (G043). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

Biotita (Bt) – Está presente em todas as amostras, com exceção da G044 (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 -	Porcentagens	médias d	la biotita	por	grupo.
--------------	--------------	----------	------------	-----	--------

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)	
i	7-30	

ii	2-20
ii	8-20
i e ii	20
ii e iii	-

Na maioria das amostras a biotita marca a foliação, com exceção das G032, G138, G033, G109 e G028. Já nas amostras G053, G060, G022, G111, G057, a foliação é incipiente (Fig.4.7 c), enquanto que na maioria das demais é possível distinguir foliação SC (Fig. 4.7 f). No grupo i, essa fase mineral encontra-se associada à granada, à titanita (Fig.4.7 b e d) e aos opacos, além do zircão (halos pleocróicos). No grupo ii, é associada à hornblenda, hiperstênio e aos opacos, muitas vezes também originando-se dos dois primeiros (Fig. 4.7 a). Em algumas das amostras, apesar de não ser fácil separá-las, a Bt parece apresentar mais de uma geração, com granulação e/ou orientações diferentes (Fig.4.7 b). Nas amostras G138 e G028, aparece como acessório e a foliação é marcada apenas pelos *ribbons* de quartzo. Observa-se ainda cloritização da biotita (G053, G057, G058, G147) (Fig. 4.7 e)., e a formação de franjas (sombras de pressão) (Fig. 4.7 b).





Figura 4.7 - a) Biotita (Bt) derivada de piroxênio (seta verde) e hornblenda verde (Hbl) (seta amarela) (G010); **b)** biotita derivada de granada (Grt), formando sombra de pressão (franja) (seta verde), apresentando tamanho diferente da que forma a foliação (seta amarela), indicando 2 gerações (G017); **c)** foliação incipiente (seta amarela) (G022); **d)** biotita associada à titanita (Ttn) e à granada (G046); e) biotita cloritizando (Chl - clorita) (G008); **f)** foliação S e S', indicada pelos traços amarelos (G043). As fotos a, c, d, e foram tiradas com nicóis descruzados, e as demais com nicóis cruzados.

Granada (Grt) – Está presente em algumas amostras do grupo i (G046, G053, G041, G017 e G016); e como acessório nos grupos: iii (G025 e G134); i e ii (G148 e G109) (Tabela 4.6).

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)
i	3-15
ii	-
iii	(acessório)
i e ii	(acessório)
ii e iii	-

Tabela 4.6 - Porcentagens médias da granada por grupo.

Na amostras G046 e G017, a granada apresenta porfiroblastos e porfiroclastos, com tamanho e formatos diferenciados (Fig. 4.8). Nas amostras G016 (menor quantidade), G148 e G107 os grãos de granada estão bastante alongados, com inclusões e bordas recristalizadas (nas duas últimas amostras) (Fig. 4.8). Já nas amostras G041 e G053 aparecem tanto alongados como aproximadamente equidimensionais. Outras microestruturas presentes são: inclusões (biotita, plagioclásio, quartzo) (Fig. 4.8), franja (sombra de pressão) (Fig. 4.8) e grãos orientados segundo a foliação, fraturas (Fig. 4.8), formas sigmoidais (Fig. 4.8) e *fish* (G046) (Fig. 4.8).



Figura 4.8 - a) Pórfiro de granada (Grt) em formato sigmoidal fraturado (seta amarela), associado a biotita (Bt), titanita (Ttn) e opacos (Op), formando franja (sombra de pressão - verde). Na parte inferior direita, aparece pórfiro arredondado, classificado como porfiroblasto (seta vermelha) (G046); **b**) pórfiro de granada em formato lenticular, fraturado (seta amarela), com biotita secundária no entorno. Ao lado há uma granada em formato de *fish* (seta vermelha), indicando rotação horária (G046); **c**) pórfiro de granada alongados, orientados segundo a foliação, fraturados (setas amarelas), parece crescer sobre a foliação (porfiroblasto), bordas dando indícios de recristalização (setas vermelhas) (G148); **d**) pórfiro de granada alongado, com fraturas preenchida (seta amarela), inclusões de biotita, quartzo (Qz) e feldspato (Fsp), sombra de pressão (seta vermelha) (G017). As fotos a, b, c foram tiradas com nicóis descruzados, enquanto a d) foi com nicóis cruzados.

Hornblenda (Hbl) – Presente na maioria das amostras dos grupos ii, i e ii, ii e iii, com exceção das amostras G033 e G148; e em quantidades reduzidas na amostra G025, grupo iii (Tabela 4.7).

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)
i	-
ii	3-25
iii	3
i e ii	25-15
ii e iii	25

 Tabela 4.7 - Porcentagens médias da hornblenda por grupo

As amostras do grupo ii apresentam pórfiros de hornblenda com formas lenticulares a sigmoidais, e/ou como grãos alinhados, que definem a foliação com a biotita. Observa-se estreita relação textural entre cristais de hornblenda, biotita e hiperstênio, sugerindo que há a formação de biotita a partir da hornblenda (Hbl) (Fig. 4.9 a), assim como formação de grãos de Hbl a partir do hiperstênio (ocorre também nas amostras G109 e G107). Notam-se contatos retos a interlobados, além de transição para mais de um tipo (ex. G046, G001): Hbl verde para Hbl verde-azulada ou Hbl verde para Hbl castanho avermelhada (Fig.4.9 b). Pode ocorrer com formas alongadas (Fig.4.9 d), fraturadas e com orientação preferencial (G044, G025) (Fig.4.9 c).



Figura 4.9 - a) Hornblenda (Hbl) verde formando a partir de pórfiro de piroxênio (Px), e biotita (Bt) formando a partir desses (G018); b) Hornblenda verde (seta amarela) formando a partir de hornblenda castanho avermelhada (seta vermelha) (G042); c) Pórfiros de hornblenda (maioria) e piroxênio, com calda de recristalização, formando a foliação (G042); d) Pórfiros de hornblenda verde alongado, com formação de biotita a partir desse (seta amarela) (G014). Todas as fotos foram tiradas a nicóis descruzados.

Hiperstênio (*Hy*) – Está presente de todas as amostras do grupo i e ii, ii e iii, além das maiorias das amostras do grupo ii, com exceção das G120, G110, G104, G058 (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Porcentagens médias da hiperstênio por grupo.

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)
i	-

ii	5-20
iii	-
i e ii	5-15
ii e iii	25

Na grande maioria das amostras aparece como pórfiros alongados (ex. G148) ou sigmoidais (ex. G046) (Fig. 4.10 a), fraturados (Fig. 4.10 a, c, d), com hornblenda e/ou biotita derivando deste (Fig. 4.10 a, b, c). Mostram extinção ondulante, com contatos variando de retos a interlobados. Apresentam cauda de recristalização (G010, G033, G042, G060, G149, G148) (Fig. 4.10 b, c, d), *ribbons* (G010) (Fig. 4.10 d), e grãos retorcidos (G042) (Fig. 4.10 c).



Figura 4.10 - a) Pórfiro de piroxênio (Px) em formato sigmoidal, quase um *fish* fraturado (seta amarela), com biotita (Bt) sendo formada a partir dele (G010); **b)** pórfiros de piroxênio em formato lenticular, com caudas de recristalização (seta amarela), com hornblenda (Hbl) verde (seta vermelha) (G042); **c)** pórfiro de piroxênio (Px) estirado, fraturado (seta, retorcido (seta amarela), bordas recristalização (setas verdes). Na parte inferior da imagem é possível ver pórfiros menores com cauda de recristalização (setas vermelhas), e com hornblenda verde e biotita se formando a partir desses (G042); **d)** grão de piroxênio formando *ribbon*, apresenta fraturas (seta verde) e cauda de recristalização (seta amarela) (G042). Todas as fotos foram tiradas a nicóis descruzados.

Microclíneo (Mcc) – Presente em todas as lâminas dos grupos iii; ii e iii (Tabela 4.9).
GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)		
i	-		
ii	-		
iii	15-40		
i e ii	-		
ii e iii	33		

Tabela 4.9 - Porcentagens médias da microclíneo por grupo.

Aparece como pórfiros e na matriz. Apresenta macla tartan, variando de bem definida a difusa, grãos alongados (ex. G025) (Fig. 4.11 a e b), com inclusões de grãos biotita, quartzo, muscovita e apatita (Fig. 4.11 a), contatos interlobados a retos, fraturas (Fig. 4.11 b), pertita (Fig. 4.11 a) e pórfiros recristalizados (G008) (Fig. 4.11 b).



Figura 4.11 - a) Pórfiro de microclíneo (Mcc) alongado, com pertita (seta amarela) (G008) e muscovita (Ms) inclusa; **b**) pórfiro de microclíneo (Mcc) alongado, com fraturas (seta amarela), extinção ondulante (seta verde), apresentando recristalização (com características de SGR) (G008). Todas as fotos foram tiradas a nicóis cruzados.

4.1.2 Minerais acessórios

Há minerais acessórios em todos os grupos, variando em quantidade, como mostra a tabela 4.10.

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)		
i	2-5		
ii	3-6		
iii	2-5		
i e ii	5-6		
ii e iii	7		

Tabela 4.10 - Porcentagens médias dos minerais acessórios por grupo.

Cordierita (*Cor*) – Está presente em todas as amostras dos grupos iii e ii e iii. Na amostra G033, aparece como pórfiro, com maclas polissintética em duas direções, com ângulo próximo de 60° (Fig. 4.12 b), contato interlobados (Fig. 4.12 b), fraturas preenchidas, sericitização (Fig. 4.12 b). Já na amostra G148, os pórfiros apresentam inclusões de biotita, anfibólio acicular e zircão (halos pleocróicos) (Fig. 4.12 a) assim como fraturas, maclas acunhadas e cor de interferência alterada (amarelo de primeira ordem).



Figura 4.12 - a) Pórfiro de cordierita (Crd) com biotita (Bt) e zircão (Zrn) inclusos, com o último gerando halos pleocróicos (seta amarela) (G0148); b) Pórfiro de cordierita (Crd) apesentando maclas com ângulo menor que 90° (seta amarela), com fraturas preenchidas (seta vermelha), alterando (verde) (G033). A foto a foi tirada com nicóis descruzados e a b com nicóis cruzados.

Sillimanita (Sil) – Aparece apenas em uma mostra (G017) (Tabela 4.11), como grãos orientados compondo a foliação, e apresentando algo semelhante a microboudinagem (Fig. 4.13).

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)
i	5
ii	-
iii	-
i e ii	-
ii e iii	-

Tabela 4.11 - Porcentagens médias da sillimanita por grupo



Figura 4.13 – Sillimanita (Sil), orientada segunda a foliação, com indícios de microboudinagem (seta amarela) (G017). Foto com nicóis cruzados.

Zircão (*Zrn*) – Aparece em todos os grupos, exceto na interseção ii e iii. Ocorre incluso em quartzo, plagioclásio, biotita, cordierita, formando halos pleocróicos nesses dois últimos minerais (ex.: G024, G148) (Fig. 4.14 a); e/ou sobre a foliação, matriz. Em amostras como G053, G028 e G040, apresenta zoneamento Fig. 4.14 b). Mostra formas variadas, algumas até aparentemente deformadas (ex.: G024) (Fig. 4.14 a). Pode ser confundido com a monazita (ex.: G052).



Figura 4.14 - a) Zircão (Zrn) com formato anédrico, parecendo deformado, gerando halos pleocróicos em biotitas (Bt) (G024); **b**) zircão zonado sobre quartzo (Qz) (G053). Foto retirada a nicóis descruzados e b, nicóis cruzados. *Opacos (Op)* – Ocorre como acessórios em todas as amostras, com exceção da G041, onde não foram observados, e das amostras G052 (15%) e G120 (5%), nas quais foram considerados minerais principais e varietais, respectivamente. Apresentam-se inclusos em outras fases (ex.: G044) (Fig. 4.15 b), orientado (Fig. 4.15 b), como parte da foliação (G120), em associação com a biotita (Fig. 4.15 b), titanita e granadas (ex.:G046), ou sericita/muscovita e carbonato (ex.: G134) (Fig. 4.15 a).



Figura 4.15 - a) Opaco (Op) associado a carbonato (Cb) e muscovita (Ms) (G147); b) opacos orientados, associados e inclusos em biotita (Bt) (G058). Foto a feita a nicóis cruzados, enquanto b, a nicóis descruzados.

Titanita (Ttn) – Aparece em todos os grupos como mineral acessório, com exceção da interseção ii e iii, na qual ocorre como varietal. Apresenta-se associada, na maioria das vezes, às biotitas, ocorrendo inclusa nessas ou em granadas, e em hornblenda (G044) (Fig. 4.16).



Figura 4.16 – Titanitas (Ttn) inclusas em hornblenda (Hbl) verde azulada e verde (G044). Foto com nicóis descruzados.

Apatita (Ap) – Ocorre nos grupos i, ii e iii. Ocorre de forma não orientada, às vezes fraturada (ex.: G018), inclusa em pórfiros (ex.: G134) ou na matriz (ex.: G057), com formato arredondado a alongado (G018) (Fig. 4.17) e contatos retos (G033).



Figura 4.17 – Apatita (Ap) sobre a matriz, aparentando fratura (seta amarela) (G010). Foto com nicóis descruzados.

Epidoto (Ep) – Nas amostras do grupo i e do ii, ocorre tanto epidoto s.s. como a allanita, já na do grupo iii, ocorre só o epidoto s.s. Na amostra G120, essas fases ocorrem associadas, na forma de sobrecrescimento com núcleo de allanita e corona de epidoto s.s. (Fig. 4.18 b). Na maioria das amostras ocorre na matriz, de forma aleatória. Os grãos de allanita mostram fraturas radiais na fase mineral na qual está inclusa (G053) (Fig. 4.18 a) ou internas (ex.:G044), inclusa na matriz com corona de reação (G044), formando halos em hornblenda (G044).



Figura 4.18 - a) Classificado como allanita (Aln), inclusa em granada (Grt), com fraturas radiais (seta amarela) (G053); **b)** Grão de allanita e corona de epidoto s.s. (Ep), com fraturas (seta amarela) (G120). Foto a com nicóis descruzados, foto b, nicóis cruzados.

Anfibólios – Além da hornblenda, há outros anfibólios: cummingtonita (Cum) (G043, G149) e antofilita (Ath) (G017, G148). A cummingtonita ocorre como acessório, pórfiros lenticulares, associada a opacos, ou bordas recristalizadas, fraturada, maclada, com orientação preferencial (G043, G149) (Fig. 4.19 b).

A antofilita ocorre orientada, associada com a biotita na lâminas G148, ocorrendo também inclusa em pórfiros (Fig. 4.19 b).



Figura 4.19 – a) Pórfiro lenticular de cummingtonita (Cum), com bordas interlobadas, com opaco incluso (G043); **b)** Mineral acicular classificado como antofilita, ocorre orientada, associada à foliação (G148). Todas as fotos com nicóis cruzados

Piroxênio – Além do hiperstênio foi identificado o diopsídio (Di) (G042, G014, G149, G119, G058, G111). A diferenciação do diopsídio para o hiperstênio foi feita com base nas cores de interferências mais altas (Fig. 4.20 a), pois essa fase mineral também se apresenta como pórfiros lenticulares (Fig. 4.20 a) e/ou alongados (Fig. 4.20 b), fraturados (Fig. 4.20 a e b), com transição para hornblenda e/ ou biotita (G014, G149) (Fig. 4.20 b). Em todas as amostras listadas acima, essa fase mineral aparece como acessório, exceto na G119 que ocorre como varietal, com 5%.

As amostras G025 e G024 parecem apresentar como acessório ainda turmalina e enstatita, respectivamente. No entanto, a quantidade e o tamanho, dificultam a identificação de microestruturas e das feições diagnósticas dessas fases minerais.



Figura 4.20 - a) Pórfiro lenticular classificado de diopsídio (Di), com fraturas (seta amarela) (G149); **b**) pórfiro alongado, fraturado (seta amarela), com hornblenda (Hbl) verde derivando desse (G014). Foto a com nicóis cruzados, foto b, nicóis descruzados.

4.1.3 Minerais secundários

Como mostra a Tabela 4.12, todos os grupos apresentam minerais secundários com exceção da interseção ii e iii.

GRUPO	PROPORÇÃO MODAL (%)		
i	1-7		
ii	1-10		
iii	1-8		
i e ii	1		
ii e iii	-		

Tabela 4.12 - Porcentagens médias dos minerais secundários por grupo.

Sericita (Ser) - Ocorre em todas as amostras com exceção das: G025, G119. G032, G060, G028, G052, G111 e da interseção i e ii. Em geral, vem da alteração dos feldspatos (Fig. 4.21 a e b), preenchendo as fraturas, nos pórfiros e matriz.

Muscovita (*Ms*) – Ocorre em todos os grupos, na maioria como secundários, com exceção das amostras: G022, G009, G001 e G045 – acessório; G040 – principal (10%). Apresenta-se advinda da alteração dos feldspatos (ex.: G053) (Fig. 4.21 b), orientada (ex.: G001) e/ou decussada (ex.: G008), inclusa em pórfiros (ex.: G040) e/ ou em *ribbons* de quartzo (G046), formando franjas (ex.: G043).

Clorita (Chl) - Ocorre nas amostras do grupo i (G008- 12%, G147- 8% e G045-7%), e nas amostras do grupo o iii, classificadas como mineral secundário (G033, G057). Em ambos os casos advém da cloritização da biotita (Fig. 4.21 c), então ocorre orientada, além de associada a opacos.

Carbonato (Cb) – Ocorre nos grupos i (G052. G111, G040), ii (G043, G033, G004) e no iii (G008, G147, G134). Apresenta-se microcristalino advindo da alteração dos feldspatos (ex.: G024) ou acorre anédrico na matriz (G044) (Fig. 4.21 d).



Figura 4.21 - a) Plagioclásio (Pl) sericitizando (G046); **b)** Muscovita (Ms) em feldspato (Fsp) sericitizando (G053); **c)** Granada (Grt) com biotita (Bt) alterando para clorita (Chl) (G053); **d)** Carbonato anédrico, microcristalino (G024). Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados.

A hornblenda e as biotitas advindas do hiperstênio e/ou da granada, também são fases secundárias.

4.2 QUÍMICA MINERAL

Através de microanálises químicas semiquantitativas pelo sistema MEV-EDS, com o objetivo de identificar fases minerais e variações composicionais, foram analisadas 6 amostras do setor central da Zona de Cisalhamento, sendo 3 do grupo i (G041, G046, G017) e 3 do grupo ii (G018. G001, G042). Essas amostras foram escolhidas devido a ampla variação das feições microestruturais e dos minerais principais presentes.

4.2.1 Feldspatos

O plagioclásio foi analisado em todas as amostras, em diferentes contextos: matriz, pórfiro, fragmento, inclusão e *fish* (Fig. 4.22), em um total de 71 pontos analisados, em

38 grãos (Tabela 4.13). A planilha de cálculos (Apêndice I) foi feita considerando as fórmulas dos membros extremos de suas solução sólida albita-anortita Na[Al Si3 O8] – Ca[Al Si3 O8] (Deer *et al.* 1992).



Figura 4.22 - a) Fotomicrografia por MEV (G001), mostrando *fish* de plagioclásio (Pl) incluso em *ribbon* de quartzo (Qz), rodeado de material isotrópico (setas amarelas), que também se encontra na matriz com fragmentos de plagioclásio; **b**) fotomicrografia por microscópio óptico mostrando o *fish* de plagioclásio (Pl) (seta amarela), nicóis cruzados.

	Tabela 4.13 - (Juantificação dos	pontos analisados em	grãos de	plagioclásio	por amostra.
--	-----------------	-------------------	----------------------	----------	--------------	--------------

LÂMINAS	PONTOS	GRÃOS
G001	27	15
G017	8	5
G018	3	2
G041	16	13
G046	1	1
G042	16	2

Os resultados, como mostrado no Apêndice I, foram obtidos em óxidos. Na tabela 4.14, apresentam-se os intervalos de variação de concentração dos óxidos por amostra, de forma a facilitar a visualização.

Tabela 4.14 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de plagioclásio analisados, por amostra.

	G001	G017	G018	G041	G042	G046
SiO2	50,18 - 70,30	51,49 - 5816	57,97 - 58,24	27,85 - 58,34	27,85 - 58,34	60,93
TiO2	0,00 - 1,52	0	0	0	0	0
Al2O3	0,00-45,30	23,76-29,65	26,94-27,15	26,36-28,66	26,36-28,66	25,26
FeO	0,00-10,01	0	0	0	0	0
MnO	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0	0	0	0	0
CaO	0,48-9,24	7,35-17,86	6,83-6,92	6,23-7,96	6,23-7,96	4,22
Na2O	0,00-9,65	6,69-8,51	7,91-8,16	7,49-8,86	7,49-8,86	9,59
K2O	0,00-6,66	0,00-0,41	0c	0,00-0,30	0-0,3	0

Os dados foram plotados em diagrama ternário (Figura 4.23), adaptado de Deer *et al.* (1992), com membros limites Albita (Ab) - Ortoclásio (Or) – Anortita (Ar). A maioria dos pontos analisados apresentam-se como Andesina, seguido de Oligoclásio, Anortoclásio e Labradorita.



Figura 4.23 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or). Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).

No Campo 2.4 da amostra G001 (Apêndice I), foram feitas análises da borda ao centro de um pórfiro de plagioclásio para verificar a existência de zoneamento composicional. Com base nos dados o tidos foi plotado o diagrama com os pontos de 1-5, indo da borda ao centro, seguindo-se o eixo maior do grão; e, também, com os pontos 5-8, da borda ao centro segundo o eixo menor do pórfiro (Fig. 4.24 a e b). Pelo diagrama podemos ver que a maioria dos pontos alterna entre Andesina e Oligoclásio, sem um padrão, indicando que não há zoneamento composicional e que, como se trata de um porfiroclasto, a cristalização deste ocorreu em equilíbrio ou o metamorfismo apagou o zoneamento (Fig. 4.24 b).



Figura 4.24 - a) Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com pontos de um porfiroclasto de plagioclásio plotados (1-8). Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).; **b**) Fotomicrografias feitas por MEV, indicando posicionamento dos pontos amostrados (1-11).

Na amostra G001, o plagioclásio ocorre fragmentado, junto a uma material isotrópico de relevo negativo (Fig. 4.25 a e b), cuja composição é apresentada na tabela 4.15. É importante ressaltar que como esse material se encontra em fraturas e na matriz entre os grãos, seus dados composicionais são, possivelmente, menos precisos que os demais. Apesar disso, optou-se por apresentá-los, uma vez que tal material poderia trazer informações relevantes para o entendimento do processo e grau metamórfico, além de sua influência para a deformação da amostra. Na amostra G041, feições e material semelhantes são observados, embora em estágio menos avançado de desenvolvimento.



Figura 4.25 - a) Fotomicrografia por MEV, do campo 2.3 da amostra G001 (Apêndice I), mostrando zoom para fragmentos de plagioclásio (Pl) e material isotrópico (seta amarela); **b**) fotomicrografia por microscópio óptico (G001) mostrando pórfiro de plagioclásio (Pl), cercado por fragmentos com material isotrópico entre esses, nicóis cruzados. Seta amarela mostra local onde a fotomicrografia a) foi tirada.

	CAMPO 1.1		CAMPO 2.1	CAMPO 2.3		CAMPO 4.1			
SiO ₂	50,21	49,42	49,91	50,18	48,62	48,46	48,69	47,35	47,43
Al ₂ O ₃	47,01	49,38	48,9	45,3	44,02	48,85	48,44	48,33	46,77
K ₂ O	1,6	1,2	1,2	1,12	0,8	1,4	1,25	2,11	3,03
Fe ₂ O ₃	1,062	0	0	0	0	0	0	0	0
NiO	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	0	0	0	2,24	0,75	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0,69	1,04	1,28	1,63	2,22	2,76
CaO	0	0	0	0,48	4,76	0	0	0	0

Tabela 4.15 - Valores dos principais óxidos das amostras de material isotrópico.

Para verificar a origem dos fragmentos (G001), amostrou-se estes e os dados obtidos foram plotados no diagrama ternario An-Ab-Or para os feldspatos (Fig. 4.26), junto aos pórfiros. Percebe-se que há uma sobreposição dos pontos, concentrando-se ao entorno dos campos de Andesina e Oligoclásio, mostrando que as composições dos grãos amostrados são semelhantes, e, é bem provável, que os fragmentos angulosos encontrados na matriz se originaram da cominuição dos pórfiros de plagioclásio.



Figura 4.26 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com grãos de feldspatos da amostra G001 em diferentes texturas. Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).

Dentre as amostras analisadas, destaca-se a G041 na qual priorizzou-se análise em grãos da matriz, para fazer a comparação com a composição dos pórfiros. Como vemos no diagrama (Fig. 4.27), os grãos presentes na matriz possuem composições semelhante aos porfiroclastos, indicando mesma origem ou que a matriz ou parte dela é originada da recristalização desses últimos.



Figura 4.27 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com grãos de feldspatos da amostra G041 em diferentes texturas. Modificado de Deer *et al.* 1992.

Interessante notar que os pórfiros da amostra G041, com frequência, apresentam estruturas que se assemelham a exsolução de ortoclásio em seu interior (Fig. 4.28 a e b). No entanto não se nota diferença na composição desses em comparação com os demais pontos analisados, indicando que essas

microestruturas parecem estar mais relacionadas à mudança de temperatura e/ou deformação, do que mudança composicional entre os grãos de plagioclásio.



Figura 4.28 – **a**) Fotomicrografia, a nicóis cruzados, por microscópio óptico de um dos pórfiros de plagioclásio (Pl), com exsolução (seta amarela), amostrado (G041); **b**) Fotomicrografia por MEV, com pontos analisados do pórfiro a) (3 e 7), e amostras das exsoluções (quartzo, ortoclásio).

O número de grãos de ortoclásio analisados foi menor, já que sua proporção de ocorrência é menor, assim como a variação do padrão microestrutural observado. A planilha de cálculos dos feldspatos alcalinos (Apêndice VI) foi construída com base na fórmula (K, Na) [Al Si₃O₈] (Deer *et al.* 1992). Foram analisados 26 pontos em 26 grãos em 4 das amostras analisadas (Tabela 4.16).

Tabela 4.16 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de Ortoclásio por amostra.

LÂMINAS	PONTOS	GRÃOS
G017	2	2
G041	12	12
G018	3	3
G046	9	9

Analisaram-se inclusões, exsolução e grãos presentes na matriz (Fig. 4.29 a e b). Com os valores dos componentes dos feldspatos alcalinos montou-se a Tabela 4.17 e, a partir das quantidades de Ab, An e Or (Apêndice VI), plotou-se as amostras no diagrama ternário de Deer *et al.* (1992) (Fig. 4.30). Com isso, foi possível ver que mais da metade dos pontos são Ortoclásio/Microclíneo pertíticos e o restante, apenas ortoclásio.

 Tabela 4.17 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de ortoclásio analisados, por amostra.

	G017	G041	G018	G046
SiO2	63,9 - 64,00	62,2 - 64,66	62,88 - 64,48	63,57 - 64,53
TiO2	0	0 - 0,94	0-0,15	0 - 0,23
A12O3	20,22 - 21,38	19,28 - 20,24	19,79 - 20,28	19,19 - 20,36
FeO	0	0	0	0
CaO	0	0	0	0
Na2O	0	0 - 1,24	0 - 1,58	0 - 1,69
K2O	14,73 - 15,79	15,1 - 16,67	15,43 - 15,73	14,86 - 15,99



Figura 4.29 – a) Fotomicrografia, a nicóis cruzados, por microscópio óptico de um pórfiro de plagioclásio (Pl) com reação/exsolução de ortoclásio (Ort) com pertitas (seta amarela); b) Fotomicrografia por MEV, com pontos amostrados do pórfiro a) (1), e de ortoclásio com pertitas (seta amarela) plotado no diagrama (Fig.4.29) (2).



Figura 4.30 – Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or). Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).

Como a amostra G041 possui as exsoluções presentes nos pórfiros de plagioclásio, como mencionado anteriormente, utilizou-se o diagrama ternário da figura 4.31. É possível perceber que as composições dos grãos da matriz e das exsoluções se assemelham, indicando que a matriz reflete a composição dos pórfiros dos quais se originou.



Figura 4.31 - Diagrama triangular de classificação de feldspatos (An-Ab-Or), com pontos da amostra G041 plotados. Modificado de Deer *et al.* (1992) (retirado de Vlach 2002).

4.2.2 Biotita

A biotita foi analisada em 6 amostras, tanto como inclusões, quanto quando as relações texturais são indicativas de substituição de Hbl e/ou piroxênio e quando define a foliação observada. Foram analisados 80 pontos, em 71 grãos (Tabela 4.18).

Tabela 4.18 - Qua	ntificação dos j	pontos analisados em	grãos de biotita	por amostra.
--------------------------	------------------	----------------------	------------------	--------------

LÂMINA	PONTOS	GRÃOS
G001	14	14
G017	15	15
G018	9	5
G041	26	23
G046	9	9
G042	7	5

A planilha de cálculo (Apêndice II) levou em consideração a fórmula para a série biotitaflogopita, $K_2 (Mg, Fe^{2+})_{6-4} (Fe^{3+}, Al, Ti)_{0-2} [Si_{6-5}Al_2O_{20}]$ (OH, F)₄ (Deer *et al.* 1992). Elaborou-se então a Tabela 4.19, com os intervalos dos componentes da biotita e plotado o diagrama (Fig. 4.32), segundo a qual as amostras foram classificadas como Mg-biotitas e Fe-biotitas, de acordo com a proporção desses elementos nos pontos analisados.

 Tabela 4.19 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de biotita analisados, por amostra.

	G001	G017	G018	G041	G042	G046
SiO2	38,05 -70,76	30,57 - 40,80	37,41 - 43,85	35,53 - 38,94	37,56 - 38,94	37,92 - 45,8
TiO2	0 - 5,94	5,07 - 7,10	0 - 5,21	0 - 6,66	5,13 - 6,46	0,69 - 9,8
Al2O3	6,7 - 23,67	14,16 - 19,52	14,89 - 20,04	17,49-26,64	12,95 - 16,35	18,25 - 23,7
Cr2O3	0	0-0,18	0	0	0	0
FeO	7,41 - 18,44	10,60 - 20,05	14,29 - 27,50	15,354 - 21,76	19,05 - 21,68	10,07 - 24,03
MnO	0	0	0 - 0,87	0	0	0

MgO	0 - 14,96	10,16 - 16,58	9,81 - 18,10	6,66 - 11,84	10,93 - 12,93	6,84 - 15,63
CaO	0 - 6,70	0-0,22	0	0 - 0,33	0	0
Na2O	0 - 1,07	0	0	0	0	0
K2O	1,40 - 9,68	7,44 - 17,48	0,82 - 9,51	1,1 - 10,37	9,67 - 10,49	2,36 - 10,81
F	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0



Figura 4.32 - Diagrama composicional de biotitas, com as amostras analisadas plotadas de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação, como inclusão ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).

A biotita ocorre em diferentes contextos, para melhor entender a diferença composicional entre eles, foram feitos diagramas diferentes para cada amostra. Ao analisar a biotita que define a foliação, os grãos advindos de outro mineral (secundária) e aqueles que ocorrem como inclusão (Fig. 4.33 a e b), percebe-se que os grãos da G017 possuem maior quantidade de alumínio que as demais amostras, e que há uma tendência de se concentrar entre os extremos Flogopita e Annita indicando valores similares de ferro e magnésio.

Ao comparar as biotitas da foliação com as secundárias, percebe-se diferenças sutis entre suas composições. Por exemplo, na amostra G017, as derivadas de outras fases possuem mais alumínio e mais magnésio que as da foliação. Já na amostra G001 ocorre o contrário, as da foliação possui mais alumínio e magnésio que as secundárias; o que faz sentido, já que as da G001 advém de piroxênios e, a G017, da granada (Fig. 4.34 a,b, c, d). Os pontos fora do diagrama (G001 e G046) estão sendo considerados *outliers*, provável erro de análise.



Figura 4.33 – Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G001 (a) e G017 (b), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação, como inclusão ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).



Figura 4.34 – **a**) Fotomicrografia por MEV mostrando biotita (Bt) da foliação (G001), cercada por fragmentos de plagioclásio (Pl) e material isotrópico (setas amarelas); **b**) fotomicrografia por MEV, mostrando relação intrínseca entre hornblenda (Hbl) e biotita, indicando transição da primeira para a segunda (G001); **c**) fotomicrografia por MEV com biotita advinda da granada (G017); **d**) biotita orientada formando a foliação junto a *ribbon* de quartzo (Qz) na amostra G017.

Na amostra G046, não percebe-se um padrão entre os pontos analisados em biotita secundária (Fig. 4.36 b), mas se observa que os grãos que definem a foliação, diagrama (Fig. 4.35 b), possuem mais alumínio que os demais (em verde). Algo semelhante ocorre com os pontos da amostra G018. Não há uma tendência nas biotitas derivadas (Fig. 4.36 a), além do alumínio mais baixo (Fig. 4.35 a).



Figura 4.35 – Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G018 (a) e G046 (b), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).



Figura 4.36 - a) Fotomicrografia por MEV mostrando relação intrínseca entre hornblenda (Hbl) e biotita (Bt), indicando transição (Pl) G018); b) fotomicrografia por MEV mostrando grãos em formato sigmoidal de granada (Grt) com biotita derivando dessa, com inclusões de opacos (Op). Os opacos foram classificados opticamente como titanita, no entanto, pelas análises, verificou-se que possuem composição semelhante à do rutilo (setas amarelas) e ilmenita (seta azul).

Na amostra G041, foram analisadas biotitas inlusas e da foliação (Fig. 4.38 a e b). Não observou-se diferenças entre esses tipos, demonstrando similaridade em relação ao alumínio, e quantidades semelhantes de ferro e magnésio, com pontos concentrados no meio do diagrama (Fig. 4.37 a). Na amostra G042, onde foram analisadas biotitas inclusas e secundária (Fig. 4.38 c e d), tem-se padrão similar, com as amostras tendendo a se concentrar no centro, embora hajam pontos das inclusões com um pouco mais de magnésio que os demais (Fig. 4.37 b).



Figura 4.37 - Diagramas composicionais de biotitas, com os pontos, das amostras G041 (**a**) e G042 (**b**), plotados de acordo com o contexto de ocorrência na amostra, se definindo a foliação, como inclusão ou substituindo outras fases (modificado de Luciano & Godoy 2018).



Figura 4.38 - a) Fotomicrografia por MEV, mostrando biotita (Bt) inclusa em granada (Grt) (G041); b) fotomicrografia por MEV mostrando biotita na foliação (G041); c) Fotomicrografia por MEV, mostrando relação intrínseca entre biotita, piroxênio (Px) e hornblenda (Hbl), com a Bt, provavelmente, derivando desses dois últimos; d) Fotomicrografia por MEV, mostrando biotita considerada inclusa em hornblenda.

4.2.3 Granada

As granadas, como descrito no item 4.1, ocorrem nas amostras do grupo i. 3 amostras foram analisadas, totalizando 71 pontos, em 10 grãos, em grande maioria pórfiros (Tabela 4.20).

Tabela 4.20 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de granada por amostra

LÂMINAS	PONTOS	GRÃOS
G017	61	4
G041	5	2
G046	4	4

Tomando como referência a fórmula (Ca, Mg, Fe²⁺, Mn)₃(Al, Fe³⁺, Cr, Ti)₂(SiO₄)₃ (Deer *et al.* 1992), foi composta a planilha de cálculos do Apêndice IV, com os membros Almandina (Fe₃Al₂(SiO₄)₃), Espessartita (Mn₃Al₂(SiO₄)₃), Piropo (Mg₃Al₂(SiO₄)₃), Grossulária (Ca₃Al₂(SiO₄)₃) e Andradita (Ca₃Fe₂(Sio₄)₃). Para definição dos componentes presentes foi plotado o diagrama Grossulária (Gross), Almadina (Alm), Piropo (Pyr) (Fig.4.39). Os pontos analisados possuem maior quantidade da molécula de Almandina, com Piropo subordinadamente e participação de Grossulária e/ou Andradita.



Figura 4.39 – Diagrama composicional da granada (Gross-Pyr-Alm) de acordo com as moléculas Grossulária (Gross), Piropo (Pyr) e Almandina (Alm). Modificado de Melo *et al.* (2017).

A variação dos principais óxidos presentes na planilha em anexo foi compilada na tabela 4.21 para melhor visualização.

Tabela 4.21 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de granada analisados, por amostra.

	G017	G041	G046
SiO2	26,69 - 38,50	36,06 - 36,71	36,81 - 37,22
TiO2	0,00	0	0,00
Al2O3	13,70 - 21,34	20,74 - 21,53	21,21 - 21,83
FeO	27,80 - 48,95	31,185 - 32,14	29,511 - 30,77
Cr2O3	0,00	0	0,00
MnO	0,13 - 1,61	1,28 - 1,44	0,51 - 0,63
MgO	0 - 9,00	4,73 - 5,07	6,22 - 7,15

CaO	0,92-4,45	1,22 - 1,27	0,58 - 0,90
Na2O	0,00	0	0,00
K2O	0,00	0	0,00

Com objetivo de verificar os grãos zonados da amostra G017, plotou-se, no diagrama ternário Gross-Pyr-Alm (Fig. 4.40), os pontos analisados em dois pórfiros, se atentando a diferenciar borda e núcleo.



Figura 4.40 - Diagrama composicional da granada (Gross-Pyr-Alm). Pórfiros da amostra G017, diferenciando borda e núcleo. Modificado de Melo *et al.* (2017).

Percebeu-se que não há zonamento, em ambos os pórfiros, que são considerados porfiroblastos (Fig. 4.41). Tanto os pontos na borda quanto no núcleo tendem a se concentrar com maioria Almandina e subordinadamente Piropo. Isso pode indicar que os grãos cresceram em equilíbrio, não havendo perturbação química ou de temperatura.



Figura 4.41 – Pórfiros de granada (Grt), com inclusões de biotita (Bt), quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), com sombra de pressão (seta amarela)

4.2.4 Anfibólios

Os anfibólios foram amostrados em diversas situações como: pórfiros, como fase secundária (alteração/substituição), inclusão, cauda de recristalização, definindo a foliação. Analisaram-se 3 amostras do Grupo ii, com um total de 31 pontos e 23 grãos (Tabela 4.22).

LÂMINAS	PONTOS	GRÃOS
G001	8	8
G042	18	10
G018	5	5

Tabela 4.22 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de anfibólios por amostra.

A planilha de cálculos (Apêndice III) foi elaborada com base na fórmula para anfibólios de Deep *et al.* (1992): (Na, K)₀₋₁(Na, Ca, Mg, Fe²⁺)₂(Mg, Fe²⁺, Al, Fe³⁺)₅(Si, Al)₈(Cl, F)₂. Com isso, foi elaborada a Tabela 4.23 com os intervalos dos principais óxidos constituintes dos Anfibólios e plotado o diagrama composicional (Fig.4.42), no qual obteve-se como classificação: Fe-Hornblenda; Mg-Hornblenda e Tschermakita.

 Tabela 4.23 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de anfibólio analisados, por amostra.

	G001	G018	G042
SiO2	42,48 - 70,76	43,36 - 47,02	41,68 - 47,53
TiO2	0,5 - 2,43	2,13 - 2,42	0 - 2,25
A12O3	6,7 - 23,67	7,89 - 10,23	10,46 - 12,78
Cr2O3	0	0	0

FeO	7,41 - 17,36	17,39 - 18,92	18,01 - 21,87
MnO	0 - 1,19	0,94 - 1,05	0
MgO	0 - 14,96	7,44 - 8,81	8,91 - 10,94
CaO	0 - 14,30	12,4 - 13,33	10,58 - 11,72
Na2O	0 -1,07	0	0 - 1,80
K2O	0,97 - 6,66	0,95 - 1,55	1,56 - 2,04



Figura 4.42 - Diagrama composicional de anfibólios cálcicos ($Ca_B > 1,50$; (Na + K)_A < 0,50; $Ca_A < 0,50$), com os pontos amostrados plotados diferenciando os diferentes contextos. Modificado de Leake *et al.* 1997.

Para entender melhor como a composição da hornblenda varia em diferentes contextos foi plotado o diagrama composicional (Figura 4.42). Ao analisar, os pontos da amostra G001 (Fig. 4.43 a e b), é possível ver que a hornblenda verde derivada da hornblenda verde, não apresenta diferenças composicionais, mas ambas possuem um pouco mais de magnésio que os grãos que ocorrem definindo a foliação, podendo indicar diferentes origens.

Ao olhar os pontos da amostra G018, as análises dos grãos derivados do piroxênio tendem a possuir um pouco mais de magnésio e sílica que os pórfiros, podendo indicar que seriam porfiroclastos de hornblenda vindos do protólito ou indicar duas fases de retrometamorfismo (Fig.4.43 e, f). Algo similar ocorre nas amostras G042, no entanto é visível que há uma diferença nas amostras derivadas do piroxênio, indicando, possivelmente, duas fases de retrometamorfismo ou diferenças composicionais dos próprios piroxênios (Fig. 4.43c e d)



Figura 4.43 - a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de hornblenda (Hbl) verde, com alteração (seta vermelha) rica em sílica, alumínio e ferro, com traços de potássio, e com parte superior classificada opticamente como hornblenda verde-azulada (setas amarelas). As setas verdes mostram material isotrópico rodeando fragmentos de plagioclásio (G001); b) fotomicrografia por MEV mostrando hornblenda na foliação, junto com a biotita (Bt) na foliação (em alguns pontos é possível ver transição entre hornblenda e biotita – seta vermelha) (G001); c) Fotomicrografia por MEV mostrando pórfiros sigmoidais de hornblenda com cauda de recristalização (seta amarela) (G042); d) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio com cauda de recristalização (seta amarela), com indícios de transição para hornblenda (G042); e) fotomicrografia por MEV mostrando pórfiro de piroxênio (G018); f) fotomicrografia por MEV mostrando hornblenda sendo formada a partir de pórfiro de piroxênio (G018).

4.2.5 Piroxênio

As amostragens dos grãos de piroxênios foram feitas nas 3 amostras do Grupo ii, como mostrado na Tabela 4.24, totalizando 26 pontos em 10 grãos, grande maioria pórfiros (Fig.4.44 a e b).

LÂMINAS	PONTOS	GRÃOS
G001	2	2
G018	6	3
G042	18	5

Tabela 4.24 - Quantificação dos pontos analisados em grãos de piroxênio por amostra



Figura 4.44 – **a**) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de piroxênio (Px), com alterações/substituições de composição diferenciada (setas vermelha), mostrando intenso fraturamento e torção (G042); **b**) fotomicrografia por MEV, mostrando *ribbon* de piroxênio (G042).

A partir da planilha no Apêndice V, elaborada com base na fórmula (Ca, Mg, Fe²⁺, Al) (Fe²⁺, Fe³⁺, Mg, Al) (Si, Al)₂O₆ de Deep *et al.* (1992), foi plotado o diagrama composicional (Fig. 4.45), cujos extremos são Wollastonita (Wo)-Enstatita (En)-Ferrossilita (Fs) (Deep *et al.*, 1992). Os intervalos de variação das concentrações dos principais óxidos são mostrados na Tabela 4.25. Com o diagrama, notase que há pontos nos campos da Clinoferrossilita, do Diopsídio, da Pigeonita e da Augita, e as amostras que se concentram no meio da base do diagrama (Fig.4.44) são consideradas como Hiperstênio. Com isso amplia-se as discriminações feitas a partir da microscopia óptica, que consideraria somente a ocorrência de diopsídio e hiperstênio.

	G001	G018	G042
SiO2	44,30 - 55,82	51,41 - 52,87	49,89 - 53,90
TiO2	0 - 0,41	0 - 0,25	0,00
Al2O3	0,00	0,00	0 - 1,44
FeO	0,00	0,00	0,00
MnO	11,87 - 21,10	9,34 - 11,19	11,95 - 34,12
MgO	0 - 0,30	1,25 - 1,96	0,00
CaO	11,68 - 17,65	11,10 - 11,75	12,01 - 17,37
Na2O	0 - 13,34	21,85 - 24,67	0 - 19,96
K2O	0,00	0,00	0,00

 Tabela 4.25 - Intervalos de variação das concentrações dos componentes dos grãos de piroxênio analisados, por amostra.





Em alguns grãos de piroxênios presentes na amostra G001, foram observados feições indicativas de processos de alteração/substituição (Fig.4.46 a). Essas áreas foram analisadas e os dados estão na tabela 4.26.

			G001		
	C	AMPO 3	8.1	CAMP	O 3.2
SiO2	55,07	53,2	52,94	49,13	50,96
A12O3	36,37	44,3	44,53	24,69	45,6
Rh2O	0	0	0	0	0,66
K2O	0	0	0	1,74	0
FeO	7,713	2,241	2,286	21,996	2,502

Tabela 4.26 – Dados composicionais de fases formadas a partir de piroxênio.

Já os piroxênios das amostras G042 e G018 apresentam pontos com enriquecimento de carbono, cálcio (CaO) e/ou sílica (SiO₂) (Tabela 4.27), que pode ser parte de uma reação do piroxênio ou apenas vestígios da metalização (Fig. 4.46 b). Sendo a última menos provável, já que os valores de carbono só ocorreram nos piroxênios e nos opacos

Tabela 4.27 - Dados composicionais de pontos com composição anômala em grãos de piroxênio.

		G042							G018	
	CAMPO 1.2	CAMPO2.2	CAM	PO2.3	CAMI	20 3.1	CAMPO 3.2	C	AMPO 2	2.1
SiO2	47,38	3,36	0	87,43	49,35	7,06	88,68	13,98	26,41	28,15
TiO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,65	0

Al2O3	0,99	0	0	0	0	1,24	0	23,41	17,91	5,92
FeO	11,26	3,36	2,52	0	17,82	4,3	0	36,42	36,15	28,42
MgO	10,364	1,36	0	0	15,88	3,05	0	0	0	0
С	11,64	24,2	22,42	12,57	16,96	13,87	11,32	0	0	0
CaO	18,09	65,52	73,21	0	0	67,92	0	1,7	4,06	0
MnO	0	2,19	1,85	0	0	2,56	0	22,91	10,88	14,64
P2O5	0	0	0	0	0	0	0	1,57	3,92	0
SO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,37



Figura 4.46 - a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro classificado como piroxênio (Px), pela presença de pórfiros de Px alterando da mesma forma na amostra G001(seta amarela), até as biotitas próximas apresentam composição diferenciada com menos potássio; b) Fotomicrografia por MEV, mostrando zoom em parte retorcida do pórfiro (Fig.4.44 a), mostrando as substituições de quartzo, com carbono (seta verde), carbonato rico em carbono (seta vermelha) e piroxênio cálcico (seta amarela) (G042).

4.2.6 Análises complementares

Na amostra G017, foram analisados alguns aluminossilicatos, como mostrados na tabela 4.28. Um desses, o que se encontra orientado associado à foliação, foi classificado, através das características ópticas, como sillimanita (Fig. 4.48 a e b). Os outros são encontrados inclusos em um grão de granada, porém não apresentam características ópticas suficientes para identificação e as análises químicas não foram conclusivas. Optou-se então por exemplificar comparando-se o espectrograma obtido para a sillimanita, com um dos espectrogramas dos pontos analisados nesses aluminossilicatos (Fig.4.47 a e b).

		G017			
		CAMPO 6.1.1			
	SiO ₂	34,52	34,8	34,87	
	Al ₂ O ₃	65,48	65,2	65,13	



Figura 4.47 - a) Espectrograma de aluminossilicato incluso em granada (G017); b) Espectrograma da silimanita presente na amostra G017.



Figura 4.48 - a) Fotomicrografia por MEV, mostrando pórfiro de granada associado com aluminossilicatos (setas amarelas) que parecem se formar a partir dele (G017); b) fotomicrografia por MEV, mostrando sillimanita com microboudinagem orientada segundo a foliação (G017).

Minerais opacos também foram analisados em grande parte das amostras, e a tabela com seus dados composicionais é apresentada no Apêndice VII. Notou-se que a maioria dos opacos são enriquecidos em ferro (Fe₂O₃), titânio (TiO₂) e manganês (MnO), sendo classificados, com base nos elementos que apresentaram maiores concentrações, a partir de Deer *et al.* (1992), em Hematita/magnetita, Ilmenita, Pirolusita e rutilo.

CAPÍTULO 5

5.1 MICROESTRUTURAS E METAMORFISMO

Como visto no Capítulo 3, as microestruturas observadas, tendo em mente a qual fase mineral estão relacionadas, devem registrar o grau metamórfico atingido e campo de tensões vigente durante a deformação. Assim, é possível melhor entender a evolução de um processo metamórfico/deformacional e, consequentemente, a história geológica de dada área. As amostras estudadas da Zona de Cisalhamento Guaçuí, contêm uma variedade de microestruturas que podem nos ajudar a entender, não somente mecanismos de deformação em escala de grão, em agregados poliminerálicos, mas a nucleação e evolução dessa importante zona de cisalhamento e um pouco da história geológica do Orógeno Araçuaí.

Para melhor entendimento, é apresentada uma tabela com as microestruturas e graus metamórficos interpretados por amostra no Apêndice VIII. Para o corpo do trabalho, preferiu-se estruturar de acordo com os grupos identificados, mostrando suas respectivas amostras, os graus metamórficos sugeridos a partir das principais microestruturas observadas. É importante ressaltar que grande parte das microestruturas classificatórias observadas foram analisadas nos minerais essenciais, principalmente: Quartzo, Feldspatos, Granada, Biotita, Piroxênios e Anfibólios.

5.1.1 Grupo i

Os principais minerais desse grupo são: Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Granada. Os diferentes graus metamórficos registrados nas amostras desse grupo são apresentados tabela 5.1.

Os picos metamórficos de 900°C registrados foram observados principalmente a partir das feições microestruturais observadas partir de grãos de granada. Como um mineral de maior resistência à deformação, a presença de feições que remetem à deformação plástica, como grãos alongados, *fish*, bordas interlobadas e/ou recristalizadas, indicam temperaturas por volta de 900°C (Ji & Martgnole 1994) (Fig.5.1 a). As microestruturas observadas para os agregados de feldspatos e quartzo corroboram tal interpretação, por exemplo, pela presença de matriz recristalizada (ex.:G016) ou registram extinção ondulante (Fig. 5.1 b), com subgrãos padrão *chessboard* (ex.:G053) (Fig. 5.1 c). Já a cloritização da biotita (Fig.5.1 d), registra temperaturas de retrometamorfismo atingindo a fácies xisto verde (ex.:G057), e a sericitização e/ou carbonatização dos feldspatos indicam a hidratação da rocha amostrada, sugerindo influência de fluidos na zona.



Figura 5.1 - a) Pórfiro de granada (Grt) alongado, fraturado (seta verde), com bordas interlobadas (seta amarela) (G016); **b)** pórfiro de feldspato (Fsp), com extinção ondulante (seta amarela), estrutura núcleo manto (seta vermelha), bastante recristalizado (G046); **c)** *ribbon* de quartzo (Qz) apresentando subgrãos em padrão *chessboard* (seta amarelo) (G057); **d**) biotita cloritizando. Todas as fotos foram tiradas com nicóis cruzados, exceto a foto a).

Os picos de metamorfismo (ou retrometamorfismo) em torno de 400° a 700° C são é indicados pelas microestruturas dos feldspatos, como: núcleo-manto, bordas recristalizadas, porfiroclasto alongados, com contatos interlobados. Assim também pelas microestruturas apresentadas pelo quartzo: subgrãos, extinção ondulante, contato interlobado.

É possível identificar diferentes gerações da biotita, por exemplo, na amostra G017, na qual se observam grãos de biotita definindo a foliação (Campo 4.8.1) e derivados da granada (Campo 3.1.1). Segundo Albee (2017) em diferentes graus metamórficos a granada e a biotita coexistem e podem ocorrer trocas de elementos (Mg, Mn e Fe) entre essas fases minerais. Ao se observar os dados químicos entre as diferentes gerações de biotita, é possível notar que aquelas derivadas da granada é enriquecida em magnésio e titânio, enquanto mostra concentrações menores de ferro e sílica, que aquela que define a foliação, indicando suas diferentes origens (quais tiveram trocas ou não).

A presença de rutilo incluso na biotita advinda da granada (G046) está de acordo com o que Henry e Guidotti (2002) comentam sobre a presença de biotitas com saturação de TiO₂ e precipitação de agulha de rutilo, devido a diminuição da temperatura. Isso pode indicar que a geração da biotita (teores maiores de ferro, menores de magnésio, aumento de titânio) ocorreu em temperaturas menores que aquelas da fácies granulito, e como essa está orientada, os cristais cresceram sob campo de tensão (Fig. 5.2).



Figura 5.2 - Pórfiro de granada (Grt) em formato sigmoidal fraturado (seta amarela), formando franja (sombra de pressão - verde). Na parte inferior direita, aparece pórfiro arredondado, classificado como porfiroblasto (seta vermelha) (G046), nicóis descruzados). Importante colocar que os grãos classificados opticamente como titanita e opacos, segundo as análises possuem composição semelhante à do rutilo e ilmenita, respectivamente.

Grau metamórfico	Lâminas	Grau de milonitização
Pico em torno de 900°C, Retrometamorfismo por volta de 400°- 700° C	G046, G053.	Stripped Gnaisse (ultramilonito) (Hippert et al, 2001).
>700°C com retrometamorfismo na fácies Xisto Verde	G057	Milonito
Pico 700° C Retrometamorfismo na fácies anfibolito	G024	Protomilonito a milonito.
>700°C	G041, G028, G017, G040, G111.	Milonito; ultramilonito (<i>stripped gnaisse</i>).
400° a 700°C	G052	Protomilonito a milonito.
Pico por volta dos 900°C.	G016	<i>Stripped Gnaisse</i> (ultramilonito).

Tabela 5.1 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras do Grupo i.

5.1.2 Grupo ii

Os principais minerais desse grupo são: Plagioclásio + Quartzo + Ortoclásio + Hornblenda + Hiperstênio. Os diferentes graus metamórficos registrados pelas assembleias minerais observadas nas amostras desse grupo são apresentados na tabela 5.2.

O pico metamórfico é interpretado como aquele registrado através das microestruturas observadas nos piroxênios. As amostras G042 e G010 apresentam piroxênio com microestruturas como *ribbons* (Fig. 5.3 a), grãos retorcidos, recristalizados, indicando que houve deformação plástica. De

acordo com Passchier e Trouw (1995), ortopiroxênio e clinopiroxênio tendem a deformar de forma dúctil por volta de 1000°C, porém não se afirma tal nível de temperatura, uma vez que outros parâmetros precisam ser considerados, como, por exemplo, taxa de deformação e presença de fluidos.

É possível perceber a presença de hiperstênio alterando para hornblenda (G042, G018) (Fig.5.3 b), e a hornblenda castanho avermelhada, alterando para hornblenda verde e biotita, e a hornblenda verde alterando para hornblenda verde-azulada (G001). Como nas microanálises químicas não mostraram diferenças composicionais marcantes entre as hornblendas derivadas dos piroxênios e aquelas presentes na foliação, poderia indicar que ambas são secundária, resultantes da hidratação do piroxênio, e tal mudança entre fases foi observada pelas texturas observadas como contatos interlobados e bordas alteradas. Os graus de retrometamorfismo foram observados pela presença das diferentes hornblendas e alteração da hornblenda para biotita.



Figura 5.3 - a) *Ribbon* de piroxênio (Px), aparentando transição para biotita (Bt) (seta amarela) (G010); **b**) pórfiro de piroxênio, quase completamente obliterado por hornblenda (Hbl) e biotita (G018). Todas as amostras foram retiradas com nicóis descruzados.

Na amostra G001, é possível ver os fragmentos angulosos dos feldspatos e envoltos no material isotrópico (SiO₂, Al₂O₃). Como não há a obliteração das bordas angulosas por mecanismos de recristalização (migração de borda de alto grau e/ou rotação de subgrãos), sugere-se que a fragmentação ocorreu durante a temperatura mais alta, durante um episódio de *Strain Hardening*. A presença do material isotrópico e do *fish* de plagioclásio incluso em um *ribbon* de quartzo reforçam a hipótese de que esse evento de fragmentação não ocorreu sob temperaturas menores, posteriormente ao pico metamórfico.

Grau metamórfico	Lâminas	Grau de milonitização
400° a 700°C	G120	Milonito
>700°C	G104, G110, G018, G033, G043, G138	Milonito

Tabela 5.2 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras do Grupo ii.

>700°C, com retrometamorfismo em temperaturas mais baixas (ou Xisto Verde) e com presença de água	G004, G001	Milonito
Pico por volta de 700° C e retrometamorfismo por volta da fácies anfibolito (a xisto verde)	G149, G05, G119	Milonito (granulação média a grossa)
Pico por volta dos 900°C.	G032	Ultramilonito
Pico de 900°C com retrometamorfismo em fácies granulito, posteriormente em fácies anfibolito	G042	Milonito (Granulação fina)
Pico por volta de 900°C, retrometamorfismo em fácie anfibolito	G014, G010, G060	Milonito, Ultramilonito

5.1.3 Grupo iii

Os principais minerais desse grupo são: Microclíneo + Quartzo + Biotita + Plagioclásio. Os diferentes graus metamórficos observados nas lâminas desse grupo está presente na tabela 5.3.

Nesse grupo foram observadas as microestruturas indicativas de graus metamórficos mais baixos (menores temperaturas), com presença de matriz mais grossa e grãos quase euédricos. Os picos de temperatura, em geral na fácies, granulito são indicados pela presença de fish de plagioclásio (G025) (Fig. 5.4 a) e antipertita (G009). A foliação é incipiente nas amostras desse grupo, indicando também grau mais baixo de deformação. As maclas difusas do microclíneo pode indicar uma mudança dessa fase mineral para ortoclásio. O retrometamorfismo na fácies xisto verde foi observado pela ocorrência de cloritização da biotita (Fig. 5.4 b).

Tabela 5.3 - Diferentes graus metamórficos registrado	os nas amostras do C	Grupo iii.
Crow matamárfi ag	Lâminas	Grau de n

Grau metamórfico	Lâminas	Grau de milonitização
400-700°C com retrometamorfismo na fácies xisto verde	G045, G147	Milonito
>600°C	G134, G009, G022	Protomilonito a Milonito (granulação grossa)
Pico 700°C, com retrometamorfismo por volta de 400° a 500° C	G025	Milonito
>500°C, com retrometamorfismo na Fácies Xisto Verde	G008	Milonito



Figura 5.4 – **a**) Grãos de plagioclásio em formato de *fish* (setas vermelhas) inclusos em *ribbons* de quartzo (G025); **b**) Biotita cloritizando (G008). A foto a) foi tirada com nicóis cruzados, diferente da b), nicóis descruzados.

5.1.4 Interseções

Os principais minerais da interseção i e ii, são: Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Granada + Hornblenda + Hiperstênio. A presença de pórfiros de hornblenda, hiperstênio e granada levou à classificação separada das amostras. Os pórfiros de granada e hiperstênio aparecem alongados, recristalizados, fraturados, indicando temperaturas elevadas (Fig.5.5 a e b). O hiperstênio está alterando para hornblenda verde (G109), indicando temperatura na fácies anfibolito.



Figura 5.5 - a) Pórfiro de granada alongado, fraturado (setas amarela), com bordas recristalizadas (setas vermelhas) (G148); **b**) pórfiro de piroxênio (Px) alongado, fraturado (seta amarela), com bordas recristalizadas (seta verde) e cauda de recristalização (seta vermelha) (G148). Todas as fotos foram tiradas a nicóis descruzados.

Há ainda porfiroblastos de granada (G107) e cordierita (G148). Este último pode indicar fácies granulito de baixa pressão. Os diferentes graus metamórficos observados nas amostras desse grupo está presente na tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Diferentes graus metamórficos registrados nas amostras da interseção i e ii.

		3	
Grau metamórfico Lâminas Grau de milonitização	Grau metamórfico	Lâminas	Grau de milonitização

Pico por volta de 900°C, com retrometamorfismo na fácies anfibolito.	G148, G107, G109	Milonito
--	---------------------	----------

Na interseção ii e iii, os principais minerais são: Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Microclíneo + Hornblenda + Hiperstênio. A presença de hiperstênio, hornblenda e microclíneo levou à classificação dessa amostra como um quinto grupo. A granulação presente é mais grossa, se assemelhando a um protomilonito (Fig. 5.6 b). Como a hornblenda verde azulada euédrica parece estar se transformando para hornblenda verde anédrica (Fig. 5.6 a e b), isso pode indicar que a rocha foi gerada na fácies xisto verde, e começou a ser metamorfizadas na fácies anfibolito, quando se observa o começo da formação de *ribbons* de quartzo, definição de orientação preferencial dos minerais e reação nas bordas dos epidotos. Porém, sugere-se que não houve continuação da deformação e o aumento de temperatura cessou, deixando a rocha com as evidências de duas fases de metamorfismo.

Os diferentes graus metamórficos observados na lâmina desse grupo está presente na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Diferentes graus metamórficos observados nas lâminas da interseção ii e iii.

Grau metamórfico	Lâminas	Grau de milonitização			
400-500°C	G044	Protomilonito a milonito			



Figura 5.6 - a) Pórfiro de hornblenda (Hbl verde azulada euédrica com indícios de transição para hornblenda verde (seta vermelha), com nicóis descruzados (G044); b) Mesmo local da foto a), porém a nicóis cruzados, para mostrar a granulação mais grosseira (G044).

5.2 GRAUS METAMÓRFICOS AO LONGO DA ZONA DE CISALHAMENTO GUAÇUÍ

Os grupos estão distribuídos de forma diferente ao longo da ZCG. Para ver melhor essa distribuição, as amostras foram plotadas no mapa, separando entre setor central e sul. No setor central (Fig. 5.7), estão localizadas a maioria das amostras analisadas (29), sendo: 9 do Grupo i, 12 do Grupo ii, 6 do Grupo iii, 1 da Interseção i e ii, e a interseção ii e iii.


No setor sul (Fig. 5.8), o Grupo ii predomina com 5 amostras, seguido da interseção i e ii, com 2 pontos, e dos grupos i e iii, cada um com 1 representante, totalizando 9 amostras.

Figura 5.7 - Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor central (porção acima da linha tracejada – divisão feita por Silva (2010)). As amostras plotadas de acordo com o grupo.



Figura 5.8 - Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor sul (porção acima da linha tracejada – divisão feita por Silva (2010)). As amostras plotadas de acordo com o grupo.

Para entender como as amostras se distribuem ao longo da zona de cisalhamento Guaçuí, as mesmas foram plotadas no mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom para o setor central (Fig.5.9) e setor sul (Fig.5.10).

As amostras em vermelho são as amostras com pico metamórfico por volta de 900°C. No setor central (Fig.5.9), as amostras de grau mais alto (vermelho e amarelo) se concentram no centro do traçado estimado, e aquelas que indicam graus mais baixos (verde) tendem a ficar nas bordas, embora apareçam também no centro. Isso pode ser explicado, pelo fluxo de fluídos durante o pico da deformação da porção central para as zonas laterais da zona de cisalhamento, causando *softening* nessas áreas e *hardening* do núcleo. Além disso a evolução da própria zona e/ou sua reativação pode gerar uma sobreposição de texturas registrando microestruturas de um metamorfismo (ou retrometamorfismo) em graus mais baixos (Fossen & Cavalcante, 2017).

Silva (2010) coloca ainda que um evento extensional, posterior à nucleação da ZCG (530-490 Ma) atuou na região, com sentido W-E, atingido fácies xisto verde a anfibolito, o que pode ter interferido na disposição dos graus metamórficos. Esse autor ainda comenta, que pelas análises de campo, é possível perceber que a parte norte da zona possui graus metamórfico mais baixos (xisto verde a anfibolito), para sul os graus metamórficos são mais altos (anfibolito a granulito) e o retrometamorfismo se intensifica para o seu centro.



Figura 5.9 - Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor central (porção acima da linha tracejada – divisão feita por Silva (2010)). As amostras estão plotadas de acordo com o intervalo de temperatura sugerido com base nas microestruturas.

O número reduzido de amostras analisadas na porção sul (Fig. 5.10) dificulta a determinação de um padrão. Apesar disso, é possível perceber que, como no setor central, as amostras de alto grau tendem a se concentrar no centro da área. No entanto, em partes mais a Sul, as amostras que registram picos mais elevados de temperatura tendem a ficar mais a oeste, podendo indicar que o traçado do núcleo da zona deslocado. É bom ressaltar que a necessidade de maiores estudos para melhor entender e explorar tais interpretações.



Figura 5.10 - Mapa geológico simplificado da área de estudo, com zoom no setor sul (porção acima da linha tracejada – divisão feita por Silva (2010)). As amostras estão plotadas de acordo com o intervalo de temperatura sugerido com base nas microestruturas.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE ZONAS

5.2.1 Zona de Cisalhamento Além Paraíba

A zona de cisalhamento Além Paraíba (ZCAP) é colocada como tendo sido nucleada por volta de 560 Ma (Silva 2010; Bento dos Santos *et al.* 2015; Giraldo *et al.* 2019), cortando Complexos Paleoproterozoicos (Giraldo *et al.* 2019), assim como a zona de cisalhamento Guaçuí (Silva 2010). Essas características nos permitem estabelecer uma comparação entre essas zonas, ressaltando-se que, aparentemente, seus traçados indicam uma interação próximo à cidade de Além Paraíba (MG). Buscouse então os aspectos texturais descritos para as rochas presentes na ZCAP, nos trabalhos de Giraldo *et al.* (2019), Egydio da Silva (1996) e Campanha (1981).

Campanha (1981) se concentra no reconhecimento das microestruturas, evidenciando bandamento (mesoscopicamente) marcado por diferentes associações, com pórfiros alinhados como: félsicas (feldspatos); máficas (piroxênios e anfibólios); variação de granada e sillimanita. O autor descreve matriz poligonizada, algumas amostras com predominância de microclíneo, sombras de pressão em pórfiros (granada, anfibólios, feldspatos, piroxênios), *ribbons* de quartzo contornando os porfiroclastos, granada fraturadas, macla de deformação e núcleo-manto em feldspatos; extinção ondulantes (granada, anfibólios, feldspatos, piroxênios), presença de exsoluções em feldspatos,

alteração do piroxênio para hornblenda; muscovita e clorita como minerais de alterações (biotitas, piroxênios, anfibólios e feldspatos), microgranulação nas bordas dos porfiroclastos. Concluiu, então, que a rocha registra um retrometamorfismo da fácies granulito (protólitos) para fácies anfibolito alto (>600°C), o que coincide com o que foi encontrado nas rochas G138, G134, havendo algumas descobertas nas amostras do presente trabalho, que rearranjam os valores de temperatura.

Egydio da Silva (1996) faz algumas observações sobre as microestruturas presentes nas rochas com predominância de granada-ortopiroxênio-biotita-plagioclásio-quartzo. Observou-se plagioclásio com extinção ondulante, novos grãos recristalizados em suas bordas, maclas deformadas; o quartzo apresenta-se em *ribbons*, com extinção ondulante, subgrãos, bulging; granadas poiquiloblástica; grãos de piroxênio orientados com evidências de deformação dúctil (clivagens arqueadas). O autor coloca a deformação como ocorrendo entre fácies anfibolito alto a granulito. As microestruturas (principalmente relativas aos grãos de granada e piroxênio) se assemelham àquelas observadas nas amostras G134, G138, G119, presentes no setor sul, também classificadas como de médio a alto grau metamórfico como observados no mapa (Fig. 5.10) e no Apêndice VIII.

Giraldo *et al.* (2019), estudaram rochas afetadas pela zona de cisalhamento Além Paraíba e utilizaram a geotermobarometria para determinar os picos metamórficos na região, concluindo que o pico, anterior à nucleação da zona, chegou a 800° C, e durante a deformação e reaquecimento na zona de cisalhamento, as temperaturas ficaram em torno de 562 \pm 38 °C a 714 \pm 23 °C, indicando fácies anfibolito (de médio a alto grau), confirmado pelo autor por observações microestruturais e texturais. Essas observações foram feitas também pelos outros autores, sendo coincidentes o que aqui documentado nas amostras do setor sul.

Comparando as análises desse trabalho com os demais realizados na ZCAP, é possível notar que o setor norte dessa, possui evidências de metamorfismos na fácies anfibolito superior a granulito, assim como o setor sul da ZCG. As similaridades entre as microestruturas observadas nas amostras estudadas e aquelas descritas nos referidos trabalhos, indicam também que a deformação durante o metamorfismo foi similar. Tem-se então caracterizadas similaridades texturais e de assembleia mineral que levam a interpretação que as referidas zonas de cisalhamento devem ter sido geradas e/ou influenciadas pelo mesmo processo, já que registram condições similares de deformação e metamórficas.

5.2.2 Zona de Cisalhamento Taxaquara

A zona de cisalhamento Taxaquara (ZCT) é uma zona de direção NE-SW, localizada no Orógeno Ribeira, cortando, principalmente, o Terreno Embu, com idade de nucleação entre o Ediacariano Tardio e o início do Cambriano (Ribeiro *et al.* 2019), 560 a 535 Ma (Ribeiro *et al.* 2020).

Os trabalhos de Ribeiro *et al.* (2019, 2020) e Silva (2017), estão localizados na ZCT e no sistema Taxaquara-Guararema, respectivamente. Usando as principais cidades englobadas pela área de estudo

desses trabalhos (São Paulo e Silveiras -SP), em relação a cidade de Além Paraíba, foi calculada uma distância por volta de 400 a 300 km.

Ribeiro *et al* (2019) estima uma temperatura de metamorfismo por volta 530°C, com base nas microestruturas do quartzo e do feldspato, colocadas pelo autor com predomínio de SGR, com *ribbons* de quartzo, extinção ondulante e formação de subgrãos em pórfiros de Plagioclásio e K-feldspatos, além de manto de grãos mais finos ao redor do feldspatos. Ribeiro *et al*. (2020), baseando-se na ocorrência de *dislocation creep*, SGR e GBM em quartzo, estimou temperatura de milonitização para essa zona por volta de 530-480°C, e associando a análise microestrutural a dados como os da geotermobarometria o intervalo determinado foi ~525–400 °C.

No trabalho Silva (2017) há uma gama de litologias descritas, sendo que para fins de comparação, escolheu-se analisar as microestruturas reconhecidas na Unidade Paragnaisses, que contém em geral: feldspatos arredondados ou como porfiroblastos; quartzo recristalizado na matriz, com contatos retos, também com subgrãos alongados no sentido da foliação, extinção ondulante e contatos interlobados; a granada ocorre como porfiroblastos, fraturada, com poucas inclusões de biotita e quartzo. Em algumas das amostras o autor coloca que a recristalização estática é um indício de metamorfismo na fácies anfibolito superior, mas não afirma esse pico para a região.

Em todos os trabalhos as microestruturas descritas (em geral de quartzo e feldspatos) tendem a se assemelhar até certo nível com as observadas nas amostras do setor sul. Entretanto, apesar da idade e do sentido de cisalhamento destral (Ribeiro *et al.* 2019) serem semelhantes à ZCG, as descrições encontradas e as microestruturas observadas, não se notou semelhança para permitir a correlação entre essas duas zonas, principalmente no que se refere à diferença entre os picos metamórficos descritos para ambas.

CAPÍTULO 6

A caracterização petrográfica, microestrutural e de química mineral das amostras de rochas miloníticas dos setores central e sul da zona de cisalhamento Guaçuí, nos leva a concluir que:

- As rochas do setor central e sul da ZCG podem ser classificadas como: granitos (sieno-granito, monzogranitos), granodioritos e tonalitos. Possuindo 3 grupos principais de assembleias minerais: (i) Quartzo + Plagioclásio + Ortoclásio + Biotita + Granada ± Zircão ± Opacos ± Apatita ± Sillimanita; (ii) Plagioclásio + Quartzo + Ortoclásio + Hornblenda + Hiperstênio ± Zircão ± Opacos; (iii) Microclíneo + Quartzo + Biotita + Plagioclásio ± Zircão ± Opacos ± Apatita; além de interseções entre os grupo i e ii e ii e iii.
- A maioria das amostras apresentam porfiroclastos de feldspatos com extinção ondulante, fraturas, estrutura do tipo núcleo manto, grãos alongados, orientados segundo a foliação marcada pela biotita e *ribbons* de quartzo. Os picos de temperatura foram determinados pela evidência de deformação plástica presentes nos minerais mais resistentes como granada e piroxênio, marcada por microestruturas como: cauda de recristalização, grãos alongados, retorcidos, formando *fish* e *ribbons*. A presença de *fish* de plagioclásio incluso e antipertita foram colocados como indícios de temperaturas na fácies granulito. O retrometamorfismo foi caracterizado pela alteração de minerais de mais alto grau para de fácies metamórficas mais baixas, como: hornblenda verde para hornblenda verde azulada (fácies xisto verde); biotita para clorita (xisto verde).
- Através das microestruturas estabeleceu-se os intervalos de temperatura para as lâminas entre: picos acima de 900°C; 700°C a 900°C; 400°C a 700°C. Os principais mecanismos de deformação plástica reconhecidos, principalmente para o quartzo e feldspatos, tendem a ser de alta temperatura, como Rotação de Subgrão (*Subgrain Rotation -*SGR) e Migração de Borda de Alta Temperatura (*Grain Boundary Migration -* GBM), além de eventual Redução de área de borda (Grain Boundary Area Reduction GBAR).

- As amostras que registram os graus mais tendem a se concentram nas porções centrais da zona, enquanto as rochas que indicam menor temperatura se localizam nas suas porções laterais.
- O fato de a ZCG possuir evidências de deformação em condições de alta temperatura pode indicar que o transporte de massa do Orógeno Araçuaí para Sul, também movimentou materiais ou atingiu, condições de crosta inferior.
- Ao comparar as microestruturas encontradas no setor sul da ZCG, com as descritas nas zonas de cisalhamento Além Paraíba e Taxaquara, percebeu-se uma maior semelhança com as características apresentadas pela zona de cisalhamento Além Paraíba. A semelhança entre essas zonas podem mostrar que essas foram geradas e/ou influenciadas pelo mesmo processo, já que registram condições similares de deformação e metamórficas, e estão próximas uma da outra. É importante ressaltar a necessidade de maiores estudos para uma comparação mais fidedigna para com ambas as zonas consideradas.

Albee A.L. 2017. Distribution of Fe, Mg, and Mn between garnet and biotite in natural mineral assemblages. *The University of Chicago Press Journals: The Journal of Geology*, **73**(1):155-164.

Alkmim F.F., Marshak S., Pedrosa-Soares A.C., Cruz S., Peres G.G., Whittington A.G. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, **149**: 43-64.

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

Bento dos Santos T.M., Tassinari C.C.G., Fonseca P.E. 2015. Diachronic collision, slab break-off and long-term high thermal flux in the Brasiliano–Pan-African orogeny: Implications for the geodynamic evolution of the Mantiqueira Province. *Precambrian Research*, **260**:1-22.

Brito Neves B.B. 2016. Orogenias: das margens continentais ao interior remoto das placas, uma revisão do tema. *TERRÆ DIDATICA*, **12(1)**: 19-55.

Campanha G.A.C. 1981. O lineamento de Além-Paraíba na área de Três Rios (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **11**(3):159-171.

Campanha G.A.C., Faleiros F.M., Cawood P.A., Cabrita D.I.G., Ribeiro B.V., Baseia M.A.S. 2019. The Tonian Embu Complex in the Ribeira Belt (Brazil): revision, depositional age and setting in Rodinia and West Gondwana. *Precambrian Research*, **320**: 31-45.

Carreras J., Czeck D.M., Druguet E., Hudleston P.J. 2010. Structure and development of an anastomosing network of ductile shear zones. *Journal of Structural Geology*: **32**:656-666.

Cavalcante G.C.G. 2013. Evolução tectônica e reologia de uma crosta orogênica quente: o caso do Anatexito Carlo Chagas, Faixa Araçuaí (leste do Brasil). Tese (doutorado). São Paulo: Universidade Federal de São Paulo. 1g14p.

Cavalcante C., Lagoeiro L., Fossen H., Egydio-Silva M., Morales L.F.G., Ferreira F., Conte T. 2018. Temperature constraints on microfabric patterns in quartzofeldsphatic mylonites, Ribeira belt (SE Brazil). *Journal of Structural Geology*,**115**: 243–262.

Conte T., Cavalcante C., Lagoeiro L.E., Fossen H., Silveira S.C. 2020. Quartz textural analysis from an anastomosing shear zone system: Implications for the tectonic evolution of the Ribeira belt, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **103**:102750.

Cunningham W.D., Alkmim F.F., Marshak S. 1998. A structural transect across the coastal mobile belt in the Brazilian Highlands (latitude 20°S): the roots of a Precambrian transpressional orogen. *Precambrian Research*, **92**:251–275.

Deer, W. A.; Howie, R. A.; Zussman, J. (1992). An introduction to the rock-forming minerals. 2. ed. Harlow, Longman. 696 p.

Duarte L.D., Juchem P. L., Pulz G.M., Martini B., Chodur N., Liccardo A., Fischer A.C., Acauan R.B. 2003. Aplicações de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) no Estudo de Gemas: exemplos brasileiros. *Pesquisas em geociências*, **30**(2):3-15.

Duarte B.P. 2012. *Carta Geológica – Folha Itaperuna (1:100.000)*. Programa Geologia do Brasil: SF.24 – V-C- I. Estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte, CPRM, 138p.

Egydio-Silva M. 1996. *Zona de cisalhamento de alta temperatura - o Lineamento de Além Paraíba (RJ)*. Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 226 p.

Egydio-Silva, M. & Mainprice, D. 1999. Determination of stress directions from plagioclase fabrics in high grade deformed rocks (Além Paraíba shear zone, Ribeira fold belt, southeastern Brazil). *Journal of Structural Geology*, **21**:1751-1771.

Faleiros F.M., Campanha G.A.C., Bello R.M.S., Fuzikawa K. 2010. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). *Tectonophysics*, **485**:193–214.

Fossen, H. & Cavalcante, G.C.G. 2017. Shear zones – A review. Earth-Science Reviews, 171: 434–455.

Frost, B. R. & Fros, C. D. 2008. On Charnokites. Gondwana Research, 13: 30–44.

Giraldo S.J., Trouw R.A.J., Duffles P., Costa R.V., Mejia M.I., Marimon, R.S. 2019. Structural analysis combined with new geothermobarometric and geochronological results of the Além Paraíba shear zone, between Três Rios and Bananal, Ribeira Orogen, SE Brazil. *Journal of South American Earth* Science, **90**:118–136.

Gradim C.T. 2013. *Complexo Nova Venécia e magmatismo associado, Orógeno Araçuaí, estado do Espírito Santo*. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 96p

Hartwig M. E., Melo M.C., Moreira C.A. Structure and tectonic significance of high- and low-temperature deformation along the lateral escape-related Guaçuí and Batatal shear zones, southern Araçuaí Orogen (southeastern Brazil). *REM: Revista Escola de Minas*, **73(4)**: 499-512.

Hartung R.F. 2018. *Estudo de megaporfiroblastos de granada da Nappe de Passos*. Dissertação Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 104 p.

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

Heilbron M., Duarte B.P., Valeriano C.M., Simonetti A., Machado N., Nogueira J.R. 2010. Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U–Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, **178**: 136-148.

Heilbron M. 2012. *Geologia e recursos minerais da Folha Santo Antônio de Pádua SF.23 – X- D- VI (1:100.000)*. Programa de Geologia do Brasil. Estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte, CPRM-UERJ, 144p.

Heilbron M. 2016. *Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais*. Programa de Geologia do Brasil. Estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte, CPRM, 182p.

Henry D.J. & Guidotti C.V. 2002. Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications. *American Mineralogist*, **87**: 375-382

Hippertt J., Rocha A., Lanab C., Egydio-Silva M., Takeshita T. 2001. Quartz plastic segregation and ribbon development in high-grade striped gneisses. *Journal of Structural Geology*, **23**: 67–80.

Hollyoke III, C.W. & Tullis, J. 2006. Mechanisms of weak phase interconnection and the effects of phase strength contrast on fabric development. *Journal of Structural Geology*, **28**: 621–640.

Horn A.H. 2006. *Carta Geológica – Folha Espera Feliz (1:100000)*. Programa Geologia do Brasil: Folha SE-24-V-A-IV. Belo Horizonte, UFMG/CPRM, 72p.

Horn A.H. 2007. *Carta Geológica – Folha Espera Feliz (1:100000)*. Programa Geologia do Brasil: Folha SE.24-V-A-IV. MG/ES/RJ. Brasília, UFMG/CPRM, 63p.

Ji S. & Martignole J. 1994. Ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature deformation. *Journal of Structural Geology*, **16**(7):985-996.

Jordt Evangelista H. 2012. *Apostila: microestruturas de rochas metamórficas*. Departamento de Geologia – Escola de Minas/ UFOP. 35p.

Karnioul, T.R. & Machado, R. 2005. Análise microestrutural e de eixos-C de quartzo na seção Aimorés (MG) e Colatina (ES). *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(**4**):493-502.

Knipe R.J. 1989. Deformation mechanisms m recognition from natural tectonites. *Journal of Structural Geology*, **1**(1/2): 127-146.

Kruhl J.H. 1996. Prism- and basal-plane parallel subgrain boundaries in quartz: a microstructural geothermobarometer. *J. metamorphic Geol.*, **14**: 581–589.

Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichiev V.G., Linhthout K., Laird J., Mandarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G.1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *The Canadian Mineralogist*, **35**:219-246.

Luciano, R.L. & Godoy, A.M. 2018. Litogeoquímica e química mineral das rochas metacarbonatíticas de Angico dos Dias, divisa Bahia/Piauí, Brasil. *Geociências*, **37**(1):99-119.

Melo M.G., Stevens G., Lana C., Pedrosa-Soares A.C., Frei D., Alkmim F.F., Alkmin L.A. 2017. Two cryptic anatectic events within a syn-collisional granitoid from the Araçuaí orogen (southeastern Brazil): Evidence from the polymetamorphic Carlos Chagas batholith. *Lithos*, **272:** 51-71.

Morimoto N. 1990. Nomenclatura de piroxênios. Revista Brasileira de Geociências, 20(1-4):8-328.

Mukherjee S. 2011. Mineral fish: their morphological classification, usefulness as shear sense indicators and genesis. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, **100**:1303–1314.

Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Alkmim F.F. 2007. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, **15**(1): 17-23.

Noce C.M., Romano A.W., Pinheiro C.M., Mol, V.S., Pedrosa-Soares, A.C. 2013. *Geologia das folhas Ubá e Muriaé (1:100.000)*. Projeto Sul de Minas: SF.23– X- D- II; SF23-X-D-III. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, COMIG-UFMG, 323-659p.

Nogueira J. R. 2012. *Geologia e recursos minerais da Folha São Fidélis SF.24 – V- C- IV (1:100.000)*. Programa de Geologia do Brasil: SF.24 – V- C- IV. Estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte, CPRM-UERJ. 108p.

Novo T. A. 2012. *Carta Geológica – Folha Afonso Cláudio (1:100.000)*. Programa de Geologia do Brasil: SF.23 – X- A- VI. Estado do Minas Gerais. Belo Horizonte, CPRM-UFMG, 72p.

Novo T. A. 2012. *Geologia e recursos minerais da Folha Carangola* SF.23 - X- B- VI (1:100.000). Programa de Geologia do Brasil: SF.23 - X- B- VI. Estado do Minas Gerais. Belo Horizonte, CPRM-UFMG, 72p.

Novo T. A. 2014. *Geologia e recursos minerais da Folha Manhumirim SF.24-V-A-I (1:100.000)*. Programa de Geologia do Brasil: SF.24-V-A-I. Estado do Minas Gerais. Belo Horizonte, CPRM-UFMG, 77p.

Pedrosa-Soares A.C., Note C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí-West- Congo Orogen in Brazil: an overview of a confident orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, **110**: 307-323.

Pedrosa-Soares A.C., Note C.M., Alkmim F.F., Silva L.C., Babinski M., Cordani U., Catañeda C. 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Genomos*, **15**(1): 1-16.

Passchier C. W. 1994. Mixing in flow perturbations: a model for development of mantled porphyroclasts in mylonites. *Journal of Structural Geology*, **16** (5):733-736.

Passchier, C.W. & Trouw, R.A.J. 1996. Microtectonics. Second Edition, Springer, 366p.

Richter F., Lana C., Stevens G., Buick I., Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Cutts K. 2016. Sedimentation, metamorphism and granite generation in a back-arc region: Records from the Ediacaran Nova Venécia Complex (Arac, uaí Orogen, Southeastern Brazil). *Precambrian Research*, **272**: 78-100.

Ribeiro B.V., Faleiros F.M., Campanha G.A.C., Lagoeiro L., Weinberg R.F., Hunter N.J.R. 2019. Kinematics, nature of deformation and tectonic setting of the Taxaquara Shear Zone, a major transpressional zone of the Ribeira Belt (SE Brazil). *Tectonophysics*, **751**:83–108.

Ribeiro B.V., Mulder J.A., Faleiros F.M., Kirkland C.L., Cawood P.A., O'Sullivan G., Campanha G.A.C., Finch M.A., Weinberg R.F., Nebel O. 2020. Using apatite to resolve the age and protoliths of mid-crustal shear zones: A case study from the Taxaquara Shear Zone, SE Brazil. *Lithos*, **378–379**: 105817.

Roncato Junior J.G.2009. As suítes graníticas tipo-S do norte do Espírito Santo na região das Folhas Ecoporanga, Mantena, Montanha e Nova Venécia. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 102p.

Sibson R.H. 1977. Fault rocks and fault mechanisms. Journal of the Geological Society, 133:191-213.

Signorelli N. 1993. *Carta Geológica – Folha Afonso Cláudio (1:100.000)*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: SF.24 – V- A- II. Estado do Espírito Santo e Minas Gerais. Brasília, DNPM/CPRM, 176p.

Silva B.Y.B. 2017. Evolução tectônica da porção central do Terreno Embu ao norte da Zona de *Cisalhamento Taxaquara-Guararema*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 122 p.

Silva C.M.T., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C. 2009. Geometria e evolução do feixe de zonas de cisalhamento Manhuaçu-Santa Margarida, Orógeno Araçuaí, MG. *REM: R. Esc. Minas*, **62**(1):23-24.

Silva C.M.T. 2010.*O sistema transcorrente da porção sudeste do Orógeno Araçuaí e norte da Faixa Ribeira: geometria e significado tectônico*. Tese (doutorado), Universidade Federal de Ouro Preto Ouro Preto, 221p.

Silva J. N. 1993. *Carta Geológica – Folha Cachoeiro do Itapemirim (1:100.000)*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: SF.24 – V- A- V. Estado do Espírito Santo. Brasília, DNPM/CPRM, 176p.

Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J., Cardoso Filho J.M.C. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, **32(4)**:513-528.

Silva M.A., Camozzato E., Paes V.J.C., Junqueira P.A., Ramgrab G. E. 2004. Folha SF.24-Vitoria. *In*: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., Jesus, J.D.A. de. ,(eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas*. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM

Stipp M., Stünitz H., Heilbronner R., Schmid S.M. 2002. The eastern Tonale fault zone: a 'natural laboratory' for crystal plastic deformation os quartz over temperature rangem from 250 to 700°C. *Journal of Structural Geology*, **24**: 1861-1884.

Stünitz H., Fritz Gerald J.D. 1993. Deformation of granitoids at low metamorphic grade. II: Granular flow in albite-rich mylonites. *Tectonophysics*, **221**:299-324.

Trouw R.A.J., Passchier C.W., Wiersma D.J. 2009. *Atlas of mylonites - and related microstructures*. Springer, 322p.

Tuller M.P. 1993. *Carta Geológica – Folha Colatina (1:100000)*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Folha SE-24-Y-C-VI. Estado do Espírito. Brasília, DNPM/CPRM, 163p.

Tupinambá M., Heilbron M., Duarte B.P., Nogueira J.R., Valladares C., Almeida J., Silva L.G.E., Medeiros S.R., Almeida C.G., Miranda A., Ragatky C.D., Mendes J., Ludka I. 2007.Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, **15**(1): 67 – 79.

Tupinambá M., Duarte B.P., Eirado L.G., Nogueira J.R., Heilbron M., Almeida C.G. 2013. *Geologia das folhas Leopoldina e Pirapetinga (1:100.000)*. Projeto Sul de Minas: SF.23– X- D- V; SF23-X-D-VI. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, COMIG-UFMG, 320-404p.

Vlach S.R.F. 2002. A classe dos tectossilicatos: guia geral da teoria e exercício. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, **1**:1-49

Vieira V.S. 1993. *Carta Geológica – Folha Baixo Guandu (1:100000)*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil Projeto. Folha SE-24-Y-C-V. Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Brasília, DNPM/CPRM, 175p.

Warr L.N. 2021. IMA-CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, 85: 91-320.

White S. H., Burrows S. E., Carreras J., Shaw N. D., Humphreys F. J. 1980. On mylonites in ductile shear zones. *Journal of Structural Geology*, **2**(1/2):175-187.

Wiedemann C.M., Medeiros S.R., Ludka I.P., Mendes J.C., Costa-de-Moura J. 2001. Architecture of Late Orogenic Plutons in the AraGuai-Ribeira Fold Belt, Southeast Brazil. *Gondwana Research*, **5**(2): 381-399.

Xu Z., Burg J-P., Wang Q., Li H. 2013. Indo-Asian Collision: Transition from Compressions to Lateral Escape Tectonics. *ACTA GEOLOGICA SINICA*, **82** (supp.): 112-113.

APÊNDICE I

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG (Deep <i>et al.</i> 1992).								
Amostra					G001			
Localidade					CENTRO)		
Campo		CAM	PO 1.1		CAMPO 1.3		CAMPO	2.1
Análise	1	2	3	10	10	1	5	6
SiO ₂	59,46	59,13	59,29	59,22	58,75	59,30	59,22	50,18
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,45	25,82	0,00	26,18	25,99	25,26	25,53	45,30
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	6,76	6,62	6,78	6,44	7,41	6,20	6,56	0,48
Na ₂ O	8,00	8,43	8,03	8,16	7,67	8,87	8,69	2,24
K ₂ O	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	1,12
Total	99,84	100,00	74,10	100,00	99,82	100,00	100,00	99,32
Si	1,98	1,97	1,97	1,97	1,96	1,97	1,97	1,67
Al	0,75	0,76	0,00	0,77	0,76	0,74	0,75	1,33
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12	0,01
Na	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,14	0,04
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	2,98	2,98	2,22	2,99	2,98	2,97	2,98	3,06
8/total	2,68	2,68	3,60	2,68	2,69	2,69	2,68	2,61
Si	2,66	2,64	3,55	2,64	2,63	2,65	2,65	2,18
Al	1,34	1,36	0,00	1,37	1,37	1,33	1,34	2,32
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,32	0,32	0,43	0,31	0,36	0,30	0,31	0,02
Na	0,69	0,73	0,93	0,70	0,67	0,77	0,75	0,19
K	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06
Soma Cat	5,02	5,05	4,92	5,03	5,02	5,07	5,06	4,78
SomaZ	4,00	4,00	3,55	4,01	4,00	3,99	3,99	4,51
SomaX	1,03	1,05	1,37	1,01	1,02	1,09	1,07	0,27
An	31,53	30,26	31,81	30,37	34,81	27,32	29,44	8,18
Ab	67,53	69,74	68,19	69,63	65,19	70,74	70,56	69,09
Or	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	22,73
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG								
Localidade				CENTI	RAL			
Campo	C	CAMPO 2	.3		CA	MPO 2.4	ļ.	
Análise	1	2	3	1	2	3	4	5
SiO ₂	59,08	59,34	58,92	59,41	59,41	59,81	59,99	60,17
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	26,01	25,98	26,21	25,63	26,86	25,43	25,04	25,59
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	6,53	6,53	6,56	6,18	6,63	5,98	7,31	5,58
Na ₂ O	8,21	8,14	8,31	8,41	7,61	8,40	7,16	8,32
K ₂ O	0,17	0,00		0,38	0,40	0,37	0,49	0,33
Total	100,00	99,99	100,00	100,01	100,91	99,99	99,99	99,99
Si	1,97	1,98	1,96	1,98	1,98	1,99	2,00	2,00
Al	0,77	0,76	0,77	0,75	0,79	0,75	0,74	0,75
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,13	0,10
Na	0,13	0,13	0,13	0,14	0,12	0,14	0,12	0,13
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Total	2,98	2,99	2,98	2,98	3,01	2,99	2,98	2,99
8/total	2,68	2,68	2,68	2,68	2,65	2,68	2,68	2,67
Si	2,64	2,64	2,63	2,65	2,63	2,67	2,68	2,68
Al	1,37	1,36	1,38	1,35	1,40	1,34	1,32	1,34
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31	0,29	0,35	0,27
Na	0,71	0,70	0,72	0,73	0,65	0,73	0,62	0,72
K	0,01	0,70	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
Soma Cat	5,04	0,70	5,04	5,05	5,01	5,04	4,99	5,02
SomaZ	4,01	0,70	4,01	4,00	4,02	4,00	3,99	4,02
SomaX	1,03	0,70	1,03	1,05	0,99	1,03	1,00	1,00
An	30,25	30,71	30,37	28,28	31,76	27,66	35,06	26,53
Ab	68,82	69,29	69,63	69,65	65,96	70,30	62,14	71,60
Or	0,94	0,00	0,00	2,07	2,28	2,04	2,80	1,87
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG									
Amostra						G001			
Localidade					CH	ENTRAI	_		
Campo			CAMI	PO 2.4			CAMPO 3.1	CAMPO 2.5	CAMPO 4.1
Análise	6	7	8	9	10	11	8	4	2
SiO ₂	58,91	59,75	59,31	59,71	59,46	58,94	56,06	59,21	59,60
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,70	25,96	25,91	25,76	25,80	25,32	28,70	25,98	25,81
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	6,24	6,02	6,20	4,92	6,20	9,24	5,59	6,50	6,25
Na ₂ O	8,71	7,83	8,20	9,20	8,19	6,15	9,65	8,03	7,89
K ₂ O	0,44	0,45	0,39	0,41	0,36	0,35		0,27	0,45
Total	100,0 0	100,0 1	100,0 1	100,0 0	100,0 1	100,0 0	100,00	99,99	100,00
Si	1,96	1,99	1,97	1,99	1,98	1,96	1,87	1,97	1,98
Al	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,74	0,84	0,76	0,76
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,16	0,10	0,12	0,11
Na	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,10	0,16	0,13	0,13
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2,97	2,99	2,98	2,99	2,98	2,97	2,97	2,98	2,99
8/total	2,69	2,67	2,68	2,68	2,68	2,69	2,70	2,68	2,68
Si	2,64	2,66	2,65	2,66	2,65	2,64	2,52	2,64	2,66
Al	1,36	1,36	1,36	1,35	1,36	1,34	1,52	1,37	1,36
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,30	0,29	0,30	0,24	0,30	0,44	0,27	0,31	0,30
Na	0,76	0,68	0,71	0,80	0,71	0,53	0,84	0,69	0,68
K	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,03
Soma Cat	5,07	5,01	5,04	5,07	5,03	4,97	5,14	5,03	5,02
SomaZ	3,99	4,02	4,01	4,02	4,01	3,97	4,04	4,01	4,01
SomaX	1,08	0,99	1,03	1,05	1,03	1,00	1,11	1,02	1,01
An	27,70	29,05	28,83	22,31	28,91	44,45	24,25	30,44	29,67
Ab	69,97	68,37	69,01	75,48	69,10	53,54	75,75	68,05	67,78
Or	2,33	2,59	2,16	2,21	2,00	2,00	0,00	1,51	2,54
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG										
Amostra				GO	17					
Localidade				CENT	RAL					
Campo	CAMP	02.1.1	CAMP	0 3.1.1	CAMPO 4.1.1	CAMP	0 4.6.1			
Análise	2	3	2	6	7	5	6			
SiO ₂	55,26	56,20	57,28	57,12	54,55	57,51	58,16			
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Al ₂ O ₃	29,65	28,40	26,96	27,99	29,50	27,53	27,54			
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
CaO	7,86	7,69	7,57	7,35	7,36	7,72	7,61			
Na ₂ O	6,82	7,71	7,92	7,54	8,51	7,24	6,69			
K ₂ O	0,41	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00			
Total	100,00	100,00	100,01	100,00	99,92	100,00	100,00			
Si	1,84	1,87	1,91	1,90	1,82	1,91	1,94			
Al	0,87	0,84	0,79	0,82	0,87	0,81	0,81			
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ca	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14			
Na	0,11	0,12	0,13	0,12	0,14	0,12	0,11			
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Total	2,97	2,97	2,97	2,98	2,95	2,98	2,99			
8/total	2,70	2,70	2,70	2,69	2,71	2,69	2,68			
Si	2,48	2,52	2,57	2,55	2,46	2,57	2,59			
Al	1,57	1,50	1,43	1,48	1,57	1,45	1,45			
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ca	0,38	0,37	0,36	0,35	0,36	0,37	0,36			
Na	0,59	0,67	0,69	0,65	0,74	0,63	0,58			
K	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00			
Soma Cat	5,04	5,06	5,07	5,04	5,13	5,02	4,98			
SomaZ	4,05	4,02	4,00	4,03	4,03	4,02	4,04			
SomaX	0,99	1,04	1,07	1,01	1,10	1,00	0,94			
					· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
An	37,99	35,53	34,04	35,01	32,34	37,08	38,60			
Ab	59,65	64,47	64,46	64,99	67,66	62,92	61,40			
Or	2,36	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00			
Soma	100	100	100	100	100	100	100			

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG									
Amostra	G	i018				G041			
Localidade				CEN	ΓRAL				
Campo	CAMPO 2.3	CAMP	PO 2.4	CAMF	PO 1.1	CAMPO 2.1	CAM	PO 2.2	
Análise	3	3	4	6	8	5	1	2	
SiO ₂	58,24	57,97	58,02	56,23	27,85	57,71	57,47	57,86	
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	26,94	27,15	26,96	28,66	27,85	27,19	27,32	26,77	
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CaO	6,92	6,83	6,85	7,32	6,85	6,23	7,31	7,22	
Na ₂ O	7,91	8,06	8,16	7,79	7,84	8,86	7,90	7,94	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	
Total	100,01	100,01	99,99	100,00	70,39	99,99	100,00	100,00	
Si	1,94	1,93	1,93	1,87	0,93	1,92	1,91	1,93	
Al	0,79	0,80	0,79	0,84	0,82	0,80	0,80	0,79	
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ca	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,13	0,13	
Na	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	2,98	2,98	2,98	2,97	2,00	2,98	2,97	2,97	
8/total	2,68	2,68	2,69	2,69	4,01	2,69	2,69	2,69	
Si	2,60	2,59	2,59	2,52	1,86	2,58	2,57	2,59	
Al	1,42	1,43	1,42	1,51	2,19	1,43	1,44	1,41	
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ca	0,33	0,33	0,33	0,35	0,49	0,30	0,35	0,35	
Na	0,68	0,70	0,71	0,68	1,01	0,77	0,69	0,69	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
Soma Cat	5,03	5,04	5,05	5,06	5,55	5,08	5,05	5,05	
SomaZ	4,02	4,02	4,01	4,03	4,05	4,02	4,01	4,00	
SomaX	1,02	1,03	1,04	1,03	1,50	1,07	1,04	1,05	
An	32,59	31,89	31,69	34,18	32,56	27,98	33,83	33,06	
Ab	67,41	68,11	68,31	65,82	67,44	72,02	66,17	65,79	
Or	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100	

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG										
Amostra				G	041					
Localidade				CEN	TRAL					
Campo	CAMI	PO 3.1	C	CAMPO 4.	2	CAMPO 4.3	CAMPO 4.4			
Análise	3	7	1	2	3	1	6			
SiO ₂	57,79	57,81	58,22	58,34	57,82	57,58	57,59			
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Al ₂ O ₃	26,93	27,10	26,89	26,64	27,03	27,07	27,16			
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
CaO	7,26	7,51	6,98	7,25	7,08	7,26	7,21			
Na ₂ O	7,79	7,58	7,91	7,78	8,07	8,08	8,05			
K ₂ O	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Total	100,00	100,00	100,00	100,01	100,00	99,99	100,01			
Si	1,92	1,92	1,94	1,94	1,92	1,92	1,92			
Al	0,79	0,80	0,79	0,78	0,80	0,80	0,80			
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ca	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13			
Na	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13			
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Total	2,97	2,98	2,98	2,98	2,98	2,97	2,97			
8/total	2,69	2,69	2,68	2,68	2,69	2,69	2,69			
Si	2,59	2,58	2,60	2,61	2,59	2,58	2,58			
Al	1,42	1,43	1,42	1,40	1,43	1,43	1,43			
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ca	0,35	0,36	0,33	0,35	0,34	0,35	0,35			
Na	0,68	0,66	0,68	0,67	0,70	0,70	0,70			
K	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Soma Cat	5,05	5,03	5,03	5,03	5,05	5,06	5,06			
SomaZ	4,01	4,01	4,02	4,01	4,01	4,01	4,01			
SomaX	1,04	1,02	1,02	1,02	1,04	1,05	1,04			
An	33,56	35,38	32,78	33,99	32,65	33,18	33,11			
Ab	65,17	64,62	67,22	66,01	67,35	66,82	66,89			
Or	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Soma	100	100	100	100	100	100	100			

Planilha de	Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG									
Amostra		G	041		G046	(6042			
Localidade					CENTRAL					
Campo	CAMI	PO 5.1	CAMI	PO 5.2	CAMPO 1.2	CAMPO 3.2	CAMI	PO 5.1		
Análise	1	3	1	7	2	3	1	2		
SiO ₂	57,51	57,62	57,47	57,45	60,93	60,13	60,16	59,93		
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al_2O_3	27,32	27,47	26,36	26,62	25,26	25,58	25,08	25,24		
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CaO	7,39	7,42	7,96	7,09	4,22	7,35	7,20	7,29		
Na ₂ O	7,79	7,49	7,91	8,65	9,59	6,94	7,57	7,54		
K ₂ O	0,00	0,00	0,30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	100,01	100,00	100,00	100,01	100,00	100,00	100,01	100,00		
Si	1,91	1,92	1,91	1,91	2,03	2,00	2,00	2,00		
Al	0,80	0,81	0,78	0,78	0,74	0,75	0,74	0,74		
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ca	0,13	0,13	0,14	0,13	0,08	0,13	0,13	0,13		
Na	0,13	0,12	0,13	0,14	0,15	0,11	0,12	0,12		
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	2,98	2,98	2,96	2,96	3,00	3,00	2,99	2,99		
8/total	2,69	2,68	2,70	2,70	2,67	2,67	2,67	2,68		
Si	2,57	2,58	2,58	2,58	2,70	2,67	2,68	2,67		
Al	1,44	1,45	1,40	1,41	1,32	1,34	1,32	1,32		
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ca	0,35	0,36	0,38	0,34	0,20	0,35	0,34	0,35		
Na	0,68	0,65	0,69	0,75	0,82	0,60	0,65	0,65		
K	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		
Soma Cat	5,04	5,03	5,07	5,10	5,05	4,96	4,99	4,99		
SomaZ	4,01	4,02	3,98	3,99	4,02	4,01	3,99	3,99		
SomaX	1,03	1,00	1,09	1,11	1,03	0,95	1,00	1,00		
An	34,39	35,38	35,17	30,85	19,56	36,92	34,45	34,82		
Ab	65,61	64,62	63,25	68,11	80,44	63,08	65,55	65,18		
Or	0,00	0,00	1,58	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00		
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100		

Planilha de composição química e fórmulas estruturais do plagioclásio para as amostras da ZCG										
Amostra					G042					
Localidade				С	ENTRA	L				
Campo				C.	AMPO 5	5.1				
Análise	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SiO ₂	59,84	60,09	60,35	60,35	60,03	60,20	60,20	60,59	60,27	
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	25,32	25,17	25,07	24,93	25,23	24,93	24,93	24,84	25,07	
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CaO	7,40	7,50	7,26	7,48	4,63	7,45	8,72	7,11	6,98	
Na ₂ O	7,44	7,24	7,32	7,24	7,64	7,42	6,16	7,46	7,68	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,01	100,00	100,00	
Si	1,99	2,00	2,01	2,01	2,00	2,00	2,00	2,02	2,01	
Al	0,74	0,74	0,74	0,73	0,74	0,73	0,73	0,73	0,74	
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ca	0,13	0,13	0,13	0,13	0,08	0,13	0,16	0,13	0,12	
Na	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,12	0,12	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	2,99	2,99	2,99	2,99	2,97	2,99	2,99	2,99	2,99	
8/total	2,68	2,67	2,67	2,67	2,69	2,68	2,67	2,67	2,67	
Si	2,67	2,67	2,68	2,69	2,69	2,68	2,68	2,69	2,68	
Al	1,33	1,32	1,31	1,31	1,33	1,31	1,31	1,30	1,31	
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ca	0,35	0,36	0,35	0,36	0,22	0,36	0,42	0,34	0,33	
Na	0,64	0,62	0,63	0,62	0,66	0,64	0,53	0,64	0,66	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma Cat	4,99	4,98	4,97	4,97	5,05	4,99	4,93	4,98	4,99	
SomaZ	4,00	4,00	4,00	3,99	4,02	3,99	3,99	4,00	4,00	
SomaX	1,00	0,98	0,98	0,98	1,03	1,00	0,95	0,98	1,00	
An	35,47	36,40	35,40	36,34	21,65	35,68	43,89	34,50	33,43	
Ab	64,53	63,60	64,60	63,66	64,65	64,32	56,11	65,50	66,57	
Or	0,00	0,00	0,00	0,00	13,70	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Planilha de composição d	química e fórmulas	estruturais do pla	gioclásio para as	amostras da ZCG
Amostra		G	042	
Localidade		CEN	TRAL	
Campo		CAM	PO 5.1	
Análise	12	13	14	15
SiO ₂	59,90	59,92	59,47	60,00
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,92	25,04	25,53	24,92
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	7,94	7,27	7,83	7,48
Na ₂ O	7,24	7,76	7,16	7,61
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	99,99	99,99	100,01
Si	1,99	1,99	1,98	2,00
Al	0,73	0,74	0,75	0,73
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,14	0,13	0,14	0,13
Na	0,12	0,13	0,12	0,12
K	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2,99	2,99	2,99	2,99
8/total	2,68	2,68	2,68	2,68
Si	2,67	2,67	2,65	2,67
Al	1,31	1,32	1,34	1,31
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,38	0,35	0,37	0,36
Na	0,63	0,67	0,62	0,66
K	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma Cat	4,99	5,01	4,99	5,00
SomaZ	3,98	3,99	3,99	3,98
SomaX	1,01	1,02	0,99	1,02
An	37,73	34,11	37,67	35,20
Ab	62,27	65,89	62,33	64,80
Or	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	100	100	100	100

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG (Deep et al. 1992).										
Amostra					G	001				
Localidade					CEN	TRAL				
Campo	CAMI	PO 1.1	CAMPO 3.1	CAM	PO 2.1	C	AMPO 2	2.5	CAMPO 4.1	
Análise	7	8	1	2	3	1	2	3	6	
SiO ₂	39,80	39,45	42,48	40,03	38,05	40,89	41,05	41,14	39,19	
TiO ₂	0,00	0,00	2,43	5,94	5,72	4,78	4,79	4,79	5,15	
Al ₂ O ₃	16,11	15,82	23,67	15,76	15,03	16,03	16,84	17,40	18,89	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
FeO	18,13	18,09	13,55	16,02	18,44	17,20	16,43	15,69	16,93	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	10,79	11,10	14,96	10,91	10,55	11,71	11,58	11,80	10,16	
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K ₂ O	8,14	8,37	1,40	0,00	0,00	7,48	7,28	7,44	7,80	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	92,97	92,83	98,49	88,66	87,79	98,09	98,19	98,26	98,12	
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ctotal	92,97	92,83	90,26	88,66	87,79	98,09	98,19	98,26	98,12	
Si	1,32	1,31	1,41	1,33	1,27	1,36	1,37	1,37	1,30	
Ti	0,00	0,00	0,06	0,15	0,14	0,12	0,12	0,12	0,13	
Al	0,47	0,47	0,70	0,46	0,44	0,47	0,50	0,51	0,56	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,25	0,25	0,19	0,22	0,26	0,24	0,23	0,22	0,24	
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mg	0,27	0,28	0,37	0,27	0,26	0,29	0,29	0,29	0,25	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,09	0,09	0,01	0,00	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2,41	2,39	2,75	2,44	2,37	2,56	2,58	2,59	2,56	
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma-F+Cl	2,41	2,39	2,75	2,44	2,37	2,56	2,58	2,59	2,56	
22 Ox / S	9,15	9,19	8,01	9,02	9,28	8,59	8,53	8,49	8,59	
Si	6.06	6.03	5.66	6.01	5 88	5 84	5 83	5 81	5.61	

APÊNDICE II

Al	2,89	2,85	3,72	2,79	2,74	2,70	2,82	2,90	3,18
Ti	0,00	0,00	0,24	0,67	0,66	0,51	0,51	0,51	0,55
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,31	2,31	1,51	2,01	2,38	2,06	1,95	1,85	2,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,45	2,53	2,97	2,44	2,43	2,50	2,45	2,49	2,17
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,58	1,63	0,24	0,00	0,00	1,36	1,32	1,34	1,42
Tot cat	15,29	15,36	14,35	13,92	14,09	14,97	14,91	14,90	14,96
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,51	0,52	0,66	0,55	0,50	0,55	0,56	0,57	0,52
Fe/Fe+Mg	0,49	0,48	0,34	0,45	0,50	0,45	0,44	0,43	0,48
Mg/Fe	1,06	1,09	1,97	1,21	1,02	1,21	1,26	1,34	1,07
AlIV	1,94	1,97	2,34	1,99	2,12	2,16	2,17	2,19	2,39
AlVI	0,95	0,88	1,38	0,80	0,61	0,54	0,65	0,71	0,79
SomaY	5,71	5,73	6,11	5,92	6,09	5,61	5,56	5,56	5,54
SomaX	1,58	1,63	0,24	0,00	0,00	1,36	1,35	1,34	1,42
FeO/MgO	1,68	1,63	0,91	1,47	1,75	1,47	1,42	1,33	1,67

Plai	Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG									
Amostra	G	001				G017				
Localidade	CEN	TRAL			С	ENTRAL				
Gamma	CAMPO	CAMPO	CAMPO	CAM	0 2 2 1	CAMPO	CAMPO	CAMPO		
Campo	4.3	3.2	2.1.1	CAMP	0 2.3.1	3.1.1	4.1.1	4.3.1		
Análise	1	7	1	1	2	3	2	1		
SiO ₂	41,42	48,34	38,15	36,28	36,33	36,79	38,38	40,38		
TiO ₂	3,80	1,31	5,84	5,79	5,78	7,10	5,07	5,52		
Al ₂ O ₃	16,26	36,99	17,16	19,34	19,52	16,54	18,92	17,78		
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00		
FeO	13,16	6,85	13,82	13,79	14,04	16,58	14,57	12,58		
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MgO	14,21	5,73	12,84	12,73	12,46	10,16	11,24	13,26		
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00		
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K ₂ O	9,68	0,78	10,46	10,36	10,30	11,00	9,98	9,09		
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	98,53	100,00	98,27	98,47	98,43	98,17	98,38	98,61		
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ctotal	98,53	100,00	98,27	98,47	98,43	98,17	98,38	98,61		
Si	1,38	1,61	1,27	1,21	1,21	1,22	1,28	1,34		
Ti	0,10	0,03	0,15	0,14	0,14	0,18	0,13	0,14		
Al	0,48	1,09	0,50	0,57	0,57	0,49	0,56	0,52		
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe	0,18	0,10	0,19	0,19	0,20	0,23	0,20	0,18		
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Mg	0,35	0,14	0,32	0,32	0,31	0,25	0,28	0,33		
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K	0,10	0,01	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10		
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	2,59	2,98	2,54	2,54	2,54	2,49	2,55	2,61		
F+C1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Soma-F+Cl	2,59	2,98	2,54	2,54	2,54	2,49	2,55	2,61		
22 Ox / S	8,49	7,39	8,65	8,65	8,65	8,84	8,62	8,44		
Si	5,85	5,95	5,49	5,22	5,23	5,41	5,51	5,67		
Al	2,71	5,36	2,91	3,28	3,31	2,87	3,20	2,94		
Ti	0,40	0,12	0,63	0,63	0,63	0,79	0,55	0,58		

Cr	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	1,56	0,70	1,66	1,66	1,69	2,04	1,75	1,48
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,99	1,05	2,76	2,73	2,68	2,23	2,40	2,78
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,75	0,12	1,92	1,90	1,89	2,06	1,83	1,63
Tot cat	15,26	13,31	15,38	15,45	15,43	15,40	15,26	15,09
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,66	0,60	0,62	0,62	0,61	0,52	0,58	0,65
Fe/Fe+Mg	0,34	0,40	0,38	0,38	0,39	0,48	0,42	0,35
Mg/Fe	1,93	1,49	1,66	1,65	1,58	1,09	1,38	1,88
AlIV	2,15	2,05	2,51	2,78	2,77	2,59	2,49	2,33
AlVI	0,56	3,31	0,40	0,51	0,55	0,28	0,70	0,62
SomaY	5,52	5,19	5,46	5,55	5,54	5,33	5,40	5,46
SomaX	1,75	0,12	1,92	1,90	1,89	2,06	1,86	1,63
FeO/MgO	0,93	1,20	1,08	1,08	1,13	1,63	1,30	0,95

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG										
Amostra	G017									
Localidade				CE	ENTRAL					
Campo	CA	MPO 4.6	.1		CAMP	O 4.8.1		CAMP	O 6.2.1	
Análise	1	2	3	1	2	3	4	2	3	
SiO ₂	40,06	40,80	39,99	40,76	38,65	39,28	38,88	38,71	36,59	
TiO ₂	6,14	5,58	6,39	5,80	6,09	5,42	5,59	5,87	7,14	
Al ₂ O ₃	16,36	16,62	16,68	18,48	16,79	17,61	16,22	19,77	15,92	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
FeO	11,58	10,60	11,64	13,85	14,41	12,56	12,50	14,24	16,52	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	15,71	16,58	15,23	12,13	12,02	13,85	14,15	10,03	11,07	
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K ₂ O	10,16	9,83	9,78	7,44	10,44	9,87	11,27	9,79	10,93	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	100,01	100,01	99,71	98,46	98,40	98,59	98,61	98,41	98,17	
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ctotal	100,01	100,01	99,71	98,46	98,40	98,59	98,61	98,41	98,17	
Si	1,33	1,36	1,33	1,36	1,29	1,31	1,29	1,29	1,22	
Ti	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,18	
Al	0,48	0,49	0,49	0,54	0,49	0,52	0,48	0,58	0,47	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,16	0,15	0,16	0,19	0,20	0,17	0,17	0,20	0,23	
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mg	0,39	0,41	0,38	0,30	0,30	0,34	0,35	0,25	0,27	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,11	0,10	0,10	0,08	0,11	0,10	0,12	0,10	0,12	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2,63	2,65	2,63	2,62	2,54	2,58	2,56	2,57	2,49	
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma-F+Cl	2,63	2,65	2,63	2,62	2,54	2,58	2,56	2,57	2,49	
22 Ox / S	8,37	8,30	8,38	8,40	8,65	8,51	8,61	8,57	8,85	
Si	5,58	5,64	5,58	5,70	5,57	5,56	5,57	5,52	5,39	
Al	2,69	2,71	2,74	3,05	2,85	2,94	2,74	3,32	2,76	
Ti	0,64	0,58	0,67	0,61	0,66	0,58	0,60	0,63	0,79	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Fet	1,35	1,22	1,36	1,62	1,74	1,49	1,50	1,70	2,03
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	3,26	3,42	3,17	2,53	2,58	2,93	3,02	2,13	2,43
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,81	1,73	1,74	1,33	1,92	1,78	2,06	1,78	2,05
Tot cat	15,33	15,30	15,25	14,83	15,31	15,28	15,49	15,08	15,46
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,71	0,74	0,70	0,61	0,60	0,66	0,67	0,56	0,54
Fe/Fe+Mg	0,29	0,26	0,30	0,39	0,40	0,34	0,33	0,44	0,46
Mg/Fe	2,42	2,79	2,33	1,56	1,49	1,97	2,02	1,26	1,20
AlIV	2,42	2,36	2,42	2,30	2,43	2,44	2,43	2,48	2,61
AlVI	0,27	0,34	0,32	0,75	0,42	0,50	0,31	0,84	0,15
SomaY	5,53	5,56	5,51	5,50	5,39	5,50	5,43	5,30	5,41
SomaX	1,81	1,73	1,74	1,33	1,92	1,78	2,06	1,78	2,05
FeO/MgO	0,74	0,64	0,76	1,14	1,20	0,91	0,88	1,42	1,49

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG									
Amostra	G017				G042				
Localidade				CENT	RAL				
Campo	CAMPO6.2.1	CAMI	PO 1.1	CAMPO 1.2	CAMPO 3.1	CAMPO 5.2	CAM	PO 5.3	
Análise	4	1	2	3	5	1	1	2	
SiO ₂	37,45	38,30	38,94	37,56	38,10	37,87	37,67	38,19	
TiO ₂	6,39	5,13	5,18	6,46	5,84	5,39	6,01	5,63	
Al ₂ O ₃	18,35	13,47	13,53	12,95	13,29	16,35	13,16	13,08	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
FeO	15,29	20,49	19,35	21,52	20,79	19,05	21,57	21,68	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	10,30	12,59	12,93	11,10	11,97	11,66	11,23	10,93	
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K ₂ O	10,52	10,02	10,07	10,41	10,01	9,67	10,37	10,49	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	98,30	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,01	100,00	
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ctotal	98,30	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,01	100,00	
Si	1,25	1,27	1,30	1,25	1,27	1,26	1,25	1,27	
Ti	0,16	0,13	0,13	0,16	0,15	0,13	0,15	0,14	
Al	0,54	0,40	0,40	0,38	0,39	0,48	0,39	0,38	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,21	0,29	0,27	0,30	0,29	0,27	0,30	0,30	
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mg	0,26	0,31	0,32	0,28	0,30	0,29	0,28	0,27	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2,53	2,50	2,52	2,48	2,50	2,53	2,48	2,48	
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma- F+Cl	2,53	2,50	2,52	2,48	2,50	2,53	2,48	2,48	
22 Ox / S	8,71	8,79	8,73	8,88	8,81	8,68	8,87	8,87	
Si	5,43	5,60	5,66	5,55	5,58	5,47	5,56	5,64	
Al	3,13	2,32	2,32	2,25	2,30	2,78	2,29	2,27	

Ti	0,70	0,56	0,57	0,72	0,64	0,59	0,67	0,62
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	1,85	2,51	2,35	2,66	2,55	2,30	2,66	2,68
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,23	2,75	2,80	2,44	2,62	2,51	2,47	2,40
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,94	1,87	1,87	1,96	1,87	1,78	1,95	1,97
Tot cat	15,28	15,61	15,55	15,59	15,56	15,44	15,60	15,59
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,55	0,52	0,54	0,48	0,51	0,52	0,48	0,47
Fe/Fe+Mg	0,45	0,48	0,46	0,52	0,49	0,48	0,52	0,53
Mg/Fe	1,20	1,10	1,19	0,92	1,03	1,09	0,93	0,90
AlIV	2,57	2,40	2,34	2,45	2,42	2,53	2,44	2,36
AlVI	0,56	-0,08	-0,03	-0,20	-0,12	0,26	-0,15	-0,09
SomaY	5,34	5,74	5,69	5,62	5,69	5,66	5,65	5,61
SomaX	1,94	1,87	1,87	1,96	1,87	1,78	1,95	1,97
FeO/MgO	1,48	1,63	1,50	1,94	1,74	1,63	1,92	1,98

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG											
Amostra	G046										
Localidade		CENTRAL									
Campo	CAM	PO 1.1	CAM	PO 1.2	CAM	PO 1.3	CAMPO 1.4				
Análise	1	2	3	4	1	2	1				
SiO ₂	42,02	40,42	45,81	39,47	40,48	40,17	40,86				
TiO ₂	2,26	5,06	4,21	9,80	2,61	2,79	1,14				
Al ₂ O ₃	23,70	19,93	21,62	20,02	19,09	18,25	20,34				
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
FeO	19,04	13,06	10,07	14,93	10,69	11,43	21,17				
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
MgO	6,84	12,17	9,36	8,67	15,63	15,28	9,89				
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K ₂ O	4,04	7,92	7,82	5,45	10,32	10,81	4,25				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Total	97,90	98,56	98,89	98,34	98,82	98,73	97,65				
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Ctotal	97,90	98,56	98,89	98,34	98,82	98,73	97,65				
Si	1,40	1,35	1,52	1,31	1,35	1,34	1,36				
Ti	0,06	0,13	0,11	0,25	0,07	0,07	0,03				
Al	0,70	0,59	0,64	0,59	0,56	0,54	0,60				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fe	0,26	0,18	0,14	0,21	0,15	0,16	0,29				
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Mg	0,17	0,30	0,23	0,22	0,39	0,38	0,25				
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,04	0,08	0,08	0,06	0,11	0,11	0,05				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
	2,63	2,63	2,72	2,63	2,62	2,60	2,57				
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Soma- F+Cl	2,63	2,63	2,72	2,63	2,62	2,60	2,57				
22 Ox / S	8,36	8,38	8,08	8,37	8,39	8,47	8,55				
Si	5,85	5,64	6,16	5,50	5,66	5,66	5,82				
Al	3,89	3,27	3,43	3,29	3,14	3,03	3,41				
Ti	0,24	0,53	0,43	1,03	0,27	0,30	0,12				

Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,22	1,52	1,13	1,74	1,25	1,35	2,52
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,42	2,53	1,88	1,80	3,26	3,21	2,10
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,72	1,41	1,34	0,97	1,84	1,94	0,77
Tot cat	14,33	14,90	14,37	14,32	15,42	15,50	14,74
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,39	0,62	0,62	0,51	0,72	0,70	0,45
Fe/Fe+Mg	0,61	0,38	0,38	0,49	0,28	0,30	0,55
Mg/Fe	0,64	1,66	1,66	1,04	2,61	2,38	0,83
AlIV	2,15	2,36	1,84	2,50	2,34	2,34	2,18
AlVI	1,74	0,91	1,59	0,78	0,80	0,70	1,23
SomaY	5,61	5,49	5,03	5,35	5,58	5,55	5,97
SomaX	0,72	1,41	1,34	0,97	1,84	1,94	0,77
FeO/MgO	2,78	1,07	1,08	1,72	0,68	0,75	2,14

Planilha	lha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG									
Amostra	G046 G018									
Localidade			(CENTRAL						
Campo	CAMI	PO 1.4	CAMPO 1.1	CAMPO 2.1		CAMI	PO 2.2			
Análise	2	3	3	8	1	2	6	10		
SiO ₂	41,22	37,92	42,32	37,91	38,90	42,29	39,25	43,85		
TiO ₂	2,51	0,69	0,00	0,00	5,21	0,00	0,00	0,00		
Al ₂ O ₃	20,41	20,77	18,38	19,14	14,89	18,41	18,27	20,04		
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
FeO	17,78	24,03	21,67	27,50	17,38	22,92	26,41	14,29		
MnO	0,00	0,00	0,27	0,46	0,46	0,00	0,40	0,87		
MgO	10,38	11,16	13,69	11,12	11,72	12,28	11,57	18,10		
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K ₂ O	5,75	2,36	1,26	0,82	9,51	1,55	1,17	1,26		
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	98,05	96,93	97,59	96,95	98,07	97,45	97,07	98,41		
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ctotal	98,05	96,93	97,59	96,95	98,07	97,45	97,07	98,41		
Si	1,37	1,26	1,41	1,26	1,29	1,41	1,31	1,46		
Ti	0,06	0,02	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00		
Al	0,60	0,61	0,54	0,56	0,44	0,54	0,54	0,59		
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe	0,25	0,33	0,30	0,38	0,24	0,32	0,37	0,20		
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01		
Mg	0,26	0,28	0,34	0,28	0,29	0,30	0,29	0,45		
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K	0,06	0,03	0,01	0,01	0,10	0,02	0,01	0,01		
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	2,60	2,53	2,61	2,50	2,50	2,59	2,52	2,72		
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Soma- F+Cl	2,60	2,53	2,61	2,50	2,50	2,59	2,52	2,72		
22 Ox / S	8,46	8,71	8,44	8,80	8,79	8,50	8,74	8,08		
Si	5,80	5,49	5,94	5,55	5,69	5,98	5,71	5,90		
Al	3,39	3,55	3,04	3,31	2,57	3,07	3,13	3,18		
Ti	0,27	0,08	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00		

Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,09	2,91	2,54	3,37	2,13	2,71	3,21	1,61
Mn	0,00	0,00	0,03	0,06	0,06	0,00	0,05	0,10
Mg	2,18	2,41	2,87	2,43	2,56	2,59	2,51	3,63
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,03	0,44	0,23	0,15	1,77	0,28	0,22	0,22
Tot cat	14,76	14,87	14,65	14,87	15,34	14,63	14,83	14,62
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,51	0,45	0,53	0,42	0,55	0,49	0,44	0,69
Fe/Fe+Mg	0,49	0,55	0,47	0,58	0,45	0,51	0,56	0,31
Mg/Fe	1,04	0,83	1,13	0,72	1,20	0,96	0,78	2,26
AlIV	2,20	2,51	2,06	2,45	2,31	2,02	2,29	2,10
AlVI	1,19	1,04	0,98	0,86	0,26	1,05	0,84	1,07
SomaY	5,72	6,44	6,42	6,72	5,57	6,35	6,61	6,41
SomaX	1,03	0,44	0,23	0,15	1,77	0,28	0,22	0,22
FeO/MgO	1,71	2,15	1,58	2,47	1,48	1,87	2,28	0,79
-								

Planilha de	Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG									
Amostra		G018 G041								
Localidade					CENT	ΓRAL				
Campo	C	AMPO 3	3.1		CAM	PO 1.1		C	AMPO 1	.2
Análise	3	4	5	1	2	3	4	1	2	5
SiO ₂	37,41	38,85	40,18	36,24	35,57	38,57	36,89	37,03	38,28	38,14
TiO ₂	4,62	4,87	0,00	5,33	5,66	4,40	5,47	5,60	5,15	4,90
Al_2O_3	15,85	16,81	19,67	18,76	17,49	22,07	18,84	18,04	18,22	18,49
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	19,85	17,23	25,93	16,95	19,48	16,01	17,04	17,01	16,18	15,94
MnO	0,49	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	11,24	12,53	9,81	10,65	9,39	8,99	9,88	10,23	10,44	11,07
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	8,33	7,24	1,52	10,19	10,25	8,17	10,00	10,20	9,93	9,69
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	97,79	98,08	97,11	98,12	97,84	98,21	98,12	98,11	98,20	98,23
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ctotal	97,79	98,08	97,11	98,12	97,84	98,21	98,12	98,11	98,20	98,23
Si	1,25	1,29	1,34	1,21	1,18	1,28	1,23	1,23	1,27	1,27
Ti	0,12	0,12	0,00	0,13	0,14	0,11	0,14	0,14	0,13	0,12
Al	0,47	0,49	0,58	0,55	0,51	0,65	0,55	0,53	0,54	0,54
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,28	0,24	0,36	0,24	0,27	0,22	0,24	0,24	0,23	0,22
Mn	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,28	0,31	0,24	0,26	0,23	0,22	0,25	0,25	0,26	0,27
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,09	0,08	0,02	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,48	2,55	2,54	2,50	2,45	2,58	2,51	2,50	2,53	2,54
F+C1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma-F+Cl	2,48	2,55	2,54	2,50	2,45	2,58	2,51	2,50	2,53	2,54
22 Ox / S	8,88	8,64	8,67	8,80	8,97	8,54	8,77	8,79	8,70	8,68
Si	5,53	5,59	5,80	5,31	5,31	5,48	5,39	5,42	5,54	5,51
Al	2,76	2,85	3,35	3,24	3,08	3,70	3,24	3,11	3,11	3,15
Ti	0,51	0,53	0,00	0,59	0,64	0,47	0,60	0,62	0,56	0,53
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fet	2,45	2,07	3,13	2,08	2,43	1,90	2,08	2,08	1,96	1,92		
Mn	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Mg	2,48	2,69	2,11	2,33	2,09	1,91	2,15	2,23	2,25	2,38		
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K	1,57	1,33	0,28	1,90	1,95	1,48	1,86	1,90	1,83	1,78		
Tot cat	15,36	15,12	14,67	15,44	15,49	14,94	15,32	15,36	15,26	15,28		
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Mg/Mg+Fe	0,50	0,56	0,40	0,53	0,46	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55		
Fe/Fe+Mg	0,50	0,44	0,60	0,47	0,54	0,50	0,49	0,48	0,47	0,45		
Mg/Fe	1,01	1,30	0,67	1,12	0,86	1,00	1,03	1,07	1,15	1,24		
AlIV	2,47	2,41	2,20	2,69	2,69	2,52	2,61	2,58	2,46	2,49		
AlVI	0,29	0,44	1,15	0,55	0,39	1,18	0,63	0,53	0,65	0,65		
SomaY	5,79	5,79	6,39	5,53	5,54	5,46	5,46	5,46	5,43	5,49		
SomaX	1,57	1,33	0,28	1,90	1,95	1,48	1,86	1,90	1,83	1,78		
FeO/MgO	1,77	1,37	2,64	1,59	2,07	1,78	1,72	1,66	1,55	1,44		
Planilha	Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG											
--------------------------------	--	---------	-------	-----------	-------	--------	-------	--------	--	--	--	--
Amostra	G041											
Localidade	CENTRAL											
Campo	С	AMPO 1.	.3	CAMPO 2.1	CAMI	PO 2.2	CAMI	PO 3.2				
Análise	1	2	3	1	4	5	1	2				
SiO ₂	37,83	36,86	38,40	37,95	37,46	37,28	37,29	35,53				
TiO ₂	5,17	5,32	4,90	5,65	5,53	5,12	5,78	5,05				
Al ₂ O ₃	17,82	17,57	17,93	18,01	18,02	18,09	18,21	20,06				
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
FeO	17,06	18,36	16,42	16,56	17,75	17,24	17,81	21,76				
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
MgO	10,26	9,52	10,93	9,96	9,68	10,32	9,03	6,66				
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K ₂ O	9,96	10,33	9,60	10,03	9,58	10,04	9,90	8,52				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Total	98,10	97,96	98,18	98,16	98,02	98,09	98,02	97,58				
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Ctotal	98,10	97,96	98,18	98,16	98,02	98,09	98,02	97,58				
Si	1,26	1,23	1,28	1,26	1,25	1,24	1,24	1,18				
Ti	0,13	0,13	0,12	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13				
Al	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,59				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fe	0,24	0,26	0,23	0,23	0,25	0,24	0,25	0,30				
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Mg	0,25	0,24	0,27	0,25	0,24	0,26	0,22	0,17				
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
	2,51	2,48	2,53	2,52	2,50	2,50	2,50	2,46				
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Soma- F+Cl	2,51	2,48	2,53	2,52	2,50	2,50	2,50	2,46				
22 Ox / S	8,76	8,88	8,70	8,73	8,78	8,79	8,80	8,95				
Si	5,52	5,45	5,56	5,52	5,48	5,45	5,46	5,29				
Al	3,06	3,06	3,06	3,09	3,10	3,12	3,14	3,52				
Ti	0,57	0,59	0,53	0,62	0,61	0,56	0,64	0,57				

Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,08	2,27	1,99	2,01	2,17	2,11	2,18	2,71
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,23	2,10	2,36	2,16	2,11	2,25	1,97	1,48
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,85	1,95	1,77	1,86	1,79	1,87	1,85	1,62
Tot cat	15,31	15,41	15,27	15,25	15,26	15,36	15,25	15,19
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,52	0,48	0,54	0,52	0,49	0,52	0,47	0,35
Fe/Fe+Mg	0,48	0,52	0,46	0,48	0,51	0,48	0,53	0,65
Mg/Fe	1,07	0,92	1,19	1,07	0,97	1,07	0,90	0,55
AlIV	2,48	2,55	2,44	2,48	2,52	2,55	2,54	2,71
AlVI	0,58	0,50	0,62	0,60	0,58	0,57	0,61	0,81
SomaY	5,46	5,46	5,49	5,39	5,47	5,49	5,40	5,57
SomaX	1,85	1,95	1,77	1,86	1,79	1,87	1,85	1,62
FeO/MgO	1,66	1,93	1,50	1,66	1,83	1,67	1,97	3,27

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG												
Amostra	imostra G041											
Localidade	CENTRAL											
Campo	CAM	PO 3.2	CAM	PO 4.1	(CAMPO 4.4	4					
Análise	4	5	3	4	1	2	3					
SiO ₂	37,66	37,36	38,08	36,48	37,39	37,21	37,73					
TiO ₂	5,70	5,18	5,36	5,77	5,69	5,79	5,18					
Al ₂ O ₃	18,19	18,62	18,17	17,52	17,92	18,11	19,21					
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
FeO	17,66	17,43	15,35	18,25	17,30	17,27	16,49					
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
MgO	8,75	9,52	11,17	9,57	9,83	9,53	10,05					
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
K ₂ O	10,08	9,94	10,15	10,37	9,95	10,17	9,51					
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Total	98,04	98,05	98,28	97,96	98,08	98,08	98,17					
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Ctotal	98,04	98,05	98,28	97,96	98,08	98,08	98,17					
Si	1,25	1,24	1,27	1,21	1,24	1,24	1,26					
Ti	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13					
Al	0,54	0,55	0,53	0,52	0,53	0,53	0,57					
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Fe	0,25	0,24	0,21	0,25	0,24	0,24	0,23					
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Mg	0,22	0,24	0,28	0,24	0,24	0,24	0,25					
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
K	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10					
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
	2,50	2,51	2,54	2,48	2,50	2,50	2,53					
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Soma- F+Cl	2,50	2,51	2,54	2,48	2,50	2,50	2,53					
22 Ox / S	8,79	8,78	8,68	8,89	8,78	8,80	8,69					
Si	5,51	5,46	5,50	5,40	5,47	5,45	5,46					
Al	3,14	3,21	3,09	3,05	3,09	3,12	3,28					

Ti	0,63	0,57	0,58	0,64	0,63	0,64	0,56
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,16	2,13	1,85	2,26	2,11	2,11	1,99
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,91	2,07	2,41	2,11	2,14	2,08	2,17
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,88	1,85	1,87	1,96	1,86	1,90	1,76
Tot cat	15,23	15,29	15,31	15,41	15,29	15,30	15,22
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,47	0,49	0,56	0,48	0,50	0,50	0,52
Fe/Fe+Mg	0,53	0,51	0,44	0,52	0,50	0,50	0,48
Mg/Fe	0,88	0,97	1,30	0,93	1,01	0,98	1,09
AlIV	2,49	2,54	2,50	2,60	2,53	2,55	2,54
AlVI	0,65	0,67	0,59	0,45	0,55	0,57	0,73
SomaY	5,35	5,44	5,44	5,46	5,44	5,40	5,46
SomaX	1,88	1,85	1,87	1,96	1,86	1,90	1,76
FeO/MgO	2,02	1,83	1,37	1,91	1,76	1,81	1,64

Planilha de composição química e fórmulas estruturais da biotita para as amostras da ZCG												
Amostra	Amostra G041											
Localidade	CENTRAL											
Campo		CAM	PO 5.2									
Análise	3	4	5	10								
SiO ₂	37,77	37,07	38,94	38,43								
TiO ₂	4,78	6,66	0,00	5,58								
Al ₂ O ₃	18,46	19,01	26,64	18,80								
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00								
FeO	17,28	17,24	19,04	17,00								
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00								
MgO	9,54	9,14	11,84	7,97								
CaO	0,00	0,00	0,33	0,00								
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00								
K ₂ O	10,25	8,96	1,10	10,33								
F	0,00	0,00	0,00	0,00								
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00								
Total	98,08	98,08	97,89	98,11								
O_F	0,00	0,00	0,00	0,00								
O_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00								
O_F_Cl	0,00	0,00	0,00	0,00								
Ctotal	98,08	98,08	97,89	98,11								
Si	1,26	1,23	1,30	1,28								
Ti	0,12	0,17	0,00	0,14								
Al	0,54	0,56	0,78	0,55								
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00								
Fe	0,24	0,24	0,26	0,24								
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00								
Mg	0,24	0,23	0,29	0,20								
Ca	0,00	0,00	0,01	0,00								
Na	0,00	0,00	0,00	0,00								
K	0,11	0,10	0,01	0,11								
F	0,00	0,00	0,00	0,00								
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00								
	2,51	2,52	2,66	2,52								
F+Cl	0,00	0,00	0,00	0,00								
Soma-F+Cl	2,51	2,52	2,66	2,52								
22 Ox / S	8,78	8,72	8,28	8,74								
Si	5,52	5,38	5,37	5,59								
Al	3,18	3,25	4,33	3,22								
Ti	0,53	0,73	0,00	0,61								
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00								

Fet	2,11	2,09	2,19	2,07
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,08	1,98	2,43	1,73
Ca	0,00	0,00	0,05	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,91	1,66	0,19	1,92
Tot cat	15,32	15,09	14,57	15,14
F	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg/Mg+Fe	0,50	0,49	0,53	0,46
Fe/Fe+Mg	0,50	0,51	0,47	0,54
Mg/Fe	0,98	0,94	1,11	0,84
AlIV	2,48	2,62	2,63	2,41
AlVI	0,70	0,64	1,70	0,82
SomeV		F 40	(22	5.02
Solita I	5,41	5,43	0,32	5,25
SomaX	5,41 1,91	5,43 1,66	0,24	5,25 1,92

APÊNDICE III

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de anfibólios para as amostras da ZCG (Deep et al. 1992).												
Amostra	G001											
Localidade	CENTRAL											
Campo	CAMPO 1.3 CAMPO 4.3											
Análise	1	2	3	4	8	9	2	5				
SiO ₂	46,15	46,47	46,64	45,97	46,11	47,71	45,31	44,13				
TiO ₂	0,82	0,61	0,50	0,97	1,40	1,20	1,43	1,17				
Al ₂ O ₃	10,08	10,32	10,23	8,70	9,74	9,29	10,05	8,81				
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
FeO	15,93	15,68	15,85	16,45	15,77	15,17	16,29	17,36				
MnO	0,77	0,67	0,77	0,85	0,61	0,74	0,31	1,19				
MgO	10,51	10,61	10,13	10,69	10,47	10,39	10,03	9,53				
CaO	13,00	12,93	13,13	13,56	13,13	12,77	13,07	14,30				
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K ₂ O	0,97	0,97	0,99	0,99	1,02	1,02	1,70	1,59				
Total	98,23	98,26	98,24	98,18	98,25	98,29	98,19	98,08				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Si	1,54	1,55	1,55	1,53	1,53	1,59	1,51	1,47				
Ti	0,02	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03				
Al	0,30	0,30	0,30	0,26	0,29	0,27	0,30	0,26				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fe	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,21	0,23	0,24				
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02				
Mg	0,26	0,26	0,25	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24				
Ca	0,23	0,23	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,25				
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02				
Soma	2,59	2,60	2,59	2,57	2,59	2,61	2,57	2,52				
23/Soma	8,88	8,85	8,87	8,95	8,88	8,81	8,95	9,11				
Si	6,82	6,85	6,88	6,85	6,82	7,00	6,75	6,69				
Al	1,76	1,79	1,78	1,53	1,70	1,61	1,76	1,57				
Ti	0,09	0,07	0,06	0,11	0,16	0,13	0,16	0,13				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fet	1,97	1,93	1,96	2,05	1,95	1,86	2,03	2,20				
Mn	0,10	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,04	0,15				
Mg	2,32	2,33	2,23	2,37	2,31	2,27	2,23	2,15				
Ca	2,06	2,04	2,08	2,16	2,08	2,01	2,09	2,32				
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,32	0,31				

soma	15,30	15,28	15,26	15,37	15,27	15,16	15,37	15,54
Si+Al	8,58	8,64	8,66	8,38	8,51	8,61	8,51	8,27
SeNaKCa	13,06	13,06	13,00	13,02	13,00	12,96	12,96	12,91
13/SeNaCaK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
Calculo feito								
como proposto								
no Droop 1987,								
(13/somaeNaKC)								
a)								
Fe ³⁺	0,19	0,19	0,00	0,07	0,01	-0,13	-0,13	-0,32
Si	6,80	6,82	6,88	6,84	6,82	7,02	6,77	6,74
Al	1,75	1,78	1,78	1,53	1,70	1,61	1,77	1,59
Ti	0,09	0,07	0,06	0,11	0,16	0,13	0,16	0,13
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	1,96	1,92	1,96	2,05	1,95	1,87	2,03	2,22
Mn	0,10	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,04	0,15
Mg	2,31	2,32	2,23	2,37	2,31	2,28	2,23	2,17
Ca	2,05	2,03	2,08	2,16	2,08	2,01	2,09	2,34
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,32	0,31
Soma	15,23	15,21	15,26	15,35	15,27	15,20	15,41	15,65
TSi	6,80	6,82	6,88	6,84	6,82	7,02	6,77	6,74
TAI	1,20	1,18	1,12	1,16	1,18	0,98	1,23	1,26
Sum_T	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
CAl	0,54	0,60	0,66	0,37	0,51	0,63	0,53	0,32
CCr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CFe ³	0,19	0,19	0,00	0,07	0,01	-0,13	-0,13	-0,32
CTi	0,09	0,07	0,06	0,11	0,16	0,13	0,16	0,13
CMg	2,31	2,32	2,23	2,37	2,31	2,28	2,23	2,17
CFe ²	1,77	1,73	1,95	1,98	1,94	2,00	2,16	2,54
CMn	0,10	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,04	0,15
Sum_C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
BCa	2,05	2,03	2,08	2,16	2,08	2,01	2,09	2,34
BNa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum_B	2,05	2,03	2,08	2,16	2,08	2,01	2,09	2,34
ANa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AK	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,32	0,31
Sum_A	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,32	0,31
Sum_cat	15,23	15,21	15,26	15,35	15,27	15,20	15,41	15,65
CCl								
CF								
ОН								
Sum_oxy	23	23	23	23	23	23	23	23

$Mg/Mg+Fe^{2+}$	0,57	0,57	0,53	0,54	0,54	0,53	0,51	0,46
Al total	1,75	1,78	1,78	1,53	1,70	1,61	1,77	1,59
TSi	6,80	6,82	6,88	6,84	6,82	7,02	6,77	6,74

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de anfibólios para as amostras da ZCG												
Amostra	G042											
Localidade	CENTRAL											
Campo		CAMP	O 1.1		C	AMPO 2	.4	CAMPO 3.1				
Análise	3	4	5	6	1	2	5	6				
SiO ₂	44,02	43,96	44,17	44,15	44,75	45,51	47,53	46,06				
TiO ₂	1,92	1,91	1,69	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00				
Al ₂ O ₃	11,17	10,98	11,06	10,99	11,92	11,99	11,29	12,78				
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
FeO	18,85	18,84	18,78	18,90	20,10	19,34	19,14	18,20				
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
MgO	10,00	9,82	10,03	9,89	9,79	9,72	10,94	10,05				
CaO	10,77	11,11	11,01	10,97	11,40	11,44	11,10	10,93				
Na ₂ O	1,59	1,63	1,59	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00				
K ₂ O	1,69	1,75	1,67	1,78	2,04	2,00	2,02	1,99				
Total	100,01	100,00	100,00	100,01	100,00	100,00	102,02	100,01				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Si	1,47	1,46	1,47	1,47	1,49	1,51	1,58	1,53				
Ti	0,05	0,05	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00				
Al	0,33	0,32	0,33	0,32	0,35	0,35	0,33	0,38				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fe	0,26	0,26	0,26	0,26	0,28	0,27	0,27	0,25				
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Mg	0,25	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24	0,27	0,25				
Ca	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19				
Na	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02				
Soma	2,59	2,58	2,59	2,58	2,59	2,60	2,67	2,63				
23/Soma	8,89	8,90	8,89	8,90	8,89	8,83	8,61	8,75				
Si	6,51	6,51	6,53	6,54	6,62	6,69	6,81	6,71				
Al	1,95	1,92	1,93	1,92	2,08	2,08	1,91	2,19				
Ti	0,21	0,21	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fet	2,33	2,33	2,32	2,34	2,49	2,38	2,29	2,22				
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Mg	2,21	2,17	2,21	2,18	2,16	2,13	2,34	2,18				
Ca	1,71	1,76	1,74	1,74	1,81	1,80	1,70	1,71				

Na	0,46	0,47	0,46	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
К	0,32	0,33	0,32	0,34	0,38	0,38	0,37	0,37
soma	15,69	15,71	15,70	15,72	15,53	15,46	15,42	15,38
Si+Al	8,46	8,43	8,46	8,46	8,70	8,77	8,72	8,90
SeNaKCa	13,21	13,15	13,18	13,17	13,34	13,28	13,35	13,30
13/SeNaCaK	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,97	0,98
Calculo feito como proposto no Droop 1987, como F=46(1- (13/somaeNaKCa)								
Fe ³⁺	0,72	0,52	0,64	0,59	1,18	0,97	1,20	1,05
Si	6,41	6,44	6,44	6,45	6,45	6,55	6,63	6,56
Al	1,92	1,90	1,90	1,89	2,02	2,03	1,86	2,14
Ti	0,21	0,21	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,29	2,31	2,29	2,31	2,42	2,33	2,23	2,17
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,17	2,14	2,18	2,16	2,10	2,09	2,28	2,13
Ca	1,68	1,74	1,72	1,72	1,76	1,76	1,66	1,67
Na	0,45	0,46	0,45	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,31	0,33	0,31	0,33	0,38	0,37	0,36	0,36
Soma	15,44	15,53	15,48	15,51	15,14	15,13	15,02	15,03
TSi	6,41	6,44	6,44	6,45	6,45	6,55	6,63	6,56
TAl	1,59	1,56	1,56	1,55	1,55	1,45	1,37	1,44
Sum_T	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
CAl	0,32	0,34	0,34	0,35	0,47	0,59	0,49	0,70
CCr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CFe ³	0,72	0,52	0,64	0,59	1,18	0,97	1,20	1,05
CTi	0,21	0,21	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
CMg	2,17	2,14	2,18	2,16	2,10	2,09	2,28	2,13
CFe ²	1,57	1,78	1,65	1,72	1,24	1,36	1,04	1,12
CMn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum_C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
BCa	1,68	1,74	1,72	1,72	1,76	1,76	1,66	1,67
BNa	0,45	0,46	0,45	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum_B	2,13	2,21	2,17	2,18	1,76	1,76	1,66	1,67
ANa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AK	0,31	0,33	0,31	0,33	0,38	0,37	0,36	0,36
Sum_A	0,31	0,33	0,31	0,33	0,38	0,37	0,36	0,36
Sum_cat	15,44	15,53	15,48	15,51	15,14	15,13	15,02	15,03
CCl								
CF								
ОН								

Sum_oxy	23	23	23	23	23	23	23	23
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,58	0,55	0,57	0,56	0,63	0,61	0,69	0,66
Al total	1,92	1,90	1,90	1,89	2,02	2,03	1,86	2,14
TSi	6,41	6,44	6,44	6,45	6,45	6,55	6,63	6,56

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de anfibólios para as amostras da ZCG										
Amostra				G042						
Localidade			(CENTRAI						
Campo	CAMPO 4.1 CAMPO 4.2									
Análise	1	2	3	4	1	2	3			
SiO ₂	44,08	44,03	43,97	44,70	43,41	41,68	44,04			
TiO ₂	2,20	2,15	2,25	1,97	2,21	2,05	1,95			
Al ₂ O ₃	10,68	11,18	10,85	11,12	11,71	10,46	11,05			
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
FeO	18,83	18,48	18,60	18,01	18,57	21,87	18,75			
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
MgO	9,91	9,98	9,90	10,31	9,65	8,91	9,77			
CaO	10,94	10,79	11,05	10,58	10,98	11,72	11,05			
Na ₂ O	1,80	1,71	1,70	1,71	1,62	1,44	1,71			
K_2O	1,56	1,68	1,68	1,62	1,86	1,87	1,68			
Total	100,00 100,00 100,00 100,02 1			100,01	100,00	100,00				
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Si	1,47	1,47	1,46	1,49	1,45	1,39	1,47			
Ti	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05			
Al	0,31	0,33	0,32	0,33	0,34	0,31	0,33			
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Fe	0,26	0,26	0,26	0,25	0,26	0,30	0,26			
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Mg	0,25	0,25	0,25	0,26	0,24	0,22	0,24			
Ca	0,20	0,19	0,20	0,19	0,20	0,21	0,20			
Na	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03			
К	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			
Soma	2,59	2,59	2,59	2,60	2,58	2,52	2,59			
23/Soma	8,90	8,88	8,89	8,83	8,90	9,11	8,89			
Si	6,53	6,51	6,51	6,57	6,43	6,32	6,52			
Al	1,86	1,95	1,89	1,93	2,04	1,87	1,93			
Ti	0,25	0,24	0,25	0,22	0,25	0,23	0,22			
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

Fet	2,33	2,28	2,30	2,21	2,30	2,77	2,32
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,19	2,20	2,18	2,26	2,13	2,01	2,16
Ca	1,74	1,71	1,75	1,67	1,74	1,90	1,75
Na	0,52	0,49	0,49	0,49	0,47	0,42	0,49
К	0,29	0,32	0,32	0,30	0,35	0,36	0,32
soma	15,70	15,69	15,70	15,64	15,71	15,90	15,70
Si+Al	8,39	8,45	8,40	8,50	8,47	8,19	8,45
SeNaKCa	13,15	13,17	13,14	13,19	13,15	13,21	13,14
13/SeNaCaK	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
Calculo feito como proposto no Droop 1987, como F=46(1-(13/somaeNaKCa)							
Fe ³⁺	0,54	0,60	0,49	0,65	0,53	0,74	0,50
Si	6,45	6,42	6,44	6,48	6,36	6,22	6,45
Al	1,84	1,92	1,87	1,90	2,02	1,84	1,91
Ti	0,24	0,24	0,25	0,21	0,24	0,23	0,21
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,30	2,25	2,28	2,18	2,27	2,73	2,30
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	2,16	2,17	2,16	2,23	2,11	1,98	2,13
Ca	1,72	1,69	1,73	1,64	1,72	1,87	1,73
Na	0,51	0,48	0,48	0,48	0,46	0,42	0,49
K	0,29	0,31	0,31	0,30	0,35	0,36	0,31
Soma	15,52	15,48	15,53	15,42	15,53	15,65	15,53
TSi	6,45	6,42	6,44	6,48	6,36	6,22	6,45
TAI	1,55	1,58	1,56	1,52	1,64	1,78	1,55
Sum_T	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
CAl	0,29	0,34	0,31	0,38	0,38	0,06	0,36
CCr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CFe ³	0,54	0,60	0,49	0,65	0,53	0,74	0,50
CTi	0,24	0,24	0,25	0,21	0,24	0,23	0,21
CMg	2,16	2,17	2,16	2,23	2,11	1,98	2,13
CFe ²	1,76	1,65	1,79	1,53	1,74	1,99	1,80
CMn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum_C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
BCa	1,72	1,69	1,73	1,64	1,72	1,87	1,73
BNa	0,51	0,48	0,48	0,48	0,46	0,42	0,49
Sum_B	2,23	2,17	2,22	2,12	2,18	2,29	2,22
ANa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AK	0,29	0,31	0,31	0,30	0,35	0,36	0,31
Sum_A	0,29	0,31	0,31	0,30	0,35	0,36	0,31
Sum_cat	15,52	15,48	15,53	15,42	15,53	15,65	15,53
CCl							

CF							
ОН							
Sum_oxy	23	23	23	23	23	23	23
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,55	0,57	0,55	0,59	0,55	0,50	0,54
Al total	1,84	1,92	1,87	1,90	2,02	1,84	1,91
TSi	6,45	6,42	6,44	6,48	6,36	6,22	6,45

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de anfibólios para as amostras da ZCG									
Amostra		G04	2		G018				
Localidade				CENTRAL					
Campo	CAMI	PO 4.2	CAMPO 5.2	CAMPO 1.1	CAMPO2.1	CAMPO 2.2			
Análise	4	5	2	2	7	9			
SiO ₂	43,91	43,78	45,75	44,48	47,02	45,16			
TiO ₂	1,82	1,96	0,00	2,31	2,19	2,42			
Al ₂ O ₃	11,40	11,13	12,06	10,23	7,89	9,80			
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
FeO	18,59	18,79	19,13	18,14	17,73	17,39			
MnO	0,00	0,00	0,00	0,94	1,05	0,98			
MgO	9,86	9,91	10,07	7,93	8,81	7,95			
CaO	11,07	11,10	11,11	12,70	12,40	12,89			
Na ₂ O	1,54	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00			
K ₂ O	1,82	1,83	1,88	1,26	0,95	1,47			
Total	100,01	100,01	100,00	97,99	98,04	98,06			
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Si	1,46	1,46	1,52	1,48	1,57	1,50			
Ti	0,05	0,05	0,00	0,06	0,05	0,06			
Al	0,34	0,33	0,35	0,30	0,23	0,29			
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Fe	0,26	0,26	0,27	0,25	0,25	0,24			
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01			
Mg	0,24	0,25	0,25	0,20	0,22	0,20			
Ca	0,20	0,20	0,20	0,23	0,22	0,23			
Na	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00			
K	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02			
Soma	2,59	2,58	2,61	2,54	2,56	2,55			
23/Soma	8,89	8,90	8,81	9,05	8,97	9,02			
Si	6,50	6,49	6,71	6,70	7,02	6,78			
Al	1,99	1,94	2,08	1,82	1,39	1,73			
Ti	0,20	0,22	0,00	0,26	0,25	0,27			
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

Fet	2,30	2,33	2,34	2,28	2,21	2,18
Mn	0,00	0,00	0,00	0,12	0,13	0,12
Mg	2,17	2,19	2,20	1,78	1,96	1,78
Ca	1,75	1,76	1,74	2,05	1,98	2,07
Na	0,44	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
К	0,34	0,35	0,35	0,24	0,18	0,28
soma	15,70	15,71	15,43	15,25	15,13	15,22
Si+Al	8,48	8,43	8,79	8,51	8,41	8,51
SeNaKCa	13,16	13,17	13,33	12,96	12,96	12,87
13/SeNaCaK	0,99	0,99	0,98	1,00	1,00	1,01
Calculo feito como proposto no Droop 1987, como F=46(1- (13/somaeNaKCa)						
Fe ³⁺	0,56	0,59	1,15	-0,14	-0,13	-0,47
Si	6,42	6,41	6,54	6,72	7,04	6,85
Al	1,96	1,92	2,03	1,82	1,39	1,75
Ti	0,20	0,22	0,00	0,26	0,25	0,28
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	2,27	2,30	2,29	2,29	2,22	2,20
Mn	0,00	0,00	0,00	0,12	0,13	0,13
Mg	2,15	2,16	2,15	1,79	1,97	1,80
Ca	1,73	1,74	1,70	2,06	1,99	2,09
Na	0,44	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,34	0,34	0,34	0,24	0,18	0,28
Soma	15,51	15,51	15,04	15,30	15,17	15,38
TSi	6,42	6,41	6,54	6,72	7,04	6,85
TAI	1,58	1,59	1,46	1,28	0,96	1,15
Sum_T	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
CAl	0,38	0,32	0,57	0,54	0,43	0,60
CCr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CFe ³	0,56	0,59	1,15	-0,14	-0,13	-0,47
CTi	0,20	0,22	0,00	0,26	0,25	0,28
CMg	2,15	2,16	2,15	1,79	1,97	1,80
CFe ²	1,71	1,71	1,14	2,43	2,35	2,67
CMn	0,00	0,00	0,00	0,12	0,13	0,13
Sum_C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
BCa	1,73	1,74	1,70	2,06	1,99	2,09
BNa	0,44	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum_B	2,17	2,17	1,70	2,06	1,99	2,09
ANa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AK	0,34	0,34	0,34	0,24	0,18	0,28
Sum_A	0,34	0,34	0,34	0,24	0,18	0,28
Sum_cat	15,51	15,51	15,04	15,30	15,17	15,38

CCl						
CF						
OH						
Sum_oxy	23	23	23	23	23	23
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,56	0,56	0,65	0,42	0,46	0,40
Al total	1,96	1,92	2,03	1,82	1,39	1,75
TSi	6,42	6,41	6,54	6,72	7,04	6,85

Planilha de composição químic	ca e fórmulas estruturais de anfi	bólios para as amostras da ZCG						
Amostra	G018							
Localidade	CENTRAL							
Campo	CAMPO 3.1							
Análise	1	2						
SiO ₂	43,36	43,84						
TiO ₂	2,31	2,13						
Al ₂ O ₃	10,02	10,17						
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00						
FeO	18,92	18,25						
MnO	1,01	0,95						
MgO	7,44	7,83						
CaO	13,33	13,25						
Na ₂ O	0,00	0,00						
K ₂ O	1,51	1,55						
Total	97,90	97,97						
F	0,00	0,00						
Cl	0,00	0,00						
Si	1,44	1,46						
Ti	0,06	0,05						
Al	0,29	0,30						
Cr	0,00	0,00						
Fe	0,26	0,25						
Mn	0,01	0,01						
Mg	0,18	0,19						
Ca	0,24	0,24						
Na	0,00	0,00						
K	0,02	0,02						
Soma	2,51	2,53						
23/Soma	9,16	9,10						
Si	6,61	6,64						
Al	1,80	1,82						
Ti	0,26	0,24						

Cr	0,00	0,00
Fet	2,41	2,31
Mn	0,13	0,12
Mg	1,69	1,77
Ca	2,18	2,15
Na	0,00	0,00
K	0,29	0,30
soma	15,37	15,36
Si+Al	8,41	8,46
SeNaKCa	12,90	12,91
13/SeNaCaK	1,01	1,01
Calculo feito como proposto no Droop 1987, como F=46(1- (13/somaeNaKCa)		
Fe ³⁺	-0,34	-0,34
Si	6,66	6,69
Al	1,81	1,83
Ti	0,27	0,24
Cr	0,00	0,00
Fet	2,43	2,33
Mn	0,13	0,12
Mg	1,70	1,78
Ca	2,19	2,17
Na	0,00	0,00
K	0,30	0,30
Soma	15,49	15,47
TSi	6,66	6,69
TAI	1,34	1,31
Sum_T	8,00	8,00
CAl	0,47	0,52
CCr	0,00	0,00
CFe ³	-0,34	-0,34
CTi	0,27	0,24
CMg	1,70	1,78
CFe ²	2,77	2,67
CMn	0,13	0,12
Sum_C	5,00	5,00
BCa	2,19	2,17
BNa	0,00	0,00
Sum_B	2,19	2,17
ANa	0,00	0,00
AK	0,30	0,30
Sum_A	0,30	0,30

Sum_cat	15,49	15,47
CCl		
CF		
ОН		
Sum_oxy	23	23
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,38	0,40
Al total	1,81	1,83
TSi	6,66	6,69

APÊNDICE IV

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de granada para as amostras da ZCG (Deep et al. 1992).								
Amostra	G017							
Localidade	CENTRAL							
Campo	CAMPO 2.1 CAMPO 2.2							CAMPO 2.2
Análise	2	3	4	5	6	7	2	3
SiO ₂	36,23	36,45	38,45	36,93	37,10	36,90	34,45	37,35
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,79	18,70	19,83	19,19	19,32	18,92	17,74	19,18
FeO	34,44	33,90	30,43	33,02	32,52	33,32	36,92	32,01
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,98	1,10	1,02	1,15	1,12	1,10	1,47	1,01
MgO	8,13	8,34	8,96	8,32	8,02	8,45	7,79	8,55
CaO	1,43	1,50	1,32	1,40	1,92	1,32	1,64	1,90
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	99,99	100,01	100,01	100,00	100,01	100,01	100,00
Si	1,21	1,21	1,28	1,23	1,24	1,23	1,15	1,24
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,55	0,55	0,58	0,56	0,57	0,56	0,52	0,56
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
Fe	0,48	0,47	0,42	0,46	0,45	0,46	0,51	0,45
Mn	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Mg	0,20	0,21	0,22	0,21	0,20	0,21	0,19	0,21
Ca	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	2,48	2,48	2,55	2,50	2,51	2,50	2,95	2,51
24/Soma	9,68	9,66	9,42	9,60	9,58	9,61	8,14	9,55
essa soma eu fiz sem somar F e Cl, e o 6/soma idem sem F e Cl								
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e Fe total como Fe ²								
Si	5,84	5,86	6,03	5,90	5,92	5,90	4,67	5,94
Al	3,57	3,54	3,66	3,61	3,63	3,57	2,83	3,59
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83	0,00

Fet	4.64	4.56	3.99	4.41	4.34	4.46	4.18	4.25
Mn	0,13	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15	0,17	0,14
Mg	1.95	2.00	2.09	1.98	1.91	2.01	1.57	2.03
Ca	0,25	0,26	0,22	0,24	0.33	0.23	0,24	0,32
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tot cat	16,38	16.37	16,14	16.30	16,27	16.31	16,50	16.27
					,			,
Mg/(Mg+Fet)	0.30	0.30	0.34	0.31	0.31	0.31	0.27	0.32
	-,	-,	-,				-,	-,
AlIV	0.16	0.14	-0.03	0.10	0.08	0.10	1.33	0.06
A 13/1	2 41	2.40	2 (0	2.51	2 5 5	2 47	1,50	2,52
AIVI	3,41	3,40	3,69	3,51	3,33	3,47	1,50	3,53
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o F e^{3+} segundo o Droop, 1987 F e^{3} = 48*(1- (16/Soma))								
16/Soma	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98
Fe ³⁺	1,11	1,08	0,41	0,87	0,79	0,93	1,45	0,79
Fe ³⁺	1,11	1,08	0,41	0,87	0,79	0,93	1,45	0,79
Fe ²⁺	3,42	3,38	3,55	3,46	3,47	3,44	2,61	3,39
Si	5,70	5,73	5,98	5,79	5,82	5,79	4,53	5,84
Al	3,49	3,46	3,63	3,55	3,57	3,50	2,75	3,53
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75	0,00
Fe ³⁺	1,11	1,08	0,41	0,87	0,79	0,93	1,45	0,79
Fe ²⁺	3,42	3,38	3,55	3,46	3,47	3,44	2,61	3,39
Mn	0,13	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15	0,16	0,13
Mg	1,91	1,95	2,08	1,95	1,88	1,98	1,53	1,99
Ca	0,24	0,25	0,22	0,24	0,32	0,22	0,23	0,32
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Para tabela								
Si	5,70	5,73	5,98	5,79	5,82	5,79	4,53	5,84
AlIV	0,30	0,27	0,02	0,21	0,18	0,21	1,47	0,16
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
AlVI	3,19	3,19	3,61	3,34	3,39	3,29	1,27	3,37
Fe ³⁺	1,11	1,08	0,41	0,87	0,79	0,93	1,45	0,79
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75	0,00

Soma	4,30	4,27	4,02	4,21	4,18	4,21	5,47	4,16
Mg	1,91	1,95	2,08	1,95	1,88	1,98	1,53	1,99
Fe ²⁺	3,42	3,38	3,55	3,46	3,47	3,44	2,61	3,39
Mn	0,13	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15	0,16	0,13
Ca	0,24	0,25	0,22	0,24	0,32	0,22	0,23	0,32
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	5,70	5,73	5,98	5,79	5,82	5,79	4,53	5,84
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	60,03	58,92	59,33	59,71	59,67	59,50	57,57	58,13
Esp (Mn)	2,29	2,56	2,25	2,64	2,56	2,52	3,61	2,29
Pyr (Mg)	33,45	34,11	34,74	33,59	32,23	34,14	33,71	34,13
Gross (Ca)	4,23	4,41	3,68	4,06	5,54	3,83	5,10	5,45
Andr (Fe ³)	25,82	25,27	10,17	20,71	18,96	21,99	26,50	18,98
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,58	0,00
TOTAL	125,82	125,27	110,17	120,71	118,96	121,99	167,09	118,98

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de granada para as amostras da ZCG											
Amostra			C	G017							
Localidade			CEN	ITRAL							
Campo		CAME	PO 2.2			CAMPO	2.3				
Análise	4	5	6	8	2	3	4				
SiO ₂	36,76	35,49	36,54	36,25	36,19	36,80	36,55				
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Al ₂ O ₃	19,14	18,57	19,02	18,63	18,74	19,19	18,96				
FeO	33,15	35,36	33,56	34,20	34,03	33,43	33,31				
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
MnO	1,10	1,11	1,03	1,07	1,11	0,99	1,19				
MgO	8,27	8,03	8,07	8,37	8,09	8,54	8,34				
CaO	1,59	1,44	1,77	1,48	1,84	1,06	1,65				
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Total	100,01	100,00	99,99	100,00	100,00	100,01	100,00				
Si	1,22	1,18	1,22	1,21	1,20	1,23	1,22				
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Al	0,56	0,55	0,56	0,55	0,55	0,56	0,56				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fe	0,46	0,49	0,47	0,48	0,47	0,47	0,46				
Mn	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02				
Mg	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,21	0,21				
Ca	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03				
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Soma	2,50	2,46	2,49	2,48	2,48	2,50	2,49				
24/Soma	9,61	9,75	9,64	9,68	9,68	9,60	9,63				
essa soma eu fiz sem somar F e Cl, e o 6/soma idem sem F e Cl											
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e Fe total como Fe ²											
Si	5,88	5,76	5,86	5,84	5,83	5,88	5,86				
Al	3,61	3,55	3,60	3,54	3,56	3,61	3,58				
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Fet	4,43	4,80	4,50	4,61	4,59	4,47	4,47				

Mn	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,13	0,16
Mg	1,97	1,94	1,93	2,01	1,94	2,03	1,99
Ca	0,27	0,25	0,30	0,26	0,32	0,18	0,28
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tot cat	16,32	16,46	16,34	16,39	16,39	16,31	16,35
Mg/(Mg+Fet)	0,31	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31
AlIV	0,12	0,24	0,14	0,16	0,17	0,12	0,14
AlVI	3,49	3,31	3,46	3,38	3,39	3,49	3,44
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o F e^{3+} segundo o Droop, 1987 F $e^{3}=$ 48*(1-(16/Soma))							
16/Soma	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Fe ³⁺	0,93	1,35	0,99	1,15	1,14	0,92	1,02
Fe ³⁺	0,93	1,35	0,99	1,15	1,14	0,92	1,02
Fe ²⁺	3,42	3,32	3,42	3,35	3,34	3,46	3,35
Si	5,77	5,60	5,74	5,70	5,69	5,77	5,74
Al	3,54	3,45	3,52	3,45	3,47	3,54	3,51
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,93	1,35	0,99	1,15	1,14	0,92	1,02
Fe ²⁺	3,42	3,32	3,42	3,35	3,34	3,46	3,35
Mn	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,13	0,16
Mg	1,93	1,89	1,89	1,96	1,90	2,00	1,95
Ca	0,27	0,24	0,30	0,25	0,31	0,18	0,28
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
К	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Para tabela							
Si	5,77	5,60	5,74	5,70	5,69	5,77	5,74
AlIV	0,23	0,40	0,26	0,30	0,31	0,23	0,26
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
AlVI	3.30	3.05	3.26	3.15	3.17	3.31	3.24
Fe ³⁺	0.93	1.35	0.99	1.15	1.14	0.92	1.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma	4.23	4.40	4.26	4.30	4.31	4.23	4.26
Sonna	.,	.,	.,20	.,	.,	.,	.,_0

Mg	1,93	1,89	1,89	1,96	1,90	2,00	1,95
Fe ²⁺	3,42	3,32	3,42	3,35	3,34	3,46	3,35
Mn	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,13	0,16
Ca	0,27	0,24	0,30	0,25	0,31	0,18	0,28
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	5,77	5,60	5,74	5,70	5,69	5,77	5,74
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	59,29	59,27	59,50	58,70	58,63	60,04	58,39
Esp (Mn)	2,53	2,65	2,39	2,50	2,60	2,28	2,76
Pyr (Mg)	33,54	33,73	32,93	34,42	33,33	34,60	34,02
Gross (Ca)	4,63	4,35	5,19	4,37	5,45	3,09	4,84
Andr (Fe ³)	21,95	30,60	23,33	26,75	26,44	21,70	23,97
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	121,95	130,60	123,33	126,75	126,44	121,70	123,97

Planilha de co	omposiçã	o química	ı e fórmul	as estrutu	irais de gi	ranada pa	ra as amo	stras da Z	ΖCG
Amostra					G017				
Localidade				(CENTRA	Ĺ			
Campo	C	AMPO 2	.3		CAM	PO 2.4		CAMPO 4.1	
Análise	5	6	7	1	4	5	6	1	2
SiO ₂	37,05	36,66	36,96	36,19	36,90	36,31	36,02	37,06	38,50
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,15	18,84	18,79	18,65	19,04	18,80	19,54	18,46	20,44
FeO	34,46	33,44	32,31	34,09	33,25	34,08	34,43	34,13	29,55
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	1,13	1,05	0,97	0,97	0,99	1,11	0,91	1,03	0,91
MgO	7,95	7,94	7,19	7,82	8,20	8,10	7,94	7,40	9,00
CaO	1,26	2,07	3,79	2,27	1,61	1,60	1,16	1,91	1,61
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,01	99,99	99,99	100,00	100,00	99,99	100,01
Si	1,23	1,22	1,23	1,20	1,23	1,21	1,20	1,23	1,28
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,53	0,55	0,55	0,55	0,56	0,55	0,57	0,54	0,60
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,48	0,47	0,45	0,47	0,46	0,47	0,48	0,48	0,41
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	0,20	0,20	0,18	0,19	0,20	0,20	0,20	0,18	0,22
Ca	0,02	0,04	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	2,48	2,49	2,49	2,48	2,50	2,48	2,48	2,48	2,56
24/Soma	9,67	9,64	9,63	9,69	9,61	9,67	9,66	9,66	9,38
essa soma eu fiz									
sem somar F e									
Cl, e o 6/soma									
ARAIXO O									
CALCULO									
COM 24									
OXIGENIOS e									
Fe total como									
Fe ²									
Si	5,96	5,88	5,92	5,84	5,90	5,85	5,79	5,96	6,01
Al	3,44	3,56	3,55	3,55	3,59	3,57	3,70	3,50	3,76
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fet	4,64	4,49	4,33	4,60	4,45	4,59	4,63	4,59	3,86
Mn	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,12	0,14	0,12

Mg	1,91	1,90	1,72	1,88	1,96	1,94	1,90	1,77	2,09
Ca	0,22	0,36	0,65	0,39	0,28	0,28	0,20	0,33	0,27
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tot cat	16,32	16,33	16,30	16,39	16,30	16,37	16,35	16,29	16,11
Mg/(Mg+Fet)	0,29	0,30	0,28	0,29	0,31	0,30	0,29	0,28	0,35
AlIV	0,04	0,12	0,08	0,16	0,10	0,15	0,21	0,04	-0,01
AlVI	3,40	3,45	3,47	3,38	3,49	3,41	3,50	3,46	3,77
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o Fe ³⁺ segundo o Droop, 1987 Fe ³ = $48*(1-(16/Soma))$									
16/Soma	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
Fe ³⁺	0,93	0,98	0,89	1,14	0,89	1,09	1,04	0,86	0,33
Fe ³⁺	0,93	0,98	0,89	1,14	0,89	1,09	1,04	0,86	0,33
Fe^{2+}	3,61	3,41	3,36	3,35	3,47	3,40	3,49	3,65	3,50
Si	5,85	5,76	5,81	5,70	5,79	5,71	5,67	5,85	5,97
Al	3,37	3,49	3,48	3,46	3,52	3,49	3,62	3,44	3,73
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,93	0,98	0,89	1,14	0,89	1,09	1,04	0,86	0,33
Fe ²⁺	3,61	3,41	3,36	3,35	3,47	3,40	3,49	3,65	3,50
Mn	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,12	0,14	0,12
Mg	1,87	1,86	1,69	1,84	1,92	1,90	1,86	1,74	2,08
Ca	0,21	0,35	0,64	0,38	0,27	0,27	0,20	0,32	0,27
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Para tabela									
Si	5,85	5,76	5,81	5,70	5,79	5,71	5,67	5,85	5,97
AlIV	0,15	0,24	0,19	0,30	0,21	0,29	0,33	0,15	0,03
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
AlVI	3,22	3,25	3,30	3,16	3,31	3,20	3,29	3,29	3,70
Fe ³⁺	0,93	0,98	0,89	1,14	0,89	1,09	1,04	0,86	0,33
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	4,15	4,24	4,19	4,30	4,21	4,29	4,33	4,15	4,03
Mg	1,87	1,86	1,69	1,84	1,92	1,90	1,86	1,74	2,08

Fe ²⁺	3,61	3,41	3,36	3,35	3,47	3,40	3,49	3,65	3,50
Mn	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,12	0,14	0,12
Ca	0,21	0,35	0,64	0,38	0,27	0,27	0,20	0,32	0,27
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	5,85	5,76	5,81	5,70	5,79	5,71	5,67	5,85	5,97
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	61,78	59,24	57,79	58,80	59,92	59,43	61,55	62,36	58,67
Esp (Mn)	2,58	2,43	2,22	2,27	2,27	2,59	2,14	2,35	2,00
Pyr (Mg)	31,99	32,29	29,00	32,21	33,13	33,26	32,86	29,77	34,85
Gross (Ca)	3,64	6,05	10,99	6,72	4,67	4,72	3,45	5,52	4,48
Andr (Fe ³)	22,50	23,18	21,26	26,47	21,23	25,39	24,04	20,68	8,16
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	122,50	123,18	121,26	126,47	121,23	125,39	124,04	120,68	108,16

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de granada para as amostras da ZCG										
Amostra					G017					
Localidade				(CENTRA	L				
Campo		CAMI	PO 4.1			С	AMPO 4	.2		
Análise	3	4	5	6	1	2	3	4	5	
SiO ₂	35,92	36,38	36,74	33,52	36,91	33,88	26,69	36,73	37,53	
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	18,24	18,79	21,06	19,91	19,00	19,40	15,80	18,54	19,14	
FeO	35,11	33,87	32,87	36,74	33,49	37,05	45,43	34,38	32,43	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MnO	1,12	1,01	0,82	0,92	1,11	1,05	1,28	0,96	0,96	
MgO	7,95	7,90	6,87	7,18	8,35	7,25	6,49	8,28	8,82	
CaO	1,66	2,05	0,93	0,92	1,15	1,00	1,31	1,12	1,12	
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K ₂ O	0,00	0,00	0,70	0,81	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	
Total	100,00	100,00	99,99	100,00	100,01	100,01	97,00	100,01	100,00	
Si	1,20	1,21	1,22	1,12	1,23	1,13	0,89	1,22	1,25	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al	0,54	0,55	0,62	0,59	0,56	0,57	0,46	0,55	0,56	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe	0,49	0,47	0,46	0,51	0,47	0,52	0,63	0,48	0,45	
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	
Mg	0,20	0,20	0,17	0,18	0,21	0,18	0,16	0,21	0,22	
Ca	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Soma	2,46	2,48	2,51	2,43	2,50	2,43	2,19	2,49	2,52	
24/Soma	9,74	9,67	9,58	9,88	9,61	9,87	10,97	9,66	9,54	
essa soma eu fiz sem somar F e Cl, e o 6/soma idem sem F e Cl										
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e Fe total como Fe ²										
Si	5,82	5,85	5,86	5,51	5,90	5,57	4,87	5,90	5,96	
Al	3,49	3,56	3,96	3,86	3,58	3,76	3,40	3,51	3,58	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fet	4,76	4,56	4,38	5,05	4,48	5,09	6,94	4,62	4,31	

Mn	0,15	0,14	0,11	0,13	0,15	0,15	0,20	0,13	0,13
Mg	1,92	1,90	1,63	1,76	1,99	1,78	1,77	1,98	2,09
Ca	0,29	0,35	0,16	0,16	0,20	0,18	0,26	0,19	0,19
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,14	0,17	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Tot cat	16,43	16,36	16,24	16,64	16,30	16,59	17,43	16,34	16,25
Mg/(Mg+Fet)	0,29	0,29	0,27	0,26	0,31	0,26	0,20	0,30	0,33
AlIV	0,18	0,15	0,14	0,49	0,10	0,43	1,13	0,10	0,04
AlVI	3,31	3,42	3,81	3,37	3,49	3,32	2,27	3,41	3,54
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o Fe ³⁺ segundo o Droop, 1987 Fe ³ = $48*(1-(16/Soma))$									
16/Soma	0,97	0,98	0,99	0,96	0,98	0,96	0,92	0,98	0,98
Fe ³⁺	1,27	1,07	0,70	1,86	0,90	1,72	3,93	1,00	0,74
Fe ³⁺	1,27	1,07	0,70	1,86	0,90	1,72	3,93	1,00	0,74
Fe ²⁺	3,37	3,39	3,62	3,00	3,50	3,19	2,43	3,52	3,50
Si	5,67	5,72	5,77	5,30	5,79	5,37	4,47	5,78	5,87
Al	3,39	3,48	3,90	3,71	3,51	3,62	3,12	3,44	3,53
Tì	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	1,27	1,07	0,70	1,86	0,90	1,72	3,93	1,00	0,74
Fe ²⁺	3,37	3,39	3,62	3,00	3,50	3,19	2,43	3,52	3,50
Mn	0,15	0,13	0,11	0,12	0,15	0,14	0,18	0,13	0,13
Mg	1,87	1,85	1,61	1,69	1,95	1,71	1,62	1,94	2,06
Ca	0,28	0,35	0,16	0,16	0,19	0,17	0,24	0,19	0,19
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,14	0,16	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Para tabela									
Si	5,67	5,72	5,77	5,30	5,79	5,37	4,47	5,78	5,87
AlIV	0,33	0,28	0,23	0,70	0,21	0,63	1,53	0,22	0,13
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
AlVI	3,06	3,21	3,67	3,01	3,31	2,99	1,59	3,22	3,39
Fe ³⁺	1,27	1,07	0,70	1,86	0,90	1,72	3,93	1,00	0,74
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	4,33	4,28	4,37	4,86	4,21	4,71	5,53	4,22	4,13
Mg	1,87	1,85	1,61	1,69	1,95	1,71	1,62	1,94	2,06
Fe ²⁺	3,37	3,39	3,62	3,00	3,50	3,19	2,43	3,52	3,50
Mn	0,15	0,13	0,11	0,12	0,15	0,14	0,18	0,13	0,13
Ca	0,28	0,35	0,16	0,16	0,19	0,17	0,24	0,19	0,19
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,14	0,16	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Soma	5,67	5,72	5,63	5,14	5,79	5,29	4,47	5,78	5,87
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	59,41	59,24	65,86	60,36	60,39	61,20	54,43	60,91	59,60
Esp (Mn)	2,64	2,35	1,99	2,48	2,55	2,70	4,06	2,21	2,17
Pyr (Mg)	33,00	32,37	29,30	34,03	33,73	32,84	36,25	33,61	35,04
Gross (Ca)	4,95	6,04	2,85	3,13	3,34	3,26	5,26	3,27	3,20
Andr (Fe ³)	29,23	24,92	16,04	38,15	21,33	36,48	71,15	23,77	17,96
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	129,23	124,92	116,04	138,15	121,33	136,48	171,15	123,77	117,96

Planilha de co	omposiçã	o química	e fórmul	las estrutu	irais de gi	anada pa	ra as amo	stras da Z	ZCG
Amostra					G017				
Localidade				(CENTRA	Ĺ			
Campo	C	AMPO 4	.2			CAM	PO 4.3		
Análise	6	7	8	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	32,59	36,68	36,60	35,54	36,93	36,13	36,57	33,69	36,65
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,56	18,87	18,56	18,39	18,89	18,13	18,77	17,57	18,95
FeO	40,46	34,27	34,55	35,72	33,80	35,49	34,68	39,20	34,02
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	1,04	1,01	1,22	1,20	1,11	1,28	1,02	1,25	1,13
MgO	6,19	7,99	7,90	7,95	8,26	7,75	7,82	7,11	7,80
CaO	1,16	1,18	1,17	1,19	1,02	1,22	1,14	1,19	1,45
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	99,99	100,01	100,00	100,00	100,01	100,00
Si	1,08	1,22	1,22	1,18	1,23	1,20	1,22	1,12	1,22
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,55	0,56	0,55	0,54	0,56	0,53	0,55	0,52	0,56
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,56	0,48	0,48	0,50	0,47	0,49	0,48	0,55	0,47
Mn	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Mg	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,19
Ca	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	2,38	2,49	2,48	2,46	2,49	2,46	2,48	2,40	2,49
24/Soma	10,07	9,65	9,68	9,77	9,62	9,75	9,67	10,00	9,65
essa soma eu fiz									
sem somar F e									
Cl, e o 6/soma									
CALCULO									
COM 24									
OXIGENIOS e									
Fe total como Ee^2									
Si	5.46	5 89	5 90	5 78	5.91	5 86	5 89	5.61	5 89
Al	3 67	3 57	3 52	3 52	3 57	3 47	3 56	3 45	3 59
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fet	5,67	4,60	4,65	4,86	4,53	4,81	4,67	5,46	4,57

Mn	0,15	0,14	0,17	0,17	0,15	0,18	0,14	0,18	0,15
Mg	1,55	1,91	1,90	1,93	1,97	1,87	1,88	1,76	1,87
Ca	0,21	0,20	0,20	0,21	0,18	0,21	0,20	0,21	0,25
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tot cat	16,70	16,32	16,34	16,46	16,30	16,41	16,33	16,67	16,32
Mg/(Mg+Fet)	0,21	0,29	0,29	0,28	0,30	0,28	0,29	0,24	0,29
AlIV	0,54	0,11	0,10	0,22	0,09	0,14	0,11	0,39	0,11
AlVI	3,13	3,46	3,42	3,30	3,48	3,33	3,45	3,06	3,48
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o Fe ³⁺ segundo o Droop, 1987 Fe ³ = $48*(1-(16/Soma))$									
16/Soma	0,96	0.98	0,98	0.97	0,98	0,98	0,98	0.96	0,98
Fe ³⁺	2,02	0.95	1.00	1,34	0,89	1,19	0,97	1.92	0,94
Fe ³⁺	2,02	0,95	1,00	1,34	0,89	1,19	0,97	1,92	0,94
Fe ²⁺	3,41	3,57	3,55	3,38	3,55	3,51	3,60	3,32	3,55
Si	5,23	5,78	5,77	5,62	5,80	5,72	5,77	5,38	5,77
Al	3,51	3,50	3,45	3,43	3,50	3,38	3,49	3,31	3,52
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	2,02	0,95	1,00	1,34	0,89	1,19	0,97	1,92	0,94
Fe ²⁺	3,41	3,57	3,55	3,38	3,55	3,51	3,60	3,32	3,55
Mn	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,17	0,14	0,17	0,15
Mg	1,48	1,88	1,86	1,87	1,94	1,83	1,84	1,69	1,83
Ca	0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,21	0,19	0,20	0,24
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Para tabela									
Si	5,23	5,78	5,77	5,62	5,80	5,72	5,77	5,38	5,77
AlIV	0,77	0,22	0,23	0,38	0,20	0,28	0,23	0,62	0,23
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
AlVI	2,74	3,28	3,22	3,04	3,30	3,10	3,26	2,69	3,29
Fe ³⁺	2,02	0,95	1,00	1,34	0,89	1,19	0,97	1,92	0,94
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	4,77	4,22	4,23	4,38	4,20	4,28	4,23	4,62	4,23
Mg	1,48	1,88	1,86	1,87	1,94	1,83	1,84	1,69	1,83
Fe ²⁺	3,41	3,57	3,55	3,38	3,55	3,51	3,60	3,32	3,55
Mn	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,17	0,14	0,17	0,15
Ca	0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,21	0,19	0,20	0,24
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	5,23	5,78	5,77	5,62	5,80	5,72	5,77	5,38	5,77
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	65,17	61,75	61,57	60,20	61,15	61,40	62,42	61,61	61,42
Esp (Mn)	2,70	2,33	2,82	2,86	2,55	3,00	2,36	3,14	2,61
Pyr (Mg)	28,32	32,47	32,18	33,35	33,34	31,98	31,88	31,46	31,73
Gross (Ca)	3,81	3,45	3,42	3,59	2,96	3,62	3,34	3,78	4,24
Andr (Fe ³)	42,42	22,40	23,72	30,56	21,28	27,67	23,01	41,63	22,12
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	142,42	122,40	123,72	130,56	121,28	127,67	123,01	141,63	122,12

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de granada para as amostras da ZCG							
Amostra	G017 G041						
Localidade	CENTRAL						
Campo	CAMPO 2.2.1	CAMPO 4.1.1	CAMPO 4.3.1	CAMPO 1.1	CAMPO 1.3		
Análise	4	1	3	5	4		
SiO ₂	36,22	35,10	28,89	36,06	36,21		
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al ₂ O ₃	21,10	14,15	13,70	21,53	20,74		
FeO	29,83	42,54	48,95	31,19	32,14		
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MnO	0,77	1,07	1,12	1,44	1,34		
MgO	7,55	0,00	0,00	5,07	4,73		
CaO	1,22	2,41	1,91	1,26	1,27		
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	96,69	95,27	94,57	96,55	96,43		
Si	1,21	1,17	0,96	1,20	1,21		
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al	0,62	0,42	0,40	0,63	0,61		
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe	0,42	0,59	0,68	0,43	0,45		
Mn	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02		
Mg	0,19	0,00	0,00	0,13	0,12		
Ca	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02		
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Soma	2,46	2,23	2,10	2,44	2,42		
24/Soma	9,75	10,74	11,45	9,85	9,91		
essa soma eu fiz sem somar F e Cl, e o 6/soma idem sem F e Cl							
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e Fetotal como Fe ²							
Si	5,88	6,27	5,51	5,51 5,91			
Al	4,04	2,98	3,08	4,16	4,03		
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00 0,00			
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00 0,00			

Fet	4,05	6,36	7,80	4,28	4,43	
Mn	0,11	0,16	0,18	0,20	0,19	
Mg	1,83	0,00	0,00	1,24	1,16	
Ca	0,21	0,46	0,39	0,22	0,22	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tot cat	16,10	16,24	16,96	16,01	16,01	
Mg/(Mg+Fet)	0,31	0,00	0,00	0,22	0,21	
AlIV	0,12	-0,27	0,49	0,09	0,03	
AlVI	3,91	3,25	2,58	4,07	4,00	
ABAIXO O CALCULO COM 24 OXIGENIOS e o Fe ³⁺ segundo o Droop, 1987 Fe ³ = 48*(1-(16/Soma))						
16/Soma	0,99	0,99	0,94	1,00	1,00	
Fe ³⁺	0,31	0,70	2,70	0,02	0,03	
Fe ³⁺	0,31	0,70	2,70	0,02	0,03	
Fe ²⁺	3,71	5,57	4,66	4,25	4,39	
Si	5,84	6,18	5,20	5,91	5,97	
Al	4,01	2,94	2,90	4,16	4,03	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe ³⁺	0,31	0,70	2,70	0,02	0,03	
Fe ²⁺	3,71	5,57	4,66	4,25	4,39	
Mn	0,11	0,16	0,17	0,20	0,19	
Mg	1,81	0,00	0,00	1,24	1,16	
Ca	0,21	0,45	0,37	0,22	0,22	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
soma	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
Para tabela						
Si	5,84	6,18	5,20	5,91	5,97	
AlIV	0,16	-0,18	0,80	0,09	0,03	
SomaT	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
AlVI	3,85	3,12	2,10	4,07	4,00	
Fe ³⁺	0,31	0,70	2,70	0,02	0,03	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00 0,00		

Soma	4,16	3,82	4,80	4,09	4,03
Mg	1,81	0,00	0,00	1,24	1,16
Fe ²⁺	3,71	5,57	4,66	4,25	4,39
Mn	0,11	0,16	0,17	0,20	0,19
Ca	0,21	0,45	0,37	0,22	0,22
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	5,84	6,18	5,20	5,91	5,97
Total Cát.	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Alm (Fe ²)	63,52	90,06	89,63	71,91	73,63
Esp (Mn)	1,80	2,58	3,28	3,38	3,13
Pyr (Mg)	31,08	0,00	0,00	20,96	19,47
Gross (Ca)	3,61	7,36	7,08	3,74	3,76
Andr (Fe ³)	7,50	18,28	56,29	0,58	0,86
Gross (Cr)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	107,50	118,28	156,29	100,58	100,86

APÊNDICE V

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de piroxênio para as amostras da ZCG (gabbrosoft org-10/2022)								
Amostra	G(001	G018					
Localidade	CENTRAL							
Campo	CAMPO 3.1	CAMPO 4.2	CAMPO 1.1	CAMPO 2.1			CAMPO 2.2	
Análise	6	6	1	1	2	3	9	4
SiO ₂	44,30	55,82	51,57	52,87	52,14	51,41	52,47	51,72
TiO ₂	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	21,10	11,87	10,82	10,94	10,83	11,19	10,98	9,34
MnO	0,30	0,00	1,25	1,39	1,51	1,96	1,59	1,66
MgO	11,68	17,65	11,23	11,75	11,10	11,46	11,42	11,56
CaO	0,00	13,34	23,93	21,85	23,22	22,75	22,06	24,67
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	79,64	98,68	98,80	98,80	98,80	98,77	98,77	98,95
Mol Prop	0,74	0,93	0,86	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86
	0,01	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	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,29	0,17	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,13
	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
	0,29	0,44	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28	0,29
	0,00	0,24	0,43	0,39	0,41	0,41	0,39	0,44
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,47	1,86	1,72	1,76	1,74	1,71	1,75	1,72
At Prop O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,29	0,17	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,13
	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
	0,29	0,44	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28	0,29
	0,00	0,24	0,43	0,39	0,41	0,41	0,39	0,44
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	2,09	2,70	2,59	2,61	2,60	2,58	2,60	2,60
Neerier	3,32	4,18	3,86	3,96	3,91	3,85	3,93	3,88
No anions	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------------	------	-------	------	------	------	------	------	------
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,66	0,37	0,34	0,34	0,34	0,35	0,34	0,29
	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05
	0,65	0,99	0,63	0,66	0,62	0,64	0,64	0,65
	0,00	0,54	0,96	0,88	0,93	0,91	0,89	0,99
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	1,66	2,09	1,93	1,98	1,95	1,93	1,97	1,94
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,66	0,37	0,34	0,34	0,34	0,35	0,34	0,29
Mn	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05
Mg	0,65	0,99	0,63	0,66	0,62	0,64	0,64	0,65
Ca	0,00	0,54	0,96	0,88	0,93	0,91	0,89	0,99
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,08	3,99	3,90	3,90	3,89	3,89	3,89	3,92
Normalizad	-				-	-	-	
а								
Si	1,65	2,08	1,92	1,97	1,94	1,91	1,95	1,93
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,66	0,37	0,34	0,34	0,34	0,35	0,34	0,29
Mn	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05
Mg	0,65	0,98	0,62	0,65	0,62	0,64	0,63	0,64
Ca	0,00	0,53	0,95	0,87	0,93	0,91	0,88	0,98
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,06	3,96	3,87	3,88	3,87	3,87	3,87	3,89
Si	1,66	2,09	1,93	1,98	1,95	1,93	1,97	1,94
Al	0,00	-0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(iii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe(ii)	0,66	0,37	0,34	0,34	0,34	0,35	0,34	0,29
Mn	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05
Mg	0,65	0,99	0,63	0,66	0,62	0,64	0,64	0,65
Ca	0,00	0,54	0,96	0,88	0,93	0,91	0,89	0,99
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TOTAL	2,99	3,98	3,90	3,90	3,89	3,89	3,89	3,92
Fe(ii)	4,23	0,41	0,65	0,64	0,67	0,68	0,68	0,54
Fe(iii)	-3,57	-0,04	-0,31	-0,30	-0,33	-0,33	-0,33	-0,25
$\frac{\text{Fe}^2}{(\text{Fe}^2 + \text{Fe}^3)}$	6,43	1,12	1,92	1,89	1,98	1,95	1,98	1,84
Fe ³ /(Fe ³ +Fe ²)	-5,43	-0,12	-0,92	-0,89	-0,98	-0,95	-0,98	-0,84
Wo	0,00	35,20	59,02	55,60	58,25	56,53	56,26	58,64
En	49,48	52,14	31,93	34,22	32,01	32,60	33,30	32,62
Fs	50,52	19,54	19,16	20,05	19,87	20,90	20,48	17,35
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	100,00	106,88	110,12	109,8 7	110,1 4	110,0 2	110,0 4	108,62
Wo	0,00	28,32	48,90	45,73	48,12	46,50	46,22	50,03
En	49,48	52,14	31,93	34,22	32,01	32,60	33,30	32,62
Fs	50,52	19,54	19,16	20,05	19,87	20,90	20,48	17,35

Planilha de	Planilha de composição química e fórmulas estruturais de piroxênio para as amostras da ZCG										
Amostra				(G042						
Localidade				CEN	NTRAL						
Campo	CAMPO 1.2	CAM	PO 2.1		CAM	PO 2.2		CAMI	20 2.3		
Análise	2	1	2	1	2	4	5	2	4		
SiO ₂	53,30	51,44	51,82	49,89	51,71	50,73	51,50	51,70	53,13		
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al ₂ O ₃	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
FeO	11,95	33,24	33,34	33,19	32,77	33,84	32,97	32,56	25,51		
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MgO	12,01	15,32	14,84	14,67	15,52	15,42	15,53	15,75	17,37		
CaO	19,96	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00		
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TOTAL	98.66	100,0	100,0	100,0	100,0	99 99	100,0	100,0	100,0		
	,00	0	0	0	0	,,,,,	0	1	1		
	0,89	0,86	0,86	0,83	0,86	0,84	0,86	0,86	0,88		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Mol Prop	0,17	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,46	0,45	0,36		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,30	0,38	0,37	0,36	0,39	0,38	0,39	0,39	0,43		
	0,36	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07		
	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		
	1,77	1,71	1,73	1,66	1,72	1,69	1,71	1,72	1,77		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,04	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		
At Prop O	0,17	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,46	0,45	0,36		
_	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,30	0,38	0,37	0,36	0,39	0,38	0,39	0,39	0,43		
	0,36	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TOTAL	2,64	2,56	2,56	2,53	2,56	2,54	2,56	2,57	2,63		
	3,99	3,86	3,88	3,74	3,88	3,80	3,86	3,87	3,98		
No anions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,10	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		

	0,37	1,04	1,04	1,04	1,03	1,06	1,03	1,02	0,80
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,67	0,86	0,83	0,82	0,87	0,86	0,87	0,88	0,97
	0,80	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
	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
Si	2,00	1,93	1,94	1,87	1,94	1,90	1,93	1,94	1,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,37	1,04	1,04	1,04	1,03	1,06	1,03	1,02	0,80
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,67	0,86	0,83	0,82	0,87	0,86	0,87	0,88	0,97
Ca	0,80	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,91	3,83	3,82	3,82	3,83	3,82	3,83	3,84	3,92
Normalizada									
Si	1,98	1,92	1,93	1,86	1,93	1,89	1,92	1,92	1,98
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,37	1,03	1,04	1,03	1,02	1,05	1,03	1,01	0,79
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,67	0,85	0,82	0,81	0,86	0,86	0,86	0,87	0,96
Ca	0,80	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,88	3,80	3,79	3,79	3,81	3,80	3,81	3,81	3,90
Si	2,00	1,93	1,94	1,87	1,94	1,90	1,93	1,94	1,99
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(iii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,37	1,03	1,04	1,03	1,02	1,05	1,03	1,01	0,79
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,67	0,86	0,83	0,82	0,87	0,86	0,87	0,88	0,97
Ca	0,80	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
К	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,91	3,82	3,81	3,81	3,83	3,82	3,82	3,83	3,92
Fe(ii)	0,66	1,58	1,62	1,60	1,55	1,61	1,56	1,52	1,04

Fe(iii)	-0,28	-0,55	-0,58	-0,57	-0,53	-0,56	-0,53	-0,51	-0,24
$Fe^2/(Fe^2+Fe^3)$	1,76	1,53	1,56	1,55	1,52	1,53	1,52	1,50	1,30
$Fe^{3}/(Fe^{3}+Fe^{2})$	-0,76	-0,53	-0,56	-0,55	-0,52	-0,53	-0,52	-0,50	-0,30
Wo	54,43	0,00	0,00	9,93	0,00	0,00	0,00	0,00	14,20
En	36,38	45,27	44,40	42,17	45,94	44,98	45,81	46,47	50,40
Fs	20,18	54,73	55,60	53,18	54,06	55,02	54,19	53,53	41,25
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	110.98	100,0	100,0	105,2	100,0	100,0	100,0	100,0	105,8
	110,90	0	0	8	0	0	0	0	6
Wo	43,45	0,00	0,00	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	8,34
En	36,38	45,27	44,40	42,17	45,94	44,98	45,81	46,47	50,40
Fs	20,18	54,73	55,60	53,18	54,06	55,02	54,19	53,53	41,25

Planilha de d	composição d	química e	fórmulas	s estrutura	ais de pire	oxênio pa	ira as amo	ostras da Z	ZCG
Amostra					G042				
Localidade				CE	ENTRAL				
Campo	CAMPO 2.4	CAM	PO 3.1	CAM	PO 3.2		CAM	PO 5.2	
Análise	3	1	2	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	50,85	51,34	51,38	51,10	51,29	50,70	51,31	51,44	51,98
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	1,03	0,64	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	34,08	33,34	33,17	34,12	33,37	33,81	32,70	32,67	32,44
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	15,07	15,32	15,45	14,78	15,34	14,79	14,96	15,25	15,57
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,99
		0	0	0	0	0	0	0	
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.85	0.84	0.85	0.86	0.87
	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	0,01	0,01	0.01	0.00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,47	0,46	0,46	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45
Mol Prop	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	0,37	0,37	0,38	0,39
	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,69	1,71	1,71	1,70	1,71	1,69	1,71	1,71	1,73
	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	0,02	0,03	0,02	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,47	0,46	0,46	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45
At Prop O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	0,37	0,37	0,38	0,39
	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	2,54	2,55	2,56	2,54	2,55	2,55	2,56	2,56	2,57
	3,81	3,85	3,85	3,83	3,84	3,80	3,85	3,86	3,90
No opiono	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ino amons	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,04	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	1,07	1,04	1,04	1,07	1,05	1,06	1,02	1,02	1,02
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,84	0,86	0,86	0,83	0,86	0,83	0,84	0,85	0,87
	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	1,91	1,92	1,93	1,91	1,92	1,90	1,92	1,93	1,95
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	1,07	1,04	1,04	1,07	1,05	1,06	1,02	1,02	1,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,84	0,86	0,86	0,83	0,86	0,83	0,84	0,85	0,87
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,82	3,82	3,83	3,81	3,82	3,82	3,83	3,83	3,83
Normalizada									
Si	1,89	1,91	1,91	1,90	1,91	1,89	1,91	1,92	1,94
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	1,06	1,04	1,03	1,06	1,04	1,05	1,02	1,02	1,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,84	0,85	0,86	0,82	0,85	0,82	0,83	0,85	0,86
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,79	3,80	3,80	3,79	3,80	3,79	3,80	3,81	3,81
Si	1,91	1,92	1,93	1,91	1,92	1,90	1,92	1,93	1,95
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(iii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	1,06	1,04	1,03	1,06	1,04	1,05	1,02	1,02	1,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,84	0,86	0,86	0,83	0,86	0,83	0,84	0,85	0,87
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,81	3,82	3,82	3,80	3,82	3,81	3,82	3,82	3,83
Fe(ii)	1,64	1,59	1,57	1,66	1,59	1,63	1,56	1,54	1,53

Fe(iii)	-0,58	-0,55	-0,54	-0,60	-0,55	-0,58	-0,54	-0,53	-0,52
Fe ² /(Fe ² +Fe ³)	1,55	1,53	1,52	1,56	1,53	1,55	1,53	1,52	1,51
$Fe^{3}/(Fe^{3}+Fe^{2})$	-0,55	-0,53	-0,52	-0,56	-0,53	-0,55	-0,53	-0,52	-0,51
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
En	44,24	45,19	45,53	43,73	45,20	43,98	45,08	45,58	46,27
Fs	55,76	54,81	54,47	56,27	54,80	56,02	54,92	54,42	53,73
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	100.00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
En	44,24	45,19	45,53	43,73	45,20	43,98	45,08	45,58	46,27
Fs	55,76	54,81	54,47	56,27	54,80	56,02	54,92	54,42	53,73

APÊNDICE VI

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de feldspato alcalino para as amostras da ZCG (gabbrosoft.org-10/2022)											
Amostra	G()17		G046							
Localidade		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	CENTRAL	0010							
Campo	CAMPO 4.1.1	CAMPO 4.5.1	CAMPO 2.2.1	CAMPO 1.2	CAMPO 1.1						
Análise	4	2	3	1	8						
SiO ₂	63,90	64,00	62,20	63,85	64,66						
TiO ₂	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00						
Al ₂ O ₃	21,38	20,22	19,41	19,28	20,24						
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
Na ₂ O	0,00	0,00	0,78	1,24	0,00						
K ₂ O	14,73	15,79	16,67	15,64	15,10						
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
TOTAL	100,01	100,01	100,00	100,01	100,00						
	1,06	1,07	1,04	1,06	1,08						
	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00						
	0,21	0,20	0,19	0,19	0,20						
Mol Prop	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00						
	0,16	0,17	0,18	0,17	0,16						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	2,13	2,13	2,07	2,13	2,15						
	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00						
	0,63	0,59	0,57	0,57	0,60						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
At Prop O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00						
	0,16	0,17	0,18	0,17	0,16						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	2,91	2,89	2,85	2,88	2,91						
	23,65	23,69	23,02	23,63	23,93						
	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00						
No anions	7,00	6,62	6,35	6,31	6,62						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

	0,00	0,00	0,14	0,22	0,00
	1,74	1,86	1,97	1,85	1,78
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	11,83	11,85	11,51	11,82	11,97
Ti	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00
Al	4,66	4,41	4,23	4,21	4,41
Fe(ii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,28	0,44	0,00
K	3,48	3,73	3,94	3,69	3,56
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	19,97	19,98	20,09	20,16	19,95
An	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ab	0,00	0,00	6,64	10,75	0,00
Or	100,00	100,00	93,36	89,25	100,00

Planilha de composição química e fórmulas estruturais de feldspato alcalino para as amostras da ZCG									
Amostra		G018	3			G041			
Localidade			(CENTRAL					
Campo	CAMI	PO 2.3	CAMPO 2.4		CA	MPO 2.1			
Análise	4	6	2	2	3	4	6		
SiO ₂	64,48	64,01	62,88	64,21	64,07	64,53	63,87		
TiO ₂	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al ₂ O ₃	19,79	20,28	19,97	20,23	19,48	19,52	19,63		
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Na ₂ O	0,00	0,00	1,58	0,00	1,22	0,00	1,15		
K ₂ O	15,73	15,71	15,43	15,56	15,23	15,96	15,34		
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TOTAL	100,00	100,00	100,01	100,00	100,00	100,01	99,99		
	1,07	1,07	1,05	1,07	1,07	1,07	1,06		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Mol Prop	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02		
	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	2,15	2,13	2,09	2,14	2,13	2,15	2,13		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,58	0,60	0,59	0,60	0,57	0,57	0,58		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
At Prop O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02		
	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	2,90	2,89	2,87	2,90	2,89	2,89	2,89		
	23,87	23,69	23,28	23,77	23,72	23,89	23,64		
	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00		
	6,47	6,64	6,53	6,62	6,37	6,39	6,42		
No opiona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ino amons	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	0,00	0,00	0,28	0,00	0,22	0,00	0,21		
	1,86	1,85	1,82	1,84	1,80	1,88	1,81		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Si	11,93	11,85	11,64	11,88	11,86	11,94	11,82
Ti	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,32	4,42	4,36	4,41	4,25	4,26	4,28
Fe(ii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,57	0,00	0,44	0,00	0,41
K	3,71	3,71	3,64	3,67	3,60	3,77	3,62
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	19,96	19,98	20,22	19,97	20,14	19,97	20,14
An	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ab	0,00	0,00	13,47	0,00	10,85	0,00	10,23
Or	100,00	100,00	86,53	100,00	89,15	100,00	89,77

Planilha de	Planilha de composição química e fórmulas estruturais de feldspato alcalino para as amostras da ZCG						tras da	
Amostra				G	041			
Localidade				CEN	TRAL			
Campo	C.	AMPO 3	.1	CAMPO 4.2	CAMPO 4.4	C	CAMPO 5	.1
Análise	2	5	6	4	2	2	4	5
SiO ₂	63,83	64,31	63,91	63,76	64,45	64,13	63,78	63,57
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,23	0,21	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	19,60	19,19	19,54	19,35	19,84	19,88	20,36	20,04
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	1,43	1,27	1,69	1,40	0,00	0,00	0,00	1,34
K ₂ O	15,14	15,22	14,86	15,25	15,51	15,99	15,60	15,05
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	99,99	100,00	99,99	100,01	100,00	99,74	100,00
	1,06	1,07	1,06	1,06	1,07	1,07	1,06	1,06
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
Mol Prop	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
	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.16
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		- ,		- ,				
	2,12	2,14	2,13	2,12	2,15	2,13	2,12	2,12
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	0,58	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,60	0,59
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
At Prop O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,89	2,89	2,89	2,88	2,90	2,89	2,89	2,89
	23,63	23,81	23,66	23,60	23,86	23,74	23,61	23,53
	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00
	6,41	6,28	6,39	6,33	6,49	6,50	6,66	6,56
No opiono	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ino amons	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,26	0,23	0,30	0,25	0,00	0,00	0,00	0,24
	1,79	1,80	1,75	1,80	1,83	1,89	1,84	1,78
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Si	11,81	11,90	11,83	11,80	11,93	11,87	11,80	11,77
Ti	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Al	4,28	4,19	4,26	4,22	4,33	4,34	4,44	4,37
Fe(ii)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,51	0,46	0,61	0,50	0,00	0,00	0,00	0,48
K	3,57	3,59	3,51	3,60	3,66	3,78	3,68	3,55
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	20,18	20,14	20,21	20,16	19,95	19,98	19,93	20,17
An	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ab	12,55	11,25	14,74	12,24	0,00	0,00	0,00	11,92
Or	87,45	88,75	85,26	87,76	100,00	100,00	100,00	88,08

		Planilha de composição química dos opacos para as amostras da ZCG								
	CAN 1	ЛРО .1	CAMPO 2.4	CAMPO 5.1	CAMPO 1.3	CAMPO 2.1	CAMPO 3.1		CAMPO 3.2	CAMPO 4.2
	7	8	4	16	11	4	5	7	1	4
SiO ₂	0	0	0	0	0	0,98	8,33	11,31	9,34	0
TiO ₂	49,59	48,45	48,54	44,43	0	0	6,87	2,01	6,71	0
Al_2O_3	0	0	0	0	0	1,78	11,83	10,38	8,7	0
FeO	44,82	45,17	45,66	43	90	87,16	0	0	0	90
MnO	0,84	0,89	0	0	0	0	72,97	76,3	74,22	0
K ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	1,03	0
С	4,75	5,49	5,81	12,57	0	0	0	0	0	0
V_2O_5	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
Total	100	100	100,01	100	90	90,32	100	100	100	90
Classif.	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Hem/ Mag	Hem/ Mag	Pyl	Pyl	Pyl	Hem/ Mag

APÊNDICE VII

	G018				G042			G046			
	CAMPO 2.2	CAMPO 1.2	CAMPO 2.3	CAMPO 2.4	CAME	PO 1.1	CAMPO 2.4	CAMPO 5.1	(CAMPO 1	1
	5	3	7	5	7	8	4	16	4	5	9
SiO ₂	1,03	1,21	2,36	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,46	0,33
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	49,59	48,45	48,54	44,43	54,50	99,54	99,67
Al_2O_3	2,08	1,11	1,30	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	87,20	87,91	86,71	88,45	44,82	45,17	45,66	43,00	39,70	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	5,49	5,81	12,57	0,00	0,00	0,00
V_2O_5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	90,31	90,23	90,37	90,16	100,00	100,00	100,01	100,00	95,58	100,00	100,00
Classif.	Hem/ Mag	Hem/ Mag	Hem/ Mag	Hem/ Mag	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Rt	Rt

APÊNDICE VIII

		GRUPO I	
LÂMINAS	GRAUS METAMÓRFICOS	MICROESTRURAS	REFERÊNCIAS
G046	Pico em torno de 900°C, Retrometamorfismo por volta de 400°-700° C	O pico foi determinado pela presença de granadas deformando plasticamente, com porfiroclastos sigmoidais a <i>fishes</i> (>900°C), e porfiroblastos arredondados, além de chessboard em quartzo (>630°C) e <i>ribbons</i> policristalinos predominando (<i>stripped</i> <i>gnaisse</i>). O retrometamorfismo com stress presente evidenciado pela presença de microestruturas de grau médio em quartzos e feldspatos (extinção ondulante, porfiroclastos alongados, contato interlobado, núcleo manto, além da presença de 2 geração de biotitas, com uma secundária orientada advinda da granada, sericitização dos feldspatos (hidratação), fraturas). Os principais mecanismos observados são SGR e GBM.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G053	Picos em torno de 900° C com retrometamorfismo entre 500°-700° C, alcançando a Xisto Verde.	As granadas estão deformadas plasticamente, apresentando alongamento segundo a direção da foliação, o que indica o pico de 900 ° C, quartzos apresentando <i>ribbons</i> contínuos (menor quantidade) e <i>chessboard</i> (>630°C). Feldspatos com exsolução (pertita), extinção ondulante. porfiroclastos alongados, macla de deformação, apresenta contatos muito interlobados com o quartzo, ainda é evidenciado pela segunda geração de biotitas advinda das granadas, tais microestruturas mostram um grau geral de 500°C - 700°c, posterior ao pico. O retrometamorfismo na fácies xisto verde cloritização das biotitas, presença de sericita nos feldspatos e muscovita secundária. Presença de SGR e GBM.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G041	>700°C	As granadas apresentam contato interlobado, alguns grãos alongados e inclusões, podendo indicar que a temperatura chegou próxima aos 900°, porém a presença de uma matriz mais grosseira, quartzo em <i>ribbons</i> policristalinos grossos, grande quantidade de pórfiros, indicam que o pico não chegou a tais temperaturas. A presença de reações nos pórfiros de plagioclásio indica graus de médio a alto grau, já que há presença de ortoclásio advindo do plagioclásio (antipertita) com pertitas por cima.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994), Vlach (2002).

G028	>700°C	O quartzo apresenta <i>ribbons</i> policristalinos, com fishes de plagioclásio inclusos (indicando fácies granulitos). Os feldspatos aprecem fraturados, alongados, grãos lenticulares, com antipertita, estrutura núcleo-manto, indicando temperaturas maiores que 700°C°, fácies granulito (fish, antipertita). Há nessa lâmina indícios de cominuição, com fragmentos e material isotrópico na matriz e nas fraturas, aparentemente advindo da cominuição dos feldspatos, não é possível determinar se essa cominuição foi algo que ocorreu em baixo grau e perdurou até o alto grau, ou se houve um <i>strain hardening</i> , que culminou no episódio do fraturamento. Nessa lâmina aparentemente, as partes recristalizadas dos pórfiros e da matriz parecem englobar as porções fragmentadas, indicando que ocorreram depois dessas, assim como o <i>ribbon</i> englobando o <i>fish</i> de plagioclásio fraturado, e a antipertita crescendo sobre as fraturas, mostrando que a fragmentação parece ter vindo primeiro.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G017	>700°C	Há feldspatos com pórfiros muito alongados, maclas curvas, estruturas núcleo-manto, extinção ondulante, indício de reação, orientados, em forma de <i>fish</i> em <i>ribbons</i> de quartzo, alguns com arranjo poligonizados. A presença de porfiroblastos de granadas com inclusões, reações e <i>strain shadows</i> , além de um começo de rotação, pode indicar uma temperatura maior que começou anteriormente ao strain e se manteve constante (granada não apresenta zonamento) (Hartung, 2018). A presença sillimanita boudinada e outros aluminossilicatos, crescendo posterior às granadas, pode indicar um aumentos de temperatura após o crescimento dos porfiroblastos. As microestruturas indicam temperaturas maiores que 700°C, fácies granulitos.	Hartung, 2018, Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G016	Pico por volta dos 900°C.	Plagioclásio apresenta fraturas preenchidas por material isotrópico, extinção ondulante, bordas recristalizadas, algumas porções apresentam agregados poligonizados. A biotita se concentra em certas poções da lâmina, orientada e matriz nessa porções possui tamanhos menores e contatos retos (poderia indicar localização da deformação na fase mais dúctil?). O quartzo apresenta grãos alongados orientados, provavelmente, <i>ribbons</i> que foram recristalizados, com fishes de plagioclásios inclusos. Essas microestruturas indicam temperaturas maiores que 700°C (fácies granulito). O pico, porém, pode ter sido maior devido a presença de granadas alongadas, contatos interlobados, indicando deformação plástica, além disso há indícios de recuperação estática.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G040	>700°C	Os pórfiros apresentam exsoluções (pertita e antipertita), núcleo-manto, pórfiros alongados. Quartzo apresenta <i>ribbons</i> policristalinos, contatos intercristalino. Essas características indicam predomínio de SGR e GBM. Essas microestruturas indicam fácies granulito. A antipertita estão formato losangular, mostrando sentido destral.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G024	Pico 700° C Retrometamorfismo na fácies anfibolito	Os pórfiros de feldspatos apresentam-se alongados com bordas bastante interlobadas sendo esses orientados em duas direções, assim como a biotita. Alguns feldspatos ainda apresentam estrutura núcleo manto e fishes inclusos em grãos alongados de quartzo. Essas microestruturas indicam temperatura por volta de 700°C. A presença de carbonatização e sericitização dos feldspatos, com o piroxênio acessório alterando para hornblenda verde, pode indicar retrometamorfismo na fácies anfibolitos.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G052	400° a 700°C	Matriz fina, contatos mais poligonizados, parece ter sido recristalizado, o que condiz com a falta de <i>ribbons</i> de quartzo, e esses parecem estar recristalizados, com extinção ondulante e subgrãos. Os feldspatos apresentam-se também como pórfiros com estrutura do tipo núcleo manto, fraturas preenchidas, bordas recristalizadas. As microestruturas mostram temperaturas de médio a alto grau (400 a 700°C). Se houve picos maiores (que pode ter feito a recristalização da matriz), não ficou registrados nos outros grãos.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G057	>700°C com retrometamorfismo na fácies Xisto Verde	Feldspatos principais microestruturas: antipertita, extinção ondulante, núcleo- manto, mirmequita, pórfiros com bordas recristalizadas, às vezes parcialmente englobado por <i>ribbons</i> de quartzo, pórfiros alongados, fraturados. Já o quartzo apresenta chessboard, contatos ameboides, extinção ondulante, <i>ribbons</i> policristalino com contatos recristalizados (contatos retos). As microestruturas indicam temperatura da fácie granulito (>700°C). O retrometamorfismo na fácies xisto verde é indicado pela presença de biotitas cloritizando e feldspatos com sericitização.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G111	>700°C	Parece um <i>stripped gnaisse</i> . Há muitos <i>ribbons</i> de quartzo, há subgrãos, possui <i>fish</i> de plagioclásio inclusos nos <i>ribbons</i> . Não há muitos pórfiros, mas esses apresenta extinção ondulante e antipertita/reação. A matriz fina parece recristalizada. Essas microestruturas indicam temperaturas na fácies granulito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
		GRUPO II	
LÂMINAS	GRAUS METAMÓRFICOS	MICROESTRURAS	REFERÊNCIAS
G001	>700°C com retrometamorfismo na fácies Xisto Verde	Os feldspatos apresentam-se como pórfiros alongados, com fraturas preenchidas por material isotrópico, estrutura núcleo-manto (pórfiros quase completamente recristalizado), extinção ondulante. Há presença de cominuição, material e fragmentos presentes matriz, nas fraturas dos pórfiros e nos <i>fishes</i> inclusos no quartzo, indicando que a cominuição ocorreu antes do pico que formou os <i>fishes</i> . Porém nessa lâmina há predomínio do fragmento sem obliteração por GBM e SGR, podendo indicar <i>Strain Hardening</i> . Essas microestruturas indicam temperaturas nas fácies granulito(>700°C). Há hiperstênio quase todo sericitizando, alterando para hornblenda ver e biotita, e a hornblenda está alterando para biotita e Hbl verde azulada. Isso indica	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G004	>700°C, com retrometamorfismo em temperaturas baixas e com presença de água	Feldspato encontram-se como pórfiros com extinção ondulante, exsolução (antipertita), fraturas preenchidas, estrutura núcleo manto, alguns grãos alongados, contatos interlobados, fishes inclusos em <i>ribbons</i> policristalinos de quartzo. Essas microestruturas indicam temperatura na facies anfibolito (>700°C). Há sericitização e carbonatização dos feldspatos, indicando	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

		hidratação e possível retrometamorfismo em temperaturas mais baixas.	
G014	Pico por volta de 900°C, retrometamorfismo fácie anfibolito	Feldspatos com pórfiros alongados, extinção ondulante, contato interlobados, exsolução, maclas de deformação, estrutura núcleo- manto. Quartzo ocorre como <i>ribbons</i> policristalinos, extinção ondulante. A piroxênio alongados, fraturados, bordas recristalizada. Essas microestruturas indicam temperaturas alta, mas o pico não chegou a 1000°C, não há presença de fusão na matriz. Como os piroxênios estão alterando para hornblenda verde, isso pode indicar retrometamorfismo na fácies anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G010	Pico próximo a 1000°C, retrometamorfismo na fácie anfibolito	Feldspatos com estrutura núcleo-manto, pórfiros quase totalmente recristalizado, contatos quase poligonizados, pórfiros alongados, exsoluções, extinção ondulante, subgrãos. A matriz aparece fina e recristalizada. O quartzo forma <i>ribbons</i> policristalinos com fishes de plagioclásios inclusos, extinção ondulante. Essas microestruturas indicam temperaturas maiores. A presença de pórfiros de hiperstênio, lenticular, com borda recristalizada e cauda de recristalização, <i>ribbons</i> de piroxênio e possível fish. Isso indicam temperaturas por volta de 1000°C, porém não atingiu esse pico, não há indício de fusão na matriz, mas essa está recristalizada. Os piroxênio estão alterando para biotita e hornblenda verde, e dessa para hornblenda, indicando retrometamorfismo na fácie anfibolitos, além da sericitização dos feldspatos.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G149	Pico por volta de 700° C e retrometamorfismo por volta da fácies anfibolito.	Feldspatos apresentam extinção ondulante, núcleo-manto, fraturado, grãos alongados, exsolução (antipertita), pórfiros alongados. O quartzo está na matriz granulação média, <i>ribbons</i> e possui extinção ondulante. Os piroxênio estão alongados e fraturados alterando para Hbl verde e biotita. Essas microestruturas indicam pico por volta da fácies a granulito (>700°C) com retrometamorfismo na fácies anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G032	~900°	Feldspatos apresenta pórfiros raros com bordas recristalizados ou pórfiros totalmente recristalizados. O quartzo aparece com os feldspatos recristalizados com contato poligonizado indicando predomínio de GBAR (Grain Boundary Area Reduction), o que pode ter apagado microestruturas mais proeminentes. Os piroxênios parecem quase todos recristalizados, pequenos pórfiros alongado, possuem caudas de recristalização, alterando para hornblenda verde e para biotita formando a foliação. Essas microestruturas indicam temperaturas mais elevadas, com hiperstênio com deformação plástica, com matriz recristalizada, indicando que ainda havia stress durante o aumento de temperatura, porém no pico houve a recuperação estática (contatos poligonizados).	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G060	Pico por volta de 900°C, com retrometamorfismo na fácies anfibolito	Feldspatos possui grãos alongados, extinção ondulante, <i>fish</i> incluso em <i>ribbon</i> de quartzo. O quartzo forma <i>ribbons</i> , extinção ondulante, subgrãos, chessboard. Essas microestruturas indicam temperaturas nas fácies granulito (>700°C). Os piroxênio aparecem alongados, recristalizados, extinção ondulante, fraturas, indicando picos de maiores temperaturas (~1000°C) Há ainda o retrometamorfismo indicado pela alteração do piroxênio para hornblenda verde e para biotita, e a Hbl para biotita, indicando retrometamorfismo para fácies anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G058	>700°C com retrometamorfismo na fácies anfibolito e xisto verde	Feldspatos apresenta maclas de deformação, extinção, estrutura núcleo-manto, mirmequita, fishes inclusos em quartzo, pórfiros alongados, exsolução. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , subgrãos, bulges, extinção ondulante, possível chessboard. A presença de hornblenda verde alterando para biotita e piroxênio alteando para Hbl verde e biotita, além da cloritização da biotita e sericitização dos feldspatos, indicam que houve retrometamorfismo na fácies anfibolito e posteriormente a fácies Xisto Verde.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G033	>700°C	O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , extinção ondulante, <i>chessboard</i> (>650°), contatos interlobados a ameboides com os feldspatos, subgrãos, fraturas. E os feldspatos apresentam-se alongados, estrutura núcleo- manto, fraturas preenchidas, bordas recristalizadas, extinção ondulante, exsolução. Essas microestruturas indicam temperaturas por volta de 700°C. Porém a presença de hiperstênio alongados, recristalizados e fraturados revelam temperaturas um pouco maiores, sem chegar no pico de 1000°C. Há evidência de hidratação pela presença carbonatização dos plagioclásios e sericitização dos feldspatos e piroxênio.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G018	>700°C	Os feldspatos encontram-se alongados ou em formas lenticulares em grandes pórfiros, com extinção ondulante, subgrãos, núcleo-manto, bordas e/ou interior recristalizado, possível triclinização do ortoclásio, fraturas preenchidas por sericita; o quartzo ocorre como <i>ribbons</i> contínuos, com larguras variáveis, subgrãos, fishes de plagioclásios inclusos Há pórfiros de hiperstênio com cauda de recristalização, fraturas preenchidas por material avermelhado (limonitização),alongado, formato lenticular, alterando quase completamente para tschermakita ou Mg-Hbl e /ou biotita. Há hornblenda formando a foliação junto com a biotita e alterando para esta. Tais microestruturas indicam temperaturas mais altas maiores que 700°C (fácies granulitos), com retrometamorfismo hidratado na fácie anfibolito (hornblenda verde, feldspatos sericitizando).	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G043	>700°C	Pórfiros grandes de feldspatos sofrendo boudinagem, extinção ondulante, maclas curvas, estrutura núcleo manto, calda recristalização; quartzo apresenta <i>ribbons</i> policristalinos contínuos com extinção ondulante, podendo indicar recuperação por GBM, dando temperaturas por voltas 500- 700°C. Os piroxênios e anfibólios presentes nas lâminas encontram-se estirados, evidência de que houve uma evolução mais rápida do strain em relação ao aumento da temperatura, que provavelmente não chegou a atingir o pico de 1000°C (bordas serradas de piroxênios, parecem indicar baixa plasticidade dessas fases minerais e não há indícios de fusão na matriz). Esse estiramento é comprovado pelo fraturamento e boudinagem do feldspatos. Parece haver ainda duas direções de foliação, marcadas pela biotita e por alguns pórfiros, então identificou-se 3 foliações, o par SxC, grande maioria desse indicando sentido destral, com alguns no sentido sinistral, e a S1, o que podem indicar reativação local da zona.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G042	Pico de 900°C com retrometamorfismo em fácies granulito, posteriormente em fácies anfibolito	O pico é indicado pelas microestruturas do hiperstênio (Hy) (<i>ribbons</i> , grãos estirados, retorcidos, fraturados, bordas recristalizadas, caudas de recristalização contínuas e persistentes ao longo da lâmina), o que condiz com os vestígios de recristalização estática (contatos poligonizados) na matriz. Há quatro fases que marcam o retrometamorfismo: Hy para hornblenda (Hbl) castanho avermelhada, dessa para hornblenda verde, e dos três para biotita. E as microestruturas do quartzo (<i>ribbons</i> policristalizados, extinção ondulantes) e feldspatos (pórfiros alongados, com evidências de SGR, subgrãos, estrutura núcleo manto, exsolução, maclas curvas) também indicam temperaturas posteriores ao pico no em torno de 400 - 700° C, somada a presença de sericita nos feldspatos indicando a hidratação da rocha. As hornblendas são advindas da alteração do hiperstênio são Fe- Hbl, então aparece também como pórfiros lenticulares e caudas de recristalização	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G120	400° a 700°C	Feldspatos apresenta pórfiros alongados, extinção ondulante, fraturas, estrutura núcleo-manto, mirmequita. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , subgrãos e extinção ondulantes. Essas microestruturas indicam temperaturas de 400° a 700°C. Os feldspatos sericitizando pode indicar hidratação.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G119	700° C retrometamorfismo na fácies anfibolito inferior.	Feldspatos apresentam fraturas preenchidas, extinção ondulante, maclas de deformação. Quartzo aprece <i>ribbons</i> (escassos), na matriz com subgrãos e extinção ondulante. O piroxênio aparece alongado com fraturas. Os piroxênio parecem estar começando a deformar plasticamente, porém não atingiu a temperatura para isso ocorrer, por isso foi colocado como o pico por volta de 700°C, olhando as microestruturas do quartzo e do feldspato. O piroxênio está alterando para hornblenda verde e para biotita, e a hornblenda ver alterando para biotita, indicando retrometamorfismo em temperaturas de fácies anfibolito inferior, com hidratação indicado pela presença dos feldspatos alterando para sericita.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G110	>700°C	Os feldspatos apresentam: estruturas núcleo- manto, <i>fish</i> de plagioclásio incluso em <i>ribbon</i> de quartzo, extinção ondulante, exsolução, mirmequita, fraturas preenchidas por sericita. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , subgrãos e extinção ondulante. A matriz aparece com aparência poligonizada. Foliação marcada pela hornblenda verde, biotita e os <i>ribbons</i> de quartzo. As microestruturas indicam pico na fácies granulitos.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G138	~700°C com retrometamorfismo na fácies anfibolito inferior e hidratação	Os pórfiros de feldspatos apresentam-se lenticulares, maclas curvas, extinção ondulante, núcleo-manto, fraturado, exsolução. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , subgrãos e extinção ondulante. A matriz aparece poligonizada. O piroxênio aparece lenticular, alongado e quase totalmente sericitizando, fraturas com limonitização, altera também para hornblenda verde e biotita. Há muita sericitização na matriz e nos pórfiros, a há fraturas na lâmina, o que pode indicar por onde os fluidos entraram. Essas microestruturas indicam temperaturas por volta de 700°C, começo da deformação plástica do piroxênio e contatos poligonizados na matriz indicando recristalização estática, portanto picos de temperaturas maiores.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al</i> . 1995; Hippert, 2001.
G104	>700°C	Apresenta-se como <i>fish</i> em <i>ribbons</i> de quartzo, macla de deformação, extinção ondulante. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , subgrãos, extinção ondulante, chessboard. A biotita e a hornblenda forma a foliação. As microestruturas indicam temperaturas na fácies granulito:>700°C.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al</i> . 1995; Hippert, 2001.

GRUPO III			
LÂMINAS	GRAUS METAMÓRFICOS	MICROESTRURAS	REFERÊNCIAS
G022	>600°C	Os feldspatos apresentam pórfiros (alguns euédricos), outros alongados, macla de tartan difusa, fraturas preenchidas pelo material isotrópicos (cominuição localizada, não avançou tanto aqui). O quartzo apresenta <i>ribbons</i> policristalinos, grãos alongados, extinção ondulante, contatos interlobados, subgrãos. Essa microestruturas indicam grau médio, maiores que 600°C. A predominância de microestruturas de menor temperatura, a preservação da forma de alguns grãos, a granulação mais grossa da matriz da amostra, a presença da biotita decussada, além de formar foliação, nos indicam que não houve tanto stress e/ou aumento da temperatura.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G025	Pico 700°C, com retrometamorfismo por volta de 400° a 500° C	Os feldspatos presentam fraturas, estrutura núcleo-manto, na matriz com contatos interlobados, extinção ondulante. Há fishes de plagioclásio em <i>ribbons</i> de quartzo, indicando fácies granulito. A presença de hornblenda verde orientada e a sericitização do feldspatos pode iniciar retrometamorfismo na fácie anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G009	>700°C	Feldspatos apresentam-se em pórfiro alongados, estrutura núcleo-manto, exsolução (antipertita), extinção ondulante, reações. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> contínuos policristalinos, com subgrãos, extinção ondulante. Essas microestruturas indicam fácies granulito. Há porções da matriz com granulação mais fina.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G008	>500°C, com retrometamorfismo na Fácies Xisto Verde	Feldspatos mostram estrutura núcleo-manto, extinção ondulante, fraturas, já o quartzo apresentam <i>ribbons</i> policristalinos, com subgrãos extinção ondulante. Essas microestruturas por volta de 500°C. Há sericitização (hidratação?) e carbonatização dos feldspatos e as biotitas estão cloritizando (Fe, Mg-clorita), indicando retrometamorfismo na fácies Xisto Verde.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.

G147	400-700°C com retrometamorfismo pós <i>strain</i> na fácies xisto verde	Os feldspatos apresentam-se em pórfiros com bordas recristalizadas, extinção ondulante, fratura. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , contato interlobado na matriz, com extinção ondulante. Essas temperaturas podem indicar médio grau (400-700°C). A biotita encontram-se cloritizada, há intensa sericitização e carbonatação dos feldspatos, isso pode indicar retrometamorfismo com hidratação na fácie xisto verde.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G045	400-700°C com retrometamorfismo na fácies xisto verde	Feldspatos apresenta pórfiros com estrutura núcleo manto, maclas dobradas, extinção ondulante, exsolução. E o quartzo apresenta <i>ribbons</i> , com extinção ondulante e subgrãos. Essas microestruturas indicam temperatura por volta de 400°a 700°C. A lâmina ainda apresenta sericitização do feldspatos e cloritização da biotita, indicando retrometamorfismo na fácies Xisto Verde.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.
G134	>700°C	Os feldspatos apresentam extinção ondulante, fraturas, maclas difusas, lamelas de deformação, exsolução, pórfiros alongados, <i>fish</i> em <i>ribbons</i> . O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , extinção ondulante e subgrãos. Granadas alongadas e fraturadas como acessório, alterando para biotita. Essas microestruturas indicam temperaturas na fácies granulito, com picos em temperaturas maiores em torno de 900°C. Há ainda carbonatização e sericitização dos feldspatos indicando que houve hidratação.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
INTERSEÇÕES I e II			
LÂMINAS	GRAUS METAMÓRFICOS	MICROESTRURAS	REFERÊNCIASS

G148	Pico por volta de 900°C, com retrometamorfismo na fácies anfibolito.	Essa lâmina apresenta piroxênio, granada, cordierita (os dois últimos possuem indícios de serem porfiroblastos), a paragênese que pode indicar que houve aumento de temperatura, já que essas paragêneses indicam temperatura acima de 660°C. Há ainda a presença de mineral acicular com CI de 1ª Ordem, que pode um anfibólio ou um aluminossilicato (o que pode ter mais sentido com a paragênese.) Essa temperatura é compatível com as microestruturas visíveis nas granadas e hiperstênio, já que esses ocorrem como pórfiros recristalizados muito alongados. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> policristalino, subgrãos (possivelmente chessboard); e os feldspatos apresentam reação, estrutura núcleo manto, exsolução, fratura preenchidas, extinção ondulante. Há a pinitização da cordierita, sericitização dos feldspatos, limonitização do piroxênio e esse alterando para Hbl verde, o que pode indicar retrometamorfismo na fácies anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G109	~900°C com retrometamorfismo na fácies anfibolito.	Os feldspatos apresentam pórfiros alongados, extinção ondulante, maclas de deformação, núcleo-manto, fratura. O quartzo aparece <i>ribbons</i> e na matriz com extinção ondulante. A foliação é marcada por Hbl e pelo piroxênio, com pórfiros lenticular. Ambos estão alongados e a granada apresenta-se recristalizada e alongada. Essas microestruturas indicam temperaturas por volta de 900°C, e a presença do piroxênio alterando para hornblenda verde, pode indicar retrometamorfismo em fácies anfibolito.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)
G107	~900°C com retrometamorfismo na fácies anfibolito	Os feldspatos mostram maclas curvas, grãos alongados, extinção ondulante, exsolução. O quartzo apresenta <i>ribbons</i> , aparece na matriz com granulação média com subgrãos e extinção ondulante. As granadas crescem sobre a foliação (porfiroblastos) estão alongadas e fraturadas. O piroxênio aparece como pórfiros alongados, fraturados, alterando para hornblenda verde e biotita. As microestruturas do piroxênio e da granada podem indicar um início de deformação plástica, porém não chegou a temperaturas mais altas, então abaixo de 900°C, com retrometamorfismo na fácies anfibolito. Há ainda as biotitas decussadas crescendo sobre a foliação, formada por biotitas e hornblenda.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001; Ji & Martgnole (1994)

LÂMINAS	GRAUS METAMÓRFICOS	MICROESTRURAS	REFERÊNCIAS
G044	400-500°C	Parece ser uma lâmina de um protomilonito. A matriz possui grãos mais grossos, o que fica difícil definir os pórfiros. Há alguns grãos de Hbl verde quase euédrico orientados, porém esse está cheio de inclusões, além disso há carbonatos bem formados com clivagem, sendo consumido por piroxênio, grande quantidade de epidotos com bordas de reação. Há ainda começos de <i>ribbons</i> , feldspatos com contatos irregulares, dando a impressão de coalescência, maclas difusas, bulge. No geral, a lâmina parece ter chegado a temperaturas próximas de 500°C, porém sem <i>strain</i> suficiente para gerar microestruturas mais proeminentes.	Passchier e Trouw, 1995), Stipp <i>et al.</i> 1995; Hippert, 2001.