



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS NATURAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Lucas da Silva Barbosa

**Cartografia geológica e caracterização petrográfica do ortognaisse
Itutinga, Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton do São
Francisco**

Trabalho de conclusão de curso

Rio de Janeiro

Agosto de 2024



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

Lucas da Silva Barbosa

**Cartografia geológica e caracterização petrográfica do ortognaisse
Itutinga, Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton do São
Francisco**

Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia, do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Dr. Ciro Alexandre Ávila (MN-UFRJ)

Rio de Janeiro

Agosto de 2024

Barbosa, Lucas da Silva

Cartografia geológica e caracterização petrográfica do ortognaisse Itutinga, Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton do São Francisco. / Lucas da Silva Barbosa – Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Geociências, 2024.

132 f.

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2024.

Orientador: Dr. Ciro Alexandre Ávila.

1. Cartografia geológica. 2. Ortognaisse trondhjemítico. 3. Riachão. 4. Cinturão Mineiro. 5. Orogenia Minas. 6. Cráton do São Francisco.

Lucas da Silva Barbosa

**Cartografia geológica e caracterização petrográfica do ortognaisse
Itutinga, Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton do São
Francisco**

Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia, do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Dr. Ciro Alexandre Ávila (MN-UFRJ)

Dr. Maurício Bulhões Simon (MN-UFRJ)

Dr. Fabiano Richard Leite Faulstich (MN-UFRJ)

Rio de Janeiro

Agosto de 2024

RESUMO

BARBOSA, L. S. **Cartografia geológica e caracterização petrográfica do ortognaisse Itutinga, Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton do São Francisco.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. 132p.

A borda meridional do Cráton do São Francisco apresenta evolução geológica marcada pela cristalização de diversas gerações de corpos TTGs, granitoides potássicos e sanukitoides no Arqueano. Durante a transição desse período para o Paleoproterozoico, essa mesma região se caracterizou pela deposição de parte dos sedimentos associados à formação da Bacia Minas e pela geração de arcos magmáticos, associados a evolução da Orogenia Minas (2,47-2,10 Ga), que é um dos componentes do Sistema Orogenético Minas-Bahia. No cenário nacional e internacional a Orogenia Minas vem assumindo destaque devido a cristalização de TTGs e sanukitoides ao longo do Sideriano e Riaciano. O presente trabalho visa apresentar cartografia geológica na escala 1:12.500 (Anexo I), dados de campo, petrográficos, geoquímicos e de química mineral de um novo TTG, designado de ortognaisse Itutinga. As rochas desse corpo são brancas acinzentadas, foliadas, bandadas, hololeucocráticas (IC < 10%), equigranulares médias e, localmente, com porfiroclastos de plagioclásio de até 0,5 cm imersos em matriz fina e intensamente recristalizada. Sua foliação possui direção de mergulho ora para NNE, ora para SSW e apresenta aspecto anastomosado e é marcada pela orientação de fitas de quartzo, pelos *augens* cristais de plagioclásio e pela orientação dos escassos filossilicatos. Em mapa esse corpo possui formato alongado segundo a direção NE-SW e ocorre como *roof pendant* dentro do metagranitoide Represa de Camargos. Apresenta xenólitos de: (i) biotita ortognaisse equigranular fino, cinza e leucocrático; (ii) anfíbolito equigranular fino a médio, esverdeado e composto de hornblenda, plagioclásio, titanita e epidoto. O ortognaisse Itutinga é cortado por diques tabulares do metagranitoide Represa de Camargos, por corpos pegmatíticos de espessura variável e por injeções hololeucocráticas centimétricas. Destacam-se, ainda, zonas de cisalhamento (E-W) de alto ângulo e, predominantemente, sinistrais. Sua mineralogia consiste em oligoclásio (An₁₂₋₂₇), quartzo e Fe-biotita, e o microclínio é mais raro. Os minerais acessórios são representados por zircão, apatita, titanita₁, epidoto₁, allanita, magnetita/hematita, calcopirita e pirita, enquanto albita (An₀₋₈), epidoto₂, titanita₂ e muscovita são metamórficos e carbonato, clorita e thotita são neoformados. As rochas desse corpo são ácidas (71-75% peso em SiO₂), magnesianas, classificadas como trondhjemitos no diagrama Ab-An-Or (O'Connor, 1965) apresentam coríndon normativo, caráter levemente peraluminoso, elevada razão de Sr/Y e La/Yb e alinham-se segundo o *trend* trondhjemítico no diagrama ternário proposto por Barker & Arth (1976), que é marcado pelo enriquecimento em Na₂O e depleção em K₂O. Exibem

padrão com enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP, incipiente anomalia negativa de Eu, depleção nos ETRP e anomalias negativas de Nb, Ta, P e Ti. Os dados químicos apontam que o protólito do ortogneisse Itutinga corresponderia a um novo corpo TTG *sensu stricto* riaciano do Cinturão Mineiro e que sua gênese estaria relacionada a curta residência crustal do magma primordial em um ambiente de arco magmático caracterizado pela fusão parcial de rochas máficas de baixo-K similares a platôs oceânicos, com retenção de granada, ilmenita e/ou rutilo.

ABSTRACT

The southern margin of the São Francisco Craton exhibits a geological evolution marked by the crystallization of various generations of TTG bodies (tonalite-trondhjemite-granodiorite), potassic granitoids, and sanukitoids in the Archean. During the transition from this period to the Paleoproterozoic, this same region was characterized by the deposition of sediments associated with the formation of the Minas Basin and the generation of magmatic arcs, related to the evolution of the Minas Orogeny (2.47-2.10 Ga), which is a component of the Minas-Bahia Orogenic System. On both national and international scales, the Minas Orogeny has gained prominence due to the crystallization of TTGs and sanukitoids throughout the Siderian and Rhyacian periods. This study aims to present geological cartography (1:12.500), field, petrographic, geochemical, and mineral chemistry data of a new TTG, designated as Itutinga orthogneiss. The rocks of this body are white to grayish, foliated, banded, hololeucocratic (10% mafics), medium equigranular, and locally contain plagioclase porphyroclasts up to 0.5 cm immersed in a fine and intensely recrystallized matrix. Its foliation dips towards NNE, presents an anastomosed aspect, and is marked by the orientation of quartz ribbons, plagioclase *augens*, and the alignment of scarce phyllosilicates. On the map, this body has an elongated shape in the NE-SW direction and occurs as a roof pendant within the Represa de Camargos metagranitoid. It contains xenoliths of: (i) fine equigranular biotite orthogneiss, gray and leucocratic; (ii) fine to medium equigranular amphibolite, greenish and composed of hornblende, plagioclase, titanite, and epidote. The Itutinga orthogneiss is cut by tabular dikes of the Represa de Camargos metagranitoid, by pegmatitic bodies of variable thickness, and by centimeter-scale hololeucocratic injections. Additionally, high-angle, predominantly sinistral shear zones (E-W) are present. Its mineralogy consists of oligoclase (An₁₂₋₂₇), quartz, and Fe-biotite, with microcline being rarer. Accessory minerals include zircon, apatite, titanite₁, epidote₁, allanite, magnetite/hematite, chalcopyrite, and pyrite, while albite (An₀₋₈), epidote₂, titanite₂, muscovite, carbonate, and chlorite are secondary. The rocks of this body are acidic (71-75 wt% SiO₂), magnesian, classified as trondhjemites on the Ab-An-Or diagram, exhibit normative corundum, a slightly peraluminous character, high Sr/Y and La/Yb ratios, and align according to the trondhjemitic trend, which is marked by enrichment in Na₂O and depletion in K₂O. They show a pattern of enrichment in LREEs relative to HREEs, an incipient negative Eu anomaly, depletion in HREEs, and negative anomalies in Nb, Ta, P, and Ti. Chemical data suggest that the protolith of the Itutinga orthogneiss corresponds to a new TTG *sensu stricto* Rhyacian body from the Mineiro Belt and that its genesis is related to the short crustal residence

of the primordial magma in a magmatic arc environment characterized by partial melting of low-K mafic rocks similar to oceanic plateaus with garnet, ilmenite, and/or rutile retention.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de conclusão de curso não seria possível sem o apoio e a colaboração de muitas pessoas, às quais gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador **Ciro Ávila** pelo respeito, paciência e ensinamentos ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Ao Professor **Fabiano Faulstich** e a técnica **Gisele Figueiredo**, ambos do Museu Nacional, aos pesquisadores do CETEM, **Felipe Emerson** e **Matheus Machado** e ao colega de turma, **Leandro de Luca**, que colaboraram para a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, **Angela Barbosa** e **Geomar Barbosa**, e ao meu irmão, **Luan Barbosa**, pelo apoio irrestrito e pelo constante incentivo aos meus estudos. Obrigado por nunca desistirem de acreditar em mim e nos meus sonhos, independentemente das desventuras do destino.

À **Viviane Peixoto**, pelo companheirismo, carinho e paciência. Foi mais fácil com você ao meu lado. Obrigado por tudo.

Aos amigos que me acompanham há mais de duas décadas, **João Lucas Braga**, **João Victor Rodrigues**, **Raquel Carvalho**, **Rebeca Carvalho** e **Richardson Braga**, por serem o meu conforto e minha alegria.

Aos amigos que me acompanharam durante a graduação, **Daniela Esteves**, **Gabrielle Ferreira**, **João Vitor Guedes**, **Marllon Evaristo** e **Mariáh Braz**, pelo companheirismo e cafezinhos. Juntos, mergulhamos em drenagens, escalamos penhascos, caçamos fósseis e conhecemos o Brasil com um martelo e um sonho.

Por fim, agradeço também as instituições que estiveram envolvidas na realização deste trabalho, em especial a **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, pelo ensino gratuito e de qualidade, ao **Centro de Tecnologia Mineral** e ao **Museu Nacional** pela estrutura cedida e ao **CNPq** pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	OBJETIVOS	30
3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1	Elaboração de mapas	33
4.2	Mapeamento geológico e coleta de amostras.....	34
4.3	Atividades laboratoriais	37
4.3.1	Petrografia	37
4.3.2	Catodoluminescência óptica	40
4.3.3	Química Mineral (MEV-EDS)	41
4.3.4	Preparação de amostra para geocronologia	43
4.3.5	Atividades de escritório	44
5	NOMENCLATURA	45
5.1	Classificação de rochas ígneas e metaígneas	45
5.2	Classificação de enclaves.....	47
5.3	Simbologia para estruturas geológicas	47
5.4	Abreviações	48
6	GEOLOGIA REGIONAL	49
6.1	Paleocráton São Francisco-Congo e CSF	49
6.2	Borda Meridional do CSF.....	50
6.3	Embasamento Arqueano da borda meridional do CSF.....	51
6.4	Transição Neoarqueano-Paleoproterozoico	52
6.4.1	Supergrupo Minas	52
6.4.2	Grupo Itacolomi.....	53
6.5	Orogenia Minas-Bahia	53
6.6	Cinturão Mineiro.....	54
7	GEOLOGIA LOCAL.....	61
7.1	Trabalhos anteriores	61
7.1.1	Sequência metaultramáfica-metamáfica.....	61
7.1.2	Ortognaisse Itutinga.....	62

7.1.3	Metagranitoide Represa de Camargos.....	63
7.1.4	Serra do Ouro Grosso	63
7.2	Aspectos de campo das rochas estudadas.....	64
7.2.1	Sequência metaultramáfica-metamáfica.....	64
7.2.2	Ortognaisse Itutinga.....	66
7.2.3	Metagranitoide Represa de Camargos.....	72
7.2.4	Unidade metassedimentar Serra do Ouro Grosso.....	75
7.3	Estruturas geológicas	77
8	PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL	80
8.1	Ortognaisse Itutinga	80
8.1.1	Textura.....	Erro! Indicador não definido.
8.1.2	Mineralogia.....	81
8.2	Veios graníticos hololeucocráticos no ortognaisse Itutinga	90
8.3	Xenólitos de biotita gnaisse no ortognaisse Itutinga	93
8.4	Xenólito de anfibólito no ortognaisse Itutinga	93
9	GEOQUÍMICA.....	95
10	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	102
10.1	Relações entre unidades mapeadas	102
10.2	Petrografia das unidades mapeadas	103
10.3	Metamorfismo do ortognaisse Itutinga.....	106
10.4	Deformação	107
10.5	Classificação do ortognaisse Itutinga segundo Moyen & Martin (2012).	107
10.6	Fonte	108
10.7	Ambiente tectônico	108
10.8	Comparação do ortognaisse Itutinga com os corpos do arco Serrinha ...	108
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 - Modelos de crescimento da crosta continental (linhas em negrito simples, variações na escala de cinza indicando o ano de publicação e distribuição atual da idade de Goodwin (1996) - linha tracejada - plotados contra um histograma de idades de zircão detrítico por U-Pb (> 95% concordantes, n = 100.445) segundo dados de Voice *et al.* (2011). Figura adaptada de Albert (2017). 25
- Figura 2 – Diagramas geoquímicos mostrando as características dos TTGs (pontos e linhas azuis) e dos granitoides pós 2,5 Ga (campo, pontos e linhas amarelas). A) Diagrama ternário Ab-An-Or (O'Connor, 1965) com os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga. B) Diagrama ternário K-Na-Ca para os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga mostrando que os dois conjuntos apresentam evolução distinta; C) Diagrama $(La/Yb)_N$ vs. Yb_N mostrando diferenças entre os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga, bem como os padrões distintos dos ETR (TTGs - baixo ETRP, padrão fortemente fracionado; granitoides pós-2,5 Ga – alto ETRP, moderadamente fracionado); D) Padrões de oligoelementos para TTGs e para a crosta continental moderna normalizados para o manto primitivo. Diagramas de Moyen & Martin (2012). 26
- Figura 3 - Processos do mecanismo de produção de TTGs. Hbl – hornblenda; Grt – granada; Pl – plagioclásio; Cpx – clinopiroxênio; Ilm – ilmenita. Modificado de Martin (1993). ... 27
- Figura 4 - Evolução composicional de corpos ígneos félsicos ao longo do tempo. Observa-se que uma mudança na composição das rochas ígneas é inferida por volta de 2,5 Ga. Dados de Keller & Schoene (2012) modificados por Albert (2017). 28
- Figura 5 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro com as principais corpos ígneos, metamórficos e as sequências supracrustais. Localização da área de estudo destacada pelo retângulo vermelho. Principais zonas de cisalhamento: JBS - Jeceaba Bom Sucesso; CI - Congonhas Itaverava; L - Lenheiro. Modificado de Alkmim & Teixeira (2017). 29
- Figura 6 - Localização da área de estudo. A) No estado de Minas Gerais com destaque para o polígono com articulação das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE (1976). B) Localização da área de estudo (polígono azul) em relação a cidade de Itutinga (*Google Maps* 2024). 31
- Figura 7 - Trajeto utilizado para acessar a área estudada, partindo-se da cidade do Rio de Janeiro (ponto A) e passando pelas rodovias BR-040 até a cidade de Barbacena e BR-265 em direção à Itutinga (ponto B) (*Google Maps*, 2024). 32
- Figura 8 - Fluxograma contemplando cada etapa e a ordem para a realização deste estudo. ... 33

- Figura 9 – Imagem de um afloramento do ortognaisse Itutinga acompanhado de croquis esquemáticos de campo e da fotografia colorida. A) Imagem de detalhe do afloramento (sem edições) mostrando o ortognaisse Itutinga sendo cortado por diferentes gerações de diques do metagranitoide Represa de Camargo e de veios de pegmatitos, além da presença de enclaves de gnaisses escuros. B) Croqui de campo indicando as relações entre as rochas e os locais de onde foram retiradas as amostras para a confecção de lâminas petrográficas. Significado das cores no croqui. C) Foto de campo em maior detalhe de parte do afloramento editada com cores para ressaltar as litologias observadas e as diferenças entre elas (roxo: xenólitos de gnaisses escuros; vermelho: metagranitoide Represa de Camargo; amarelo: pegmatitos).....37
- Figura 10 – Equipamento e dados obtidos na petrografia. A) Microscópio petrográfico de luz transmitida *Carl Zeiss* modelo *Axiolab 5*. B) Fotomicrografia com polarização cruzada tirada pela câmera *Axiocam 208 color*.38
- Figura 11 – Exemplo de fotomosaicos de lâminas delgadas. A) Fotomosaico da lâmina LC-1A em polarização paralela (25x). B) Fotomosaico da lâmina LC-1A em polarização cruzada (25x).40
- Figura 12 - Equipamento e dados obtidos na catodoluminescência ótica. A) Microscópio petrográfico de luz transmitida *Carl Zeiss* modelo *Axioscop 5* e equipamento de catodoluminescência da CITL modelo Mk5. B) Fotomicrografia de fenocristal de plagioclásio da amostra LC-1A. Plagioclásio (cinza claro); Quartzo (cinza escuro); Ortoclásio (azul); Carbonato (laranja); Apatita (verde limão).41
- Figura 13 - Fotomosaico de lâmina delgada da amostra LC-17A em catodoluminescência ótica (50x).42
- Figura 14 – Microscópio eletrônico de varredura e periféricos. A) Equipamento *FEI Quanta 400*, com espectrômetro *Bruker Quantax 800*, detector *XFlash 5010*. B) Equipamento *Zeiss Sigma 300 VP (field emission gun)* com 2 detectores EDS *Bruker Nano Quantax 400*. C) Imagem de elétrons retroespalhados.43
- Figura 15 – Fotomosaico de imagens de elétrons retroespalhados (LC-001A).43
- Figura 16 – Preparação de amostra para geocronologia U-Pb em grãos de zircão. A) Britador de mandíbula; B) Moinho de disco; C) Amostra pulverizada; D) Concentração de minerais densos em mesa hidrodinâmica; E) Concentrado de minerais pesados gerado na mesa hidrodinâmica; F) Minerais atraíveis por imã de ferrite; G) Circuito de separação por densidade com bromofórmio; H) Separador magnético isodinâmico Frantz; I) Frações

minerais atraídas por diferentes amperagens do Frantz; J) Concentrado final após a separação por iodeto de metilo com os grãos de zircão.	44
Figura 17 - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) para classificação de rochas plutônicas. Campo dos granitoides em roxo.....	46
Figura 18 – Principais simbologias adotadas no mapa geológico elaborado para o presente trabalho.....	48
Figura 19 – Crátons arqueanos - paleoproterozoicos e sistemas orogênicos brasileiros/pan-africanos (Heilbron <i>et al.</i> , 2017). A) Destaque para a formação do Paleocráton São Francisco–Congo. B) Limites (linhas em negrito) para os paleocrátons do São Francisco e Congo antes do desenvolvimento das faixas móveis brasileiras e pan-africanas. SFC – São Francisco-Congo; K – Kalahari; WA - West África; A – Amazônico; P – Paranapanema; DP - Rio de La Plata.	49
Figura 20 – Cráton do São Francisco e suas faixas móveis circundantes segundo Cruz & Alkmim (2005) e adaptado de Alkmim <i>et al.</i> (1993).....	50
Figura 21 - Mapa geológico da borda meridional do Cráton do São Francisco com destaque para o Cinturão Mineiro (Ávila <i>et al.</i> 2014).	51
Figura 22 - Carta estratigráfica das unidades do Supergrupo Minas. Destaque para os números com estrelas que indicam a idade mais jovem do zircão detrítico e para os números com quadrados que indicam idades de deposição ou cristalização. Modificado de Alkmim & Martins-Neto (2012). Gp: Grupo; Sgp: Supergrupo	53
Figura 23 – Modelo de evolução tectônica entre 2,4-1,9 Ga para o segmento Minas da Orogenia Paleoproterozoica Minas-Bahia, sudeste do Brasil. Modificado de Bruno <i>et al.</i> (2021).	54
Figura 24 – Modelo de evolução geotectônica da borda meridional do Cráton do São Francisco proposto por Araújo <i>et al.</i> (2019). A-E : estágios de formação da margem passiva e dos arcos magmáticos. Cs: ortognaisse Cassiterita; F: ortognaisse Fé; MM: metagranitoide Macuco de Minas; MR: ortognaisse Morro do Resende; RG: metadiorito Rio Grande; S: Suíte Serrinha; T: Suíte Tiradentes. Modificado de Araújo <i>et al.</i> (2019).....	58
Figura 25 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro enfatizando a distribuição das principais assembleias de metagranitoides e rochas supracrustais. Zonas de cisalhamento: JBS: Jeceaba-Bom Sucesso; CI: Congonhas-Itaverava; L: Lenheiro. Baseado em Ávila <i>et al.</i> (2010, 2014), Teixeira <i>et al.</i> (2015), Moreira <i>et al.</i> (2018), Cardoso <i>et al.</i> (2019), Araújo <i>et al.</i> (2019) e modificado por Neves (2022).....	60

Figura 26 – Mapa litológico e de recursos minerais: folha SF-23-X-C-I-4 Itutinga. Polígono em vermelho corresponde a área estudada nesse trabalho. Modificado de Ávila <i>et al.</i> (2019).	61
Figura 27 - Mapa geológico confeccionado para o presente trabalho.	62
Figura 28 – Seção geológica confeccionada para o presente trabalho.	62
Figura 29 – Exposições de rochas do domínio metaultramáfico. A) Afloramento do clorita-talco xisto alterado por intemperismo com crenulada preservada (linha pontilhada amarela) (LC-071). B) Amostra de mão de clorita xisto levemente alterado. Linha pontilhada destaca a foliação (LC-056).	64
Figura 30 – Exposições de rochas do domínio metamáfico. A) Afloramento em corte de estrada de saprólito com coloração alaranjada associado a alteração do anfibolito (LC-072). B) Anfibolito com núcleo preservado e capa de alteração alaranjada. Presença de textura nematoblástica e foliação destacada pela linha pontilhada amarela (LC-063).	65
Figura 31 – Relações de campo da sequência metaultramáfica-metamáfica. A) Dique de pegmatito com aproximadamente 2,5 m de espessura. Contato com rochas metamáficas destacado por linha pontilhada amarela (LC-092). B) Detalhe evidenciando o contato entre o pegmatito alterado com cor branca (devido ao feldspato caolinizado) e a rocha metamáfica fortemente alterada com cor avermelhada (LC-092).....	65
Figura 32 – Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os polos dos planos de foliação metamórfica (Sn) da sequência metaultramáfica-metamáfica. <i>Strike</i> NNE-SSW e mergulho médio de 80° para NNW e SSE.	65
Figura 33 - Exposições do ortognaisse Itutinga. A) Lajedo com superfície cinza a preta que dificulta a observação das feições e relações temporais presentes (LC-084). B) Bloco in situ com superfície irregular marcada por dissolução (LC-096).....	66
Figura 34 – Diferença na cor dos saprólitos na área do estudo. A) Saprólito cinza esbranquiçado associado a alteração do ortognaisse Itutinga. Presença de enclave marrom alaranjado interpretado como correspondendo a um xenólito de anfibolito ou de anfibólio gnaisse (LC-023); B) Saprólito alaranjado interpretado como associado a uma rocha metaultramáfica alterada (LC-073).	66
Figura 35 - Feições texturais e estruturais do ortognaisse Itutinga. A) Foliação anastomosada caracterizada pela presença de biotita que ocorre dispersa na matriz branca acinzentada, que é composta de quartzo e plagioclásio (LC-001). B) Zona de cisalhamento transpondo a foliação do corpo (LC-012); C) Dobra arqueando a foliação do ortognaisse e do veio quartzo-feldspático (LC-019).....	67

Figura 36 – Diferentes tipos de xenólitos de anfibolito no ortognaisse Itutinga. A) Alongado, irregular, com reentrâncias e cerca de 20 cm (LC-003). B) Alongado, retilíneo, fino, com contato bem definido e cerca de 1 m (LC-003). C) Fresco, acinzentado, foliado e com níveis milimétricos de minerais máficos intercalados com níveis félsicos (LC-023). Destaca-se que o plagioclásio do ortognaisse Itutinga fica esverdeado devido a substituição por epidoto. D) Anfibolito muito alterado e com núcleo apresentando feldspato caolinizado (pontos brancos). Borda alaranjada devido a alteração intempérica e oxidação dos minerais máficos. 68

Figura 37 – Xenólitos de biotita gnaisse no ortognaisse Itutinga. A) Retilíneo e com borda de reação marcada pela presença de níveis escuros compostos principalmente por biotita (LC-041). B) Cortado por delgado dique tonalítico associado ao protólito do ortognaisse Itutinga (LC-012); C) Zona de cisalhamento sinistral cortando tanto o xenólito como as rochas do ortognaisse Itutinga (LC-013). 69

Figura 38 – Veios que cortam o ortognaisse Itutinga. A) Múltiplas injeções graníticas hololeucocráticas concordantes com a foliação principal da encaixante. Destaca-se os contatos retilíneos das injeções, a variação de espessura dessas e a presença de um fragmento fino do ortognaisse dentro do veio mais à direita (LC-001). B) Afloramento do ortognaisse Itutinga dobrado e cortado por vários veios graníticos hololeucocráticos, sendo que um deles apresenta dobras fechadas (LC-003). C) Veio granítico hololeucocrático falhado (linha amarela) com rejeito centimétrico (LC-003). D) Múltiplas injeções de veios graníticos hololeucocráticos paralelos a foliação (em vermelho), que ora cortam e ora são cortadas pelo pegmatito (em amarelo) (LC-001). E) Contato entre o pegmatito e o ortognaisse encaixante. Acima da linha azul o ortognaisse é mais homogêneo e abaixo da linha amarela o pegmatito é bem-marcado. Entre as duas linhas destaca-se a presença de múltiplas injeções muito finas do pegmatito no ortognaisse (LC-086). F) Veio de quartzo discordante da foliação (LC-002). 70

Figura 39 – Contato entre o ortognaisse Itutinga e o metagranitoide Represa de Camargos. A) Contato retilíneo, regular e lobado, destacando-se a fácies hololeucocrática do metagranitoide. B) Ilustração da figura 39A indicando em azul claro o ortognaisse Itutinga e em vermelho o metagranitoide Represa de Camargos. C) Injeções de veios do metagranitoide Represa de Camargos no ortognaisse Itutinga e presença de xenólito e pegmatito. D) Ilustração da figura 39C indicando em azul claro o ortognaisse. Em azul escuro o xenólito de biotita gnaisse no ortognaisse. Em vermelho a fácies hololeucocrática do metagranitoide, que corta o ortognaisse Itutinga e seu xenólito. Em amarelo o

pegmatito intrusivo no ortognaisse. Em roxo a fácies hololeucocrática cinza do metagranitoide. E) Injeções de veios do metagranitoide Represa de Camargos no ortognaisse Itutinga. Ambos são cortados e deslocados por veios de pegmatito. F) Ilustração da figura 39E. Em azul claro o ortognaisse Itutinga. Em vermelho o metagranitoide Represa de Camargos. Azul escuro os xenólitos de biotita gnaisse. Amarelo o pegmatito.....	71
Figura 40 – Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os polos dos planos de foliação (Sn) do ortognaisse Itutinga. <i>Strike</i> E-W e mergulho médio de 65° para N.....	72
Figura 41 – Exposições do metagranitoide Represa de Camargos. A) Lajedos na cidade com aproximadamente 1000 m ² (LC-110). B) Bloco <i>in situ</i> com injeções de pegmatitos e xenólitos de anfibólito (LC-100).....	73
Figura 42 – Metagranitoide Represa de Camargos A) Injeção de três fácies distintas do metagranitoide Represa de Camargos (RdC1, RdC2 e RdC3) no ortognaisse Itutinga (Itt) (LC-014); B) imagem anterior destacando os litótipos do metagranitoide Represa de Camargos (RdC1, RdC2 e RdC3) e ortognaisse Itutinga (Itt) C) Fácies RdC1 (LC-029); D) Fácies RdC2 (LC-029); E) Fácies RdC3 (LC-029).	73
Figura 43 – Relação entre o metagranitoide Represa de Camargos e os diques de pegmatito (LC-052). A) Pegmatito dobrado junto com o metagranitoide Represa de Camargos. B) Ilustração da figura 40A destacando os litótipos observados. Rosa - RdC1; Vermelho - RdC2; Amarelo – pegmatito.	74
Figura 44 – Xenólitos variados no metagranitoide Represa de Camargos. A) Xenólito de anfibólito fresco destacado por linha pontilhada branca (LC 100). B) Xenólito de biotita gnaisse fino (LC 100). C) Diques e aplitos do metagranitoide Represa de Camargos intrusivos no ortognaisse Itutinga e com xenólitos de anfibólito (esquerda) (LC 100). D) Ilustração figura 40C. Verde – xenólito de anfibólito; Azul – ortognaisse Itutinga; Vermelho – metagranitoide Represa de Camargos (RdC2) (LC 100).	74
Figura 45- Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de foliação metamórfica (Sn) do metagranitoide Represa de Camargos. <i>Strike</i> E-W e mergulho médio de 45° para N.....	75
Figura 46 – Quartzitos da unidade Serra do Ouro Grosso. A) Visão da serra (tracejado amarelo) pelo Google Earth em escala regional. Em vermelho a área cartografada. B) Exposição de litótipos da serra com mergulho acentuado e alto declive por conta da erosão diferencial (Google Maps).	76

Figura 47 – Detalhe dos quartzitos da unidade Serra do Ouro Grosso. A) Planos de clivagem espaçados por poucos centímetros. Lineação de estiramento de grãos de quartzo destacada pela linha pontilhada amarela (LC-55). B) Detalhe do quartzito com possível grão de fuchsita (círculo vermelho pontilhado) (LC-57).....	76
Figura 48 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de foliação metamórfica (Sn) da Unidade Serra do Ouro Grosso. <i>Strike</i> E-W e mergulho médio de 70° para S.....	76
Figura 49 – Dobras no ortognaisse Itutinga destacadas pelas injeções graníticas deformadas. A) Foliação metamórfica Sn do ortognaisse Itutinga dobrada (destacada por pontilhado amarelo) (LC-019). B) Dobra redobrada no ortognanisse Itutinga destacada por pontilhado amarelo (LC-038).....	77
Figura 50 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os eixos de dobras na área de pesquisa.	77
Figura 51 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de zonas de cisalhamento na área de pesquisa. <i>Strike</i> NE-SW e mergulho médio de 80° para SE.....	78
Figura 52 – Zonas de cisalhamento truncando a foliação metamórfica do ortognaisse Itutinga. A) Zona de cisalhamento gerando foliação milonítica (destacada pela linha pontilhada vermelha) no ortognaisse Itutinga paralela a foliação principal (LC-002). B) Arraste da foliação metamórfica Sn do ortognaisse Itutinga (pontilhado amarelo) indicando cinemática sinistral na zona de cisalhamento. Foliação milonítica secundária marcada pelo crescimento orientado de biotita (pontilhado vermelho) (LC-013). C) Arraste da foliação metamórfica Sn do veio hololeucocrático (pontilhado amarelo) e da foliação do ortognaisse Itutinga indicando cinemática sinistral na zona de cisalhamento (LC-015). D) Dobra associada a zona de cisalhamento no ortognaisse Itutinga indicando cinemática sinistral (LC-096).....	78
Figura 53 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando as lineações de estiramento na unidade Serra do Ouro Grosso. Medidas com caimento de baixo ângulo para E.....	79
Figura 54 – Classificação petrográfica das rochas do ortognaisse Itutinga no diagrama QAP de Streckeisen (1976).....	81
Figura 55 – Fotomicrografias em polarização cruzada de diferentes texturas do ortognaisse Itutinga. A) Inequigranular seriada marcada por diferentes tamanhos dos cristais de plagioclásio (contornos pontilhados em amarelo) (LC-001A). B) Inequigranular	

- porfírica marcada por cristal de plagioclásio (pontilhado em amarelo) muito maior do que a granulação da matriz (LC-017A); C) Equigranular xenoblástica marcada por cristais com mesmo tamanho e forma irregular (LC-009B)..... 81
- Figura 56 – Fotomicrografias destacando orientação mineral. A) Imagem de catodoluminescência destacando quartzo estirado em formato de fitas (pontilhado vermelho) (LC-003B); B) Imagem em polarização cruzada mostrando grãos de plagioclásio com formato *augens* (LC-014B); C) Imagem em polarização paralela mostrando uma banda formada por um agregado de minerais máficos (diminutos grãos de de biotita, epidoto e titanita) orientados segundo a foliação do ortognaisse Itutinga (LC-001A)..... 81
- Figura 57 – Fotomosaico de imagens de catodoluminescência de lâmina do ortognaisse Itutinga evidenciando as diferentes proporções entre plagioclásio₁ (Pl) com coloração cinza rosada e o feldspato potássico (Mcc) coloração azulada intensa. Quartzo (Qz) ocorre em cor cinza escura, biotita (Bt) é preta e a apatita (Ap) verde limão (LC-003B). 82
- Figura 58 – Fotomicrografias de feições associadas ao plagioclásio primário no ortognaisse Itutinga. A) Cristal de plagioclásio₁ (Pl) em luz polarizada exibindo diversas fraturas (LC-001A). B) Cristal de plagioclásio₁ em luz polarizada exibindo exsolução tipo *flame* de microclínio (destacado pelo pontilhado em vermelho) (LC-003B). C) Imagem em catodoluminescência de plagioclásio₁ com intercrescimento antipertítico (Mcc) no plano de geminação (LC-009A). D) Mapa composicional de K, Na e Fe mostrando cristais de microclínio (Mcc) inclusos no plagioclásio₁ (Pl). Destaque para muscovita (Ms) margeando o plagioclásio (Pl₁) e biotita e epidoto (Ep) dispersos na matriz. Qz – quartzo (LC-017A)..... 83
- Figura 59 - Feições do plagioclásio secundário no ortognaisse Itutinga. A) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando a presença de albita (Pl₂) na borda de biotita (Bt) (LC-001A). B) Mapa composicional para Na mostrando a sutil diferença de contagem do elemento na albita (Pl₂) e oligoclásio (Pl₁), sendo que o oligoclásio (primário) é substituído na borda pela albita (secundária) (LC-001A). 83
- Figura 60 - Classificação do plagioclásio do ortognaisse Itutinga no diagrama ternário Ab-Na-Or (Deer *et al.*, 2013) a partir dos resultados das análises por MEV-EDS..... 84
- Figura 61 - Fotomicrografia em polarização cruzada destacando cristais de quartzo (pontilhado vermelho) exibindo formato de fita e com contatos poligonais considerados como produtos de um processo de recristalização (LC-009A). 84

Figura 62 – Fotomicrografia de feições da biotita do ortogneisse Itutinga. A) Cristais diminutos e tabulares de biotita associados a um aglomerado máfico com a presença de epidoto (Ep_1) e titanita (Ttn_1) em luz polarizada paralela (LC-001B). B) Cristal de biotita maior em luz polarizada cruzada orientado segundo a foliação do ortogneisse (LC-014B). C) Imagem de elétrons retroespalhados de cristal de biotita (Bt) incluso em grão de plagioclásio primário (Pl_1) e margeando o mesmo grão de plagioclásio (LC-003B). Microclínio (Mcc) na borda do plagioclásio. D) Imagem de elétrons retroespalhados de cristal de biotita com exsolução de titanita₂ (Ttn_2) nos planos de clivagem (LC-017A).
 85

Figura 63 – Diagramas de classificação de biotita para as rochas do ortogneisse Itutinga a partir dos resultados das análises de MEV-EDS. A) Diagrama de Nachit *et al.* (2005) para discriminação entre biotita primária, reequilibrada e neoformada. B) Diagrama de Foster (1960) para classificação de micas escuras ($R_{3+} = Al, Fe^{3+}$ e Ti). 85

Figura 64 – Fotomicrografias mostrando feições do feldspato potássico no ortogneisse Itutinga. A) Imagem de catodoluminescência mostrando cristais de microclínio intersticial na cor azul e com tamanho muito pequeno em zona com deformação intensa. Destaque para área da figura 64B em pontilhado (LC-001A). B) Mapa composicional de Na e K em MEV-EDS mostrando cristais de microclínio (em vermelho) como grãos pequenos e recristalizados crescendo a partir do plagioclásio₁ (azul). Destaque para muscovita (Ms) que também substitui do plagioclásio₁ e por ser de K está na cor vermelha (LC-001A). C) Cristais de microclínio (Mcc) recristalizados em polarização cruzada no contato com o plagioclásio₁ com geminação polissintética. Destaque para área da figura 64D em pontilhado (LC-009A). D) Imagem de catodoluminescência mostrando detalhe de grãos de microclínio (Mcc) ao lado de plagioclásio primário (Pl_1) exibindo contatos poligonais entre si, apontando que estaria recristalizado (LC-009A)..... 86

Figura 65 - Diagrama ternário microclínio-albita-celsiana (Deer *et al.*, 2013) com as análises de feldspato potássico do ortogneisse Itutinga analisados por MEV-EDS..... 87

Figura 66 – Fotomicrografias destacando diferentes tipos de titanita no ortogneisse Itutinga. A) Titanita primária (Ttn_1) em polarização paralela inclusa no plagioclásio primário, exibindo relevo alto e coloração castanha (LC-014B). Detalhe para figura 66B (pontilhado). B) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando cristal primário de titanita (Ttn_1) com exsolução de uma fase com alto teor de flúor (F- Ttn) (LC-014B). C) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando grãos de titanita secundária (Ttn_2) crescendo na borda e nas clivagens de grãos de biotita (LC-017A). C) Imagem de elétrons

retroespalhados mostrando grãos de titanita secundária (Ttn ₂) com formato irregular e junto com plagioclásio primário (Pl ₁) e biotita (Bt) (LC-017A).	88
Figura 67 – Imagens de elétrons retroespalhados mostrando minerais acessórios do ortogneisse Itutinga. A) Grão de zircão (Zrn) incluído em cristal tabular e primário de biotita (LC-001A). B) Cristal de hematita/magnetita com diversas inclusões de epidoto (Ep) pirita (Py) e calcopirita (Ccp) (LC-014B).	89
Figura 68 – Fotomicrografia de minerais secundários do ortogneisse Itutinga. A) Imagem de catodoluminescência destacando alteração do plagioclásio (Pl ₁) em carbonato (Cbn – laranja). B) Grãos de sericita associados a alteração secundária, que estão pulverizados sob o plagioclásio em polarização cruzada (LC-017A). C) Grão de biotita parcialmente alterado para clorita sob polarização paralela (LC-003B).	90
Figura 69 – Ordem de cristalização dos minerais nas fases pré, sin e pós deformação e metamorfismo do ortogneisse Itutinga.	91
Figura 70 - Classificação petrográfica das rochas dos veios graníticos hololeucocráticos no diagrama QAP de Streckeisen (1976).	91
Figura 71 – Fotomicrografias destacando feições texturais e mineralógicas dos veios graníticos hololeucocráticos (LC-001B). A) Fotomosaico em luz polarizada cruzada mostrando textura porfirítica (fenocristal de microclínio) e equigranular com grãos com o mesmo tamanho (porção a direita). Destaque para a orientação das fitas de quartzo (linha pontilhada vermelha) e para o fenocristal de feldspato potássico (Figura B). B) Imagem de catodoluminescência do fenocristal de microclínio (Mcc) da figura 73A com inclusões de quartzo (Qz). C) Fenocristais de microclínio em meio a matriz mais fina composta de quartzo e plagioclásio. D) Imagem de catodoluminescência relacionada a imagem anterior mostrando os grãos de plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e microclínio (Mcc).	92
Figura 72 – Minerais acessórios comuns nos veios hololeucocráticos (LC-29B). A) Fotomicrografia em luz polarização paralela mostrando raros minerais opacos (Op) e biotita em um aglomerado. B) Fotomicrografia em luz polarização paralela de grãos de allanita (All) metamictizada. C) Fotomicrografia em luz polarização cruzada de cristal de muscovita (Ms).	92
Figura 73 - Classificação petrográfica das rochas dos xenólitos de biotita gnaisse no ortogneisse Itutinga no diagrama QAP de Streckeisen (1976).	93
Figura 74– Fotomicrografia dos xenólitos de biotita gnaisse no ortogneisse Itutinga (LC-004A). A) Imagem em polarização paralela mostrando textura granolepidoblástica; B) Imagem	

em polarização cruzada mostrando minerais essenciais: plagioclásio (pl), quartzo (qz) e biotita (bt). C) Aglomerado máfico formado por biotita (bt) e epidoto (ep).....	94
Figura 75 – Fotomicrografia de lâmina delgada dos xenólitos anfibolíticos no ortogneisse Itutinga (LC-23A). A) Imagem em polarização paralela mostrando textura nematoblástica marcada por cristais de anfibólio orientados segundo a foliação e pelo plagioclásio fortemente substituído por epidoto. B) Imagem em polarização paralela mostrando a associação entre o anfibólio e cristais subédricos de titanita. C) Detalhe de um cristal de anfibólio com clivagem típica formando planos de 120° entre si.	94
Figura 76- Diagramas de Harker para as rochas do ortogneisse Itutinga.....	98
Figura 77 - Diagramas multielementares. A) Elementos normalizados para o manto primitivo (McDonough & Sun, 1995); B) Elementos terras raras normalizados pelo condrito (Boynton, 1984).	98
Figura 78 - Classificação do ortogneisse Itutinga segundo mineralogia normativa. A) Diagrama ternário, normativo Ab-Na-Or (O’Connors 1965). B) Diagrama para classificação de <i>trend</i> trondhjemítico Na-K-Ca de Barker & Arth (1976).	99
Figura 79 – Diagrama de Martin (1986) $Yb(n) \times La/Yb(n)$ para as amostras do ortogneisse Itutinga.	99
Figura 80 - Diagramas de classificação para as rochas do Itutinga Frost <i>et al.</i> (2001).....	100
Figura 81 - Diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce (1984).....	101
Figura 82 - Diagrama ternário proposto por Laurent <i>et al.</i> (2014) para classificação do tipo de fonte.....	101
Figura 83- Mudanças no comportamento de deformação de agregados quartzo-feldspáticos com a profundidade. À direita, um gráfico de profundidade-resistência com segmentos frágeis (linha reta) e dúcteis (linha curva) de quartzo e feldspato é mostrado. Em graus muito baixos, tanto o quartzo quanto o feldspato são frágeis, mas o feldspato é o mineral mais fraco. Em condições de baixo a médio grau, o quartzo se deforma por fluência e o feldspato apresenta a forma de <i>augens</i> . Em alto grau, o feldspato e o quartzo se deformam por fluência e formam fitas (Passchier & Trouw, 2005).....	106

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de pontos com coordenadas, elevação e unidade litológica. Ortognaisse Itt = Ortognaisse Itutinga e Metagranitoide Rdc = Metagranitoide Represa de Camargos. ...	35
Tabela 2 - Listagem das lâminas petrográficas coletadas com o código (ID), litologia e coordenadas.....	38
Tabela 3 - Listagem das lâminas petrográficas estudadas com o código (ID), litologia e coordenadas.....	39
Tabela 4 – Roteiro de descrição petrográfica seguido na presente monografia.	40
Tabela 5 - Granulação de rochas ígneas segundo Williams <i>et al.</i> (1970).	45
Tabela 6 - Classificação do índice de cor segundo Le Maitre (2002).	45
Tabela 7 - Classificação textural de rochas ígneas baseada nas relações de tamanho entre seus minerais segundo Williams <i>et al.</i> (1970).	46
Tabela 8 - Abreviações dos minerais utilizadas nas fotomicrografias e imagens de catodoluminescência e de elétrons retroespalhados em MEV segundo Warr (2021).	48
Tabela 9 – Principais corpos rochosos do Cinturão Mineiro e suas características gerais. Modificado de Silva <i>et al.</i> (2020).	56
Tabela 10 - Eventos metamórficos registrados no Cinturão Mineiro (Ávila <i>et al.</i> , 2008).	60
Tabela 11 - Idade das sequências metavulcanossedimentares do Cinturão Mineiro (compilado por Neves, 2022).	59
Tabela 12 – Análise modal das amostras do ortognaisse Itutinga. Pl – Plagioclásio; Qz – Quartzo; Mcc – Microclínio; Bt – Biotita; Ep – Epidoto. Dados em porcentagem.....	80
Tabela 13 – Composição química (% massa), número de átomos (base de 32 O) e percentagem de ortoclásio-albita-anortita (Deer <i>et al.</i> , 2013) de grãos de plagioclásio das rochas do ortognaisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.....	120
Tabela 14 - Composição química (óxidos em % massa) e número de átomos da biotita calculado através do método de Li et al. (2021) do ortognaisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.	120
Tabela 15 - Composição química (% massa), número de átomos (base de 32 O) e percentagem de ortoclásio-albita-celsiana (Deer <i>et al.</i> , 2013) de grãos de feldspato potássico das rochas do ortognaisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS....	131
Tabela 16 - Análise modal em porcentagem das amostras dos veios graníticos hololeucocráticos.....	91
Tabela 17 - Análise modal das amostras do xenólito de biotita gnaisse em porcentagem.....	93

Tabela 18 – Porcentagem da análise modal das amostras dos xenólitos anfibolíticos no ortognaisse Itutinga.	94
Tabela 19 – Dados das análises químicas para elementos maiores em óxido (% peso) e razão entre elementos das rochas do ortognaisse Itutinga.	95
Tabela 20 – Norma CIPW das rochas do ortognaisse Itutinga calculada a partir dos dados da tabela 14.	95
Tabela 21 - Composição química de rocha total dos elementos menores e traços (ppm) das rochas do ortognaisse Itutinga. Abaixo do limite de detecção (<) e não analisado (-). ..	96
Tabela 22 – Dados das análises químicas de rocha total para elementos terras raras (em ppm). Não analisado: -.....	97
Tabela 23 - Correlação das unidades descritas por cherman (2004) com as unidades mapeadas no presente trabalho.	102
Tabela 24 - Características de campo, petrográficas e mineralógicas dos corpos metaígneos félsicos cartografados.....	105
Tabela 25- Comparação de dados isotópicos, geoquímicos, metamórficos e estruturais do arco Serrinha com o ortognaisse Itutinga.....	109

1 INTRODUÇÃO

A formação e evolução do planeta Terra tem sido uma questão importante para o conhecimento dos processos internos e externos, bem como para o entendimento da espécie humana. Grandes expoentes da filosofia como Tales de Mileto (625-548 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Leonardo da Vinci (1452-1519) tiveram obras dedicadas ao tema e, mais recentemente, geólogos, químicos e físicos de várias partes do mundo focaram suas pesquisas justamente para compreender os mecanismos de formação do planeta, em especial o desenvolvimento da crosta terrestre ou continental (Brown *et al.*, 2020; Condie, 2018; Kusky, 2020; Teixeira *et al.*, 2015a; Turner *et al.*, 2020).

O Planeta Terra tem cerca de 4,6 Ga (Paterson, 1956) enquanto a evolução da crosta continental registra cerca de 4,4 bilhões de anos em grãos de zircão detrítico (Wilde *et al.*, 2001). Entretanto o registro dessa evolução não é contínuo e os modelos mais recentes estimam que aproximadamente dois terços do volume atual da crosta continental foram extraídos do manto antes de 2,5 Ga (Figura 1).

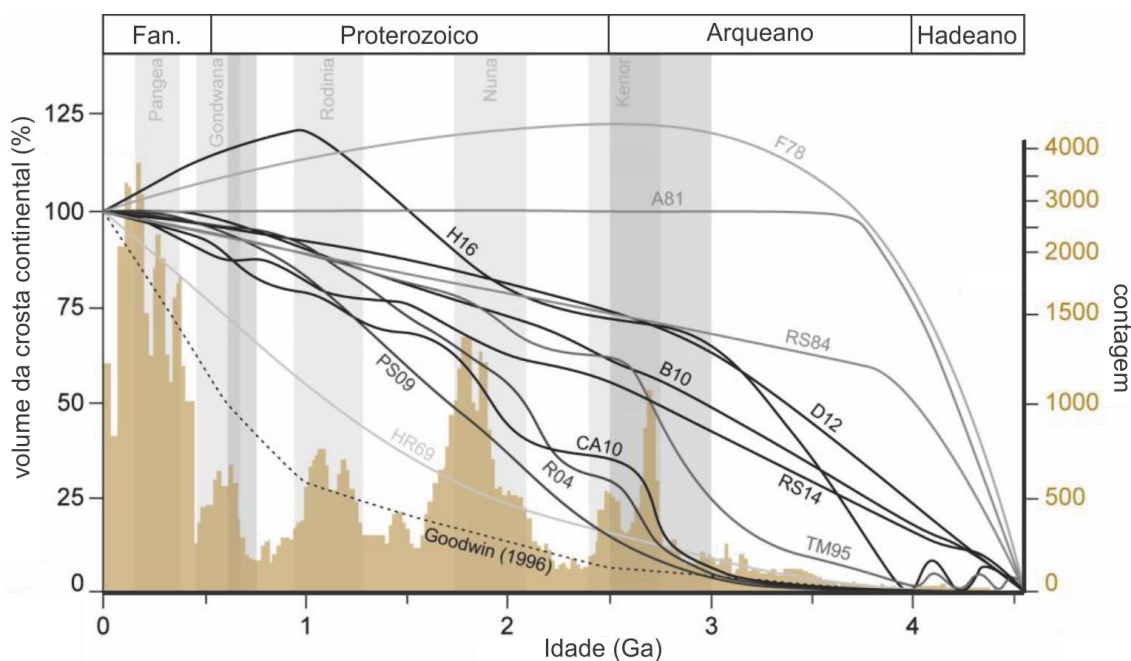


Figura 1 - Modelo de crescimento da crosta continental. Taxa de formação de crosta continental (linhas em negrito) plotados contra histograma de idades de zircão detrítico por U-Pb (> 95% concordantes, n = 100.445) segundo dados de Voice *et al.* (2011). Figura adaptada de Albert (2017).

O principal registro geológico presente nos crátons arqueanos são os TTGs (tonalitos, trondhjemitos e granodioritos), sigla utilizada por Jahn *et al.* (1981) em referência a rochas plutônicas de composição sódica. Esses frequentemente aparecem como ortognaisses ou migmatitos e, muitas vezes, são designados como complexos de “gnaisses cinzas” devido à

dificuldade de serem cartografados e separados em mapa de outros corpos, mesmo daqueles com características distintas.

A caracterização petrográfica e o estudo geoquímico correspondem as melhores ferramentas para definirmos um corpo ígneo plutônico como um TTG, pois esses devem apresentar composição tonalítica no diagrama QAP, bem como índice de cor inferior a 10% (Streckeisen, 1976). Plotam, ainda, no campo dos tonalito-trondhjemitos (Figura 2a) no diagrama de feldspatos normativos (O'Connor, 1965), são ricos em sílica (comumente $\text{SiO}_2 > 70\%$ em peso) e em sódio ($\text{Na}_2\text{O} > 3,0\%$ em peso) e pobres em K_2O com razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 0,5$ (Barker, 1979) plotando fora do trend cálcio-alkalino no diagrama Ca-Na-K (Figura 2b).

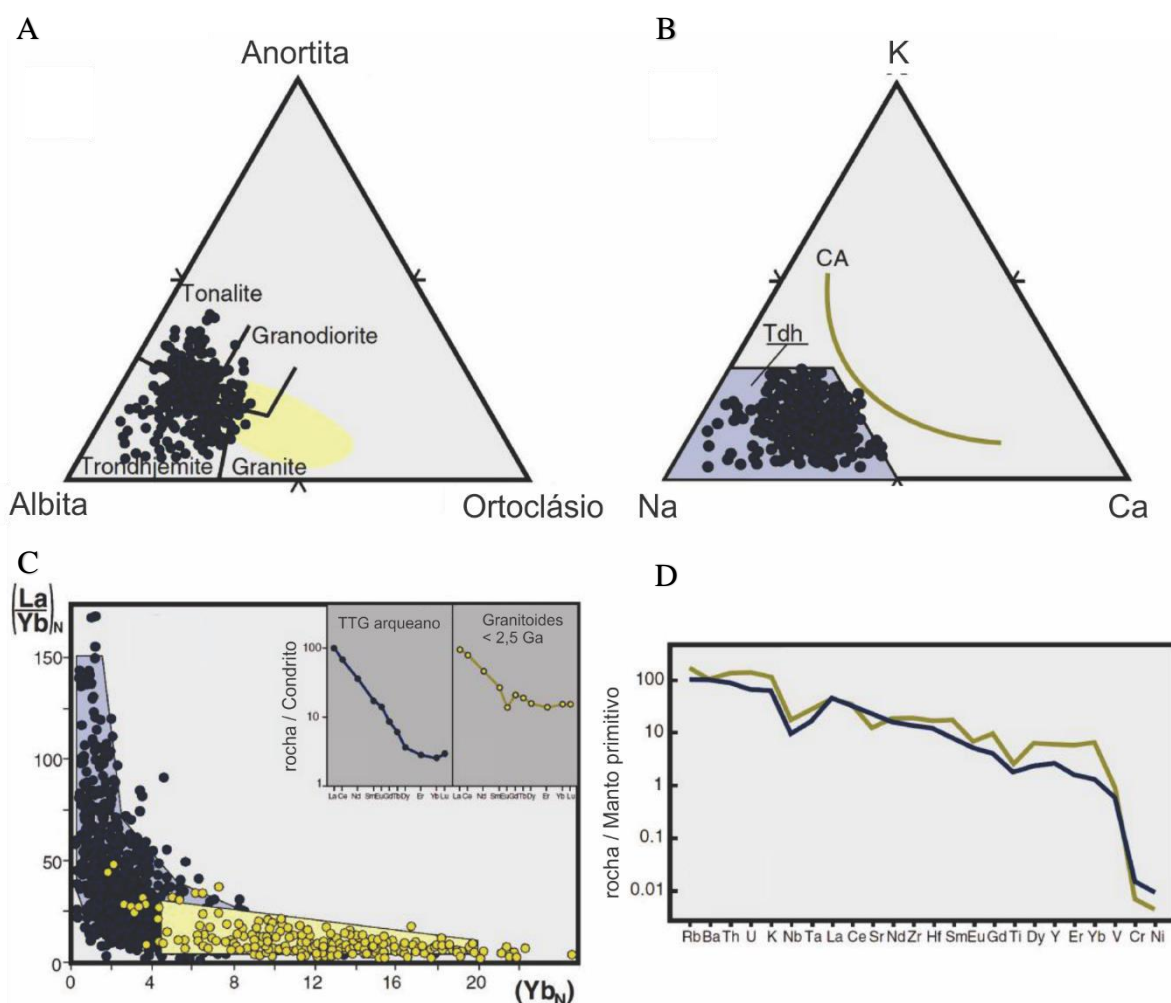


Figura 2 – Diagramas geoquímicos mostrando as características dos TTGs (pontos e linhas azuis) e dos granitoides pós 2,5 Ga (campo, pontos e linhas amarelas). A) Diagrama ternário Ab-An-Or (O'Connor, 1965) com os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga. B) Diagrama ternário K-Na-Ca para os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga mostrando que os dois conjuntos apresentam evolução distinta; C) Diagrama $(\text{La}/\text{Yb})_N$ vs. Yb_N mostrando diferenças entre os TTGs e os granitoides pós 2,5 Ga, bem como os padrões distintos dos ETR (TTGs - baixo ETRP, padrão fortemente fracionado; granitoides pós-2,5 Ga – alto ETRP, moderadamente fracionado); D) Padrão de elementos menores para TTGs e para a crosta continental moderna normalizados para o manto primitivo. Diagramas de Moyen & Martin (2012).

Os TTGs podem variar de metaluminosos a levemente peraluminosos ($1,0 < A/CNK < 1,1$), apresentam baixos teores de óxidos de ferro, magnésio, manganês e titânio ($FeO + MgO + MnO + TiO_2 \leq 5\%$ em peso), são enriquecidos em elementos terras raras leves (ETRL) e empobrecidos em elementos terras raras pesadas (ETRP), além de exibirem elevada razão La/Yb (Figura 2c), anomalias negativas de Nb-Ta e Ti (Figura 2d) e ausência de anomalias significativas de Sr e Eu (Moyan & Martin, 2012).

Em relação a sua gênese, os TTGs são geralmente aceitos como produtos de fusão parcial do manto, que gera um magma basáltico que ao solidificar gera uma rocha basáltica (Figura 3 – etapas 1 e 2). Uma segunda fusão parcial, agora de uma rocha basáltica (Figura 3 – etapa 2), gera um magma tonalítico e um resíduo rico em granada + hornblenda + clinopiroxênio + ilmenita (Figura 3 – etapa 3). Esse magma tonalítico evolui por cristalização fracionada para um magma precursor de um corpo da suíte TTG e gera um cumulado máfico rico em hornblenda + ilmenita \pm plagioclásio (Figura 3 – etapa 4).



Figura 3 - Processos do mecanismo de produção de TTGs. Hbl – hornblenda; Grt – granada; Pl – plagioclásio; Cpx – clinopiroxênio; Ilm – ilmenita. Modificado de Martin (1993).

Entretanto, a transição entre o Arqueano e o Paleoproterozoico marca uma significativa mudança global na natureza dos corpos ígneos. A composição química das rochas ígneas félsicas passa de sódica ($Na_2O/K_2O \sim 2$) para potássica ($Na_2O/K_2O \sim 1$), que é acompanhada da diminuição da razão La/Yb e Eu/Eu^* e do fracionamento dos ETRP em relação aos ETRL (Figura 4). Com isso, do Paleoproterozoico até o recente, as sequências cálcio-alcálicas expandidas BADR (basaltos-andesitos-dacitos-riolitos) passaram a predominar amplamente (Moyan & Martin, 2012).

Além disso, pode-se notar que registros magmáticos do início do Paleoproterozoico são escassos (Figura 1) e, por esse motivo, Condie *et al.* (2009) propuseram um evento de aproximadamente 250 Ma (designado de *magmatic lull*) que seria marcado pela baixa atividade

tectônica e pela escassez de geração de crosta juvenil. Esse intervalo estaria associado a diminuição ou ausência de vulcanismo juvenil e do crescimento da crosta continental.

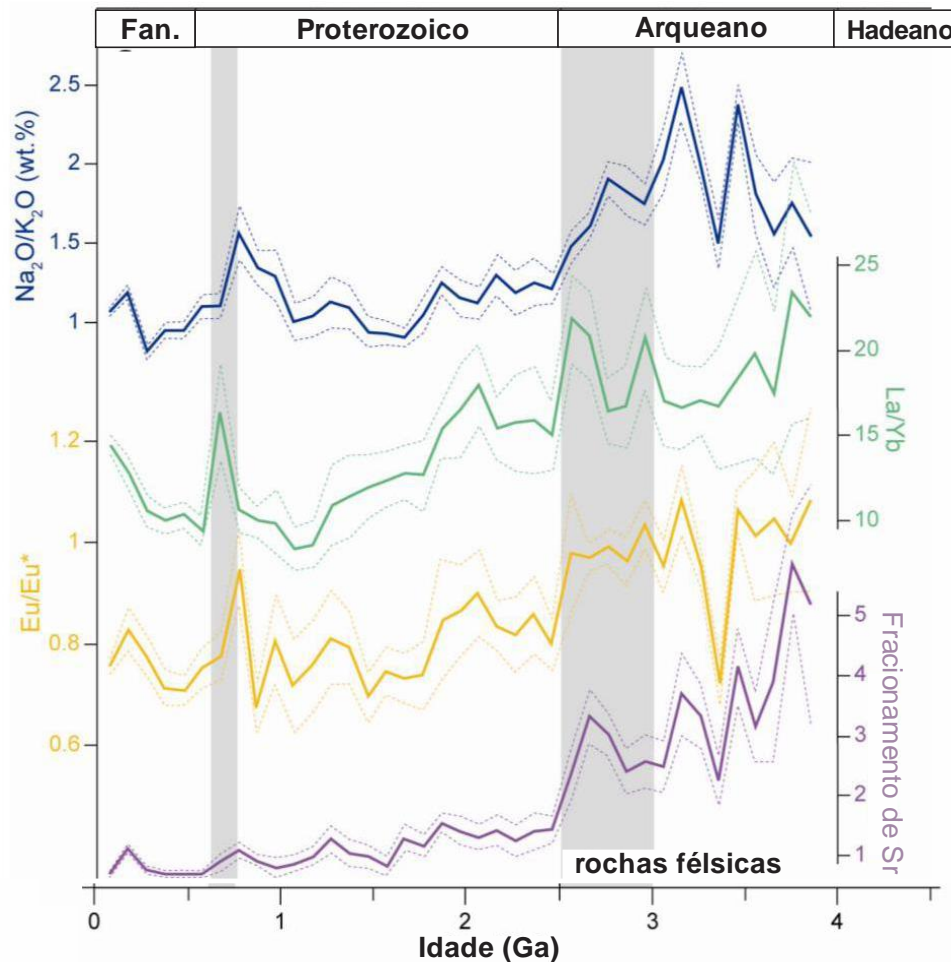


Figura 4 - Evolução composicional de corpos ígneos félsicos ao longo do tempo. Dados de Keller & Schoene (2012) modificados por Albert (2017). São destacados períodos de transição nas fronteiras Arqueano-Proterozoico e Proterozoico-Fanerozoico em cinza.

Contudo, recentemente, ocorrências de magmatismo juvenil associado ao início do Paleoproterozoico (2,45–2,2 Ga) vem sendo relatadas sucessivamente no Cinturão Arrowsmith (cráton Rae, Canadá), no Orógeno Transnorte da China (Cráton Norte, China) e no Cinturão Mineiro (Cráton do São Francisco, Brasil) (Partin *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2015a; Barbosa *et al.*, 2019; Wang *et al.* 2021). A proposta mais aceita na atualidade propõe que a escassez de rochas entre 2,4-2,2 Ga estaria associada principalmente a problemas em termos de preservação crustal e de amostragem geográfica (Partin *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o Cinturão Mineiro (Figura 5) possui uma evolução geológica policíclica associada a colagem de pelo menos quatro arcos magmáticos paleoproterozoicos, designados de Cassiterita, Resende Costa, Serrinha e Ritópolis (Araújo *et al.*, 2019). Os dois primeiros arcos estão associados ao Sideriano e são juvenis (Teixeira *et al.*, 2015; Barbosa *et*

al., 2019), enquanto o Arco Serrinha é Riáciano e juvenil e o Arco Ritápolis é Riáciano e crustal (Ávila *et al.*, 2010; 2014; Neves *et al.*, 2023). Portanto, está região torna-se relevante na investigação de possíveis mudanças geodinâmicas que ocorreram durante esse período.

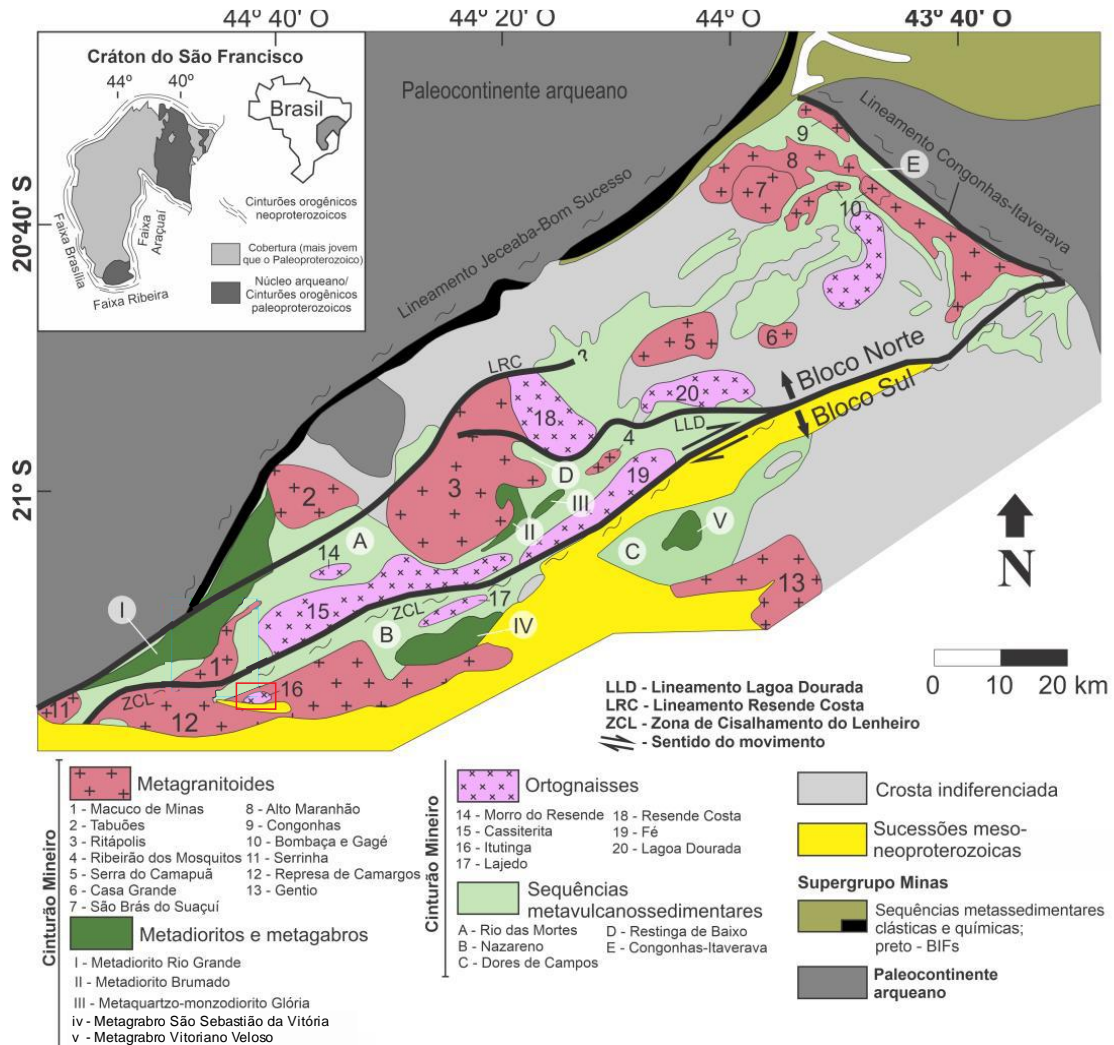


Figura 5 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro com os principais corpos ígneos, metamórficos e as sequências supracrustais. Localização da área de estudo destacada pelo retângulo vermelho. Principais zonas de cisalhamento: Adaptado de Neves (2012).

Cherman (2004) propôs uma unidade denominada “ortognaisses velhos” localizada entre as cidades de Itutinga e Nazareno e a interpretou como parte integrante da história do Cinturão Mineiro. A partir do estudo da evolução de chumbo em monocristal de zircão a autora obteve idade mínima de cristalização de 2202 ± 5 Ma para essa unidade. Entretanto, a escala de mapeamento não foi suficiente para delimitar com exatidão os limites dos corpos descritos como “ortognaisses velhos”, unidade a qual está inserida o ortognaisse Itutinga, principal objeto de estudo deste trabalho.

2 OBJETIVOS

Visando contribuir para a evolução do conhecimento do Cinturão Mineiro, esse trabalho tem como objetivo a individualização do ortognaisse Itutinga através da cartografia geológica na escala de 1:12.500 e descrição de feições de campo, acompanhado da caracterização mineralogia, petrográfica e geoquímica do corpo.

3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área investigada no presente estudo está localizada no sul do estado de Minas Gerais, possui aproximadamente 20 km² e encontra-se inserida na folha topográfica Itutinga (SF-23-X-C-I-4) do IBGE, de escala 1:50.000 (Figura 6A). Essa é delimitada pelas latitudes 7644000 e 7647000 e longitudes 532000 e 537000 UTM e abrange tanto a porção à norte, quanto à sul da rodovia BR-265, que liga as zonas urbanas das cidades de Itutinga e Macuco de Minas (Figura 6B).

Os principais afloramentos estão bem próximos a zona urbana da cidade de Itutinga, portanto existem diversas estradas que servem como acesso a área estudada.

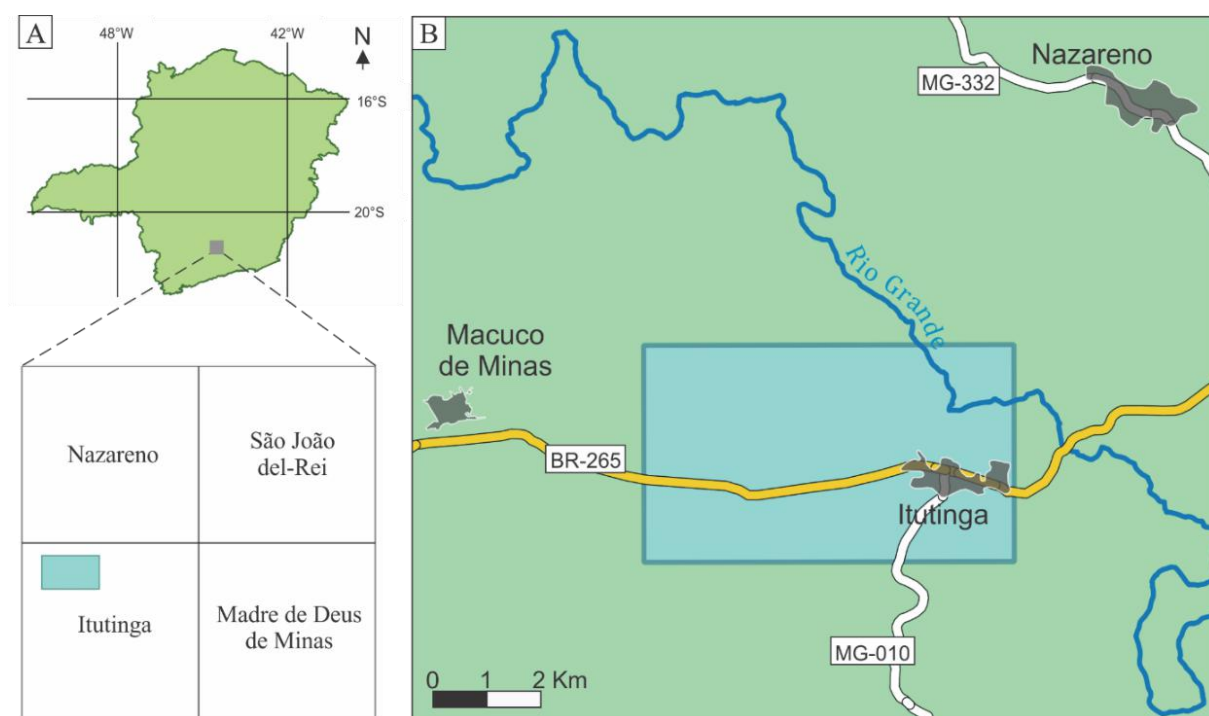


Figura 6 - Localização da área de estudo. A) No estado de Minas Gerais com destaque para o polígono com articulação das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE. B) Localização da área de estudo (polígono azul) em relação a cidade de Itutinga (Google Maps 2024).

Tendo como ponto de partida a cidade do Rio de Janeiro, o trajeto é realizado pela BR-040, passando pelos municípios de Petrópolis, Três Rios, Juiz de Fora, Santos Dumont e Barbacena, onde segue-se pela BR-265 até Itutinga, passando pelas cidades de Barroso, São João del Rei, São Sebastião da Vitória e Nazareno (Figura 7). A partir de Itutinga, diversos acessos podem ser utilizados como estradas secundárias, trilhas e caminhos.

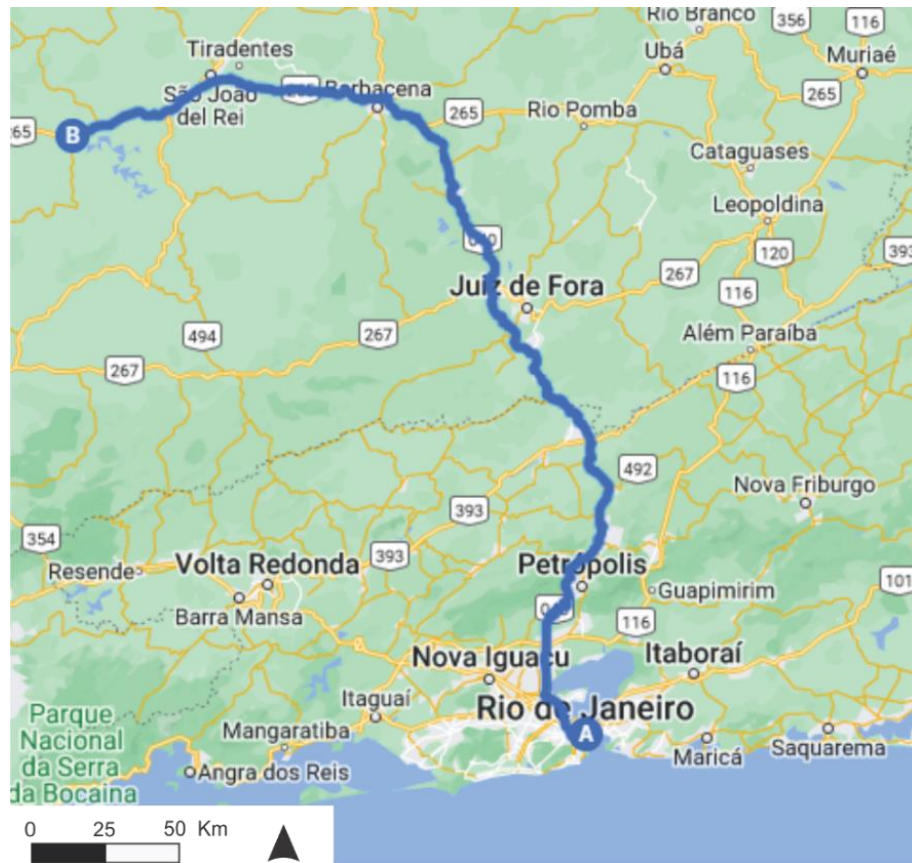


Figura 7 - Trajeto utilizado para acessar a área estudada, partindo-se da cidade do Rio de Janeiro (ponto A) e passando pelas rodovias BR-040 até a cidade de Barbacena e BR-265 em direção à Itutinga (ponto B) (Google Maps, 2024).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho adotada neste estudo envolveu diversas etapas, que de forma integrada objetivaram o mapeamento geológico e a caracterização mineralógica, petrográfica e geoquímica do ortognaisse Itutinga. Os métodos e técnicas utilizados estão descritos nos tópicos que vêm a seguir e estão resumidos no fluxograma da Figura 8.

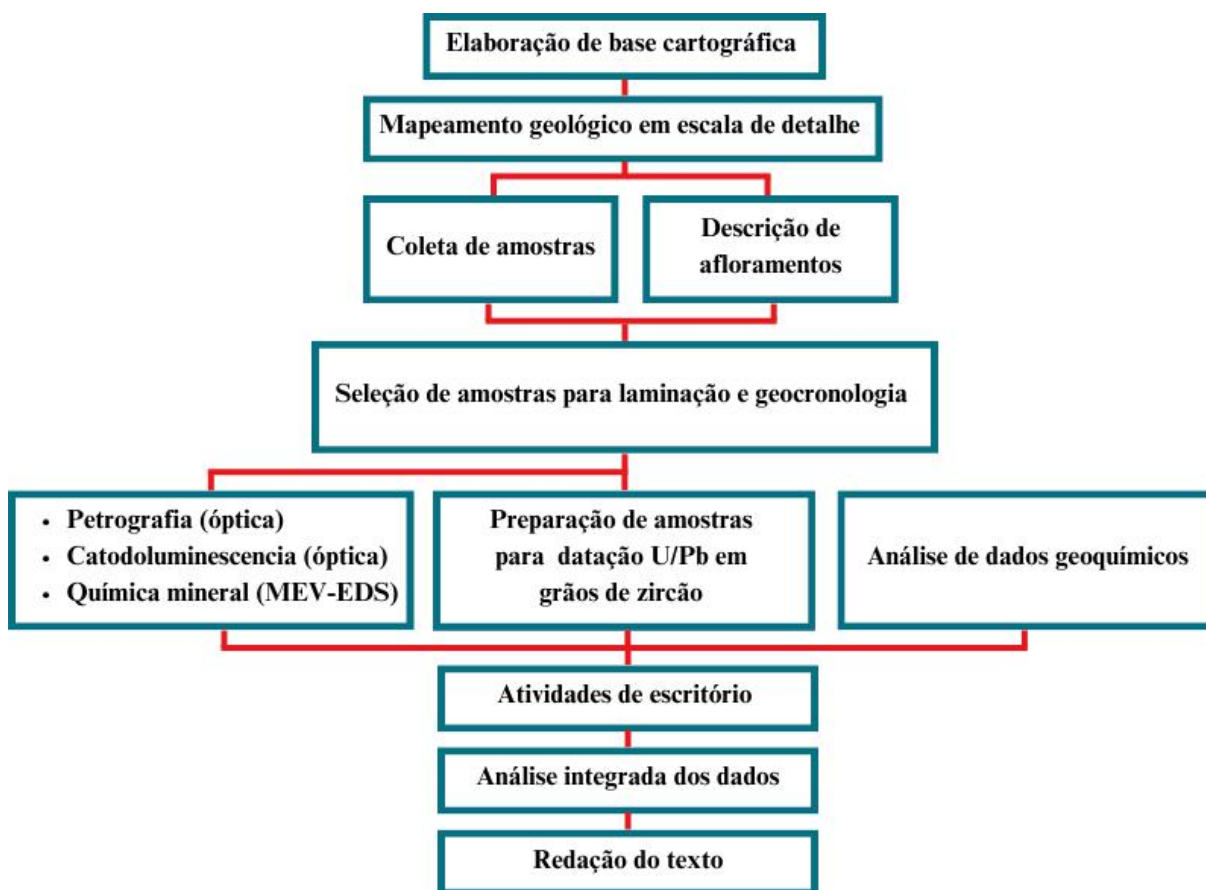


Figura 8 - Fluxograma contemplando cada etapa e a ordem para a realização deste estudo.

4.1 Elaboração de mapas

Os mapas de campo e escritório foram gerados em escala de detalhe (1:12.500) para uma área de cerca de 20 km². Anteriormente, Quéméneur *et al.* (2003) e Ávila *et al.* (2019) publicaram mapas geológicos envolvendo essa área nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000, consideradas como ineficientes para elucidar a problemática existente, referente ao tamanho e as relações de campo entre o ortognaisse Itutinga e as rochas que ocorrem ao seu redor. Visando resolver essa problemática, a escala escolhida nesse trabalho foi de maior detalhe e permitiu uma visão mais clara das relações do referido ortognaisse com as rochas que ocorrem ao seu redor.

Para a elaboração do mapa foi utilizado o Qgis 3.30, *software* de sistema de informação geográfica (SIG), no qual todos os dados estão georreferenciados no sistema de coordenadas

Universal Transversa de Mercator (UTM) sob o *datum* SIRGAS 2000. Optou-se por utilizar como base cartográfica um modelo digital de elevação com pixel de 30 metros do *projeto Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), da Agência Espacial Norte Americana (NASA). Drenagens e estradas também foram traçadas no software, por meio de comparação com as imagens de satélite do *Google Earth*. Ao fim dessa etapa foi confeccionado um mapa de campo e um de escritório na escala de 1:12.500.

4.2 Mapeamento geológico e coleta de amostras

Foram realizadas duas campanhas de campo que totalizaram sete dias de trabalho, tendo sido coletadas 69 amostras (Tabela 1) dos 110 pontos visitados. A cartografia geológica foi realizada tendo como base mapas topográficos na escala de 1:12.500 (Anexo I – Mapa geológico), sendo que os pontos de campo foram localizados com auxílio do receptor de GPS *Garmin Etrex 10* sob o *Datum* WGS 84 e a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) zona 23 S. Todos os dados coletados foram organizados em uma planilha no *software Excel* 2019 (Anexo II – Tabela de pontos).

Cada ponto recebeu um código composto da sigla “LC” seguida de um número sequencial de três dígitos (Ex.: LC-001), com exceção de pontos visitados que já haviam sido cartografados em trabalhos prévios. Neste caso, utilizou-se a sigla original. Quando há mais de uma amostra para o mesmo ponto são adicionadas letras em ordem alfabética ao final do código (Ex. LC-001-A, LC-001-B).

A descrição dos aspectos de campo seguiu um roteiro que consistiu basicamente em: identificação e descrição dos afloramentos (saprólito, bloco, lajedo), das litologias aflorantes (índice de cor, textura, granulação, estrutura, mineralogia e grau de alteração) e das relações entre essas e seus enclaves (forma, tipo de contato, granulação, estrutura, mineralogia). Parte dessas feições foram descritas com auxílio de lupa com aumento de 10x, canivete e imã, enquanto os dados estruturais foram medidos com auxílio da bússola DQL 2-A (tipo *Clar*) e são apresentados na forma *dip e dip direction*.

Com base nas observações de campo, foram ainda confeccionados croquis esquemáticos, acompanhados de fotos de detalhe, visando facilitar o entendimento das principais relações observadas (Figura 9). Em alguns afloramentos, as fotografias foram detalhadas e as feições marcadas nas mesmas para destaque.

Tabela 1 – Pontos com coordenadas, elevação e unidade litológica. Ortognaisse Itt = Ortognaisse Itutinga e Metagranitoide Rdc = Metagranitoide Represa de Camargos.

ID	X	Y	Z	Unidade	ID	X	Y	Z	Unidade
LC-001	535731	7644623	986	Ortognaisse Itt	LC-056	535548	7644066	1012	Metaultramáfica
LC-002	535737	7644595	988	Ortognaisse Itt	LC-057	535596	7644043	1015	Serra do Ouro Grosso
LC-003	535772	7644608	992	Ortognaisse Itt	LC-058	535655	7644005	1012	Metaultramáfica
LC-004	535789	7644632	991	Ortognaisse Itt	LC-059	535707	7643978	1006	Serra do Ouro Grosso
LC-005	535829	7644626	1005	Ortognaisse Itt	LC-060	535625	7644093	1024	Metamáfica
LC-006	535798	7644597	1004	Ortognaisse Itt	LC-061	535688	7644122		Ortognaisse Itt
LC-007	535754	7644572	1000	Ortognaisse Itt	LC-062	535710	7644014	1014	Metaultramáfica
LC-008	535749	7644527	1013	Ortognaisse Itt	LC-063	535664	7644075	1026	Metamáfica
LC-009	535805	7644531	1014	Ortognaisse Itt	LC-064	535644	7644129	1030	Ortognaisse Itt
LC-010	535874	7644512	1017	Ortognaisse Itt	LC-065	535633	7644152	1029	Ortognaisse Itt
LC-011	535776	7644593	985	Ortognaisse Itt	LC-066	535515	7644129	1009	Ortognaisse Itt
LC-012	535897	7644393	1022	Ortognaisse Itt	LC-067	535521	7644098	1011	Metamáfica
LC-013	535928	7644401	1023	Ortognaisse Itt	LC-068	535473	7644073	1004	Metaultramáfica
LC-014	535991	7644407	1011	Ortognaisse Itt	LC-069	535414	7644073	1000	Metamáfica
LC-015	535914	7644376	1028	Ortognaisse Itt	LC-070	535384	7644097	998	Metamáfica
LC-016	536010	7644358	1012	Ortognaisse Itt	LC-071	535316	7644050	994	Metaultramáfica
LC-017	536119	7644362	991	Ortognaisse Itt	LC-072	535238	7644055	991	Metamáfica
LC-018	536018	7644273	1018	Ortognaisse Itt	LC-073	535148	7644035	984	Metaultramáfica
LC-019	535975	7644261	1025	Ortognaisse Itt	LC-074	535159	7644092	986	Ortognaisse Itt
LC-020	535846	7644275	1035	Ortognaisse Itt	LC-075	535263	7643996	987	Serra do Ouro Grosso
LC-021	535883	7644341	1030	Ortognaisse Itt	LC-076	535408	7644053	999	Serra do Ouro Grosso
LC-022	535868	7644448	1027	Ortognaisse Itt	LC-077	535815	7644039	1002	Metaultramáfica
LC-023	535851	7644430	1027	Ortognaisse Itt	LC-078	535889	7644038	989	Metaultramáfica
LC-024	535692	7644403	1015	Ortognaisse Itt	LC-079	535885	7644005	992	Metaultramáfica
LC-025	535751	7644486	1012	Ortognaisse Itt	LC-080	536011	7644153	978	Ortognaisse Itt
LC-026	535818	7644485	1019	Ortognaisse Itt	LC-081	535811	7643996	999	Serra do Ouro Grosso
LC-027	536255	7644507	979	Metagranitoide RdC	LC-082	534487	7644884	934	Serra do Ouro Grosso

Tabela 1 (continuação) - Pontos de pontos com coordenadas, elevação e unidade litológica. Ortognaisse Itt = Ortognaisse Itutinga e Metagranitoide Rdc = Metagranitoide Represa de Camargos.

ID	X	Y	Z	Unidade	ID	X	Y	Z	Unidade
LC-028	536190	7644500	1008	Metagranitoide RdC	LC-083	534363	7644833	935	-
LC-029	536158	7644460	1007	Metagranitoide RdC	LC-084	535164	7644602	952	Ortognaisse Itt
LC-030	536141	7644521	1013	Metagranitoide RdC	LC-085	535075	7644512	946	Ortognaisse Itt
LC-031	536021	7644489	1001	Metagranitoide RdC	LC-086	535330	7644711	958	Ortognaisse Itt
LC-032	536001	7644449	1007	Metagranitoide RdC	LC-087	535125	7644192	978	Ortognaisse Itt
LC-033	535917	7644486	1009	Metagranitoide RdC	LC-088	535029	7644175	973	Ortognaisse Itt
LC-034	536100	7644547	1005	Metagranitoide RdC	LC-089	535026	7644236	968	Ortognaisse Itt
LC-035	536144	7644575	986	Metagranitoide RdC	LC-090	534858	7644296	961	Ortognaisse Itt
LC-036	535823	7644339	1054	Ortognaisse Itt	LC-091	534757	7644338	966	Ortognaisse Itt
LC-037	535753	7644266	1049	Ortognaisse Itt	LC-092	535011	7644030	982	Metamafica
LC-038	535666	7644229	1038	Ortognaisse Itt	LC-093	534985	7643969	973	Metamafica
LC-039	535725	7644206	1042	Ortognaisse Itt	LC-094	533021	7644149	952	Serra do Ouro Grosso
LC-040	535593	7644200	1029	Ortognaisse Itt	LC-095	533138	7644331	947	Ortognaisse Itt
LC-041	535742	7644293	1042	Ortognaisse Itt	LC-096	533266	7644588	930	Ortognaisse Itt
LC-042	535821	7644372	1039	Ortognaisse Itt	LC-097	533933	7644619		-
LC-043	536569	7644734	954	Ortognaisse Itt	LC-098	533872	7644385		-
LC-044	536236	7644810	961	-	LC-099	533946	7644166		-
LC-045	536007	7644747	963	-	LC-100	532936	7644742	922	Metagranitoide RdC
LC-046	535974	7644706	967	Metagranitoide RdC	LC-101	534492	7645200	955	Metagranitoide RdC
LC-047	535924	7644642	986	Metagranitoide RdC	LC-102	534511	7645352	966	Metagranitoide RdC
LC-048	535826	7644605	986	Ortognaisse Itt	LC-103	534656	7645403	974	Metagranitoide RdC
LC-049	535868	7644696	969	-	LC-104	534726	7645312	971	Metagranitoide RdC
LC-050	535594	7644513	984	Ortognaisse Itt	LC-105	534793	7645268	967	Metagranitoide RdC
LC-051	535517	7644487	-	-	LC-106	534784	7645481	960	Metagranitoide RdC
LC-052	536648	7644640	947	Metagranitoide RdC	LC-107	534969	7645383	949	Metagranitoide RdC
LC-053	536533	7644671	952	Metagranitoide RdC	LC-108	534955	7645639	931	Metagranitoide RdC
LC-054	536403	7644650	956	Metagranitoide RdC	LC-109	535114	7645517	946	Metagranitoide RdC
LC-055	535605	7643951	998	Serra do Ouro Grosso	LC-110	535197	7645422	945	Metagranitoide RdC

4.3 Atividades laboratoriais

4.3.1 Petrografia

Foram confeccionadas 22 lâminas petrográficas em laboratórios externos a partir das amostras coletadas nas campanhas de campo (Tabela 2). Além disso, foram utilizadas 16 lâminas de amostras coletadas em trabalhos anteriores (Tabela 3). A descrição das lâminas petrográficas foi realizada em microscópio petrográfico de luz transmitida *Carl Zeiss* modelo *Axiolab 5* do Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional (Figura 10A), enquanto a captura das imagens foi realizada no mesmo equipamento utilizando-se uma câmera *Axiocam 208 color* (Figura 10B).

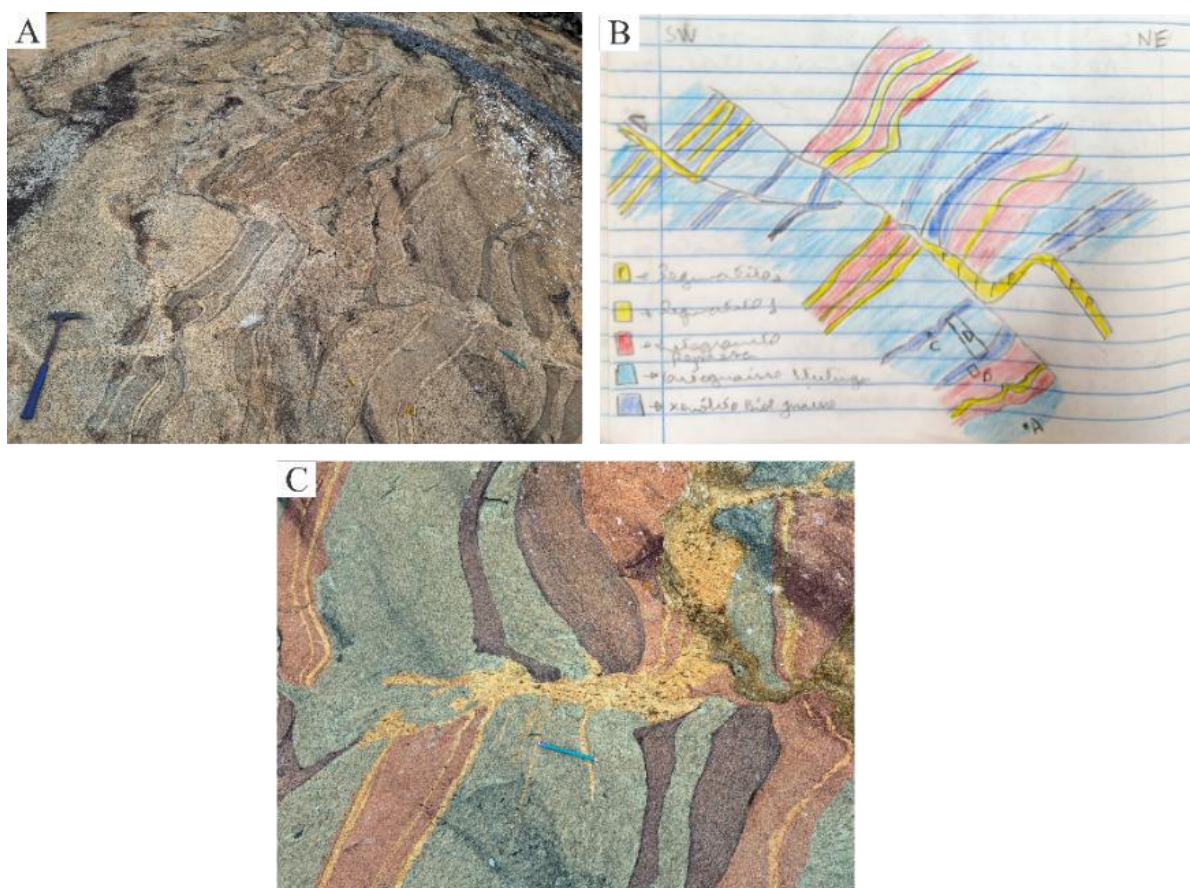


Figura 9 – Imagem de um afloramento do ortogneisse Itutinga acompanhado de croquis esquemáticos de campo e da fotografia colorida. A) Imagem de detalhe do afloramento (sem edições) mostrando o ortogneisse Itutinga sendo cortado por diferentes gerações de diques do metagranitoide Represa de Camargo e de veios de pegmatitos, além da presença de enclaves de gnaisses escuros. B) Croqui de campo indicando as relações entre as rochas e os locais de onde foram retiradas as amostras para a confecção de lâminas petrográficas. Significado das cores no croqui. C) Foto de campo em maior detalhe de parte do afloramento editada com cores para ressaltar as litologias observadas e as diferenças entre elas (roxo: xenólitos de gnaisses escuros; vermelho: metagranitoide Represa de Camargo; amarelo: pegmatitos)

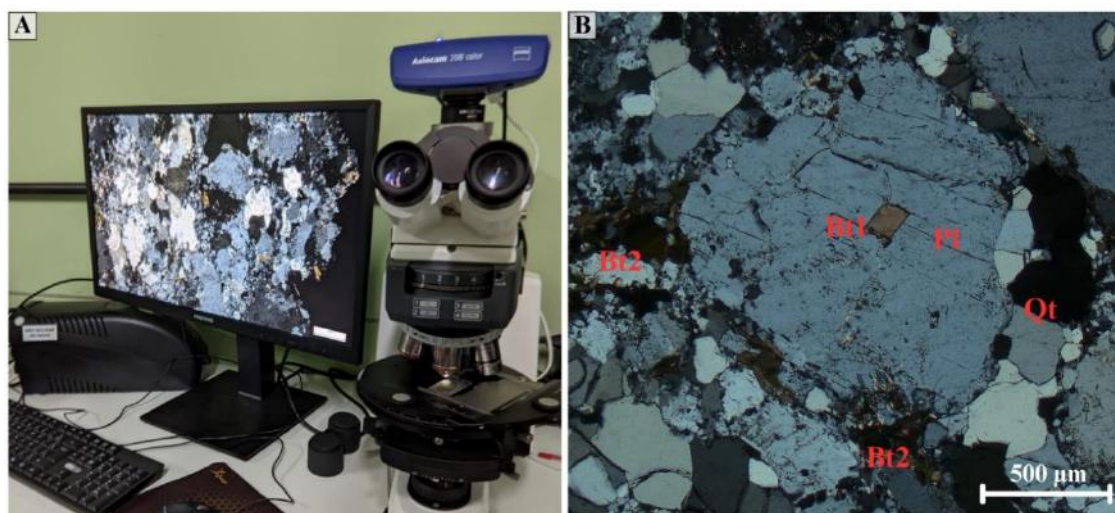


Figura 10 – Equipamento e dados obtidos na petrografia. A) Microscópio petrográfico de luz transmitida Carl Zeiss modelo Axiolab 5. B) Fotomicrografia com polarização cruzada tirada pela câmera Axiocam 208 color.

Tabela 2 - Listagem das lâminas petrográficas coletadas com o código (ID), litologia e coordenadas.

ID	Litologia	Latitude	Longitude	ID	Litologia	Latitude	Longitude
001A	Ortognaisse Itutinga	535731	7644623	LC-28A	Anfibolito (xenólito) no metagranitoide	536190	7644500
001B	Veio hololeucocrático no ortognaisse Itutinga	535731	7644623	LC-29A	Metagranitoide	536158	7644460
003B	Ortognaisse Itutinga	535772	7644608	LC-29B	Veio hololeucocrático no metagranitoide	536158	7644460
004A	Biotita gnaisse (xenólito) no ortognaisse Itutinga	535789	7644632	LC-29C	Veio félsico no metagranitoide	536158	7644460
009A	Ortognaisse Itutinga	535805	7644531	LC-29E	Anfibolito (xenólito) no metagranitoide	536158	7644460
014B	Ortognaisse Itutinga	535991	7644407	LC-30	metagranitoide	536141	7644521
014D	Metagranitoide	535991	7644407	LC-41A	Ortognaisse Itutinga	535742	7644293
014E	Metagranitoide	535991	7644407	LC-41B	Metagranitoide	535742	7644293
017A	Ortognaisse Itutinga	536119	7644362	LC-41D	Biotita gnaisse (xenólito) no ortognaisse Itutinga	535742	7644293
023A	Anfibolito (xenólito) no metagranitoide	535851	7644430				

Tabela 3 - Listagem das lâminas petrográficas estudadas com o código (ID), litologia e coordenadas.

ID	Litologia	Latitude	Longitude
OG-III-47	Biotita gnaiss (xenólito) no metagranitoide Represa de Camargos	532171	7644613
OG-III-48	Metaquartzodiorito (xenólito) no metagranitoide Represa de Camargos	532559	7644731
OG-III-50	Biotita gnaiss (xenólito) no ortognaiss Itutinga	533315	7644585
OG-IV-77	Metagranitoide Represa de Camargos	534735	7645308
OG-IV-85	Biotita gnaiss (xenólito) no metagranitoide Represa de Camargos	534975	7646487
OG-IV-106	Metagranitoide Represa de Camargos	534250	7645722
OG-IV-109	Metagranitoide Represa de Camargos	534984	7645647
OG-V-59	Ortognaiss Itutinga	536144	7644511
VIC-2	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
VIC-3	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
VIC-4	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
VIC-5A	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
VIC-5B	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
ITEV-1B	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
ITEV-2B	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734
ITEV-2C	Ortognaiss Itutinga	536569	7644734

Também foram montados fotomosaicos de cinco lâminas estudadas com nicois paralelos e cruzados através da colagem de várias fotos utilizando-se o *software Kolor Autopano Pro 4.4* (Figura 11) visando facilitar a identificação de mudanças texturais e quantitativas da mineralogia, bem como para ajudar na localização dos minerais para posterior análise em MEV-EDS. Algumas imagens foram editadas com o *software Corel Draw 2018* para destacar algum aspecto textural, estrutural ou mineral da amostra, bem como para incluir uma escala gráfica.

A descrição petrográfica foi realizada segundo um roteiro básico (Tabela 4), que auxilia na identificação da mineralogia, aspectos texturais e estruturais da rocha, assim como no índice de cor, alteração metamórfica ou intempérica dos minerais. Um dos principais pontos da descrição é classificar a amostra no diagrama QAP (Streckeisen, 1976) e assim caracterizar o protólito ígneo.

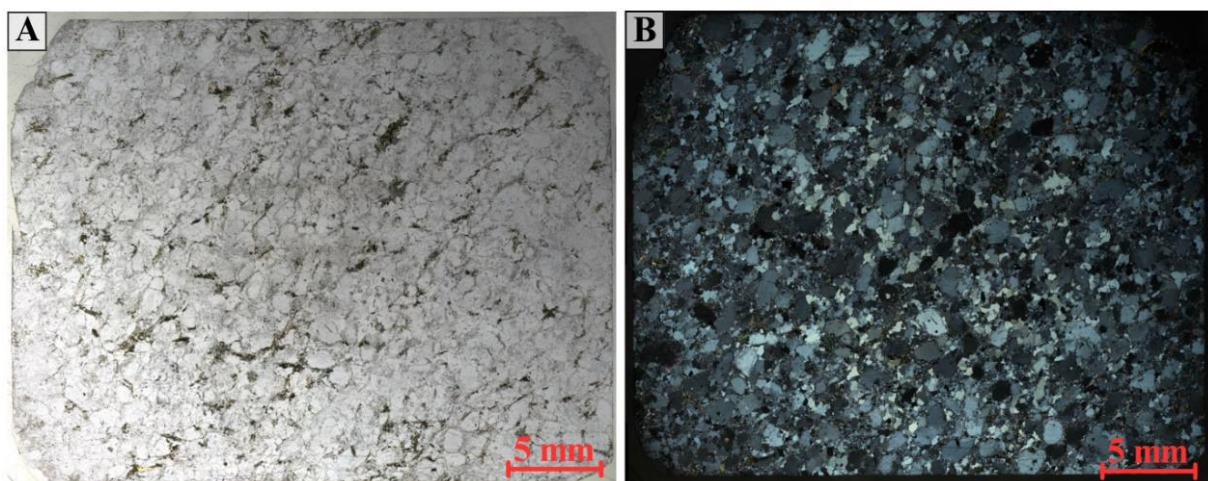


Figura 11 – Exemplo de fotomosaicos de lâminas delgadas. A) Fotomosaico da lâmina LC-1A em polarização paralela (25x). B) Fotomosaico da lâmina LC-1A em polarização cruzada (25x).

Tabela 4 – Roteiro de descrição petrográfica seguido na presente monografia.

Ordem de descrição	Observações
1	índice de cor
2	Granulação
3	Textura / Estrutura
4	Mineralogia principal e acessória
5	Contato, forma e tamanho dos grãos / reações / inclusões /intercrescimentos
6	Ordem de cristalização
7	Classificação do protólito (QAP)

4.3.2 Catodoluminescência óptica

A catodoluminescência óptica consiste na emissão de luz visível por um sólido em resposta a uma interação com um feixe de elétrons. De acordo com Götze (2012), a catodoluminescência em minerais é causada por defeitos em sua estrutura cristalina (vacâncias, bandas defeituosas) ou por incorporação de determinados elementos traço em sua estrutura.

Foram analisadas cinco lâminas do ortognaisse Itutinga tendo como propósito a separação entre feldspatos (plagioclásio e K-feldspato) e a identificação de minerais específicos como apatita e carbonatos. Esse estudo também possibilitou a identificação de elementos texturais anômalos e com isso buscar alvos para análises por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional (DGP/MN), utilizando o equipamento da CITL modelo Mk5 configurado para 10 kV e 248 μ A em vácuo ($< 0,005$ mBar), acoplado a um microscópio *Carl Zeiss* do modelo *Axioscope 5*. As imagens foram capturadas por uma câmera *Carl Zeiss* modelo *Axiocam 506 color* e processadas nos *software Zen 2.8* da *Carl Zeiss* e

CorelDRAW 2018 (Figura 12). Também foram montados fotomosaicos das cinco lâminas estudadas através da colagem de várias fotos utilizando-se o *software Kolor Autopano Pro 4.4* (Figura 13), a fim de facilitar a identificação de mudanças texturais e quantitativas da mineralogia, bem como para ajudar na localização dos minerais para posterior análise em MEV-EDS.

4.3.3 Química Mineral (MEV-EDS)

Lâminas do ortognaisse Itutinga foram analisadas em MEV-EDS no intuito de determinar de maneira semi-quantitativa a composição química de feldspatos, filossilicatos, minerais acessórios e opacos, bem como de pequenas inclusões sólidas (não distinguíveis em microscópio óptico).

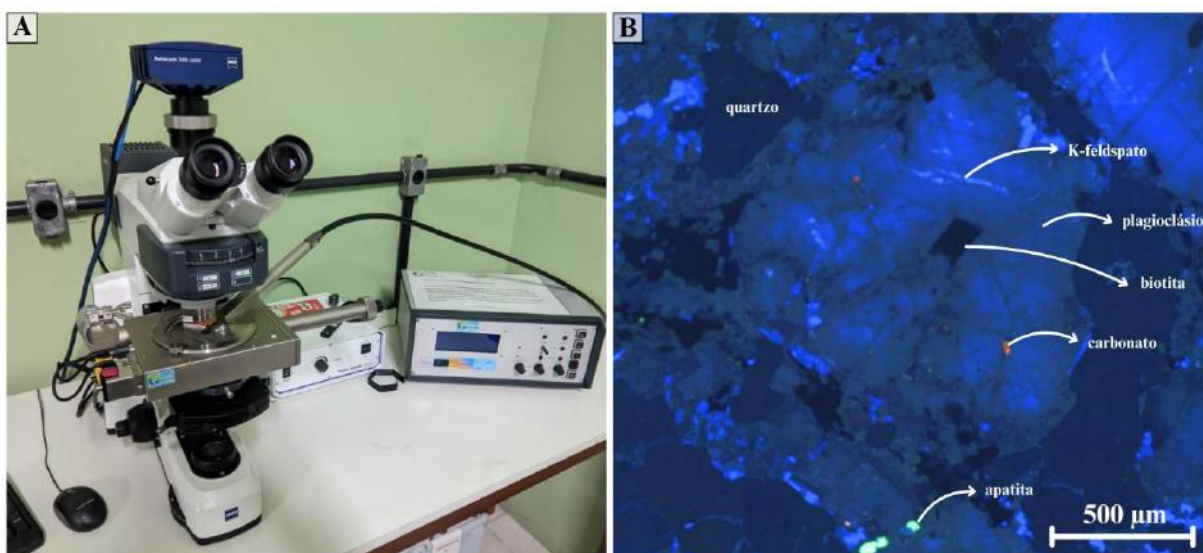


Figura 12 - Equipamento e dados obtidos na catodoluminescência ótica. A) Microscópio petrográfico de luz transmitida *Carl Zeiss* modelo *Axioscop 5* e equipamento de catodoluminescência da CITL modelo *Mk5*. B) Fotomicrografia de fenocristal de plagioclásio da amostra LC-1A. Plagioclásio (cinza claro); Quartzo (cinza escuro); Ortoclásio (azul); Carbonato (laranja); Apatita (verde limão).

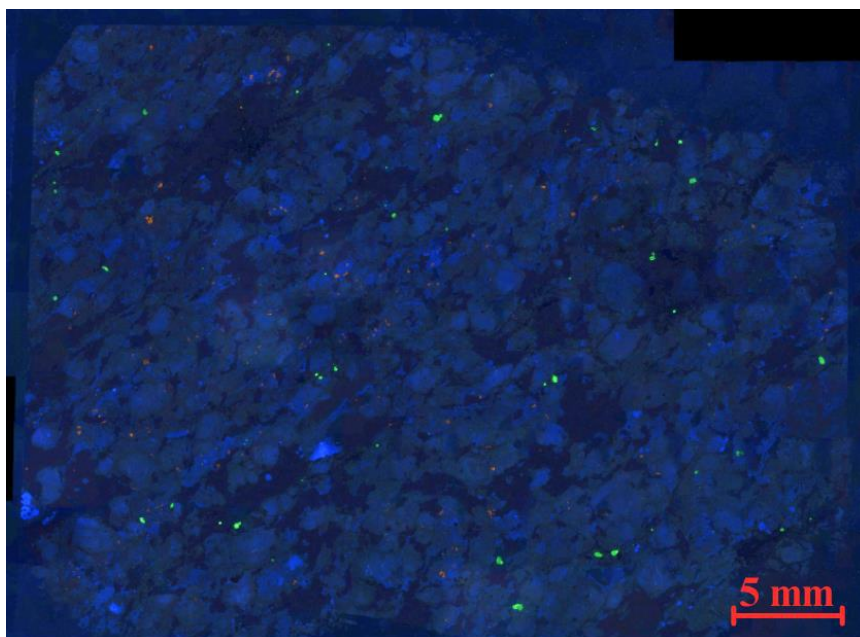


Figura 13 - Fotomosaico de lâmina delgada da amostra LC-17A em catodoluminescência ótica (50x).

As análises foram realizadas em dois equipamentos distintos, ambos do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). O primeiro equipamento corresponde a um Microscópio eletrônico de varredura *FEI Quanta 400*, com espectrômetro *Bruker Quantax 800*, com dois detectores *XFlash 5010* (Figura 14A), e calibração espectral com padrão de Cu, enquanto o segundo a um *Zeiss Sigma 300 VP (field emission gun)* com 2 detectores EDS *Bruker Nano Quantax 400* (Figura 14B).

As seções delgadas foram recobertas por carbono para facilitar a condução de elétrons e as condições das análises foram alto vácuo com distância de trabalho de 11 mm, tempo de análise de 60 segundos, tensão de aceleração dos elétrons de 20 kV, spot size 5 e método de aquisição *precise*. Os dados obtidos foram processados no *software Bruker Analyst ESPRIT* na versão 1.8 para o MEV *FEI Quanta* e versão 2.2 para o MEV *ZEISS*. As imagens de MEV foram geradas por detector de elétrons retroespalhados, onde os tons de cinza mais escuros representam fases compostas por elementos de peso atômico menor e os mais claros elementos de peso atômico maior (Figura 14C).

Também foram montados fotomosaicos (Figura 15) de imagens de elétrons retroespalhados de duas lâminas estudadas (LC-001A e LC-003B) através da colagem de várias imagens adquiridas pelo MEV *ZEISS*, sendo as condições de análises com distância de trabalho de 8 mm e tempo de análise de 10 segundos por pixel. As imagens foram montadas utilizando-se o *software ZEISS Atlas 5*, a fim de facilitar a identificação de mudanças texturais e quantitativas da mineralogia.



Figura 14 – Microscópio eletrônico de varredura e periféricos. A) Equipamento *FEI Quanta 400*, com espectrômetro *Bruker Quantax 800*, detector *XFlash 5010*. B) Equipamento *Zeiss Sigma 300 VP (field emission gun)* com 2 detectores EDS *Bruker Nano Quantax 400*. C) Imagem de elétrons retroespalhados.

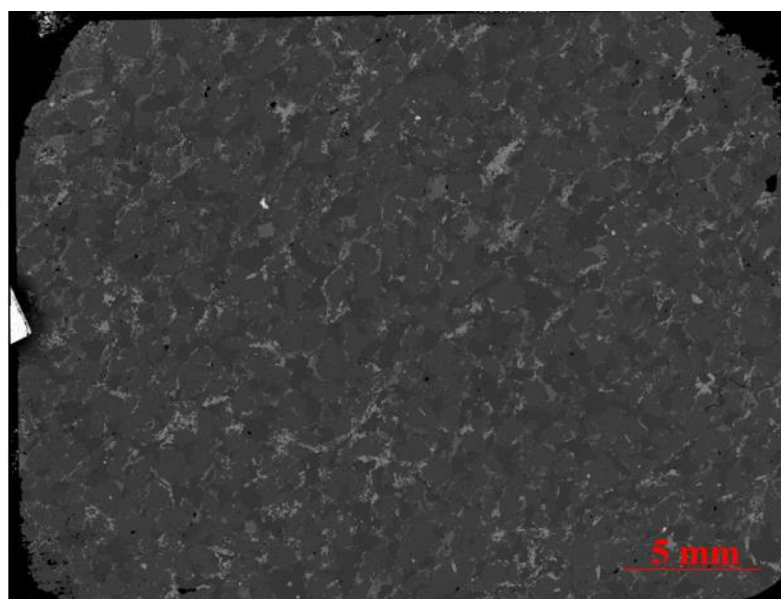


Figura 15 – Fotomosaico de imagens de elétrons retroespalhados (LC-001A).

4.3.4 Preparação de amostra para geocronologia

Visando obter no futuro a idade de cristalização do ortognaisse Itutinga e do metagranitoide Represa de Camargo, foram coletados aproximadamente 15 Kg de fragmentos dos pontos LC-09 e LC-29.

O processamento inicial das amostras foi realizado no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), onde as amostras foram fragmentadas em pedaços de cerca de 10 cm com marreta, lavadas com água e sabão e depois colocadas para secar em temperatura ambiente.

A segunda etapa foi realizada no Laboratório Geológico de Processamento de Amostras (LGPA) da UERJ, onde as amostras foram fragmentadas em um britador de mandíbula (Figura 16A) e depois com o auxílio de um moinho de disco (Figura 16B) as britas foram pulverizadas (Figura 16C). O material pulverizado foi processado em uma mesa concentradora hidrodinâmica (Figura 16D), gerando o concentrado de minerais pesados (Figura 16E).

Posteriormente, o concentrado foi submetido a separação magnética por um ímã de ferrite (Figura 16F), para remoção de minerais ferromagnéticos, e levado para um circuito de decantação em bromofórmio ($D = 2,89 \text{ g/cm}^3$), visando separar os minerais leves ($< 2,89 \text{ g/cm}^3$) dos pesados ($> 2,89 \text{ g/cm}^3$) do concentrado (Figura 16G). Após isso, as amostras foram dispostas no separador magnético isodinâmico Frantz (Figura 16H), onde foram geradas as frações 0,2 A, 0,4 A, 0,5 A, 0,75 A, 1,0 A e 1,5 A (Figura 16I) e um concentrado com os minerais não atraíveis ao Frantz. Por fim, novamente os minerais não atraíveis pelo Frantz foram submetidos em um novo circuito de decantação em iodeto de metileno ($D = 3,32 \text{ g/cm}^3$), no qual a apatita foi eliminada do concentrado (Figura 16J).

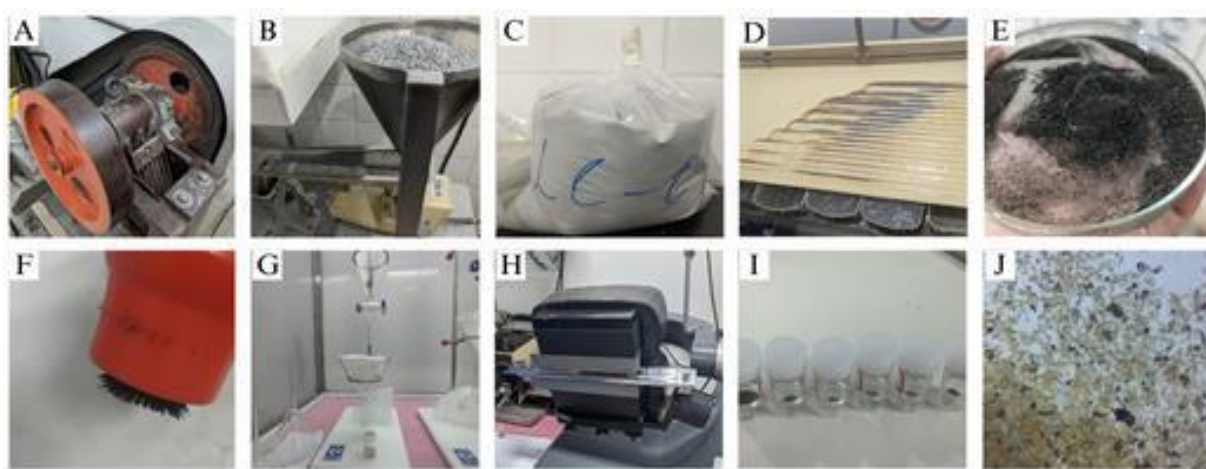


Figura 16 – Preparação de amostra para geocronologia U-Pb em grãos de zircão. A) Britador de mandíbula; B) Moinho de disco; C) Amostra pulverizada; D) Concentração de minerais densos em mesa hidrodinâmica; E) Concentrado de minerais pesados gerado na mesa hidrodinâmica; F) Minerais atraíveis por ímã de ferrite; G) Circuito de separação por densidade com bromofórmio; H) Separador magnético isodinâmico Frantz; I) Frações minerais atraídas por diferentes amperagens do Frantz; J) Concentrado final após a separação por iodeto de metilo com os grãos de zircão.

4.3.5 Atividades de escritório

Nessa etapa foi realizada a compilação dos dados coletados durante o mapeamento geológico e nas etapas laboratoriais. O mapa geológico final foi confeccionado no *software* Qgis 3.3 e as fotografias de detalhe dos afloramentos tiradas em campo foram destacadas no *software* Corel Draw 2018. Os dados estruturais foram trabalhados em diagramas estereográficos no *software* OpenStereo (Grohmann, *et al.*, 2011)

Além disso, também foram analisados dados geoquímicos cedidos pelo orientador no *software* GCDkit. A redação deste texto foi realizada no *software* de edição de texto Microsoft Word 2019.

5 NOMENCLATURA

Esse capítulo tem como objetivo uniformizar terminologias e valores que serão utilizados ao longo deste trabalho para descrever feições geológicas e petrográficas das rochas em questão, no intuito de padronizar os conceitos e facilitar a leitura e interpretação dos mesmos.

5.1 Classificação de rochas ígneas, metaígneas e metamórficas

A classificação utilizada no presente trabalho para as rochas ígneas e metaígneas baseou-se, principalmente, nos seguintes itens: granulação, textura, índice de cor, estruturas, hábito dos cristais, composição mineralógica e grau de alteração.

As rochas ígneas foram classificadas segundo a granulação dos minerais com base nos intervalos propostos por Williams *et al.* (1970), que podem ser observados na Tabela 5. Já o índice de cor foi baseado na proposta de Le Maitre *et al.* (2002), como visto na Tabela 6, sendo considerado como minerais máficos as micas ricas em ferro e/ou magnésio, anfibólio, piroxênio, minerais opacos, zircão, titanita, epidoto e allanita.

Tabela 5 - Granulação de rochas ígneas segundo Williams *et al.* (1970).

Granulação	Tamanho dos cristais
Fina	< 1,0 mm
Média	1,0 mm – 5 mm
Grossa	5 mm – 30 mm
Muito grossa	> 30 mm

Tabela 6 - Classificação do índice de cor segundo Le Maitre *et al.* (2002).

Índice de cor	% de minerais máficos
Hololeucocrático	0 - 10%
Leucocrático	10 - 35%
Mesocrático	35 - 65%
Melanocrático	65 - 90%
Holomelanocrático	90 - 100%

A classificação da textura seguiu o modelo definido por Williams *et al.* (1970), que a subdivide em afanítica e fanerítica, sendo que a última pode ser equigranular, porfirítica ou seriada (Tabela 7). Quanto à morfologia de seus contornos, os minerais podem ser classificados como: euédricos quando apresentam limites dos grãos bem definidos e faces cristalinas regulares; subédricos quando exibem limites dos grãos parcialmente definidos e regulares, sendo que algumas faces cristalinas podem ser irregulares; anédricos quando o contorno do

grão e as faces não são regulares. As texturas baseadas nas relações geométricas entre os grãos minerais também seguiram o padrão sugerido por Williams *et al.* (1970) e correspondem a idiomórfica, quando a maioria dos cristais são euédricos, hipidiomórfica quando há tanto grãos euédricos, como subédricos e anédricos e xenomórfica quando quase todos os constituintes são anédricos.

Tabela 7 - Classificação textural de rochas ígneas baseada nas relações de tamanho entre seus minerais segundo Williams *et al.* (1970).

Textura	Descrição
Afanítica	Maioria dos constituintes não pode ser diferenciada à olho nu
Fanerítica	Constituintes podem ser diferenciados à olho nu
Equigranular	Maioria dos minerais da rocha são equidimensionais
Porfirítica	Fenocristais imersos em matriz de granulação mais fina ou vítrea
Seriada	Cristais apresentam variação de tamanho (diversas modas)

A nomenclatura das rochas com menos de 90% de minerais máficos tem como base o diagrama QAP de Streckeisen (1976). Foi utilizado o termo “granitoide” para representar rochas nas quais não se distinguem álcali-feldspato de plagioclásio e que apresentam entre 20 e 60 % de quartzo modal, relativo ao somatório de quartzo, plagioclásio e álcali-feldspato (Figura 17).

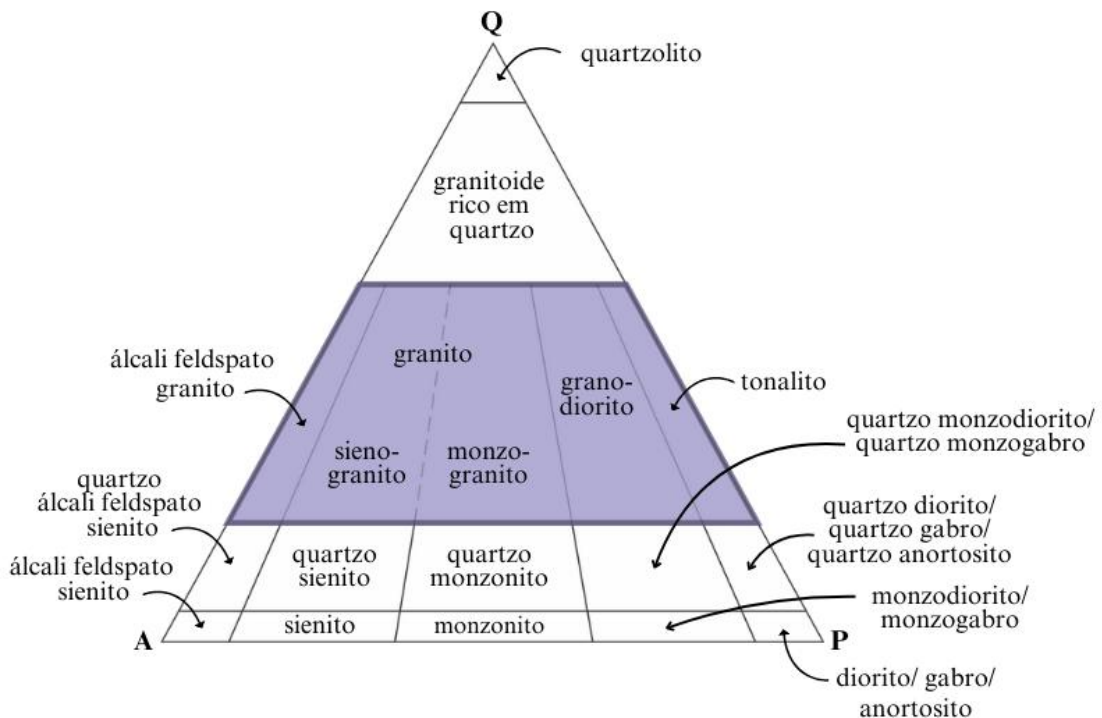


Figura 17 - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) para classificação de rochas plutônicas. Campo dos granitoides em roxo.

Na área estudada, as rochas metaultramáficas correspondem a xistos, foliados, sedosos, que apresentam principalmente talco, clorita, serpentina e minerais opacos, enquanto as rochas metamáficas são anfibolitos, que correspondem a rochas metamórficas foliadas compostas essencialmente por anfibólio e plagioclásio (Le Maitre *et al.*, 2002). Outras rochas metamórficas cuja textura original do protólito não está mais preservada receberam designação específica: (i) Gnaiss: rocha quartzo-feldspática geralmente média a grossa que apresenta algum tipo de estrutura deformacional planar, como foliação secundária e/ou bandamento mineralógico (Yardley, 1989; Yardley *et al.*, 1997); (ii) Migmatitos: rocha heterogênea composta por duas ou mais partes petrologicamente distintas, em que uma delas deve ter sido formada por fusão parcial podendo ou não estar segregada da fase sólida, ocorrendo em terrenos onde as condições metamórficas atingiram fácies anfibolito médio a superior, granulito ou eclogito (Sawyer, 2008); (iii) Milonito: rocha foliada, marcada por intensa recristalização e diminuição da granulação dos seus minerais e que está normalmente, associada a zonas de cisalhamento dúcteis (Fossen, 2010).

5.2 Classificação de enclaves

Enclave é um termo descritivo utilizado para denominar um fragmento litológico envolto por um corpo de origem ígnea, da qual podem diferir diversos aspectos petrográficos, podendo ser mais antigo do que a rocha hospedeira ou contemporâneo a essa.

Utilizou-se a proposta de Didier & Barbarin (1991), que é baseada em aspectos descritivos e, subordinadamente, em aspectos relativos à sua gênese para classificar os enclaves encontrados na área de estudo. São definidos três tipos principais de enclaves, relevantes para o presente estudo: (i) xenólitos (ou xenocristais) utilizados para rocha (ou cristal) pré-existente ao corpo ígneo, geralmente apresentando formas irregulares e contato brusco com a rocha encaixante; (ii) *schlieren* associado a porções alongadas, com forma lenticular e margens gradativas com a rocha encaixante, podendo ser formado por fluxo convectivo ou acumulação de cristais; (iii) autólito que corresponde a fragmentos ou porções de um magma, que foram aprisionadas durante a injeção de novos fluxos do próprio magma. Apresenta contato transicional e formato variável.

5.3 Simbologia para estruturas geológicas

Outros termos adotados são aqueles referentes aos elementos estruturais (dobras, foliações, clivagens, lineações) (Figura 18) e às fases de deformação. Os respectivos símbolos usados foram: D - fase de deformação; S - planos de clivagem, xistosidade, superfície axial das

dobras e foliações em geral; L - lineações: Lm para lineação mineral, Ld para lineação de eixo de dobras e microdobras. Aos termos em questão, são acrescentados índices, indicativos da sucessão cronológica de formação desses eventos, durante os eventos tectônicos ocorridos (D_n , D_{n+1} ; S_1 , S_2 ; L_1 , L_2).







	Contato litológico, inferido quando tracejado
	Foliação metamórfica
	Lineação de estiramento
	Zona de cisalhamento
	Falha de empurrão
	Seção geológica

Figura 18 – Principais simbologias adotadas no mapa geológico elaborado para o presente trabalho.

5.4 Abreviações

No presente trabalho foram adotadas as abreviações (Tabela 8) de minerais propostas por Warr (2021) visando a padronização de sua representação em fotomicrografias em microscópio petrográfico, imagens de catodoluminescência e de elétrons retroespalhados em MEV.

Tabela 8 - Abreviações dos minerais utilizadas nas fotomicrografias e imagens de catodoluminescência e de elétrons retroespalhados em MEV segundo Warr (2021).

Abreviação	Mineral	Abreviação	Mineral	Abreviação	Mineral
Ab	Albita	Cls	Celsiana	Pl	Plagioclásio
Aln	Allanita	Ep	Epidoto	Py	Pirita
Amp	Anfibólio	Hem	Hematita	Qz	Quartzo
An	Anortita	Kfs	K-feldspato	Thr	Thorita
Ap	Apatita	Mag	Magnetita	Ttn	Titanita
Bt	Biotita	Mcc	Microclínio	Zrn	Zircão
Ccp	Calcopirita	Ms	Muscovita		
chl	Clorita	Or	Ortoclásio		

6 GEOLOGIA REGIONAL

O ortognaise Itutinga, situado na margem sul do Cráton São Francisco (CSF), está relacionado com magmatismo e processos deformacionais que ocorreram durante a evolução paleoproterozoica do Cinturão Mineiro. Sendo assim, esse capítulo tem como objetivo apresentar de forma geral as principais unidades geológicas e a estruturação da borda sul do CSF para a compreensão do contexto geológico que o ortognaise Itutinga está inserido.

6.1 Paleocráton São Francisco-Congo e CSF

Admite-se que do Riáciano ao Cretáceo, quando uma série de colagens reuniu diversos núcleos arqueanos, o CSF e o Cráton do Congo (África) fizeram parte de uma grande massa continental denominada de Paleocráton São Francisco-Congo (Figura 19A). Essa unidade geotectônica correspondeu a uma grande massa continental, formada pelos atuais CSF e Cráton do Congo, além de regiões adjacentes, que hoje estão intensamente deformadas pela orogenia Panafricana-Brasiliana (Figura 19B). Os dois crátons foram separados no Cretáceo, durante a quebra do paleocontinente Gondwana (Heilbron *et al.*, 2017; Bruno *et al.*, 2020).

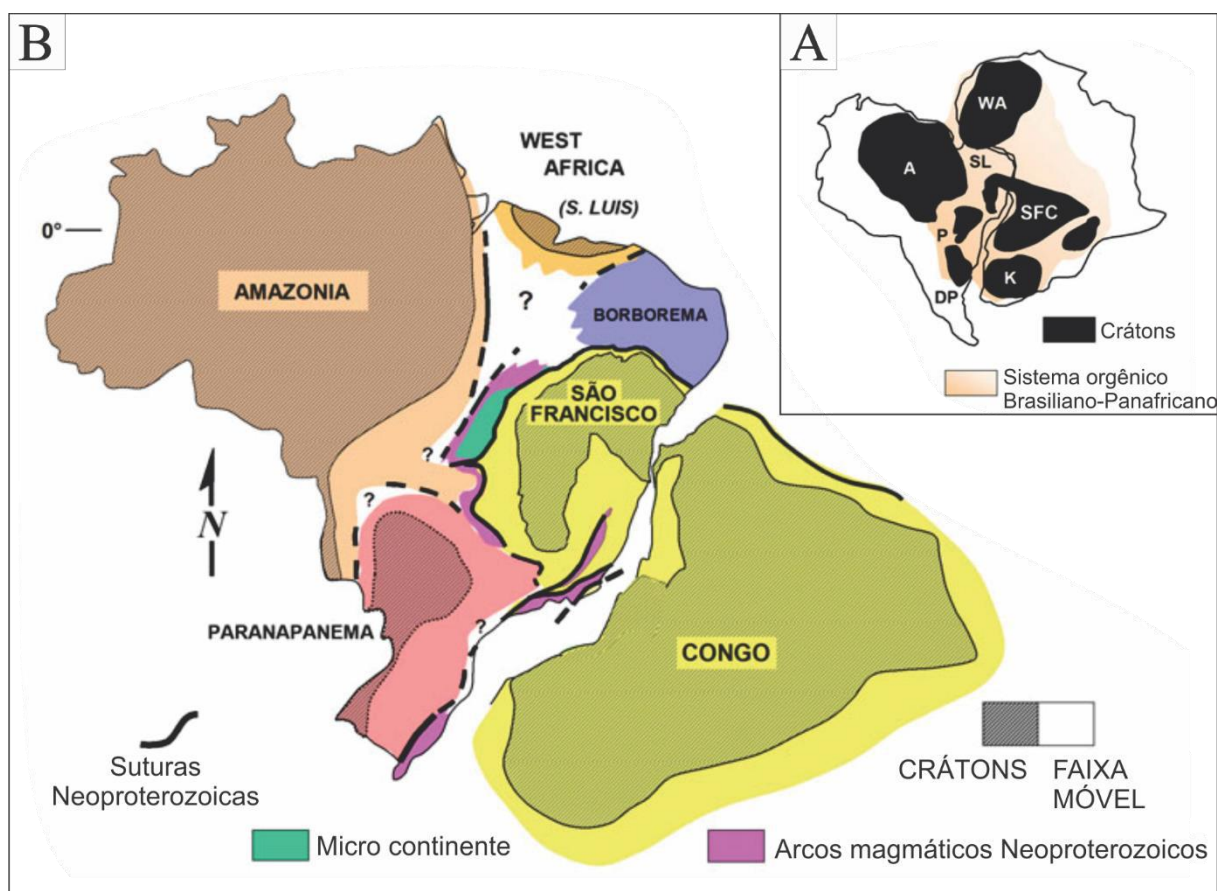


Figura 19 – Crátons arqueanos - paleoproterozoicos e sistemas orogênicos brasileiros/pan-africanos (Heilbron *et al.*, 2017). A) Destaque para a formação do Paleocráton São Francisco–Congo. B) Limites (linhas em negrito) para os paleocrátons do São Francisco e Congo antes do desenvolvimento das faixas móveis brasileiras e pan-africanas. SFC – São Francisco-Congo; K – Kalahari; WA - West África; A – Amazônico; P – Paranapanema; DP - Rio de La Plata.

O CSF (Almeida, 1977) é caracterizado como uma unidade tectônica estável em relação a deformação e ao metamorfismo relacionados aos eventos do ciclo Brasileiro e encontra-se limitado pelas faixas móveis Brasília a sul e oeste, Rio Preto a noroeste, Riacho do Pontal e Sergipana a norte e Araçuai a sudeste, enquanto a leste o cráton vai de encontro à margem continental brasileira (Figura 20).

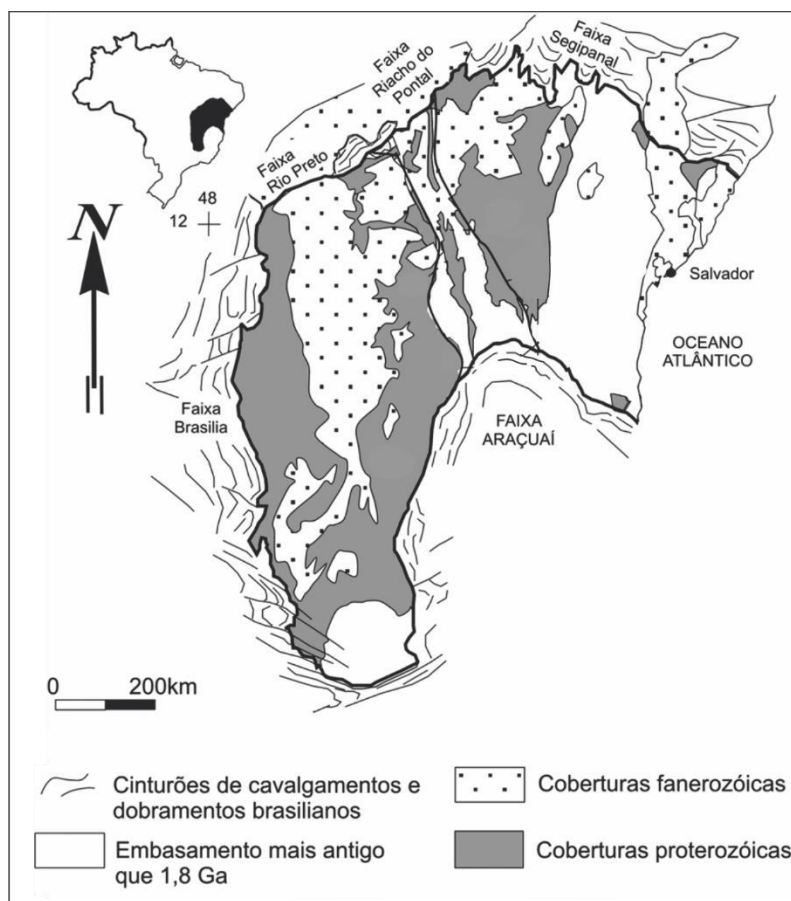
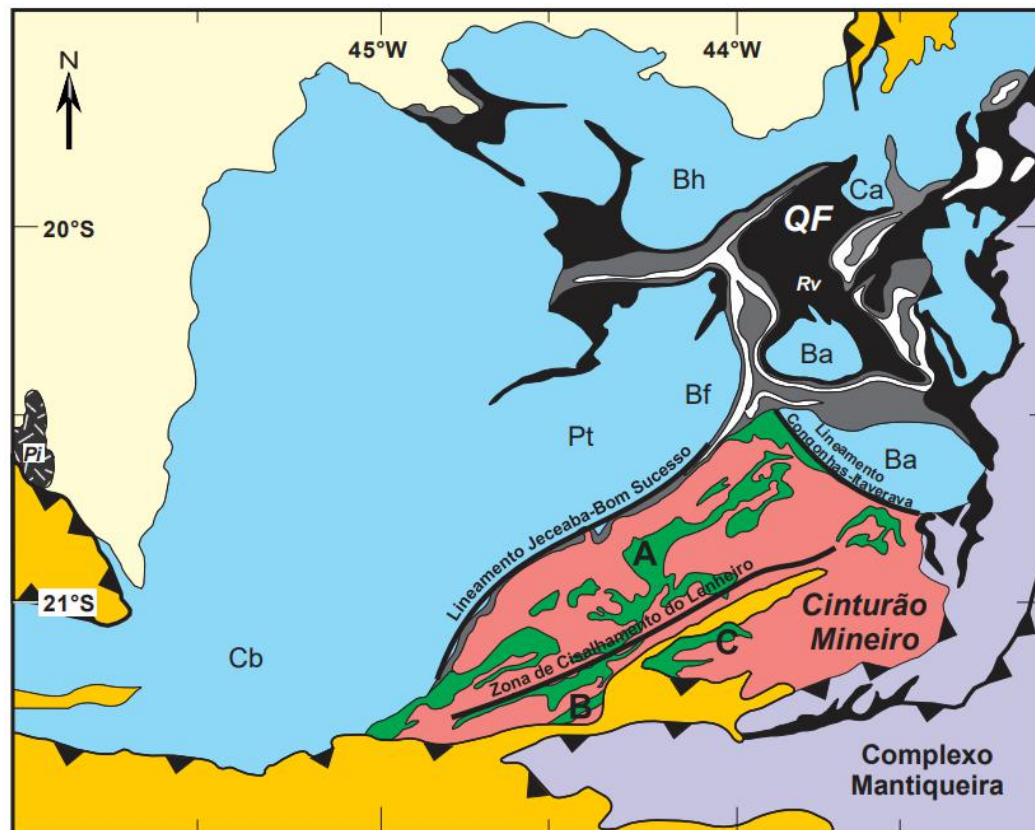


Figura 20 – Cráton do São Francisco e suas faixas móveis circundantes segundo Cruz & Alkmim (2006) e adaptado de Alkmim *et al.* (1993).

6.2 Borda Meridional do CSF

A borda meridional do CSF pode ser segmentada em nove unidades (Figura 21). No Arqueano o registro geológico é composto por (i) *Greenstone Belt* Piumhi, (ii) Complexo Gnáissico-migmatítico e (iii) Supergrupo Rio das Velhas. Na transição entre o Arqueano e o Paleoproterozoico são depositadas as (iv) unidades supracrustais. Durante o Paleoproterozoico, o registro litológico observado na região é marcado pela (v) *sequência metavulcano-sedimentares e arcos magmáticos paleoproterozoicos* do (vi) Cinturão Mineiro e do (vii) Complexo Metamórfico Mantiqueira. Já no Meso/Neoproterozoicas, em discordância a todas as unidades anteriores são depositadas as (viii) Faixas crustais dos supergrupos São João del Rei, Carandaí, Andrelândia e (ix) Bambuí.



- Grupo Bambuí**
- Faixas Supracrustais (Meso- a Neoproterozoico):** Sequências metassedimentares São João del Rei, Carandaí e Andrelândia (xistos, filitos, mármore, quartzitos).
- Complexo Metamórfico Mantiqueira (Paleoproterozoico):** Ortognaisses de alto grau, anfibolitos, metaultramáficas, granulitos ácidos e básicos, kinzigitos e corpos plutônicos não deformados.
- Cinturão Mineiro (Paleoproterozoico):** Corpos plutônicos, incluindo ortognaisses (tonalítico, trondhjemítico, granodiorítico, granítico), gabro, diorito, quartzo-diorito, granodiorito, granito, vulcânicas félsicas e rochas subvulcânicas de fácies xistoverde a anfibolito.
- Sequências Metavulcano-sedimentares (Paleoproterozoico):** A - Rio das Mortes (anfibolitos, filitos, gonditos); B - Nazareno (metakomatiitos, anfibolitos, filitos, quartzitos e gonditos) e C - Dores de Campos (anfibolitos, metaultramáficas vulcânicas e plutônicas, quartzitos, filitos e gonditos).
- Supergrupo Minas (Neoarqueano/Paleoproterozoico - Sideriano):** Rochas supracrustais de fácies xisto verde a anfibolito baixo. Rochas metassedimentares clásticas e químicas (cinza) e BIFs tipo Lago Superior (branco).
- Supergrupo Rio das Velhas (Rv - Neoarqueano):** Greenstone belt de fácies xisto verde a anfibolito baixo. Metavulcânicas komatiíticas, toleíticas e calcio-alcálicas, metavulcanoclásticas, rochas metassedimentares clásticas e químicas (QF: Quadrilátero Ferrífero, incluindo BIFs tipo Algoma).
- Complexos Gnássico-migmatíticos (Meso- a Neoarqueano):** TTGs de alto grau, granulitos, intrusões máficas e ultramáficas metamorizadas, sequências metavulcano-sedimentares, intrusões tonalíticas a graníticas e charnockitos. Cb - Campo Belo, Pt - Passatempo, Bf - Bonfim, Ba - Bação, Bh - Belo Horizonte, Ca-Caeté.
- Greenstone belt Piumhi (Pi - Mesoarqueano):** Metaultramáficas, metamáficas e metafélsicas plutônicas e vulcânicas e rochas metassedimentares.

Figura 21 - Mapa geológico da borda meridional do Cráton do São Francisco com destaque para o Cinturão Mineiro (Ávila *et al.* 2014).

6.3 Embasamento Arqueano da borda meridional do CSF

Na margem sul do CSF, próximo ao Quadrilátero Ferrífero, foram identificados quatro eventos de magmatismo (Lana *et al.*, 2013, Farina *et al.*, 2015; Farina *et al.*, 2016; Simon *et al.*, 2021), sendo que três desses apresentam caráter sódico associados a TTGs: 1) Evento Santa Bárbara (3220-3200 Ma) representado pelos gnaisses do Complexo Metamórfico Santa

Bárbara; 2) Evento Rio das Velhas I (2930-2900 Ma) tipificado pelos gnaisses dos complexos metamórficos do Bação e Bonfim; 3) Evento Rio das Velhas II (2800-2770 Ma) representado pelos gnaisses dos complexos metamórficos Caeté e Belo Horizonte. 4) Evento Mamona que apresenta caráter potássico e está associado a granitoides tardios com idades entre 2750-2700 Ma, indicando a estabilização da crosta arqueana.

6.4 Transição Neoarqueano-Paleoproterozoico

O registro geológico na borda meridional do CSF correspondente à transição do Neoarqueano para o Paleoproterozoico é marcado por uma sucessão de rochas metassedimentares clásticas e químicas (Supergrupo Minas) com diferentes proveniências e ambientes deposicionais, que estão posicionadas discordantes ao embasamento arqueano.

6.4.1 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é representado por um espesso pacote de rochas sedimentares clásticas e químicas metamorfizadas em fácies xisto-verde a anfibolito (Alkmim & Noce, 2006). A sequência basal desse supergrupo é constituída pelos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba, que marcam o estágio de transgressão marinha em uma bacia de margem continental passiva (Alkmim e Martins-Neto, 2012). O Grupo Caraça é representado em sua porção inferior por meta-arenitos da Formação Moeda e no topo pela intercalação entre metalutitos com lentes de *chert* e metadolomitos da Formação Batatal (Figura 22), sendo esse o marcador do início da transgressão marinha. Seguindo a estratigrafia, o Grupo Itabira é composto por rochas metassedimentares de origem química (BIFs e margas dolomíticas da Formação Cauê) e por rochas carbonáticas da Formação Gandarela (Figura 22). Essas representam a continuação da transgressão marinha iniciada no Grupo Caraça. Por fim, o Grupo Piracicaba é representado por arenitos, pelitos e folhelhos carbonosos (Figura 22), que marcam o auge da transgressão marinha (Dorr, 1969; Farina *et al.*, 2015 Alkmim & Teixeira, 2017).

Enquanto isso, a unidade superior do Supergrupo Minas, definida como Grupo Sabará está depositada em discordância sobre as demais unidades (Figura 22). Suas rochas são pelitos, grauvacas, arenitos e conglomerados (Dorr, 1969; Farina *et al.*, 2015), que segundo Alkmim & Teixeira (2017) marcam uma inversão tectônica, já em um contexto sin-orogênico. Devido a essa inversão, Ávila *et al.* (2014) não consideraram o Grupo Sabará como pertencente ao Supergrupo Minas, cuja deposição está associada a uma margem passiva.

6.4.2 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi ocorre sobreposto ao Supergrupo Minas e é representado por uma intercalação de meta-arenitos, metaconglomerados e filitos (Figura 22), que foram depositados e interpretados como depósitos de sistemas fluviais e leques aluviais em um contexto pós-orogênico tendo como rocha fonte os arcos paleoproterozoicos acrescidos durante a Orogenia Minas-Bahia (Alkmim & Teixeira, 2017)

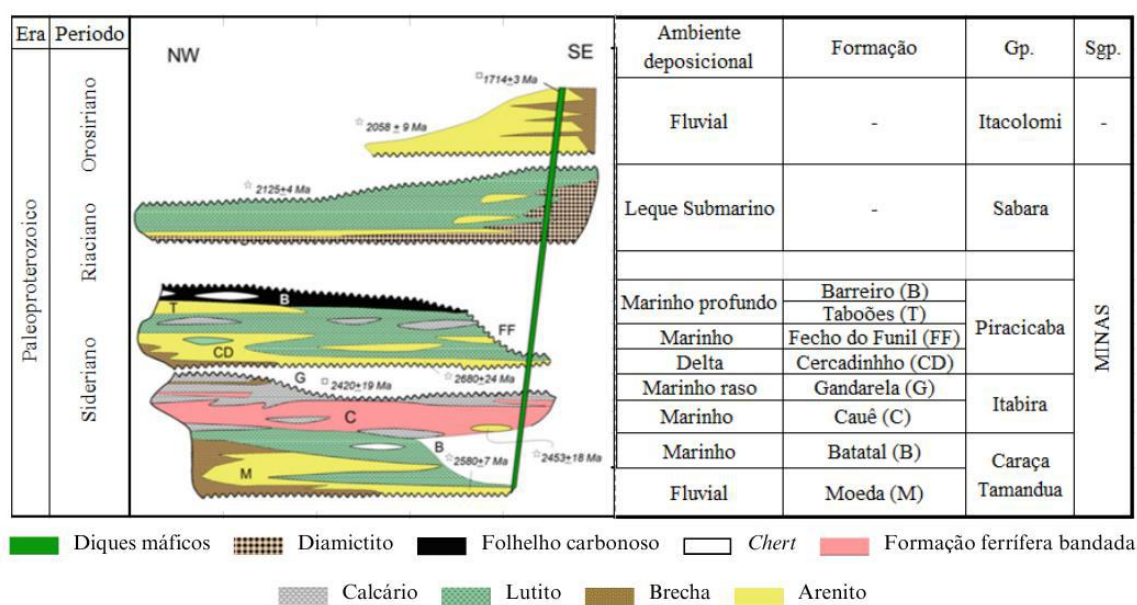


Figura 22 - Carta estratigráfica das unidades do Supergrupo Minas. Destaque para os números com estrelas que indicam a idade mais jovem do zircão detrítico e para os números com quadrados que indicam idades de deposição ou cristalização. Modificado de Alkmim & Martins-Neto (2012). Gp: Grupo; Sgp: Supergrupo

6.5 Orogenia Minas-Bahia

Bruno *et al.* (2020) propuseram uma correlação entre o Orógeno Minas e o Orógeno Bahia Oriental e, posteriormente, Bruno *et al.* (2021) elaboram um modelo evolutivo para corroborar a hipótese prévia. Assim propuseram a Orogenia Minas-Bahia, um ciclo orogênico paleoproterozoico diacrônico completo, que contempla desde a subducção com acréscimo de terreno até a colisão, seguida pelo colapso orogênico tardio.

Segundo Bruno *et al.* (2021), o modelo evolutivo proposto para a orogenia Minas-Bahia na porção sul do CSF envolve quatro etapas (Figura 23): (i) desenvolvimento de bacias de margem passiva ao redor dos núcleos arqueanos (deposição da base do Supergrupo Minas em 2,6 Ga); (ii) geração dos arcos magmáticos Siderianos e Riácianos do Cinturão Mineiro e dos Complexos Mantiqueira e Juiz de Fora (2,47 a 2,06 Ga); (iii) colisão e amalgamação dos blocos envolvidos na orogenia Minas-Bahia e deformação e magmatismo das bacias de margem passiva (2,1 e 2,03 Ga); (iv) colapso orogênico, com extensão e magmatismo (2,02 e 1,9 Ga).

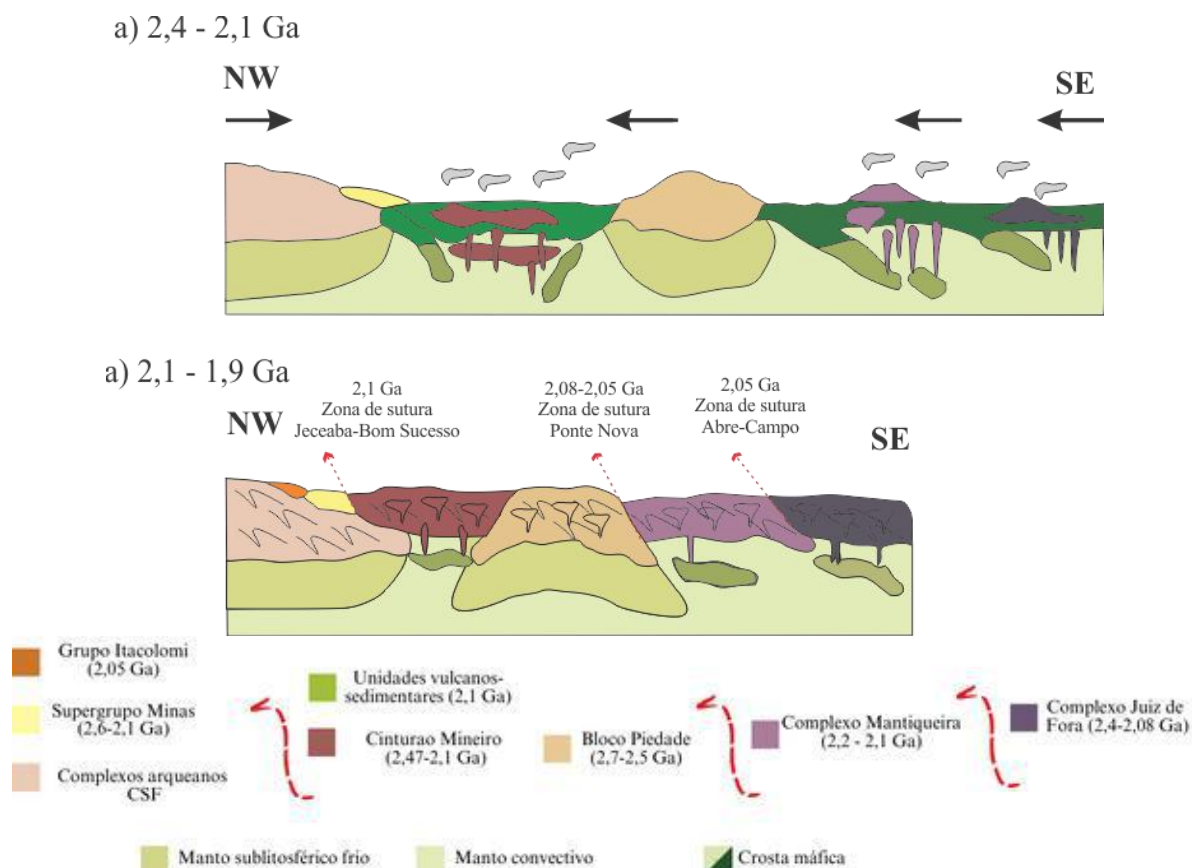


Figura 23 – Modelo de evolução tectônica entre 2,4-1,9 Ga para o segmento Minas da Orogenia Paleoproterozoica Minas-Bahia, sudeste do Brasil. Modificado de Bruno *et al.* (2021).

6.6 Cinturão Mineiro

De acordo com Araújo *et al.* (2019), a estruturação do Cinturão Mineiro está associada a um sistema de colagens de pelo menos quatro arcos magmáticos paleoproterozoicos com idades entre 2,47 e 2,10 Ga (Figura 24): Cassiterita, Resende Costa, Serrinha e Ritápolis. Os dois primeiros arcos estão associados ao Siberiano e são juvenis, enquanto o Arco Serrinha é Riáciano e juvenil e o Arco Ritápolis é Riáciano e crustal (Tabela 9). Associados aos arcos ocorrem diversas sequências metavulcanossedimentares (Restinga de Baixo, Congonhas-Itaverava, Rio das Mortes, Rio dos Peixes, Nazareno e Dores de Campos – Tabela 10).

Quanto aos limites, o Cinturão Mineiro é marcado por: Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso (noroeste); Lineamento Congonhas-Itaverava (nordeste); rochas dos complexos Piedade (Arqueano) e Mantiqueira (Paleoproterozoico) a sudeste; e rochas das bacias Meso-Neoproterozoicas a sudoeste e sul. Além disso, Ávila *et al.* (2010, 2014) compartimentaram o Cinturão Mineiro nos blocos Norte e Sul, a partir da Zona de Cisalhamento do Lenheiro, de direção NE-SW (Figura 25). No bloco Norte predominam rochas plutônicas (ortognaisses, metagranitoides, metadioritos e pegmatitos) associadas às sequências metavulcanossedimentares Restinga de Baixo, Congonhas-Itaverava, Rio das Mortes e Rio dos

Peixes, enquanto no bloco Sul há a presença de rochas metavulcânicas e metasubvulcânicas intermediárias e ácidas associadas as suítes Serrinha e Tiradentes e as sequências Nazareno e Dores de Campos. Ou seja, segundo Ávila *et al.* (2010, 2014), a zona de cisalhamento do Lenheiro justapôs corpos rochosos de níveis crustais diferentes.

Tabela 9 – Principais corpos rochosos do Cinturão Mineiro e suas características gerais. Modificado de Silva *et al.* (2020).

Unidade Geotectônica / Litológica	Corpos e litótipos envolvidos	Idade U-Pb (Ga)	Parâmetros Isotópicos	Gênese	Parâmetros Geoquímicos	Bloco	Metamorfismo (fácies)	Ref .
Arco Cassiterita	Ortognaisse Cassiterita	2,47-2,41	T_{DM} (2,5-2,4 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (+5,2; +1,3);	Juvenil	TTG de alto Al_2O_3 , metaluminoso a peraluminoso, anomalia incipiente de Eu.	Norte	Anfibolito inferior	14
Arco Resende Costa	Ortognaisses Resende Costa, Ramos e Lagoa Dourada	2,36-2,35	T_{DM} (2,4-2,3 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (+1,1; +2,1).	Juvenil	TTG de alto Al_2O_3 , metaluminoso a peraluminoso, anomalia incipiente de Eu.	Norte	Anfibolito inferior e xisto verde retrógrado	12, 13
Arco Serrinha	Metaquartzo-diorito Brito; Metagrano-dioritos Brumado de Baixo e de Cima; Meta-andesito Santo Antônio, metadacitos, metagranófiros	2,23-2,20	T_{DM} (2,6-2,3 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-0,8/ +1,1; +2,3)	Juvenil	Metaluminoso a peraluminoso, anomalia incipiente de Eu	Sul	Anfibolito inferior e xisto verde retrógrado	11
Arco Ritópolis	Ortognaisses graníticos Fé e Morro do Resende; meta-quartzo monzodiorito Glória	2,19-2,17	T_{DM} (2,6 - 2,8 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-6,7; -1,0)	Crustal	Cálcio-alcálico de médio a alto K, metaluminoso a peraluminoso, anomalia negativa de Eu	Norte	Anfibolito inferior e xisto verde retrógrado	10, 9, 8

1 - Silva (2017); 2 - Barbosa *et al.* (2015); 3 - Ritins (2017); 4 - Moreira *et al.* (2018); ; 5 - Vieira *et al.* (2020); 6 - Souza (2009); 7 - Cardoso *et al.* (2019); 8 - Ávila *et al.* (2006); 9 - Teixeira *et al.* (2008); 10 - Vasconcelos *et al.* (2017); 11 - Ávila *et al.* (2010); 12 - Seixas *et al.* (2012); 13 - Teixeira *et al.* (2015); 14 - Barbosa *et al.* (2019)

Tabela 9 (continuação) - Principais corpos rochosos do Cinturão Mineiro e suas características gerais. Modificado de Silva *et al.* (2020).

Unidade Geotectônica / Litológica	Corpos e litótipos envolvidos	Idade U-Pb (Ga)	Parâmetros Isotópicos	Gênese	Parâmetros Geoquímicos	Bloco	Metamorfismo (fácies)	Ref.
Arco Ritápolis	Metadioritos Rio Grande e Brumado; Metagranitoides Ritápolis, Macuco de Minas e Ribeirão dos Mosquitos	2,15-2,10	T_{DM} (2,3-2,8 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-7,3; -0,34)	Juvenil e crustal	Cálcio-alcálico de médio a alto K, metaluminoso a peraluminoso, anomalia negativa de Eu	Norte	Xisto verde	2, 6, 7
Indefinida	Suíte Alto Maranhão	2,13-2,12	T_{DM} (2,3-2,5 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-1,0; +1,3)	Crustal e juvenil	Cálcio-alcálico, metaluminoso, anomalia incipiente de Eu	Norte	Anfibolito inferior	5, 4
Indefinida	Metagranitoide Represa de Camargos	2,17 Ga	T_{DM} (3,0-3,2 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-4,4; -7,7)	Crustal	Cálcio alcálico de alto K, peraluminoso, anomalia negativa de Eu	Sul	Não estudado	3, 2
Indefinida	Metagranitoide Gentio	2,12 - 2,11	T_{DM} (2,4-2,8 Ga); $\epsilon_{Nd}(t)$ (-0,7; -5,25)	Crustal	Cálcio-alcálico de médio a alto K, metaluminoso a peraluminoso, anomalia desde negativa a levemente positiva de Eu	Sul	Xisto verde	1

1 - Silva (2017); 2 - Barbosa *et al.* (2015); 3 - Ritins (2017); 4 - Moreira *et al.* (2018); ; 5 - Vieira *et al.* (2020); 6 - Souza (2009); 7 - Cardoso *et al.* (2019); 8 - Ávila *et al.* (2006); 9 - Teixeira *et al.* (2008); 10 - Vasconcelos *et al.* (2017); 11 - Ávila *et al.* (2010); 12 - Seixas *et al.* (2012); 13 - Teixeira *et al.* (2015); 14 - Barbosa *et al.* (2019)

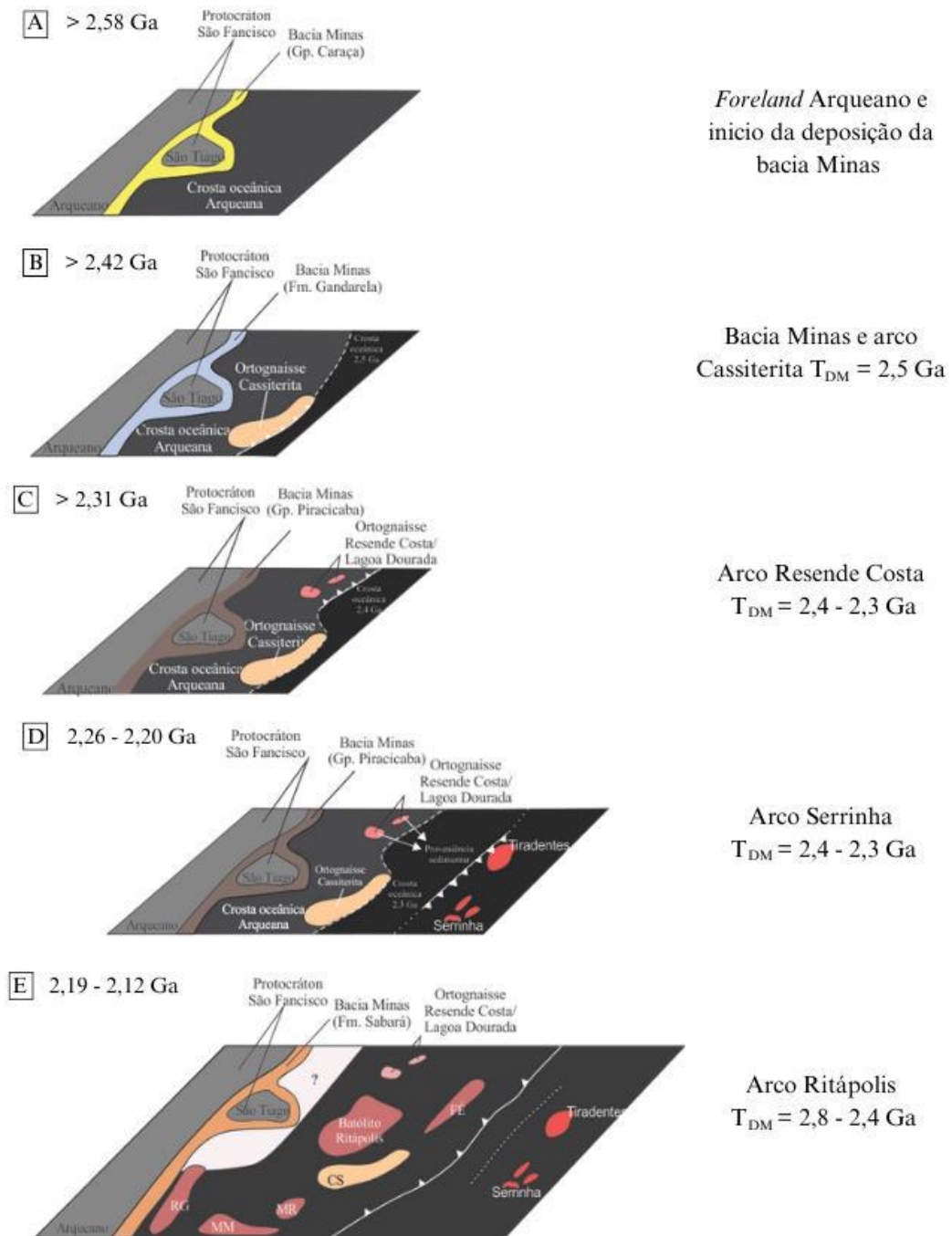


Figura 24 – Modelo de evolução geotectônica da borda meridional do Cráton do São Francisco proposto por Araújo *et al.* (2019). **A-E**: estágios de formação da margem passiva e dos arcos magmáticos. Cs: ortognaisse Cassiterita; F: ortognaisse Fé; MM: metagranitoide Macuco de Minas; MR: ortognaisse Morro do Resende; RG: metadiorito Rio Grande; S: Suíte Serrinha; T: Suíte Tiradentes. Modificado de Araújo *et al.* (2019).

Tabela 10 - Idade das sequências metavulcanossedimentares do Cinturão Mineiro (compilado por Neves, 2022).

Sequência	Idade (Ma)	Litologia	Referência
Congonhas - Itaverava	2161±34*	Metagrauvaca	Moreira <i>et al.</i> , (2020)
	2349 ± 14*	Metagrauvaca	Teixeira <i>et al.</i> , (2015)
Restinga de Baixo	2317 ± 51	Anfibolito	Teixeira <i>et al.</i> (2015)
Nazareno	2182 ± 10 a 2089 ± 23*	Quartzito	Teixeira <i>et al.</i> (2022)
	2267 ± 14 a 2223±4	Anfibolitos	Ávila <i>et al.</i> (2012)
Dores de Campos	2084 ± 31*	Quartzito	Teixeira <i>et al.</i> (2022)
	2255 ± 51	Anfibolito	Ávila <i>et al.</i> (2012)
Rio das Mortes	2178 ± 35 a 2089 ± 16*	Quartzitos, filitos e xistos	Teixeira <i>et al.</i> (2022)
	2231 ± 5 a 2202 ± 11	Anfibolitos	Ávila <i>et al.</i> (2012)
Rio dos Peixes	2145 ± 45*	Quartzito	Teixeira <i>et al.</i> (2022)

*Idade máxima de deposição

Ávila et al. (2008) propuseram três fases de metamorfismo para as rochas do Cinturão Mineiro e adjacências (Tabela 11). O primeiro evento, denominado Paleoproterozoico I (2250-2170 Ma) é de fácies anfibolito médio, enquanto o segundo, Paleoproterozoico II (2131-2101 Ma), é de fácies xisto verde/anfibolito baixo. O terceiro evento é do Neoproterozoico (604-567 Ma) de fácies xisto verde de alta pressão a anfibolito. Os dois eventos associados ao Paleoproterozoico estão registrados nas rochas metamáficas e metaultramáficas das sequências metavulcanossedimentares Rio das Mortes e Nazareno, bem como nos ortognaisses, enquanto o evento mais velho não foi observado nos granitos, dioritos e trondhjemitos mais novos com idades entre 2130 e 2100 Ma. Quanto ao evento Neoproterozoico, apenas as rochas das sequências São João del Rei e Carandaí preservaram esse registro mais claramente, mas dados de K-Ar e U-Pb apontam para o reequilíbrio e/ou abertura parcial do sistema de minerais de unidades paleoproterozoicas (Teixeira et al., 2008, 2015; Barbosa et al., 2015, 2019; Silva et al., 2020).

Com relação a deformação, o Cinturão Mineiro apresenta três fases principais: a primeira fase (D₁) é observada em xenólitos de rochas máficas foliados nos metagranitoides. A fase seguinte (D₂) é caracterizada pela foliação principal NE-SW, que representa a estruturação regional. A última fase (D₃) é constituída por zonas de cisalhamentos e falhas associadas com orientação NW-SE (Toledo, 2002; Cherman, 2004; Ribeiro *et al.*, 1998).

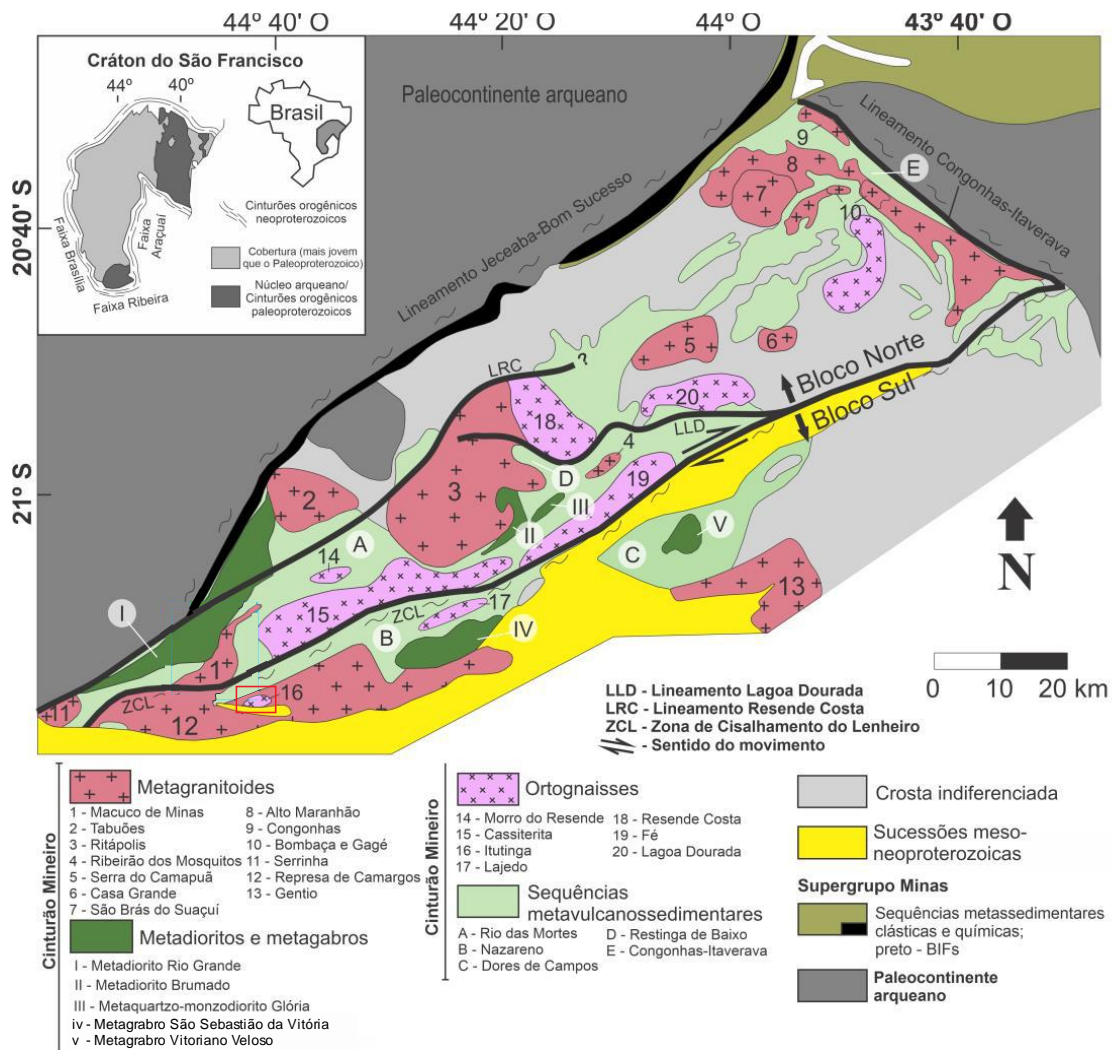


Figura 25 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro enfatizando a distribuição das principais assembleias de metagranitoides e rochas supracrustais. Zonas de cisalhamento: JBS: Jeceaba-Bom Sucesso; CI: Congonhas-Itaverava; L: Lenheiro. Baseado em Ávila *et al.* (2010, 2014), Teixeira *et al.* (2015), Moreira *et al.* (2018), Cardoso *et al.* (2019), Araújo *et al.* (2019). Adaptado de Neves (2022)

Tabela 11 - Eventos metamórficos registrados no Cinturão Mineiro (Ávila *et al.*, 2008).

Nome e idade do evento (Ma)	Fácies metamórfica	Paragênese	Rochas e processos envolvidos	Referências
Paleoproterozoico I (2250 - 2170)	Anfibolito médio	Mg-Fe hornblenda + oligoclásio-andesina clorita ± epidoto ± biotita ± titanita ± ilmenita	Anfibolitos e rochas metaltramáficas dos <i>greenstone belts</i> Nazareno e Rio das Mortes; ortognaisses	Ávila (2000); Toledo (2002); Cherman (1999)
Paleoproterozoico II (2131 - 2101)	Xisto verde e/ou anfibolito baixo	Actinolita ± albita ± epidoto ± biotita ± titanita	<i>Greenstone belts</i> Nazareno e Rio das Mortes; piroxenitos e dunitos; ortognaisses, trondhjemitos, granodioritos, granitos e dioritos	Ávila (1992); Ávila (2000); Silva (1996)
Neoproterozoico (604 - 567)	Xisto verde (alta pressão) a anfibolito	Cianita + biotita + clorita + granada + cloritoide + quartzo + estauroлита	Quartzitos, xistos e filitos das megassequências São João del Rei e Carandá	Ribeiro <i>et al.</i> (1995); Sollner & Trouw (1997)

7 GEOLOGIA LOCAL

A região estudada está inserida no Cinturão Mineiro e encontra-se localizada a norte da serra do Ouro Grosso (Figura 26). Neste item será apresentada, em ordem estratigráfica, alguns trabalhos anteriores e a descrição de campo das unidades presentes no mapa litológico (Figuras 27 e 28 e Anexo I – Mapa geológico) confeccionado para o presente trabalho.

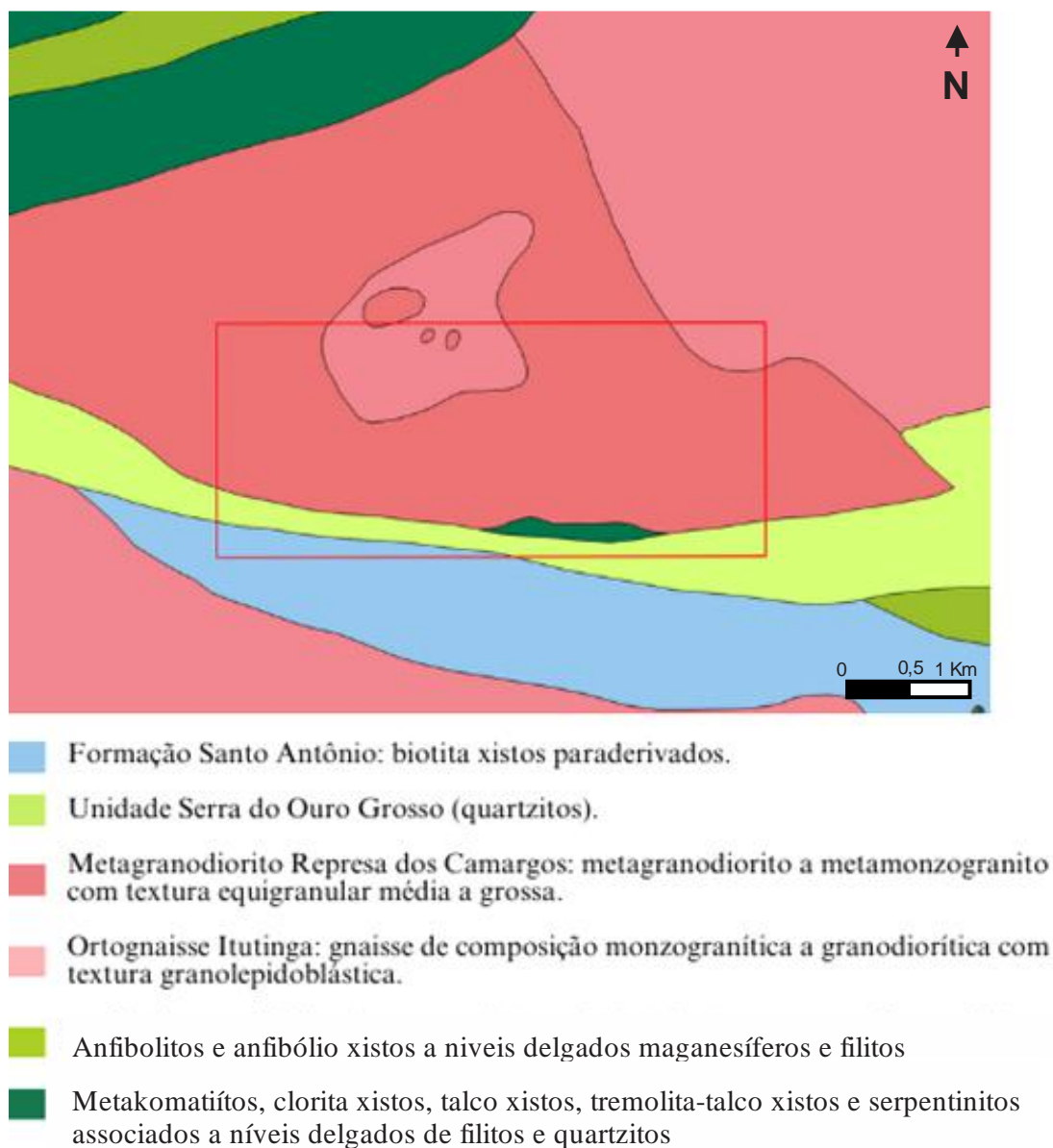


Figura 26 – Mapa litológico e de recursos minerais: folha SF-23-X-C-I-4 Itutinga. Polígono em vermelho corresponde a área estudada nesse trabalho. Modificado de Ávila *et al.* (2019).

7.1 Trabalhos anteriores

7.1.1 Sequência metaultramáfica-metamáfica

Ao norte da área mapeada, Ávila *et al.* (2010) caracterizaram o *greenstone belt* Nazareno como uma sequência de rochas metavulcânicas ultramáficas de filiação komatiítica com estrutura *spinifex*, clorita e talco xistos, anfibolitos com pequenas ocorrências de rochas metassedimentares.

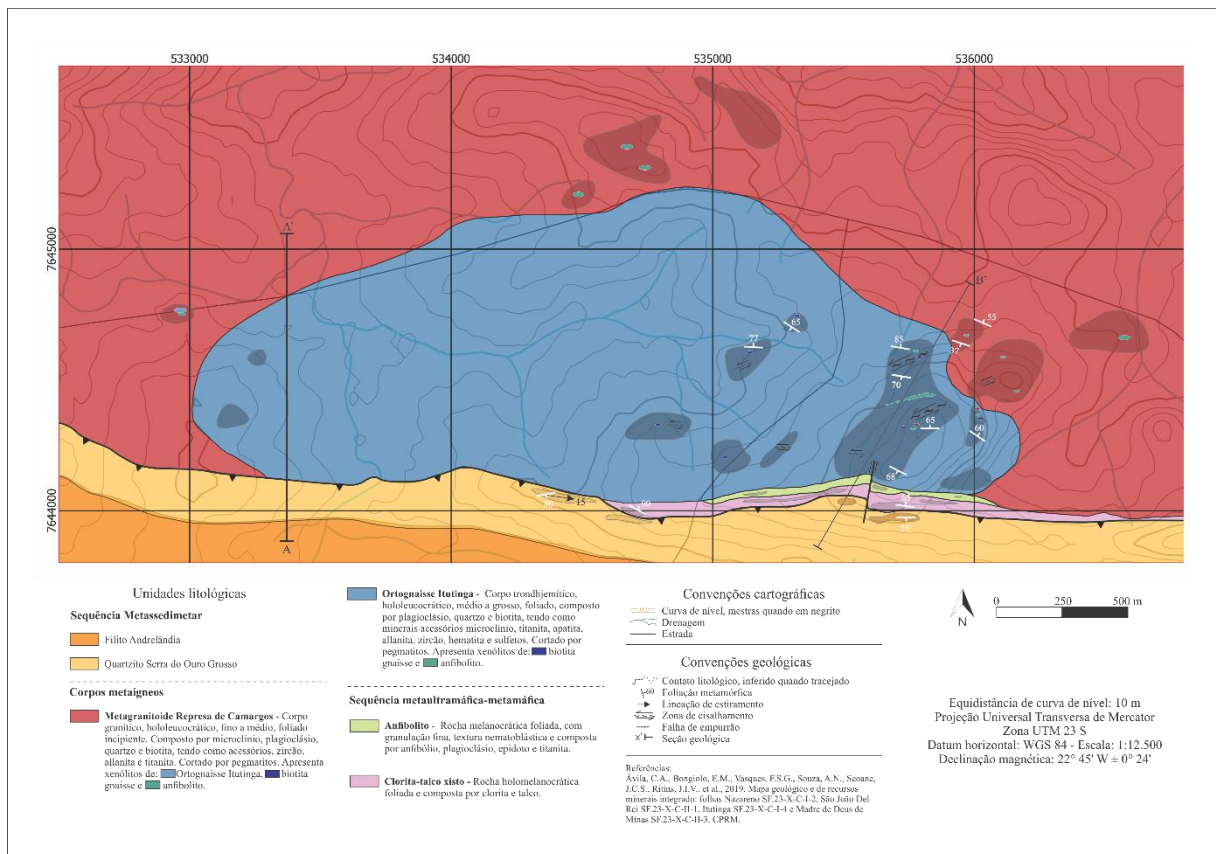


Figura 27 - Mapa geológico do Ortognaisse Itutinga na região da cidade homônima em Minas Gerais. Em azul destaca-se o Ortognaisse Itutinga, principal corpo estudado.

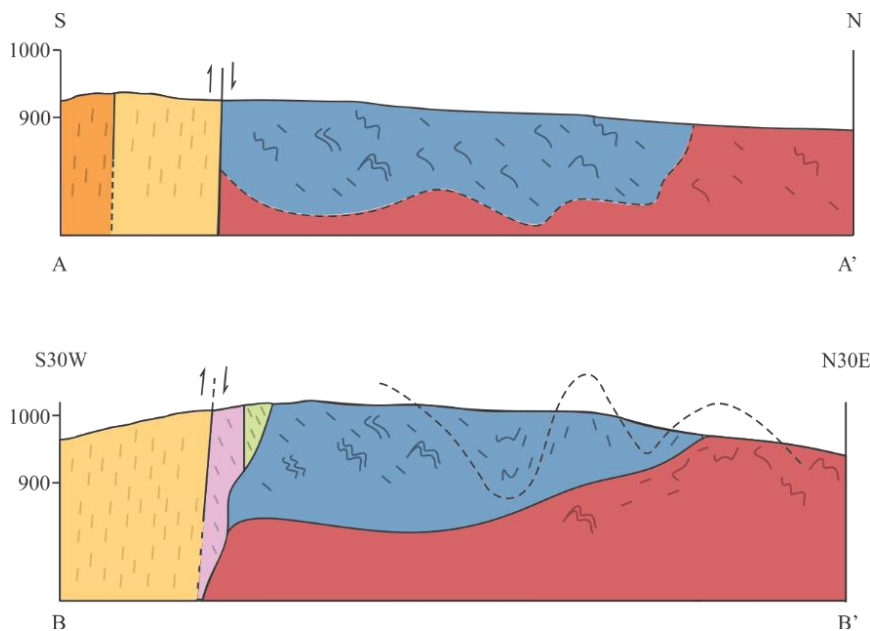


Figura 28 – Seção geológica N-S e NE-SW destacando as relações entre o ortognaisse Itutinga e as rochas adjacentes.

7.1.2 Ortognaisse Itutinga

A conformação geológica da região sul do CSF, em especial a região entre os municípios de Itumirim e Nazareno, foi estudada por Cherman (2004) à luz de dados petrográficos,

estruturais, litogeoquímicos e geocronológicos. Foram descritos corpos metaígneos paleoproterozoicos, variavelmente foliados e intrusivos em rochas metavulcanossedimentares. Cherman (2004) propôs uma divisão desses corpos em dois grupos distintos: ortognaisses velhos e ortognaisses novos. O ortognaisse Itutinga, como proposto neste trabalho, pertence ao grupo dos ortognaisses velhos, com idade mínima de cristalização Pb-Pb por evaporação de monocristal de zircão de 2202 ± 5 Ma. A petrogênese e o posicionamento do ortognaisse Itutinga foram interpretados por Cherman (2004) como parte integrante da história de uma faixa orogênica paleoproterozoica denominada de Cinturão Mineiro por Teixeira & Figueiredo (1991).

7.1.3 Metagranitoide Represa de Camargos

O metagranitoide Represa de Camargos pertenceria, na concepção de Cherman (2004) ao conjunto dos ortognaisses novos, pois parte das suas rochas apresentam foliação marcante e são bandadas, como gnaisses. Barbosa (2015) estabeleceu que a produção da crosta continental no Cinturão Mineiro ocorreu a partir de 3 arcos magmáticos com duração de cerca de 380 Ma. O evento mais jovem corresponderia a um episódio tectono-magmático desenvolvido entre 2174- 2109 Ma, tendo causado a remobilização de boa parte do antepaís arqueano. A idade mais velha desse evento estaria relacionada a cristalização U-Pb em zircão do batólito Represa de Camargos (2172 ± 32 Ma), que apresenta dimensões de cerca de 350 Km^2 , variando entre granito foliado, ortognaisse granodiorítico e metatonalito, ou seja bastante heterogêneo. Texturalmente, suas rochas variariam entre granoblásticas, granolepidoblásticas, equigranulares e inequigranular.

7.1.4 Serra do Ouro Grosso

Heilbron (1984) caracterizou a unidade metassedimentar Serra do Ouro Grosso como uma sequência de quartzitos (quartzito fino com mica branca, quartzito grosso, quartzito microconglomerático, cianita quartzito, quartzito com mica esverdeada) com restritos níveis de filito (filito com mica verde). Dados obtidos a partir da datação $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (LA-ICPMS) de grãos detríticos de zircão da unidade Serra do Ouro Grosso indicam duas modas de idade (2,8-2,7 Ga e 2,6-2,5 Ga) e idade máxima de sedimentação de 2.245 ± 85 Ma associada a idade do grão de zircão mais novo (Valladares *et al.*, (2004). De tal forma, os dados geocronológicos sugerem a correlação dos quartzitos da Serra do Ouro Grosso aos quartzitos depositados em margem passiva do grupo Piracicaba do Supergrupo Minas. Alternativamente, a unidade em questão foi relacionada por Ribeiro *et al.* (1995) ao domínio autóctone da bacia intracratônica Andrelândia.

7.2 Aspectos de campo das rochas estudadas

7.2.1 Sequência metaultramáfica-metamáfica

Essa sequência apresenta um domínio metaultramáfico e um metamáfico, que diferem pelas exposições e pela alteração intempérica. O domínio metaultramáfico ocorre, em mapa, como uma faixa delgada com aproximadamente 175 m² com *trend* E-W e está delimitada a norte pela faixa metamáfica, pelo ortognaisse Itutinga e pelo metagranitoide Represa de Camargos, enquanto a sul está em contato tectônico com a unidade Serra do Ouro Grosso. Sua principal forma de exposição está relacionada a cortes de estradas e a blocos *in situ*. Normalmente as rochas desse domínio estão fortemente alteradas por intemperismo, ocasionando a formação de um saprólito avermelhado, mas que ainda preserva a foliação metamórfica (Figura 29A). É representado por clorita-talco xistos, talco xistos e filitos com textura lepidoblástica (Figura 29B)

O domínio metamáfico ocorre, em mapa, como uma faixa delgada com aproximadamente 70 m², *trend* E-W e está localizada entre o ortognaisse Itutinga e a faixa metaultramáfica. Sua principal forma de exposição está relacionada a cortes de estradas (Figura 30A) e a blocos arredondados, normalmente com uma fina capa de alteração de cor alaranjada (Figura 30B). O domínio metamáfico é representado por anfibolitos de granulação fina, textura nematoblástica, compostos essencialmente por hornblenda e plagioclásio (Figura 30B). Diques de pegmatito de espessura variável intrudem e truncam a foliação da sequência metaultramáfica-metamáfica (Figura 31A). Esses diques, assim como as rochas encaixantes, estão sempre alterados por intemperismo, portanto apenas o resultado desse processo pode ser visualizado (Figura 31B).

As rochas da sequência metaultramáfica-metamáfica exibem foliação bem marcada, com *strike* NNE-SSW e mergulho médio de 80° para NNW e SSE (Figura 32)

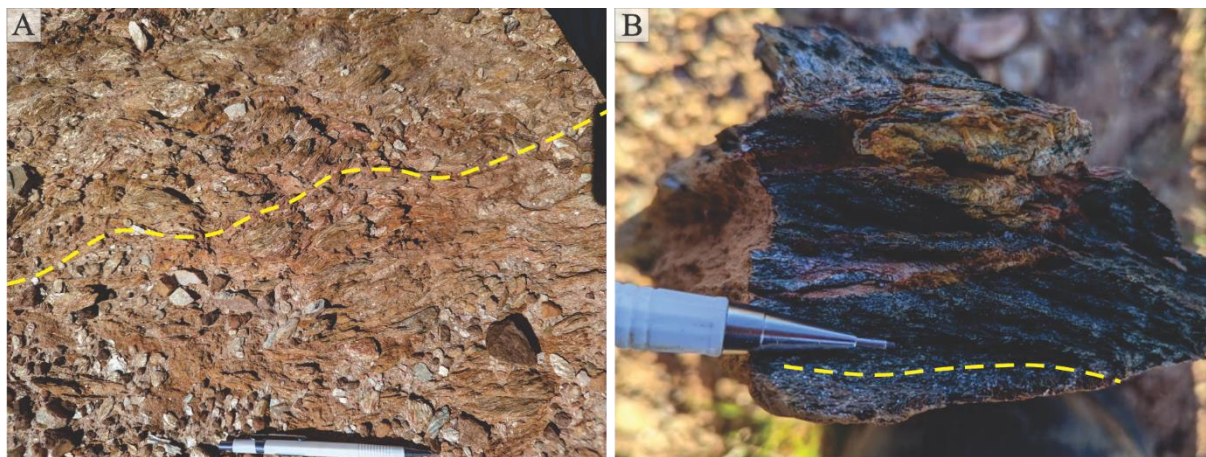


Figura 29 – Exposições de rochas do domínio metaultramáfico. A) Afloramento do clorita-talco xisto alterado por intemperismo com microdobras preservadas (linha pontilhada amarela) (LC-071). B)

Amostra de mão de clorita xisto levemente alterado. Linha pontilhada destaca a foliação (LC-056).

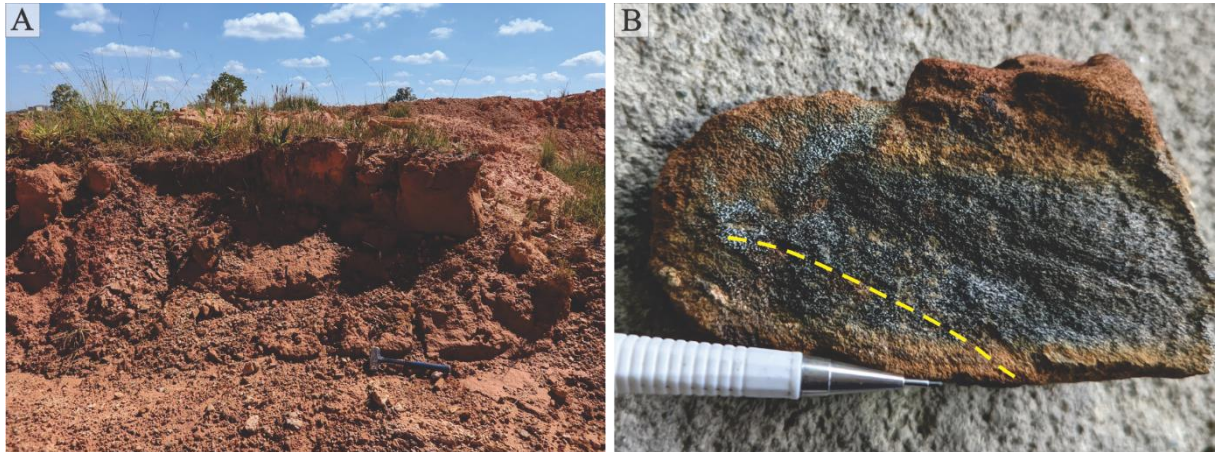


Figura 30 – Exposições de rochas do domínio metamórfico. A) Afloramento em corte de estrada de saprólito com coloração alaranjada associado a alteração do anfibólito (LC-072). B) Anfibólito com núcleo preservado e capa de alteração alaranjada. Presença de textura nematoblástica e foliação destacada pela linha pontilhada amarela (LC-063).



Figura 31 – Relações de campo da seqüência metaultramáfica-metamórfica. A) Dique de pegmatito com aproximadamente 2,5 m de espessura. Contato com rochas metamórficas destacado por linha pontilhada amarela (LC-092). B) Detalhe evidenciando o contato entre o pegmatito alterado com cor branca (devido ao feldspato caolinizado) e a rocha metamórfica fortemente alterada com cor avermelhada (LC-092).

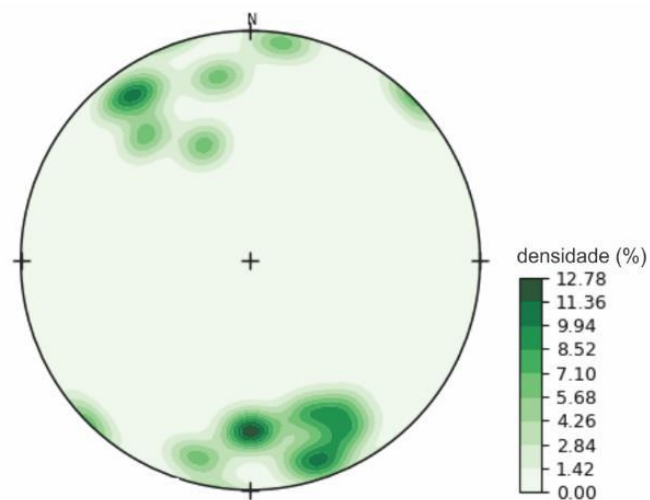


Figura 32 – Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os polos dos planos de foliação metamórfica (S_n) da seqüência metaultramáfica-metamórfica. *Strike* NNE-SSW e mergulho médio de 80° para NNW e SSE.

7.2.2 Ortognaisse Itutinga

O ortognaisse Itutinga possui aproximadamente 3,5 km². Em mapa, forma elíptica, alongada segundo a direção E-W. Ocorre como um *roof pendant* dentro do metagranitoide Represa de Camargos, que o limita a norte, leste e oeste. Na porção sul é delimitado pela sequência metaultramáfica-metamáfica e por uma falha de empurrão, que o coloca em contato com os quartzitos da sequência Serra do Ouro Grosso. Destaca-se que a presente pesquisa modificou a forma do ortognaisse Itutinga proposta por Quéméneur *et al.* (2003) e Ávila *et al.* (2019), marcando uma diminuição na área de exposição do referido corpo.

Sua principal forma de exposição está relacionada a grandes lajedos (Figura 33A) e, mais raramente, à blocos *in situ* (Figura 33B), que apresentam uma capa de alteração cinza a preta na sua superfície, dificultando a identificação de estruturas ou texturas. Quando alterado por intemperismo, forma um saprólito esbranquiçado (Figura 34A) rico em caulinita e quartzo, que é muito diferente dos saprólitos dos anfibolitos e xistos da sequência metaultramáfica-metamáfica, que apresentam coloração alaranjada (Figura 34B).



Figura 33 - Exposições do ortognaisse Itutinga. A) Lajedo com superfície cinza a preta que dificulta a observação das feições e relações temporais presentes (LC-084). B) *Bloco in situ* com superfície irregular marcada por erosão diferencial (LC-096).

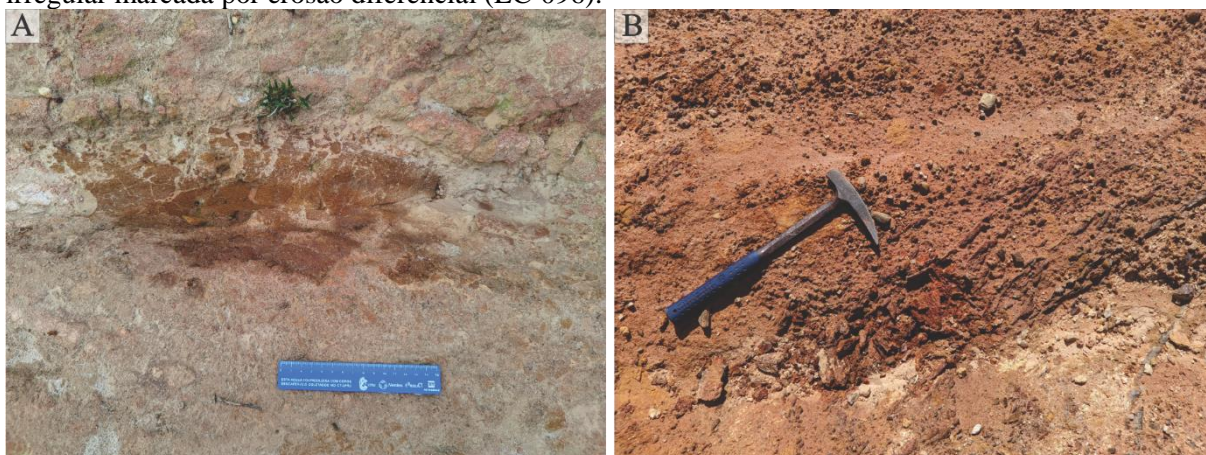


Figura 34 – Diferença na cor dos saprólitos na área do estudo. A) Saprólito do ortognaisse Itutinga (cinza esbranquiçado) com xenólito marrom alaranjado de anfibolito ou de anfibólio gnaiss (LC-023); B) Saprólito alaranjado interpretado como associado a uma rocha metaultramáfica alterada (LC-073).

Em campo, as rochas do ortognaisse Itutinga são hololeucocráticas, equigranulares de granulação média e compostas por quartzo, plagioclásio e biotita, enquanto os minerais acessórios correspondem a epidoto e titanita. Essas rochas exibem estrutura anastomosada marcada pela orientação dos filossilicatos, das fitas de quartzo e pelos *augens* de plagioclásio (Figura 35A). Essas feições são concordantes com a direção da foliação do ortognaisse Itutinga, que é presente em todas as exposições do corpo. Por vezes, a foliação desse corpo é transposta por zonas de cisalhamento sinistrais e destrais (Figura 35B), onde se desenvolve foliação milonítica secundária ou por outro evento compressivo, formando dobras (Figura 35C).

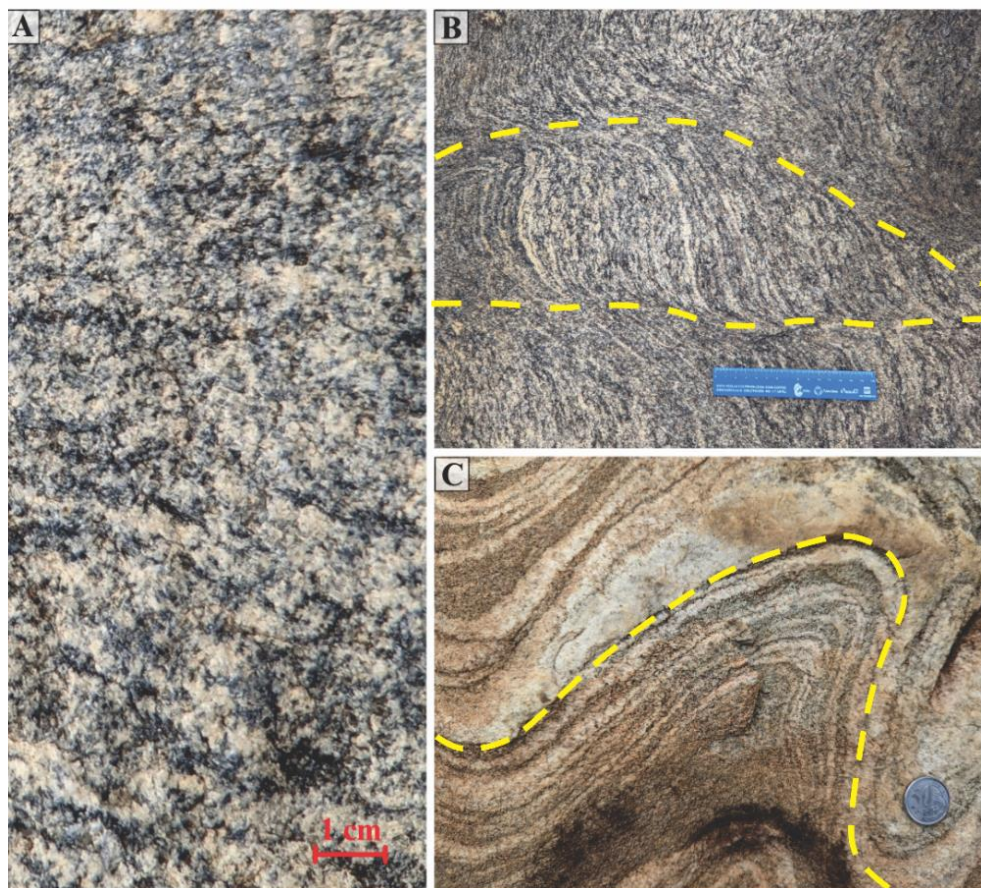


Figura 35 - Feições texturais e estruturais do ortognaisse Itutinga. A) Foliação anastomosada caracterizada pela presença de biotita que ocorre dispersa na matriz branca acinzentada, que é composta de quartzo e plagioclásio (LC-001). B) Zona de cisalhamento transpondo a foliação do corpo (LC-012); C) Dobra arqueando a foliação do ortognaisse e do veio quartzo-feldspático (LC-019).

O ortognaisse Itutinga apresenta dois tipos de xenólitos, que são diferentes em relação a mineralogia e ao índice de cor. Esses foram classificados como anfibólitos e biotita gnaisses. Os xenólitos de anfibólito são escuros, foliados, estão estirados e orientados segundo a direção da foliação da rocha encaixante, bem como exibem contatos ora irregulares e com reentrâncias (Figura 36A), ora retilíneos e bem definidos (Figura 36B). Esses xenólitos são raros no ortognaisse Itutinga e geralmente possuem dimensões centimétricas, podendo, restritamente, atingir cerca de 60 cm. Destaca-se que foi observado um único xenólito de anfibólito com cerca

de dez metros de comprimento (ponto LC-023). São mesocráticos segundo o índice de cor, finos e compostos por anfibólio e plagioclásio, enquanto epidoto e biotita são minerais secundários (Figura 36C). Frequentemente são alterados por intemperismo, resultando em porções alaranjadas na borda (Figura 36D) ou solos amarronzados.

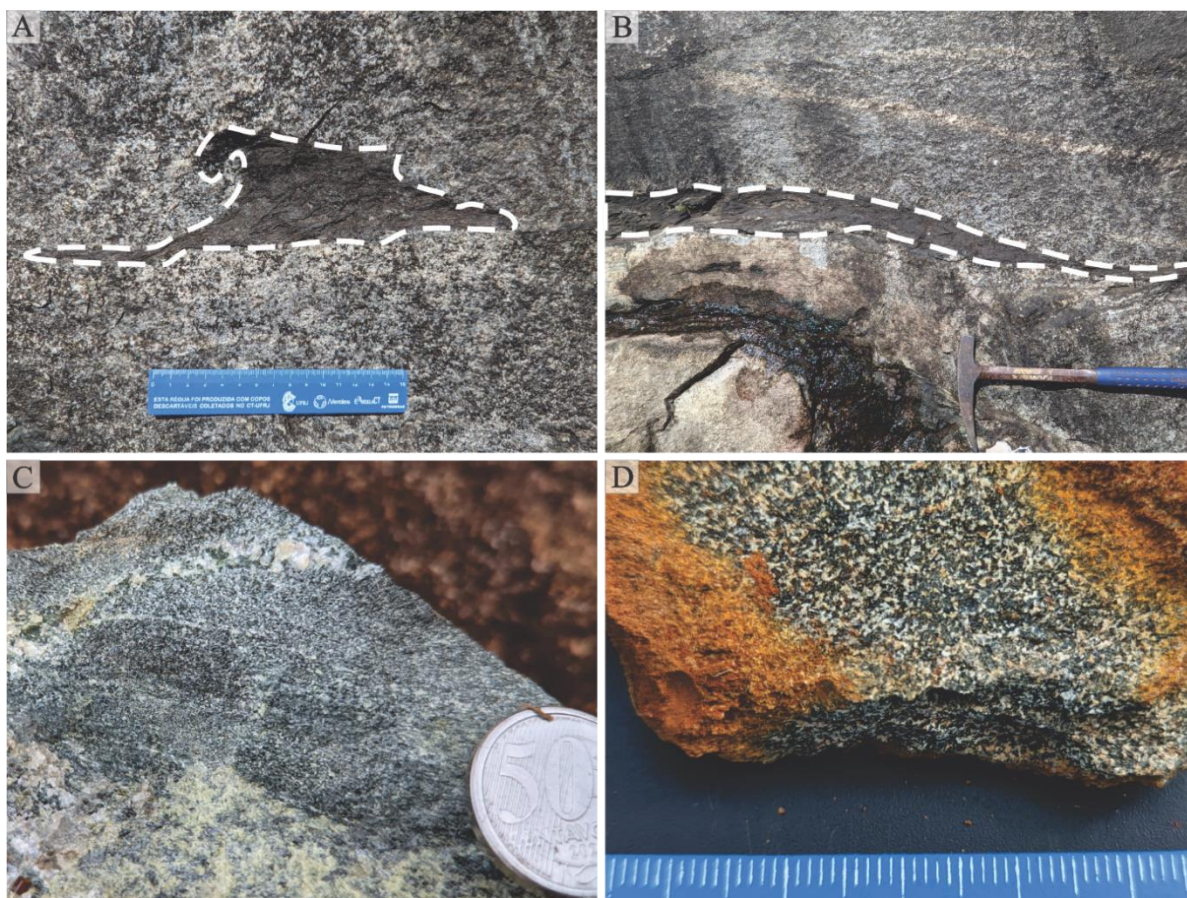


Figura 36 – Diferentes tipos de xenólitos de anfibolito no ortogneisse Itatinga. A) Alongado, irregular, com reentrâncias e cerca de 20 cm (LC-003). B) Alongado, retilíneo, fino, com contato bem definido e cerca de 1 m (LC-003). C) Fresco, acinzentado, foliado e com níveis milimétricos de minerais máficos intercalados com níveis félsicos (LC-023). Destaca-se que o plagioclásio do ortogneisse Itatinga está esverdeado devido a substituição por epidoto. D) Anfibolito muito alterado e com núcleo apresentando feldspato caolinizado (pontos brancos). Borda alaranjada devido a alteração intempérica e oxidação dos minerais máficos.

Os xenólitos de biotita gnaiss são mais frequentes e podem alcançar até 1,5 m. Possuem granulação fina, são leucocráticos, equigranulares, foliados e alongados segundo a orientação da encaixante. Apresentam contatos bem definidos e frequentemente delimitados por bordas máficas com elevada concentração de biotita (Figura 37A), o que sugere reação entre o xenólito e o protólito do ortogneisse Itatinga. São compostos por quartzo, plagioclásio e biotita e encontram-se intrudidos ao longo da foliação por delgados diques do protólito do ortogneisse Itatinga (Figura 37B) ou cortados por zonas de cisalhamento, que deformam tanto o xenólito, quanto o ortogneisse (Figura 37C). Destaca-se que o índice de cor desses xenólitos é maior do que as rochas do ortogneisse Itatinga e menor do que os xenólitos de anfibolito.

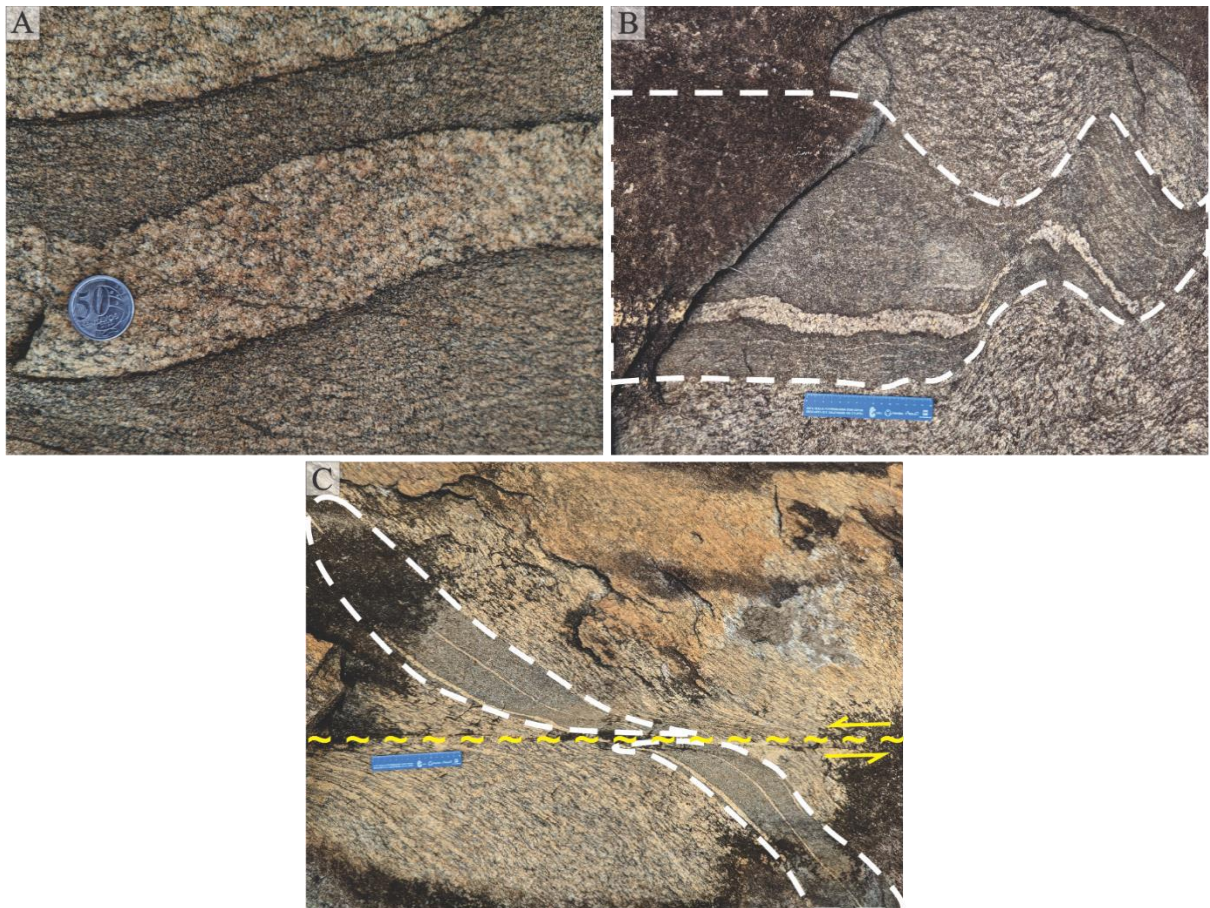


Figura 37 – Xenólitos de biotita gnaissse no ortognaissse Itutinga. A) Retilíneo e com borda de reação marcada pela presença de níveis escuros compostos principalmente por biotita (LC-041). B) Cortado por delgado dique tonalítico associado ao protólito do ortognaissse Itutinga (LC-012); C) Zona de cisalhamento sinistral cortando tanto o xenólito como as rochas do ortognaissse Itutinga (LC-013).

As rochas do ortognaissse Itutinga possuem múltiplas injeções de veios graníticos hololeucocráticos que são paralelos a foliação (Figura 38A-D), bem como são cortadas por pegmatitos (Figura 38D) e exibem segregações de quartzo sob a forma de vênulas ou veios (Figura 38E-F). Esses veios graníticos são comuns, delgados não passando de 20 cm de largura, porém são extensos, podendo chegar a 15 m. Possuem granulação média a grossa, são hololeucocráticos e compostos por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e rara biotita. Normalmente sua orientação é concordante com a foliação do ortognaissse, por vezes podem englobar pedaços da encaixante (Figura 38A), estarem normalmente dobrados (Figura 38B) e/ou falhados (Figura 38C). Já os pegmatitos apresentam granulação muito grossa, foliação insipiente, espessura variável e são compostos por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Ora são concordantes, ora discordantes à foliação do ortognaissse Itutinga e podem cortar os veios graníticos ou serem cortados por esses (Figura 38D). O contato dos pegmatitos com o ortognaissse Itutinga é normalmente brusco e retilíneo, mas por vezes apresenta-se gradativo com inúmeras microinjeções ramificadas paralelas à injeção principal (Figura 38E). Há a presença de veios quartzo concordantes a discordantes a foliação do ortognaissse (Figura 38F).

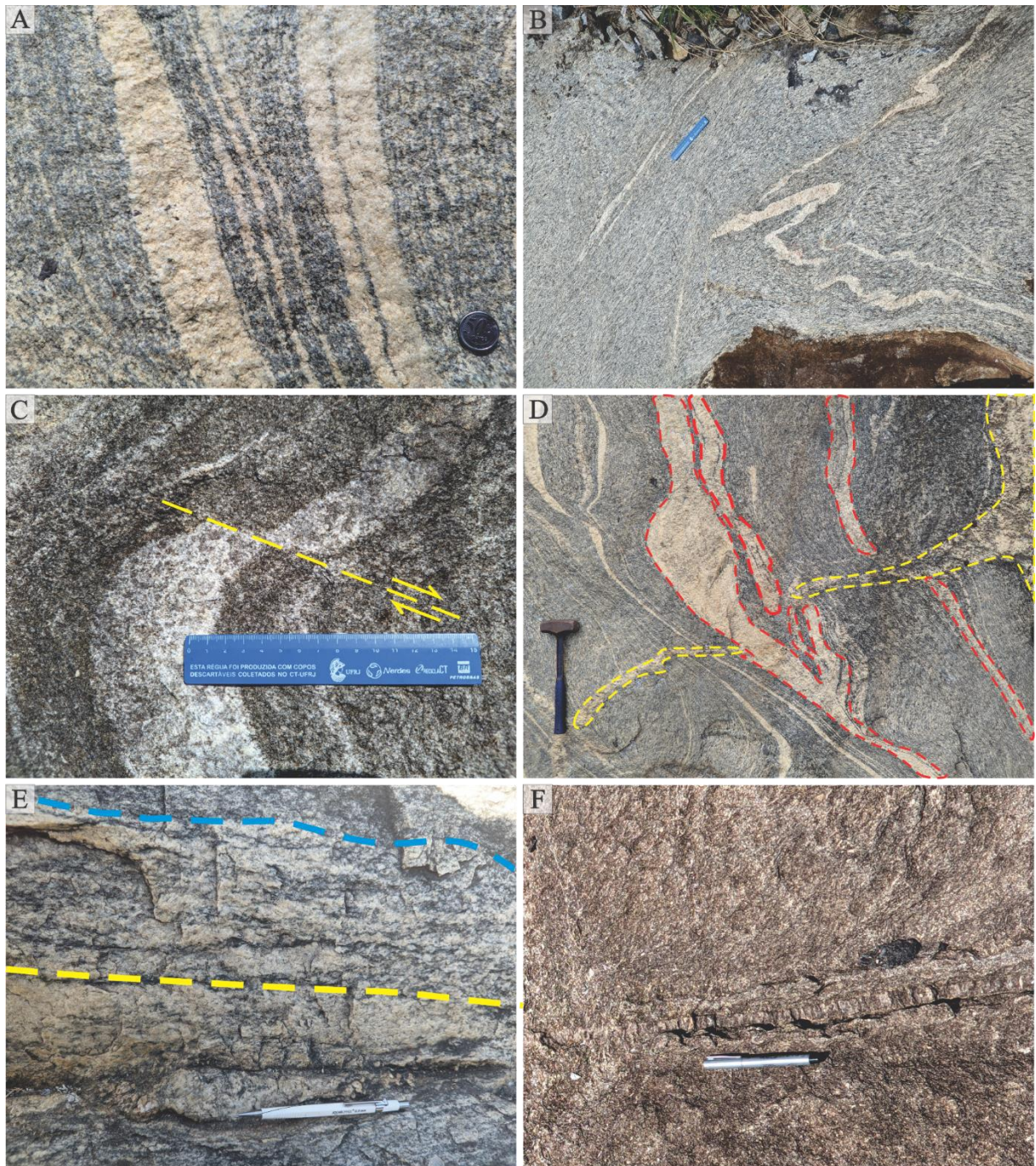


Figura 38 – Veios que cortam o ortogneisse Itutinga. A) Múltiplas injeções graníticas hololeucocráticas concordantes com a foliação principal da encaixante. Destaca-se os contatos retílineos das injeções, a variação de espessura dessas e a presença de um fragmento fino do ortogneisse dentro do veio mais à direita (LC-001). B) Afloramento do ortogneisse Itutinga dobrado e cortado por vários veios graníticos hololeucocráticos, sendo que um deles apresenta dobras fechadas (LC-003). C) Veio granítico hololeucocrático falhado (linha amarela) com rejeito centimétrico (LC-003). D) Múltiplas injeções de veios graníticos hololeucocráticos paralelos a foliação (em vermelho), que ora cortam e ora são cortadas pelo pegmatito (em amarelo) (LC-001). E) Contato entre o pegmatito e o ortogneisse encaixante. Acima da linha azul o ortogneisse é mais homogêneo e abaixo da linha amarela o pegmatito é bem-marcado. Entre as duas linhas destaca-se a presença de múltiplas injeções muito finas do pegmatito no ortogneisse (LC-086). F) Veio de quartzo discordante da foliação (LC-002).

O contato entre o ortogneisse Itutinga e as diferentes fácies do metagranitoide Represa de Camargos varia de brusco à irregular e pode apresentar diversas reentrâncias (Figura 39A-

B), bem como injeções do metagranitoide no ortogneisse (Figura 39C-D). As intrusões do metagranitoide também são deslocadas pelos pegmatitos tardios (Figura 39D-F).

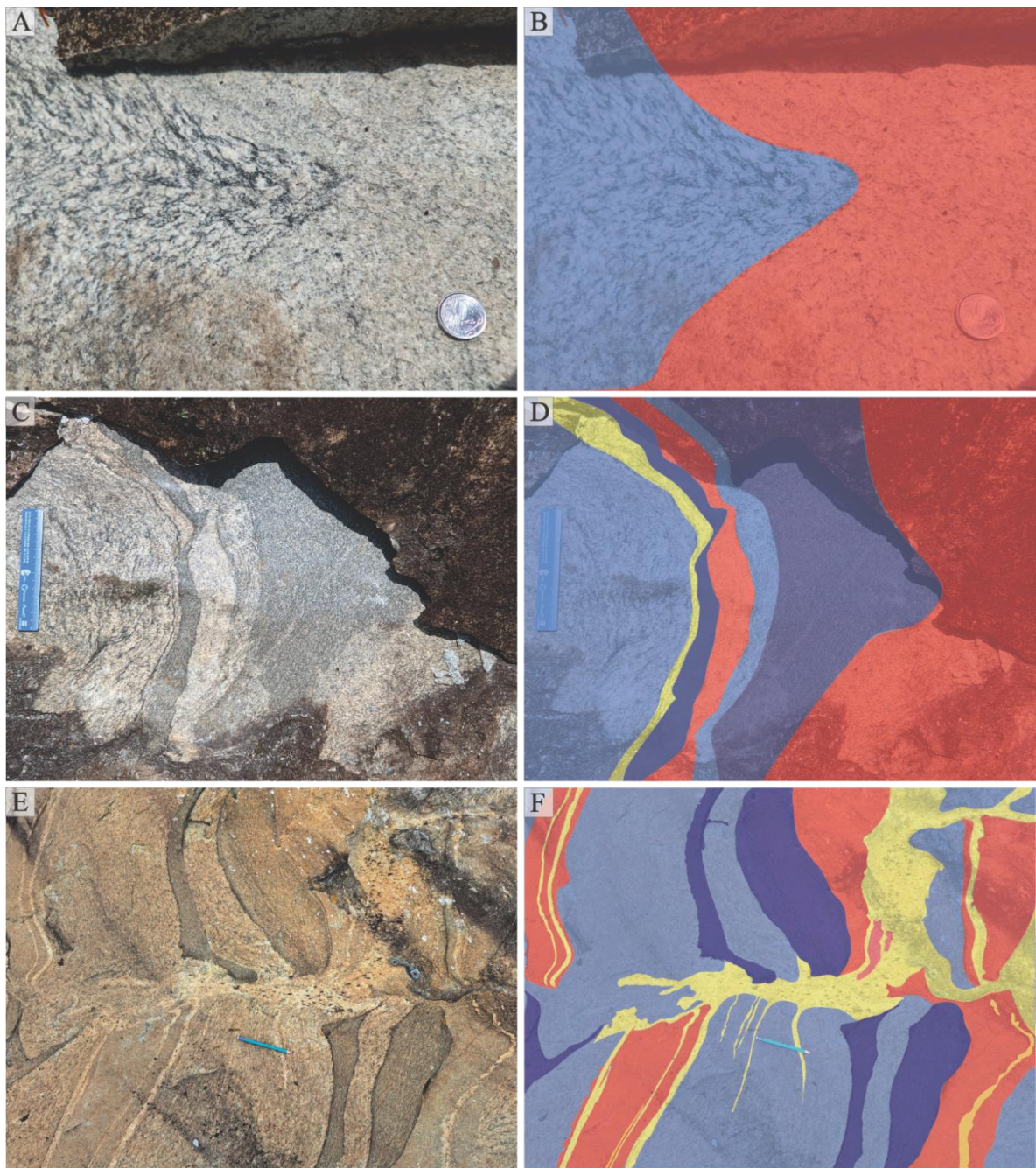


Figura 39 – Contato entre o ortogneisse Itutinga e o metagranitoide Represa de Camargos. A) Contato retilíneo, regular e lobado, destacando-se a fácies hololeucocrática do metagranitoide. B) Ilustração da figura 39A indicando em azul claro o ortogneisse Itutinga e em vermelho o metagranitoide Represa de Camargos. C) Injeções de veios do metagranitoide Represa de Camargos no ortogneisse Itutinga e presença de xenólito e pegmatito. D) Ilustração da figura 39C indicando em azul claro o ortogneisse. Em azul escuro o xenólito de biotita gnaisse no ortogneisse. Em vermelho a fácies hololeucocrática do metagranitoide, que corta o ortogneisse Itutinga e seu xenólito. Em amarelo o pegmatito intrusivo no ortogneisse. Em roxo a fácies hololeucocrática cinza do metagranitoide. E) Injeções de veios do metagranitoide Represa de Camargos no ortogneisse Itutinga. Ambos são cortados e deslocados por veios de pegmatito. F) Ilustração da figura 39E. Em azul claro o ortogneisse Itutinga. Em vermelho o metagranitoide Represa de Camargos. Azul escuro os xenólitos de biotita gnaisse. Amarelo o pegmatito.

As medidas da foliação metamórfica do ortogneisse Itutinga indicam dois conjuntos principais de *strike* (E-W e ENE-WSW), ambos com mergulho médio de 65° para N ou S e para NNW ou SSE, respectivamente (Figura 40). Portanto, é possível estabelecer uma correlação dessas medidas com a foliação regional do Cinturão Mineiro, que apresenta *strike* NE-SW. Entretanto parte das foliações medidas no referido corpo poderiam estar associadas ao *strike* das zonas de cisalhamento. A mudança na direção de mergulho pode ser atribuída a intensa deformação do corpo, que está fortemente dobrado (Figura 35C).

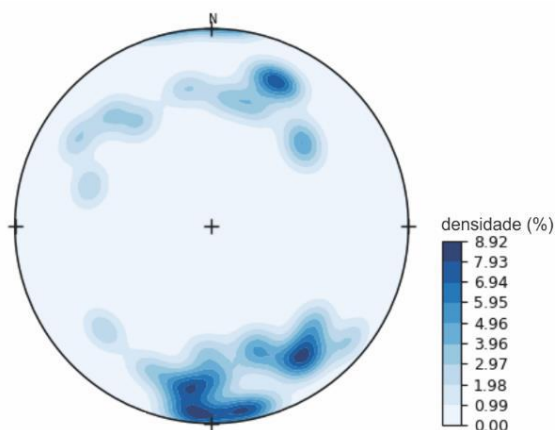


Figura 40 – Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os polos dos planos de foliação (Sn) do ortogneisse Itutinga. *Strike* E-W e mergulho médio de 65° para N e S.

7.2.3 Metagranitoide Represa de Camargos

Sua principal forma de exposição está relacionada a grandes lajedos (Figura 41A) e, mais raramente, a blocos *in situ* (Figura 41B), que também apresentam capa de alteração preta a cinza na sua superfície, o que dificulta a identificação de estruturas ou texturas. Na região mapeada afloram três fácies distintas do metagranitoide Represa de Camargos (Figura 42A-B): RdC1 - cinza (Figura 42C), RdC2 - branca (Figura 42D) e RdC3 - branca acinzentada (Figura 42E). Entretanto, essas fácies não foram subdivididas em cartografia pois são muito pontuais e, portanto, não são mapeáveis na escala adotada. As rochas da fácies RdC1 (Figura 42C) são cinzas, hololeucocráticas (IC de 7%), equigranulares médias e homogêneas, enquanto as rochas da fácies RdC2 (Figura 42D) são brancas acinzentadas, hololeucocráticas (IC de 7%), equigranulares médias a grossas e apresentam diversos aglomerados de minerais máficos esparsos pela matriz. As rochas da fácies RdC3 (Figura 42E) são brancas acinzentadas, hololeucocráticas (IC = 4%), equigranulares finas a médias e homogêneas. As rochas das três fácies exibem na maioria dos afloramentos foliação insipiente marcada pela presença de raras placas de biotita e cristais de quartzo estirados em forma de fita, porém em alguns locais estão fortemente dobrados. A mineralogia nas três fácies é representada por quartzo, feldspato e

escassa biotita. Veios de pegmatito de diversas espessuras cortam o metagranitoide Represa de Camargos e estão deformados e dobrados (Figura 43A-B).

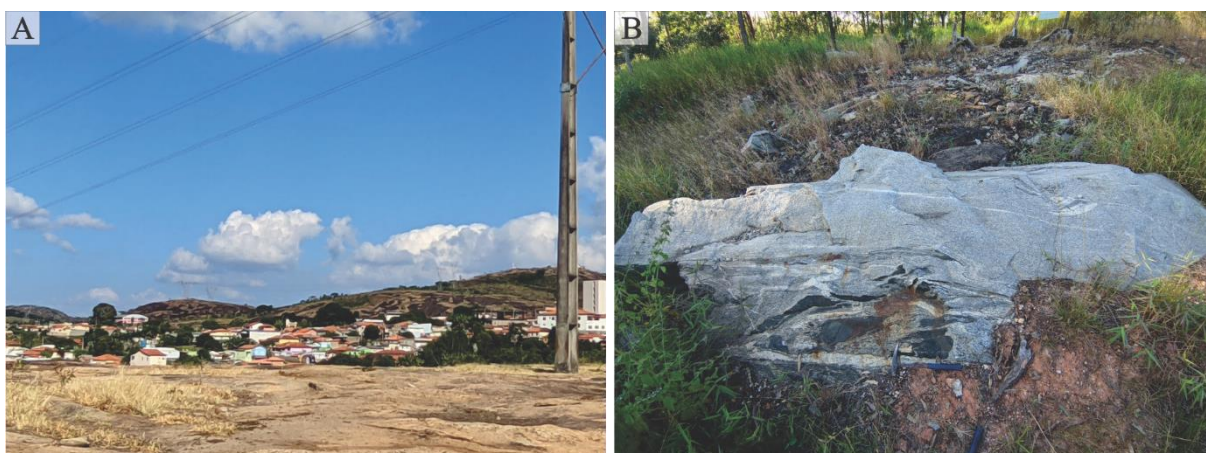


Figura 41 – Exposições do metagranitoide Represa de Camargos. A) Lajedos na cidade com aproximadamente 1000 m² (LC-110). B) Bloco *in situ* com injeções de pegmatitos e xenólitos de anfibolito (LC-100).

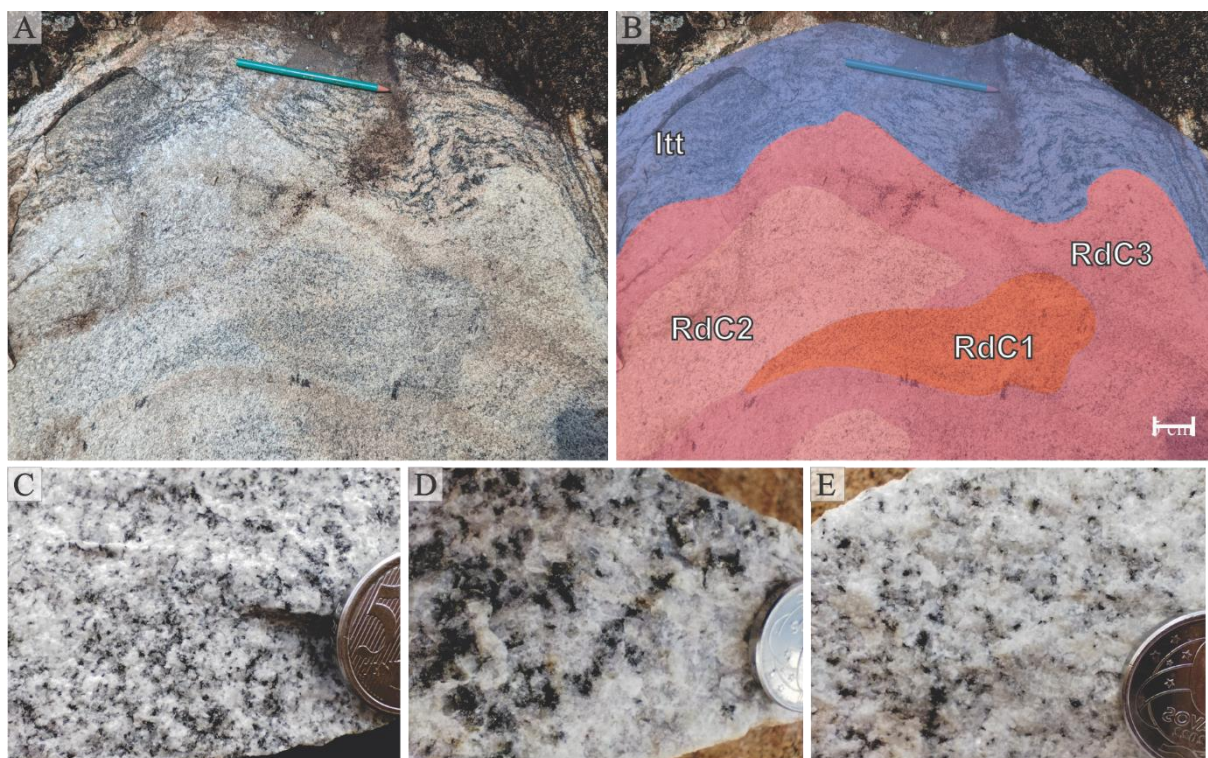


Figura 42 – Metagranitoide Represa de Camargos A) Injeção de três fácies distintas do metagranitoide Represa de Camargos (RdC1, RdC2 e RdC3) no ortognaisse Itutinga (Itt) (LC-014); B) imagem anterior destacando os litótipos do metagranitoide Represa de Camargos (RdC1, RdC2 e RdC3) e ortognaisse Itutinga (Itt) C) Fácies RdC1 (LC-029); D) Fácies RdC2 (LC-029); E) Fácies RdC3 (LC-029).

O metagranitoide Represa de Camargos apresenta diversos xenólitos (Figura 44A-D), predominando amplamente os de anfibolito, que exibem granulação fina, são mesocráticos, delgados e compostos por anfibólio e plagioclásio, bem como apresentam epidoto e biotita como minerais metamórficos. Esses estão orientados segundo a foliação presente no metagranitoide (Figura 44A) e normalmente apresentam dimensões centimétricas, mas podem

atingir cerca de 5 m de comprimento. Exibem contatos regulares, mas por vezes são assimilados parcialmente e apresentam feições irregulares (Figura 44C-D). Os xenólitos de biotita gnaiss (Figura 44B) possuem granulação fina, são leucocráticos, equigranulares finos a médios, alongados, homogêneos, menores do que 1 m, menos frequentes e apresentam entre 50 cm e 1,30 m de extensão. Também estão foliados, orientados e apresentam contatos bem definidos e regulares com o metagranitoide e por vezes estão dobrados ou cisalhados.

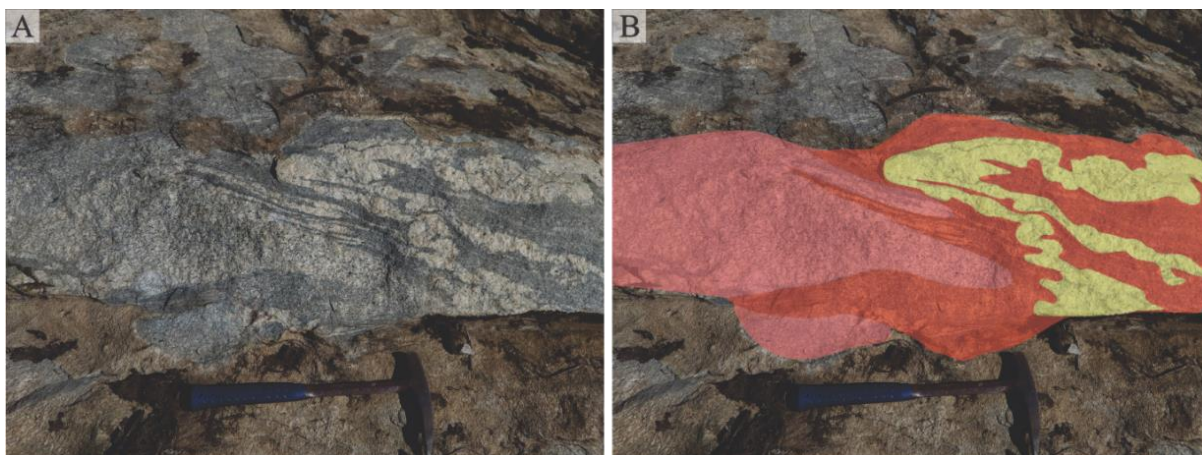


Figura 43 – Relação entre o metagranitoide Represa de Camargos e os diques de pegmatito (LC-052). A) Pegmatito dobrado junto com o metagranitoide Represa de Camargos. B) Ilustração da figura 40A destacando os litótipos observados. Rosa - RdC1; Vermelho - RdC2; Amarelo – pegmatito.



Figura 44 – Xenólitos variados no metagranitoide Represa de Camargos. A) Xenólito de anfibolito fresco destacado por linha pontilhada branca (LC 100). B) Xenólito de biotita gnaiss fino (LC 100). C) Diques e aplitos do metagranitoide Represa de Camargos intrusivos no ortogneiss Itutinga e com

xenólitos de anfibolito (esquerda) (LC 100). D) Ilustração figura 40C. Verde – xenólito de anfibolito; Azul – ortognaisse Itutinga; Vermelho – metagranitoide Represa de Camargos (RdC2) (LC 100).

Quanto aos aspectos estruturais, o metagranitoide apresenta foliação metamórfica com *strike* E-W e mergulho médio de 45° para S (Figura 45). Algumas medidas apresentam *strike* NE-SW e mergulho de aproximadamente 70° para SE, tendo sido interpretadas como uma foliação milonítica secundária gerada pela deformação dúctil do corpo, associada as zonas de cisalhamento.

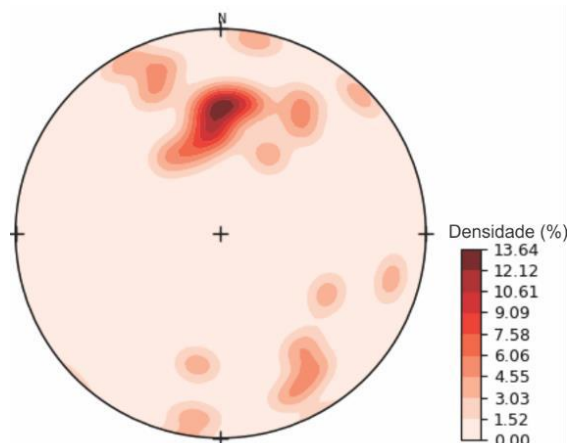


Figura 45- Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de foliação metamórfica (Sn) do metagranitoide Represa de Camargos. *Strike* E-W e mergulho médio de 45° para S.

7.2.4 Unidade metassedimentar Serra do Ouro Grosso

Como o presente trabalho visa o mapeamento do ortognaisse Itutinga, a unidade metassedimentar Serra do Ouro Grosso não foi subdividida em intervalos. Na área investigada (Figura 47A), essa unidade é caracterizada por uma série de afloramentos de quartzitos e quartzitos micáceos, que se destacam na geomorfologia por constituírem uma sequência de cristas alinhadas segundo o *trend* E-W (Figura 46B).

As rochas dessa unidade são suportadas pelo arcabouço composto por grãos de quartzo de granulometria areia média, que são bem selecionados e subarredondados a subangulosos. Apresentam estruturas planares persistentes e com espaçamento centimétrico (Figura 47A), marcadas pela orientação de filmes de filossilicatos brancos, aparentemente sericita ou fengita, que obliteram as feições primárias e, portanto, foram interpretados como associados a um processo metamórfico. Pontualmente, também são observados níveis com filossilicatos verdes (Figura 47B), aparentemente fuchcita ($K(Al,Cr)_3Si_3O_{10}(OH)_2$). A lineação de estiramento é dada pela orientação de grãos de quartzo em baixo ângulo (~15°) para sudeste. Os quartzitos apresentam orientação com *strike* E-W e mergulho médio de 70° para S (Figura 48). Observa-se também a presença de lineação de estiramento de quartzo de baixo ângulo (~15°) para sudeste.

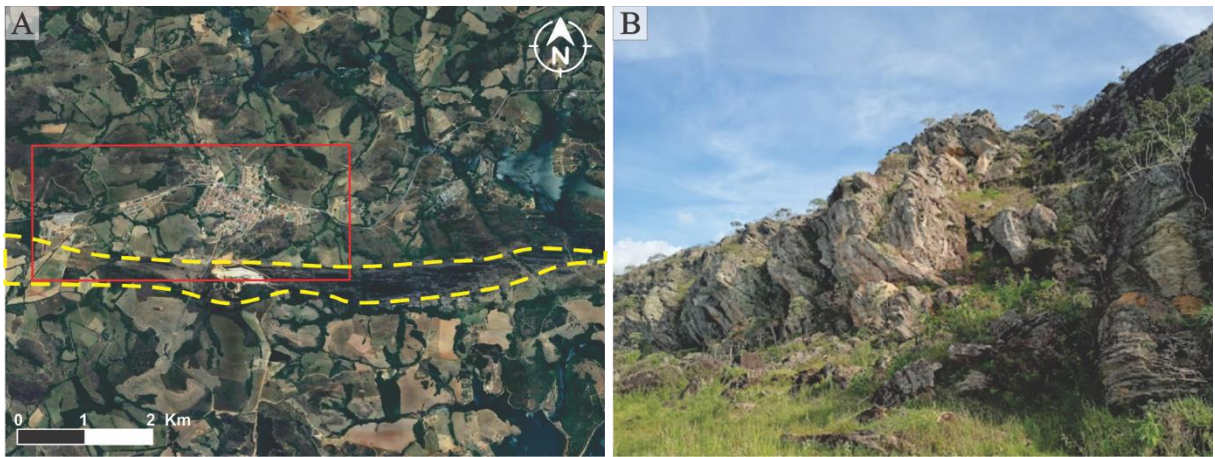


Figura 46 – Quartzitos da unidade Serra do Ouro Grosso. A) Visão da serra (tracejado amarelo) pelo Google Earth em escala regional. Em vermelho a área cartografada. B) Exposição de litótipos da serra com mergulho acentuado e alto declive por conta da erosão diferencial.

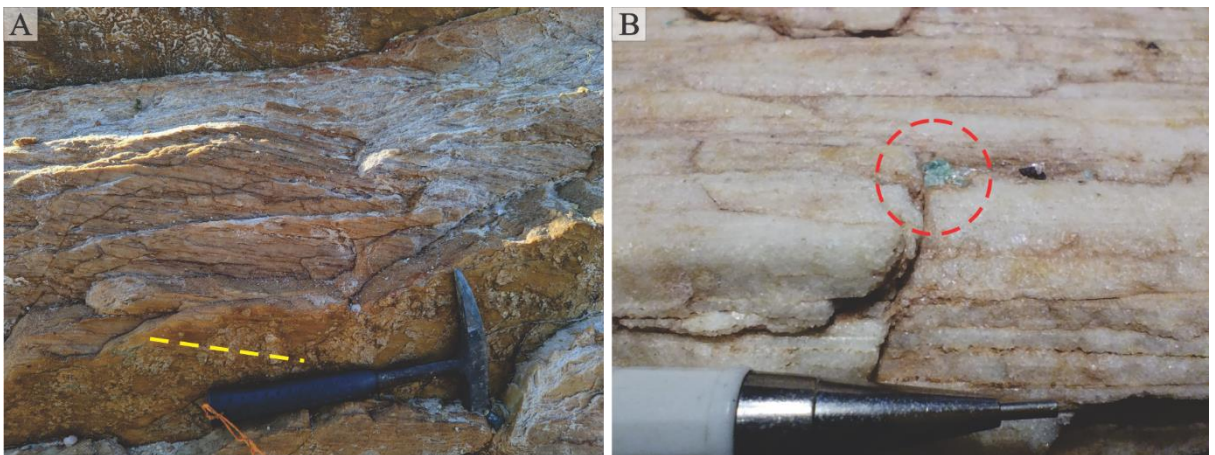


Figura 47 – Detalhe dos quartzitos da unidade Serra do Ouro Grosso. A) Planos de clivagem espaçados por poucos centímetros. Lineação de estiramento de grãos de quartzo destacada pela linha pontilhada amarela (LC-55). B) Detalhe do quartzito com possível grão de fuchcita (círculo vermelho pontilhado) (LC-57).

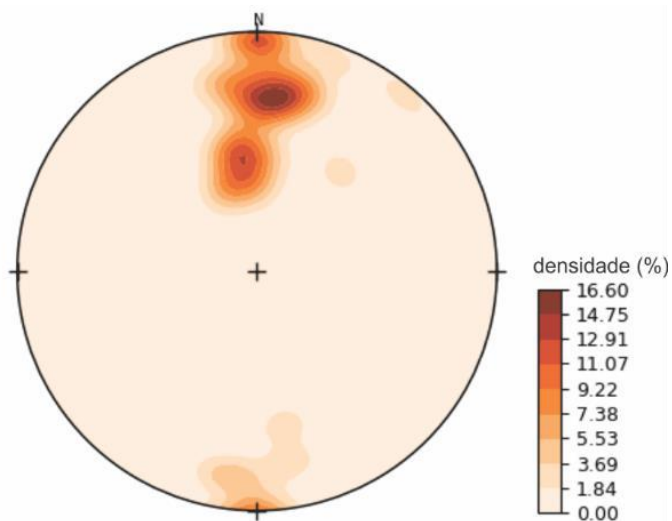


Figura 48 - Projção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de foliação metamórfica (S_n) da Unidade Serra do Ouro Grosso. *Strike* E-W e mergulho médio de 70° para S.

7.3 Estruturas geológicas

Além do episódio deformacional (D_n) que resultou na foliação metamórfica (S_n) analisada nos itens anteriores a partir de estereogramas, nota-se, pelo menos, um segundo episódio deformacional (D_{n+1}), impresso nas rochas como dobras e zonas de cisalhamento que se superpõem a foliação (S_n).

As dobras ficam marcadas pela mudança de *strike* das injeções graníticas e da foliação (S_n) presente no ortognaisse Itutinga e no metagranitoide Represa de Camargos (Figura 49A). Ainda foram observadas dobras redobradas (Figura 49B). O eixo das dobras possui caimento entre 20° e 50° com direções que variam muito (Figura 50). Esse fato pode estar associado ao baixo número de medidas realizadas pela dificuldade de encontrar afloramentos apropriados

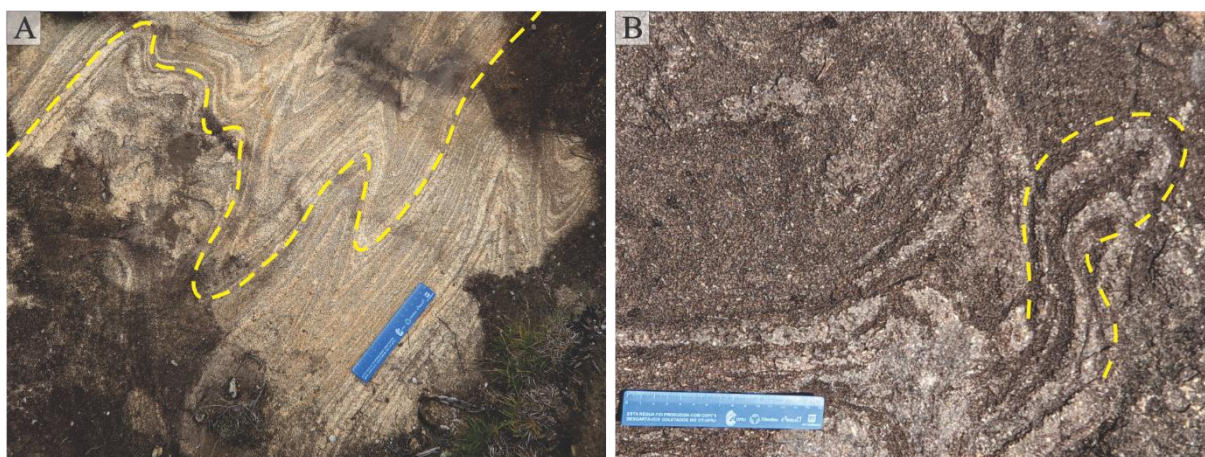


Figura 49 – Dobras no ortognaisse Itutinga destacadas pelas injeções graníticas deformadas. A) Foliação metamórfica S_n do ortognaisse Itutinga dobrada (destacada por pontilhado amarelo) (LC-019). B) Dobra redobrada no ortognaisse Itutinga destacada por pontilhado amarelo (LC-038).

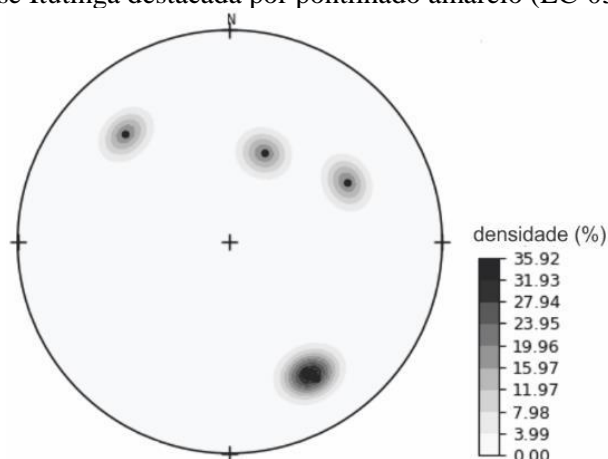


Figura 50 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os eixos de dobras na área de pesquisa.

As zonas de cisalhamento são caracterizadas por mergulho com alto ângulo para SE, *strike* NE-SW (Figura 51), movimentação sinistral e espessura entre 2 e 50 cm. Essas são marcadas pela cominuição dos grãos e pela orientação preferencial dos minerais preexistentes (Figura 52A) gerando protomilonitos. Ocorre também o crescimento de novos minerais (Figura

52B) e a formação de dobras de arraste (Figura 52C-D). Destaca-se que as zonas de cisalhamento truncam a foliação metamórfica (Sn) presente no ortogneisse Itutinga e no metagranitoide Represa de Camargos. Por fim, as medidas de lineação de estiramento de grãos de quartzo na Serra do Ouro Grosso indicando caimento de baixo ângulo para E (Figura 53).

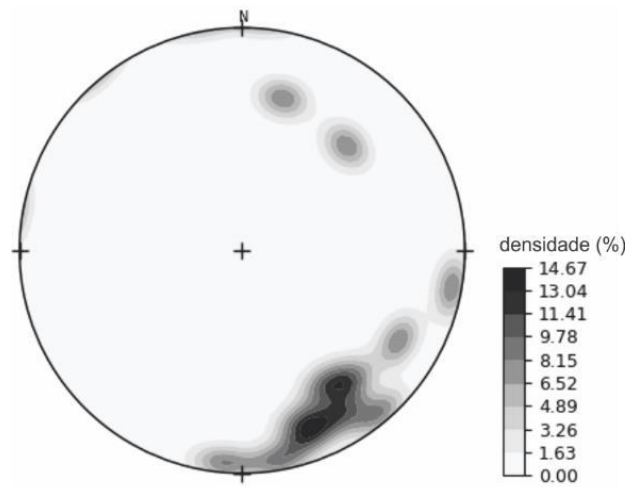


Figura 51 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando os pólos dos planos de zonas de cisalhamento na área de pesquisa. *Strike* NE-SW e mergulho médio de 80° para SE.

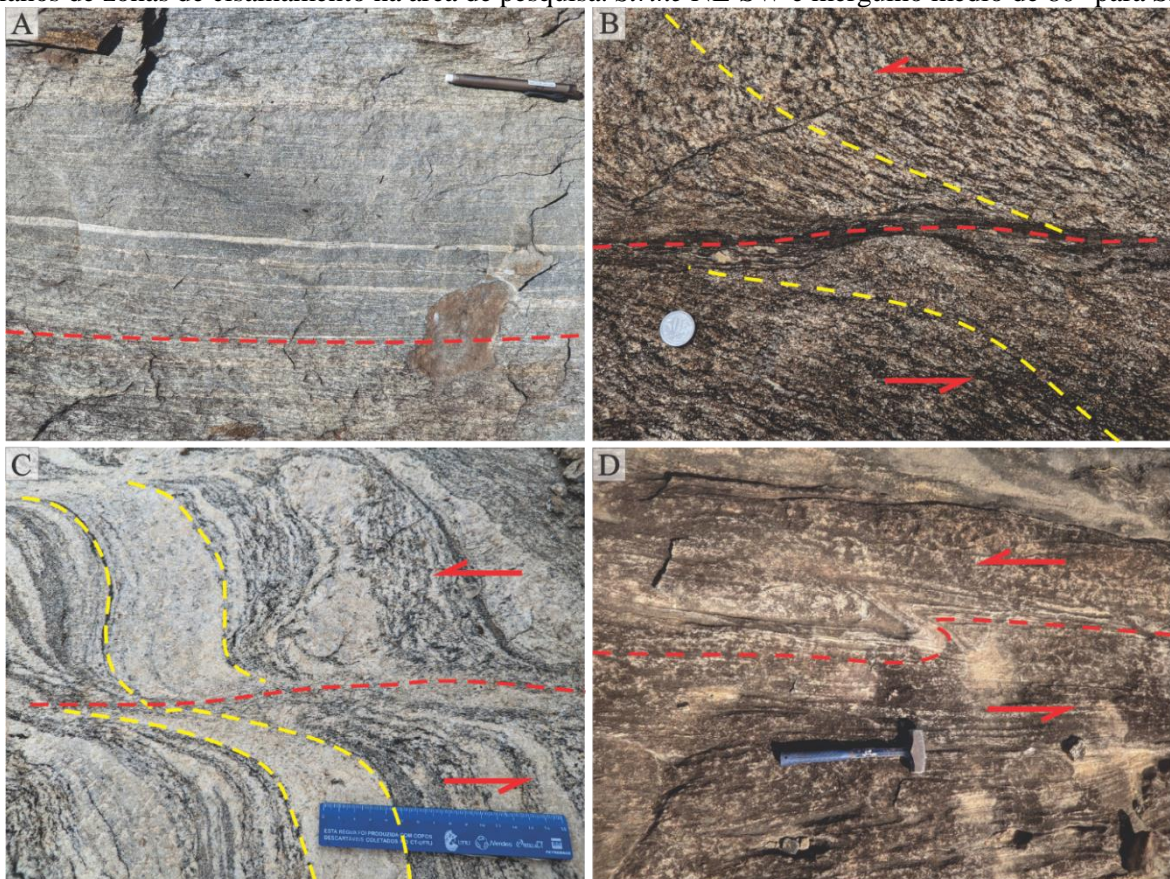


Figura 52 – Zonas de cisalhamento truncando a foliação metamórfica do ortogneisse Itutinga. A) Zona de cisalhamento gerando foliação milonítica (destacada pela linha pontilhada vermelha) no ortogneisse Itutinga paralela a foliação principal (LC-002). B) Arraste da foliação metamórfica Sn do ortogneisse Itutinga (pontilhado amarelo) indicando cinemática sinistral na zona de cisalhamento. Foliação milonítica secundária marcada pelo crescimento orientado de biotita (pontilhado vermelho) (LC-013). C) Arraste da foliação metamórfica Sn do veio hololeucocrático (pontilhado amarelo) e da foliação do ortogneisse Itutinga indicando cinemática sinistral na zona de cisalhamento (LC-015). D) Dobra associada a zona de cisalhamento no ortogneisse Itutinga indicando cinemática sinistral (LC-096).

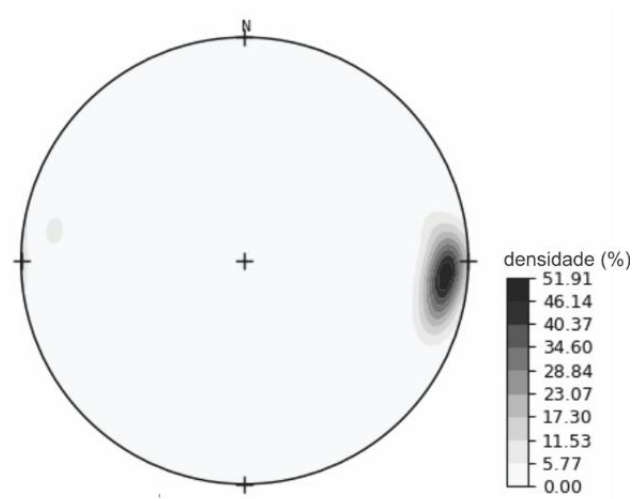


Figura 53 - Projeção estereográfica de igual área para o hemisfério inferior representando as lineações de estiramento na unidade Serra do Ouro Grosso. Medidas com caimento de baixo ângulo para E.

8 PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL

As amostras do ortogneisse Itutinga foram estudadas a partir da combinação de petrografia por microscópio óptico em luz polarizada, catodoluminescência e MEV-EDS. Essas técnicas foram utilizadas visando compreender aspectos mineralógicos, texturais e estruturais em escala de lâmina delgada. Também foram descritos com o auxílio do microscópio petrográfico os xenólitos e veios graníticos hololeucocráticos que cortam o referido corpo.

8.1 Ortogneisse Itutinga

8.1.1 Aspectos descritivos e classificação

As rochas do ortogneisse Itutinga são hololeucocráticas (IC entre 5,07% e 8,65% - Tabela 12), possuem composição tonalítica (Figura 54), apresentam textura seriada, sendo localmente equigranular. Apresenta cristais de plagioclásio com diversos tamanhos imersos em uma matriz fina com granulação entre 0,4 e 2 mm (Figura 55A) e eventualmente ocorrem cristais de plagioclásio maiores e solitários de até 4 mm (Figura 55B). A forma arredondada dos cristais está associada a deformação. A textura inequigranular xenoblástica, observada pontualmente, apresenta grãos de plagioclásio com diferentes tamanhos e formas irregulares devido a intensa recristalização da borda dos grãos (Figura 55C). A foliação do ortogneisse Itutinga é marcada por: (i) cristais de quartzo em forma de fita (Figura 56A); (ii) feldspato em formato de *augen* ou estirado (Figura 56B); e orientação de filmes de biotita (Figura 56C).

Tabela 12 – Análise modal das amostras do ortogneisse Itutinga. Pl – Plagioclásio; Qz – Quartzo; Mcc – Microclínio; Bt – Biotita; Ep – Epidoto; Ms-Muscovita. Dados em porcentagem.

Amostra	Pl	Qz	Mcc	Bt	Ms	Ep	Total
LC-001A	53,97	33,58	3,50	5,07	2,76	0,67	99,55
LC-003B	47,76	35	4,75	6,76	2,56	0,45	97,28
LC-009A	50,46	31,56	3,56	8,65	4,65	0,31	99,19
LC-014B	43,52	40	2,34	7,06	3,11	0,56	96,59
LC-017A	54,78	27,37	1,76	5,89	2,98	1,12	93,90
LC-041A	49,45	37,26	1,52	6,02	4,97	0	99,22
VIC-2	53,67	28,62	3,57	6,25	6,43	1,1	99,64
VIC-3	45,89	38,54	2,17	8,65	4,05	0,34	99,64
VIC-4	51,12	39,29	0,94	5,27	1,51	0,97	99,10
VIC-5A	53,09	34,09	2,45	5,92	3,09	0,25	98,64
VIC-5B	44,14	40,76	4,32	5,09	4,62	0,43	99,36
ITEV-1B	53,3	30,44	3,89	4,01	5,89	0,65	98,18
ITEV-2B	48,99	32,31	5,01	7,64	4,19	1,34	99,48
ITEV-2C	54,76	28,45	1,2	7,76	5,78	1,32	99,27

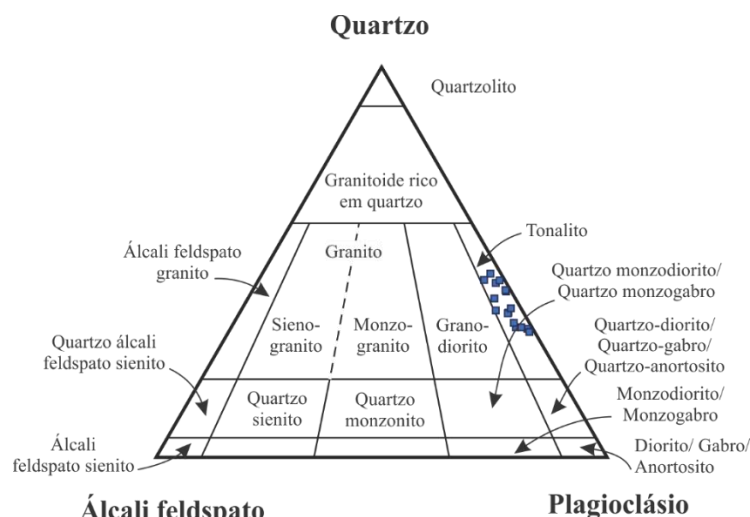


Figura 54 – Classificação petrográfica das rochas do ortogneisse Itutinga no diagrama QAP de Streckeisen (1976).

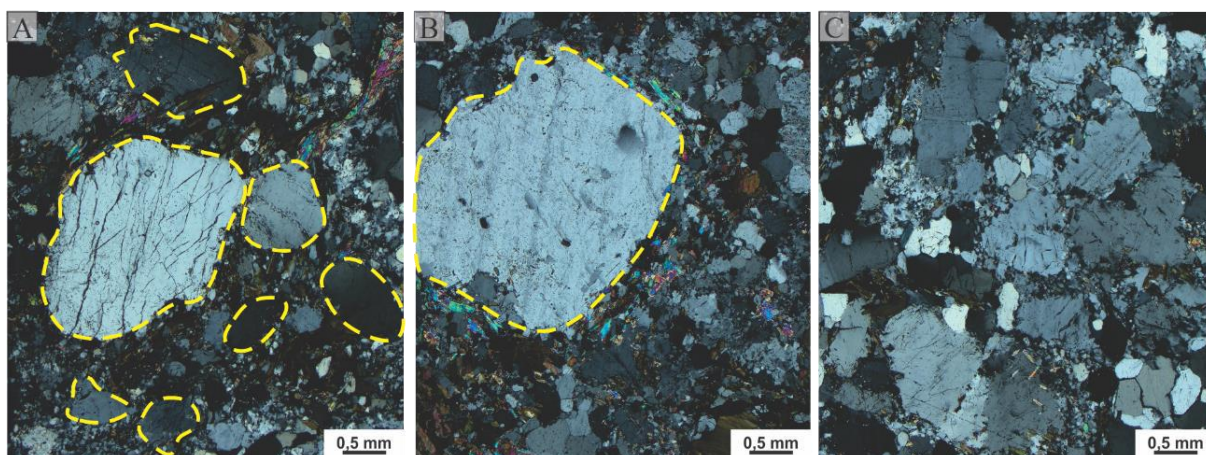


Figura 55 – Fotomicrografias em polarização cruzada de diferentes texturas do ortogneisse Itutinga. A) Inequigranular seriada marcada por diferentes tamanhos dos cristais de plagioclásio (contornos pontilhados em amarelo) (LC-001A). B) Inequigranular porfírica marcada por cristal de plagioclásio (pontilhado em amarelo) muito maior do que a granulação da matriz (LC-017A); C) Equigranular xenoblástica marcada por cristais com mesmo tamanho e forma irregular (LC-009B).

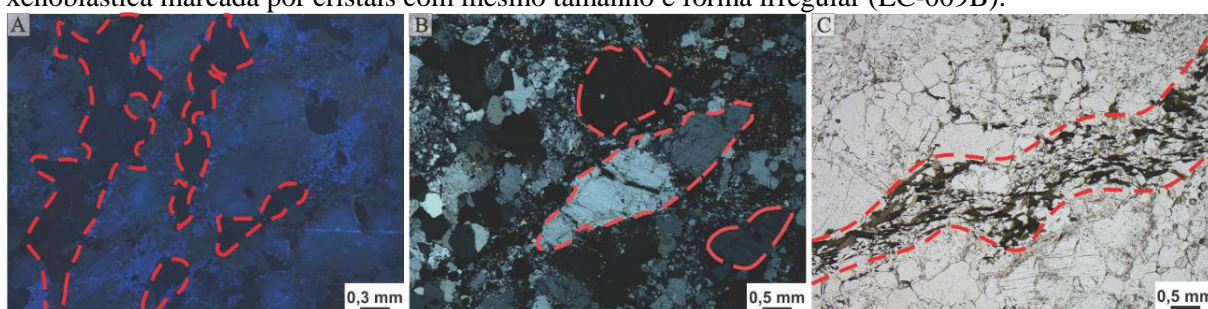


Figura 56 – Fotomicrografias destacando orientação mineral. A) Imagem de catodoluminescência destacando quartzo estirado em formato de fitas (pontilhado vermelho) (LC-003B); B) Imagem em polarização cruzada mostrando grãos de plagioclásio com formato *augens* (LC-014B); C) Imagem em polarização paralela mostrando uma banda formada por um agregado de minerais máficos (diminutos grãos de de biotita, epidoto e titanita) orientados segundo a foliação do ortogneisse Itutinga (LC-001A).

8.1.2 Mineralogia

A assembleia mineralógica do ortogneisse Itutinga é composta por minerais primários, originários do protólito ígneo e de minerais secundários associados a processos, metamórficos,

hidrotermais ou intempéricos. Alguns minerais ocorrem tanto como primários quanto como secundários e, portanto, são diferenciados com o número 1 quando primários e 2 quando secundários.

A mineralogia essencial desse corpo é representada por plagioclásio₁ (oligoclásio), quartzo e biotita, enquanto feldspato potássico, titanita₁, apatita, allanita, epidoto₁, zircão, magnetita/hematita, pirita e calcopirita são acessórios comuns. Já os minerais secundários são representados por epidoto₂, plagioclásio₂ (albita), titanita₂, feldspato potássico com Ba, muscovita, thorita, hidróxido de ferro e carbonato.

O plagioclásio₁ (oligoclásio - An₁₂₋₂₇) ocorre tanto sob a forma de cristais subédricos granulares com tamanho entre 1 e 4 mm, quanto na matriz, onde apresenta hábito predominantemente granular e tamanho entre 0,3 e 0,6 mm. Exibe geminação polissintética sutil ou essa não é observada, impondo grande dificuldade no processo de diferenciá-lo do feldspato potássico em luz polarizada. Essa distinção é bem mais simples com a utilização da catodoluminescência, pois o plagioclásio apresenta cor cinza rosada e o microclínio cor azulada intensa (Figura 57).

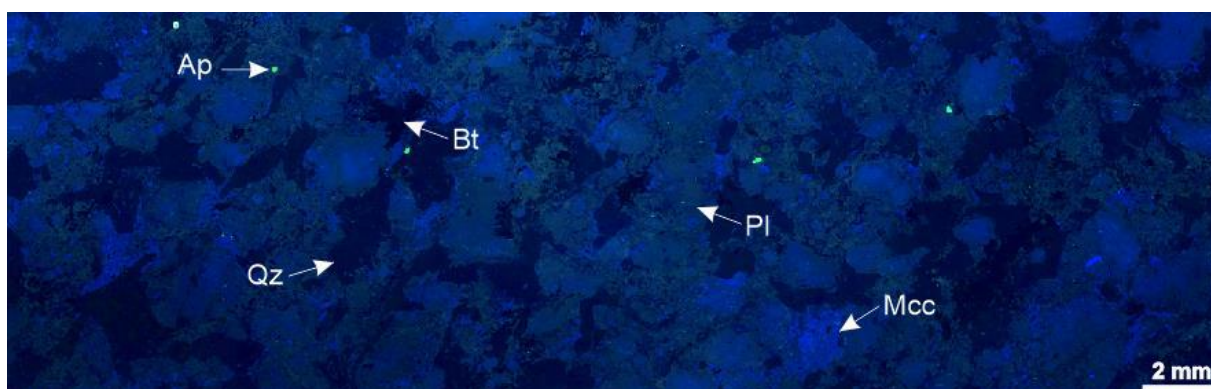


Figura 57 – Fotomosaico de imagens de catodoluminescência de lâmina do ortogneisse Itutinga evidenciando as diferentes proporções entre plagioclásio₁ (Pl) com coloração cinza rosada e o feldspato potássico (Mcc) com coloração azulada intensa. Quartzo (Qz) ocorre em cor cinza escura, biotita (Bt) é preta e a apatita (Ap) verde limão (LC-003B).

Os grãos de plagioclásio frequentemente apresentam-se fraturados e os vértices estão arredondados devido a recristalização associada a deformação (Figura 58A). Também foram observadas texturas de exsolução entre o plagioclásio e o microclínio, formando o intercrescimento antipertítico, que ocorre tanto aleatoriamente (Figuras 58B e 58D) quanto associado aos planos de geminação polissintética do plagioclásio (Figura 58C). As inclusões no plagioclásio são representadas por biotita, apatita, zircão e óxidos de ferro, enquanto os minerais secundários associados correspondem a albita, carbonato, epidoto e sericita.

O plagioclásio₂ (albita – An₀₀₋₀₈) é anédrico, considerado como metamórfico e ocorre de forma heterogênea, estando presente principalmente nas adjacências de grãos de biotita

(Figura 59A) ou em zonas de intensa recristalização do plagioclásio₁ (Figura 59B). As análises do plagioclásio por MEV-EDS (Anexo II) plotam no campo do oligoclásio quando primário e da albita quando secundário (Figura 60).

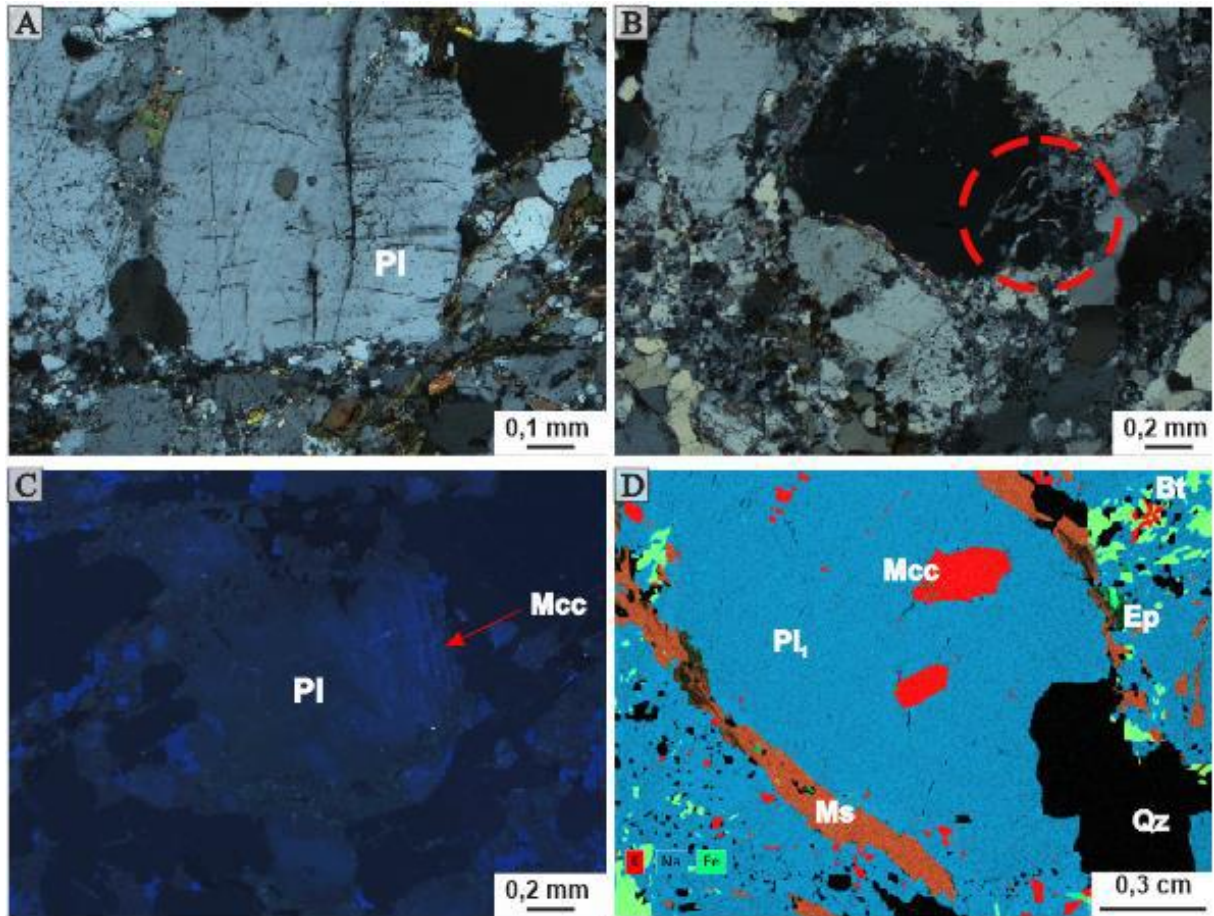


Figura 58 – Fotomicrografias de feições associadas ao plagioclásio primário no ortogneisse Itutinga. A) Cristal de plagioclásio₁ (Pl) em luz polarizada exibindo diversas fraturas (LC-001A). B) Cristal de plagioclásio₁ em luz polarizada exibindo exsolução tipo *flame* de microclínio (destacado pelo pontilhado em vermelho) (LC-003B). C) Imagem em catodoluminescência de plagioclásio₁ com intercrescimento antipertítico (Mcc) no plano de geminação (LC-009A). D) Mapa composicional de K, Na e Fe mostrando cristais de microclínio (Mcc) inclusos no plagioclásio₁ (Pl). Destaque para muscovita (Ms) margeando o plagioclásio (Pl) e biotita e epidoto (Ep) dispersos na matriz. Qz – quartzo (LC-017A).

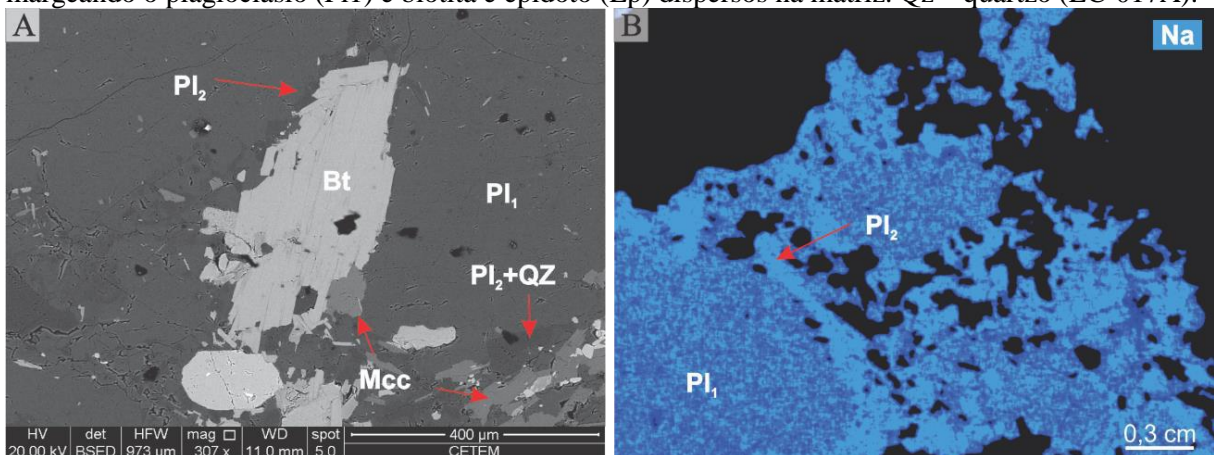


Figura 59 - Feições do plagioclásio secundário no ortogneisse Itutinga. A) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando a presença de albita (Pl₂) na borda de biotita (Bt) (LC-001A). B) Mapa composicional para Na mostrando a sutil diferença de contagem do elemento na albita (Pl₂) e oligoclásio (Pl₁), sendo que o oligoclásio (primário) é substituído na borda pela albita (secundária) (LC-001A).

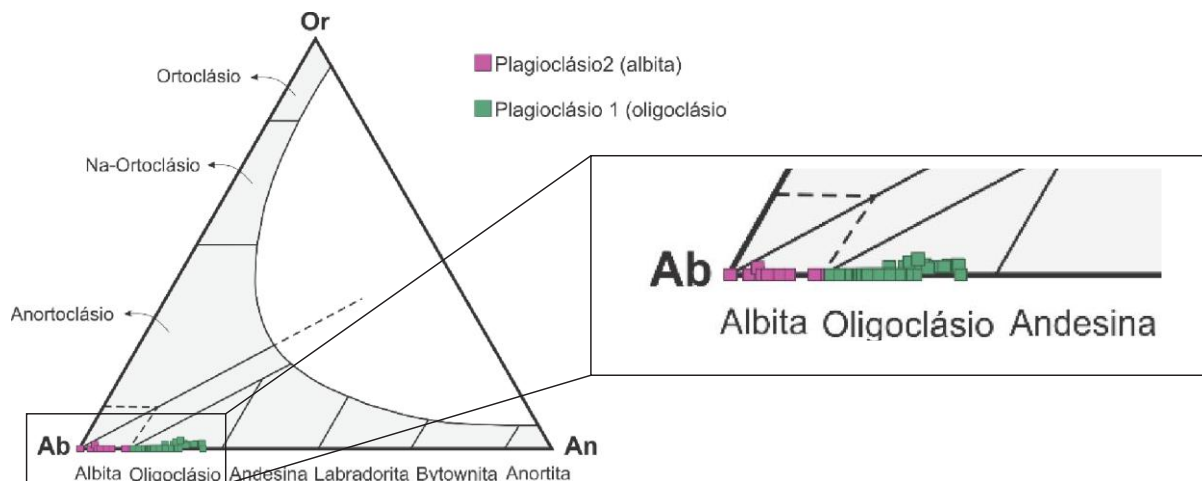


Figura 60 - Classificação do plagioclásio do ortogneisse Itutinga no diagrama ternário Ab-An-Or (Deer *et al.*, 2013) a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.

O quartzo apresenta hábito granular, inclusões de plagioclásio₁, biotita e apatita, está associado exclusivamente à matriz e ocorre sob a forma de cristais anédricos de granulação fina entre 0,1 e 0,8 mm. Está normalmente disposto em fitas que seguem a foliação metamórfica e apresentam contatos poligonais, que indicam recristalização (Figura 61).

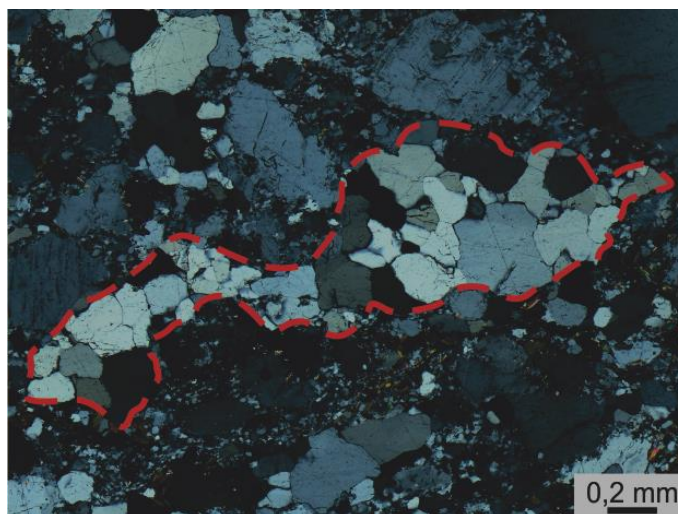


Figura 61 - Fotomicrografia em polarização cruzada destacando cristais de quartzo (pontilhado vermelho) exibindo formato de fita e com contatos poligonais considerados como produtos de um processo de recristalização (LC-009A).

A biotita varia de tabular a subédrica, possui hábito lamelar e distribuição heterogênea, ora associada a aglomerados máficos (Figura 62 A-B), ora dispostos em grãos maiores isolados envoltos por cristais menores (Figura 62B-C). Mais raramente ocorre inclusa em quartzo, plagioclásio (Figura 62C) e microclínio. Os grãos variam entre 0,5 e 3 mm, exibem inclusões de epidoto, titanita, zircão e apatita, destacando-se, ainda, a presença de titanita₂ nos seus planos de clivagem (Figura 62D), possivelmente a partir da exsolução do Ti dela e associação desse

com Si e Ca oriundos do plagioclásio. As análises da biotita em MEV-EDS (Anexo III) plotam no diagrama de Nachit *et al.* (2005) no campo da biotita reequilibrada por processos pós magmáticos (Figura 63A) e no diagrama de Foster (1960) no campo da Fe-biotita (Figura 63B).

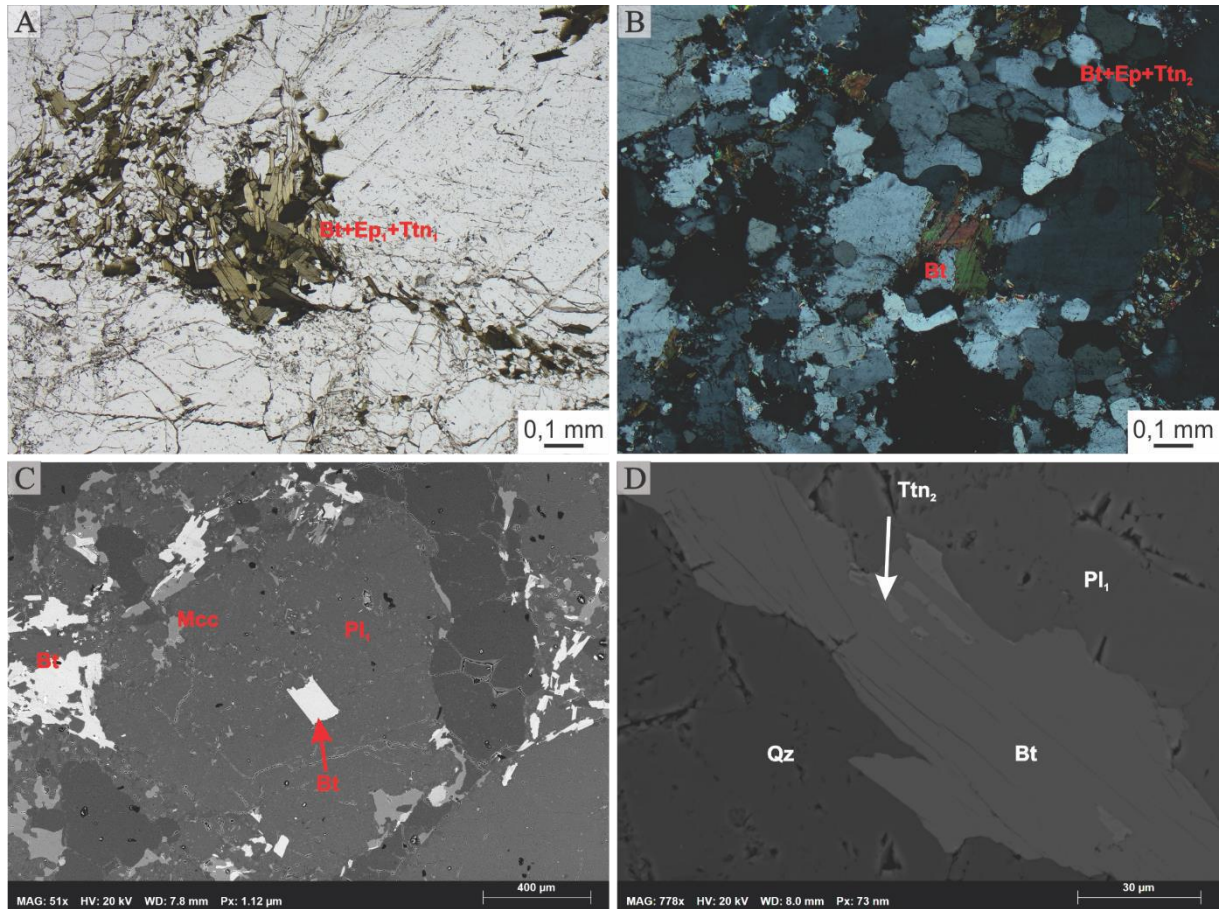


Figura 62 – Fotomicrografia de feições da biotita do ortogneiss Itatinga. A) Cristais diminutos e tabulares de biotita associados a um aglomerado máfico com a presença de epidoto (Ep_1) e titanita (Ttn_1) em luz polarizada paralela (LC-001B). B) Cristal de biotita maior em luz polarizada cruzada orientado segundo a foliação do ortogneiss (LC-014B). C) Imagem de elétrons retroespalhados de cristal de biotita (Bt) incluído em grão de plagioclásio primário (Pl_1) e margeando o mesmo grão de plagioclásio (LC-003B). Microclínio (Mcc) na borda do plagioclásio. D) Imagem de elétrons retroespalhados de cristal de biotita com exsolução de titanita₂ (Ttn_2) nos planos de clivagem (LC-017A).

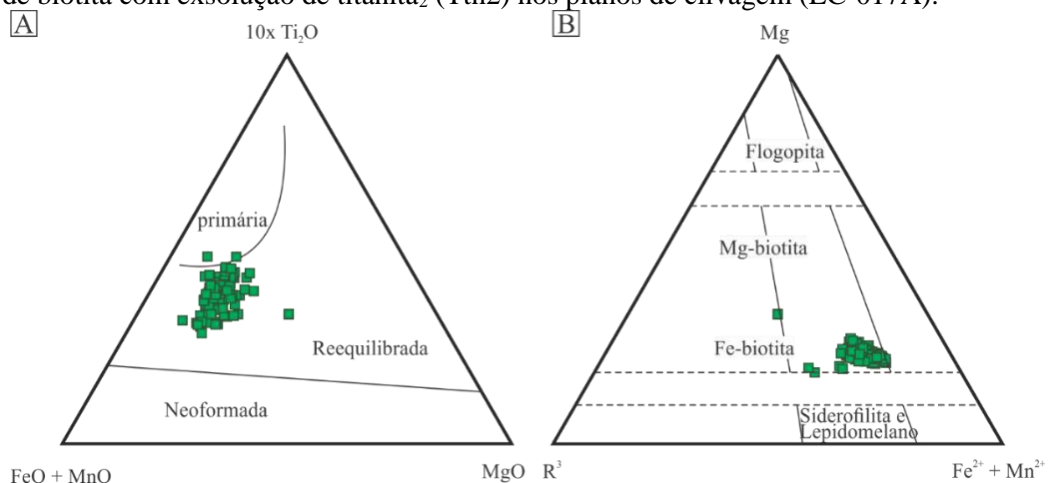


Figura 63 – Diagramas de classificação de biotita para as rochas do ortogneiss Itatinga a partir dos resultados das análises de MEV-EDS. A) Diagrama de Nachit *et al.* (2005) para discriminação entre biotita primária, reequilibrada e neoformada. B) Diagrama de Foster (1960) para classificação de micas escuras ($R^{3+} = Al, Fe^{3+}$ e Ti).

O feldspato potássico presente nas rochas do ortogneisse Itutinga corresponde ao microclínio, que ocorre tanto na matriz, quanto em exsoluções dentro do plagioclásio primário (Figuras 64A e 64B). Em ambos os casos é representado por grãos anédricos com tamanho entre 0,1 e 0,4 mm, que apresentam contatos irregulares com os demais minerais. Raramente observa-se sua geminação em luz polarizada (Figura 64C) e destaca-se em catodoluminescência por apresentar intensa coloração azul (Figuras 64A-B e D). As análises em MEV-EDS (Anexo IV) revelaram que a maioria dos grãos de microclínio possui Ba em sua composição, portanto foi utilizado o diagrama ternário microclínio-albita-celsiana (Deer *et al.*, 2013) para a sua classificação. Todas as amostras plotaram no campo do feldspato potássico com Ba (Figura 65).

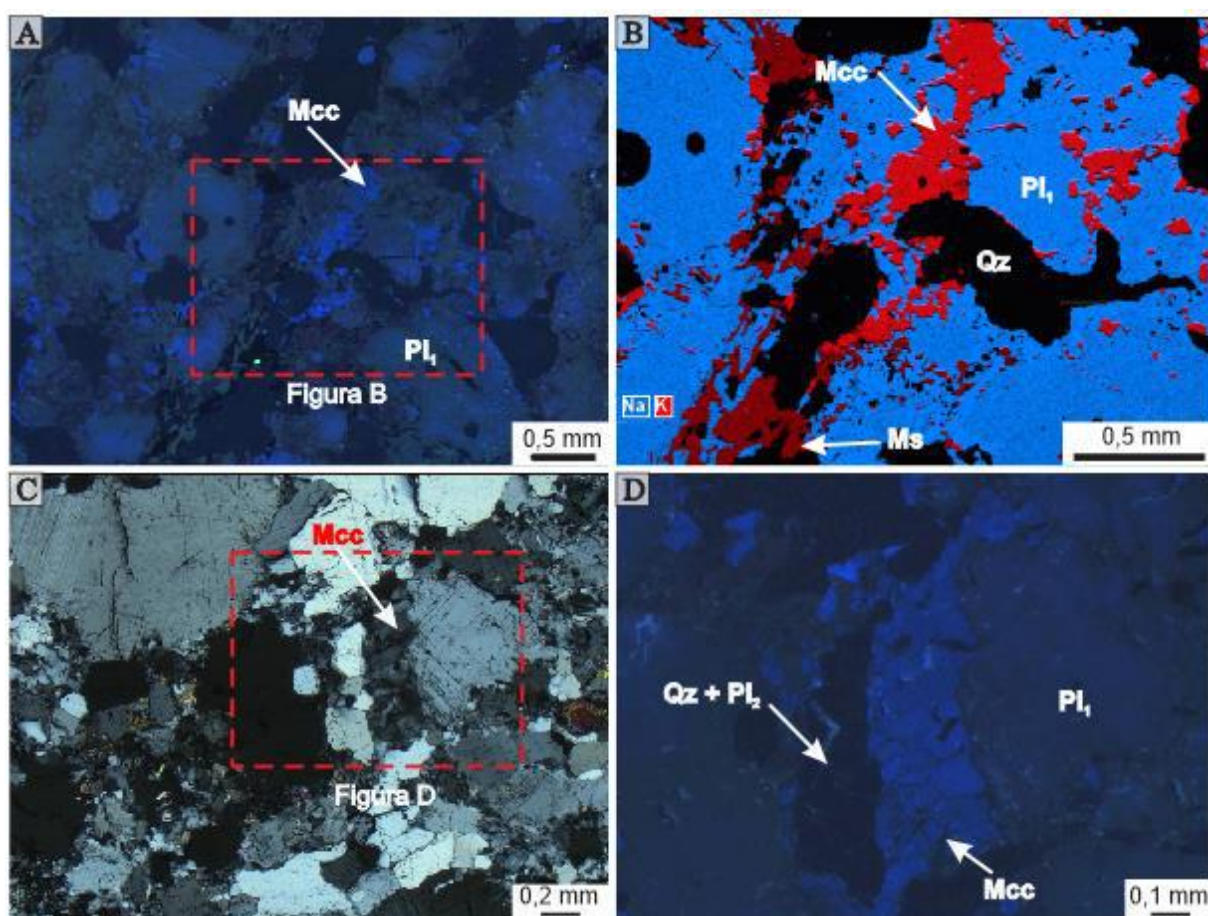


Figura 64 – Fotomicrografias mostrando feições do feldspato potássico no ortogneisse Itutinga. A) Imagem de catodoluminescência mostrando cristais de microclínio intersticial na cor azul e com tamanho muito pequeno em zona com deformação intensa. Destaque para área da figura 64B em pontilhado (LC-001A). B) Mapa composicional de Na e K em MEV-EDS mostrando cristais de microclínio (em vermelho) como grãos pequenos e recrystalizados crescendo a partir do plagioclásio₁ (azul). Destaque para muscovita (Ms) que também substitui do plagioclásio₁ e por ser de K está na cor vermelha (LC-001A). C) Cristais de microclínio (Mcc) recrystalizados em polarização cruzada no contato com o plagioclásio₁ com geminação polissintética. Destaque para área da figura 64D em pontilhado (LC-009A). D) Imagem de catodoluminescência mostrando detalhe de grãos de microclínio (Mcc) ao lado de plagioclásio primário (Pl1) exibindo contatos poligonais entre si, apontando que estaria recrystalizado (LC-009A).

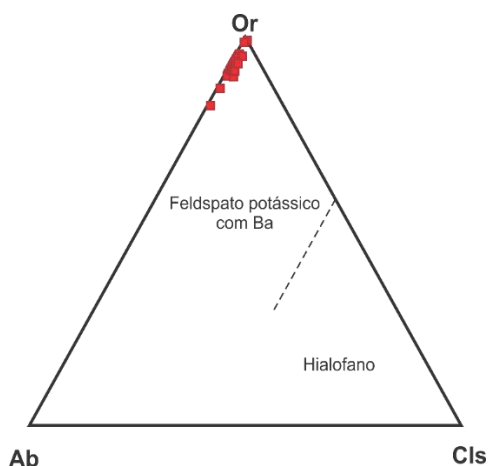


Figura 65 - Diagrama ternário microclínio-albita-celsiana (Deer *et al.*, 2013) com as análises de feldspato potássico do ortogneise Itutinga analisados por MEV-EDS.

A titanita ocorre tanto como mineral acessório proveniente da cristalização do protólito ígneo (titanita₁), quanto secundário (titanita₂ - metamórfica ou hidrotermal), sendo que a ígnea é representada por cristais subédricos com hábito granular e cerca de 0,8 mm, os quais ocorrem de forma heterogênea e normalmente associados aos agregados máficos (Figura 66A). Pode apresentar exsolução de fase rica em flúor (F-Ttn) (Figura 66B) identificada em MEV-EDS. A titanita₂ é anédrica, possui contatos irregulares, granulação fina e ocorre no contato entre os grãos de biotita, ora como exsolução ao longo das clivagens (Figura 66C), ora como cristais desenvolvidos na borda de cristais de biotita (Figura 66D).

A allanita ocorre em grãos parcial ou totalmente metamictizados, não maiores do que 0,2 mm e normalmente subédricos. Os cristais possuem coloração preta, marrom ou amarelo em polarização paralela (Figura 67A) e frequentemente são isotrópicos. Por vezes, ocorrem cristais zonados, com bordas metamictizadas e núcleo preservado (Figura 67B). Muitas vezes ocorre a presença de bordas de epidoto formando texturas de corona, bem como exsolução de thorita (Figura 67B).

A apatita é representada por grãos que variam de anédricos a euédricos, exibe hábito granular ou prismático, tamanho máximo de 0,4 mm e ocorre dispersa pela rocha, mas também está presente nos agregados máficos. Apresenta coloração verde na catodoluminescência (Figura 68A), o que facilita sua identificação, bem como possui inclusões de zircão (Figura 68B-C) e exsolução de thorita (Figura 68D).

O zircão ocorre principalmente como inclusão no plagioclásio, na biotita (Figura 69A) e na apatita (Figura 68B-C). Apresenta hábito prismático ou granular de granulometria fina (até 0,1 mm). Os minerais opacos foram estudados muito rapidamente através de MEV-EDS e correspondem a óxido de ferro (magnetita/hematita), pirita e calcopirita. Normalmente estão associados a aglomerados máficos ou inclusos em cristais de plagioclásio. A

magnetita/hematita apresenta hábito granular (Figura 69B), possui até 1 mm e podem apresentar inclusões de pirita e calcopirita.

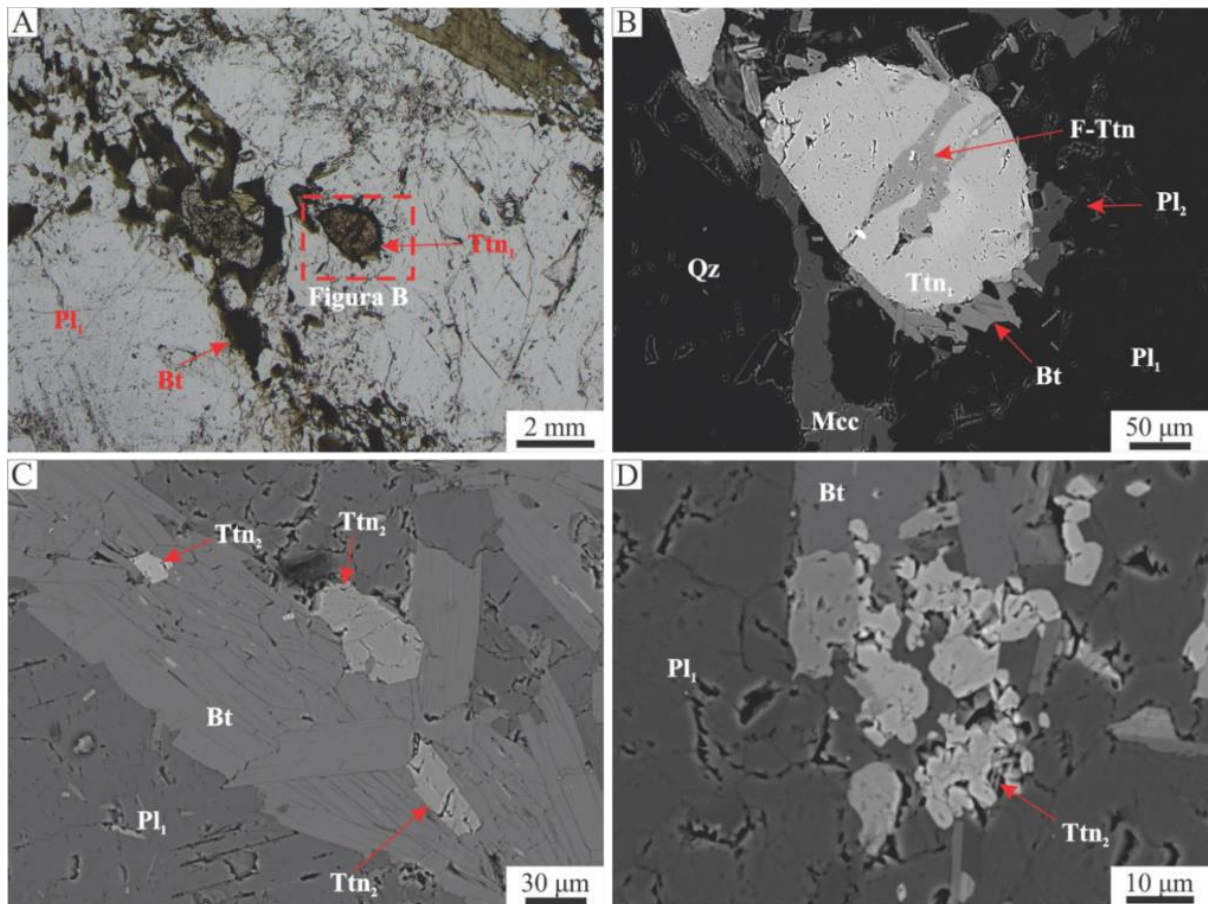


Figura 66 – Fotomicrografias destacando diferentes tipos de titanita no ortogneisse Itutinga. A) Titanita primária (Ttn_1) em polarização paralela incluída no plagioclásio primário, exibindo relevo alto e coloração castanha (LC-014B). Detalhe para figura 66B (pontilhado). B) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando cristal primário de titanita (Ttn_1) com exsolução de uma fase com alto teor de flúor (F-Ttn) (LC-014B). C) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando grãos de titanita secundária (Ttn_2) crescendo na borda e nas clivagens de grãos de biotita (LC-017A). D) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando grãos de titanita secundária (Ttn_2) com formato irregular e junto com plagioclásio primário (Pl_1) e biotita (Bt) (LC-017A).

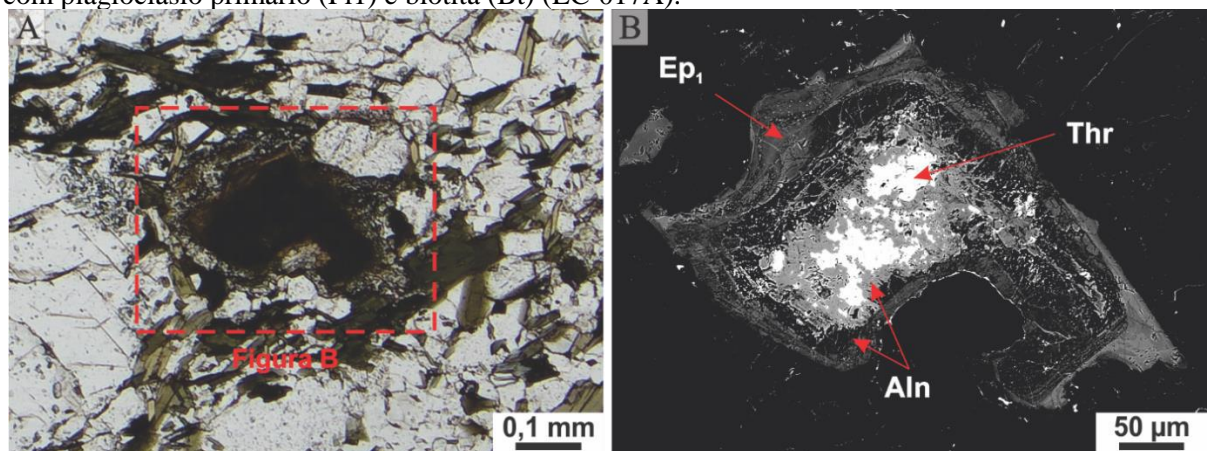


Figura 67 - Fotomicrografias exibindo grão de allanita. A) Allanita metamictica em luz polarizada paralela exibindo borda com sobrecrecimento de epidoto formando textura em corona. Detalhe para figura 67B (pontilhado vermelho) (LC-003B). B) Imagem de elétrons retroespalhados destacando exsolução de thorita no centro da allanita, que está zonada pela variação de ETR (LC-003B).

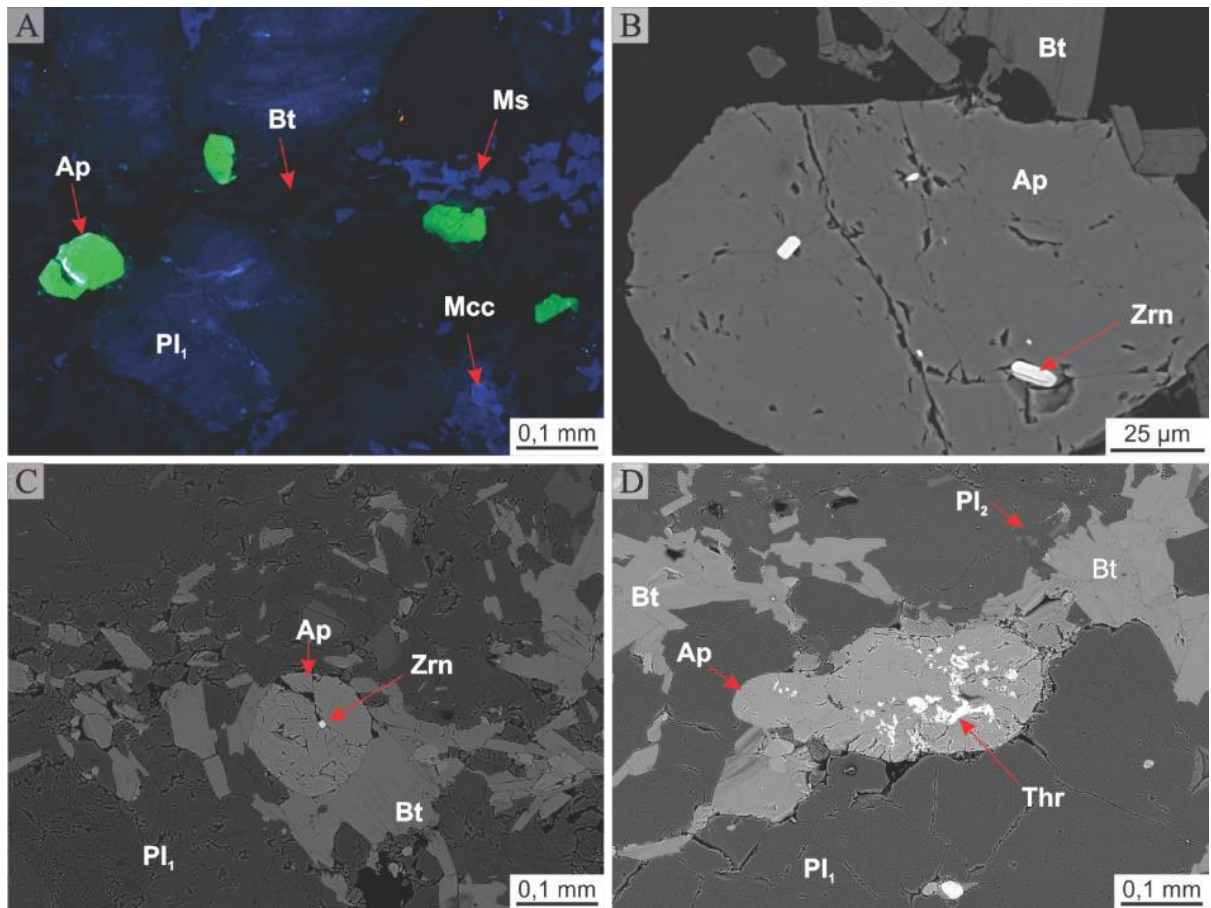


Figura 68 – Fotomicrografias de grãos de apatita no ortogneisse Itutinga. A) Imagem de catodoluminescência evidenciando os grãos de apatita, que possuem coloração verde limão, em meio a matriz da rocha com biotita (Bt), muscovita (Ms) e microclínio (Mcc) (LC-003B). B) Imagem de elétrons retroespalhados destacando cristal de apatita (Ap) com hábito hexagonal e diversas inclusões de zircão (Zrn) (LC-001A). C) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando apatita hexagonal e com inclusão de zircão (Zrn) em meio a aglomerado máfico representado principalmente por biotita (Bt) (LC-009A). D) Imagem de elétrons retroespalhados de grão de apatita anédrico com exsolução de diversos cristais de thorita (Thr). Destaque que a borda do grão de apatita apresenta fraturas de expansão (LC-003B).

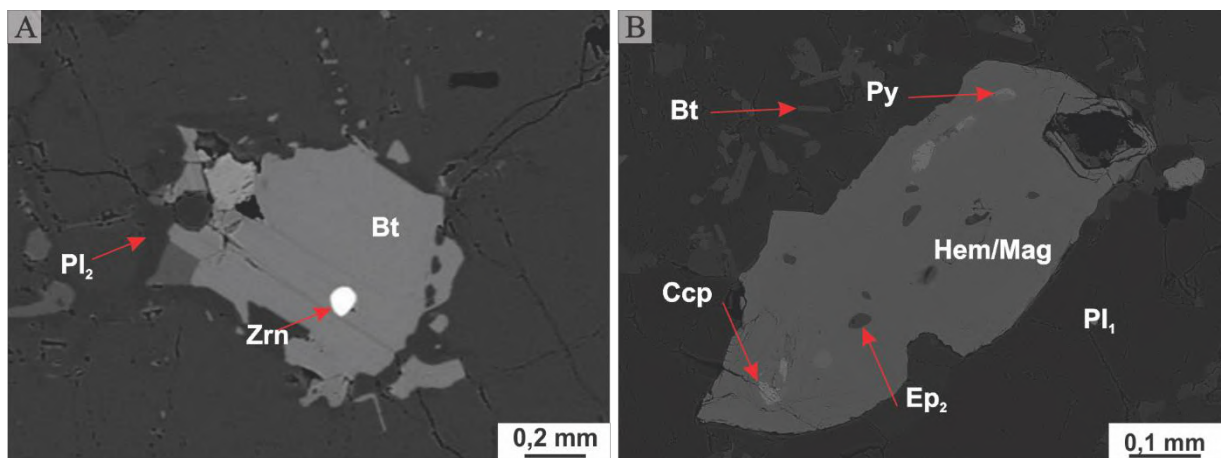


Figura 67 – Imagens de elétrons retroespalhados mostrando minerais acessórios do ortogneisse Itutinga. A) Grão de zircão (Zrn) incluído em cristal tabular e primário de biotita (LC-001A). B) Cristal de hematita/magnetita com diversas inclusões de epidoto (Ep) pirita (Py) e calcopirita (Ccp) (LC-014B).

Frequentemente, alguns os minerais descritos acima estão em processo de alteração intempérica ou hidrotermal. O plagioclásio₁ se encontra alterado para carbonato, que exibe cor laranja em catodoluminescência (Figura 70A) ou sericita, que se apresenta em diversos pontos disseminados sob o grão com elevada cor de interferência (Figura 70B). Clorita ocorre substituindo a biotita pseudomorficamente (Figura 70C).

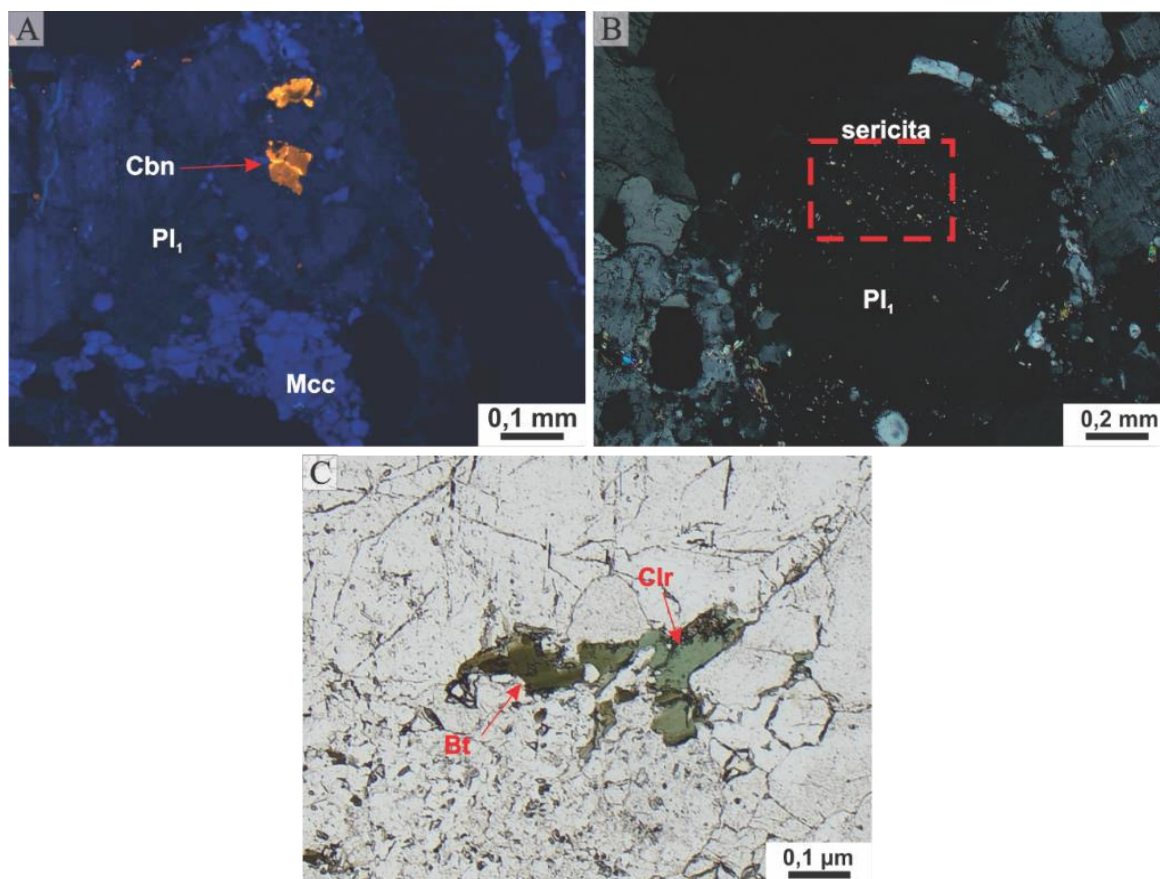


Figura 68 – Fotomicrografia de minerais secundários do ortogneisse Itutinga. A) Imagem de catodoluminescência destacando alteração do plagioclásio (Pl₁) em carbonato (Cbn – laranja). B) Grãos de sericita associados a alteração secundária, que estão pulverizados sob o plagioclásio em polarização cruzada (LC-017A). C) Grão de biotita parcialmente alterado para clorita sob polarização paralela (LC-003B).

A partir de feições observadas na petrografia, catodoluminescência e MEV-EDS pode-se caracterizar uma possível ordem de cristalização dos minerais protólito do ortogneisse Itutinga, bem como sugerir as alterações que ocorreram após o metamorfismo e a deformação do protólito do ortogneisse Itutinga (Figura 71).

8.2 Veios graníticos hololeucocráticos no ortogneisse Itutinga

Na caracterização desses veios apenas a microscopia óptica e a catodoluminescência foram utilizadas, sendo, portanto, uma descrição mais simples quando comparada com a descrição do ortogneisse Itutinga. As rochas dos veios graníticos hololeucocráticos associados

ao ortognaisse Itutinga possuem índice de cor entre 1 e 5 % (Figura 38A-D; Tabela 13) e composição monzogranítica (Figura 72).

	Pré*	Sin*	Pós*
Plagioclásio1	—————		
Quartzo	—————	-----	
Biotita	—————	-----	
Feldspato potássico			—————
Apatita	—————		
Allanita	—————		
Titanita1	—————		
Epidoto1	—————		
Zircão	—————		
Pirita	—————		
Calcopirita	—————		
Plagioclásio2			—————
Muscovita			—————
Epidoto2		—————	
Titanita2		—————	
Thorita			—————

* metamorfismo e deformação

Figura 69 – Ordem de cristalização dos minerais nas fases pré, sin e pós deformação e metamorfismo do ortognaisse Itutinga.

Tabela 13 - Análise modal em porcentagem das amostras dos veios graníticos hololeucocráticos.

ID	Quartzo	Plagioclásio	Microclínio	Muscovita	Opacos	Biotita
LC-001B	33	36	28	1	1	1
LC-029B	34	27	33	1	2	3



Figura 70 - Classificação petrográfica das rochas dos veios graníticos hololeucocráticos no diagrama QAP de Streckeisen (1976).

As rochas dos veios graníticos hololeucocráticos apresentam textura equigranular, granulação fina a média (0,3 até 1 mm) e, localmente, são porfíricas com fenocristais de

plagioclásio e microclínio de até 6 mm (Figura 73A). Exibem foliação marcada pela formação de fitas de quartzo recristalizado (Figura 73A) e sua mineralogia essencial é representada por feldspato potássico (Figura 73B), quartzo (Figura 73C-D) e plagioclásio (Figura 73C-D), enquanto zircão, allanita, muscovita, biotita e opacos são acessórios comuns (Figura 74A-C).

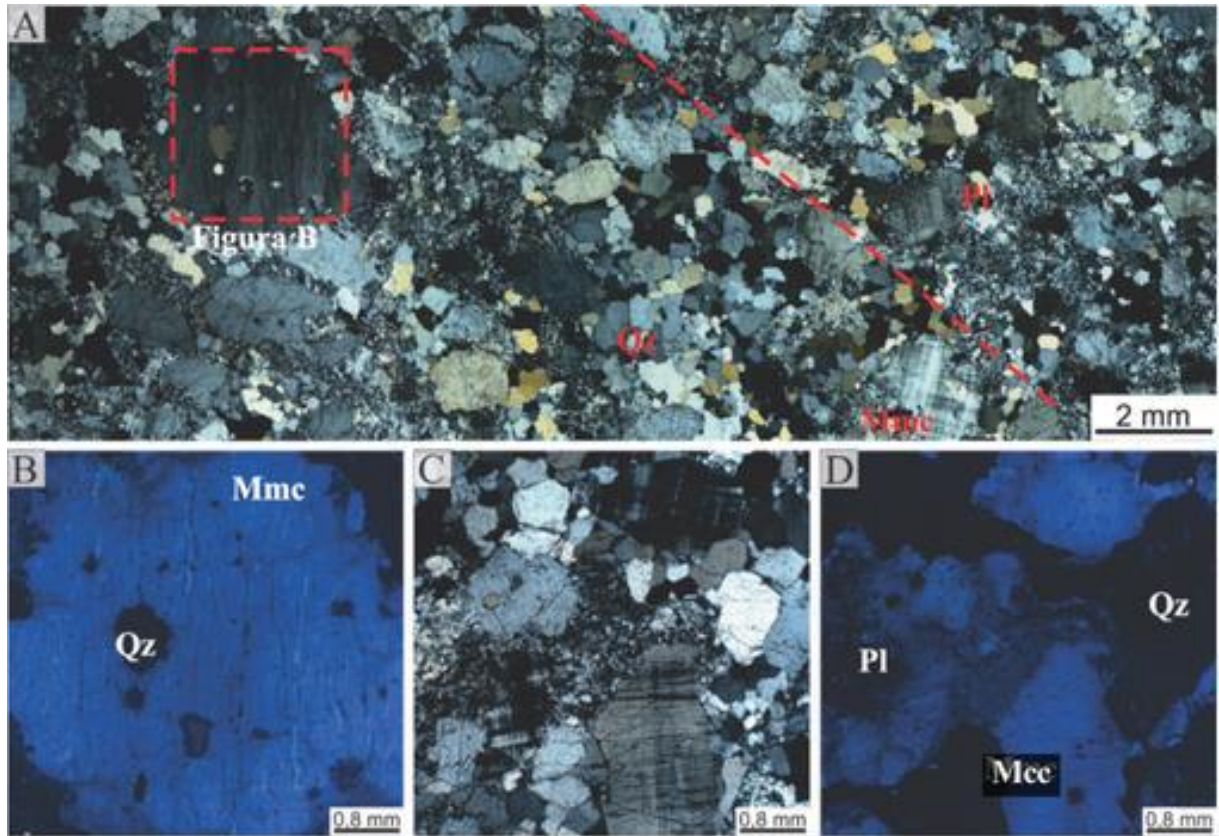


Figura 71 – Fotomicrografias destacando feições texturais e mineralógicas dos veios graníticos hololeucocráticos (LC-001B). A) Fotomosaico em luz polarizada cruzada mostrando textura porfírica (fenocristal de microclínio) e equigranular com grãos com o mesmo tamanho (porção a direita). Destaque para a orientação das fitas de quartzo (linha pontilhada vermelha) e para o fenocristal de feldspato potássico (Figura B). B) Imagem de catodoluminescência do fenocristal de microclínio (Mcc) da figura 73A com inclusões de quartzo (Qz). C) Fenocristais de microclínio em meio a matriz mais fina composta de quartzo e plagioclásio. D) Imagem de catodoluminescência relacionada a imagem anterior mostrando os grãos de plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e microclínio (Mcc).

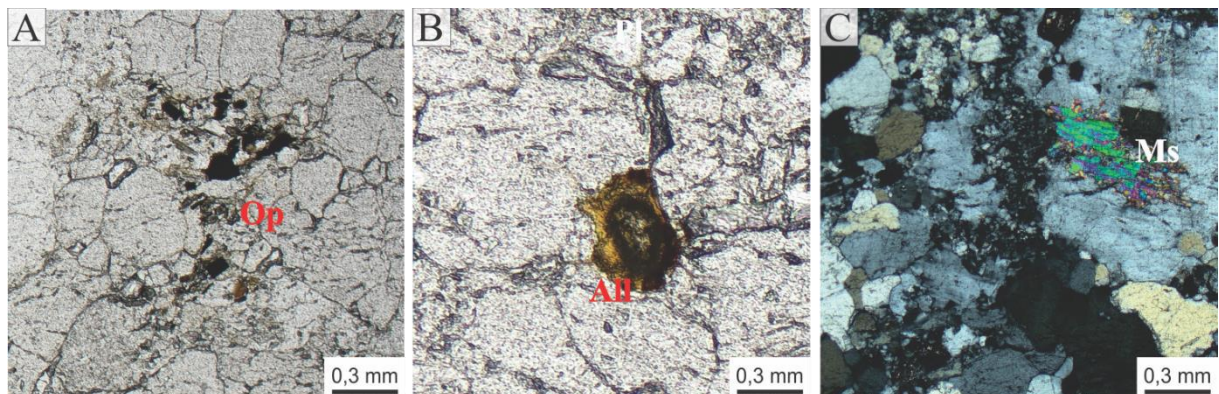


Figura 72 – Minerais acessórios comuns nos veios hololeucocráticos (LC-29B). A) Fotomicrografia em luz polarizada paralela mostrando raros minerais opacos (Op) e biotita em um aglomerado. B) Fotomicrografia em luz polarizada paralela de grãos de allanita (All) metamictizada. C) Fotomicrografia em luz polarizada cruzada de cristal de muscovita (Ms).

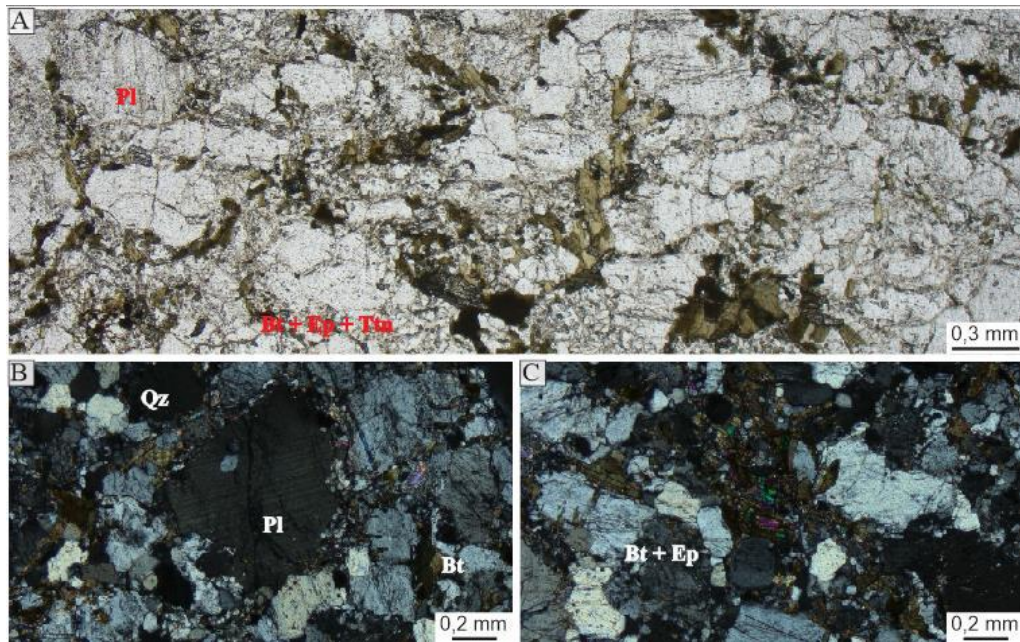


Figura 74– Fotomicrografia dos xenólitos de biotita gnaiss no ortognaiss Itutinga (LC-004A). A) Imagem em polarização paralela mostrando textura granolepidoblástica; B) Imagem em polarização cruzada mostrando minerais essenciais: plagioclásio (pl), quartzo (qz) e biotita (bt). C) Aglomerado máfico formado por biotita (bt) e epidoto (ep).

Tabela 15 – Porcentagem da análise modal das amostras dos xenólitos anfibolíticos no ortognaiss Itutinga.

ID	Plagioclásio	Anfibólio	Quartzo	Titanita	Biotita
LC-023A	45	42	5	2	6
LC-028A	42	48	3	2	5
LC-029E	45	39	7	3	6

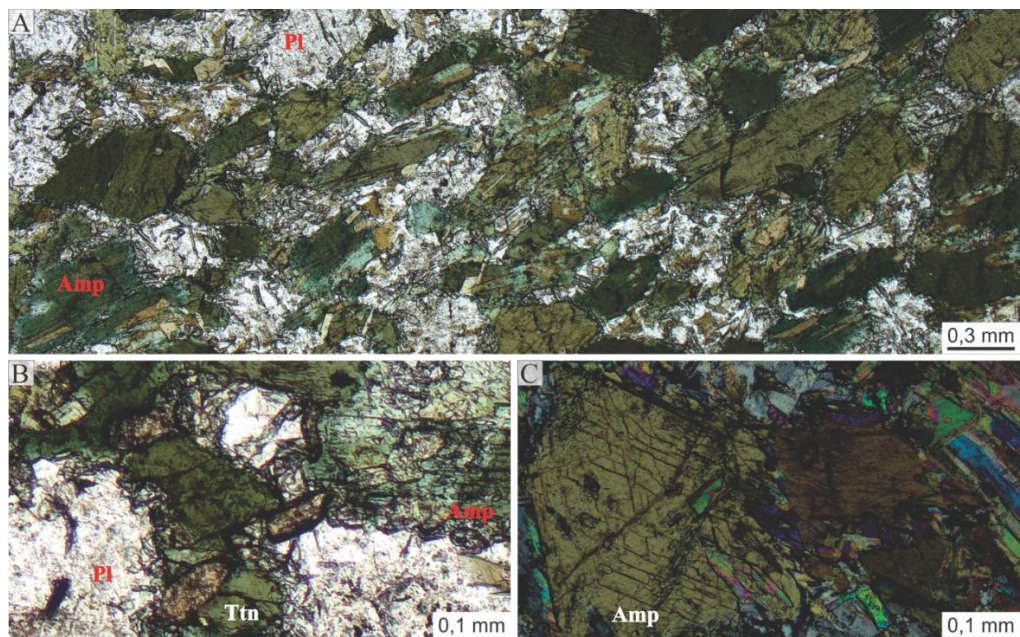


Figura 75 – Fotomicrografia de lâmina delgada dos xenólitos anfibolíticos no ortognaiss Itutinga (LC-23A). A) Imagem em polarização paralela mostrando textura nematoblástica marcada por cristais de anfibólio orientados segundo a foliação e pelo plagioclásio fortemente substituído por epidoto. B) Imagem em polarização paralela mostrando a associação entre o anfibólio e cristais subédricos de titanita. C) Detalhe de um cristal de anfibólio com clivagem típica formando planos de 120° entre si.

9 GEOQUÍMICA

Nesse capítulo pretende-se classificar o ortognaisse Itutinga por meio de suas assinaturas geoquímicas, bem como inferir informações acerca de ambiência tectônica e processos de diferenciação magmática. Para isso foram analisadas oito amostras do referido corpo para elementos maiores, menores e traço, incluindo os elementos terras raras.

As rochas do ortognaisse Itutinga são ácidas, com valores de SiO₂ entre 71,10 e 73,20% peso (Tabela 16), enquanto valores de álcalis totais (Na₂O + K₂O) variam entre 7,52% e 7,01% peso. As amostras apresentam razão Na₂O/K₂O entre 2,24 a 3,70 (Tabela 16), baixos valores de número de Mg (0,31 a 0,39) e conteúdo de elementos ferromagnesianos (Fe₂O₃+MgO+MnO+TiO₂) entre 2,04 a 3,34 (Tabela 16). Vale ressaltar outros intervalos dos elementos maiores, onde Al₂O₃ varia de 14,95 a 16,00% peso, CaO de 2,21 a 2,35% peso.

Tabela 16 – Dados das análises químicas para elementos maiores em óxido (% peso) e razão entre elementos das rochas do ortognaisse Itutinga.

	VIC-1A	VIC-2	VIC-3A	VIC-4	VIC-5A	VIC-5B	ITEV-2C	ITEV-4
SiO₂	72,90	72,60	72,30	72,70	71,10	72,00	73,20	71,80
TiO₂	0,22	0,21	0,18	0,19	0,22	0,19	0,28	0,22
Al₂O₃	15,15	14,95	15,25	15,40	16,00	15,35	15,10	15,35
Fe₂O₃	1,75	1,68	1,51	1,73	1,81	1,78	2,30	1,93
MnO	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
MgO	0,40	0,41	0,33	0,38	0,46	0,42	0,73	0,43
CaO	2,31	2,21	2,33	2,22	2,23	2,22	2,23	2,35
Na₂O	5,40	5,52	5,16	5,70	5,56	5,39	5,20	5,61
K₂O	1,92	1,49	2,30	1,61	1,96	2,01	1,91	1,65
P₂O₅	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,05	0,08	0,06
Loi	0,28	0,59	0,36	0,25	0,34	0,51	0,54	0,80
total	100,14	99,15	99,43	100,01	99,44	99,43	101,06	99,43
Na₂O/K₂O	7,32	7,01	7,46	7,31	7,52	7,40	7,11	7,26
Mg# *	0,31	0,33	0,30	0,31	0,34	0,32	0,39	0,31
FMt	2,40	2,33	2,04	2,32	2,51	2,41	3,34	2,61

Com relação à norma CIPW (Tabela 17), todas as amostras do ortognaisse Itutinga são supersaturadas, apresentam valores elevados de quartzo normativo (acima de 17,22%), conteúdo de albina normativa acima de 34% e coríndon normativo variando de zero até 0,87%. Ortoclásio e anortita normativos também aparecem em todas as amostras.

Em relação aos elementos traço (tabela 18), destacam-se baixos valores de V (12 a 29 ppm), Cr (20 a 70 ppm), com exceção da amostra VIC-4 com 160 ppm, Y (3 a 7 ppm), Ta (0 a 1 ppm), Nb (4 a 11 ppm), Hf (3 a 4 ppm), Th (0 a 13 ppm) e U (0 a 2 ppm), enquanto Sr (529 a 797 ppm), Rb (63 a 100 ppm) e Ba (348 a 671 ppm) variam de moderados a altos (Tabela 19).

Tabela 17 – Norma CIPW das rochas do ortogneisse Itutinga calculada a partir dos dados da tabela 16.

	VIC-1A	VIC-2	VIC-3A	VIC-4	VIC-5A	VIC-5B	ITEV-2C	ITEV-4
Quartzo	28,77	29,59	28,15	28,24	26,03	27,72	17,22	19,74
Coríndon	0,13	0,36	0,16	0,39	0,87	0,39	0,00	0,51
Ortoclásio	11,35	8,81	13,59	9,52	11,58	11,88	13,24	10,46
Albita	45,69	46,71	43,66	48,23	47,05	45,61	34,44	48,23
Anortita	11,07	10,64	11,23	10,62	10,54	10,69	19,18	13,37
Diopsídio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,35	0,00
Hiperstênio	1,00	1,02	0,82	0,95	1,15	1,05	3,88	2,94
Magnetita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ilmenita	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,32	0,11
Hematita	1,75	1,68	1,51	1,73	1,81	1,78	5,99	3,85
Titanita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00
Rutilo	0,19	0,18	0,16	0,17	0,20	0,17	0,00	0,36
Apatita	0,14	0,12	0,12	0,14	0,19	0,12	0,47	0,33
Total	100,15	99,16	99,44	100,02	99,45	99,44	99,32	99,91

Tabela 18 - Composição química de rocha total dos elementos menores e traços (ppm) das rochas do ortogneisse Itutinga. Abaixo do limite de detecção (<) e não analisado (-).

	VIC-1A	VIC-2	VIC-3A	VIC-4	VIC-5A	VIC-5B	ITEV-2C	ITEV-4
Li	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-
V	19	12	15	16	12	13	29	19
Cr	20	30	30	160	20	70	30	40
Co	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-
Ga	21	21	22	23	18	22	22	22
Rb	71	63	85	68	72	90	100	68
Sr	669	695	797	755	614	697	529	779
Y	4	3	5	5	6	5	7	6
Zr	107	103	120	122	81	114	121	114
Nb	4	6	4	6	10	11	9	6
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	1	1	1	1	1	2	2	1
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs	1	1	1	1	1	1	1	1
Ba	671	438	596	442	348	463	433	480
Hf	3	3	3	4	2	3	3	3
Ta	0	0	0	0	1	1	0	0
W	192	159	213	285	263	204	202	210
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	2	0	6	2	3	10	13	4
U	2	2	3	1	0	1	2	1

Em relação aos elementos terras raras (Tabela 19), as rochas do ortognaisse Itutinga apresentam padrão de enriquecimento nos ETR leves e empobrecimento nos ETR pesados em relação ao Condrito (Boyton, 1984)

Tabela 19 – Dados das análises químicas de rocha total para elementos terras raras (em ppm). Não analisado: -

	VIC-1A	VIC-2	VIC-3A	VIC-4	VIC-5A	VIC-5B	ITEV-2C	ITEV-4
La	12,800	5,600	16,000	9,200	12,900	14,900	39,300	14,600
Ce	24,400	9,600	31,100	20,200	19,300	28,000	57,300	27,100
Pr	2,750	1,190	3,420	1,900	2,630	3,110	7,320	3,040
Nd	10,800	4,300	12,800	7,100	9,800	11,300	25,000	11,200
Pm	-	-	-	-	-	-	-	-
Sm	1,940	0,960	2,550	1,460	2,180	2,410	4,380	2,080
Eu	0,620	0,620	0,680	0,560	0,570	0,650	0,720	0,630
Gd	1,300	0,770	1,860	1,220	2,010	2,050	2,940	1,770
Tb	0,160	0,120	0,240	0,170	0,250	0,260	0,350	0,220
Dy	0,700	0,530	1,100	0,870	1,290	1,100	1,710	1,030
Ho	0,110	0,120	0,170	0,200	0,240	0,200	0,260	0,200
Er	0,310	0,290	0,320	0,450	0,450	0,450	0,570	0,390
Tm	0,030	0,030	0,050	0,070	0,060	0,050	0,070	0,050
Yb	0,240	0,200	0,200	0,420	0,300	0,270	0,330	0,290
Lu	0,040	0,030	0,030	0,070	0,050	0,040	0,060	0,050

Nos diagramas de Harker observa-se trends levemente negativos para Al_2O_3 , MgO, CaO e Na_2O (Figura 76), enquanto no diagrama multielementar normalizado para o manto primitivo de McDonough & Sun (1995) são caracterizados padrões de enriquecimento em LILE, empobrecimento em HFSE e anomalias negativas de Th, Nb, Ta, P, Ti e Yb e positiva de U e Sr (Figura 77A). Já no diagrama de elementos terras raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984), o padrão observado aponta para fracionamento dos elementos terras raras leves (ETRL) em relação aos elementos terras raras pesados (ETRP), com presença de anomalia de Eu desde levemente negativa a positiva (Figura 77B).

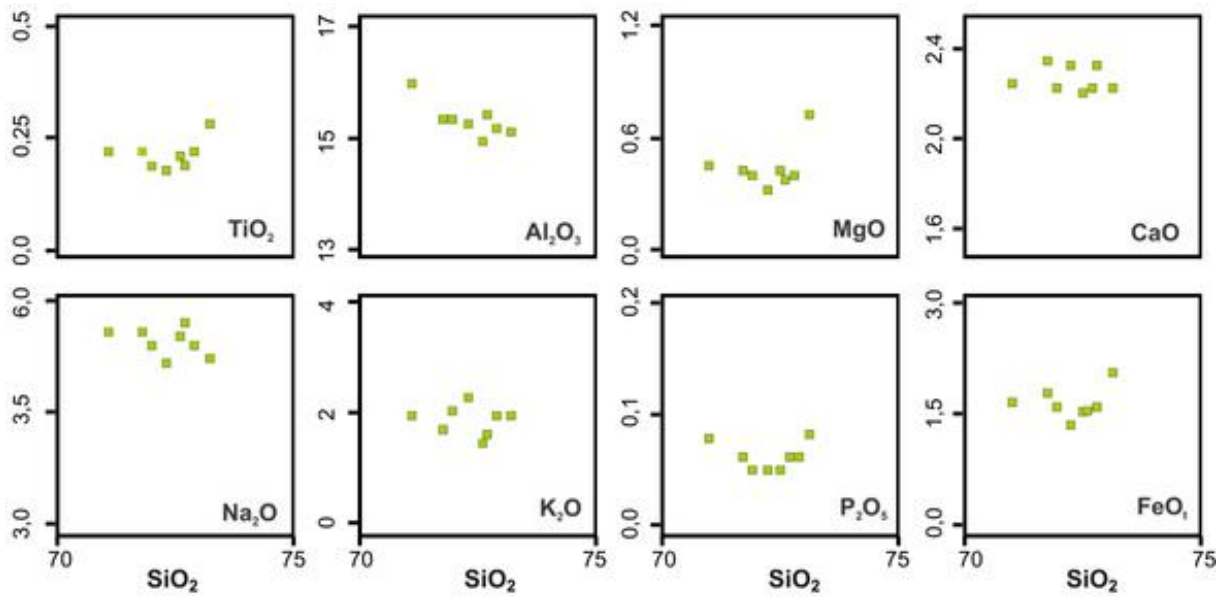


Figura 76- Diagramas de Harker para as rochas do ortognaisse Itutinga.

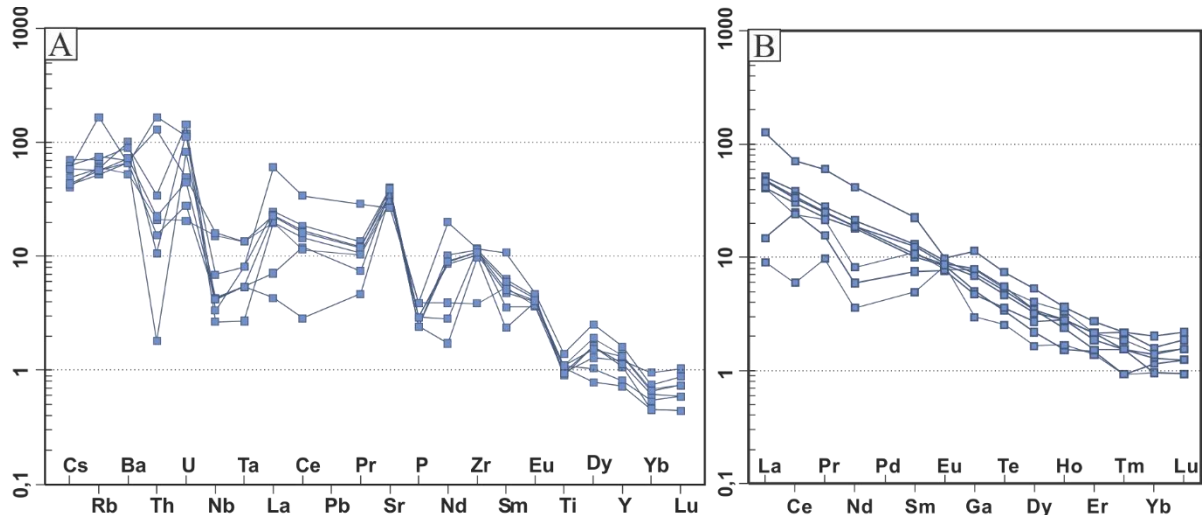


Figura 77 - Diagramas multielementares. A) Elementos normalizados para o manto primitivo (McDonough & Sun, 1995); B) Elementos terras raras normalizados pelo condrito (Boynton, 1984).

No diagrama ternário baseado na norma de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e ortoclásio (KAlSi_3O_8) proposto por O'Connor (1965), as rochas do ortognaisse Itutinga plotam no campo dos trondhjemitos (Figura 80A) pois são ricas em albita e pobres em ortoclásio. No diagrama elementar Na-Ca-Or de Barker & Arth (1976) as amostras do ortognaisse Itutinga plotam ao longo do *trend* trondhjemítico (Figura 80B).

No diagrama $\text{Yb}_n \times (\text{La}/\text{Yb})_n$ proposto por Martin (1986) as rochas do ortognaisse Itutinga plotam no campo dos adakitos e TTGs arqueanos (Figura 81), pois são muito pobres em Yb, possivelmente devido a retenção de granada que é rica em ETRP. No diagrama de Frost *et al.* (2001) o ortognaisse Itutinga é magnésiano (Figura 82A), enquanto no diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} \times \text{SiO}_2$ de Frost *et al.* (2001) as rochas do ortognaisse Itutinga variam de cálcicas a

cálcio-alcálicas (Figura 82B). No diagrama de Shand (1943) modificado por Frost *et al.* (2001) as rochas do ortogneisse Itutinga são levemente peraluminosas (Figura 82C).

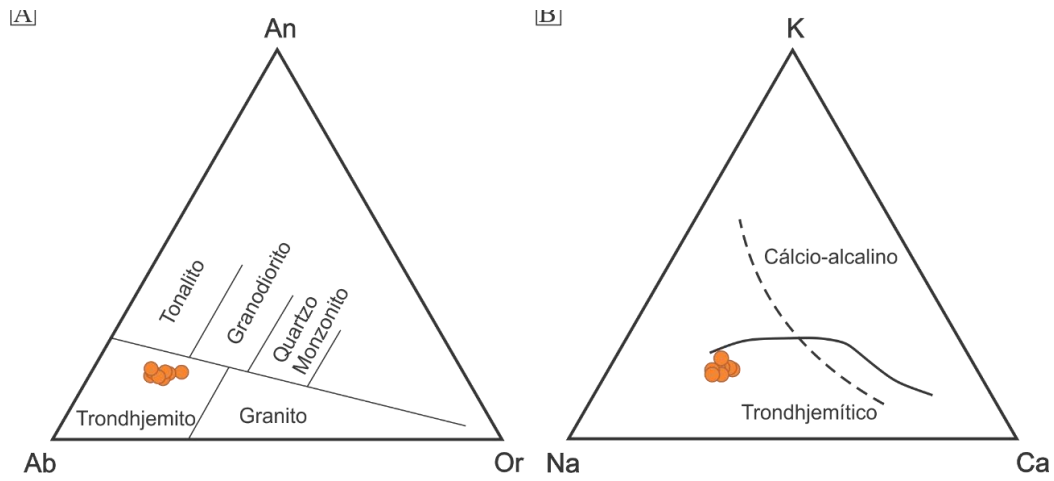


Figura 78 - Classificação do ortogneisse Itutinga segundo mineralogia normativa. A) Diagrama ternário, normativo Ab-Na-Or (O'Connors 1965). B) Diagrama para classificação de *trend* trondhjemítico Na-K-Ca de Barker & Arth (1976).

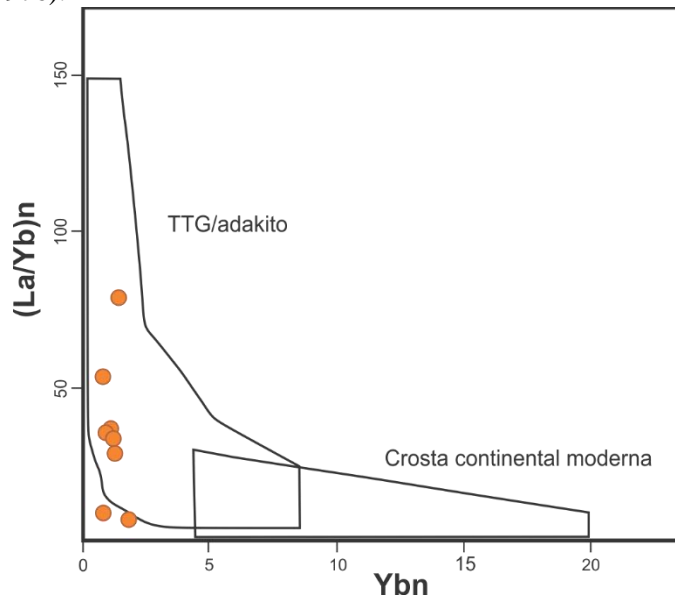


Figura 79 – Diagrama de Martin (1986) $Yb(n) \times La/Yb(n)$ para as amostras do ortogneisse Itutinga.

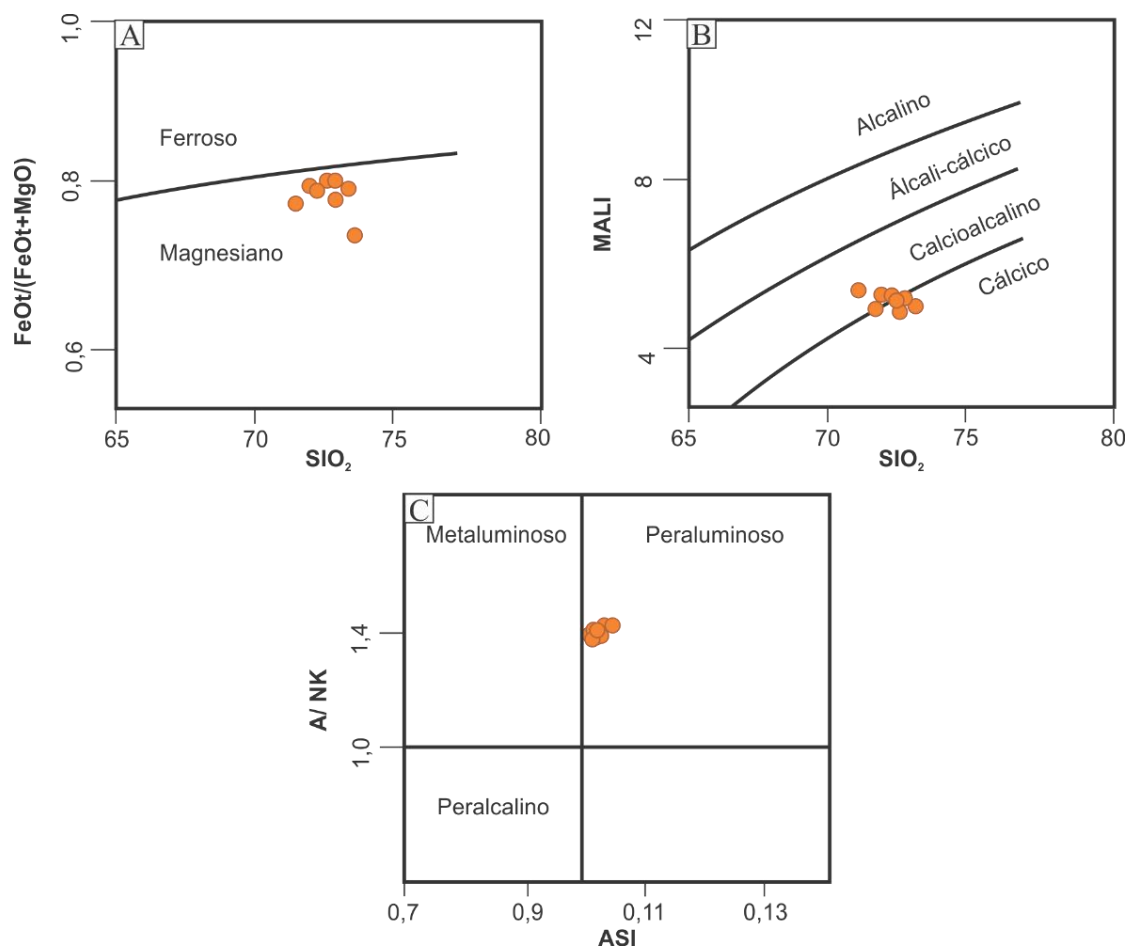


Figura 80 - Diagramas de classificação para as rochas do Itutinga Frost *et al.* (2001)

De acordo com os parâmetros de Frost *et al.* (2001), pode-se interpretar que as rochas do ortogneise Itutinga seriam do tipo cordilheirianas. Nos diagramas de ambiência tectônica baseados em elementos traços de Pearce *et al.* (1984) todas amostras analisadas plotam no campo dos granitoides de arco vulcânico (Figura 81), que segundo Pearce *et al.* (1984) seriam derivados de uma fonte mantélica modificada por um componente de subducção, o que os torna caracteristicamente enriquecidos em elementos LILE e empobrecidos em Nb, Ta, Y e Yb.

O diagrama de Laurent *et al.* (2014) aponta que o protólito do ortogneise Itutinga envolveria a fusão parcial de um protólito máfico de baixo K, possivelmente basaltos toleíticos de uma crosta oceânica, que foram transformados em granada anfíbolito (Figura 82).

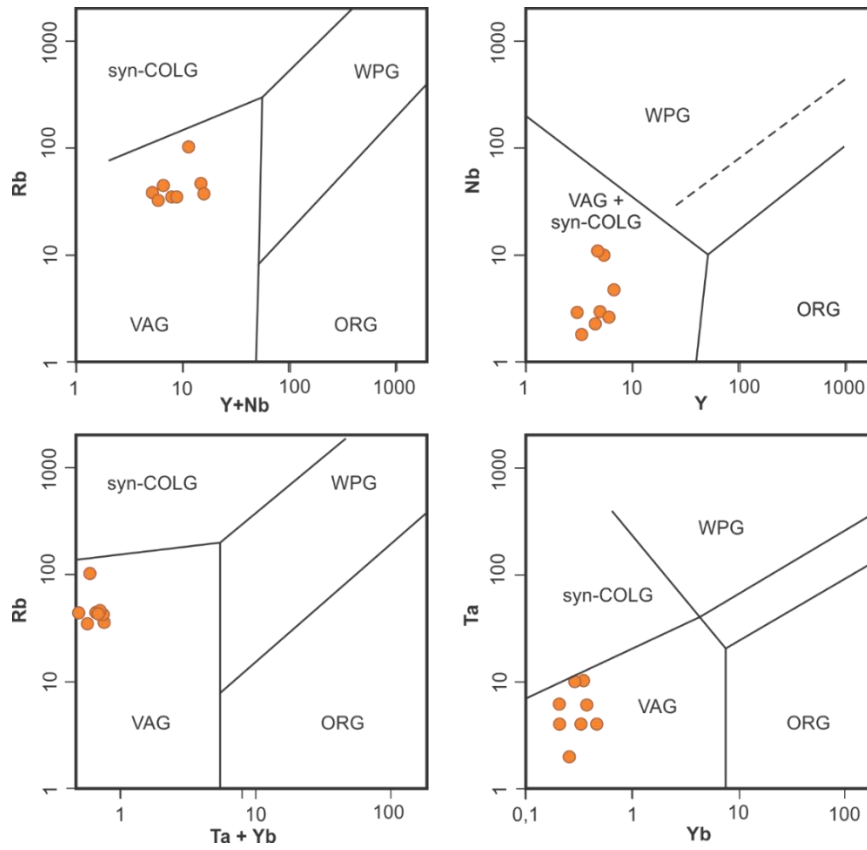


Figura 81 - Diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce (1984)

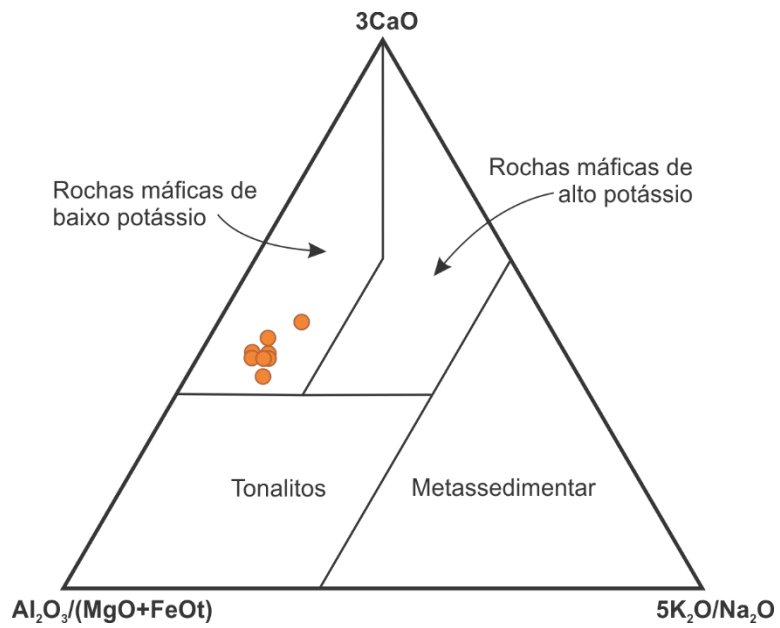


Figura 82 - Diagrama ternário proposto por Laurent *et al.* (2014) para classificação do tipo de fonte.

10 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

10.1 Relações entre unidades mapeadas

A análise prévia dos dados disponíveis na literatura (Tabela 20) aliado a cartografia geológica em escala de detalhe (1:12.500) possibilitou a subdivisão da área em quatro unidades geológicas: (i) sequência metaultramáfica-metamáfica; (ii) ortognaisse Itutinga; (iii) metagranitoide Represa de Camargos e; (iv) quartzitos da Serra do Ouro Grosso.

Tabela 20 - Correlação das unidades descritas por Cherman (2004) com as unidades mapeadas no presente trabalho.

	Unidade 1	Unidade 2		Unidade 3	Unidade 4	Unidade 5
Cherman, (2004)	Sucessão de rochas metaultramáficas, metamáficas e metassedimentares	Sucessão de ortognaisses e pegmatitos intrusivos (ortognaisse velho de Itumirim e Itutinga)		Metaquartzo dioritos, metatonalitos e metadioritos com quartzo	Metagranitoides homogêneos	Rochas metassedimentares (quartzíticas)
Presente trabalho	Sequência metaultramáfica-metamáfica e anfíbolito (xenólito)	Biotita Gnaisse (xenólito)	Ortognaisse Itutinga	-	Metagranitoide Represa de Camargos	Quartzitos da Serra do Ouro Grosso

A sequência metaultramáfica-metamáfica foi subdividida, em campo, em dois domínios: metaultramáfico e metamáfico. O domínio metaultramáfico envolve clorita-talco xistos, talco xistos e filitos com textura lepidoblástica, marcada pela orientação dos filossilicatos e talco. Já o domínio metamáfico é composto por anfíbolitos de granulação fina, textura nematoblástica, compostos essencialmente por hornblenda e plagioclásio. Os xenólitos encontrados no ortognaisse Itutinga e no metagranitoide Represa de Camargos são semelhantes aos anfíbolitos do domínio metamáfico.

O ortognaisse Itutinga possui textura granoblástica desde equigranular a inequigranular e, localmente, granolepidoblástica, apresenta granulação média e suas rochas são hololeucocráticas. Exibe foliação anostomosada, que varia em espaçada a apertada, estando normalmente crenulada, sendo em todos os casos evidenciada pela orientação de grãos de biotita, cristais quartzo estirados e plagioclásio em forma de *augen*. O metagranitoide Represa de Camargos possui textura equigranular fina a grossa, composição predominantemente granítica e suas rochas são hololeucocráticas (Tabela 24). Esse corpo apresenta xenólitos do ortognaisse Itutinga e, portanto, pode-se estabelecer uma relação temporal entre os dois corpos, sendo que o ortognaisse Itutinga é mais velho do que o protólito do metagranitoide Represa de Camargos.

Destaca-se que o ortognaisse Itutinga e o metagranitoide Represa de Camargos possuem xenólitos de rochas máficas e de um biotita gnaisse. Os xenólitos de rochas máficas são muito

semelhantes aos anfibolitos da sequência metaultramáfica-metamáfica, que afloram nas proximidades. Em relação ao biotita gnaisse, caracterizou-se que esse é diferente das litologias que afloram nas proximidades, podendo o mesmo ter sido erodido ou não aflorar. Também foram descritos diversos veios pegmatíticos que cortam tanto o ortognaisse Itutinga quanto o metagranitoide Represa de Camargos. Esses pegmatitos foram correlacionados geneticamente ao metagranitoide Represa de Camargos.

O ortognaisse Itutinga e o metagranitoide Represa de Camargos possuem diversas intrusões de aplitos e veios graníticos. Uma possível interpretação para esses veios estaria associada a um processo de fusão parcial do ortognaisse. Mas, essa hipótese foi descartada uma vez que os afloramentos visitados durante as campanhas de campo não apresentavam nenhuma feição indicativa ou estrutura que representasse o melanossoma ou minerais refratários.

Os quartzitos da formação Serra do Ouro Grosso são representados por rochas suportadas pelo arcabouço composto por grãos de quartzo de granulometria areia média, bem selecionados, que variam de subarredondados a subangulosos. Apresentam estruturas planares marcadas pela orientação de filossilicatos brancos, aparentemente sericita ou fengita, com níveis de filossilicatos verdes, aparentemente fuchcita. Essa unidade está sobreposta as outras unidades descritas anteriormente, portanto é interpretada como a mais recente da área mapeada.

10.2 Petrografia das unidades mapeadas

A descrição macroscópica das amostras e a descrição petrográfica em escala de lâmina delgada (Tabela 24) possibilitou a proposição de duas unidades metaígneas, representadas pelo ortognaisse Itutinga e pelo metagranitoide Represa de Camargos.

O ortognaisse Itutinga foi classificado no diagrama QAP como representado por tonalitos, de granulação média, coloração cinza e com textura granoblástica desde equigranular a inequigranular, onde os grãos de feldspato de granulação média estão imersos em matriz formada majoritariamente por plagioclásio e quartzo e, mais raramente, por microclínio. Localmente observa-se a textura granolepidoblástica devido a orientação de aglomerados máficos composto principalmente por biotita. A mineralogia primária do ortognaisse Itutinga, em ordem decrescente de proporção, é composta por oligoclásio + quartzo + biotita + titanita + allanita/epidoto₁ + apatita + zircão ± magnetita/hematita ± pirita ± calcopirita, enquanto a secundária microclínio + albita + muscovita + epidoto₂ ± titanita₂ ± thorita ± carbonato ± clorita (Tabela 24). O metagranitoide Represa de Camargos foi subdividido em três fácies distintas: RdC1, RdC2 e RdC3. As rochas da fácies RdC1 possuem coloração cinza, textura equigranular fina a média, foliação incipiente marcada por orientação da biotita e dos grãos de quartzo

estirados em formato de fita. As rochas da fácies RdC2 possuem coloração branca acinzentada, textura equigranular média a grossa, foliação incipiente marcada por orientação da biotita e dos grãos de quartzo estirados em formato de fita. As rochas da fácies RdC3 são brancas, equigranulares finas a médias e exibem foliação incipiente marcada pela orientação de raros grãos de biotita e dos grãos de quartzo estirados em formato de fita. A mineralogia essencial de todas as fácies do metagranitoide Represa de Camargos, em ordem decrescente de proporção, é composta por quartzo + plagioclásio + microclínio, enquanto biotita + titanita + allanita + epidoto + apatita + zircão ± opacos são acessórios (Tabela 24).

A paragênese observada nos corpos plutônicos não é compatível com a temperatura de fusão parcial para rochas félsicas, corroborando a proposta de campo de que as injeções graníticas hololeucocráticas não estariam associadas a fusão parcial do ortognaisse Itutinga. Portanto, seriam provenientes de líquidos da fase final do próprio Ortognaisse Itutinga e os pegmatitos da fase final de cristalização do metagranitoide Represa de Camargos.

Com relação a deformação observada no ortognaisse Itutinga, a maioria dos minerais primários do foi pouco modificada durante o metamorfismo. A maior parte dos grãos foram apenas recristalizados ou deformados ruptilmente (microfraturamentos).

Os cristais de quartzo foram recristalizados, assumindo formato de fitas compostas por novos grãos, orientados segundo a foliação da rocha. Já o plagioclásio apresenta-se transformado em albita, microclínio, muscovita e epidoto, além de frequentemente apresentar fraturamento e formação incipiente de *augens*, além do desaparecimento das geminações.

De acordo Passchier & Trouw (2005) existe uma relação entre estrutura de rochas quartzo feldspáticas deformadas com as condições de deformação e metamorfismo a que foram submetida (Figura 83). Comparando as estruturas descritas no ortognaisse Itutinga com o gráfico proposto por Passchier & Trouw (2005), pode-se interpretar que episódio deformacional impresso nas rochas do ortognaisse Itutinga foi de grau baixo, dado o intenso fraturamento do plagioclásio com incipiente formação de *augens*.

Tabela 21 - Características de campo, petrográficas e mineralógicas dos corpos metaígneos félsicos cartografados.

Litologia	Ortognaisse Itutinga	Metagranitoide Represa de Camargos	Veio granítico hololeucocrático	Biotita gnaisse (xenólito)
Textura	Granoblástica inequigranular a equigranular e localmente granolepidoblástica	Equigranular fino a grosso	Equigranular médio a grosso	Equigranular fino
Classificação (protólito)	Tonalito	Granitoide	Granitoide	Granodiorito a tonalito
Índice de cor	Hololeucocrático	Hololeucocrático	Hololeucocrático	Leucocrático
Mineralogia Essencial	Oligoclásio (An ₁₂₋₂₇) + quartzo + biotita	Plagioclásio + quartzo + feldspato potássico	Plagioclásio + quartzo + feldspato potássico	Plagioclásio + quartzo + biotita
Mineralogia acessória	Titanita + apatita + allanita + zircão + magnetita/hematita + pirita + calcopirita + rutilo	Biotita + titanita + allanita + epidoto + apatita + zircão ± opacos	Biotita + Allanita + muscovita + sericita + opacos	Epidoto + opacos + allanita + sericita
Mineralogia secundária	Microclínio + epidoto + albita (An ₀₋₈) + biotita reequilibrada + titanita + sericita + muscovita + carbonato + thorita + clorita	Epidoto	Epidoto	Epidoto
Xenólitos	Biotita gnaisse e anfibolito	Biotita gnaisse, anfibolito e ortognaisse Itutinga	-----	-----

10.3 Metamorfismo do ortogneisse Itutinga

O ortogneisse Itutinga registra assembleia metamórfica representada por muscovita + quartzo + titanita₂ + epidoto₂ + albita. As transformações nas rochas incluem: (i) exsolução do Ti da biotita e acúmulo de titanita₂ em suas bordas e clivagens; (ii) transformação de biotita em muscovita; (iii) epidoto, albita e microclínio são observados como alterações de cristais de plagioclásio₁, sendo que a presença de albita e epidoto na paragênese metamórfica sugere metamorfismo em fácies xisto verde.

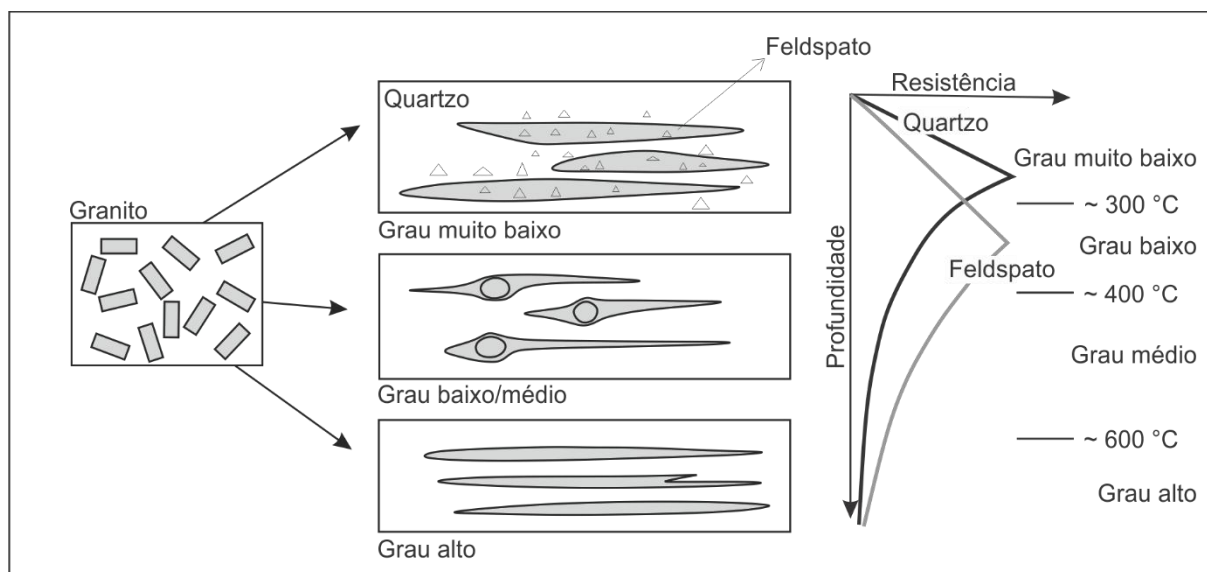


Figura 83- Mudanças no comportamento de deformação de agregados quartzo-feldspáticos com a profundidade. À direita, um gráfico de profundidade-resistência com segmentos frágeis (linha reta) e dúcteis (linha curva) de quartzo e feldspato é mostrado. Em graus muito baixos, tanto o quartzo quanto o feldspato são frágeis, mas o feldspato é o mineral mais fraco. Em condições de baixo a médio grau, o quartzo se deforma por fluência e o feldspato apresenta a forma de *augens*. Em alto grau, o feldspato e o quartzo se deformam por fluência e formam fitas (Passchier & Trouw, 2005).

Foram identificados dois episódios metamórficos designados por Ávila *et al.* (2008) de eventos Paleoproterozoico I e II na região do Cinturão Mineiro. O primeiro tem intervalo entre 2250 a 2170 Ma, sendo considerado como progressivo e é associado à fácies anfibolito médio a superior, com assembleia metamórfica representada por clinopiroxênio + hornblenda + andesina/labradorita + epidoto nas rochas metamáficas e o evento Paleoproterozoico II ocorreu entre 2131 a 2101 Ma e foi considerado como retrógrado e de fácies xisto verde, sendo representado pela paragênese actinolita ± albita ± epidoto ± biotita ± clorita ± titanita nos corpos dioríticos. Sendo assim, o metamorfismo do ortogneisse Itutinga estaria associado ao evento Paleoproterozoico II.

10.4 Deformação

Além do episódio deformacional (D_n) que resultou na foliação metamórfica (S_n), nota-se, pelo menos, um segundo episódio deformacional (D_{n+1}), impresso nas rochas como dobras e zonas de cisalhamento que se superpõem a foliação (S_n). A primeira fase de deformação (D_n) é a mais antiga da região, sendo observada nas rochas da sequência metaultramáfica-metamáfica, nos xenólitos de biotita gnaiss. Essa fase é marcada pelo desenvolvimento de uma foliação contínua dada pela orientação de anfibólio e de plagioclásio nas rochas metamáficas da sequência metaultramáfica-metamáfica, que ocasiona a textura nematoblástica. Nos xenólitos de biotita gnaiss essa fase é marcada pela orientação da biotita e estiramento de grãos de quartzo e plagioclásio, ocasionando a textura granolepidoblástica. A orientação da direção do mergulho da foliação é, NNE ou SSW com mergulhos subverticais e dobras fechadas e apertadas de porte médio, bem como crenulações e micro falhas.

A segunda fase (D_{n+1}) é a principal da área e corresponde a atual estruturação regional, dada pela disposição linear das grandes faixas do Cinturão Mineiro, que estão dispostas segundo a orientação NE-SW. Essa deformação ficou registrada no ortognaiss Itutinga e no metagranitoide Represa de Camargos, sendo marcada nessas rochas pela orientação de grãos de biotita e pelo estiramento de grãos de quartzo e plagioclásio.

A terceira fase deformacional (D_{n+2}), de natureza moderada à fraca, e de caráter dúctil-rúptil, foi responsável por dobras que provocam apenas ondulações na foliação secundária ou apenas microdobras (crenulações) e falhas de rejeito centimétricos a métricos e as diversas zonas de cisalhamento.

10.5 Classificação do ortognaiss Itutinga segundo Moyen & Martin (2012)

Segundo a proposta de Moyen & Martin (2012), corpos plutônicos sódicos ($K_2O/Na_2O < 0,5$), como o ortognaiss Itutinga, podem ser divididos em TTGs de baixo e médio ETRP (TTG *sensu stricto*) e TTGs de alto ETRP (TTG-like). Os TTGs *sensu stricto* são rochas com valores de $SiO_2 > 64\%$ peso, conteúdo de Na_2O entre 3 e 7% peso, razão de $K_2O/Na_2O < 0,5$ e quantidade de elementos ferromagnesianos ($Fe_2O_3 + MgO + MnO + TiO_2$) $< 5\%$ peso. Essas apresentam baixo conteúdo de ETRP, não exibem anomalias de Eu e Sr e são marcadas pela presença de anomalias negativas de Nb-Ta e Ti. Os TTGs-like exibem fracionamento menos acentuado dos ETR e baixos valores de Al_2O_3 .

O ortognaiss Itutinga apresenta feições mineralógicas, petrográficas, conteúdo de elementos maiores, traço e terras raras compatíveis com TTGs *sensu stricto*. Dentre as características mineralógicas e químicas pode-se ressaltar: (i) assembleia mineralógica essencial caracterizada por oligoclásio + quartzo; (ii) conteúdo de SiO_2 entre 70 e 74% peso e

$K_2O < 2,3\%$ peso; (iii) conteúdo de $Fe_2O_3 + MgO + MnO + TiO_2$ entre 2,04 a 3,34 % peso; (iv) razão $K_2O/Na_2O < 0,37$; (v) enriquecimento nos ETRL e empobrecimento nos ETRP; (vi) mg# menor do que 0,39.

10.6 Fonte

O ortognaisse Itutinga apresenta assinatura geoquímica, definida por: (i) padrão de enriquecimento nos ETRL em relação aos ETRP; (ii) enriquecimento nos LILE quando comparado aos HFSE; (iii) anomalias negativas de Nb, Ta, Ti e P; e (iv) anomalia de Eu variando de sutil a ausente. Essas assinaturas são compatíveis com a fusão de uma fonte máfica enriquecida com fusão de hornblenda, plagioclásio e allanita, mas com retenção de óxidos de Fe-Ti (anomalias negativas de Nb-Ta e Ti), apatita (anomalia negativa de P) e granada (retenção dos ETRP). Entretanto para confirmar essa informação é necessário a obtenção de dados de isótopos de Sm-Nd. O diagrama de Laurent *et al.* (2014) corrobora a interpretação da necessidade de uma fonte máfica pobre em K (Figura 82).

10.7 Ambiente tectônico

Quanto ao ambiente tectônico, as rochas do ortognaisse Itutinga são levemente peraluminosas, magnesianas e seguem *trends* cálcio-alcálicos nos diagramas geoquímicos. Segundo Frost *et al.* (2001) (Figura 80) esse padrão de assinatura é compatível com rochas formadas em ambiente de arco magmático. Os padrões de elementos traços com enriquecimento dos LILE em relação aos HFS e as baixas concentrações de Nb-Ta-Ti são feições compatíveis com granitoides de arco vulcânico, como confirmado pelos diagramas de ambiência de Pearce *et al.* (1984) (Figura 83).

10.8 Comparação do ortognaisse Itutinga com os corpos do arco Serrinha

Ao compararmos os dados dos corpos da Suíte Serrinha apresentados por Ávila *et al.* (2010, 2014) com aqueles dos ortognaisse velhos (que incluem o ortognaisse Itutinga) propostos por Cherman (2004) observamos uma grande semelhança entre os mesmos (Tabela 25), possibilitando sugerir que o protólito do ortognaisse Itutinga estaria relacionado ao Arco Serrinha.

Tabela 22- Comparação de dados isotópicos, geoquímicos, metamórficos e estruturais do arco Serrinha com o ortognaisse Itutinga.

Unidades	Arco Serrinha	Ortognaisse Itutinga
Litologia	Metaquartzo-diorito Brito; Metagranodioritos Brumado de Baixo e de Cima; Meta-andesito Santo Antônio, metadacitos, metagranófiros	Metatonalito trondhjemitico
Idade	2,23-2,20 (Ga)	2202 ± 5 (Ma)
T _{DM}	2,6-2,3 Ga	2,31 Ga
εNd(t)	-0,8/ +1,1; +2,3	-1,14
Gênese	Juvenil	Juvenil
Parâmetro geoquímico	Metaluminosas a peraluminosas, anomalia incipiente de Eu	Levemente peraluminosa anomalia incipiente de Eu
Bloco	Sul	Sul
Metamorfismo	Anfibolito inferior e xisto verde	Xisto verde
Ref.	Ávila <i>et al.</i> (2010, 2014)	Cherman (2004) e presente trabalho

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, C. (2017) Archean evolution of the southern São Francisco craton (SE Brazil). Tese de doutorado em evolução crustal e recursos naturais. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 269 f.
- Alkmim, F. F. & Martins-Neto, M.A. (2012) Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33(1): 127-139.
- Alkmim, F. F., Brito Neves, B. B., Alves, J.A.C. (1993) Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma revisão. *O Cráton do São Francisco*, Salvador: SBG/NBA-SE, p. 45–62.
- Alkmim, F. F. & Noce, C. M. (2006) The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. In: IGCP 509 Field Workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Field Guide & Abstracts*, p.114.
- Alkmim, F.F., Teixeira, W., (2017) The paleoproterozoic Mineiro belt and the Quadrilátero Ferrífero. In: Heilbron, M., Alkmim, F., Cordani, U.G. (Eds.), *The São Francisco Craton and its Margins, Eastern Brazil, Geology Review Series*. Springer-Verlag, pp. 71-94. Chapter 5.
- Almeida, F. F. M. (1977) O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências* 7, 349-364.
- Araújo, A. J. D., Bongioiolo, E. M. & Ávila, C. A. (2019) The southern São Francisco Craton puzzle: Insights from aerogeophysical and geological data. *Journal of South American Earth Sciences* 94: 102203.
- Ávila, C.A., 1992 – Geologia, petrografia e geoquímica das rochas pré-cambrianas (Unidade Metadiorítica Ibitutinga e Unidade Metatrandhjemítica Caburu) intrusivas nas rochas do Greenstone Belt Barbacena, São João Del Rei, Minas Gerais. Rio de Janeiro. 265p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Programa de Pós-graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Ávila, C. A. 2000. Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401p.
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Cordani, U. G., Barrueto, H. R., Pereira, R. M., Martins, V. T. S. & Dunyi, L. (2006). The Glória quartz-monzodiorite isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the Paleoproterozoic Mineiro Belt, Minas Gerais State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78: 543-556.
- Ávila, C.A., Cherman, A.F., Valença, J.G., (2008). Dioritos Brumado e Rio Grande: geologia e relação com o metamorfismo paleoproterozóico do Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais. *Arquivos do Museu Nacional* 67, 248–277.

- Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Moura, C.A.V., Pereira, R.M., (2010). Rhyacian (2.23–2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences* 29, 464–482.
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Vasques, F. S. G., Dussin, I. A. & Mendes, J. C. 2012. Geoquímica e idade U-Pb (LA-ICPMS) da crosta oceânica anfibolítica riaciana do cinturão Mineiro, borda meridional do cráton São Francisco. In: 46° Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, Anais
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Bongioiolo, E. M., Dussin, I. A. & Vieira, T. A. T. (2014) Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research* 243: 221–251.
- Ávila, C.A., Bongioiolo, E.M., Vasques, F.S.G., Souza, A.N., Seoane, J.C.S., Ritins, J.I.V. Vilela, F.T., Pinheiro, M. A. P., Vasconcelos, F. F., Cardoso, C.D., Silveira, V.S.L., Silva, P. R. S., Simon, M. B., Faulstich, F.R.L., Pires, G. L. C., Stohler, R. C., Oliveira, F. V. C. S. R. S., Tedeschi, M. F. (2019) Mapa geológico e de recursos minerais integrado: folhas Nazareno SF.23-X-C-I-2, São João Del Rei SF.23-X-C-II-1, Itutinga SF.23-X-C-I-4 e Madre de Deus de Minas SF.23-X-C-II-3. CPRM.
- Barbosa, N. S., Teixeira, W., Ávila, C. A., Montecinos, P. M., Bongioiolo, E. M. (2015). 2.17–2.10 Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U-Pb ages, geochemical constraints and tectonics. *Precambrian Research*, 270: 204–225.
- Barbosa, N., Teixeira, W., Ávila, C.A., Montecinos, P.M., Bongioiolo, E.M., Vasconcelos, F.F., (2019). U-Pb geochronology and coupled Hf-Nd-Sr isotopic chemical constraints of the Cassiterita Orthogneiss (2.47–2.41 Ga) in the Mineiro belt, São Francisco craton: Geodynamic fingerprints beyond the ArcheanPaleoproterozoic Transition. *Precambrian Res.* 326, 399–416. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2018.01.017>
- Barker, F. & Arth, J. G. (1976) Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites. *Geology* 4: 596–600.
- Barker, F. (1979) Trondhjemite: Definition, Environment and Hypotheses of Origin. *Developments in Petrology* pp. 1–12. Elsevier.
- Boynton, W. V. (1984) Chapter 3 - Cosmochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite Studies. *Developments in Geochemistry Rare Earth Element Geochemistry*. (P. Henderson, ed): pp. 63–114. Elsevier.
- Brown, M., Johnson, T., Gardiner, N.J. (2020). Plate tectonics and the Archean Earth. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 48, 291–320.

- Bruno, H., Elizeu, V., Heilbron, M., Valeriano, C.M., Strachan, R., Fowler, M., Bersan, S., Moreira, H., Dussin, I., Silva, L.G.E.S., Tupinambá, M., Almeida, J., Dunlop, J., Neto, C., Carvalho, M., Almeida, R., Storey, C. (2020). Neoproterozoic TTG-Sanukitoid suites in the southern São Francisco Palecontinent, Brazil: evidence for diachronous change towards modern tectonics. *Geoscience Frontiers* 11 (5), 1763–1787.
- Bruno, H., Heilbron, M., Valeriano, C.M., Strachan, R., Fowler, M., Bersan, S., Moreira, H., Motta, R., Almeida, J., Almeida, R., Carvalho, M., Storey, C. (2021). Evidence for a complex accretionary history preceding the amalgamation of Columbia: the rhyacian Minas-Bahia orogen, southern São Francisco paleocontinent, Brazil. *Gondwana Research* 92, 149–171.
- Cardoso, C. D., Ávila, C. A., Neumann, R., Oliveira, E. P., Valeriano, C. M., Dussin, I. A. (2019). A Rhyacian continental arc during the evolution of the Mineiro Belt, Brasil: Constraints from the Rio Grande and Brumado metadiorites. *Lithos*, 326-327: 246-264.
- Cherman, A. F. (2004). Geologia, petrografia e geocronologia de ortognaisses paleoproterozoicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, na região entre Itumirim e Nazareno, Minas Gerais. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 259p.
- Cherman, A.F. (1999). Geologia e Petrografia de áreas dos Greenstone Belts Rio Capivari – Rio das Mortes e Itumirim – Tiradentes e rochas granitóides associadas, entre Nazareno e Lavras (estado de Minas Gerais). Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 162p.
- Condie, K. C., O'Neill, C. & Aster, R. C. (2009) Evidence and implications for a widespread magmatic shutdown for 250 My on Earth. *Earth Planet. Sci. Lett.* 282, 294–298
- Condie, K.C., (2018). A planet in transition: the onset of plate tectonics on Earth between 3 and 2 Ga? *Geosci. Front.* 9, 51–60.
- Cruz, S. C. P., Alkmim, F. F. (2006). The Tectonic interaction between the Paramirim Aulacogen and the Araçuaí Belt, São Francisco craton region, Eastern Brazil. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 78(1), 151–173.
- Deer, W., Howie, R. A. & Zussman, J. (2013) *An Introduction to rock-forming minerals*. Longman London, UK
- Didier, J. & Barbarin, B. (1991) The different types of enclaves in granites-Nomenclature. *Enclaves and granite petrology* pp. 19–23.
- Dorr, J. V. N. (1969) Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geological Survey Professional Paper, 641-748 A, 110pp.

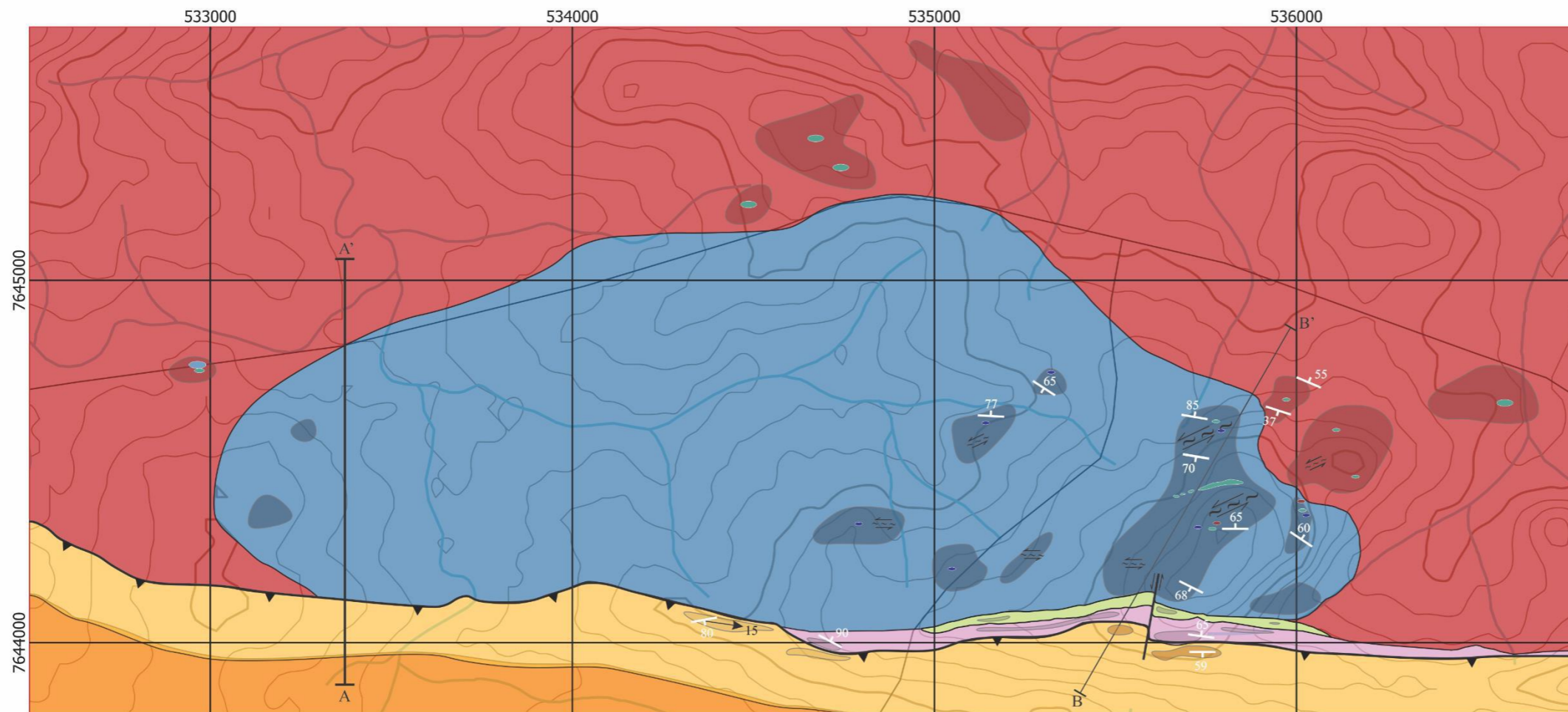
- Farina, F., Albert, C., Lana, C. (2015) The Neoproterozoic transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research* 266, 375-394.
- Farina, F., Albert, C., Martínez Dopico, C., Aguilar Gil, C., Moreira, H., Hippertt, J.P., Cutts, K., Alkmim, F.F., Lana, C. (2016) The Archean-Paleoproterozoic evolution of the 824 Quadrilátero Ferrífero (Brazil): Current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences* 68, 4-21.
- Fossen, H. (2010) *Structural Geology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Foster, M. D. (1960) Interpretation of the composition of trioctahedral micas.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. & Frost, C. D. (2001) A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 42: 2033–2048.
- Goodwin A. M. (1996) *Principles of Precambrian Geology*. London, Academic Press, 327p
- Gotze, J. (2012) Application of cathodoluminescence microscopy and spectroscopy in geosciences. *Microscopy and microanalysis*, 18: 1270-1284.
- Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C. and Soares Junior, A.V. (2011) OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos.
- Heilbron M.C.P.L. (1984) Evolução metamórfico-estrutural da área entre Itutinga e Madre de Deus de Minas, MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 151 p.
- Heilbron, M., Cordani, U. G. & Alkmim, F. F. (2017) The São Francisco Craton and Its Margins. In: Heilbron, M.; Cordani, U.G. & Alkmim, F.F. (eds.), *São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. *International Geology Reviews*. Springer International Publishing Switzerland, p. 3-13.
- Jahn, B.M., Glikson, A.Y., Peucat, J.-J., Hickman, A.H., (1981) REE geochemistry and isotopic data of Archaean silicic volcanics and granitoids from the Pilbara Block, western Australia: implications for the early crustal evolution. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45, 1633 – 1652.
- Keller C. B. & Schoene B. (2012) Statistical geochemistry reveals disruption in secular lithospheric evolution about 2.5 Gyr ago. *Nature*, 485:490–495.
- Kusky, T. (2020) Plate tectonics in relation to mantle temperatures and metamorphic properties. *Sci. Bull.* 63, 634–642.
- Lana, C. C., Alkmim, F. F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini Jr., H. A. (2013) The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 231: 157– 173.

- Laurent, O., Martin, H., Moyen, J. F. & Doucelance, R. (2014) The diversity and evolution of late-Archean granitoids: Evidence for the onset of “modern-style” plate tectonics between 3.0 and 2.5Ga. *Lithos* 205: 208–235.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, A., Dudek, A., Efremova, A., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H. & Woolley, A. R. (2002) *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press
- Li, X., Zhang, C., Behrens, H. & Holtz, F. (2021) On the improvement of calculating biotite formula from EPMA data: Reexamination of the methods of Dymek (1983), Yavuz and Öztas (1997), Li et al. (2020) and reply to the discussion of Baidya and Das. *Lithos*: 106403
- Martin, H. (1986) Effect of steeper Archean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. *Geology* 14: 753–756.
- Martin, H., (1993) The mechanisms of petrogenesis of Archaean continental crust – comparison with modern processes. *Lithos* 30(3-4): 373-388.
- McDonough, W. F. & Sun, S. (1995) The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120: 223–253.
- Moreira, H., Seixas, L., Storey, C., Fowler, M., Lasalle, S., Stevenson, R. & Lana, C. (2018) Evolution of Siderian juvenile crust to Rhyacian high Ba-Sr magmatism in the Mineiro Belt, southern São Francisco Craton. *Geoscience Frontiers*, 9: 977-995.
- Moreira, H., Storey, C., Fowler, M., Seixas, L. & Dunlop, J. 2020. Petrogenetic processes at the tipping point of plate tectonics: Hf-O isotope ternary modelling of Earth's last TTG to sanukitoid transition. *Earth and Planetary Science Letters*, 551: 116558.
- Moyen, J.-F. & Martin, H. (2012) Forty years of TTG research. *Lithos* 148: 312–336.
- Nachit, H., Ibbi, A. & Ohoud, M. B. (2005) Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neofomed biotites. *Comptes Rendus Geoscience* 337: 1415–1420.
- Neves, C. V. de S. (2022) *Caracterização Petrogenética do Metagranitoide Macuco de Minas e suas interações com o Metadiorito Rio Grande, Cinturão Mineiro*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Rio de Janeiro: Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 206p.
- Neves, C. V. de S., Ávila, C. A., Bongioiolo, E. M., Neumann, R., Teixeira, W., Faulstich, F. R. L., Heilbron, M., Geraldés, M. C. & Valeriano, C. de M. (2023) Preserved interactions between acid and intermediate magmas in a 2.15–2.10 Ga Rhyacian continental arc:

- Insights from petrographic, geochemical and isotopic data of the Macuco de Minas metagranitoid, Mineiro belt, Brazil. *Lithos* 440–441: 107048.
- O'Connor, J. T. (1965) A classification for quartz-rich igneous rock based feldspar. USGS Numbered Series: 79–84.
- Partin, C.A., Bekker, A., Sylvester, P.J. (2014) Filling in the juvenile magmatic gap: evidence for uninterrupted Paleoproterozoic plate tectonics. *Earth Planet. Sci. Lett.* 388, 123-133.
- Passchier C.W., Trouw R.A.J. (ed.). 2005. *Microtectonics*. New York, Springer 2nd Edition, 366 p
- Patterson, C., 1956. Age of meteorites and the Earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 10 (4), 230–237.
- Pereira, I., Storey, C.D., Strachan, R.A., Bento dos Santos, T., Darling, J.R., (2020) Detrital rutile ages can deduce the tectonic setting of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.* 537, 116193.
- Quéméneur, J.J.G.; Ribeiro, A.; Trouw, R.A.J.; Paciullo, F.V.P & Heilbron, M. (2003) *Geologia da Folha Lavras. Projeto Sul de Minas, Etapa I, Capítulo 7. COMIG, UFMG, UFRJ, UERJ. Pg 259-319.*
- Ribeiro A., Trouw R.A.J., Andreis R.R., Paciullo F.V.P., Valença J.G. (1995) Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 235-248.
- Ribeiro, A.; Paciullo, F.V.P.; Valença, J.G.; Ávila, C.A.; Andreis, R.R.; Trouw, R.A.J. (1998) Domínios do embasamento na região de São João del Rei, borda sul do Cráton de São Francisco, sul de Minas Gerais. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 40, Belo Horizonte, Anais..., 2: 21.
- Ritins, J. I. V. (2017) Mapeamento geológico e petrografia dos corpos plutônicos félsicos próximos a cidade de Macuco de Minas, Minas Gerais. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 51p
- Sawyer, E.W. (2008). *Atlas of Migmatites*. NRC Research Press, Canada.
- Seixas, L.A.R., David, J., Stevenson, R., (2012) Geochemistry, Nd isotopes and U–Pb geochronology of a 2350 Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton. *Precambrian Research* 196-197, 61-80
- Shand, S. J. (1943) *Eruptive rocks: their genesis, composition, and classification, with a chapter on meteorites*. J. Wiley & sons, Incorporated.
- Silva, M. M. 2017. Caracterização e quantificação dos processos de interação entre magmas félsicos na gênese do granitoide paleoproterozoico Gentio, região de Dores de Campos,

- Minas Gerais. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 186 p.
- Silva, M. M., Ávila, C. A., Barbosa, N. S. & Teixeira, W. 2020. Caracterização do ortognaiss Brejo Alegre e sua inserção no contexto evolutivo do Cinturão Mineiro, Cráton do São Francisco. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 43 (2): 363- 380.
- Simon, M. B., Bongiolo, E. M., Ávila, C. A., Teixeira, W., Marimon, R. S. & Oliveira, E. P. (2021) Archean sodic metagranitoids from the Southern São Francisco Craton: Review, petrogenesis, and tectonic implications. *Lithos* 398–399: 106246.
- Sollner, E., Trouw, R.A.J. (1997) The Andrelândia depositional cycle (Minas Gerais, Brazil), a post-Transamazonian sequence south of the São Francisco Craton: evidence from U-Pb dating on zircons of a metasediment. *J. S. Amer. Earth Sci.*, v. 10, p.21-28
- Souza, A. N. (2009) Evolução petrográfica e geoquímica do granitóide Ritópolis, borda meridional do cráton do São Francisco. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 119 p.
- Streckeisen, A. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth-science reviews* 12: 1–33.
- Teixeira, W. & Figueiredo, M. C. H. (1991) An outline of Early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco craton, Brazil: a review. *Precambrian Research* 53: 1–22.
- Teixeira, W., Ávila, C.A., Dussin, I.A., Bongiolo, E. (2022). U-Pb provenance fingerprints of metavolcanic-sedimentary successions of the Mineiro belt: Proxies for the continuity of plate tectonics through the Paleoproterozoic. *Geosci. Front.* 13 (5), 101293.
- Teixeira, W., Ávila, C. A. & Nunes, L. C. (2008.) Nd-Sr Isotopic Geochemistry and Geochronology of the Fé Granitic Gneiss and Lajedo Granodirite: implications for paleoproterozoic Evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil. *Revista do Instituto de Geociências, USP*, 8(1): 53-74.
- Teixeira, W., Ávila, C. A., Dussin, I. A., Corrêa Neto, A. V., Bongiolo, E. M., Santos, J. O. & Barbosa, N. S. (2015a) A juvenile accretion episode (2.35–2.32Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research* 256: 148–169.
- Teixeira, W., Ávila, C.A., Dussin, I.A., Corrêa Neto, A.V., Bongiolo, E.M., Santos, J.O.S., Barbosa, N.S. (2015b) Zircon U-Pb-Hf, Nd-Sr constraints and geochemistry of the Resende Costa Orthogneiss and coeval rocks: new clues for a juvenile accretion episode (2.36-2.33 Ga) in the Mineiro belt and its role to the longlived Minas accretionary orogeny. *Precambrian Research* 256, 148-169.

- Toledo, C.L.B. (2002) Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, na região de Nazareno, MG. PhD Thesis, IG-UNICAMP, Campinas, 307 p
- Turner, S., Wilde, S., Worner, G., Schaefer, B., Lai, Y.J. (2020). An andesitic source for Jack Hills zircon supports onset of plate tectonics in the Hadean. *Nat. Commun.* 11, 1241.
- Valladares C.S., Machado N., Heilbron M., Gauthier G. (2004). Ages of Detrital Zircon from Siliciclastic Successions South of São Francisco Craton, Brazil. Implication for the Evolution of Proterozoic Basins. *International Association for Gondwana Research*, 7(4): 913-921.
- Vasconcelos, F.F., Ávila, C.A., Neumann, R., Teixeira, W., Bongioiolo, E.M., Barbosa, N., Camara, B.O., Menezes, V.H., Mattos, F. (2017). Ortognaisse Morro do Resende: mineralogia, petrografia, geoquímica e geocronologia. *Geologia USP. Série Científica* 17, 143-164.
- Vieira, R. R., Gonçalves, C. C. & Gonçalves, L. (2020). Evidências de colocação sintectônica de plútons revelada por estudos de campo, petrográficos, microestruturais e de química mineral: estudo de caso da Suíte Alto Maranhão (2130 Ma), Cinturão Mineiro, Sudeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 43 (1): 376- 396.
- Voice P. J., Kowalewski M., Eriksson K. A. (2011) Quantifying the timing and rate of crustal evolution: Global compilation of radiometrically dated detrital zircon grains. *J. Geol.*, 119(2):109–126.
- Wang, X., Huang, X.L., Yang, F. (2021) Geochronology and geochemistry of the Xiaoqinling Taihua complex in the southern Trans-North China Orogen: Implications for magmatism during the early Paleoproterozoic global tectono-magmatic shutdown. *Lithos*, 15, 106248.
- Warr, L. N. (2021) IMA–CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine* 85: 291–320.
- Wilde, S.A.; Valley, J.W.; Peck, W.H.; Graham, C.M. (2001) Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago, *Nature*, 409,175 – 178.
- Williams, H., Turner, F. J. & Gilbert, C. M. (1970) *Petrografia: uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas*. Editora Polígono - USP.
- Yardley, B. W. D. (1989) *An Introduction to Metamorphic Petrology*. Longman.
- Yardley, B. W., MacKenzie, W. S. & Guilford, C. (1997) *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. Longman.



ANEXO I - MAPA GEOLÓGICO

Unidades litológicas

Sequência Metassedimetar

- Filito Andrelândia
- Quartzito Serra do Ouro Grosso

Corpos metaígneos

- Metagranitoide Represa de Camargos** - Corpo granítico, hololeucocrático, fino a médio, foliado incipiente. Composto por microclínio, plagioclásio, quartzo e biotita, tendo como acessórios, zircão, allanita e titanita. Cortado por pegmatitos. Apresenta xenólitos de: Ortognaisse Itutinga, biotita gnaisse e anfibolito.
- Ortognaisse Itutinga** - Corpo trondhjemitico, hololeucocrático, médio a grosso, foliado, composto por plagioclásio, quartzo e biotita, tendo como minerais acessórios microclínio, titanita, apatita, allanita, zircão, hematita e sulfetos. Cortado por pegmatitos. Apresenta xenólitos de: biotita gnaisse e anfibolito.

Sequência metaultramáfica-metamáfica

- Anfibolito** - Rocha melanocrática foliada, com granulação fina, textura nematoblástica e composta por anfibólio, plagioclásio, epidoto e titanita.
- Clorita-talco xisto** - Rocha holomelanocrática foliada e composta por clorita e talco.

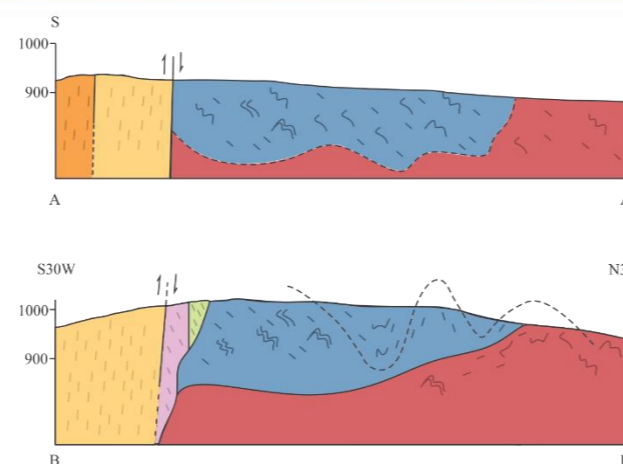
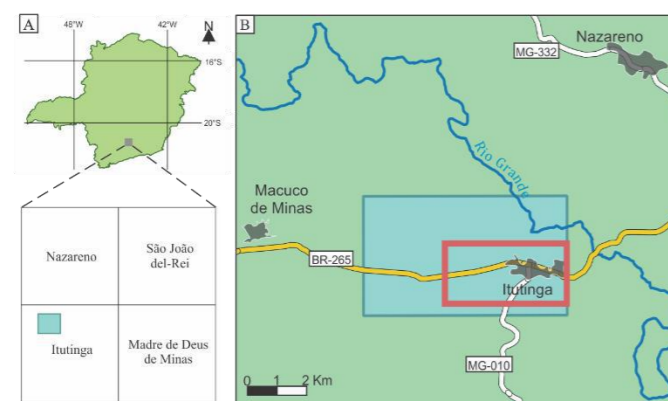
Convenções cartográficas

- Curva de nível, mestras quando em negro
- Drenagem
- Estrada

Convenções geológicas

- Contato litológico, inferido quando tracejado
- Foliação metamórfica
- Lineação de estiramento
- Zona de cisalhamento
- Falha de empurrão
- Seção geológica

Referências:
 Ávila, C.A., Bongioioli, E.M., Vasques, F.S.G., Souza, A.N., Seoane, J.C.S., Ritins, J.I.V., et al., 2019. Mapa geológico e de recursos minerais integrado: folhas Nazareno SF.23-X-C-1-2, São João Del Rei SF.23-X-C-II-1, Itutinga SF.23-X-C-I-4 e Madre de Deus de Minas SF.23-X-C-II-3. CPRM.



MAPA GEOLÓGICO

Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Instituto de Geociências
 Departamento de Geologia

Lucas da Silva Barbosa
 Orientação: Prof. Ciro Alexandre Ávila (MN-UFRJ)

Equidistância de curva de nível: 10 m
 Projeção Universal Transversa de Mercator - Zona UTM 23 S
 Datum horizontal: WGS 84 - Escala: 1:12.500
 Declinação magnética: 22° 45' W ± 0° 24'



Anexo II – Composição química (% massa normalizado), número de átomos (base de 32 O) e percentagem de ortoclásio-albita-anortita (Deer *et al.*, 2013) de grãos de plagioclásio das rochas do ortogneisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.

ID	Óxidos (%peso)							número de átomos na base de 32 O							% An-Ab-Or		
	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO _t	total	Si	Al	Fe _t	Ca	Na	K	total	An	Ab	Or
LC-001A 3	9.67	23.09	62.24	0.17	4.83	0.00	100.00	11.07	4.84	0.00	0.92	3.33	0.04	20.20	21.43	77.66	0.92
LC-001A 4	11.45	20.86	67.01	0.05	0.64	0.00	100.00	11.74	4.31	0.00	0.12	3.89	0.01	20.06	2.98	96.76	0.26
LC-001A 5	9.44	23.61	61.59	0.20	5.16	0.00	100.00	10.97	4.95	0.00	0.98	3.26	0.04	20.21	22.96	75.99	1.04
LC-001A 8	10.22	22.94	61.52	0.26	5.07	0.00	100.00	10.99	4.83	0.00	0.97	3.54	0.06	20.39	21.23	77.47	1.30
LC-001A 16	11.76	20.63	67.15	0.00	0.46	0.00	100.00	11.76	4.26	0.00	0.09	3.99	0.00	20.10	2.10	97.90	0.00
LC-001A 17	9.36	23.40	61.61	0.23	5.41	0.00	100.00	10.98	4.91	0.00	1.03	3.23	0.05	20.21	23.90	74.92	1.19
LC-001A 24	9.32	23.70	61.01	0.25	5.71	0.00	100.00	10.89	4.99	0.00	1.09	3.23	0.06	20.26	24.95	73.74	1.30
LC-001A 25	11.23	21.39	65.93	0.00	1.44	0.00	100.00	11.59	4.43	0.00	0.27	3.82	0.00	20.11	6.64	93.36	0.00
LC-001A 26	9.52	23.61	61.29	0.20	5.38	0.00	100.00	10.93	4.96	0.00	1.03	3.29	0.05	20.26	23.55	75.40	1.05
LC-001A 28	9.14	23.73	61.27	0.22	5.64	0.00	100.00	10.92	4.98	0.00	1.08	3.16	0.05	20.19	25.12	73.71	1.17
LC-001A 29	11.44	20.69	67.16	0.16	0.56	0.00	100.00	11.76	4.27	0.00	0.10	3.88	0.04	20.06	2.60	96.49	0.91
LC-001A 34	9.65	23.10	62.32	0.19	4.74	0.00	100.00	11.08	4.84	0.00	0.90	3.32	0.04	20.19	21.14	77.84	1.02
LC-001A 35	9.71	22.96	62.27	0.21	4.86	0.00	100.00	11.08	4.81	0.00	0.93	3.35	0.05	20.21	21.44	77.46	1.10
LC-001A 36	9.74	23.27	62.10	0.26	4.63	0.00	100.00	11.05	4.88	0.00	0.88	3.36	0.06	20.22	20.54	78.11	1.36
LC-001A 38	9.89	23.05	61.97	0.24	4.85	0.00	100.00	11.04	4.84	0.00	0.93	3.42	0.05	20.28	21.06	77.69	1.24
LC-001A 39	9.93	23.23	61.94	0.24	4.65	0.00	100.00	11.03	4.88	0.00	0.89	3.43	0.05	20.27	20.32	78.46	1.22
LC-001A 40	9.93	23.23	61.94	0.24	4.65	0.00	100.00	11.03	4.88	0.00	0.89	3.43	0.05	20.27	20.32	78.46	1.22
LC-001A 51	9.46	23.58	61.98	0.16	4.82	0.00	100.00	11.01	4.94	0.00	0.92	3.26	0.04	20.17	21.79	77.37	0.85
LC-003B 175	10.67	25.48	59.98	0.00	3.87	0.00	100.00	10.69	5.35	0.00	0.74	3.69	0.00	20.47	16.70	83.30	0.00
LC-003B 176	10.94	25.35	60.04	0.00	3.67	0.00	100.00	10.71	5.33	0.00	0.70	3.78	0.00	20.52	15.62	84.38	0.00
LC-003B 177	10.79	25.05	60.74	0.00	3.41	0.00	100.00	10.80	5.25	0.00	0.65	3.72	0.00	20.43	14.88	85.12	0.00
LC-003B 178	10.93	25.27	60.42	0.00	3.38	0.00	100.00	10.76	5.30	0.00	0.64	3.77	0.00	20.48	14.60	85.40	0.00
LC-003B 179	10.77	25.05	60.80	0.00	3.38	0.00	100.00	10.81	5.25	0.00	0.64	3.71	0.00	20.42	14.79	85.21	0.00
LC-003B 180	10.49	24.73	61.19	0.00	3.59	0.00	100.00	10.87	5.18	0.00	0.68	3.61	0.00	20.34	15.91	84.09	0.00
LC-003B 181	10.70	24.76	60.98	0.00	3.56	0.00	100.00	10.85	5.19	0.00	0.68	3.69	0.00	20.40	15.54	84.46	0.00
LC-003B 182	10.90	25.13	60.19	0.00	3.78	0.00	100.00	10.73	5.28	0.00	0.72	3.77	0.00	20.51	16.10	83.90	0.00
LC-003B 183	12.19	25.87	59.06	0.00	2.88	0.00	100.00	10.57	5.46	0.00	0.55	4.23	0.00	20.81	11.56	88.44	0.00

ID	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO _t	total	Si	Al	Fe _t	Ca	Na	K	total	An	Ab	Or
LC-003B 206	10.87	24.98	60.49	0.00	3.66	0.00	100.00	10.78	5.25	0.00	0.70	3.75	0.00	20.48	15.69	84.31	0.00
LC-003B 207	11.04	25.04	60.45	0.00	3.47	0.00	100.00	10.77	5.26	0.00	0.66	3.81	0.00	20.51	14.81	85.19	0.00
LC-003B 208	9.95	24.41	61.85	0.00	3.79	0.00	100.00	10.96	5.10	0.00	0.72	3.42	0.00	20.20	17.39	82.61	0.00
LC-003B 209	10.99	25.16	60.20	0.00	3.65	0.00	100.00	10.73	5.29	0.00	0.70	3.80	0.00	20.52	15.49	84.51	0.00
LC-003B 210	11.26	25.36	59.86	0.00	3.52	0.00	100.00	10.69	5.34	0.00	0.67	3.90	0.00	20.59	14.75	85.25	0.00
LC-003B 211	12.68	25.80	58.66	0.00	2.85	0.00	100.00	10.53	5.46	0.00	0.55	4.41	0.00	20.95	11.06	88.94	0.00
LC-003B 214	12.81	22.34	64.00	0.00	0.85	0.00	100.00	11.33	4.66	0.00	0.16	4.40	0.00	20.54	3.53	96.47	0.00
LC-003B 217	11.36	25.05	60.19	0.00	3.41	0.00	100.00	10.74	5.27	0.00	0.65	3.93	0.00	20.59	14.22	85.78	0.00
LC-003B 219	11.15	24.89	60.58	0.00	3.38	0.00	100.00	10.79	5.23	0.00	0.65	3.85	0.00	20.52	14.35	85.65	0.00
LC-003B 267	12.97	22.38	64.65	0.00	0.00	0.00	100.00	11.40	4.65	0.00	0.00	4.43	0.00	20.49	0.00	100.00	0.00
LC-003B 280	10.65	25.29	60.41	0.00	3.65	0.00	100.00	10.75	5.31	0.00	0.70	3.68	0.00	20.43	15.92	84.08	0.00
LC-003B 281	10.56	25.52	59.96	0.00	3.96	0.00	100.00	10.69	5.36	0.00	0.76	3.65	0.00	20.45	17.17	82.83	0.00
LC-003B 282	12.41	26.34	57.95	0.00	3.30	0.00	100.00	10.42	5.58	0.00	0.64	4.32	0.00	20.96	12.82	87.18	0.00
LC-003B 283	10.50	25.05	60.10	0.00	4.35	0.00	100.00	10.72	5.27	0.00	0.83	3.63	0.00	20.46	18.62	81.38	0.00
LC-003B 284	10.39	25.12	60.69	0.00	3.79	0.00	100.00	10.79	5.27	0.00	0.72	3.58	0.00	20.36	16.77	83.23	0.00
LC-003B 299	10.70	25.18	60.35	0.00	3.77	0.00	100.00	10.75	5.29	0.00	0.72	3.70	0.00	20.45	16.30	83.70	0.00
LC-003B 303	12.49	22.53	63.68	0.00	1.30	0.00	100.00	11.28	4.70	0.00	0.25	4.29	0.00	20.52	5.42	94.58	0.00
LC-003B 306	13.06	22.12	64.82	0.00	0.00	0.00	100.00	11.43	4.60	0.00	0.00	4.47	0.00	20.50	0.00	100.00	0.00
LC-009A 331	9.71	25.54	60.94	0.00	3.81	0.00	100.00	10.80	5.34	0.00	0.72	3.34	0.00	20.20	17.84	82.16	0.00
LC-009A 332	9.83	25.48	60.97	0.00	3.71	0.00	100.00	10.81	5.32	0.00	0.71	3.38	0.00	20.22	17.26	82.74	0.00
LC-009A 334	7.30	14.84	76.42	0.00	1.44	0.00	100.00	13.03	2.98	0.00	0.26	2.41	0.00	18.69	9.84	90.16	0.00
LC-009A 335	9.59	25.62	60.48	0.00	4.31	0.00	100.00	10.74	5.36	0.00	0.82	3.30	0.00	20.23	19.89	80.11	0.00
LC-009A 336	9.42	25.24	61.55	0.00	3.78	0.00	100.00	10.89	5.26	0.00	0.72	3.23	0.00	20.10	18.15	81.85	0.00
LC-009A 337	9.78	25.44	61.21	0.00	3.57	0.00	100.00	10.84	5.31	0.00	0.68	3.36	0.00	20.19	16.77	83.23	0.00
LC-009A 356	9.69	25.41	61.22	0.00	3.68	0.00	100.00	10.84	5.30	0.00	0.70	3.33	0.00	20.17	17.36	82.64	0.00
LC-009A 357	10.02	25.68	60.78	0.00	3.51	0.00	100.00	10.78	5.37	0.00	0.67	3.45	0.00	20.26	16.22	83.78	0.00
LC-009A 358	10.17	25.36	60.93	0.00	3.54	0.00	100.00	10.81	5.30	0.00	0.67	3.50	0.00	20.29	16.12	83.88	0.00
LC-009A 359	9.89	25.83	60.32	0.00	3.96	0.00	100.00	10.72	5.41	0.00	0.75	3.41	0.00	20.28	18.10	81.90	0.00
LC-009A 360	11.69	23.18	64.22	0.00	0.91	0.00	100.00	11.31	4.81	0.00	0.17	3.99	0.00	20.28	4.14	95.86	0.00
LC-009A 362	9.51	25.46	61.43	0.00	3.60	0.00	100.00	10.86	5.31	0.00	0.68	3.26	0.00	20.11	17.32	82.68	0.00

ID	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO _t	total	Si	Al	Fe _t	Ca	Na	K	total	An	Ab	Or
LC-009A 363	10.38	25.63	60.52	0.00	3.48	0.00	100.00	10.75	5.37	0.00	0.66	3.57	0.00	20.35	15.63	84.37	0.00
LC-009A 364	10.23	25.50	60.14	0.19	3.94	0.00	100.00	10.71	5.35	0.00	0.75	3.53	0.04	20.40	17.38	81.62	1.00
LC-009A 373	10.16	25.35	61.27	0.00	3.22	0.00	100.00	10.85	5.29	0.00	0.61	3.49	0.00	20.25	14.92	85.08	0.00
LC-009A 374	9.75	25.31	61.61	0.00	3.33	0.00	100.00	10.89	5.27	0.00	0.63	3.34	0.00	20.14	15.88	84.12	0.00
LC-009A 375	10.12	25.23	61.28	0.00	3.36	0.00	100.00	10.86	5.27	0.00	0.64	3.48	0.00	20.25	15.51	84.49	0.00
LC-009A 376	9.42	24.79	62.15	0.00	3.63	0.00	100.00	10.98	5.16	0.00	0.69	3.23	0.00	20.05	17.56	82.44	0.00
LC-009A 377	10.20	24.97	60.21	0.20	4.42	0.00	100.00	10.74	5.25	0.00	0.84	3.53	0.05	20.42	19.11	79.84	1.05
LC-009A 378	9.93	25.37	61.38	0.00	3.32	0.00	100.00	10.86	5.29	0.00	0.63	3.41	0.00	20.19	15.59	84.41	0.00
LC-009A 379	9.47	25.02	61.97	0.00	3.55	0.00	100.00	10.95	5.21	0.00	0.67	3.24	0.00	20.07	17.15	82.85	0.00
LC-009A 380	9.72	25.83	61.08	0.00	3.37	0.00	100.00	10.81	5.39	0.00	0.64	3.34	0.00	20.17	16.05	83.95	0.00
LC-009A 381	9.52	25.18	61.87	0.00	3.42	0.00	100.00	10.93	5.24	0.00	0.65	3.26	0.00	20.08	16.57	83.43	0.00
LC-009A 387	10.27	25.48	60.37	0.00	3.88	0.00	100.00	10.74	5.34	0.00	0.74	3.54	0.00	20.36	17.27	82.73	0.00
LC-009A 410	10.98	25.77	60.09	0.00	3.17	0.00	100.00	10.70	5.41	0.00	0.60	3.79	0.00	20.49	13.77	86.23	0.00
LC-009A 420	9.94	25.21	61.31	0.00	3.54	0.00	100.00	10.86	5.26	0.00	0.67	3.41	0.00	20.21	16.43	83.57	0.00
LC-009A 421	9.73	25.33	61.22	0.00	3.72	0.00	100.00	10.84	5.29	0.00	0.71	3.34	0.00	20.18	17.44	82.56	0.00
LC-009A 422	9.42	24.83	61.97	0.00	3.79	0.00	100.00	10.95	5.17	0.00	0.72	3.23	0.00	20.07	18.17	81.83	0.00
LC-009A 423	10.05	25.33	59.86	0.31	4.45	0.00	100.00	10.69	5.33	0.00	0.85	3.48	0.07	20.42	19.34	79.05	1.61
LC-0014B 428	10.16	25.19	59.51	0.39	4.75	0.00	100.00	10.65	5.31	0.00	0.91	3.53	0.09	20.50	20.13	77.89	1.98
LC-0014B 429	9.91	25.73	60.83	0.00	3.53	0.00	100.00	10.78	5.37	0.00	0.67	3.41	0.00	20.23	16.46	83.54	0.00
LC-0014B 430	9.25	25.23	61.70	0.00	3.82	0.00	100.00	10.90	5.26	0.00	0.72	3.17	0.00	20.05	18.59	81.41	0.00
LC-0014B 431	12.69	23.09	62.13	1.24	0.85	0.00	100.00	11.10	4.86	0.00	0.16	4.40	0.28	20.81	3.37	90.79	5.83
LC-0014B 432	6.59	25.93	63.30	0.00	4.17	0.00	100.00	11.05	5.34	0.00	0.78	2.23	0.00	19.40	25.92	74.08	0.00
LC-0014B 433	11.10	24.72	59.87	0.00	4.31	0.00	100.00	10.71	5.21	0.00	0.83	3.85	0.00	20.61	17.66	82.34	0.00
LC-0014B 434	9.69	25.65	60.94	0.00	3.71	0.00	100.00	10.80	5.36	0.00	0.71	3.33	0.00	20.19	17.48	82.52	0.00
LC-0014B 435	10.43	25.71	60.32	0.00	3.55	0.00	100.00	10.72	5.39	0.00	0.68	3.59	0.00	20.38	15.83	84.17	0.00
LC-0014B 449	10.33	25.94	59.91	0.00	3.82	0.00	100.00	10.66	5.44	0.00	0.73	3.56	0.00	20.40	16.99	83.01	0.00
LC-0014B 459	9.15	25.22	61.42	0.00	4.21	0.00	100.00	10.87	5.26	0.00	0.80	3.14	0.00	20.07	20.26	79.74	0.00
LC-0014B 460	9.96	26.12	60.21	0.00	3.72	0.00	100.00	10.69	5.47	0.00	0.71	3.43	0.00	20.29	17.09	82.91	0.00
LC-0014B 461	9.77	25.64	60.71	0.00	3.88	0.00	100.00	10.77	5.36	0.00	0.74	3.36	0.00	20.23	18.00	82.00	0.00
LC-0014B 462	9.73	25.12	61.42	0.00	3.73	0.00	100.00	10.88	5.24	0.00	0.71	3.34	0.00	20.17	17.46	82.54	0.00

ID	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO _t	total	Si	Al	Fe _t	Ca	Na	K	total	An	Ab	Or
LC-0014B 463	9.85	25.29	60.16	0.00	4.70	0.00	100.00	10.72	5.31	0.00	0.90	3.40	0.00	20.33	20.88	79.12	0.00
LC-0014B 489	10.65	26.03	59.95	0.00	3.37	0.00	100.00	10.67	5.46	0.00	0.64	3.67	0.00	20.44	14.90	85.10	0.00
LC-0014B 502	10.57	25.53	60.43	0.00	3.47	0.00	100.00	10.75	5.35	0.00	0.66	3.64	0.00	20.40	15.34	84.66	0.00
LC-0014B 518	9.73	25.03	61.50	0.00	3.75	0.00	100.00	10.89	5.22	0.00	0.71	3.34	0.00	20.17	17.56	82.44	0.00
LC-0014B 519	9.71	25.37	61.27	0.00	3.64	0.00	100.00	10.85	5.30	0.00	0.69	3.33	0.00	20.17	17.16	82.84	0.00
LC-0014B 520	9.56	25.39	61.40	0.00	3.65	0.00	100.00	10.86	5.29	0.00	0.69	3.28	0.00	20.13	17.43	82.57	0.00
LC-0014B 521	10.24	25.52	60.15	0.00	4.09	0.00	100.00	10.71	5.36	0.00	0.78	3.53	0.00	20.38	18.09	81.91	0.00
LC-0014B 522	10.01	25.37	60.96	0.00	3.65	0.00	100.00	10.81	5.30	0.00	0.69	3.44	0.00	20.26	16.79	83.21	0.00
LC-0014B 523	11.31	25.97	59.61	0.00	3.10	0.00	100.00	10.63	5.46	0.00	0.59	3.91	0.00	20.59	13.17	86.83	0.00
LC-0014B 524	10.24	25.78	60.10	0.00	3.89	0.00	100.00	10.69	5.41	0.00	0.74	3.53	0.00	20.37	17.33	82.67	0.00
LC-0014B 525	9.77	25.42	60.90	0.00	3.91	0.00	100.00	10.80	5.31	0.00	0.74	3.36	0.00	20.22	18.11	81.89	0.00
LC-0014B 526	10.61	25.58	60.10	0.00	3.71	0.00	100.00	10.70	5.37	0.00	0.71	3.66	0.00	20.44	16.19	83.81	0.00
LC-0014B 527	11.15	25.71	60.27	0.00	2.87	0.00	100.00	10.72	5.39	0.00	0.55	3.85	0.00	20.51	12.44	87.56	0.00
LC-0014B 528	9.96	25.69	60.70	0.00	3.65	0.00	100.00	10.77	5.37	0.00	0.69	3.42	0.00	20.26	16.84	83.16	0.00
LC-0014B 529	9.37	25.34	61.45	0.00	3.85	0.00	100.00	10.87	5.28	0.00	0.73	3.21	0.00	20.09	18.50	81.50	0.00
LC-0014B 548	9.76	25.48	61.01	0.00	3.75	0.00	100.00	10.81	5.32	0.00	0.71	3.35	0.00	20.20	17.51	82.49	0.00
LC-0014B 549	10.28	25.37	60.07	0.00	4.29	0.00	100.00	10.71	5.33	0.00	0.82	3.55	0.00	20.41	18.73	81.27	0.00
LC-0014B 550	8.85	22.96	64.66	0.00	3.53	0.00	100.00	11.35	4.75	0.00	0.66	3.01	0.00	19.78	18.04	81.96	0.00
LC-0014B 551	9.34	24.85	62.31	0.00	3.50	0.00	100.00	10.99	5.17	0.00	0.66	3.20	0.00	20.02	17.16	82.84	0.00
LC-0014B 555	10.05	26.66	59.25	0.00	4.04	0.00	100.00	10.55	5.60	0.00	0.77	3.47	0.00	20.39	18.17	81.83	0.00
LC-0014B 556	10.13	23.31	64.65	0.00	1.91	0.00	100.00	11.34	4.82	0.00	0.36	3.45	0.00	19.97	9.44	90.56	0.00
LC-0014B 586	10.35	25.41	60.69	0.00	3.54	0.00	100.00	10.78	5.32	0.00	0.67	3.57	0.00	20.34	15.90	84.10	0.00
LC-0014B 587	10.17	25.64	60.53	0.00	3.66	0.00	100.00	10.75	5.37	0.00	0.70	3.50	0.00	20.32	16.58	83.42	0.00
LC-0014B 588	9.65	25.82	60.82	0.00	3.72	0.00	100.00	10.78	5.39	0.00	0.71	3.31	0.00	20.19	17.56	82.44	0.00
LC-0014B 606	9.95	25.58	60.82	0.00	3.65	0.00	100.00	10.79	5.35	0.00	0.69	3.42	0.00	20.25	16.84	83.16	0.00
LC-0014B 609	9.50	25.36	61.55	0.00	3.60	0.00	100.00	10.88	5.28	0.00	0.68	3.25	0.00	20.10	17.32	82.68	0.00
LC-0014B 629	9.99	25.84	60.88	0.00	3.29	0.00	100.00	10.78	5.39	0.00	0.62	3.43	0.00	20.23	15.40	84.60	0.00
LC-0014B 633	10.07	25.77	60.43	0.00	3.73	0.00	100.00	10.73	5.39	0.00	0.71	3.47	0.00	20.30	16.98	83.02	0.00
LC-0014B 634	10.22	25.86	59.44	0.00	4.48	0.00	100.00	10.61	5.44	0.00	0.86	3.54	0.00	20.44	19.50	80.50	0.00
LC-0017A 643	10.01	25.95	60.14	0.00	3.90	0.00	100.00	10.69	5.44	0.00	0.74	3.45	0.00	20.32	17.73	82.27	0.00

ID	Na₂O	Al₂O₃	SiO₂	K₂O	CaO	FeO_t	total	Si	Al	Fe_t	Ca	Na	K	total	An	Ab	Or
LC-0017A 644	9.84	25.77	60.92	0.00	3.48	0.00	100.00	10.79	5.38	0.00	0.66	3.38	0.00	20.21	16.34	83.66	0.00
LC-0017A 645	10.89	25.80	58.97	0.00	4.33	0.00	100.00	10.56	5.44	0.00	0.83	3.78	0.00	20.61	18.03	81.97	0.00
LC-0017A 646	9.29	25.05	62.02	0.00	3.64	0.00	100.00	10.95	5.21	0.00	0.69	3.18	0.00	20.03	17.78	82.22	0.00
LC-0017A 647	9.42	25.86	60.94	0.00	3.78	0.00	100.00	10.79	5.39	0.00	0.72	3.23	0.00	20.13	18.13	81.87	0.00
LC-0017A 681	9.79	25.59	60.88	0.00	3.73	0.00	100.00	10.79	5.35	0.00	0.71	3.37	0.00	20.22	17.40	82.60	0.00
LC-0017A 682	9.36	25.64	60.86	0.00	4.14	0.00	100.00	10.79	5.36	0.00	0.79	3.22	0.00	20.14	19.63	80.37	0.00
LC-0017A 698	10.57	25.44	60.41	0.00	3.58	0.00	100.00	10.75	5.33	0.00	0.68	3.65	0.00	20.41	15.75	84.25	0.00
LC-0017A 700	10.42	25.30	60.80	0.00	3.48	0.00	100.00	10.80	5.30	0.00	0.66	3.59	0.00	20.35	15.59	84.41	0.00
LC-0017A 712	10.12	25.23	60.36	0.00	4.28	0.00	100.00	10.75	5.29	0.00	0.82	3.49	0.00	20.35	18.95	81.05	0.00
LC-0017A 713	9.43	26.02	60.33	0.00	4.22	0.00	100.00	10.71	5.44	0.00	0.80	3.25	0.00	20.20	19.83	80.17	0.00
LC-0017A 716	10.22	25.71	60.63	0.00	3.44	0.00	100.00	10.76	5.38	0.00	0.65	3.52	0.00	20.31	15.67	84.33	0.00
LC-0017A 726	10.18	25.42	61.06	0.00	3.34	0.00	100.00	10.82	5.31	0.00	0.63	3.50	0.00	20.27	15.36	84.64	0.00
LC-0017A 727	9.97	25.70	60.62	0.00	3.71	0.00	100.00	10.76	5.38	0.00	0.70	3.43	0.00	20.27	17.05	82.95	0.00
LC-0017A 728	9.93	25.49	60.92	0.00	3.66	0.00	100.00	10.80	5.33	0.00	0.70	3.41	0.00	20.24	16.94	83.06	0.00
LC-0017A 729	10.47	25.43	59.60	0.00	4.50	0.00	100.00	10.65	5.36	0.00	0.86	3.63	0.00	20.49	19.18	80.82	0.00
LC-0017A 732	9.92	25.05	61.28	0.00	3.75	0.00	100.00	10.87	5.23	0.00	0.71	3.41	0.00	20.22	17.30	82.70	0.00
LC-0017A 733	10.27	25.94	60.40	0.00	3.39	0.00	100.00	10.72	5.43	0.00	0.64	3.54	0.00	20.33	15.43	84.57	0.00
LC-0017A 734	9.61	25.22	61.11	0.00	4.06	0.00	100.00	10.83	5.27	0.00	0.77	3.30	0.00	20.18	18.92	81.08	0.00
LC-0017A 735	10.05	25.86	60.42	0.00	3.67	0.00	100.00	10.73	5.41	0.00	0.70	3.46	0.00	20.30	16.78	83.22	0.00
LC-0017A 736	9.92	25.92	60.23	0.00	3.92	0.00	100.00	10.70	5.43	0.00	0.75	3.42	0.00	20.29	17.92	82.08	0.00
LC-0017A 737	10.32	24.75	62.16	0.00	2.77	0.00	100.00	10.99	5.16	0.00	0.52	3.54	0.00	20.20	12.92	87.08	0.00
LC-0017A 738	10.38	24.27	62.73	0.00	2.63	0.00	100.00	11.08	5.05	0.00	0.50	3.55	0.00	20.17	12.27	87.73	0.00

Anexo III - Composição química (óxidos em % massa) e número de átomos da biotita calculado através do método de Li *et al.* (2021) do ortognaisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.

ID	Oxido (% peso)										Sitio T			Sitio M				Sitio A			Sitio W		
	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-001A 1	32.0	1.8	23.0	25.2	0.5	7.7	0.0	0.3	9.5	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-001A 2	32.1	1.7	23.0	25.2	0.5	7.7	0.0	0.3	9.5	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.2	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-001A 6	32.2	1.8	23.1	24.7	0.4	7.7	0.0	0.3	9.7	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-001A 13	32.1	1.7	23.1	24.9	0.5	7.7	0.0	0.4	9.6	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.1	0.9	0.0	2.0
LC-001A 18	32.3	2.2	23.7	24.2	0.6	7.2	0.0	0.3	9.6	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-001A 19	32.7	1.7	24.1	23.9	0.5	7.3	0.0	0.3	9.5	100	2.4	1.6	0.0	0.5	0.1	0.2	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-003B 132	34.2	1.8	25.2	19.5	0.3	9.4	0.0	0.4	9.2	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.0	1.1	0.0	1.0	0.1	0.8	0.0	2.0
LC-003B 133	33.7	1.8	22.4	23.6	0.5	7.6	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 134	33.3	2.0	21.9	24.1	0.5	7.4	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 135	34.4	1.9	22.8	21.7	0.3	7.5	0.0	0.0	11.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 136	34.7	2.2	22.6	21.3	0.3	7.4	0.0	0.0	11.5	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 137	33.9	1.8	25.1	20.6	0.0	9.3	0.0	0.4	8.9	100	2.4	1.6	0.0	0.6	0.1	0.1	1.1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 138	33.9	1.7	25.7	20.1	0.4	9.3	0.0	0.3	8.7	100	2.4	1.6	0.0	0.6	0.1	0.1	1.1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 139	34.6	2.1	22.8	21.5	0.0	7.5	0.0	0.0	11.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 140	33.3	1.9	22.9	23.3	0.5	7.8	0.0	0.0	10.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 141	34.2	1.5	25.7	19.6	0.0	9.7	0.0	0.3	9.1	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.0	1.1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 142	35.1	1.9	23.9	20.3	0.0	7.8	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.2	1.1	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 143	34.6	2.4	22.7	21.2	0.3	7.5	0.0	0.0	11.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 144	34.5	2.4	23.0	21.5	0.0	7.9	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 145	32.5	2.3	21.9	24.7	0.5	7.1	0.0	0.0	11.1	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 146	34.2	2.1	23.3	21.4	0.3	7.8	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 147	33.3	2.1	22.6	23.4	0.5	7.5	0.0	0.0	10.6	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 148	33.9	1.9	22.6	23.7	0.0	7.5	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 149	35.0	2.2	23.2	21.0	0.0	7.7	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 150	33.9	2.3	23.5	21.4	0.0	7.8	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 151	34.1	1.9	22.7	23.1	0.4	7.3	0.0	0.0	10.5	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 152	34.4	2.2	23.0	21.9	0.0	7.4	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0

ID	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-003B 153	35.4	1.8	23.7	20.2	0.0	7.9	0.0	0.0	10.9	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.2	1.0	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 154	33.4	2.3	22.6	23.3	0.4	7.2	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 155	34.9	2.1	23.8	20.4	0.0	8.3	0.0	0.0	10.5	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 156	34.7	1.8	23.5	21.2	0.0	8.2	0.0	0.0	10.5	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 187	34.7	2.2	24.0	20.8	0.0	8.1	0.1	0.0	10.1	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-003B 188	34.6	2.2	23.4	21.1	0.0	7.6	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 189	33.0	1.6	22.2	24.4	0.4	7.5	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 190	34.0	2.3	22.3	23.0	0.4	7.5	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 191	35.4	2.0	23.9	20.3	0.0	7.8	0.0	0.0	10.6	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.2	1.1	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 192	33.8	2.1	23.2	22.7	0.5	7.4	0.0	0.0	10.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 193	34.3	2.6	22.8	20.5	0.0	7.8	1.8	0.0	10.2	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.2	1.0	0.0	0.8	0.0	0.9	0.1	2.0
LC-003B 194	34.6	2.2	23.5	21.0	0.0	7.4	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.1	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 225	40.5	0.5	42.5	4.5	0.0	1.5	0.0	0.3	10.1	100	2.5	1.5	0.0	1.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 245	34.4	2.1	23.1	23.1	0.0	7.1	0.0	0.0	10.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 246	33.9	2.0	23.2	22.7	0.5	7.6	0.0	0.0	10.1	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-003B 247	34.4	2.0	22.9	21.8	0.0	7.6	0.0	0.0	11.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 248	33.3	2.4	21.9	23.8	0.5	7.2	0.0	0.0	11.0	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 249	34.6	2.1	25.8	18.6	0.0	9.4	0.0	0.3	9.2	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.0	1.1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 250	34.0	2.4	22.5	22.3	0.0	7.2	0.0	0.0	11.6	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 251	33.5	2.2	22.5	23.0	0.4	7.7	0.0	0.0	10.7	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 252	34.5	2.4	22.4	22.1	0.0	7.3	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 253	33.9	2.1	23.4	22.2	0.3	7.9	0.0	0.0	10.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 254	34.8	1.8	23.6	21.1	0.0	7.5	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.2	1.1	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 255	34.7	2.3	23.3	21.0	0.0	7.4	0.0	0.0	11.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.2	1.1	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-003B 256	34.8	1.9	23.2	21.3	0.0	7.6	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 257	34.7	2.3	24.0	20.5	0.0	8.2	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 258	35.1	2.1	23.8	20.6	0.0	7.6	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.1	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 259	35.2	2.2	23.4	20.8	0.0	8.0	0.0	0.0	10.4	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 260	34.8	2.2	25.9	18.4	0.0	9.7	0.0	0.0	9.1	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.0	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-003B 286	35.2	1.8	26.5	17.3	0.0	10.2	0.0	0.0	9.0	100	2.5	1.5	0.0	0.7	0.1	0.0	1.0	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	2.0

ID	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-003B 301	34.8	1.7	24.2	19.9	0.0	8.4	0.0	0.0	11.0	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.1	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 302	34.7	2.4	22.8	21.9	0.0	7.7	0.0	0.0	10.6	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-003B 305	40.8	0.5	42.5	4.4	0.0	1.6	0.0	0.3	9.9	100	2.5	1.5	0.0	1.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-009A 310	34.4	2.1	22.9	22.4	0.0	7.4	0.0	0.0	10.7	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 311	32.6	1.8	23.6	23.7	0.4	8.3	0.0	0.0	9.5	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 312	32.3	1.7	22.5	25.6	0.4	7.8	0.0	0.0	9.7	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.4	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 313	32.6	1.9	22.3	24.7	0.4	7.7	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 314	32.0	1.9	23.1	24.7	0.5	8.2	0.0	0.0	9.6	100	2.3	1.7	0.0	0.3	0.1	0.4	1.1	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 315	32.7	1.9	23.5	23.8	0.4	8.3	0.0	0.0	9.4	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.1	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 316	32.2	1.8	22.8	24.3	0.3	8.2	0.0	0.3	10.1	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 317	33.1	2.0	21.9	25.2	0.4	7.2	0.0	0.0	10.1	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 318	31.8	2.0	21.6	26.3	0.4	7.2	0.0	0.0	10.6	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 319	32.8	1.6	22.8	24.5	0.4	7.6	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 320	31.8	1.7	21.8	26.4	0.5	7.0	0.0	0.0	10.8	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 321	32.5	2.0	22.4	25.5	0.0	7.6	0.0	0.0	10.1	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 322	32.9	1.4	23.8	23.0	0.4	8.8	0.0	0.0	9.6	100	2.4	1.6	0.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.0	1.0	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 323	32.2	2.1	21.7	26.0	0.5	7.1	0.0	0.0	10.4	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 324	32.1	2.0	22.1	25.3	0.4	7.3	0.0	0.0	10.8	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 349	32.6	1.9	23.7	23.4	0.4	8.1	0.0	0.0	9.9	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 350	32.2	2.1	21.7	26.1	0.4	7.0	0.0	0.0	10.6	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 351	31.7	2.0	21.4	26.8	0.4	6.8	0.0	0.0	10.9	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-009A 352	30.3	1.6	21.9	27.4	0.5	7.1	0.0	0.0	11.2	100	2.3	1.7	0.0	0.3	0.1	0.4	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-009A 353	32.4	2.2	21.2	26.0	0.6	6.9	0.0	0.0	10.7	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 354	32.4	1.8	22.0	25.9	0.4	7.1	0.0	0.0	10.5	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 355	31.9	2.0	22.9	24.7	0.6	8.4	0.0	0.0	9.5	100	2.3	1.7	0.0	0.3	0.1	0.5	1.0	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 411	31.5	2.0	22.6	26.1	0.6	7.3	0.0	0.0	9.9	100	2.3	1.7	0.0	0.3	0.1	0.4	1.2	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-009A 412	31.9	2.0	21.7	26.2	0.5	7.2	0.0	0.0	10.4	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 413	33.1	2.1	21.7	24.8	0.4	6.7	0.0	0.0	11.1	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-009A 414	32.5	2.1	20.8	26.7	0.6	7.0	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-009A 415	32.7	2.0	21.9	26.0	0.5	6.7	0.0	0.0	10.4	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.4	0.0	0.7	0.0	1.0	0.0	2.0

ID	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-014B 436	32.7	2.0	20.2	26.2	0.6	7.7	0.0	0.0	10.5	100	2.4	1.6	0.0	0.2	0.1	0.3	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 437	35.2	1.8	22.7	21.5	0.0	8.5	0.0	0.0	10.3	100	2.6	1.4	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 438	34.6	1.9	22.9	21.0	0.0	8.9	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 439	34.5	1.7	22.3	22.2	0.0	8.1	0.0	0.0	11.1	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 440	32.5	1.8	21.7	24.6	0.5	8.6	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 441	33.2	1.8	22.2	23.7	0.4	7.9	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.4	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 442	33.4	1.4	23.1	23.1	0.4	8.6	0.0	0.0	10.1	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 443	34.4	1.4	23.5	20.8	0.0	8.7	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 467	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	4.9	-0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
LC-014B 468	34.6	2.5	21.9	22.9	0.0	7.4	0.0	0.0	10.7	100	2.6	1.4	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 469	32.9	2.0	21.7	25.1	0.5	6.8	0.0	0.0	11.1	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 470	35.1	1.8	23.2	22.0	0.0	8.1	0.0	0.0	9.9	100	2.6	1.4	0.0	0.5	0.1	0.0	1.3	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 471	33.5	1.9	21.6	24.7	0.5	7.2	0.0	0.0	10.5	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 472	34.0	2.0	23.0	22.1	0.0	8.1	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 473	32.4	2.0	22.0	25.1	0.5	7.4	0.0	0.0	10.6	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 474	33.0	1.9	22.0	25.1	0.0	7.8	0.0	0.0	10.2	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.3	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 475	33.6	1.9	23.0	22.8	0.0	7.5	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 476	33.9	2.2	21.7	23.7	0.0	7.3	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 477	33.6	2.3	22.1	22.9	0.0	7.7	0.0	0.0	11.5	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.4	0.0	0.9	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 478	32.5	2.1	21.3	25.9	0.5	7.4	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 479	33.9	2.2	22.8	22.6	0.0	7.7	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 480	34.1	2.5	22.6	23.2	0.0	7.4	0.0	0.0	10.1	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 481	33.7	2.0	23.4	21.5	0.0	8.2	0.0	0.0	11.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 483	34.0	2.1	23.0	22.4	0.0	7.5	0.0	0.0	11.1	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 492	43.7	0.6	36.5	5.4	0.0	1.9	0.0	0.0	11.9	100	2.7	1.3	0.0	1.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 493	33.7	1.7	21.9	24.2	0.6	7.3	0.0	0.0	10.6	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 498	31.9	1.9	21.8	25.5	0.4	7.4	0.0	0.0	11.0	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 499	33.2	2.2	22.6	23.2	0.0	7.8	0.0	0.0	11.0	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.4	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 500	57.4	0.0	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	100	3.3	0.7	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.0
LC-014B 501	33.9	2.2	21.3	24.2	0.0	7.8	0.0	0.0	10.5	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.4	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0

ID	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-014B 511	34.1	1.4	24.9	19.7	0.0	9.1	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.1	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 552	40.5	0.3	41.8	5.6	0.0	1.6	0.0	0.3	9.9	100	2.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-014B 554	41.0	0.3	40.4	5.2	0.0	1.8	0.0	0.3	11.0	100	2.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 601	34.4	1.8	22.7	22.5	0.0	7.7	0.0	0.0	10.9	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 611	35.3	1.9	24.2	18.7	0.0	9.5	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.0	0.0	1.0	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-014B 617	35.0	1.9	23.7	20.9	0.0	8.3	0.0	0.0	10.3	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 618	33.6	2.0	23.1	23.0	0.0	7.9	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.4	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 619	35.5	1.9	24.2	20.1	0.0	7.8	0.0	0.0	10.5	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.2	1.0	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 620	32.7	1.9	21.2	26.5	0.0	7.2	0.0	0.0	10.4	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 621	34.1	1.9	22.4	22.7	0.0	7.6	0.0	0.0	11.3	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.3	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0
LC-014B 622	39.1	1.7	23.7	21.6	0.0	5.7	0.0	0.0	8.1	100	2.8	1.2	0.0	0.7	0.1	0.3	1.0	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	2.0
LC-014B 623	34.5	1.7	24.3	20.6	0.0	8.6	0.0	0.0	10.3	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-014B 624	35.3	1.9	23.4	21.2	0.0	8.0	0.0	0.0	10.1	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 658	40.5	0.3	41.8	6.2	0.0	1.1	0.0	0.3	9.6	100	2.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-017A 660	40.8	0.5	41.2	5.7	0.0	1.2	0.0	0.0	10.6	100	2.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	2.0
LC-017A 661	32.4	2.7	22.1	28.2	0.0	6.5	1.3	0.0	6.7	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.5	1.2	0.0	0.7	0.0	0.6	0.1	2.0
LC-017A 663	33.1	2.0	23.3	23.9	0.0	7.4	0.0	0.0	10.2	100	2.4	1.6	0.0	0.5	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 665	22.6	0.0	27.0	41.3	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	100	1.5	2.2	0.3	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	2.0
LC-017A 666	33.1	1.9	22.5	25.4	0.0	6.7	0.0	0.0	10.3	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 694	32.1	1.8	22.8	25.1	0.0	8.3	0.0	0.3	9.6	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 695	33.0	1.6	22.2	24.9	0.0	7.4	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 696	31.9	2.1	21.2	27.2	0.0	7.1	0.0	0.0	10.5	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 701	33.3	1.5	22.5	24.7	0.0	7.6	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 702	32.3	1.7	23.1	24.9	0.0	8.3	0.0	0.0	9.7	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.4	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 703	33.2	1.8	22.0	24.8	0.0	7.2	0.0	0.0	11.0	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.0	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 704	34.5	1.5	24.5	21.7	0.0	8.6	0.0	0.0	9.2	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.1	1.3	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 705	33.0	1.9	22.1	24.8	0.0	7.5	0.0	0.0	10.7	100	2.5	1.5	0.0	0.4	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 706	32.7	2.0	21.1	27.1	0.0	6.8	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.3	0.1	0.2	1.5	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 722	32.4	1.5	22.3	26.2	0.0	7.3	0.0	0.0	10.4	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 730	33.8	1.6	22.0	23.9	0.0	7.6	0.0	0.0	11.2	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.0	1.4	0.0	0.8	0.0	1.1	0.0	2.0

ID	SiO ₂	Ti ₂ O	Al ₂ O ₃	FeO _t	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total	Si	Al ^(IV)	Fe ³⁺	Al ^(VI)	Ti	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Na	K	Ca	OH
LC-017A 731	41.3	0.7	38.1	6.4	0.0	1.1	0.0	0.0	12.3	100	2.6	1.4	0.0	1.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 752	33.6	2.0	22.4	24.1	0.0	7.5	0.0	0.0	10.4	100	2.5	1.5	0.0	0.5	0.1	0.1	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 753	33.3	1.7	23.5	22.9	0.0	8.7	0.0	0.3	9.6	100	2.4	1.6	0.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 754	33.2	2.2	22.2	25.3	0.0	7.3	0.0	0.0	9.8	100	2.4	1.6	0.0	0.4	0.1	0.2	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	2.0
LC-017A 755	32.4	2.3	21.4	26.7	0.0	6.9	0.0	0.0	10.3	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.3	1.4	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 756	31.9	2.2	21.2	27.7	0.0	7.0	0.0	0.0	10.1	100	2.4	1.6	0.0	0.3	0.1	0.4	1.3	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 818	34.9	1.1	26.6	20.4	0.0	6.1	0.0	0.0	10.8	100	2.5	1.5	0.0	0.7	0.1	0.3	0.9	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0	2.0
LC-017A 819	35.5	1.3	23.9	22.1	0.0	7.9	0.0	1.4	7.8	100	2.6	1.4	0.0	0.6	0.1	0.1	1.2	0.0	0.9	0.2	0.7	0.0	2.0
LC-017A 821	33.9	1.3	24.7	23.0	0.0	6.0	0.0	0.0	11.1	100	2.5	1.5	0.0	0.6	0.1	0.2	1.2	0.0	0.7	0.0	1.0	0.0	2.0

Anexo IV - Composição química (% massa), número de átomos (base de 32 O) e percentagem de ortoclásio-albita-celsiana (Deer *et al.*, 2013) de grãos de feldspato potássico das rochas do ortogneisse Itutinga obtidos a partir dos resultados das análises por MEV-EDS.

ID	Óxido (% peso)								Número de átomos na base 32 O									% Ab-Or-Cl			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _t	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Sum	Si	Ti	Al	Mg	Fe _t	Ca	Na	K	Ba	soma	Ab	Or	Cl
LC-001A 7	61.63	19.35	0.00	0.00	0.61	17.34	1.06	100.00	11.63	0.00	4.31	0.00	0.00	0.00	0.22	4.18	0.00	20.33	5.04	94.96	0.00
LC-001A 37	61.70	19.39	0.00	0.00	0.91	17.07	0.94	100.00	11.63	0.00	4.31	0.00	0.00	0.00	0.33	4.10	0.00	20.37	7.48	92.52	0.00
LC-001A 44	61.36	18.90	0.00	0.00	0.62	18.11	1.02	100.00	11.64	0.00	4.23	0.00	0.00	0.00	0.23	4.38	0.00	20.47	4.92	95.08	0.00
LC-001A 45	61.71	19.50	0.00	0.00	0.59	17.15	1.05	100.00	11.63	0.00	4.33	0.00	0.00	0.00	0.21	4.12	0.00	20.30	4.94	95.06	0.00
LC-001A 46	61.44	19.16	0.00	0.00	0.46	17.96	0.99	100.00	11.63	0.00	4.27	0.00	0.00	0.00	0.17	4.34	0.00	20.41	3.74	96.26	0.00
LC-001A 48	61.39	19.41	0.00	0.00	0.49	17.61	1.10	100.00	11.61	0.00	4.33	0.00	0.00	0.00	0.18	4.25	0.00	20.36	4.04	95.96	0.00
LC-003B 157	60.70	21.84	0.00	0.00	0.64	16.03	0.80	100.00	11.35	0.00	4.81	0.00	0.00	0.00	0.23	3.82	0.00	20.21	5.70	94.30	0.00
LC-003B 158	60.70	22.10	0.00	0.00	0.79	15.66	0.75	100.00	11.32	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.28	3.73	0.00	20.20	7.09	92.91	0.00
LC-003B 159	61.62	21.05	0.00	0.00	0.48	16.22	0.63	100.00	11.50	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	0.17	3.86	0.00	20.16	4.33	95.67	0.00
LC-003B 160	61.25	22.18	0.00	0.00	0.92	14.91	0.73	100.00	11.37	0.00	4.85	0.00	0.00	0.00	0.33	3.53	0.00	20.08	8.60	91.40	0.00
LC-003B 161	60.90	22.08	0.00	0.00	0.00	16.34	0.67	100.00	11.36	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89	0.00	20.11	0.00	100.00	0.00
LC-003B 162	61.72	20.86	0.00	0.00	0.00	16.82	0.60	100.00	11.53	0.00	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	4.01	0.00	20.13	0.00	100.00	0.00
LC-003B 164	61.36	20.58	0.00	0.00	0.58	16.78	0.69	100.00	11.51	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	0.21	4.01	0.00	20.28	4.95	95.05	0.00
LC-003B 165	61.23	22.12	0.00	0.00	0.80	15.06	0.79	100.00	11.37	0.00	4.84	0.00	0.00	0.00	0.29	3.57	0.00	20.08	7.50	92.50	0.00
LC-003B 166	60.25	22.11	0.00	0.00	0.77	16.07	0.80	100.00	11.28	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.28	3.84	0.00	20.28	6.78	93.22	0.00
LC-003B 167	61.69	22.40	0.00	0.00	0.77	14.47	0.68	100.00	11.40	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.27	3.41	0.00	19.96	7.46	92.54	0.00
LC-003B 168	61.81	20.57	0.00	0.00	0.61	17.01	0.00	100.00	11.54	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00	0.22	4.05	0.00	20.33	5.16	94.84	0.00
LC-003B 169	61.11	21.91	0.00	0.00	0.89	15.46	0.63	100.00	11.37	0.00	4.81	0.00	0.00	0.00	0.32	3.67	0.00	20.17	8.08	91.92	0.00
LC-003B 170	61.62	22.26	0.00	0.00	0.69	14.77	0.66	100.00	11.40	0.00	4.85	0.00	0.00	0.00	0.25	3.49	0.00	19.99	6.67	93.33	0.00
LC-003B 171	60.78	22.02	0.00	0.00	0.65	15.78	0.77	100.00	11.34	0.00	4.84	0.00	0.00	0.00	0.23	3.76	0.00	20.17	5.86	94.14	0.00
LC-003B 172	61.81	21.13	0.00	0.00	0.73	16.34	0.00	100.00	11.49	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	0.26	3.87	0.00	20.26	6.33	93.67	0.00
LC-003B 173	62.09	22.10	0.00	0.00	0.83	14.33	0.65	100.00	11.45	0.00	4.81	0.00	0.00	0.00	0.30	3.37	0.00	19.93	8.05	91.95	0.00
LC-003B 174	61.33	22.05	0.00	0.00	0.00	15.83	0.79	100.00	11.41	0.00	4.83	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	0.00	20.00	0.00	100.00	0.00
LC-003B 198	60.50	22.36	0.00	0.00	0.98	15.53	0.63	100.00	11.28	0.00	4.91	0.00	0.00	0.00	0.35	3.69	0.00	20.24	8.76	91.24	0.00
LC-003B 199	61.22	22.36	0.00	0.00	0.94	14.75	0.72	100.00	11.35	0.00	4.89	0.00	0.00	0.00	0.34	3.49	0.00	20.07	8.82	91.18	0.00
LC-003B 200	60.66	22.19	0.00	0.00	0.45	15.79	0.91	100.00	11.32	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.16	3.76	0.00	20.13	4.13	95.87	0.00

LC-003B 201	61.92	22.81	0.00	0.00	0.87	13.72	0.67	100.00	11.39	0.00	4.94	0.00	0.00	0.00	0.31	3.22	0.00	19.86	8.83	91.17	0.00
ID	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _t	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Sum	Si	Ti	Al	Mg	Fe _t	Ca	Na	K	Ba	soma	Ab	Or	Cls
LC-003B 202	62.32	22.64	0.00	0.00	0.91	13.52	0.61	100.00	11.43	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.33	3.16	0.00	19.82	9.32	90.68	0.00
LC-003B 203	61.66	20.59	0.00	0.00	0.57	17.19	0.00	100.00	11.52	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00	0.21	4.10	0.00	20.36	4.79	95.21	0.00
LC-003B 204	61.71	21.33	0.00	0.00	0.85	16.11	0.00	100.00	11.47	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.31	3.82	0.00	20.26	7.45	92.55	0.00
LC-003B 205	61.03	21.57	0.00	0.00	0.69	16.04	0.67	100.00	11.40	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.25	3.82	0.00	20.22	6.16	93.84	0.00
LC-003B 226	61.56	20.87	0.00	0.00	0.42	17.15	0.00	100.00	11.50	0.00	4.59	0.00	0.00	0.00	0.15	4.08	0.00	20.33	3.57	96.43	0.00
LC-003B 271	60.69	22.40	0.00	0.00	0.92	15.07	0.92	100.00	11.30	0.00	4.92	0.00	0.00	0.00	0.33	3.58	0.00	20.13	8.50	91.50	0.00
LC-003B 272	60.65	22.29	0.00	0.00	0.77	15.40	0.89	100.00	11.31	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.28	3.66	0.00	20.15	7.08	92.92	0.00
LC-009A 338	61.21	21.39	0.00	0.00	0.00	16.65	0.75	100.00	11.44	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	3.97	0.00	20.13	0.00	100.00	0.00
LC-009A 339	61.40	21.28	0.00	0.00	0.00	16.52	0.79	100.00	11.47	0.00	4.69	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	0.00	20.10	0.00	100.00	0.00
LC-009A 340	60.71	21.49	0.00	0.00	0.73	16.14	0.93	100.00	11.38	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.27	3.86	0.00	20.24	6.45	93.55	0.00
LC-009A 341	61.43	21.40	0.00	0.00	0.00	16.38	0.79	100.00	11.47	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00	20.07	0.00	100.00	0.00
LC-009A 342	61.18	21.12	0.00	0.00	0.00	16.87	0.83	100.00	11.46	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	0.00	20.16	0.00	100.00	0.00
LC-009A 343	61.04	21.29	0.00	0.00	0.69	16.11	0.88	100.00	11.42	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0.25	3.84	0.00	20.21	6.09	93.91	0.00
LC-009A 344	60.88	21.18	0.00	0.00	0.00	17.04	0.90	100.00	11.43	0.00	4.69	0.00	0.00	0.00	0.00	4.08	0.00	20.20	0.00	100.00	0.00
LC-009A 345	60.92	21.33	0.00	0.00	0.00	16.91	0.83	100.00	11.42	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.04	0.00	20.18	0.00	100.00	0.00
LC-009A 346	60.93	21.49	0.00	0.00	0.00	16.64	0.94	100.00	11.41	0.00	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	3.98	0.00	20.13	0.00	100.00	0.00
LC-009A 347	61.47	21.22	0.00	0.00	0.00	16.56	0.75	100.00	11.48	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	0.00	20.10	0.00	100.00	0.00
LC-009A 366	62.24	21.76	0.00	0.00	1.31	13.88	0.82	100.00	11.49	0.00	4.73	0.00	0.00	0.00	0.47	3.27	0.00	19.96	12.55	87.45	0.00
LC-009A 367	60.46	21.77	0.00	0.00	1.98	14.71	1.08	100.00	11.30	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00	0.72	3.51	0.00	20.33	17.01	82.99	0.00
LC-009A 370	62.93	23.04	0.00	1.40	5.24	7.38	0.00	100.00	11.32	0.00	4.89	0.00	0.00	0.27	1.83	1.69	0.00	20.00	51.88	48.12	0.00
LC-009A 371	62.89	22.99	0.00	1.26	5.32	7.54	0.00	100.00	11.32	0.00	4.88	0.00	0.00	0.24	1.86	1.73	0.00	20.03	51.75	48.25	0.00
LC-009A 372	61.20	23.06	0.00	2.00	4.58	9.16	0.00	100.00	11.15	0.00	4.95	0.00	0.00	0.39	1.62	2.13	0.00	20.24	43.17	56.83	0.00
LC-009A 424	60.81	21.19	0.00	0.00	0.00	17.05	0.95	100.00	11.42	0.00	4.69	0.00	0.00	0.00	0.00	4.08	0.00	20.20	0.00	100.00	0.00
LC-009A 425	61.67	21.57	0.00	0.00	0.00	15.74	1.02	100.00	11.48	0.00	4.73	0.00	0.00	0.00	0.00	3.74	0.00	19.95	0.00	100.00	0.00
LC-009A 426	61.91	21.65	0.00	0.00	0.00	15.77	0.68	100.00	11.49	0.00	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73	0.00	19.96	0.00	100.00	0.00
LC-009A 427	60.95	21.01	0.00	0.00	0.00	17.23	0.81	100.00	11.45	0.00	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	4.13	0.00	20.23	0.00	100.00	0.00
LC-014B 444	60.79	21.21	0.00	0.00	0.69	16.47	0.84	100.00	11.40	0.00	4.69	0.00	0.00	0.00	0.25	3.94	0.00	20.28	5.97	94.03	0.00
LC-014B 445	61.95	22.17	0.00	0.00	4.83	11.04	0.00	100.00	11.34	0.00	4.78	0.00	0.00	0.00	1.71	2.58	0.00	20.41	39.94	60.06	0.00

LC-014B 446	62.58	21.09	0.00	0.00	0.87	15.47	0.00	100.00	11.57	0.00	4.59	0.00	0.00	0.00	0.31	3.65	0.00	20.12	7.83	92.17	0.00
LC-014B 450	62.31	21.08	0.00	0.00	0.00	15.92	0.69	100.00	11.57	0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77	0.00	19.96	0.00	100.00	0.00
ID	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _t	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Sum	Si	Ti	Al	Mg	Fe _t	Ca	Na	K	Ba	soma	Ab	Or	Cls
LC-014B 451	61.03	20.96	0.00	0.00	0.69	16.55	0.77	100.00	11.45	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	0.25	3.96	0.00	20.29	5.93	94.06	0.00
LC-014B 452	60.34	21.33	0.00	0.00	0.71	17.62	0.00	100.00	11.34	0.00	4.72	0.00	0.00	0.00	0.26	4.22	0.00	20.54	5.80	94.20	0.00
LC-014B 453	61.07	21.38	0.00	0.00	0.00	17.55	0.00	100.00	11.42	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.19	0.00	20.32	0.00	100.00	0.00
LC-014B 491	60.68	21.68	0.00	0.00	0.72	16.93	0.00	100.00	11.34	0.00	4.78	0.00	0.00	0.00	0.26	4.04	0.00	20.42	6.10	93.90	0.00
LC-014B 494	61.69	21.35	0.00	0.00	0.00	16.96	0.00	100.00	11.48	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	0.00	20.19	0.00	100.00	0.00
LC-014B 495	61.50	21.74	0.00	0.00	0.69	16.07	0.00	100.00	11.42	0.00	4.76	0.00	0.00	0.00	0.25	3.81	0.00	20.23	6.10	93.90	0.00
LC-014B 496	60.81	21.37	0.00	0.00	0.00	16.94	0.87	100.00	11.41	0.00	4.73	0.00	0.00	0.00	0.00	4.05	0.00	20.19	0.00	100.00	0.00
LC-014B 497	61.75	20.13	0.00	0.00	0.00	18.12	0.00	100.00	11.58	0.00	4.45	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33	0.00	20.36	0.00	100.00	0.00
LC-014B 500	60.70	21.43	0.00	0.00	0.00	16.98	0.89	100.00	11.40	0.00	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	20.20	0.00	100.00	0.00
LC-014B 509	61.03	21.18	0.00	0.00	0.00	16.74	1.04	100.00	11.45	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	4.01	0.00	20.14	0.00	100.00	0.00
LC-014B 510	60.66	21.10	0.00	0.00	0.00	17.11	1.13	100.00	11.42	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	0.00	20.21	0.00	100.00	0.00
LC-014B 533	60.78	21.66	0.00	0.00	0.00	16.04	1.51	100.00	11.39	0.00	4.79	0.00	0.00	0.00	0.00	3.84	0.00	20.02	0.00	100.00	0.00
LC-014B 574	61.93	21.82	0.00	0.00	0.00	15.38	0.87	100.00	11.48	0.00	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	0.00	19.89	0.00	100.00	0.00
LC-014B 575	61.03	19.15	0.00	0.00	0.00	19.82	0.00	100.00	11.59	0.00	4.28	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.00	20.67	0.00	100.00	0.00
LC-014B 576	60.44	21.50	0.00	0.00	0.00	16.96	1.11	100.00	11.37	0.00	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	20.20	0.00	100.00	0.00
LC-014B 577	61.21	21.58	0.00	0.00	0.00	16.19	1.03	100.00	11.43	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	3.86	0.00	20.04	0.00	100.00	0.00
LC-014B 578	61.87	21.99	0.00	0.00	0.76	14.53	0.85	100.00	11.45	0.00	4.79	0.00	0.00	0.00	0.27	3.43	0.00	19.94	7.40	92.59	0.00
LC-014B 580	59.14	21.43	0.00	0.00	0.00	18.49	0.94	100.00	11.24	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	4.48	0.00	20.53	0.00	100.00	0.00
LC-014B 581	61.45	21.44	0.00	0.00	0.00	17.11	0.00	100.00	11.45	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	20.23	0.00	100.00	0.00
LC-014B 582	60.81	20.34	0.00	0.00	0.63	18.23	0.00	100.00	11.46	0.00	4.52	0.00	0.00	0.00	0.23	4.38	0.00	20.59	4.96	95.04	0.00
LC-014B 600	61.99	20.80	0.00	0.00	0.00	17.20	0.00	100.00	11.55	0.00	4.57	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	20.21	0.00	100.00	0.00
LC-014B 608	61.17	21.08	0.00	0.00	0.70	17.05	0.00	100.00	11.44	0.00	4.65	0.00	0.00	0.00	0.25	4.06	0.00	20.40	5.90	94.10	0.00
LC-014B 610	61.13	21.64	0.00	0.00	0.00	16.33	0.90	100.00	11.42	0.00	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89	0.00	20.08	0.00	100.00	0.00
LC-014B 635	61.63	21.46	0.00	0.00	0.00	16.05	0.87	100.00	11.48	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	3.81	0.00	20.01	0.00	100.00	0.00
LC-014B 636	61.52	21.76	0.00	0.00	0.72	16.01	0.00	100.00	11.42	0.00	4.76	0.00	0.00	0.00	0.26	3.79	0.00	20.23	6.36	93.64	0.00
LC-014B 637	60.28	21.44	0.00	0.00	0.68	16.55	1.04	100.00	11.34	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.25	3.97	0.00	20.32	5.89	94.11	0.00
LC-014B 639	60.97	21.26	0.00	0.00	0.68	16.16	0.92	100.00	11.42	0.00	4.69	0.00	0.00	0.00	0.25	3.86	0.00	20.22	6.01	93.99	0.00

LC-014B 640	60.76	21.87	0.00	0.00	0.00	16.51	0.87	100.00	11.37	0.00	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	0.00	20.13	0.00	100.00	0.00
LC-014B 641	61.87	21.01	0.00	0.00	0.00	17.12	0.00	100.00	11.52	0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	20.20	0.00	100.00	0.00
LC-017A 651	61.30	21.56	0.00	0.00	0.64	16.51	0.00	100.00	11.41	0.00	4.73	0.00	0.00	0.00	0.23	3.92	0.00	20.30	5.54	94.46	0.00
ID	SiO₂	Al₂O₃	FeO_t	CaO	Na₂O	K₂O	Ba	Sum	Si	Ti	Al	Mg	Fe_t	Ca	Na	K	Ba	soma	Ab	Or	Cls
LC-017A 652	61.45	21.32	0.00	0.00	0.72	16.52	0.00	100.00	11.44	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.26	3.92	0.00	20.31	6.19	93.81	0.00
LC-017A 653	61.14	20.51	0.00	0.00	0.55	17.80	0.00	100.00	11.48	0.00	4.54	0.00	0.00	0.00	0.20	4.26	0.00	20.48	4.50	95.50	0.00
LC-017A 654	61.95	21.11	0.00	0.00	0.75	16.18	0.00	100.00	11.51	0.00	4.62	0.00	0.00	0.00	0.27	3.83	0.00	20.23	6.58	93.42	0.00
LC-017A 655	61.08	21.22	0.00	0.00	0.75	16.21	0.74	100.00	11.43	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.27	3.87	0.00	20.25	6.54	93.46	0.00
LC-017A 656	60.92	21.16	0.00	0.00	0.79	16.41	0.72	100.00	11.42	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.29	3.92	0.00	20.30	6.84	93.16	0.00
LC-017A 657	61.09	21.18	0.00	0.00	0.73	16.45	0.55	100.00	11.43	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.26	3.93	0.00	20.29	6.28	93.72	0.00
LC-017A 659	62.18	21.01	0.00	0.00	0.00	16.23	0.58	100.00	11.56	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	0.00	20.02	0.00	100.00	0.00
LC-017A 667	60.99	21.31	0.00	0.00	0.00	16.92	0.78	100.00	11.43	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.05	0.00	20.18	0.00	100.00	0.00
LC-017A 668	60.94	21.35	0.00	0.00	0.64	16.52	0.55	100.00	11.40	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.23	3.94	0.00	20.29	5.54	94.46	0.00
LC-017A 683	61.91	21.68	0.00	0.00	0.00	15.81	0.60	100.00	11.49	0.00	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	3.74	0.00	19.97	0.00	100.00	0.00
LC-017A 684	62.37	21.63	0.00	0.00	0.44	15.56	0.00	100.00	11.51	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.16	3.66	0.00	20.04	4.10	95.90	0.00
LC-017A 685	60.80	21.09	0.00	0.00	0.00	17.30	0.81	100.00	11.43	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15	0.00	20.25	0.00	100.00	0.00
LC-017A 693	63.47	22.77	0.00	0.83	4.63	8.29	0.00	100.00	11.42	0.00	4.83	0.00	0.00	0.16	1.62	1.90	0.00	19.93	45.91	54.09	0.00
LC-017A 748	61.68	21.33	0.00	0.00	0.60	15.72	0.68	100.00	11.48	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.22	3.73	0.00	20.11	5.47	94.53	0.00
LC-017A 749	61.38	21.46	0.00	0.00	0.85	16.31	0.00	100.00	11.38	0.06	4.69	0.00	0.00	0.00	0.31	3.86	0.00	20.29	7.35	92.65	0.00
LC-017A 750	60.97	21.12	0.00	0.00	0.00	17.17	0.74	100.00	11.44	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	0.00	20.22	0.00	100.00	0.00
LC-017A 751	60.98	21.22	0.00	0.00	0.64	16.34	0.83	100.00	11.42	0.00	4.68	0.00	0.00	0.00	0.23	3.90	0.00	20.24	5.64	94.36	0.00

