



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**Bruno Henrique Borges**

**GEOLOGIA EM ESCALA 1:20.000 DA REGIÃO DE RIBEIRÃO DA FOLHA, DISTRITO DE  
MINAS NOVAS – MG, NO CONTEXTO DE UM PROJETO DE EXPLORAÇÃO MINERAL DO  
TIPO BROWNFIELD COM FOCO EM PEGMATITOS GRANÍTICOS**

**MONOGRAFIA Nº 570**

**OURO PRETO**

**2025**

Bruno Henrique Borges

**GEOLOGIA EM ESCALA 1:20.000 DA REGIÃO DE  
RIBEIRÃO DA FOLHA, DISTRITO DE MINAS NOVAS – MG,  
NO CONTEXTO DE UM PROJETO DE EXPLORAÇÃO  
MINERAL DO TIPO BROWNFIELD COM FOCO EM  
PEGMATITOS GRANÍTICOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Projeto Final de Curso II – GEO144, ano 2025/2;

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

OURO PRETO

2025

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B732g Borges, Bruno Henrique.

Geologia em escala 1:20.000 da região de Ribeirão da Folha, distrito de Minas Novas - MG, no contexto de um projeto de exploração mineral do tipo brownfield com foco em pegmatitos graníticos. [manuscrito] / Bruno Henrique Borges. - 2025.

98 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Pesquisa mineral. 2. Orógeno Araçuaí (MG). 3. Pegmatitos - Classificação. 4. Prospeção geoquímica. I. Martins, Maximiliano de Souza. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 552.322

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



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Bruno Henrique Borges**

GEOLOGIA EM ESCALA 1:20.000 DA REGIÃO DE RIBEIRÃO DA FOLHA, DISTRITO DE MINAS NOVAS – MG, NO CONTEXTO DE UM PROJETO DE EXPLORAÇÃO MINERAL DO TIPO BROWNFIELD COM FOCO EM PEGMATITOS GRANÍTICOS

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

Aprovada em 25 de novembro de 2025

### Membros da banca

Dr. Maximiliano de Souza Martins - Orientador (DEGEO/EM/UFOP)  
Dra. Gláucia Nascimento Queiroga (DEGEO/EM/UFOP)  
Dr. Ricardo Augusto Scholz Cipriano (DEGEO/EM/UFOP)

Maximiliano de Souza Martins, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/12/2025



Documento assinado eletronicamente por **Maximiliano de Souza Martins, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2025, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1033699** e o código CRC **A03D0D5A**.

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus familiares e amigos, pelo apoio, incentivo, compreensão e carinho.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino gratuito de alta qualidade.

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas e a Fundação Gorceix pelo custeio das atividades de campo, que são de extrema importância para a formação de um bom geólogo. Neste sentido, sou imensamente grato a todos os motoristas que me acompanharam ao longo da graduação, profissionais cuja atuação direta viabilizam essas atividades. Em registro especial agradeço aos motoristas Reinaldo e André (vulgo Fuscão), em nome deles, estendo meus agradecimentos a todos os profissionais do setor de transporte.

Agradeço à Mineração Ribeirão das Folhas, representada por Moizés Lima, Humberto Rizzo de Andrade e Pierre Nunes, pelo apoio logístico e suporte financeiro durante meu estágio. Agradeço também a Ronaldo Miranda pela imensa contribuição na idealização do projeto, bem como a Lafaiete Filho, Deuguimar, Nera e D. Tereza pela grande colaboração nas campanhas de campo.

A todos os integrantes da disciplina GEO391\_2023\_1, pela contribuição na campanha de mapeamento geológico: Alice Mendes dos Santos; Ayla Velloso Keppel; Gabriel Amora Basílio; Gabriel do Nascimento Cardoso; Germano Alves Batista; Isaac Moreira Drumond; Julia Ferreira Schiavon; Juliana Fernandes Couto; Paula de Freitas Moreira; Rafaela Elizabete Araújo Maia; Scarlety Ellen Patrocínio Santos.

Aos amigos Joaquim Irias Salgado Junior e Wilck Guilherme de Campos, pela contribuição na campanha de mapeamento geológico de subsuperfície.

Ao Max, meu amigo e orientador deste trabalho, pela dedicação, apoio e empenho na elaboração deste projeto. Em especial, sou imensamente grato por todas as vezes em que você atuou como meu psicólogo, sua paciência e empatia foram de extrema importância para a conclusão desta pesquisa, e provavelmente, da minha graduação.

Agradeço à Adi pelo carinho e apoio, e às amigas construídas no PET. Serei eternamente grato pelos aprendizados adquiridos nos projetos que construímos juntos.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga, pelo apoio e paciência. Ao projeto FAPEMIG APQ-02529-24, pelo suporte financeiro, e ao Laboratório de Microscopia e Microanálises | DEGEO | UFOP, ambos coordenados pela mesma.

Ao Prof. Dr. Ricardo Scholz, pelas conversas agradáveis em que compartilhava seus conhecimentos sobre pegmatitos.

Ao Prof. Dr. Luiz Dutra pelo suporte na elaboração dos mapas geofísicos.

*“É um negócio perigoso, Frodo, sair da sua porta. Você pisa na estrada, e, se não controlar seus pés, não há como saber até onde você pode ser levado.”*

(J. R. R. Tolkien)

## Resumo

A Formação Ribeirão da Folha hospeda intrusões graníticas da Suíte Mangabeiras (Supersuíte G4) e pegmatitos graníticos associados. O objetivo principal deste trabalho consistiu em avaliar o potencial prospectivo dos corpos de pegmatitos graníticos na área-tipo da Formação Ribeirão da Folha aplicando-se uma abordagem nos moldes de um projeto de pesquisa mineral do tipo “*brownfields*”. O mapeamento geológico permitiu individualizar a Formação Ribeirão da Folha nos membros Inferior e Superior, sendo que o padrão estrutural da região é representado por duas estruturas planares e penetrativas, ambas associadas a sistemas de dobramentos, praticamente ortogonais entre si. A primeira,  $S_n$ , de caráter dúctil, associa-se a dobramentos fechados, vergentes para WSW e que transpõem uma foliação anterior  $S_{n-1}$ , possuindo direção ENE-WSW e caimento do eixo para ENE. A segunda,  $S_{n+1}$ , possui caráter rúptil-dúctil, e associa-se a dobramentos abertos, com caimento suave do eixo predominantemente para N e vergência pouco pronunciada para E. Os corpos pegmatíticos ocorrem encaixados nestas duas estruturas, alojando-se predominantemente na estrutura mais nova,  $S_{n+1}$ . A junção entre os mapas de campo e geofísicos (gamaespectometria e radiometria) leva a crer que não existe uma relação genética entre o plúton granítico que aflora na porção norte da área, com o enxame de corpos pegmatíticos que aflora na porção centro-sul do distrito de Ribeirão da Folha. Três áreas localizadas constituem exceções a esta regra empírica. Podem ser classificados como pegmatitos do tipo muscovita elementos raros (MSREL) da família LCT “*Lithium-Cesium-Tantalum*”, subtipo Li (Černý & Ercit, 2005), e/ou como pegmatitos anatéticos com zonamento simples, subtipo peraluminoso enriquecido em B (Wise & Müller, 2022).

Palavras chave: Orógeno Araçuaí; Ribeirão da Folha; Prospecção de pegmatitos graníticos; Controle estrutural; Classificação de pegmatitos graníticos.

## Abstract

The Ribeirão da Folha Formation hosts granitic intrusions of the Mangabeiras Suite (G4 Supersuite) and associated granitic pegmatites. The main objective of this work was to evaluate the prospective potential of the granitic pegmatite bodies in the type area of the Ribeirão da Folha Formation by applying an approach similar to that of a “brownfields” mineral exploration research project. Geological mapping made it possible to individualize the Ribeirão da Folha Formation into Lower and Upper members, and the structural pattern of the region is represented by two planar and penetrative structures, both associated with folding systems, practically orthogonal to each other. The first,  $S_n$ , of ductile character, is associated with tight folds, verging toward WSW and transposing a previous foliation  $S_{n-1}$ , having an ENE-WSW trend and an axis plunging toward ENE. The second,  $S_{n+1}$ , has a brittle-ductile character and is associated with open folds, with a gentle axis plunge predominantly toward N and a weakly pronounced vergence toward E. The pegmatitic bodies occur emplaced within these two structures, being predominantly hosted in the younger structure,  $S_{n+1}$ . The integration of field and geophysical maps (gamma spectrometry and radiometry) suggests that there is no genetic relationship between the granitic pluton that crops out in the northern portion of the area and the swarm of pegmatitic bodies that crops out in the central-southern portion of the Ribeirão da Folha district. Three localized areas constitute exceptions to this empirical rule. They can be classified as muscovite rare-element pegmatites (MSREL) of the LCT “Lithium-Cesium-Tantalum” family, Li subtype (Černý & Ercit, 2005), and/or as anatectic pegmatites with simple zoning, peraluminous subtype enriched in B (Wise & Müller, 2022).

Keywords: Araçuaí Orogen; Ribeirão da Folha; Prospecting of granitic pegmatites; Structural control; Classification of granitic pegmatites.



## Lista de Figuras

Figura 1 — Mapa de localização da área de estudo, situado no Distrito de Ribeirão da Folha, Minas Novas – MG.....	1
Figura 2 – Mapa da área de estudo dividida em quatro quadrantes junto aos nomes dos(as) participantes da campanha de mapeamento geológico. ....	21
Figura 3 — Compilado de fotografias que mostram o processo de coleta e separação dos minerais pesados, bem como, a preparação da pastilha.....	23
Figura 4A — mapa de hipsometria; 4B – mapa de declividade .....	25
Figura 5 — Ilustração representando a parte ocidental do paleocontinente Gondwana, o Orógeno Araçuaí e os crátons do São Francisco e do Congo.....	28
Figura 6 — Ilustração do modelo “ <i>nutcracker tectonics</i> ” representando a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí. ....	29
Figura 7 — Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas.....	31
Figura 8 — Ilustração do modelo evolutivo do prisma acrescionário de Ribeirão da Folha – São José da Safira, desde o evento de abertura oceânica até o estágio colisional. ....	33
Figura 9 — Coluna estratigráfica da Formação Ribeirão da Folha. ....	34
Figura 10 — Mapa geológico simplificado do orógeno Araçuaí destacando as supersuítas graníticas e os distritos pegmatíticos que compõem a PPOB. ....	37
Figura 11 — Ilustração do mapa regional e elementos estruturais do Orógeno Araçuaí. ....	38
Figura 12A — Projeção polar do acervo estrutural dúctil de Ribeirão da Folha; 12B - Projeção polar do acervo estrutural rúptil de Ribeirão da Folha. ....	40
Figura 13 — Projeções polares das estruturas Sn, Ln e Bn.....	41
Figura 14 — Mapa geológico, em escala 1:20.000, da Região de Ribeirão da Folha. ....	43
Figura 15 — Coluna Litoestratigráfica da Região de Ribeirão da Folha.....	44
Figura 16 — Fotografias de amostras do Membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha. ....	45

Figura 17a — Rocha do Membro Superior em escala de afloramento;	
17b — Em escala de mão. ....	47
Figura 18 — Lâminas delgadas de monzogranito da Suíte Mangabeiras. ....	48
Figura 19 — Relações de contato. 19A: Contato abrupto e sem metassomatismo; 19B: Contato Abrupto. ....	49
Figura 20 - Mapa de localização das galerias mapeadas e da pedreira. ....	50
Figura 21 — Pedreira abandonada. ....	51
Figura 22 — Principais Minerais Acessórios e Elementos Químicos Presentes em Pegmatitos Graníticos DPA “ <i>Direct Products Of Anatexis</i> ”. ....	53
Figura 23 — Mapa geológico da Galeria I. ....	56
Figura 24 — Mapa geológico da Galeria II. ....	58
Figura 25 — Mapa geológico da Galeria III. ....	59
Figura 26 — Mapa geológico simplificado, em escala 1:20.000, da Região de Ribeirão da Folha. ....	60
Figura 27 — Seção geológica A–A’. ....	61
Figura 28 — Fotografias tiradas em campo apresentando a expressão das foliações plano-axiais $S_n$ e $S_{n+1}$ . ....	61
Figura 29 — Mapa de contorno estrutural da foliação $S_n$ . ....	62
Figura 30 — Fotografias tiradas em campo apresentando a expressão das foliações plano-axiais $S_n$ e $S_{n+1}$ . ....	63
Figura 31 — Mapa de contorno estrutural da foliação $S_{n+1}$ . ....	64
Figura 32 — Seção geológica B–B’. ....	65
Figura 33 — Mosaico de mapas gamaespectrométricos. ....	67
Figura 34 — Mapa de magnetometria TAHG. ....	68
Figura 35 - Mapa de localização dos pontos de amostragem. ....	69
Figura 36 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 1 a 5. ....	77
Figura 37 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 6 a 13. ....	78
Figura 38 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 14 a 18. ....	79

Figura 39 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 19 a 23. ....	80
Figura 40 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 24 a 30. ....	81
Figura 41 — Ilustração representando o Sistema Riedel, dextral e sinistral, orientado na direção N60E com diagramas de rosetas das foliações plano-axiais	
Sn+1 e Sn. ....	83
Figura 42 – Diagrama ilustrando o processo de intrusão e o controle estrutural dos diques pegmatíticos. ....	8

## Sumário

1.	Introdução .....	16
1.1.	Localização .....	18
1.2.	Objetivos .....	19
1.3.	Materiais e Métodos .....	20
1.4.	Aspectos Fisiográficos .....	25
1.5.	Dados Físicos de Produção .....	27
2.	Geologia Regional .....	28
2.1.	Contexto Geotectônico .....	28
2.2.	Litoestratigrafia do Orógeno Araçuaí em Minas Gerais .....	30
2.2.1.	Unidades litodêmicas mais antigas que 1,8 Ga .....	30
2.2.2.	Unidades de rifteamento que precederam a formação do orógeno Araçuaí em Minas Gerais .....	30
2.2.3.	Supergrupo Espinhaço Meridional .....	30
2.2.4.	Grupo Macaúbas .....	31
2.2.5.	Granitos Ediacaranos .....	35
2.3.	Arcabouço Estrutural e Metamorfismo .....	38
3.	Geologia Local .....	42
3.1.	Mapa Geológico da Região de Ribeirão da Folha .....	42
3.2.	Litoestratigrafia .....	44
3.2.1.	Formação Ribeirão da Folha .....	45
3.2.1.1.	Membro Inferior .....	45
3.2.1.2.	Membro Superior .....	46
3.2.2.	Suíte Mangabeiras .....	47
3.2.3.	Intrusões Pegmatíticas .....	49
3.2.3.1.	Mapeamento de Subsuperfície e classificação dos pegmatitos de Ribeirão da Folha. ....	52
3.3.	Arcabouço Estrutural Local .....	60
3.3.1.	Foliação plano axial Sn .....	61
3.3.2.	Foliação plano axial Sn+1 .....	63
3.4.	Interpretação de Dados Geofísicos .....	66
3.4.1.	Gamaespectometria .....	66
3.4.2.	Magnetometria .....	67
3.5.	Prospecção de Minerais Pesados .....	69
4.	Discussões .....	82
4.1.	Possíveis controles estruturais no alojamento dos corpos de pegmatito .....	82
4.2.	Geração dos corpos de pegmatito no contexto de evolução do Orógeno Araçuaí. ....	82
4.3.	Mecanismos de alojamento e gênese dos corpos de pegmatito .....	84
4.4.	Classificação dos corpos de pegmatito .....	85
4.5.	Integração entre os mapas geológico e geofísicos .....	86
4.6.	Prospecção aluvionar aplicada à pesquisa de pegmatitos na área de estudo .....	87
5.	Conclusões .....	88
6.	Referências .....	90
7.	Anexos .....	95
7.1.	Anexo I .....	95
7.2.	Anexo II .....	97

## 1. Introdução

Pegmatitos graníticos são rochas de significativa importância econômica, fontes de metais raros, minerais industriais, gemas como turmalinas, topázio, berilo e crisoberilo. A exploração desses recursos remonta a séculos, com uma longa história na mineração de pedras preciosas. Com o passar do tempo, a extração de minerais industriais e outras commodities, como tântalo, nióbio e elementos de terras raras, também ganhou destaque. Recentemente, a crescente demanda por lítio, alavancou a prospecção de pegmatitos, devido à presença de minerais como espodumênio e petalita (Bradley *et al.* 2017).

A Província Pegmatítica Oriental do Brasil (PPOB), localizada no leste do terreno nacional, é uma das áreas mais importantes para a extração de minerais associados a pegmatitos graníticos. Estende-se por uma faixa de aproximadamente 800 km de comprimento, possuindo largura entre 100 e 150 km, abrangendo os estados de Minas Gerais e Bahia (Correia Neves *et al.* 1986).

Inserida na PPOB, a região do distrito de Ribeirão da Folha (Minas Novas - MG) registra a ocorrência de pegmatitos graníticos e granitóides da Supersuite G4 (Suite Mangabeiras de Pedrosa-Soares *et al.* 2011), ambos relacionados ao estágio sin a tardi colisional do orógeno Araçuaí em sua porção interna (Pedrosa-Soares *et al.* 1998, 2011). Os pegmatitos graníticos são produtores de turmalina (variedades elbaita e rubelita), e subordinadamente água-marinha e agregados sacaroidais de lepdolita. A extração de rochas ornamentais é realizada nos próprios pegmatitos graníticos e também nos corpos granitóides.

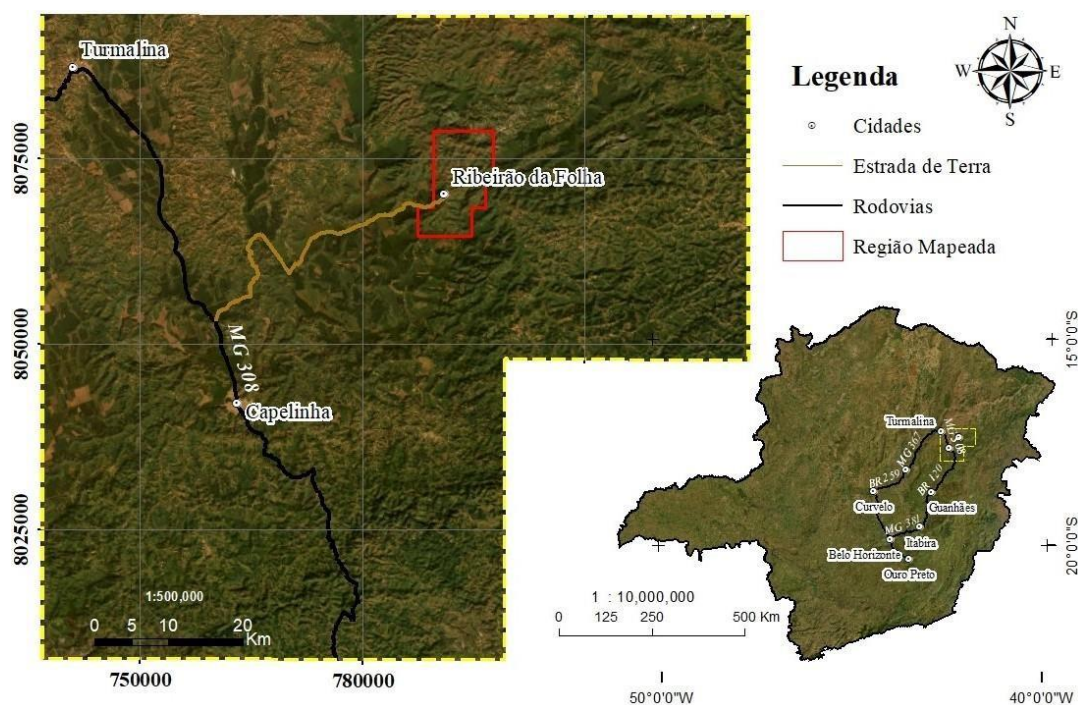
A Formação Ribeirão da Folha (Pedrosa-Soares *et al.* 1998), unidade que hospeda os corpos plutônicos supracitados na região homônima, é postulada como a sequência ofiolítica associada à oceanização da bacia Macaúbas (Queiroga *et al.* 2007, Amaral *et al.* 2020), encontrando-se e metamorfisada na fácies anfibolito médio. Queiroga (2006) caracterizou o potencial metalogenético desta região sob a ótica de uma possível associação entre os protolitos das rochas de fundo oceânico, mantélicas, e de metais base (Au, Cr, Ni, Cu, Co, Pt,...), concluindo, contudo, um baixo potencial por se tratar da seção sedimentar sulfetada de uma sequência ofiolítica desmembrada.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) se justifica pela escassez de estudos que possuam foco no potencial prospectivo associado aos pegmatitos graníticos da região de Ribeirão da Folha, favorecendo a busca por novos alvos exploratórios para a expansão e continuidade do aproveitamento mineral da região, alinhando-se diretamente aos princípios de um projeto de pesquisa mineral do tipo “*Brownfields*”. Ao longo da pesquisa produzidos dois resumos: i) O primeiro, publicado no 51º Congresso Brasileiro de Geologia (Belo Horizonte – MG, outubro de 2024), intitulado “*Structural control of granite pegmatites hosted in the Ribeirão da Folha Formation, Araçuaí Orogen, Brazil.*”; ii) O segundo foi publicado no 18º Simpósio de Geologia do Sudeste (Campinas – SP, maio de 2025), intitulado “*A classification proposal to the granite pegmatites of the Ribeirão da Folha region, Araçuaí Orogen, Brazil*”, ambos aparecem no final deste volume, respectivamente, nos anexos I e II.

### 1.1. Localização

A área de estudo pertence ao distrito de Ribeirão da Folha no município de Minas Novas, localizada a aproximadamente 52 km de Capelinha – MG, nordeste do estado de Minas Gerais (Figura 1). Partindo de Ouro Preto, o trajeto começa pela rodovia dos Inconfidentes (BR-356) por 102 km até Belo Horizonte, onde deve-se acessar a BR-040 pelo anel rodoviário e seguir por 85 km até o trevo de Caetanópolis, onde recomenda-se acessar a MG-231 e percorrer 70 km até Curvelo. Em seguida, é necessário percorrer 125 km pela BR-259 até Diamantina e depois 190 km até Turmalina, onde pega-se o acesso à MG-308 no sentido de Capelinha, seguindo por cerca de 40 km até estrada não-pavimentada que leva até o distrito de Ribeirão da Folha. Deve-se ter atenção nesse trajeto, pois a placa que sinaliza a estrada só é visível no sentido de Capelinha para Turmalina, e dali em diante existem diversos acessos em meio às plantações de eucalipto que podem ser confundidos facilmente. Neste percurso desloca-se 663 km total de Ouro Preto até Ribeirão da Folha. Outro trajeto possível seria, após chegar em Belo Horizonte, seguir pela MG-381 sentido Itabira, acessando a BR-120, passando por Guanhães, São João Evangelista, Santa Maria do Suaçuí, Água Boa para então chegar à Capelinha.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, situado no Distrito de Ribeirão da Folha, Minas Novas - MG



Fonte: Autoria própria.

Mapa de localização da área de estudo mostrando o trajeto realizado de Ouro Preto até Ribeirão da Folha, bem como, vias de acessos.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo principal deste trabalho é levantar dados e apontar e/ou descartar o potencial prospectivo nos moldes de um projeto de pesquisa mineral do tipo *brownfields* com foco em pegmatitos graníticos na região do distrito de Ribeirão da Folha.

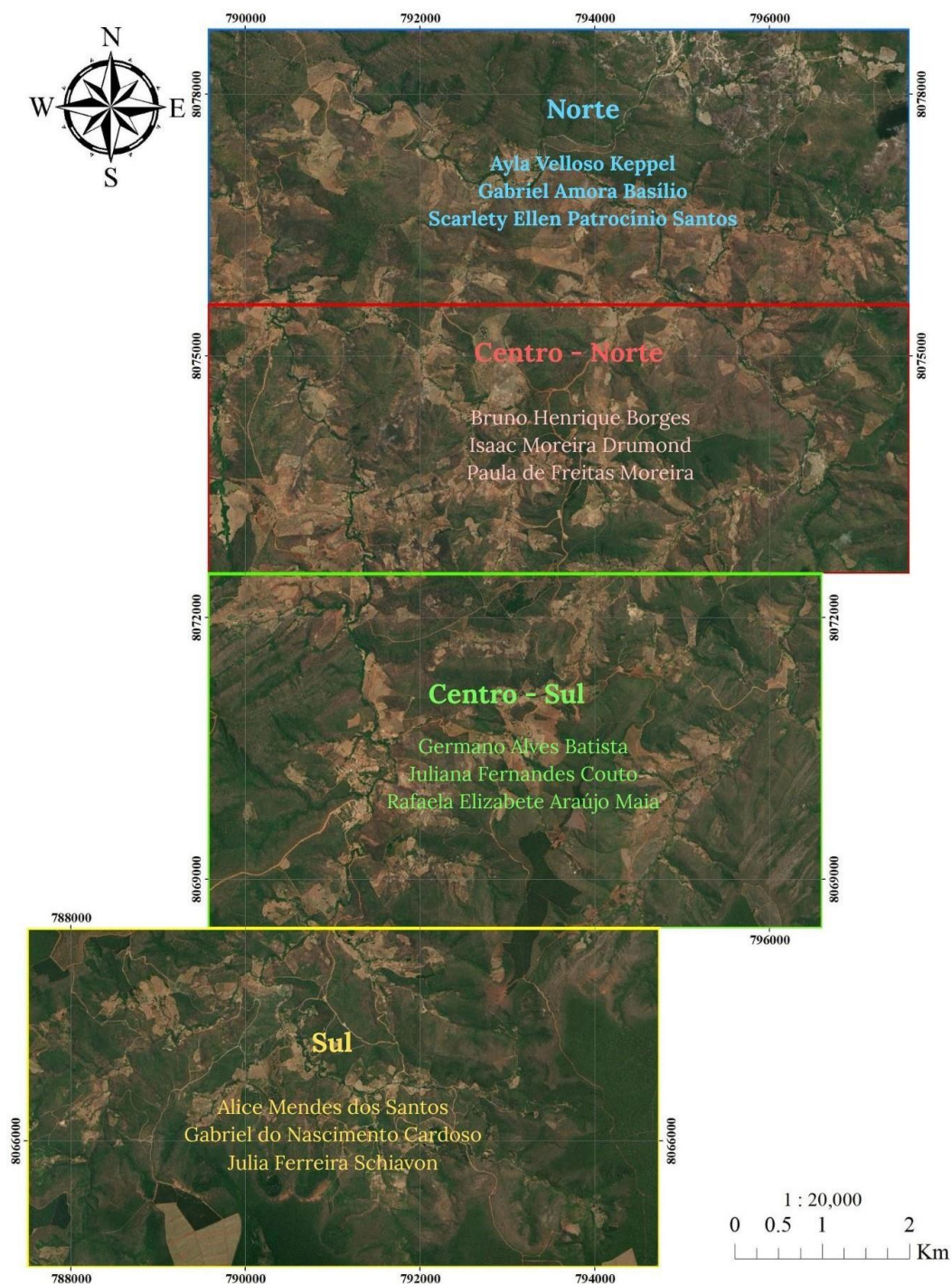


### 1.3. Materiais e Métodos

O trabalho foi sistematizado em três etapas: pré-campo, campo e pós-campo. Inicialmente, na etapa de pré-campo, foi feita uma revisão da literatura sobre o contexto geológico regional, seguida da elaboração de bases cartográficas para uso em campo. Foram produzidas quatro bases cartográficas para subsidiar o mapeamento geológico, sendo mapas de imagem de satélite, curvas de nível, hipsometria e declividade. Todas as bases foram geradas em escala 1:20.000, em ambiente SIG, utilizando o software ArcGIS 10.8. A imagem de satélite foi obtida a partir do serviço “*World Imagery Basemap*”, disponibilizado pela “*Environmental Systems Research Institute*” (Esri), que integra imagens provenientes dos provedores “*Maxar Technologies*” e “*Earthstar Geographics*”. Já os mapas de curvas de nível, hipsometria e declividade foram elaborados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado do satélite ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros. Essas ferramentas são fundamentais para a orientação das atividades de campo e para a identificação de litotipos e estruturas através da interpretação de feições geomorfológicas expressas nas bases cartográficas na forma de lineamentos e variações de textura.

Durante a etapa de campo, foram realizadas três campanhas, sendo as duas primeiras sob a orientação do Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins. A primeira consistiu em uma campanha de reconhecimento, com a colaboração dos alunos Bruno Henrique Borges (autor deste Projeto Final de Curso) e Vitor Fagundes Melo, enquanto a segunda correspondeu ao mapeamento geológico sistemático em escala 1:20.000, realizado por meio da disciplina GEO391\_2023\_1. Para fins de organização do trabalho de campo, a área de estudo que compreende aproximadamente 107 km<sup>2</sup> foi dividida em quatro quadrantes, representados na Figura 2. No quadrante Norte (25,41 km<sup>2</sup>) participaram os (as) alunos(as) Ayla Velloso Keppel, Gabriel Amora Basílio e Scarletty Ellen Patrocínio Santos; no Centro-Norte (24,77 km<sup>2</sup>), Bruno Henrique Borges, Isaac Moreira Drumond e Paula de Freitas Moreira; no Centro-Sul (28,56 km<sup>2</sup>), Germano Alves Batista, Juliana Fernandes Couto e Rafaela Elizabete Araújo Maia; e, no quadrante Sul (28,14 km<sup>2</sup>), Alice Mendes dos Santos, Gabriel do Nascimento Cardoso e Julia Ferreira Schiavon.

Figura 2 – Mapa da área de estudo dividida em quatro quadrantes junto aos nomes dos(as) participantes da campanha de mapeamento geológico



Fonte: Autoria própria.

Mapa mostrando a área mapeada dividida em quatro quadrículas junto aos nomes dos(as) alunos(as) da disciplina GEO391\_2023\_1 que contribuíram na campanha de mapeamento geológico.

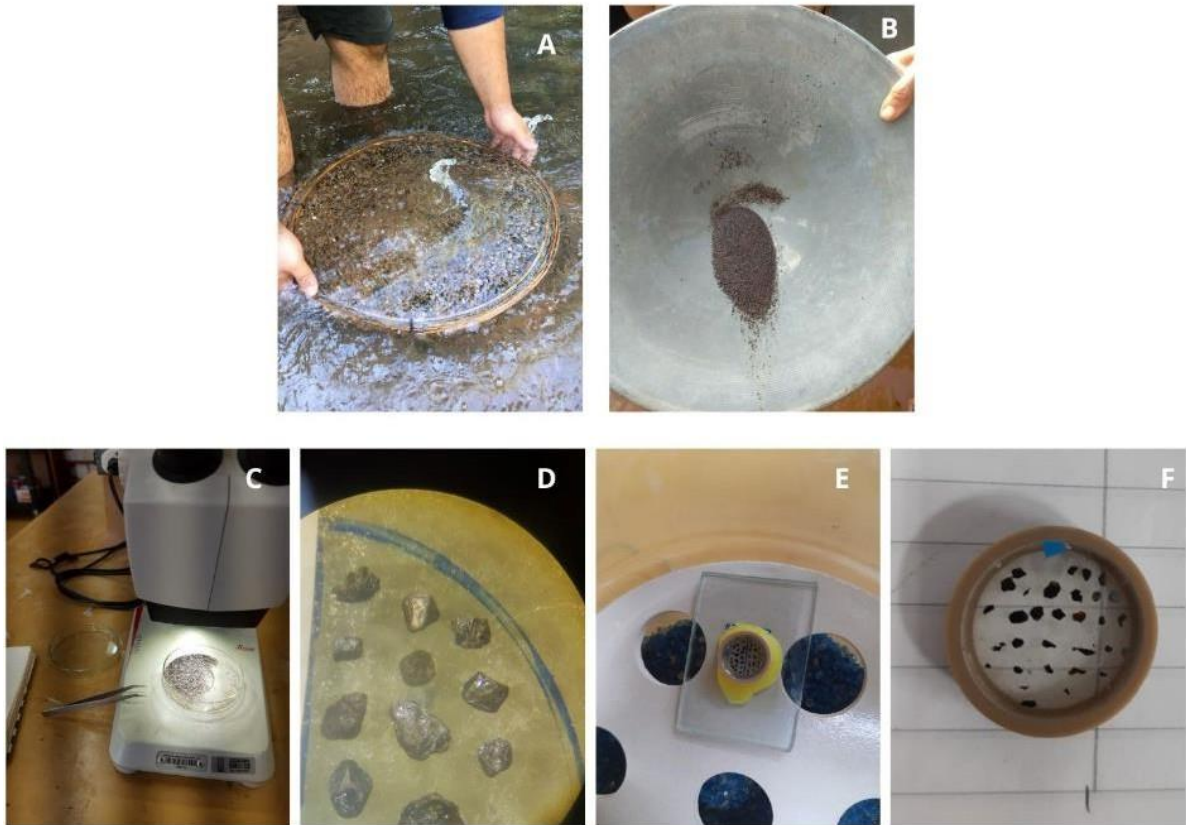
Junto ao mapeamento geológico foram coletadas amostras de rochas para confecção de lâminas delgadas e polidas, bem como concentrados de bateia obtidos por prospecção aluvionar com controle do volume coletado (balde de 12 litros), com separação granulométrica por meio do conjunto formado por 3 peneiras de malha quadrática/retangular até a obtenção da fração bateia ao final.

Posteriormente, uma terceira campanha foi realizada, desta vez, para o mapeamento geológico de subsuperfície de três galerias em escala 1:100. Esta campanha foi realizada pelos alunos Bruno Henrique Borges, Joaquim Irias Salgado Junior e Wilck Guilherme de Campos. Para o mapeamento geológico das galerias subterrâneas, utilizou-se o método de projeções cotadas. Os materiais empregados incluíram bússola, trena de 30 metros, trena a laser e materiais de escritório (lápiz, papel, prancheta, esquadros, entre outros). O procedimento consistiu na confecção da planta baixa e do perfil da galeria mapeada, seguida da descrição mineralógica e textural do pegmatito e rocha hospedeira.

A etapa pós-campo incluiu: i) a vetorização do mapa geológico; ii) interpretação da natureza dos contatos entre as unidades estratigráficas que se expressam em mapa; iii) a análise estrutural baseada na hierarquia de relações de corte, confecção de projeções polares no OpenStereo e a elaboração de mapas de contorno para destacar a expressão das principais estruturas observadas em campo. Para além disso, também foram produzidos mapas geofísicos de magnetometria e radiometria, a fim de complementar e refinar o mapa geológico. Com este propósito foi utilizado o banco de dados do Levantamento Aerogeofísico do Estado de Minas Gerais (Programa 2005/2006), área 8, disponibilizado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG).

Para a análise dos minerais pesados obtidos no concentrado de bateia, foi preparada uma pastilha para ser analisada em Microsonda Eletrônica (EPMA), no modo de detecção EDS “*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*”. Este processo incluiu a separação manual da magnetita utilizando um ímã de mão, a catação dos minerais pesados com o auxílio de lupa binocular e a montagem e polimento da pastilha (Figura 3). As análises qualitativas a semi-quantitativas dos minerais pesados foram realizadas em microsonda eletrônica JEOL, modelo JXA-8230, nas dependências do Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic), setor microsonda eletrônica, DEGEO - UFOP. As condições analíticas envolveram 15kV e “*work distance*” de 11.3 mm. Para todos os grãos, foram obtidas imagens de elétrons retro-espalhados.

Figura 3 – Compilado de fotografias que mostram o processo de coleta e separação dos minerais pesados, bem como, a preparação da pastilha



Fonte: A – Gabriel Amora Basílio; Demais fotografias – Autoria própria.

A - Prospecção aluvionar. B – Minerais pesados concentrados na bateia. C - Caracterização dos minerais amostrados com auxílio de lupa. D – Separação dos minerais com brilho metálico e submetálico para confecção da pastilha “mount”. E – Período de secagem de 24h para que a resina endureça, assim, permitindo a etapa de desbaste. F – “mount” finalizado após polimento.

Para os mapas de magnetometria foi utilizado o método “*Tilt Angle of the Total Horizontal Gradient*” (TAHG), uma técnica de realce de anomalias magnéticas que combina o gradiente horizontal total (THDR) com a derivada “*tilt*” (TDR) para destacar as bordas das anomalias magnéticas, minimizando a influência da profundidade. Inicialmente, é aplicado à redução ao polo (RTP) para corrigir os efeitos da inclinação e declinação do campo magnético terrestre, seguido pelo cálculo do THDR a partir das derivadas horizontais da anomalia magnética. Subsequentemente, a derivada “*tilt*” (TDR) é aplicada para normalizar os valores e equalizar os sinais de fontes rasas e profundas, e, por fim, o TAHG é calculado como a razão entre a derivada vertical do THDR e seu gradiente horizontal total (Ferreira *et al.* 2013). A partir do levantamento gamaespectrométrico foram produzidos mapas de potássio (K), urânio equivalente (eU),

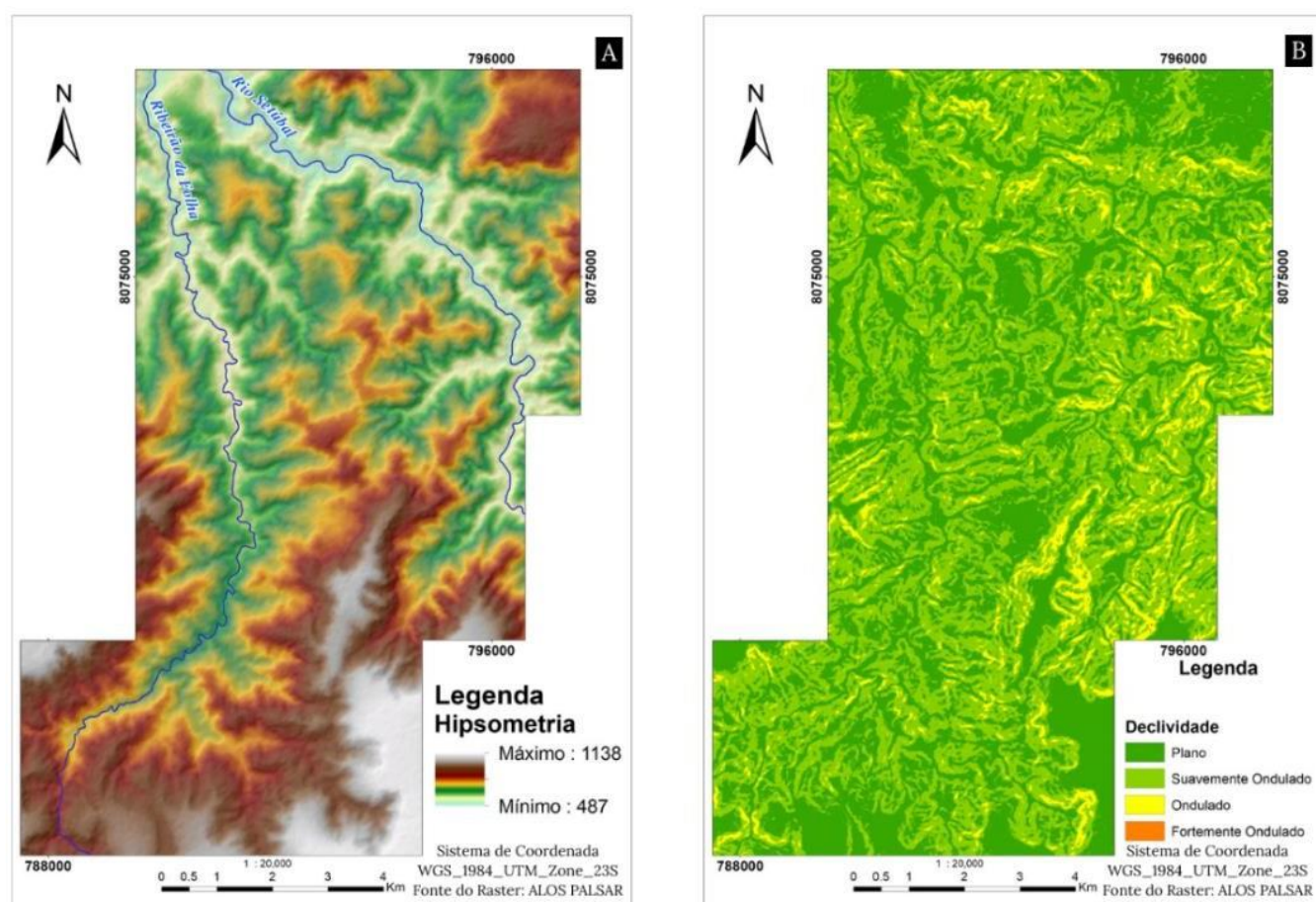
tório equivalente (eTh) e ternário da distribuição de K, U e Th, ferramentas úteis na prospecção de granitos e pegmatitos graníticos. Estes mapas ajudam a identificar anomalias geoquímicas associadas a minerais portadores de K, U e Th, auxiliando o mapeamento zonas de alteração hidrotermal, diferenciação magmática e enriquecimento mineral (Ferreira *et al.* 2009). A integração dos dados produzidos nas etapas as quais o trabalho foi sistematizado orientam a exploração, reduzindo custos e aumentando a eficiência na identificação de alvos promissores.



#### 1.4. Aspectos Fisiográficos

A região mapeada está localizada dentro da bacia do rio Araçuaí e abrange uma área de aproximadamente 107 km<sup>2</sup>, limitada: a leste pelo rio Setúbal; a oeste pelo ribeirão da Folha, homônimo ao distrito; a norte pela Suíte Mangabeiras, que aflora a norte de um vilarejo homônimo; e a sul pela cabeceira do ribeirão da Folha, uma região de chapada de maior altitude. A área mapeada apresenta uma topografia de relevo ondulado, sem variações abruptas de cotas altimétricas, com predomínio de áreas de maior elevação na porção sul, variando entre 900 a 1100 metros de altitude, e regiões de menor elevação na porção norte, entre 500 a 700 metros de altitude, representadas abaixo nos mapas de hipsometria e declividade (Figura 4).

Figura 4A - mapa de hipsometria; 4B – mapa de declividade



Fonte: Autoria própria.

A – Mapa hipsométrico representando a variação topográfica da região mapeada onde as cores quentes representam áreas de maior elevação enquanto as cores frias representam áreas de menor altitude.

B – Mapa de declividade representando os níveis de inclinação da região.

A rede de drenagem da região apresenta um padrão em que os principais cursos d'água seguem direções N–S a NW–SE, enquanto seus afluentes possuem orientação média aproximada E–W a WNW–ESE. Essas drenagens são predominantemente intermitentes e, durante a campanha de mapeamento geológico de superfície, encontravam-se majoritariamente secas. Essa condição favoreceu a exposição de excelentes afloramentos de rochas frescas, configurando pontos ideais para coleta de dados.

O manto intempérico da área é espesso e bem desenvolvido, resultando em perfis de solo expressivos, com afloramentos preservados principalmente nas proximidades das drenagens e em cortes de estrada. No entanto, em regiões localizadas na porção centro-sul e sul da área mapeada, a escassez de afloramentos e a grande espessura da camada intempérica dificultaram a descrição direta das rochas.

### 1.5. Dados Físicos de Produção

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas três etapas de campo, sendo: a primeira a etapa de reconhecimento; a segunda a etapa de mapeamento geológico de superfície em escala 1:20.000 realizada junto a disciplina GEO391; por fim, a terceira etapa dedicada ao mapeamento geológico de subsuperfície em escala 1:100, esta campanha foi desempenhada em três galerias subterrâneas que exploram pegmatitos produtores de elbaita. Os dados de produção de cada etapa estão sintetizados abaixo, (Quadro 1).

Quadro 1 – Dados físicos de produção

Etapa	Período	Objetivo	Nº de afloramentos descritos	Nº de medidas estruturais planares	Nº de medidas estruturais lineares	Nº de concentrados de bateia	Nº de amostras para laminação
1º	25 a 29 abr. 2023	Reconhecimento geológico e prospecção aluvionar	34	26	9	2	-
2º	14 a 28 set. 2023	Mapeamento geológico e prospecção aluvionar	234	172	61	5 (sendo 2 nos mesmos locais da campanha anterior)	1
3º	21 a 27 out. 2024	Mapeamento geológico de subsuperfície	7 zonas distintas identificadas	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria.

Quadro sintetizando os dados físicos de produção de cada campanha de campo.

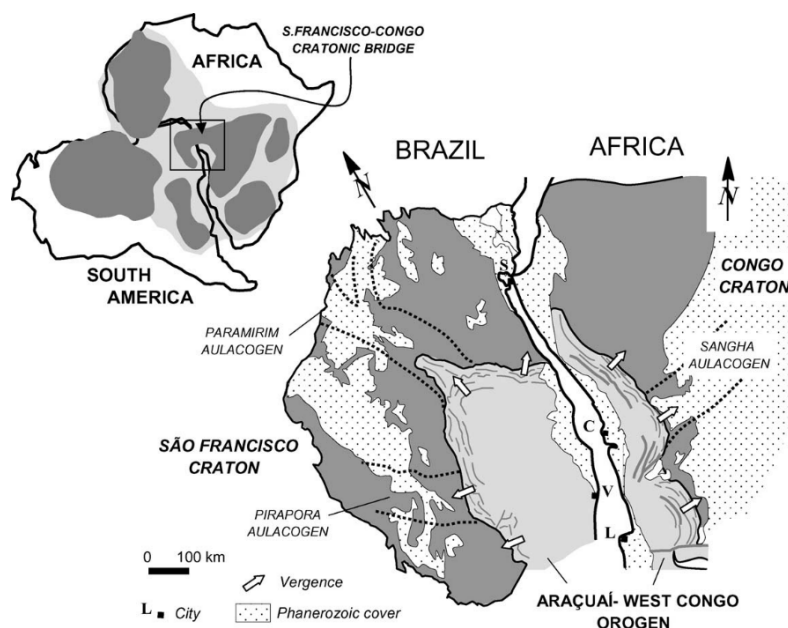


## 2. Geologia Regional

### 2.1. Contexto Geotectônico

A área mapeada está localizada no domínio interno do Orógeno Araçuaí (OA), edificado durante a orogênese do Ediacarano-Cambriano (~635 a 540 Ma) e relacionada à amalgamação de grandes blocos continentais (Figura 5), como os crátons São Francisco-Congo, Rio de la Plata, Amazônico, África Ocidental, Tanzânia e Kalahari, (Alkmim *et al.* 2006).

Figura 5 – Ilustração representando a parte ocidental do paleocontinente Gondwana, o Orógeno Araçuaí e os crátons do São Francisco e do Congo



Fonte: Alkmim *et al.* (2006).

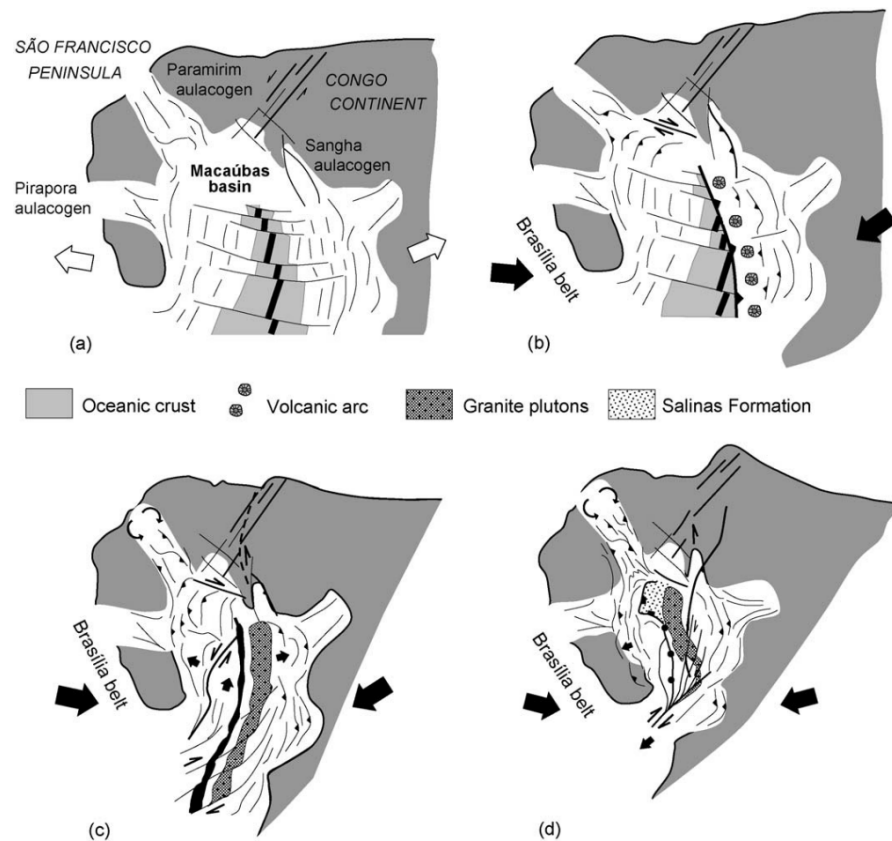
V = Vitória, S = Salvador; L = Luanda; C = Cabinda

Entre o Estateriano (~1,75 Ga) e o final do Neoproterozoico (~640 Ma), o paleocontinente São Francisco–Congo manteve-se como uma massa continental coesa e relativamente estável, conectada ao norte pela ponte cratônica Bahia–Gabão, embora tenha experimentado sucessivos episódios extensionais que marcaram profundamente sua evolução tectono-sedimentar (Pedrosa-Soares & Alkmim 2011). Esses eventos resultaram na formação de uma série de bacias rifte intracontinentais e marginais, registradas pelas sequências vulcano-sedimentares do Supergrupo Espinhaço,

depositadas entre aproximadamente 1,77 e 1,0 Ga, e pelos depósitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas, cuja sedimentação se estendeu desde o Toniano inicial (~950–870 Ma) até o final do Criogeniano (~650–640 Ma), culminando na transição para uma margem passiva associada à Orogênese Araçuai (Medeiros *et al.* 2024; Ciarallo *et al.* 2025).

Dado o caráter confiando do OA, Alkmim *et al.* (2006) descreveram quatro fases principais na sua estruturação: (1) fluxo interno da orogenia em direção ao norte; (2) espessamento crustal e migração da frente de deformação para as margens cratônicas; (3) escape lateral da crosta para sul; e (4) colapso extensional pós-colisional, marcado pela intrusão de granitos tardios e exumação de rochas de médio a alto grau metamórfico (Figura 6).

Figura 6 – Ilustração do modelo “*nutcracker tectonics*” representando a evolução tectônica do Orógeno Araçuai



Fonte: Alkmim *et al.* (2006).

(a) A bacia de Macaúbas, precursora ao Orógeno Araçuai Congo Ocidental; (b) Fechamento inicial da bacia de Macaúbas, como consequência da interação entre os crátons São Francisco-Congo, Paranapanema e Kalahari; (c) desenvolvimento completo do orógeno; (d) escape para o sul da porção sul do Orógeno Araçuai Congo Ocidental e seu colapso extensional.

## **2.2. Litoestratigrafia do Orógeno Araçuaí em Minas Gerais**

### **2.2.1. Unidades litodêmicas mais antigas que 1,8 Ga**

O embasamento cristalino do Orógeno Araçuaí é composto essencialmente pelos complexos Guanhães, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira e Juiz de Fora, terrenos arqueanos a paleoproterozoicos com idades superiores a 1,8 Ga, constituídos por granitóides do tipo tonalito, trondhjemitó e granodiorito (TTG), granitóides potássicos, “*greenstone belts*” e unidades supracrustais riacianas e orosirianas (Heilbron *et al.*, 2017).

### **2.2.2. Unidades de rifteamento que precederam a formação do orógeno Araçuaí em Minas Gerais**

No atual estado da arte (Medeiros *et al.*, 2024; Ciarallo *et al.*, 2025), são reconhecidos os seguintes episódios de rifteamento que afetaram a margem oriental do paleocontinente São Francisco–Congo e antecederam a formação do Orógeno Araçuaí em Minas Gerais: no Estateriano (E1 – 1,77–1,70 Ga), no Calimiano (E2 – 1,57–1,50 Ga), no Esteniano (E3 ~1,18 Ga), no intervalo entre o Esteniano e o Toniano (E4 – mais novo que 1,18 Ga e mais antigo que 1,0 Ga), no Toniano (E5 – 957 a 850 Ma) e no Criogeniano (E6 – 750–670 Ma). Os episódios E1 a E4 estão associados ao Supergrupo Espinhaço, enquanto os estágios E5 e E6 correspondem à evolução do Grupo Macaúbas.

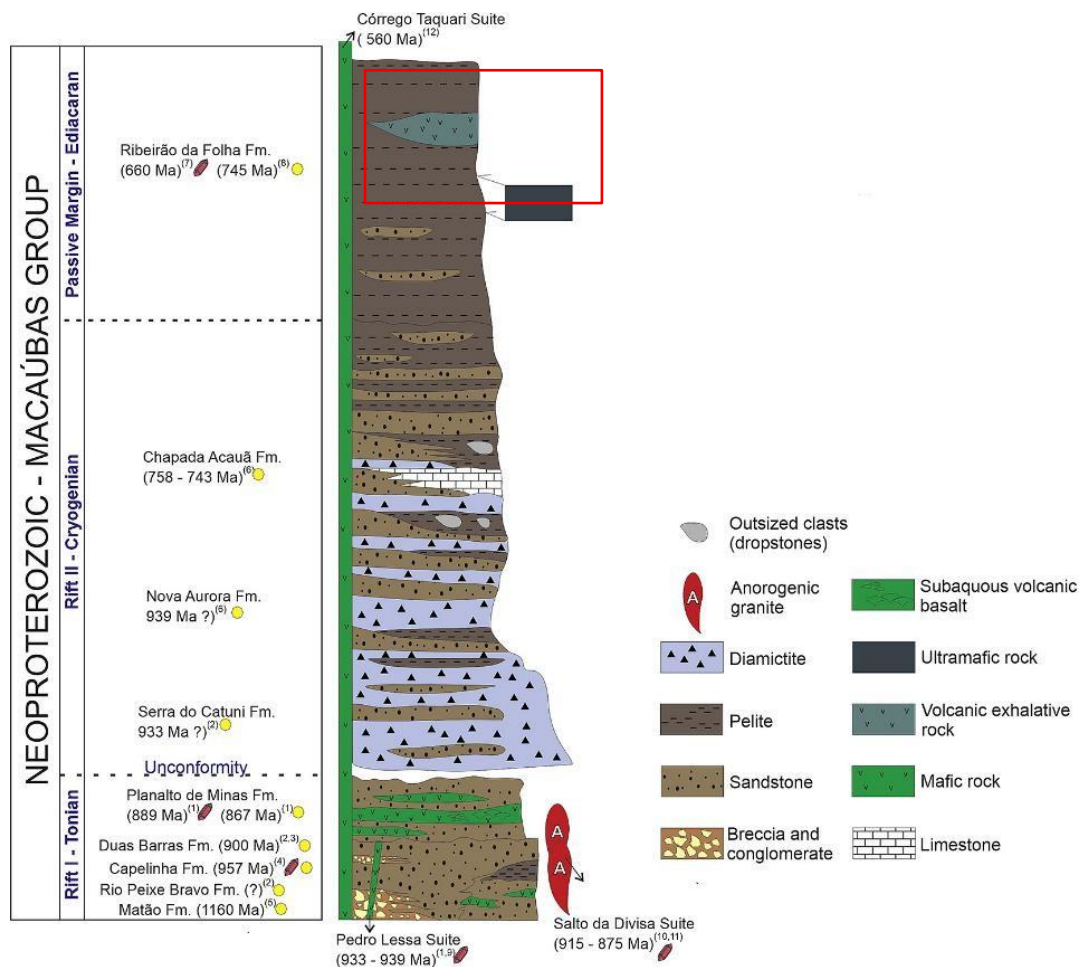
### **2.2.3. Supergrupo Espinhaço Meridional**

O Supergrupo Espinhaço Meridional é composto por uma espessa pilha de rochas sedimentares e vulcânicas distribuídas no interior e principalmente ao longo da borda leste do cráton do São Francisco, depositadas em três ciclos deposicionais principais e relacionados aos episódios E1, E3 e E4 (Medeiros *et al.* 2024).

## 2.2.4. Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas sobrepõe o Supergrupo Espinhaço por discordância erosiva e/ou angular, apresentando sucessões metavulcanossedimentares (Noce *et al.* 1997) dos estágios E5 e E6 (Figura 7).

Figura 7 – Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas



Fonte: Souza *et al.* (2019).

O retângulo vermelho engloba a unidade que hospeda os pegmatitos foco deste trabalho

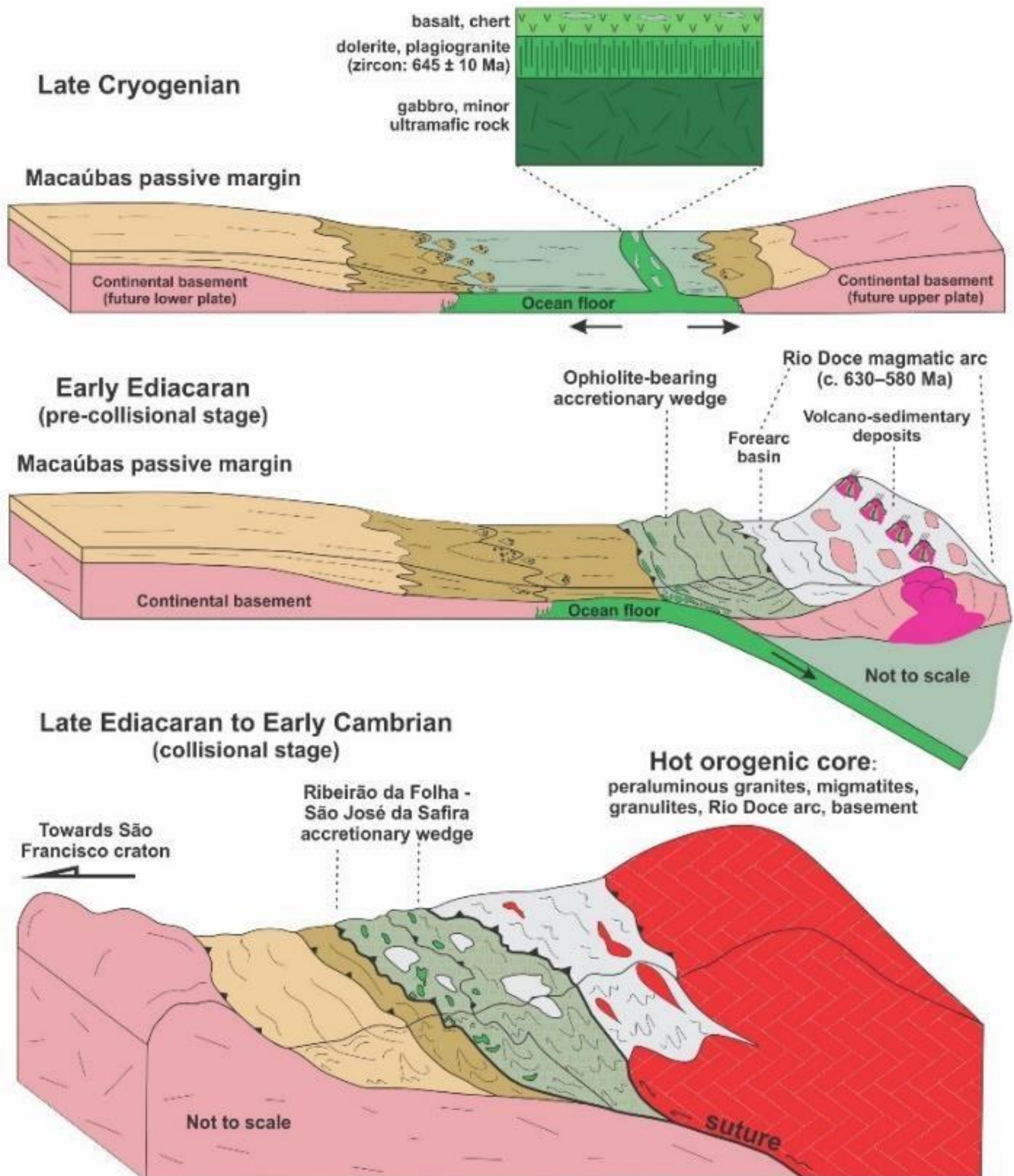
As unidades tonianas do episódio de rifteamento E5 são materializadas pelas formações Matão-Duas Barras (Souza *et al.* 2019), Rio Peixe Bravo (Noce *et al.* 2007; Costa *et al.* 2018), Domingas (Noce *et al.* 1997, Fraga 2014), Capelinha (Castro *et al.* 2019) e Planalto de Minas (Souza *et al.* 2022).

O episódio de rifteamento continental E6 é acompanhado por pacotes de rochas (meta) diamictíticas, interpretados como tilitos de origem glacial (Karfunkel & Hope 1988), apresentando maior ou menor grau de retrabalhamento sob influência marinha, com polaridade sedimentar e espessamento para leste (Uhlein *et al.* 1999, 2011, Pedrosa-Soares *et al.* 2011, Castro *et al.* 2019, Oliveira 2023).

No setor proximal, junto a borda do atual cráton do São Francisco, ocorrem as formações Serra do Catuni (Noce *et al.* 1997, Pedrosa-Soares *et al.* 2011), Nova Aurora (Noce *et al.* 1997, Vilela *et al.* 2021) e Chapada Acauã Inferior (Kuchenbecker *et al.* 2015, Castro *et al.* 2020), representando o retrabalhamento marinho sob influência de uma margem de rifteamento ativa (Kuchenbecker *et al.* 2015, Oliveira 2023). No setor distal, ocorrem as unidades isentas de horizontes de (meta) diamictitos, associados ao aprofundamento da bacia e a geração de crosta oceânica. São registradas as formações Chapada Acauã Superior (Kuchenbecker *et al.* 2015) e Ribeirão da Folha (Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

O período Criogeniano traz o clímax da tectônica extensional associada à formação da bacia Macaúbas, com a geração de crosta oceânica (Figura 8) representada pela sequência ofiolítica de Ribeirão da Folha (Pedrosa-Soares *et al.* 1998), no setor central do OA. Queiroga *et al.* (2007) obtiveram idades U-Pb de  $660 \pm 29$  Ma em cristais euédricos de zircão amostrados em veios leucocráticos encaixados em anfíbolitos da Formação Ribeirão da Folha, interpretados como produto da diferenciação magmática de crosta oceânica (ou plagiogranitos). Posteriormente, Amaral *et al.* (2020) obtiveram idade de cristalização de  $645 \pm 10$  Ma destes plagiogranitos, estabelecendo o limite superior para a evolução final da bacia Macaúbas.

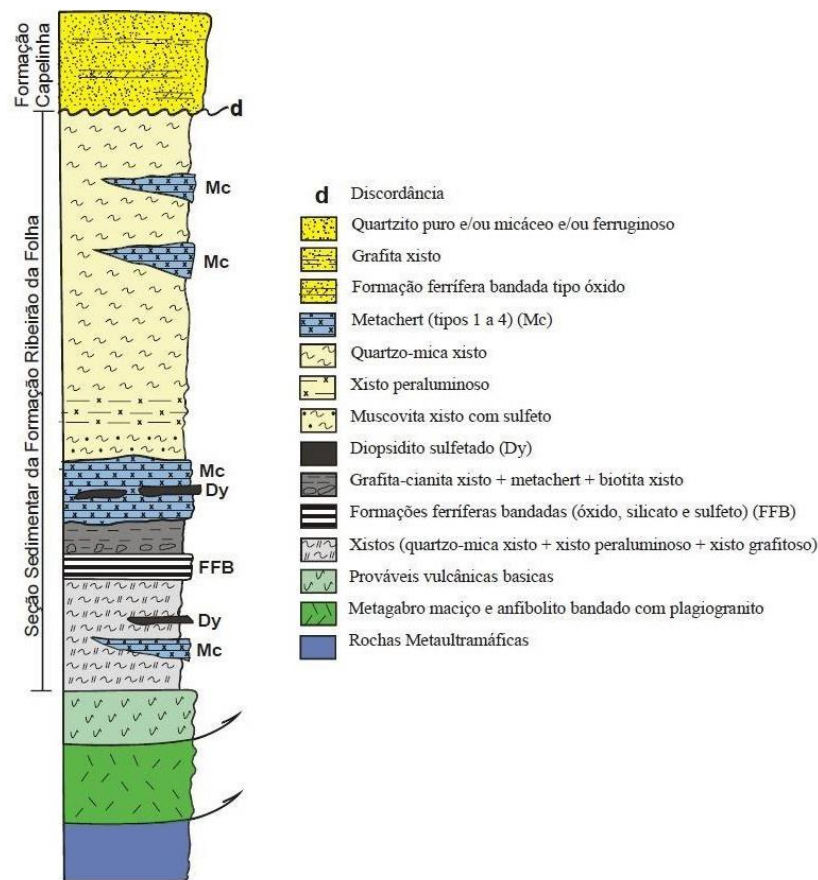
Figura 8 - Ilustração do modelo evolutivo do prisma acrescionário de Ribeirão da Folha - São José da Safira, representando desde o evento de abertura oceânica até o estágio colisional



Fonte: Amaral *et al.* (2020).

As rochas metaultramáficas, metamáficas, metapelitos e os metasedimentos químicos da Formação Ribeirão da Folha representam as unidades essenciais de um edifício ofiolítico (Queiroga 2006; Amaral *et al.* 2020). A Formação Ribeirão da Folha é descrita por Queiroga (2006) como sendo composta por orto-anfibolitos, metabasaltos almofadados e metadoleritos bandados, frequentemente intercalações de metachert, além de sulfetos disseminados (Figura 9). As rochas metamáficas, que incluem orto-anfibolitos, são predominantemente constituídos de plagioclásio e hornblenda, com variações no conteúdo de clinopiroxênio, titanita, sulfeto, rutilo e magnetita como minerais acessórios. As rochas metassedimentares são constituídas por mica xistos, xisto grafitosos e quartzo-mica xistos, contendo quartzo, biotita, muscovita, granada, estauroлита, cianita e/ou sillimanita, e, como acessórios, plagioclásio, K-feldspato, magnetita, ilmenita e sulfetos.

Figura 9 – Coluna estratigráfica da Formação Ribeirão da Folha



Fonte: Queiroga (2006).

### 2.2.5. Granitos Ediacaranos

As diferentes fases da edificação do OA foram relacionadas a intenso magmatismo granítico, originando cinco supersuítas, onde cada uma está diretamente ligada ao significado tectônico que produziu o magmatismo. Nesse cenário:

- A supersuíta G1 (630–585 Ma) corresponde ao estágio pré-colisional, marcado por magmatismo de arco continental em margem ativa, com afinidade cálcio-alcálica, refletindo a subdução da litosfera oceânica do setor sul da bacia Macaúbas (Pedrosa-Soares *et al.* 2011; Alkmim *et al.* 2006);
- A supersuíta G2 (585–560 Ma) registra o estágio colisional principal, caracterizado por encurtamento crustal e anatexia de paragneisses, originando granitos do tipo S que acompanham a intrusão dos granitos sintectônicos e o pico metamórfico (Pedrosa-Soares e Wiedemann-Leonardos 2000, *in* Pedrosa-Soares *et al.* 2011);
- Durante a fase tardia da colisão, desenvolveu-se a supersuíta G3 (545–525 Ma), constituída por leucogranitos isótipos derivados da anatexia de granitos G2 e relacionada à diminuição do regime compressivo e início do colapso gravitacional (Whittington *et al.* 2001, *in* Pedrosa-Soares *et al.* 2011);
- O estágio pós-colisional pleno é registrado pelas supersuítas G4 (530–500 Ma) e G5 (520–480 Ma), que se inserem na fase de colapso extensional do orógeno. A supersuíta G4 representa a granitogênese peraluminosa associada à fusão crustal média a rasa, enquanto a G5, composta por rochas bimodais de afinidade cálcio-alcálica a alcálica, indica aporte mantélico e possível delaminação da litosfera inferior (Wiedemann 1993, Mendes *et al.* 1999, *in* Pedrosa-Soares *et al.* 2011; Alkmim *et al.* 2006).

Cada supersuíta é constituída por várias suítas que apresentam características petrogenéticas, geoquímicas e geocronológicas semelhantes entre si. A Suíta Mangabeiras, aflorante na quadrícula norte da área de estudo, é caracterizada por granitos de coloração clara, de granulação média a fina, com textura equigranular. Petrograficamente, esses granitos são do tipo duas micas, dominados por plagioclásio oligoclásico, microclina e quartzo; biotita castanha e moscovita ocorrem como minerais varietais, frequentemente apresentando evidências de moscovitização tardia. Quartzo anédrico com

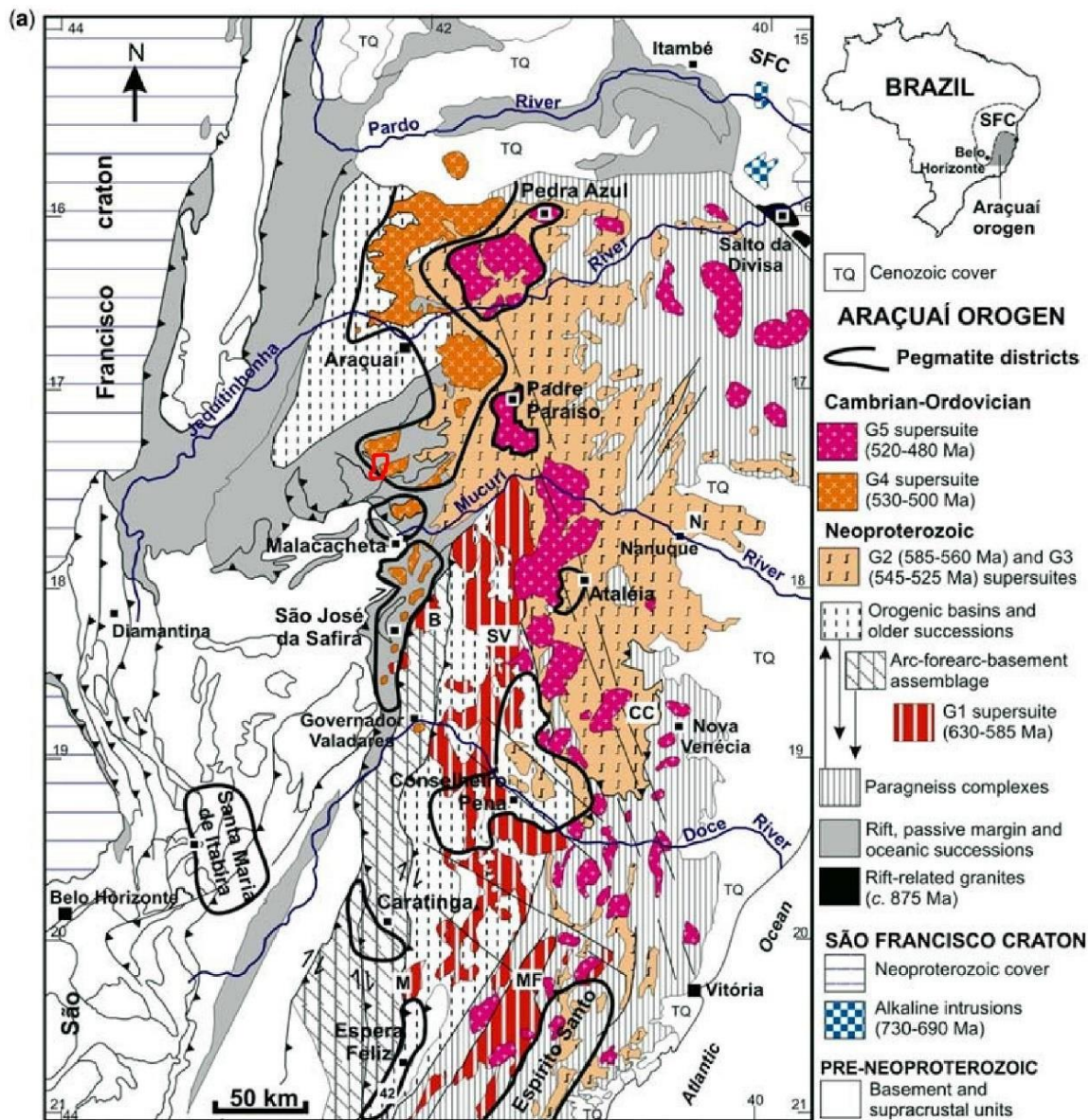


extinção ondulante, microclina reticulada e plagioclásio com bordas albitizadas. Os granitos desta suíte possuem altos teores de K<sub>2</sub>O e teores moderados de alumínio e ferro. As estruturas magmáticas são preservadas em grande parte, e os plutons mostram evidências de fluxo ígneo e feições de acomodação tectônica local, como foliações curvilíneas e domos bem delineados. Associados à Suíte Mangabeiras, ocorrem granitos pegmatóides e pegmatitos, caracterizados por granulação muito grossa, predominância de feldspato potássico perítico e quartzo em intercrescimento gráfico, além de acessórios como moscovita centimétrica, turmalina negra, biotita, granada vermelha, e raros berilo e apatita (Pedrosa-Soares, 1997; Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000; Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Os pegmatitos graníticos relacionados às supersuítas G2 e G4 são ricos em elementos raros e gemas, como turmalina, berilo e espodumênio (Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

A área de estudo deste trabalho está inserida dentro do distrito pegmatítico de Araçuaí (Figura 10). Dentre todos os distritos pegmatíticos da PPOB, o distrito de Araçuaí é um dos que mais se tem destacado nos últimos anos sobre o viés dos projetos de pesquisa mineral, sobretudo devido a sua abundância de pegmatitos complexos do tipo LCT (*Lithium–Cesium–Tantalum*) apresentando estrutura zonada bem desenvolvida e mineralogia rica em gemas como turmalina (elbaíta), berilo (inclusive água-marinha) e minerais litiníferos, tais como espodumênios, petalita, lepdolita e fosfatos de lítio (Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Figura 10 - Mapa geológico simplificado do orógeno Araçuai destacando as supersuítas graníticas e os distritos pegmatíticos que compoem a PPOB



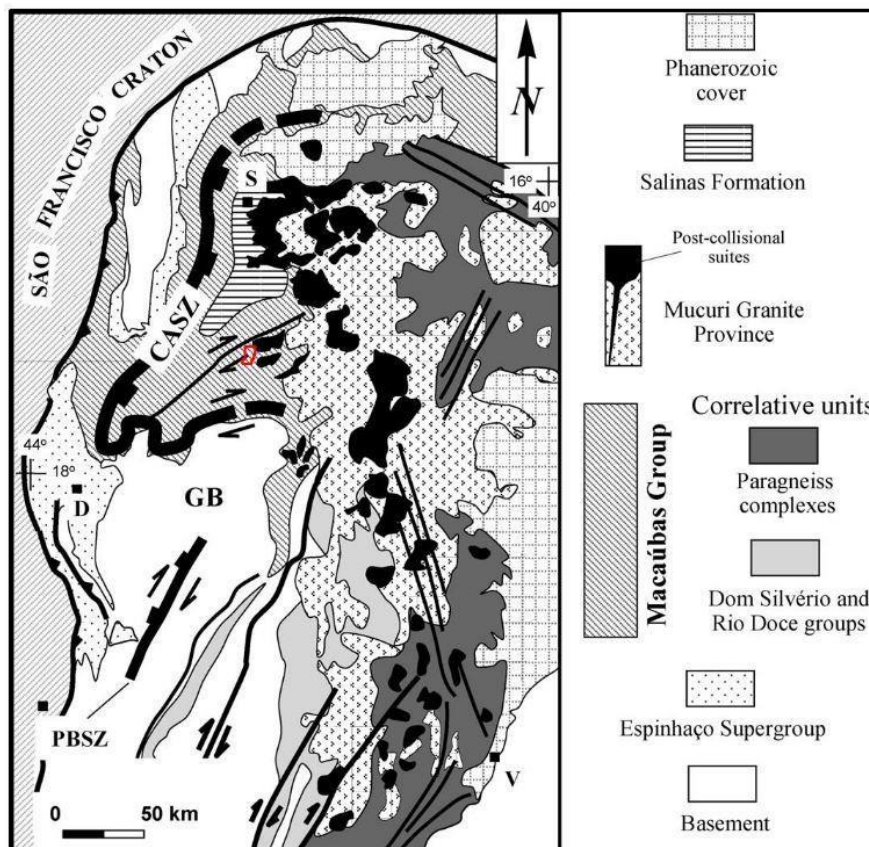
Fonte: Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* (2011).  
O perímetro da área de estudo aparece destacado em vermelho.

### 2.3. Arcabouço Estrutural e Metamorfismo

O domínio externo do orógeno é marcado por sistemas de dobras e cavalgamentos orientadas segundo a direção N-S, refletindo um encurtamento leste-oeste, e apresentam paragêneses típicas da fácies xisto verde. Em contraste, o domínio interno, associado ao núcleo cristalino e zonas de cisalhamento de maior profundidade, registra condições metamórficas da fácies anfibolito à granulito (Alkmim *et al.* 2007). Os compartimentos tectônicos do OA são subdivididos com base em sua orientação espacial, significado cinemático e história de nucleação das estruturas dominantes (Alkmim *et al.* 2006; Alkmim *et al.* 2007). A região mapeada neste trabalho está inserida entre o Bloco Guanhanês e o Corredor Transpressivo de Minas Novas, duas das principais estruturas regionais e compartimentos tectônicos do AO (Figura 11).

Figura 11 - Ilustração do mapa regional e elementos estruturais do Orógeno Araçuaí.

A área da pesquisa está indicada pelo polígono vermelho



Fonte: Modificado de Marshak *et al.* (2006).

O Corredor Transpressivo de Minas Novas, uma zona de cisalhamento dextral de orientação geral NE-SW que atravessa os metapelitos do Grupo Macaúbas. De maneira geral, a foliação predominante é uma xistosidade subvertical com orientação NE, na porção noroeste as foliações mergulham para SE, enquanto na porção sudeste mergulham para NW. As lineações de estiramento mineral possuem caimento médio de 30° para NE. Na porção central do corredor são comuns dobras apertadas a isoclinais, cujos eixos são subparalelos às lineações de estiramento, indicando um movimento geral de cisalhamento com características de transporte dextral reverso (Alkmim *et al.* 2006; Marshak *et al.* 2006).

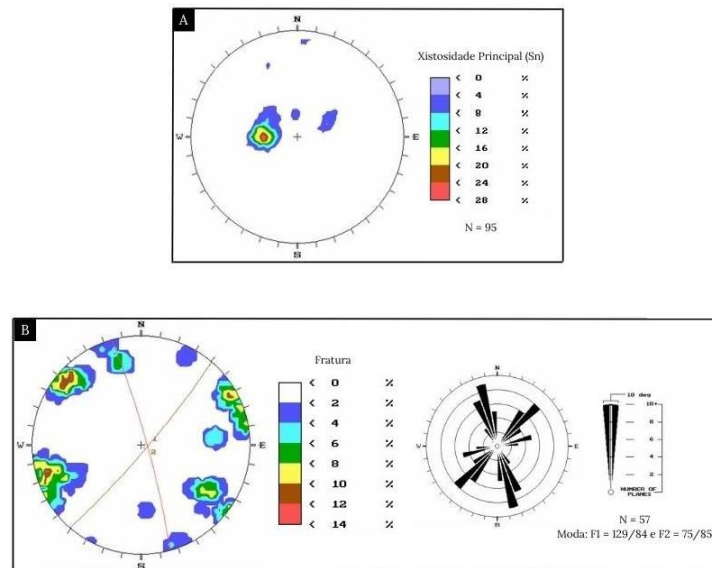
O Bloco Guanhães corresponde a um grande alto estrutural que expõe o embasamento do orógeno a sudeste do cinturão de dobras e cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional. Constituído majoritariamente por ortognaisses e paragneisses de alto grau metamórfico, este bloco registra paragêneses típicas da fácies anfibolito a granulito. Estruturalmente, o Bloco Guanhães apresenta um embasamento rígido que atuou como indutor da curvatura e reorientação das estruturas ao seu redor, funcionando como um corpo relativamente estável no contexto da deformação regional (Alkmim *et al.* 2007).

A região de Ribeirão da Folha expõe um rico arcabouço estrutural onde são descritas pelo menos duas fases de deformação, sendo a principal estrutura uma foliação regional que associada a dobras assimétricas a isoclinais, por vezes, apresentam uma lineação de estiramento mineral associada (Queiroga, 2006; Amaral *et al.* 2020).

Queiroga (2006) discorre sobre dois acervos estruturais, sendo eles: (i) acervo dúctil, evidenciado pela xistosidade principal ( $S_n$ ) que transpõe uma foliação anterior ( $S_{n-1}$ ). A xistosidade principal expressa ângulos de mergulho que variam em torno de 45°, principalmente nos quadrantes NE e SE (Figura 12A), comumente se manifestando como uma das foliações de um par S/C, representando geralmente a foliação C, mais proeminente. Além disso, destaca a presença de indicadores cinemáticos, como minerais rotacionados e com sombras de pressão. A paragênese mineral formada por granada, estauroilita, cianita, biotita e muscovita que ocorre de forma sin-tectônica a esta foliação principal indica metamorfismo regional sob condições de fácies anfibolito intermediário, na zona da cianita, com temperaturas entre 530 °C e 602 °C e pressões de aproximadamente 4,9 a 5,3 kbar; (ii) acervo rúptil, marcado por dois sistemas de fraturas preferenciais verticais a sub-verticais e por um sistema de clivagem espaçada rúptil ou de

fratura com direções NE e NW (Figura 12B); estas estruturas são provavelmente associadas aos eventos distensionais ocorridos durante o colapso do Orógeno Araçuaí.

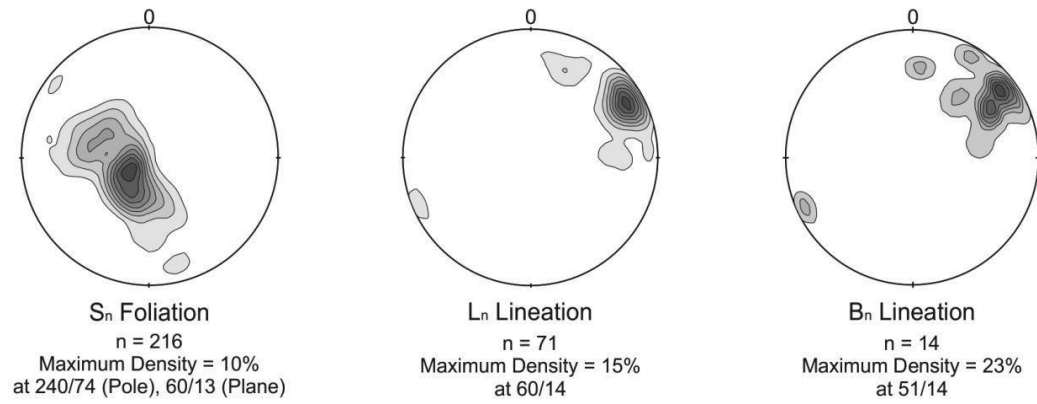
Figura 12A – Projeção polar do acervo estrutural dúctil de Ribeirão da Folha;  
12B - Projeção polar do acervo estrutural rúptil de Ribeirão da Folha



Fonte: Queiroga, (2006).

Amaral *et al.* (2020) destacam que a foliação regional (Sn) está associada a primeira fase de deformação (D<sub>1</sub>) como o principal evento colisional na região de Ribeirão da Folha, responsável pelo encurtamento crustal e pelo empilhamento de lascas tectônicas com transporte dirigido para sudoeste expresso na lineação de estiramento (Ln) impressa na foliação (Sn), que indica o sentido de transporte tectônico. Além disso, os autores discorrem sobre a segunda fase de deformação (D<sub>2</sub>), a qual é interpretada como um evento tardio de reorganização estrutural pós-colisional, responsável pela geração das dobras com geometrias abertas a reclinadas e eixos (Bn) geralmente orientados segundo o rumo NW-SE, que deformam a foliação (Sn) (Figura 13).

Figura 13 – Projeções polares das estruturas  $S_n$ ,  $L_n$  e  $B_n$



Fonte: Amaral *et al.* (2020).

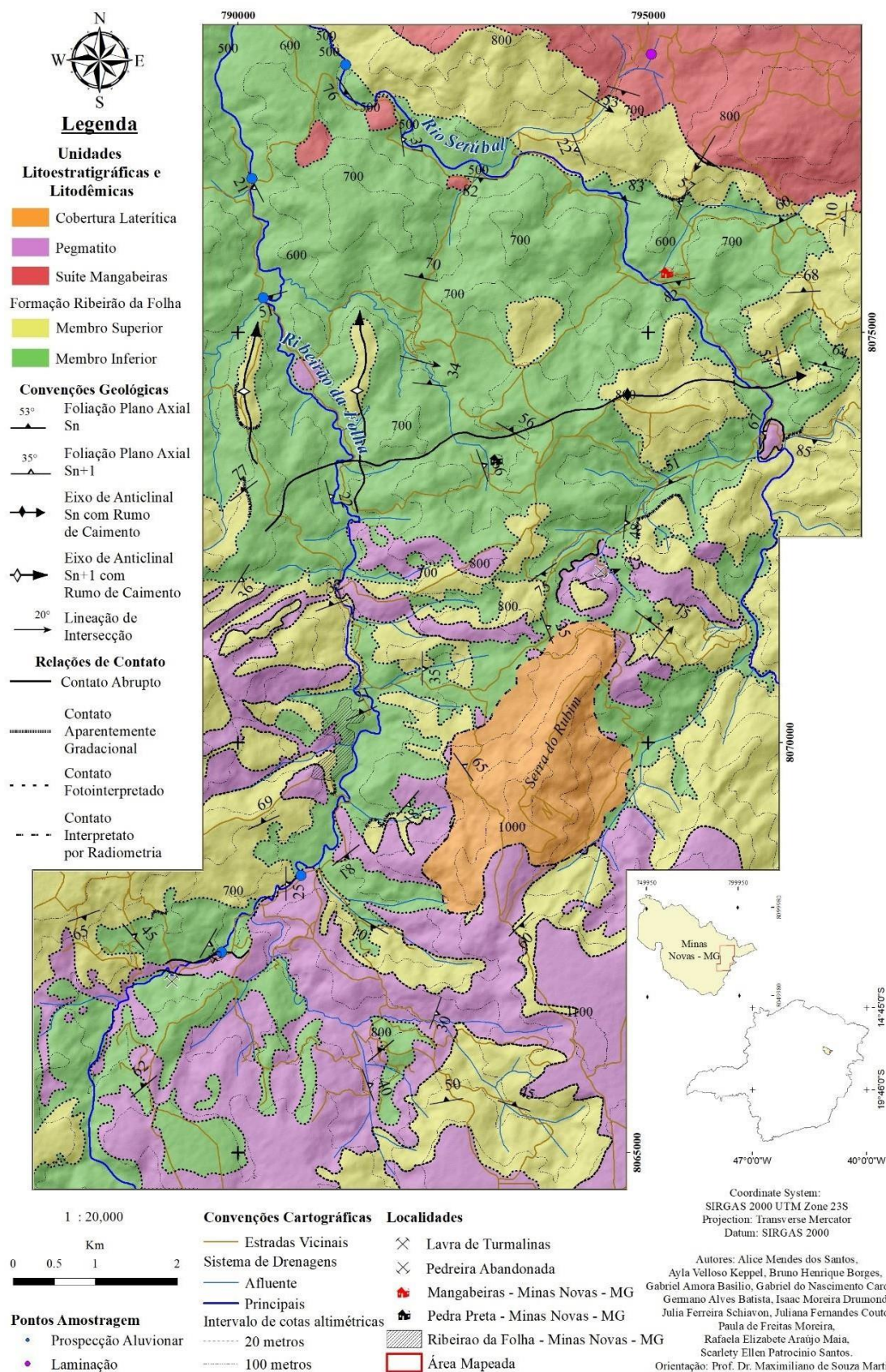
### **3. Geologia Local**

#### **3.1. Mapa Geológico da Região de Ribeirão da Folha**

O mapeamento geológico da região de Ribeirão da Folha (Figura 14) permitiu individualizar a Formação Ribeirão da Folha em sua área-tipo nos Membros Inferior e Superior, possuindo correspondência entre a fotointerpretação geológica e os perfis de campo. A Suíte Mangabeiras ocorre na porção norte da área, ao passo que os corpos de pegmatitos graníticos distribuem-se na porção central e expressivamente na porção sul do mapa, apresentando-se como enxames de diques e soleiras orientados de forma paralela às principais estruturas planares identificadas na área.



Figura 14 – Mapa geológico da região de Ribeirão da Folha



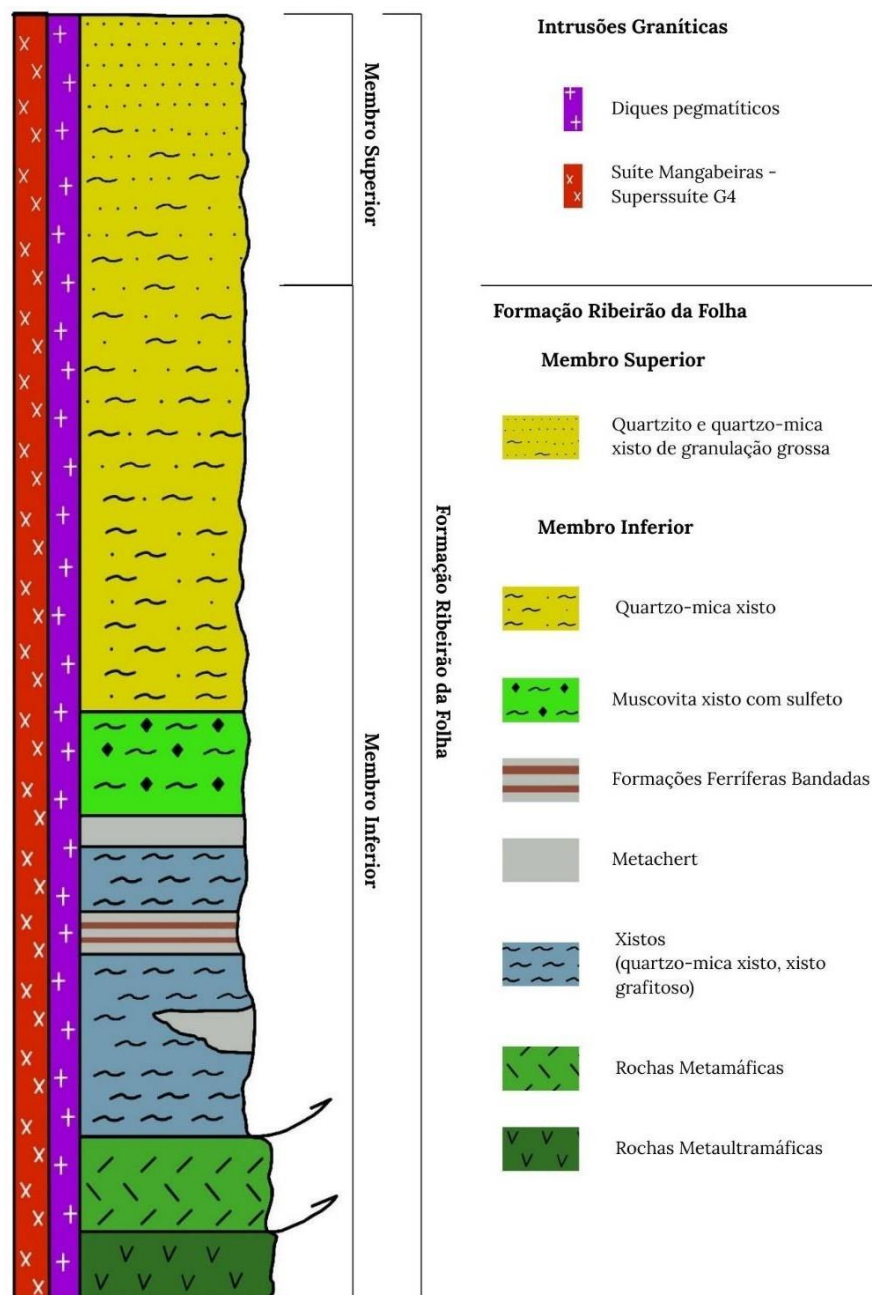
Fonte: Autoria dos(as) alunos(as) da disciplina GEO391\_2023\_1 orientados pelo Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.



### 3.2. Litoestratigrafia

De forma geral, a área mapeada expõe um conjunto de rochas metaultramáficas, metamáficas e metassedimentares que hospedam duas intrusões graníticas distintas. Todas as unidades estão representadas na coluna litoestratigráfica (Figura 15).

Figura 15 – Coluna Litoestratigráfica da Região de Ribeirão da Folha



Fonte: autoria própria.

### 3.2.1. Formação Ribeirão da Folha

#### 3.2.1.1. Membro Inferior

O Membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha é representado por rochas metaultramáficas, metamáficas e metapelíticas. Essas rochas distribuem-se entre as cotas 500 a 800 metros de altitude, aflorando em todas as quadrículas mapeadas. Ocupam uma área de 46 km<sup>2</sup> correspondendo a 42,98% da área mapeada. A base desta unidade é composta por rochas metaultramáficas e metamáficas as quais ocorrem de forma pontual, principalmente nas quadrículas sul e centro-sul da área mapeada, aflorando nas margens do ribeirão da Folha. Petrograficamente, as rochas metaultramáficas são compostas, predominantemente, por minerais do grupo da serpentina, com brilho sedoso e coloração verde a verde escura, que se distribuem em agregados fibrosos, finamente entrelaçados e quando ocorrem orientados perfazem a textura da rocha que varia de xistosa a maciça. Já as rochas metamáficas são anfíbolitos de coloração verde escura (Figura 16A) constituídos essencialmente por hornblenda, que ocorrem em cristais alongados conferindo à rocha uma microestrutura nematoblástica, e por plagioclásio que estão dispersos na rocha.

Figura 16 – Fotografias de amostras do Membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha



Fonte: Fotografias A e C autoria própria; B e D autoria de Gabriel Amora.

As rochas metassedimentares que constituem o Membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha se apresentam como quartzo-mica xistos (Figura 16B) com porfiroblastos de granada e/ou cianita, xistos grafitosos (Figura 16C), formações ferríferas bandadas, intercalações de metachert e xistos sulfetados (Figura 16D). As diferentes variedades destas rochas xistosas apresentam quartzo, muscovita e biotita como minerais essenciais, sendo estes os minerais que conferem textura à rocha que varia de granolepidoblástica a lepidoblástica. Grafita e cianita, na variedade “vassoura de bruxa”, fazem parte da mineralogia principal dos xistos grafitosos, assim como, a pirita em xistos sulfetados. A mineralogia acessória varia de acordo com o tipo de rocha, sendo comum encontrar magnetita como mineral acessório.

#### **3.2.1.2. Membro Superior**

O contato entre os membros Inferior e Superior ocorre de forma aparentemente gradacional, com a quantidade de filossilicatos diminuindo em direção ao topo estratigráfico e ocorrendo o aumento da quantidade de quartzo, assim como da granulação, predominando textura lepidogranoblástica a granoblástica. A biotita diminui conforme aumenta a quantidade de muscovita, com a rocha apresentando granulação fina. Os termos petrográficos variam de quartzo-muscovita-biotita xisto a quartzitos impuros de granulação fina com sericita e quartzitos (Figura 17A, B). Essas rochas distribuem-se entre as cotas 600 a 1.100 metros de altitude formando relevos de serras e planaltos, aflorando principalmente nos limites leste e oeste da região mapeada. Este Membro ocorre em todas as quadrículas ocupando uma área de 30,20 km<sup>2</sup> correspondendo a 28,22% da área mapeada.

Figura 17A – Rocha do Membro Superior em escala de afloramento

18B – Em escala de mão



Fonte: Fotografias A e B, autoria de Paula de Freitas Moreira.

### 3.2.2. Suíte Mangabeiras

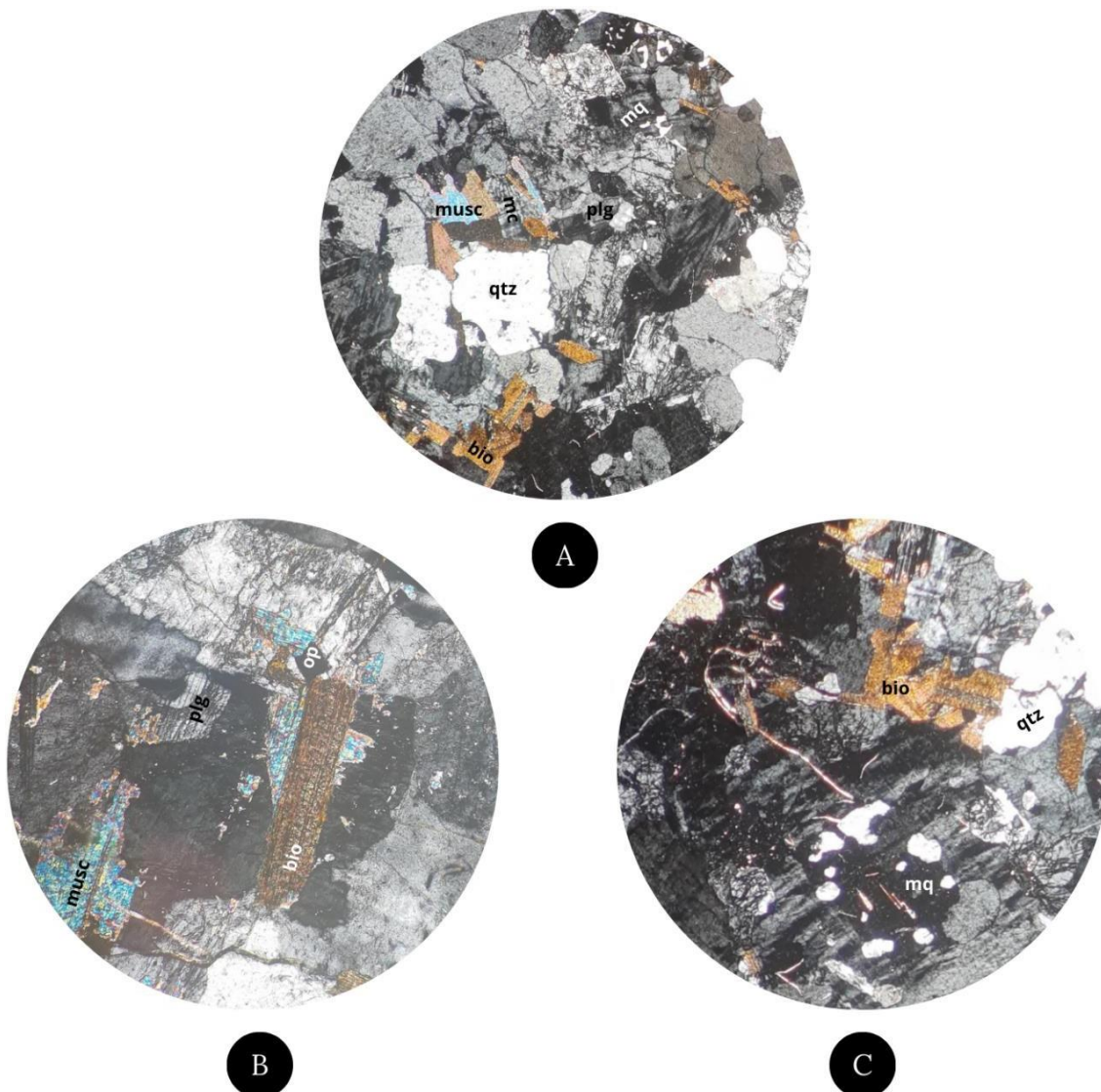
A Suíte Mangabeiras ocorre na quadrícula norte, ocupando uma área de 6,13 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 5,73% do total da área mapeada. Essa Suíte é descrita em campo como uma rocha granitóide formada por cristais equigranulares de quartzo, plagioclásio, muscovita e biotita. Em lâmina (Figura 18) é caracterizada como um monzogranito de textura holocristalina, fanerítica e equigranular. A mineralogia é dominada por quartzo (35%), microclina (27%) e plagioclásio (22%), com biotita (7%) e muscovita (5%). O quartzo exibe coloração cinza a amarela de 1ª ordem sob luz polarizada, apresentando de forma esporádica a textura de mirmequita, enquanto a microclina se destaca pela macla tartan e ocorre majoritariamente sob a forma anédrica. O plagioclásio apresenta macla polissintética e vários cristais aparecem intensamente alterados para sericita. A biotita,



com pleocroísmo de castanho claro a marrom escuro, exibe extinção em olho de pássaro e ocorre parcialmente alterada para clorita. A muscovita é incolor, sem pleocroísmo, e apresenta interferência em azul de 2ª ordem com extinção mosqueada semelhante à da biotita. Minerais acessórios (4%) incluem opacos com hábito cúbico ou bipiramidal.

Figura 18 – Lâminas delgadas de monzogranito da Suíte Mangabeiras.

18A: Apresenta quase toda a assembleia mineralógica constituinte da rocha; 18B: Minerais opacos com hábito cúbico ou bipiramidal; 18C: Mirmequita, e também, biotita e plagioclásio muito alterados.



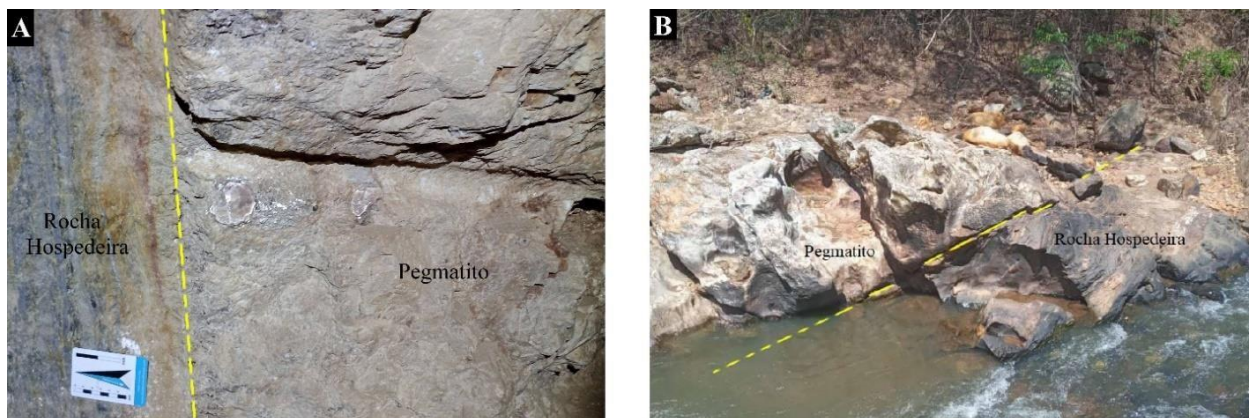
Qtz - quartzo; bio - biotita; musc - muscovita; plg - plagioclásio; mc - microclina; op - opacos; Mq - mirmequita.

Fonte: Autoria própria.

### 3.2.3. Intrusões Pegmatíticas

De maneira geral, os pegmatitos graníticos cortam a Suíte Mangabeiras ao norte e se distribuem amplamente por toda a região mapeada, predominando nas quadrículas centro-sul e sul, preenchendo uma área de 19,8 km<sup>2</sup> o que equivalente a 18,5% do total mapeado. Apresenta boas exposições com afloramentos pouco alterados. A figura 19 mostra que a relação de contato entre os pegmatitos e a Formação Ribeirão da Folha (indistinta) ocorre de forma abrupta e sem feições de reações metassomáticas

Figura 19 – Relações de contato. A: Contato abrupto e sem metassomatismo; B: Contato Abrupto

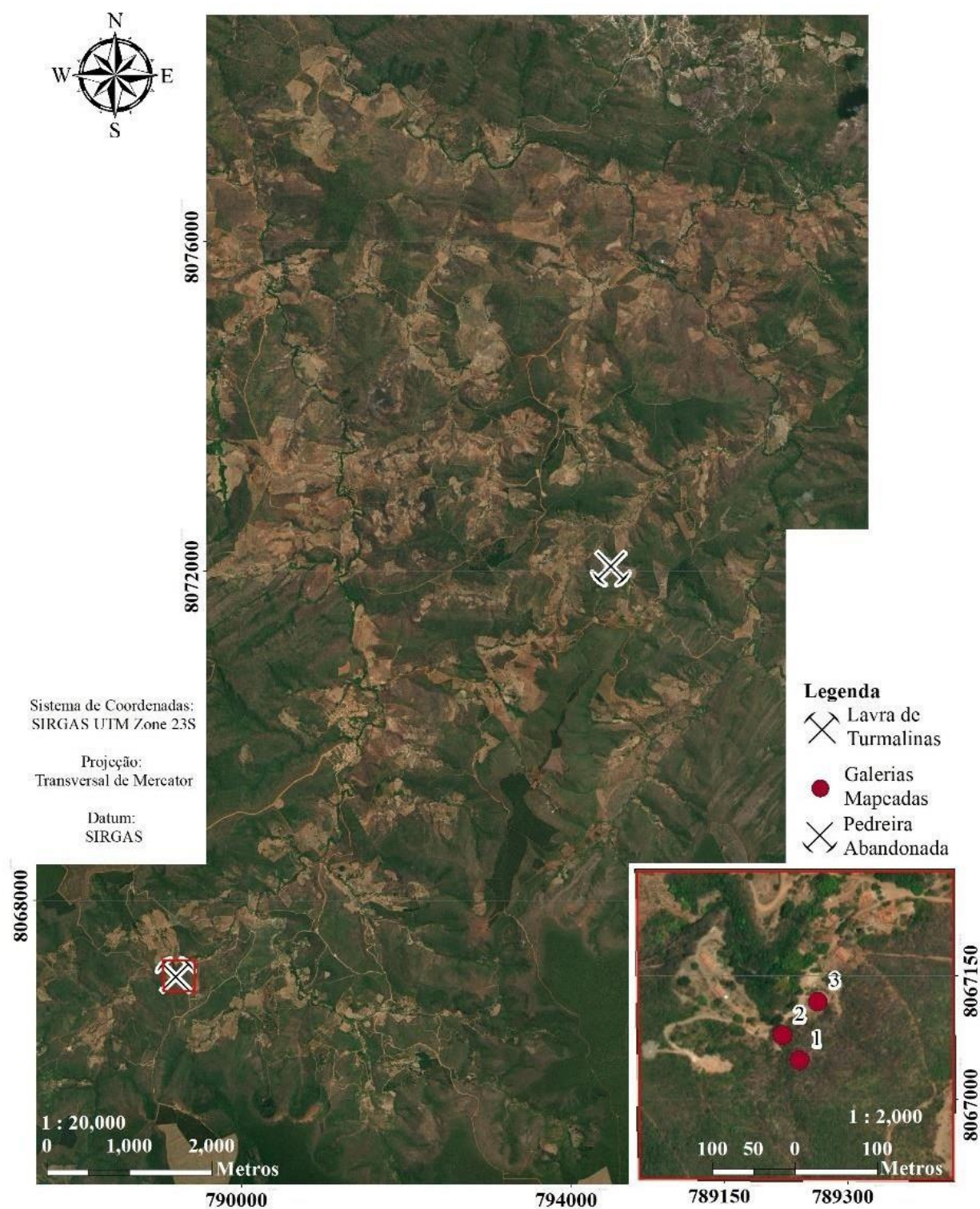


Fonte: A – Wilck Guilherme Campos; B – Autoria própria.

O tamanho dos pegmatitos varia muito, ora aflorando como pequenos veios granitóides de textura aplítica, ora como corpos mais pujantes. As melhores exposições observadas foram em três galerias subterrâneas mapeadas em escala de detalhe (1:100), e também, uma pedreira abandonada com mais de 60 metros de comprimento de rocha fresca exposta, onde a intensa variação textural possibilitou um vislumbre do zonamento destes pegmatitos. A Figura 20 traz a localização das galerias subterrâneas e da pedreira, enquanto a Figura 21 traz uma fotografia panorâmica desta pedreira. A linha em vermelho destaca as pequenas porções de zonas com textura granítica que são envelopadas por uma primeira zona de textura pegmatítica, todas recobertas por uma segunda zona de textura pegmatítica marcadas pela linha em azul. Destacado em preto aparece um xenólito de muscovita, biotita xisto do membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha.



Figura 20 – Mapa de localização das galerias mapeadas e da pedreira



Fonte: Autoria própria.

Figura 21 – Pedreira abandonada



Fonte: Autoria própria.



### **3.2.3.1. Mapeamento de Subsuperfície e classificação dos pegmatitos de Ribeirão da Folha**

Um importante guia prospectivo na exploração de pegmatitos graníticos é a classificação destes corpos, que sistematiza diferentes tipos de pegmatitos e seus recursos minerais associados. O sistema de classificação proposta por Černý (1991 a, b) e revisitado por Černý & Ercit (2005) foi amplamente aplicado e testado em todo o mundo porque fornece um sistema abrangente e relativamente simples para categorizar pegmatitos graníticos com base em critérios geoquímicos, mineralógicos e estruturais. Contudo, esse sistema apresenta limitações, pois mistura critérios distintos em um mesmo nível, dificultando sua aplicação e causando inconsistências, especialmente na distinção entre os grupos NYF e LCT (Müller *et al.*, 2022; Madureira *et al.*, 2025). Além disso, sua dependência de inferências sobre a profundidade de formação e as condições P-T das rochas hospedeiras pode levar a erros de categorização, além da exclusão de certos tipos de pegmatitos, como aqueles formados por anatexia, e a dificuldade em classificar corpos pegmatíticos que apresentam características híbridas, sendo também pontos fracos do sistema (Müller *et al.*, 2022). Diante disto, Wise & Müller (2022) apresentam um sistema que enfatiza a mineralogia acessória primária (Figura 22), a relação com as rochas hospedeiras e a origem do pegmatito. Esse modelo mantém a divisão de classes, famílias e tipos presente no sistema de classificação de Černý & Ercit (2005), porém, a relação espacial determina se os pegmatitos pertencem a sistemas magmáticos graníticos (Grupos 1 e 2) ou se são produtos diretos de anatexia (Grupo 3).

Figura 22 – Principais Minerais Acessórios e Elementos Químicos Presentes em Pegmatitos Graníticos DPA “*Direct Products Of Anatexis*”

Group 1			Group 2		Group 3	
Rock-forming	Biotite	Fe (± Mg)	Biotite	Fe (± Mg)	Cordierite	Mg
	Almandine		Magnetite		Kyanite	Al
	Muscovite	Al	Hornblende		Andalusite	
			Almandine		Sillimanite	
			Muscovite	Al	Muscovite	
Rare-element	Schorl	B	Uraninite	U	Schorl	B
	Beryl	Be	Allanite	REE, Nb, P	Dumortierite	
	Amblygonite-montebrazite	P	Monazite/Xenotime		Grandierite	
	Lepidolite	Li, B, F)	Titanite	Ti	Borasilite	
	Spodumene		Beryl	Be	Chrysoberyl	Be
	Elbaite		Columbite-group	Nb, Ta		
	Pollucite	Cs				
Additional accessory minerals						
Apatite	Petalite	Amazonite	Molybdenite	Almandine	Monazite	
Cleavelandite	Zircon	Epidote	Schorl	Beryl	Rutile	
Columbite-group		Fluorite	Topaz	Corundum	Sapphirine	
Cassiterite		Hematite	Zircon	Gahnite	Surinamite	
Graftonite group		Ilmenite		Ilmenite	Xenotime	
Triphylite-lithiophilite					Zircon	

Fonte: Wise & Müller (2022).

Afim de propor uma classificação para estes pegmatitos, três galerias subterrâneas foram mapeadas em escala 1:100, revelando um forte padrão de zonamento que ocorre através da variação composicional e textural que nas galerias mapeadas se apresenta de forma planar e abrupta.

Descrição dos zonamentos:

- Zona de borda:** Exibe os minerais plagioclásio, K-feldspato, micas e quartzo, toda a zona apresenta granulação muito fina de aproximadamente 0,3cm;
- Zona II:** A transição da zona I para a zona II é marcada pelo crescimento abrupto dos cristais, porém, sem variação mineralógica significativa, permanecendo os mesmos minerais da zona descrita anteriormente acrescida de minerais acessórios como turmalina schorl e possíveis óxidos. A granulação dos cristais se apresenta de forma homogênea variando entre 0,5cm até 7cm de comprimento no eixo C. Destaca-se o surgimento de uma variedade de quartzo de coloração acinzentada e azulada, e também, a ocorrência de porções de granulação arenosa e

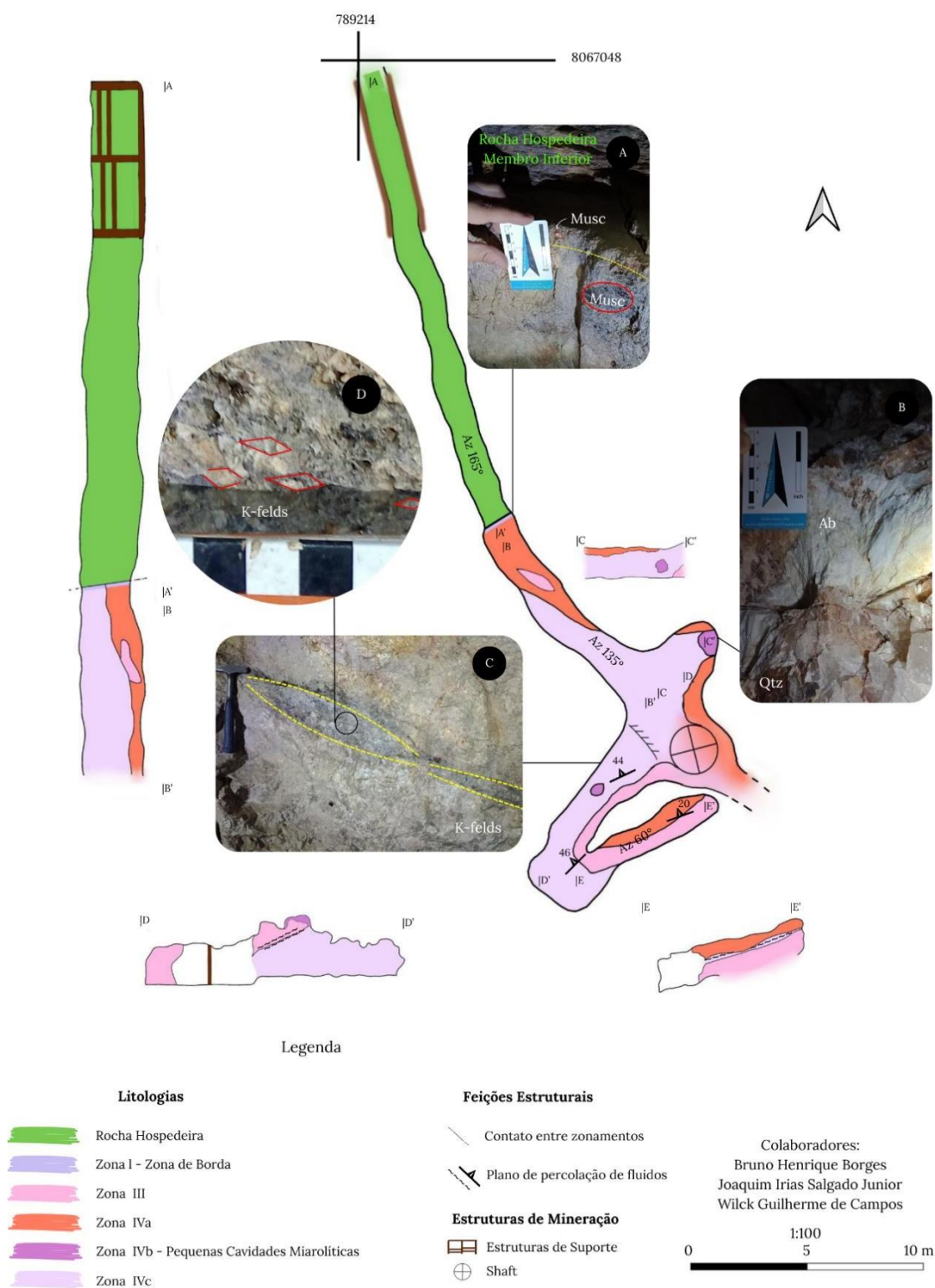
mineralogia semelhante, porém, com predomínio de muscovita, tanto essa variedade de quartzo quanto essa feição arenosa só aparecem nesta Zona;

- c. **Zona III:** Esta Zona é marcada pelo surgimento de textura gráfica que se distribui de maneira irregular por toda a Zona variando bastante a granulação dos cristais de quartzo e K-feldspato intercrescidos. A composição mineralógica varia de cristais de K-feldspato clivados em blocos de aproximadamente 30cm de comprimento no eixo C e porções de agregados de K-feldspato, plagioclásio e quartzo de granulação muito fina, intercalados por porções de textura gráfica;
- d. **Zona IVa:** Apresenta uma transição abrupta no padrão de texturas, somem as texturas gráficas. A mineralogia é composta por microclima, plagioclásio, quartzo, muscovita e minerais acessórios como albita, por exemplo;
- e. **Zona IVb:** Cavidades miarolíticas (ou “caldeirões”) expressas em formas esferoides compostos por albita, muscovita, lepdolita, elbaita e quartzo. Esta Zona aparece no entorno da Zona de núcleo envolvida por agregados de cristais de elbaita e lepdolita, também aparecem dentro da Zona IVc, entretanto, são corpos menores e menos frequentes;
- f. **Zona IVc:** Zona composta exclusivamente por K-silicatos, sendo predominantemente composta por microclina que são ocasionalmente cravejadas por muscovita e pequenas cavidades miarolíticas. A granulação varia de poucos milímetros até mega cristais que medem mais de 3 metros de comprimento no eixo C;
- g. **Zona de Núcleo:** Zona composta majoritariamente por grandes cristais de quartzo maciço de brilho resinoso e coloração acinzentada, eventualmente cravejados por elbaita, envolvidos e permeados por muitas cavidades miarolíticas. Em menor proporção ocorrem minerais felsicos de granulação muito fina se apresentando em agregados sacaroides com mineralogia acessória constituída por apatita, almandina, biotita e

columbita/tantalita, também ocorrem porções que parecem uma mistura dos zonamentos IVa e IVc. Todo este zonamento é cortado por muitos planos por onde percolaram fluidos de alteração.

A galeria 1 desenvolve-se por 45 metros mapeáveis onde se apresentam os zonamentos zona de borda, Zona III, zona IVa, IVb e IVc, representados no mapa geológico de detalhe (Figura 23). Tracejado em amarelo que aparece na fotografia 23A representa a transição da zona de borda para a zona III, a elipse em vermelho destaca a muscovita, nota-se o crescimento abrupto dos cristais. A fotografia 23B mostra cristais de albita bordejando pequenas cavidades miarolíticas que constituem a Zona IVb. Em todas as galerias foi observado um plano de percolação de fluidos posteriores, com feições que se assemelham a “*boudins*” (Fotografia 23C) que corta a Zona IVc com atitude paralela ao plano de zonamento, por vezes aparecendo no contato entre a Zona de K-silicatos e a Zona IVa. Cristais de microlinha comumente apresentam se clivados, expondo a face basal losangular, conferindo um aspecto brechoide (Fotografia 23D). A galeria se estende em profundidade se desenvolvendo um nível inferior e também para além do “*shaft*”, não havia escadas ou plataformas para acessar estas áreas.

Figura 23 – Mapa geológico da Galeria I

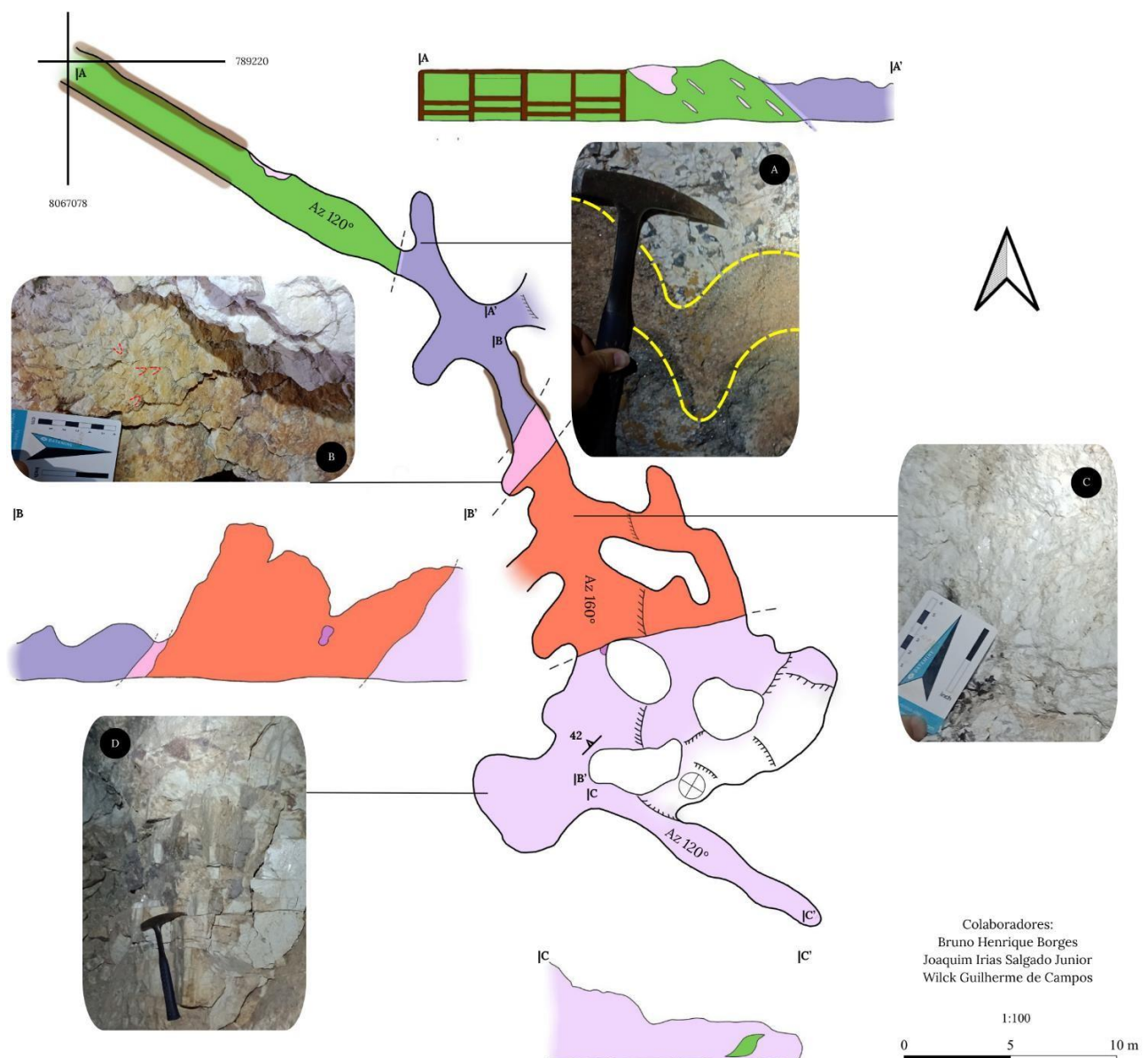


Fonte: Autoria própria com a contribuição de Joaquim Irias Salgado Junior e Wilck Guilherme de Campos durante o trabalho de campo.  
Fotografias: Wilck Guilherme de Campos.

A galeria II é onde o padrão de zonamentos melhor se apresenta, já que foi escavada de forma quase ortogonal a transição dos zonamentos, nela aparecem os zonamentos: I, II, III, IVa, IVb e IVc, além da presença de xenólitos da rocha hospedeira, representados no mapa geológico correspondente (Figura 24). O tracejado em amarelo presente na fotografia 24A representa uma textura arenosa que corta a Zona II, enquanto, o tracejado vermelho na fotografia 24B destaca a textura gráfica característica da Zona III. A fotografia 24C mostra a Zona IVa, marcada pelo desaparecimento da textura gráfica e predominância de textura granítica, por fim, a fotografia 24D representa a Zona IVc, composta por K-silicatos com predominância de microclina. Ao todo, foram mapeados 58 metros, mas a galeria se desenvolve em profundidade para além do “*shaft*” em um nível inferior, contudo essa área é inacessível. A galeria II possui vários túneis e salões interligados e alguns provavelmente se conectam com os túneis da galeria III.

Enquanto a galeria 3 foram mapeados 64 metros no nível superior e 20 metros no nível inferior (Figura 25). Nessa galeria os zonamentos também se apresentam de forma expressiva. Entretanto, a maior parte está coberta por obras de sustentação geotécnica, para além disso, a galeria III foi a única em que se teve acesso à zona de núcleo. O tracejado em verde na fotografia 25A representa cavidades miarolíticas que contornam a Zona de núcleo, já o tracejado amarelo que aparece na fotografia 25B mostra a transição da Zona IVc no topo para a Zona de núcleo, essa transição é marcada pela presença de lepdolita de granulação muito fina e já muito alterada, enquanto a fotografia 25C mostra um agregado sacaroidal de albita que envelopam grandes cristais de granada.

Figura 24 – Mapa geológico da Galeria II



### Legenda

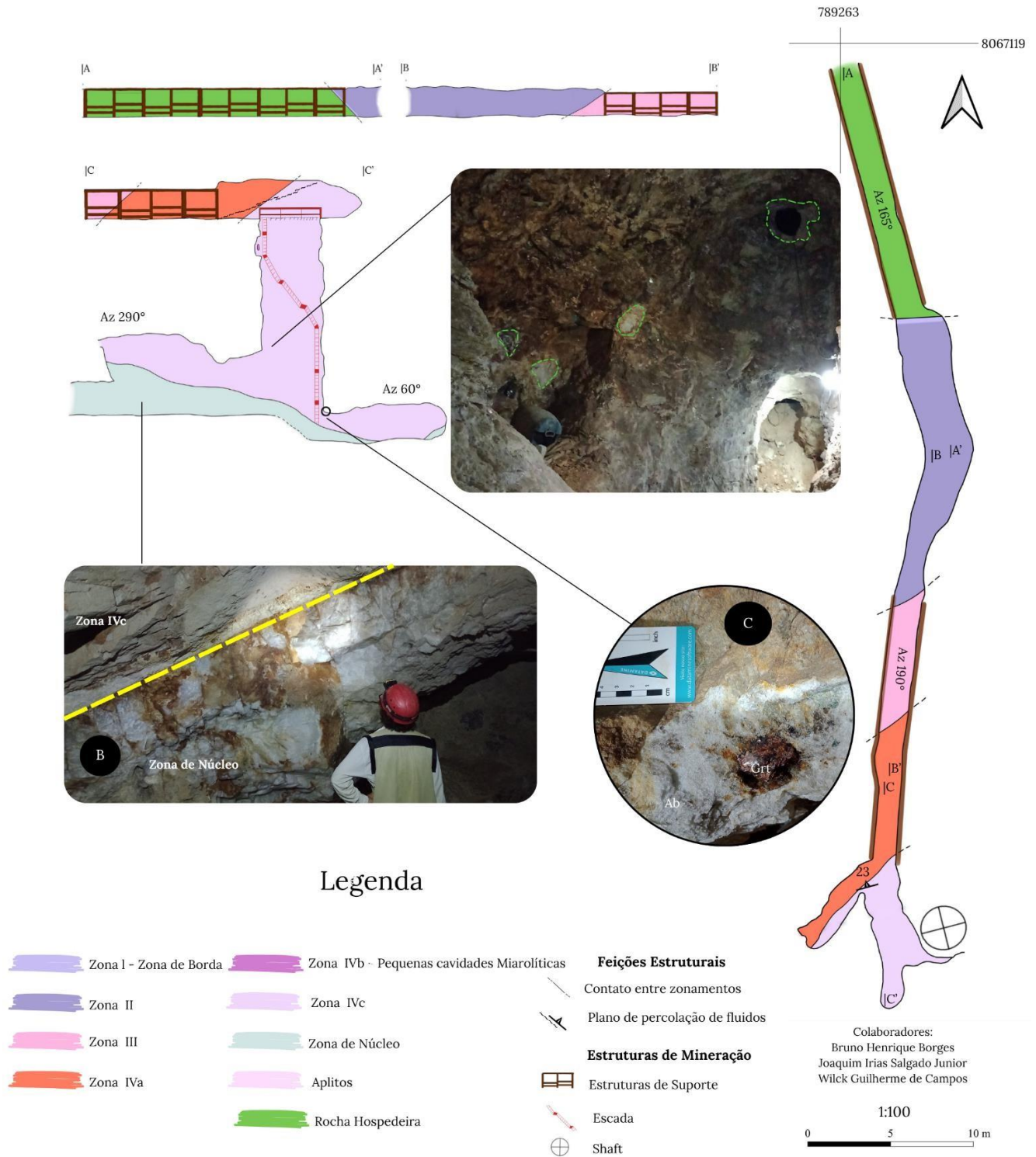
Litologias		Feições Estruturais	
	Rocha Hospedeira		Contato entre zonamentos
	Aplitos		Plano de percolação de fluidos
	Zona I - Zona de Borda		Estruturas de Mineração
	Zona II		Estruturas de Suporte
	Zona III		Shaft
	Zona IVa		
	Zona IVb - Pequenas cavidades Mirolíticas		
	Zona IVc		

Fonte: Autoria própria com a contribuição de Joaquim Irias Salgado Junior e Wilck Guilherme de Campos durante o trabalho de campo.

Fotografias: Wilck Guilherme de Campos.



Figura 25 – Mapa geológico da Galeria III



Fonte: Autoria própria com a contribuição de Joaquim Irias Salgado Junior e Wilck Guilherme de Campos durante o trabalho de campo.

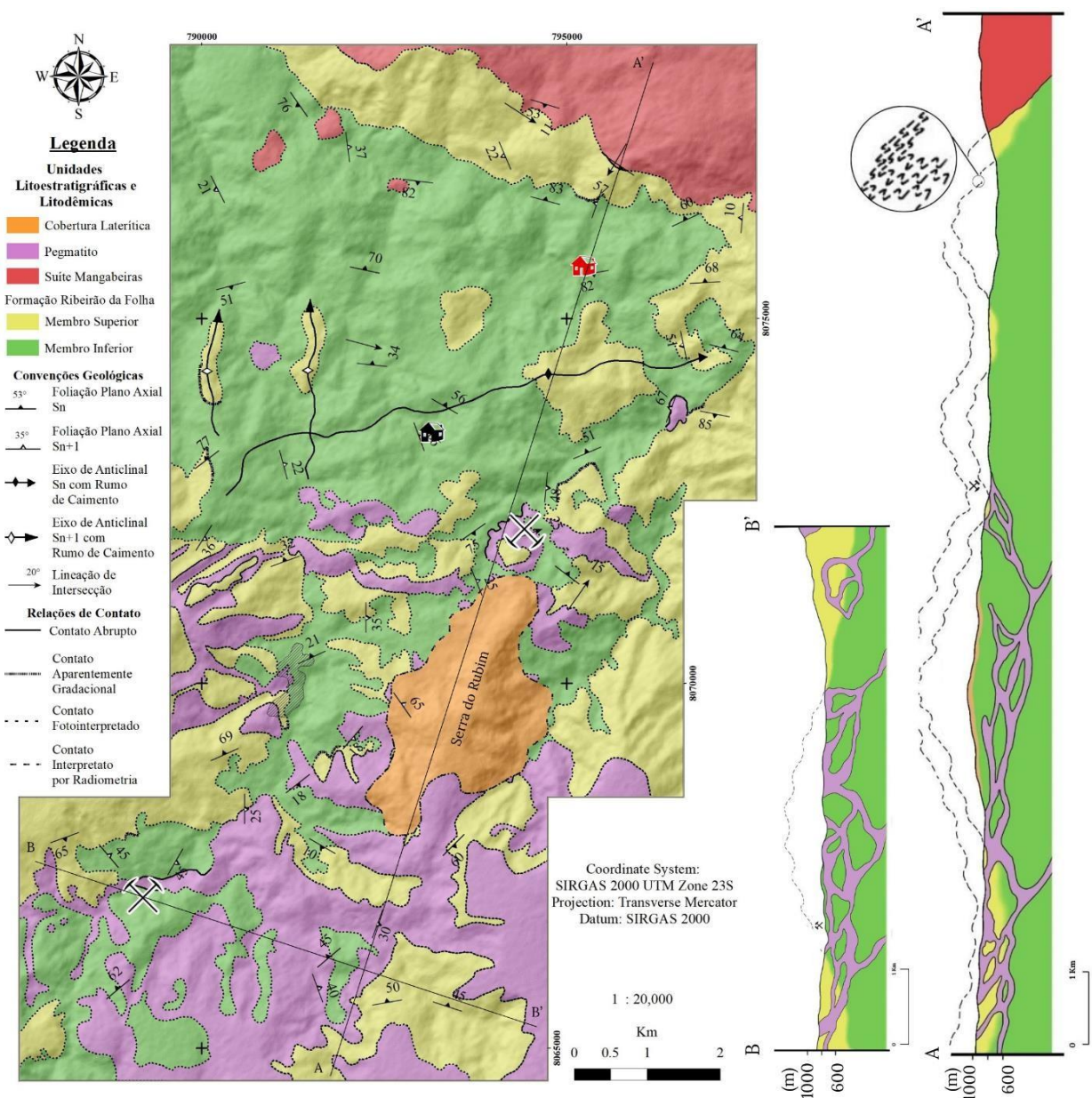
Fotografias: Wilck Guilherme de Campos.



### 3.3. Arcabouço Estrutural Local

A região mapeada apresenta pelo menos três estruturas tectônicas mesoscópicas que se diferem nas suas relações hierárquicas, no regime tectônico e na forma como se expressam em afloramentos. Além disso, as duas estruturas predominantes na área mapeada, Sn e Sn+1, apresentam-se como foliações plano-axiais de dobramentos fechados, que são praticamente ortogonais entre si, configurando, em mapa, um terreno polideformado (Figura 26).

Figura 26 – Mapa geológico simplificado da região de Ribeirão da Folha



Fonte: Autoria dos(as) alunos(as) da disciplina GEO391\_2023\_1 orientados pelo Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.

### 3.3.1. Foliação plano axial Sn

A foliação Sn-1 está completamente transposta, sendo possível ser observada apenas a partir da foliação Sn que é a estrutura predominante na área, a qual é plano axial de dobras fechadas, moderadamente inclinadas, cujo eixo apresenta um leve caimento para leste e possível vergência para S (Figura 27).

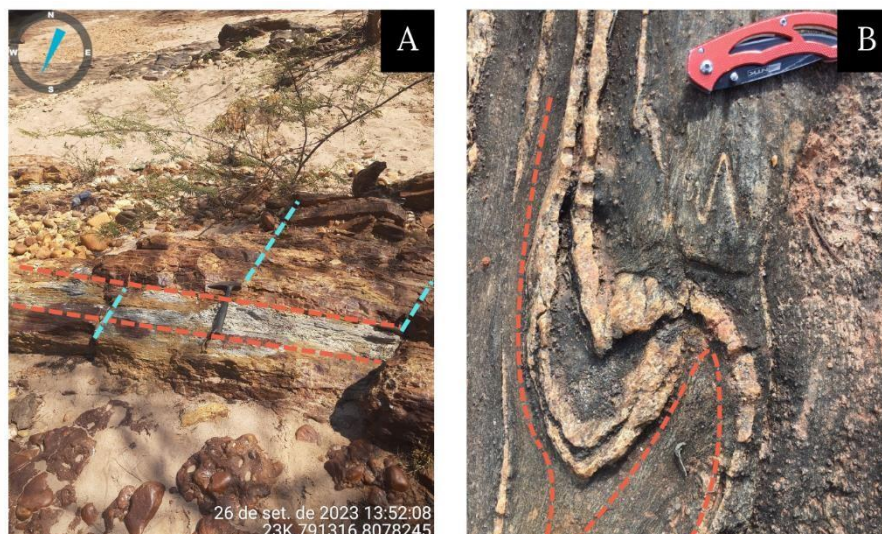
Figura 27 – Seção geológica A-A’.



Fonte: Autoria própria.

Em afloramento a foliação Sn se apresenta na forma de uma trama de filossilicatos orientados, constituindo planos penetrativos e paralelos entre si, destacando o caráter dúctil desta estrutura. A Figura 28 traz a expressão em afloramento da foliação Sn destacada em vermelho, enquanto a foliação Sn+1 aparece em azul (Figura 28A), e também, a dobra mesoscópica em “S” impressa em biotita xisto (Figura 28B).

Figura 28 - Fotografias tiradas em campo apresentando a expressão das foliações plano axiais Sn e Sn+1.

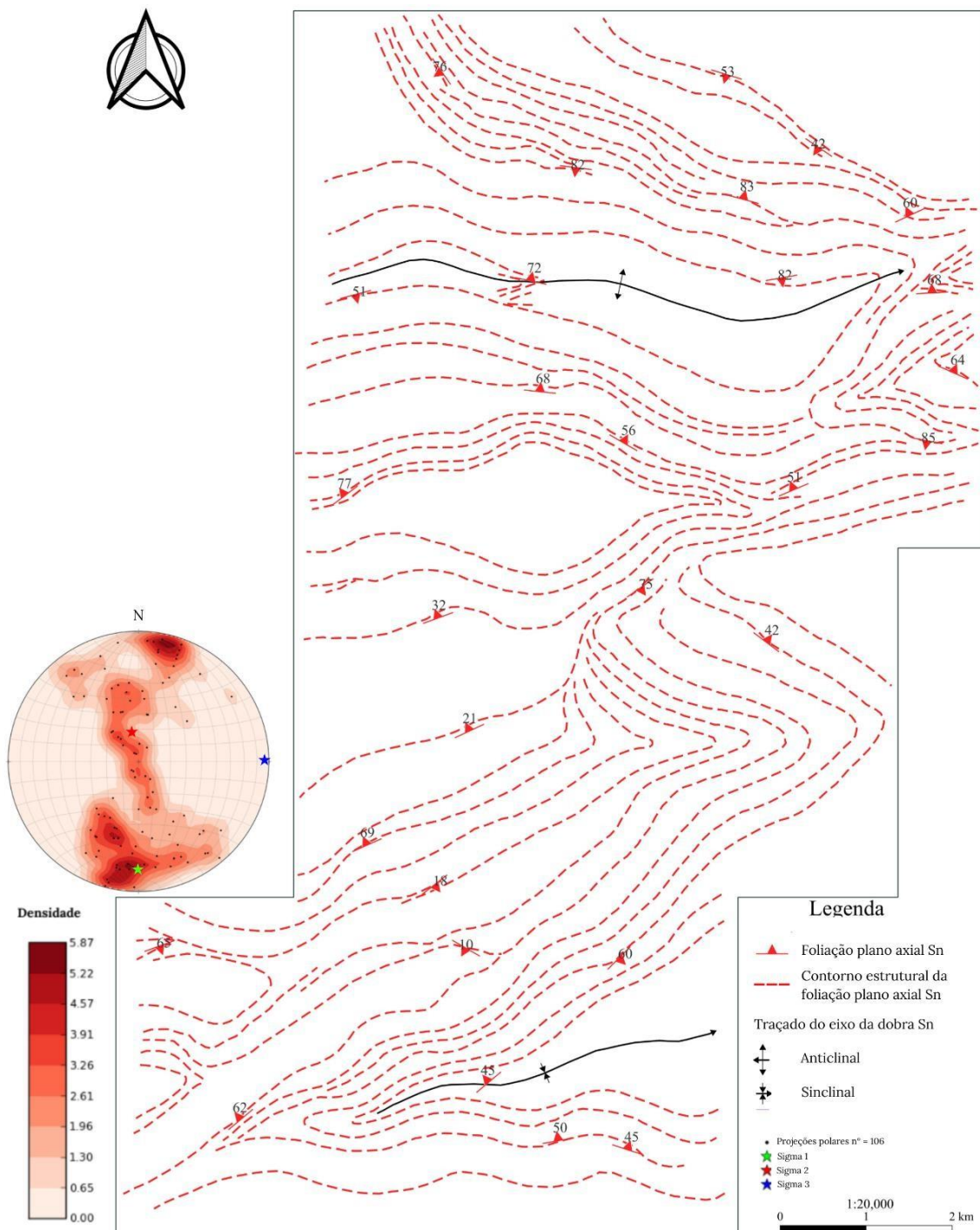


Fonte: A – Autoria própria; B – Gabriel Amora.



O mapa de contorno estrutural abaixo (Figura 29) apresenta um esboço da distribuição desta foliação ao longo da área mapeada, além disso, que se apresenta com direção média WNW-ESE com valores do ângulo de mergulho que variam de 40° a 85° oscilando entre os quadrantes NE e SW.

Figura 29 – Mapa de contorno estrutural da foliação Sn

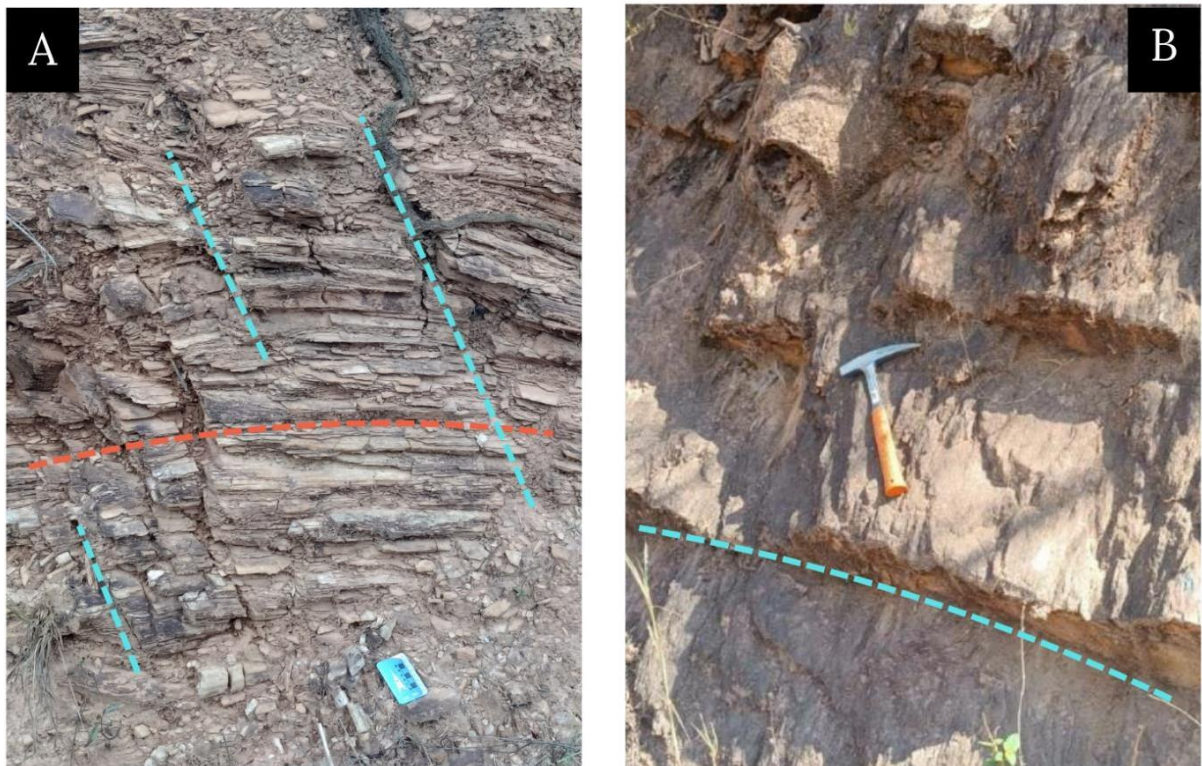


Fonte: Autoria própria.

### 3.3.2. Foliação plano axial Sn+1

A foliação Sn+1 é posterior a todas as outras e ocorre em níveis transicionais, dúctil-rúptil a rúptil-dúctil, aparecendo como clivagem de crenulação em rochas xistosas ou clivagem espaçada em rochas mais arenosas, principalmente nos quartzitos do Membro Superior da Formação Ribeirão da Folha, como representado pela Figura 30 (A e B), onde as linhas tracejadas azuis destacam a foliação Sn+1 enquanto a vermelha mostra a foliação Sn.

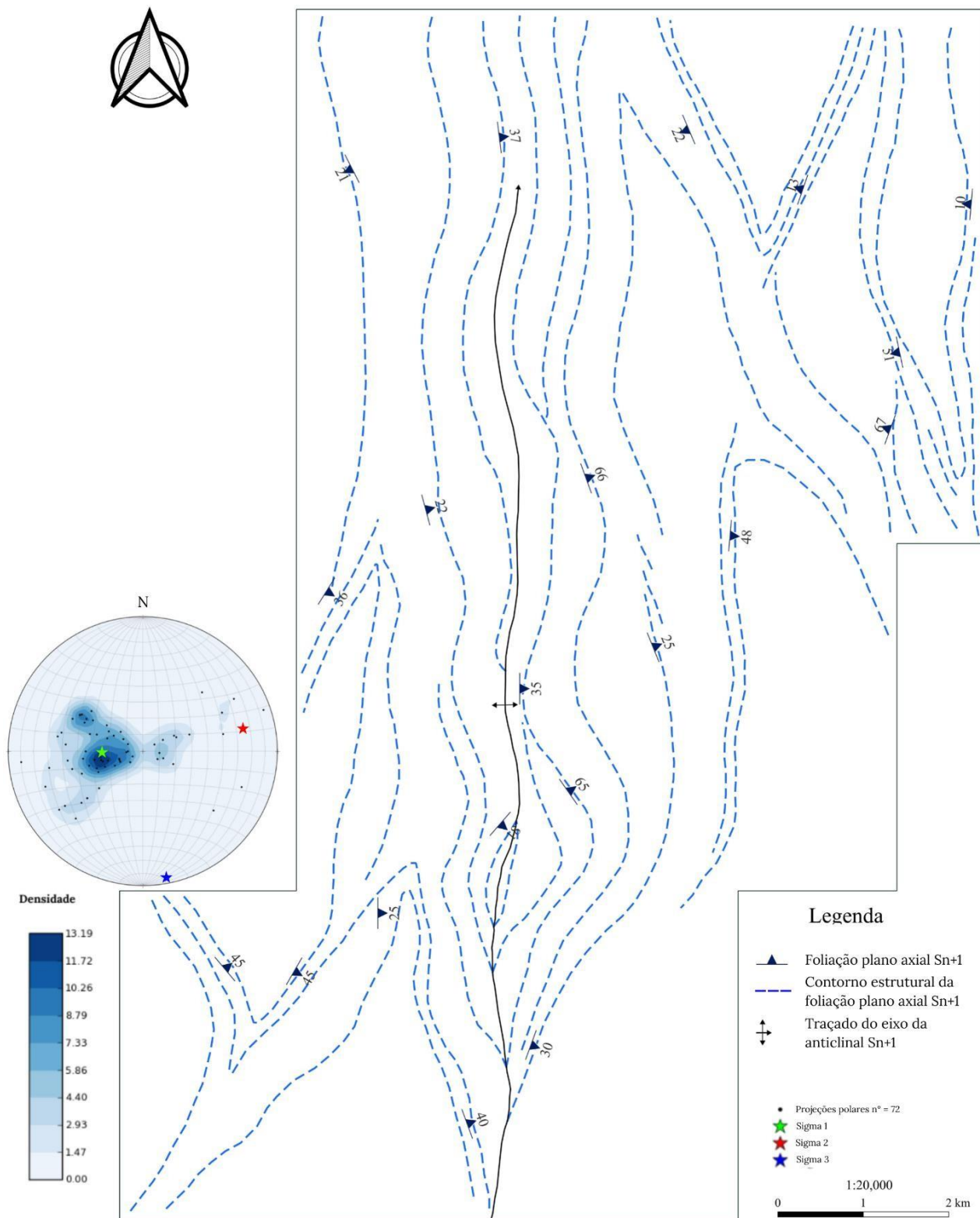
Figura 30 - Fotografias tiradas em campo apresentando a expressão das foliações plano axiais Sn e Sn+1.



Fonte: A e B - Autoria própria.

A frequência de ocorrência desta foliação é relativamente menor, portanto, sua distribuição ocorre de forma menos expressiva no mapa de contorno estrutural da foliação (Figura 31), além disso, a atitude desta foliação se apresenta com direções entre NNE-SSW e NNW-SSE, com mergulho suave para E, variando entre 30° a 45°, ocasionalmente apresentando ângulos mais acentuados, próximos a 60°.

Figura 31 – Mapa de contorno estrutural da foliação Sn+1

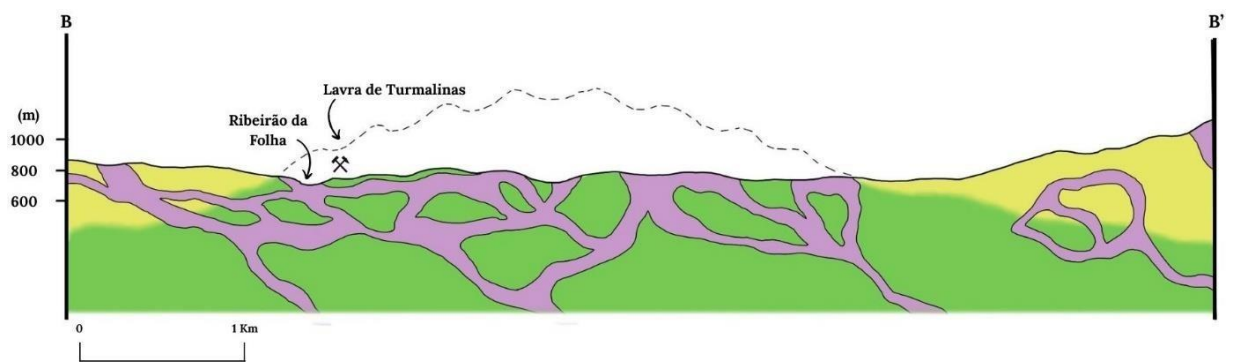


Fonte: Autoria própria.



A foliação  $S_{n+1}$  é plano axial de dobras suave, fracamente inclinada com um leve caimento do eixo para N. Esta foliação possivelmente está associada ao segundo pulso de plutonismo da área, sendo a principal estrutura na qual o enxame de intrusões granitóides de textura aplítica a pegmatítica se encaixam, representado no perfil B-B' (Figura 32).

Figura 32 – Seção geológica B-B'



Fonte: Autoria própria.

### **3.4. Interpretação de Dados Geofísicos**

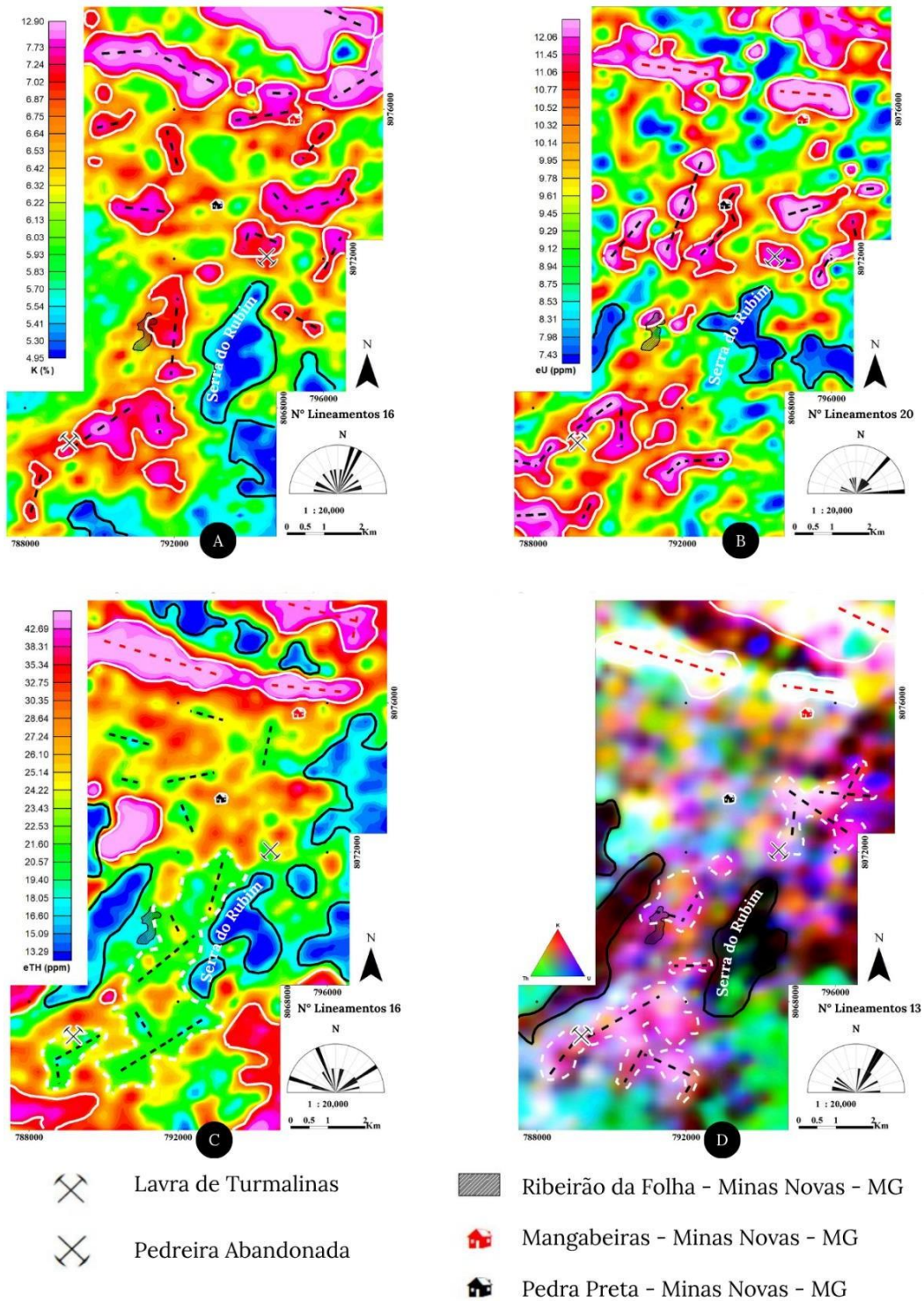
#### **3.4.1. Gamaespectrometria**

A partir dos mapas gamaespectrométricos de urânio equivalente (eU), Tório equivalente (eTh), potássio (K) e ternário da composição (K-U-Th) foi possível identificar regiões que apresentam uma estreita correlação com o mapa geológico, bem como regiões que apresentam uma significativa discrepância entre o mapa geológico e a resposta gamaespectrométrica (Figura 33). Em todos os mapas gamaespectrométricos foram observadas regiões de valores baixos de K, eU e eTh que aparecem destacadas por linhas pretas contínuas, enquanto as regiões com valores elevados aparecem destacadas por linhas brancas contínuas. No mapa ternário as linhas brancas tracejadas destacam, na porção sul da área mapeada, regiões que aparecem valores elevados de eU e K, porém intermediários em eTh, correspondendo em parte aos enxames de intrusões graníticas de textura aplíticas a pegmatítica, minerados para extração de turmalina, indicando que os pegmatitos apresentam assinatura radiométrica distinta dos granitoides da Suíte Mangabeiras. Além disso, as linhas pontilhadas destacam a distribuição dos altos em K e eU, evidenciando a forte correlação entre as intrusões pegmatíticas e a estruturação da região, uma vez que os pontos que apresentam os maiores valores ocorrem alinhados majoritariamente paralelos à foliação  $S_{n+1}$ , por vezes, paralela à foliação  $S_n$ .

As principais discrepâncias entre os mapas gamaespectrométricos e o mapa geológico aparecem na quadrícula sul do mapa, na Serra do Rubim e próximo ao vilarejo de Mangabeiras, localizado na porção nordeste da área de estudo, onde aparecem regiões com altos valores de K, eU e eTh associados as rochas da Suíte Mangabeiras, entretanto, algumas regiões que apresentam esses valores elevados ocorrem fora da área já delimitada da Suíte Mangabeiras. Na quadrícula sul existem regiões com valores baixos no canal de K, porém intermediários para eU e eTh, já na Serra do Rubim, os mapas gamaespectrométricos indicam valores baixos de eU, K e Th. Apesar da resposta positiva dos mapas de eU e eTh, os baixos índices no canal do K é uma característica típica de áreas sem rochas graníticas expostas, contradizendo o mapa geológico, que delimita pegmatitos graníticos aflorantes na área, e os relatos de garimpeiros locais.

Figura 33 – Mosaico de mapas gamaespectométricos

A – Mapa gamaespectométrico Potássio (K); B - Mapa gamaespectométrico Urânio equivalente (eU); C - Mapa gamaespectométrico Tório equivalente (eTh); D – Mapa gamaespectométrico ternário da composição (K – U - Th)

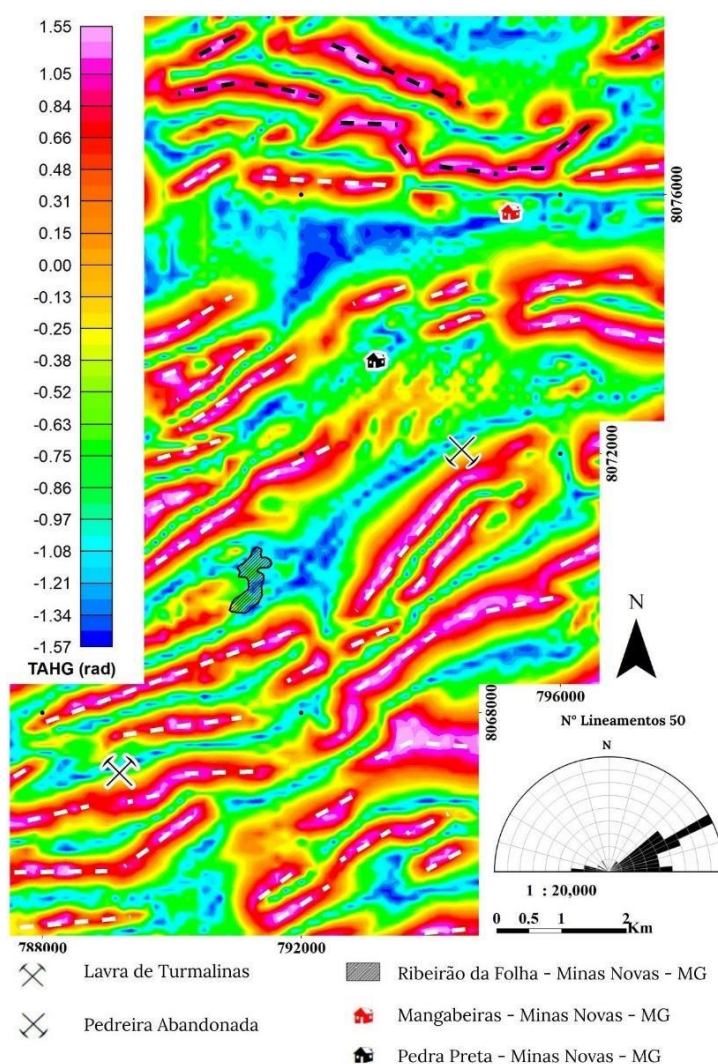


Fonte: Autoria própria sob coordenação do Pr. Dr. Luiz Dutra.



O mapa de magnetometria utilizando o método TAHG mostra que os altos valores de magnetismo se distribuem em padrões retilíneos predominantes na direção N60E, com algumas ocorrências na direção E, o que pode indicar que a estruturação da área pode estar associada a algum cisalhamento regional. Na porção norte do mapa de magnetometria, esses altos magnéticos parecem contornar a região que apresenta valores elevados de K, eU e eTh nos mapas de gamaespectrometria que foram interpretados como pequenos plutons da Suíte Mangabeiras, indicando seu contorno em profundidade e interação com estruturas locais (Figura 34). Além disso, os lineamentos destacados no mapa de magnetometria apresentam certa semelhança com o mapa de contorno estrutural da foliação Sn, reforçando que esta é a estrutura dominante da região.

Figura 34 – Mapa de magnetometria TAHG

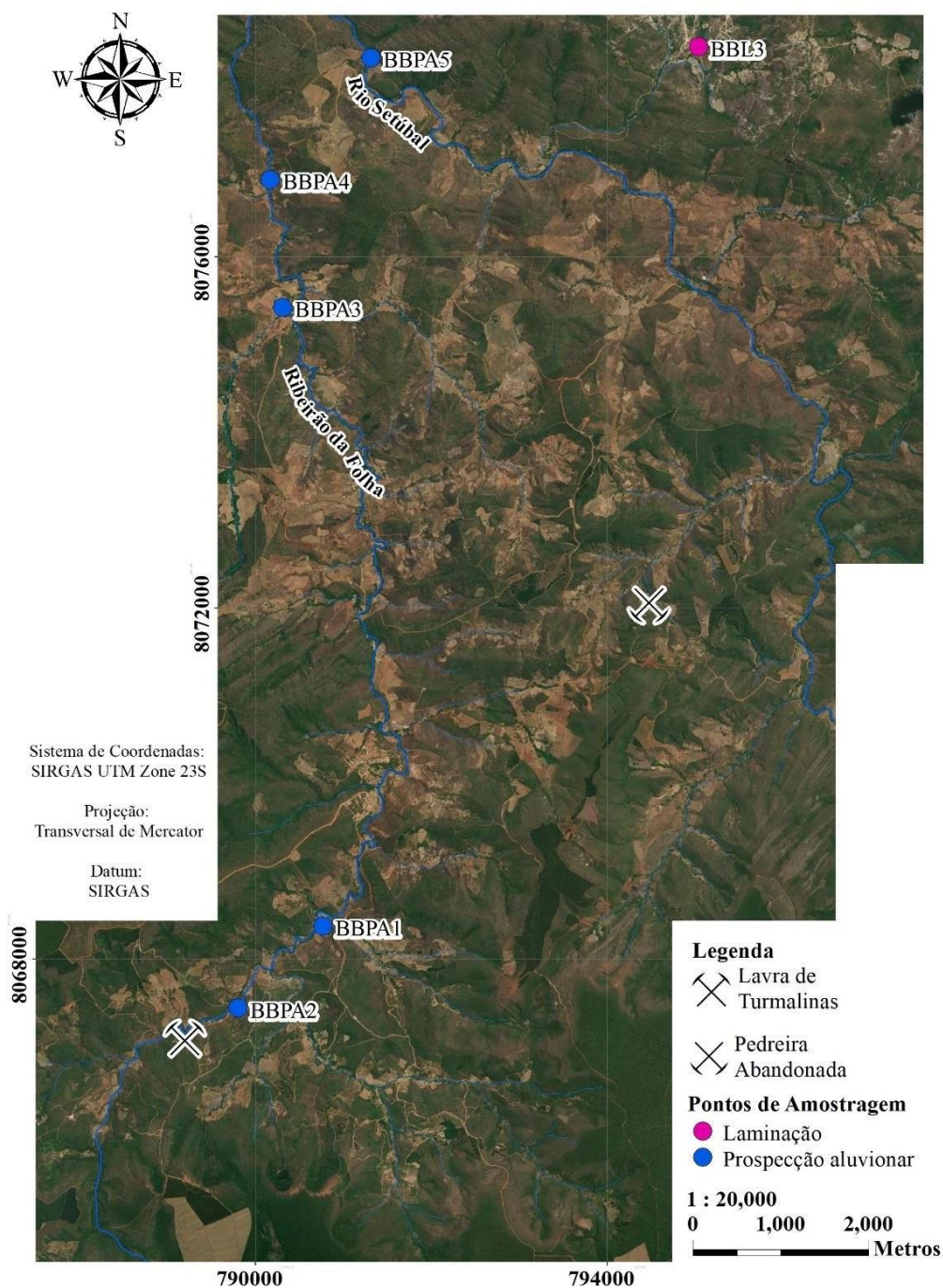


Fonte: Autoria própria sob coordenação do Pr. Dr. Luiz Dutra.

### 3.5. Prospecção de Minerais Pesados

Foi executada a prospecção aluvionar em quatro pontos, três no Ribeirão da Folha e uma no rio Setúbal, representado no mapa abaixo (Figura 35), sendo descrita em campo a assembleia mineralógica que constitui os minerais retidos na peneira mais fina, cujos dados estão apresentados na (tabela 1) abaixo:

Figura 35 – Mapa de localização dos pontos de amostragem



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Coordenadas e descrição *in situ* das amostras de prospecção aluvionar

Ponto	X	Y	Tipo de material amostrado	Mineralogia descrita <i>in situ</i>
BBPA1	790765	8068379	Concentrado de bateia	Cianita, granada, elbaíta, rubelita e magnetita
BBPA2	789799	8067444	Concentrado de bateia	Cianita, estaurolita, granada e magnetita
BBPA3	790307	8075423	Concentrado de bateia	Cianita, granada, estaurolita, magnetita, fragmento de rocha (pegmatito e quartzo mica xisto)
BBPA4	790166	8076878	Concentrado de bateia	Cianita, estaurolita, granada, magnetita, diopsídio
BBPA5	791310	8078263	Concentrado de bateia	Magnetita, granada, estaurolita

Fonte: Autoria própria.

A amostra “BBPA1” foi utilizada para confecção da pastilha a ser analisada na microsonda eletrônica (modo EDS). Essa amostra foi escolhida devido a sua proximidade aos pegmatitos graníticos que afloram nas quadrículas sul e centro-sul do mapa. Dentre os 30 grãos analisados, 18 são grãos de ilmenita, um óxido de titânio e ferro, podendo ser oriundo tanto da Formação Ribeirão da Folha quanto dos pegmatitos graníticos. Além da ilmenita, também foram identificados rutilo, estaurolita, almandina, espessartita, columbita, tantalita e óxido de ferro (Tabela 2). As imagens de elétrons retro-espalhados estão disponibilizadas nas figuras 36 a 40. O principal objetivo em analisar este concentrado de bateia foi confeccionar um diagrama (Mn/Mn+Fe) em relação à razão (Ta/Ta+Nb) a partir de grãos de columbita/tantalita, relações utilizadas para identificar uma possível tendência de fracionamento magmático que poderia servir como um guia prospectivo para pegmatitos gemológicos. Contudo, infelizmente apenas dois eram do grupo da columbita/tantalita.

Tabela 2 - Resultados e imagens de cada grão analisado pelo modo EDS da microsonda eletrônica.

Grão	Ponto Analisado	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
1	001	96.60	-	3.40	rutilo		
	002	100.00	-	-	rutilo		
	003	100.00	-	-	rutilo		
	004	-	-	-	-		
	005	100.00	-	-	rutilo		
	006	59.61	1.13	39.26	ilmenita		
	007	58.27	1.90	39.83	ilmenita		
	008	61.41	1.29	37.31	ilmenita		
	009	57.89	1.66	40.45	ilmenita		
<hr/>							
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
1 (d)	001	100.00	-	-	rutilo		
	002	61.45	-	38.55	ilmenita		
	003	52.71	1.74	45.55	ilmenita		
	004	52.79	1.15	46.06	ilmenita		
	005	61.73	0.85	37.42	ilmenita		
	006	100.00	-	-	rutilo		
<hr/>							
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
2	001	100.00	-	-	rutilo		
	002	100.00	-	-	rutilo		
	003	100.00	-	-	rutilo		
<hr/>							
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>			
2 (d)	001	30.74	-	69.26	zircão		
	002	30.25	-	69.75	zircão		
	004	-	-	-	-		
	005	-	100.00	-	rutilo		
<hr/>							
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
3	001	0.46	3.50	17.00	47.97	31.07	columbita
	002	-	3.33	16.89	47.36	32.42	columbita
	003	-	3.60	17.19	46.48	32.72	columbita
	004	-	2.99	17.01	40.42	39.58	columbita

		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
4	001	53.33	1.30	45.37	ilmenita		
	002	52.39	0.97	46.64	ilmenita		
	003	52.19	1.19	46.62	ilmenita		
	004	52.88	1.37	45.75	ilmenita		
<hr/>							
		MnO	FeO	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
5	005	-	15.63	84.37	tantalita		
	006	0.84	15.66	83.49	tantalita		
	007	-	15.51	84.49	tantalita		
	008	-	15.88	84.12	tantalita		
<hr/>							
		MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
6	001	-	52.46	1.75	45.79	ilmenita	
	002	0.49	52.39	1.74	45.38	ilmenita	
	003	-	52.42	1.82	45.76	ilmenita	
<hr/>							
		MgO	TiO <sub>2</sub>	FeO			
7	001	5.34	52.46	43.73	ilmenita		
	002	5.27	52.39	42.79	ilmenita		
	003	5.79	52.42	41.95	ilmenita		
	004	5.51	51.69	42.81	ilmenita		
<hr/>							
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO	ZnO	
8	001	2.37	52.81	27.76	15.98	1.08	estauroлита
	002	2.41	52.75	27.41	15.96	1.47	estauroлита
	003	2.32	53.49	27.42	15.97	0.80	estauroлита
	004	2.42	53.00	27.50	16.02	1.06	estauroлита
	005	2.52	52.65	27.46	16.09	1.29	estauroлита
	006	2.23	53.08	27.42	15.96	1.30	estauroлита
	007	2.26	52.85	27.65	15.75	1.49	estauroлита
	008	-	53.91	29.25	15.75	1.09	estauroлита
<hr/>							
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
9	001	50.62	0.34	49.04	ilmenita		
	002	50.66	0.14	49.20	ilmenita		
	003	50.85	0.58	48.57	ilmenita		
	004	50.95	0.58	48.47	ilmenita		
<hr/>							

10		Cao	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	
	002	-	-	-	100.00	-	-	quartzo
	003	3.42	3.28	19.84	34.31	33.54	5.62	espessartita
	004	3.43	2.45	19.45	33.63	34.85	6.19	espessartita
	005	3.20	2.56	19.51	34.16	34.37	6.20	espessartita
	006	3.22	3.52	19.62	34.37	33.95	5.31	espessartita
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			FeO			
	001	0.59			99.41		óxido de ferro	
11	002	-			100.00		óxido de ferro	
	003	0.68			99.32		óxido de ferro	
	004				100.00		óxido de ferro	
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO	ZnO		
	001	2.43	53.59	27.57	16.06	0.36	estauroлита	
12	002	2.48	53.67	27.17	15.81	0.87	estauroлита	
	003	2.49	53.72	27.92	15.64	0.23	estauroлита	
	004	2.47	53.10	27.22	15.77	1.44	estauroлита	
		TiO <sub>2</sub>		MnO	FeO			
	001	51.65		1.37	46.99		ilmenita	
13	002	51.21		1.55	47.23		ilmenita	
	003	51.87		1.83	46.29		ilmenita	
	004	51.69		1.56	46.83		ilmenita	
		Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	ZnO
	001	-	2.22	53.68	27.24	-	16.15	0.71
	002	0.23	2.50	53.62	27.17	-	16.19	0.30
14	003	-	2.44	53.16	27.87	-	15.62	0.90
	004	-	2.32	53.05	27.92	-	16.30	0.42
	005	-	-	-	-	100.00	-	-
	006	-	-	-	-	62.1	37.99	-

		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	Zn O	
14 (d)	001	-	-	-	100.00	-	-	-	rutilo
	002	-	-	-	100.00	-	-	-	rutilo
	003	-	-	-	100.00	-	-	-	rutilo
	004	-	-	-	99.22	-	0.78	-	rutilo
	005	-	-	-	100.00	-	-	-	rutilo
	006	-	-	-	52.01	1.82	46.17	-	ilmenita
	007	-	-	-	53.45	1.79	44.77	-	ilmenita
	009	2.46	53.63	27.32	-	-	15.73	0.86	estauroлита
	010	2.28	53.10	27.60	-	-	15.75	1.27	estauroлита
		MgO		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
15	001	-		59.45	2.19	38.37			ilmenita
	002	-		53.83	2.38	43.80			ilmenita
	003	-		52.43	1.77	45.81			ilmenita
	004	0.56		57.75	1.94	39.75			ilmenita
		Cao	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
16	001	1.51	2.99	19.08	33.96	5.69	36.77		almandina
	002	1.92	2.91	19.50	33.63	6.54	35.49		almandina
	003	1.43	3.23	19.48	33.73	5.48	36.77		almandina
		MgO		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
17	001	-		52.18	1.38	46.44			ilmenita
	002	0.42		51.57	1.31	46.70			ilmenita
	003	-		52.07	1.41	46.52			ilmenita
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	ZnO	
18	001	2.29	53.65	27.86	-	-	16.10	0.11	estauroлита
	002	2.39	53.56	27.48	-	-	16.57	-	estauroлита
	003	2.40	54.17	26.73	-	-	16.19	0.51	estauroлита
	004	2.60	53.38	27.21	-	-	16.81	-	estauroлита
	005	2.28	53.72	27.22	-	-	16.67	0.12	estauroлита
	006	-	-	-	51.76	1.07	47.17	-	ilmenita
	007	-	-	-	52.33	1.16	46.51	-	ilmenita
	008	-	-	-	51.89	1.09	47.03	-	ilmenita

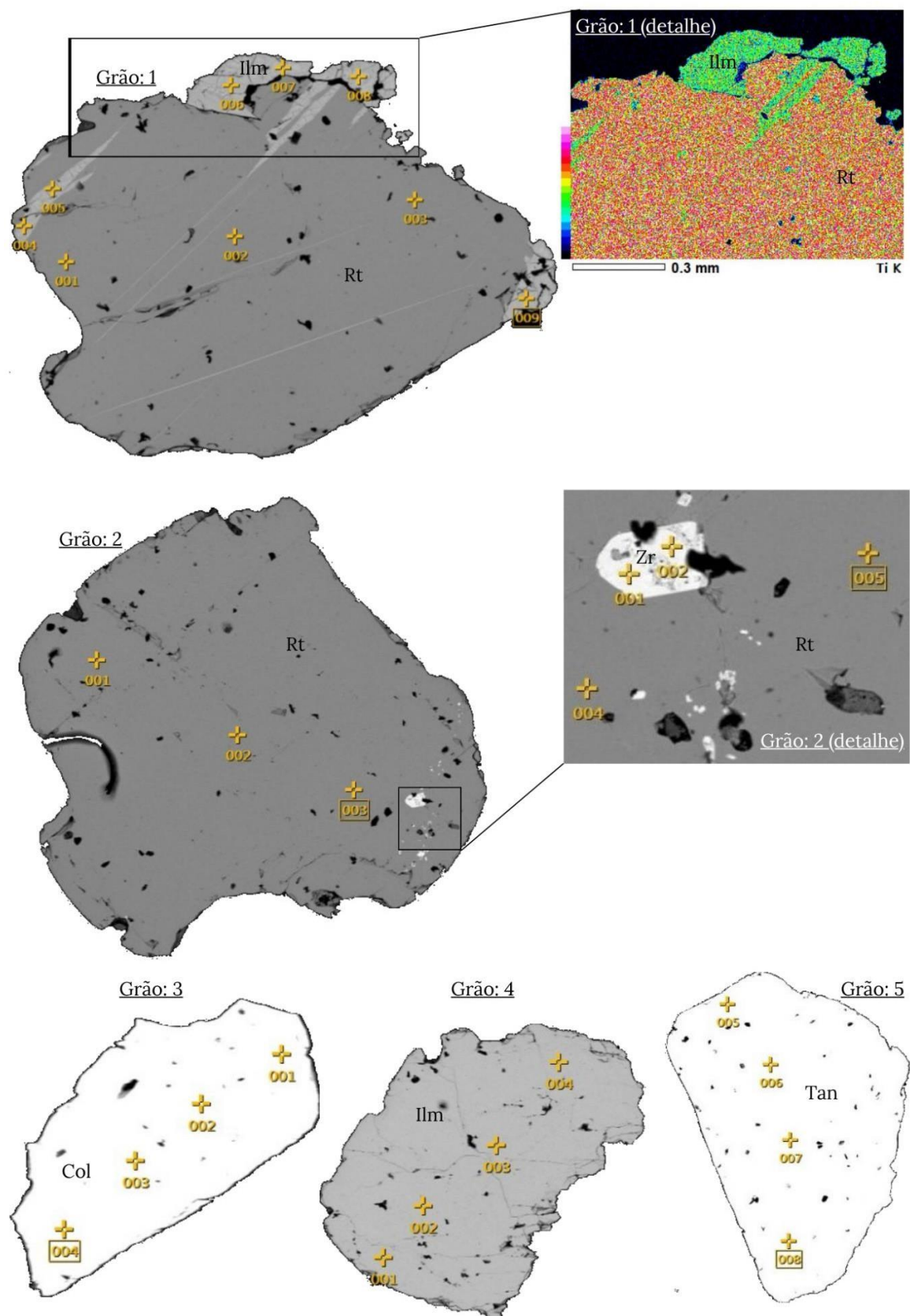
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	51.71	4.96	43.33	ilmenita	
19	002	51.95	5.11	42.94	ilmenita	
	003	51.46	4.92	43.62	ilmenita	
	004	98.69	-	1.31	rutilo	
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	100.00	-	-	rutilo	
19	002	100.00	-	-	rutilo	
(d)	003	100.00	-	-	rutilo	
	004	51.47	5.45	43.09	ilmenita	
	005	52.93	5.30	41.77	ilmenita	
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	53.34	1.36	45.30	ilmenita	
20	002	50.85	1.53	47.62	ilmenita	
	003	55.43	1.16	43.41	ilmenita	
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	56.70	2.54	40.75	ilmenita	
21	002	56.23	2.33	41.44	ilmenita	
	003	56.92	2.07	41.01	ilmenita	
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	50.51	0.98	48.51	ilmenita	
22	002	51.62	0.72	47.66	ilmenita	
	003	51.30	0.99	47.71	ilmenita	
		TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO		
	001	52.12	1.44	46.44	ilmenita	
23	002	51.85	1.71	46.44	ilmenita	
	003	52.16	1.56	46.28	ilmenita	
		MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	
	001	0.51	51.39	1.67	46.43	ilmenita
24	002	0.43	51.75	1.22	46.60	ilmenita
	003	0.56	51.05	1.19	47.20	ilmenita



		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	ZnO	
25	001	2.22	53.22	27.55	-	16.10	0.11	estauroлита
	002	2.28	53.39	28.04	-	16.57	-	estauroлита
	003	2.20	53.82	26.97	0.72	16.19	0.51	estauroлита
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO	ZnO		
26	001	2.25	53.16	27.58	14.40	2.61		estauroлита
	002	2.41	53.08	27.78	14.87	1.87		estauroлита
	003	2.45	53.26	27.83	14.99	1.46		estauroлита
	004	2.25	53.58	27.63	15.14	1.40		estauroлита
			TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
27	001		51.70	1.00	47.30			ilmenita
	002		52.39	1.31	46.29			ilmenita
	003		53.06	1.04	45.90			ilmenita
			TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
28	001		52.22	1.52	46.26			ilmenita
	002		52.70	1.54	45.75			ilmenita
	003		52.06	1.44	46.50			ilmenita
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO			
29	001	2.41	53.10	27.84	16.66			estauroлита
	002	2.31	53.60	27.63	16.45			estauroлита
	003	-	53.41	29.55	17.04			estauroлита
	004	2.42	53.76	27.72	16.11			estauroлита
			TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO			
30	001		52.02	-	47.98			ilmenita
	002		51.94	1.07	46.99			ilmenita
	003		51.03	1.13	47.85			ilmenita
	004		51.65	1.00	47.34			ilmenita

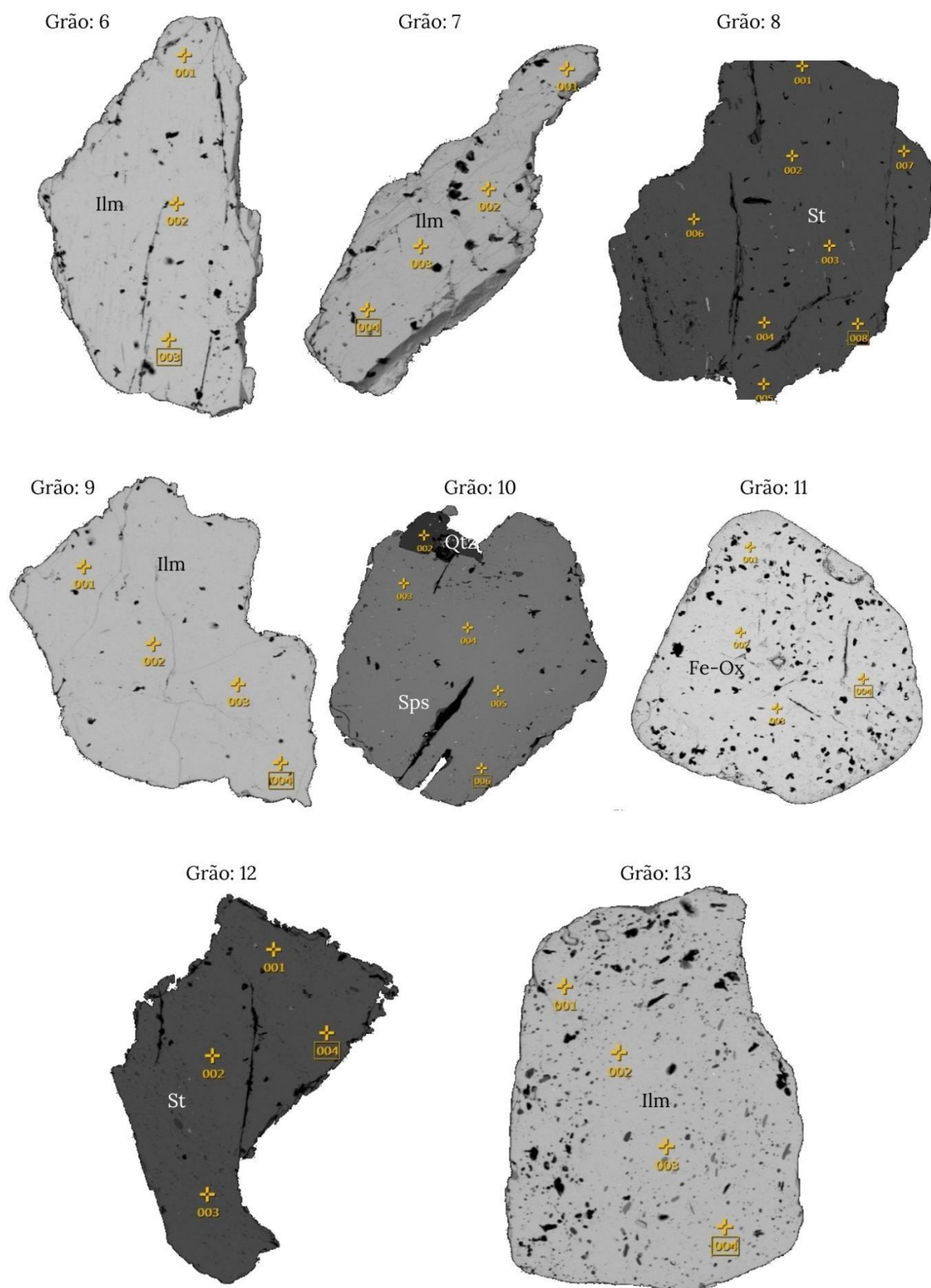
Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga.

Figura 36 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 1 a 5



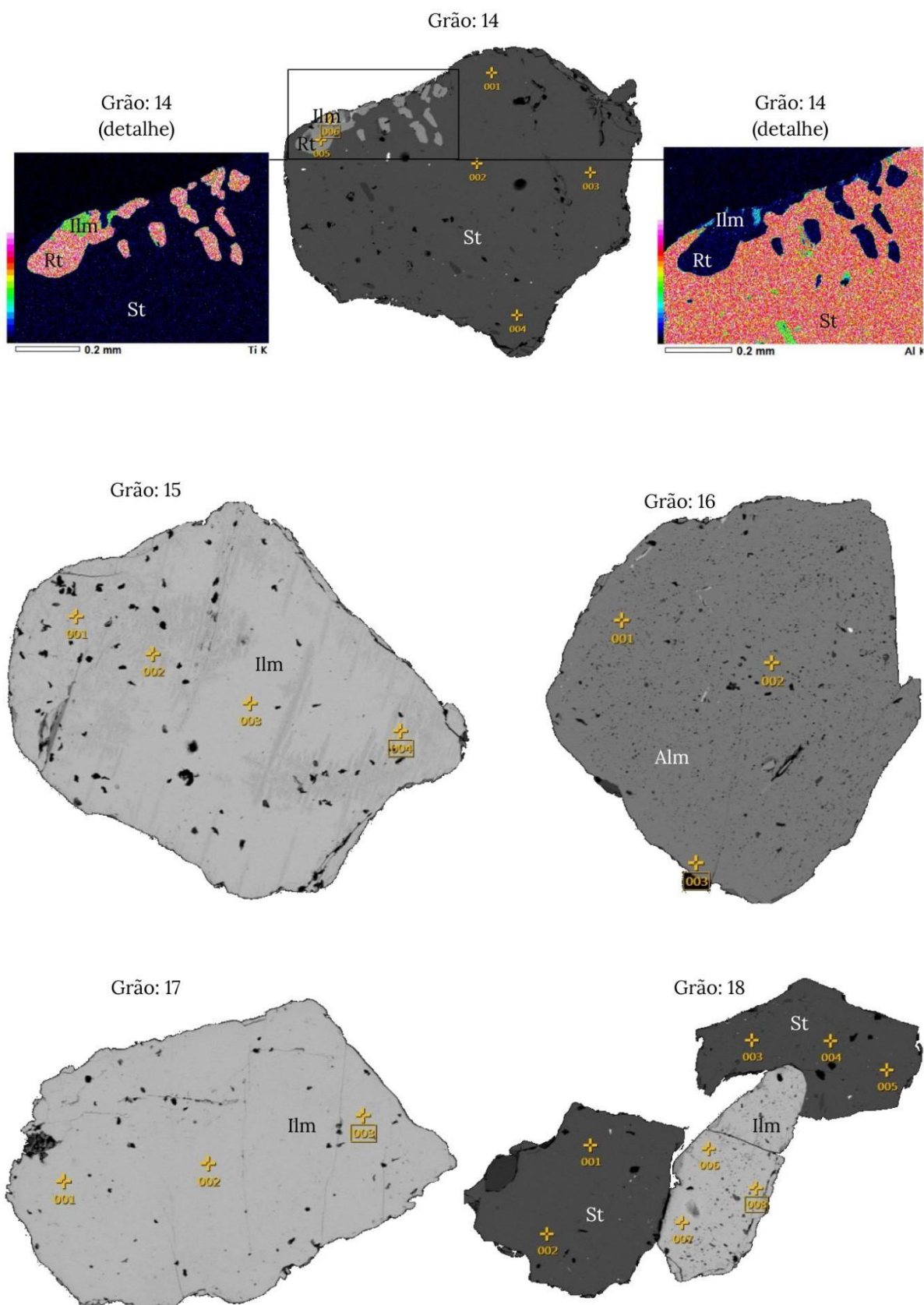
Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga.

Figura 37 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 6 a 13



Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga.

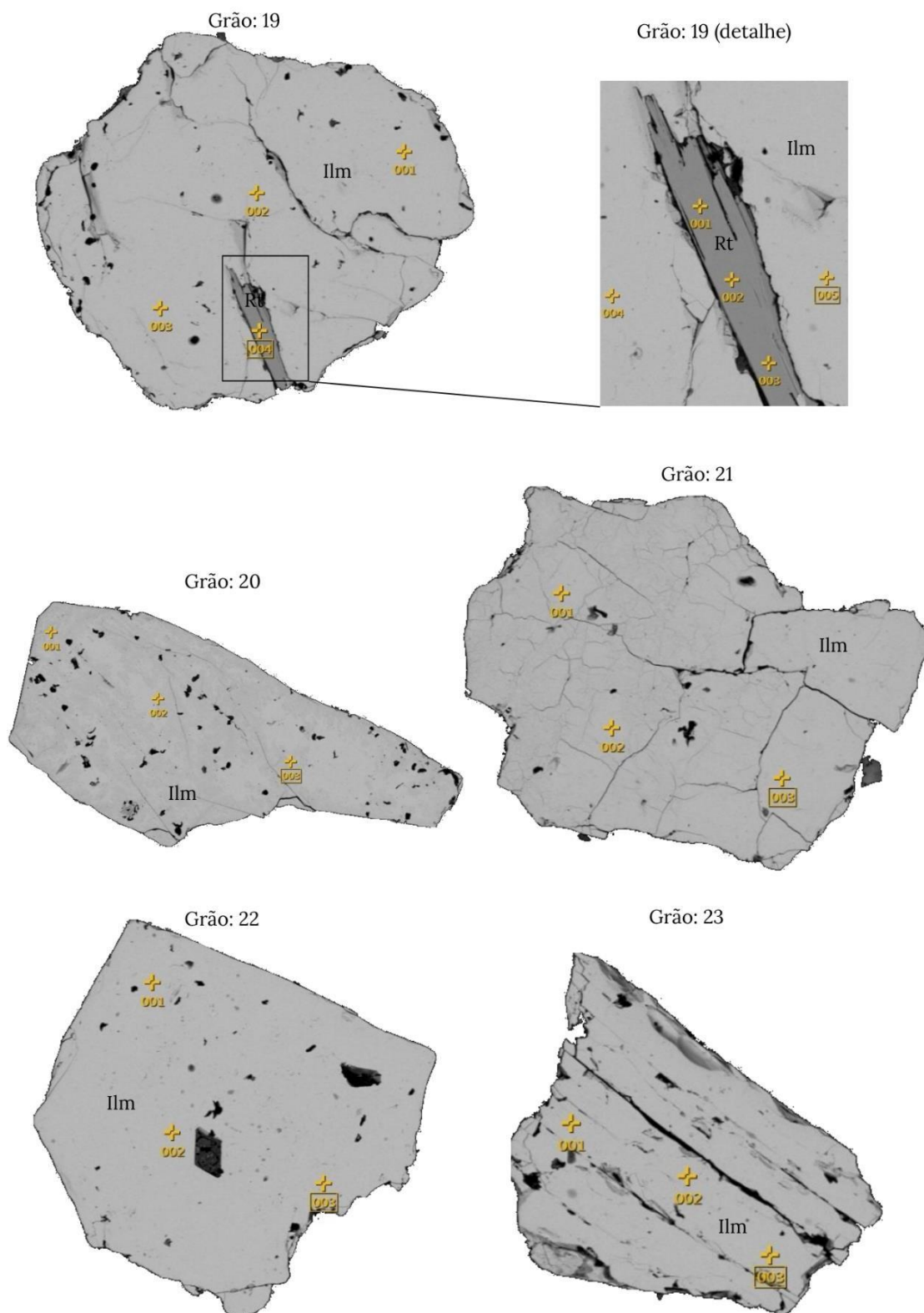
Figura 38 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 14 a 18



Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga

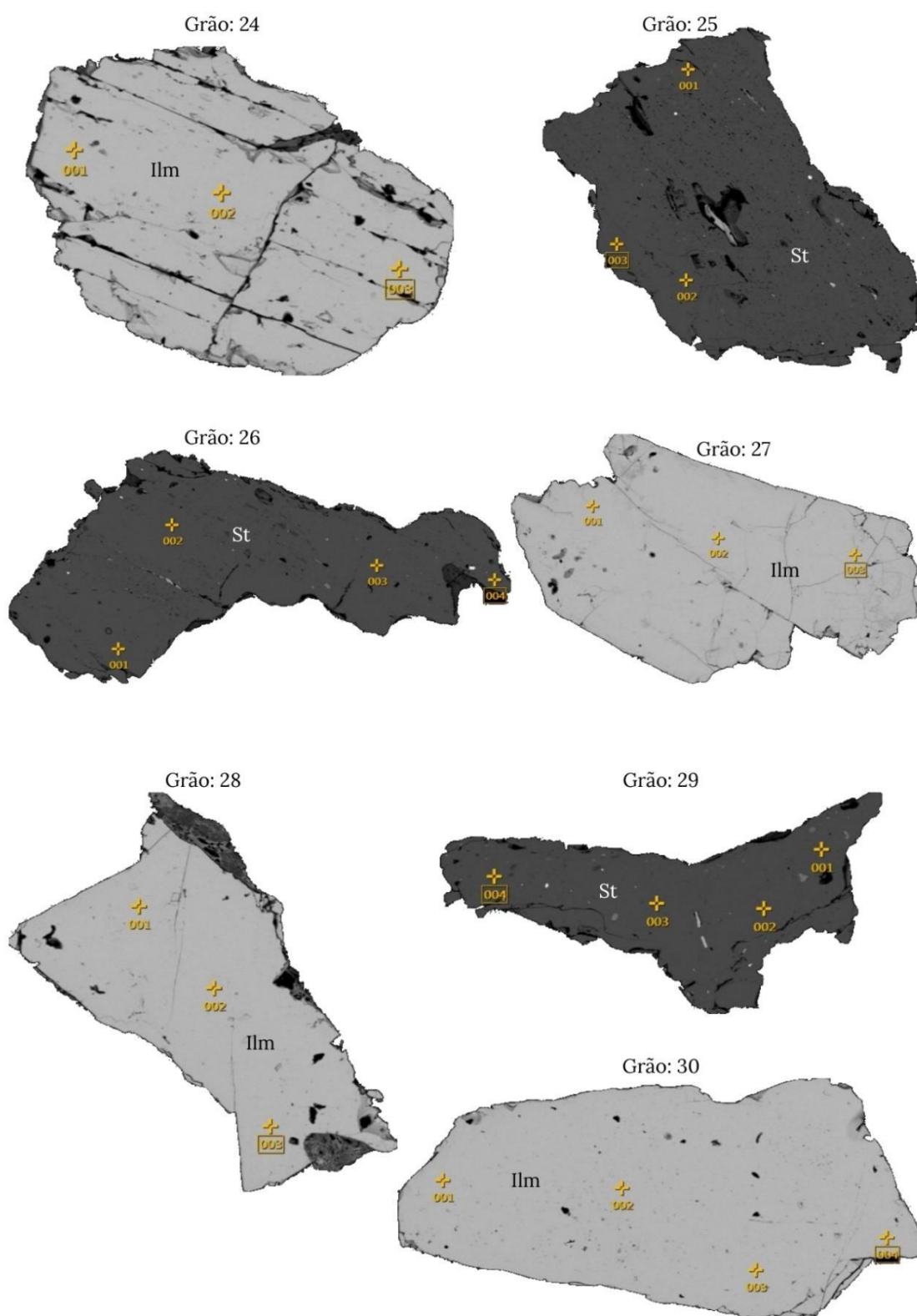


Figura 39 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 19 a 23



Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga.

Figura 40 – Imagens de elétrons retroespalhados dos grãos 24 a 30



Fonte: Autoria própria sobre a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga.

## **4. Discussões**

### **4.1. Possíveis controles estruturais no alojamento dos corpos de pegmatito**

A região mapeada apresenta três estruturas tectônicas mesoscópicas que se diferem nas suas relações hierárquicas, no regime tectônico e na forma como se expressam em afloramentos. A foliação  $S_{n-1}$  é pretérita e está completamente transposta pela foliação plano axial  $S_n$ , a estrutura predominante na área mapeada. Já a foliação plano axial  $S_{n+1}$  é posterior às outras estruturas e ocorre em níveis crustais transicionais, de dúctil-rúptil a rúptil-dúctil, provavelmente associadas ao colapso estrutural do Orógeno Araçuaí.

O alojamento dos corpos de pegmatitos apreço estar fortemente condicionado pelas estruturas relacionadas à foliação  $S_{n+1}$ , fato sugestionado pela disposição destes corpos em mapa, ainda que por vezes também estejam dispostos paralelos à foliação  $S_n$ , permitindo assim inferir que provavelmente não há uma relação parental nítida entre os pegmatitos graníticos e a Suíte Mangabeiras. O corpo granítico da Suíte Mangabeiras na área mapeada aparece com eixo principal paralelo à foliação penetrativa dúctil  $S_n$ , sendo ambos sendo cortados pela foliação  $S_{n+1}$ .

### **4.2. Geração dos corpos de pegmatito no contexto de evolução do Orógeno Araçuaí**

A foliação  $S_{n+1}$  e os corpos de pegmatito apresentam uma estreita associação espacial e temporal, o que sugere que sua geração e estruturação em relação as rochas encaixantes possivelmente estejam relacionadas ao estágio de colapso do orógeno Araçuaí. Propõe-se que a estruturação da área pode estar relacionada ao Bloco Guanhães, não só pela proximidade da área mapeada em relação a esta estrutura regional (Figura 11), mas também pelo forte paralelismo entre esta estrutura e um marcante lineamento de direção N60E que aparece nos mapas de magnetometria (TAHG) e de contorno estrutural de  $S_n$ .

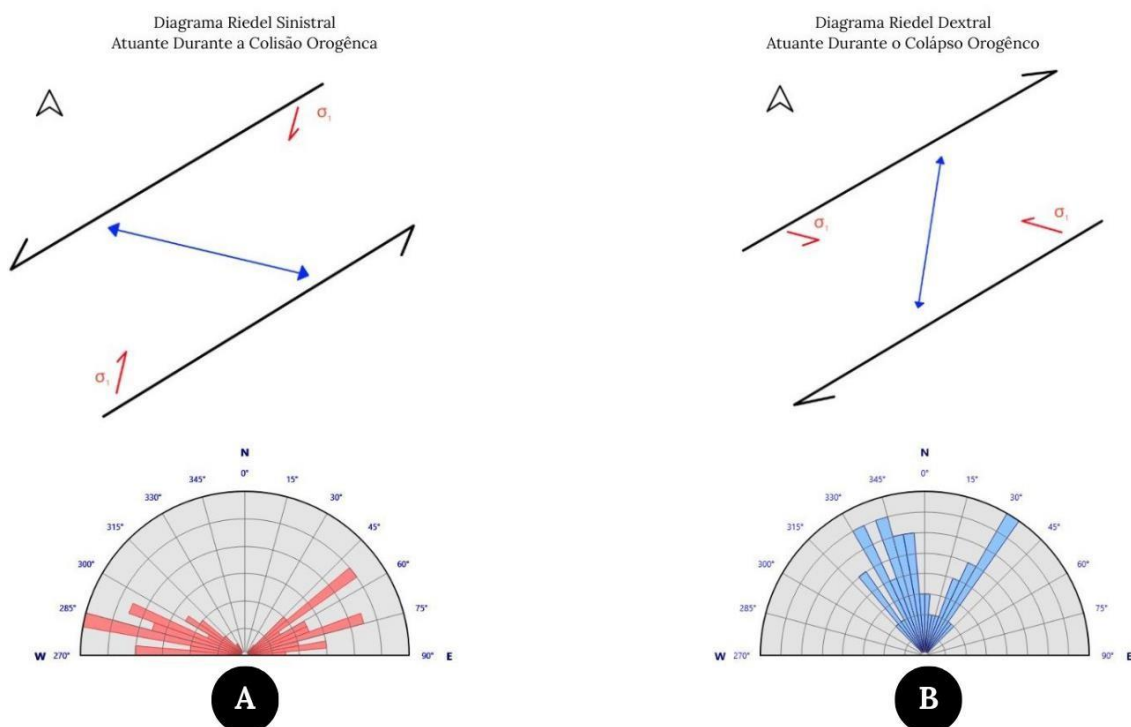
A Figura 41 ilustra a possível influência do Bloco Guanhães, e por consequência também o Corredor Transpressivo de Minas Novas, sobre as principais estruturas da área, onde os vetores de encurtamento aparecem representados em vermelho e o eixo de dobra em azul. A cinemática dextral favorece a orientação dos vetores de encurtamento em um posicionamento aproximado para estruturar um eixo de dobra de rumo NNE, paralelos à



foliação  $S_{n+1}$  (Figura 41B). É plausível que durante o período colisional, sin tectônico à foliação  $S_n$ , a cinemática expressava o movimento oposto, sinistral, fazendo com que os vetores de encurtamento se posicionassem exatamente na direção propícia para estruturar um eixo de dobra de rumo WNW (Figura 41A).

Figura 41 – Ilustração representando o Sistema Riedel, dextral e sinistral, orientado na direção N60E, acompanhado dos diagramas de rosetas das foliações plano axiais  $S_{n+1}$  e

$S_n$



Fonte: Autoria própria.

Seguramente a proximidade e a conformação do Bloco Guanhães com a área de estudo exerceu influência significativa sobre as estruturas locais, atuando como um anteparo mecânico que redistribuiu os esforços tectônicos regionais, possivelmente condicionando a ativação de zonas de cisalhamento de direção ENE-WSW. Durante a fase orogênica, a conformação do Bloco Guanhães nesta região, de direção aproximada ENE, condicionou uma movimentação anti-horária na mesma direção, gerando um sistema de dobras fechadas e vergentes para WSW, em que os eixos de dobras e a lineação de estiramento mineral encontram-se praticamente paralelos. Posteriormente, durante o colapso orogênico, a reativação das estruturas relacionados ao Bloco Guanhães, com

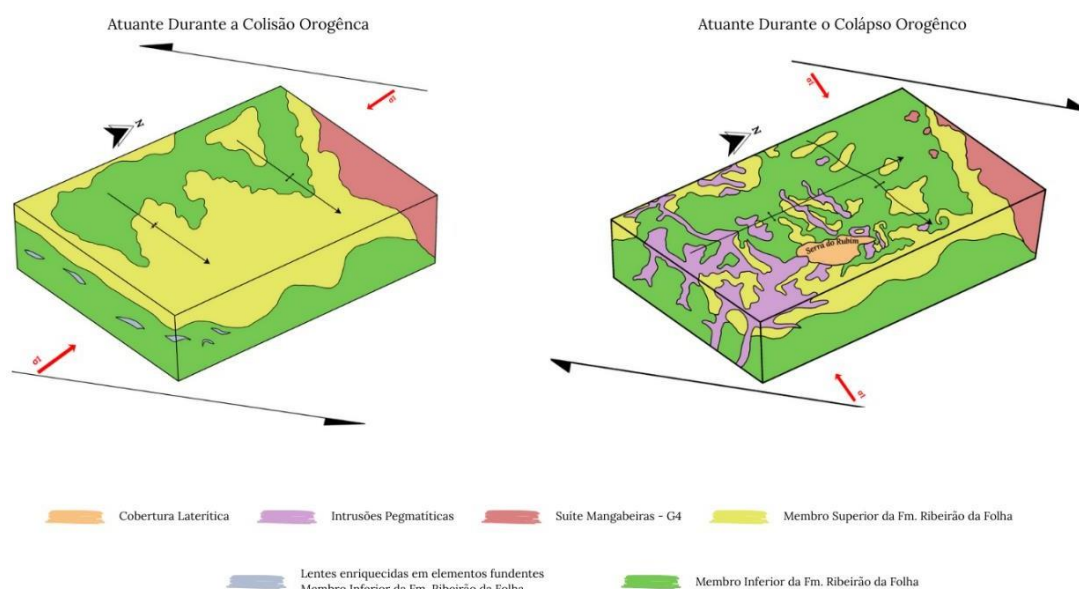
movimentação normal, induziu a cinemática dextral do Corredor Transpressivo de Minas Novas, estruturando a foliação plano axial  $S_{n+1}$ .

O caimento para norte do eixo da foliação mais nova fez com que o Membro Inferior da Formação Ribeirão da Folha tenha ficado mais exposto à superfície na porção sul da área mapeada, região com a maior quantidade de intrusões pegmatíticas cartografadas. Logo, destaca-se o potencial prospectivo para esta região, tanto para pegmatitos graníticos quanto para metais associados aos níveis basais do Membro Inferior, que hospeda as rochas máficas/ultramáficas da sequência ofiolítica da Formação Ribeirão da Folha.

#### **4.3. Mecanismos de alojamento e gênese dos corpos de pegmatito**

O contato abrupto, sem a ocorrência de metassomatismo, entre os pegmatitos graníticos e as rochas hospedeiras sugere que, pelo menos dois dos mecanismos de alojamento descritos por Chadwick (1958) podem ter ocorrido: i) alojamento permissivo, onde a cristalização ocorre em um espaço criado antes ou durante a intrusão do magma pegmatítico, ou ii) derivação local, onde a rocha hospedeira é dissolvida, diferenciada ou transformada. A distribuição dos corpos pegmatíticos na região de estudo, encaixados em estruturas com características de níveis crustais transicionais que apresentam direções praticamente ortogonais ao campo de tensões regional, está de acordo com o modelo teórico “*Case B. Lithostatic plus directed horizontal stress*” descrito por Brisbin (1986), onde múltiplas orientações podem servir como sítios de dilatação, mas a acomodação final tende a privilegiar aquelas estruturas ortogonais ao campo compressivo principal. A Figura 42 traz um bloco diagrama que ilustra a relação entre a estruturação geral da região com os processos de fusão e alojamento destas intrusões pegmatíticas, onde a descompressão regional que ocorreu durante o colapso orogênico poderia ter provocado a fusão parcial de lentes enriquecidas em elementos fundentes, dando origem ao magma pegmatítico que ascendeu, predominantemente, através da foliação plano-axial  $S_{n+1}$ , porém, também aproveitando as estruturas pretéritas, relacionados à  $S_n$ .

Figura 42 – Diagrama ilustrando o processo de fusão, intrusão e o controle estrutural dos corpos pegmatíticos



Fonte: Autoria própria.

#### 4.4. Classificação dos corpos de pegmatito

Quanto à composição dos corpos de pegmatito, o mapeamento subterrâneo permitiu a classificar esses corpos segundo os sistemas de Černý & Ercit (2005) e Wise & Müller (2022). Para a classificação de Černý & Ercit (2005), os pegmatitos foram classificados como muscovita-raro elemento (MSREL) da família LCT (Lithium-Cesium-Tantalum), pertencente ao subtipo MSREL-Li. Esta classificação está em concordância com a proposta de Pedrossa-Soares *et al.* (2011), cujos corpos estão encaixados em rochas metapelíticas de fácies anfibolito intermediário, dentro da zona da cianita, indicando um ambiente de cristalização em profundidade intermediária, típico desta classe. A presença de xenólitos de micaxisto sugere interação com a rocha hospedeira, reforçando mais essa classificação. A mineralogia acessória, incluindo turmalina elbaita, lepidolita e columbita-tantalita, é característica de pegmatitos da família LCT, que apresentam alto fracionamento e enriquecimento em lítio e tântalo. Segundo a classificação proposta por Wise & Müller (2022), pertencem ao Grupo 3 – Pegmatitos com zonamento simples formados por anatexia crustal, subtipo de pegmatito

peraluminoso enriquecido em boro, evidenciado pela turmalina *schorl*, mineral acessório primário. A ausência de conexão com a Suíte Mangabeiras, o contato com a rocha hospedeira sem metassomatismo e o predomínio do controle estrutural pela foliação  $S_{n+1}$  sugerem forte influência tectônica. A presença de xenólitos de micaxisto indica fusão parcial da rocha encaixante, típica de pegmatitos de anatexia (Wise & Müller, 2022).

#### **4.5. Integração entre os mapas geológico e geofísicos**

A integração dos mapas gamaespectrométricos de potássio, urânio equivalente, tório equivalente e ternário da composição (K-U-Th) junto ao mapa geológico destacou critérios significativos, como: i) a distinção entre as anomalias radiométricas da Suíte Mangabeiras, que aparecem como altos radiométricos para K, eU e eTh, enquanto as anomalias radiométricas dos corpos pegmatíticos aparecem com valores altos para K e eU, porém, mostrando valores intermediários de eTh; ii) as anomalias radiométricas que representam as intrusões pegmatíticas ocorrem orientadas de forma paralela à foliação  $S_{n+1}$ , e também, à foliação  $S_n$ , porém em menor frequência, em concordância com o mapa geológico.

Entretanto, pelo menos três discrepâncias significativas foram observadas entre o mapa geológico e o mosaico de mapas de gamaespectrometria, sendo localizadas: na Serra do Rubim; nas regiões sul e leste da quadrícula sul; próximo ao vilarejo de Mangabeiras, localizado na porção nordeste da área de estudo. Os dados gamaespectrométricos revelaram anomalias positivas de eU, K e eTh, contudo, algumas dessas anomalias aparecem de fora do que foi delimitado como Suíte Mangabeiras. A presença de valores elevados de eU, K e eTh pode indicar a existência de corpos graníticos menores que não possuem expressão na escala de mapeamento ou que já se encontram expostos na forma de perfis de solo, mas que ainda refletem assinaturas gamaespectrométricas significativas. Já na Serra do Rubin, os dados gamaespectrométricos mostram valores baixos nos canais eU, K e eTh, e valores baixos para K, porém intermediários para eU e eTh na quadrícula sul. Essa resposta radiométrica contrasta com o mapa geológico que mostra pegmatitos aflorantes e com os relatos de garimpeiros sobre a extração de rubelita. Essa contradição pode ser associada a presença de cangas que recobrem os pegmatitos maiores, funcionando como uma capa de alteração intempérica que podem mascarar a resposta radiométrica da rocha.

#### 4.6. Prospecção aluvionar aplicada à pesquisa de pegmatitos na área de estudo

A pastilha BBPA1 foi confeccionada a partir da separação de minerais pesados que aparentaram brilho metálico a submetálico. A contagem revelou a predominância da ilmenita, com 18 ocorrências, seguida por estaurolita (8), rutilo (5), além de registros pontuais de columbita (1), tantaita (1), espessartita (1), óxido de ferro (1) e almandina (1). Os resultados, entretanto, mostraram-se relativamente inconclusivos, uma vez que a ilmenita, mineral mais frequente, pode ter origem tanto na rocha encaixante, como relatado por Queiroga (2006) e Amaral *et al.* (2020), quanto nos pegmatitos, não permitindo uma interpretação precisa sobre a proveniência. Ademais, dos grãos analisados, apenas um foi identificado como columbita, inviabilizando a elaboração de um diagrama  $\text{FeO} \times \text{MnO} - \text{Ta} \times \text{Nb}$ , ferramenta que poderia auxiliar na caracterização mais detalhada dos pegmatitos da região.

## 5. Conclusões

A área-tipo da Formação Ribeirão da Folha é muito promissora para atividades de pesquisa mineral. Frequentemente, sequências ofiolíticas são alvos prospectivos para metais como Cu, Zn, Pb, Ag e Au, além de apresentarem potencial para concentrações de elementos do grupo da platina, Ni e Co, especificamente na região de Ribeirão da Folha, essa sequência hospeda enxames de intrusões de pegmatitos graníticos das quais muitas são mineradas para exploração de elbaita, e também são produtores de rochas ornamentais.

Através do mapeamento geológico a Formação Ribeirão da Folha foi dividida nos membros Inferior e Superior, sendo também possível visualizar o controle estrutural destes corpos. As intrusões ocorrem encaixadas nas duas foliações plano axiais praticamente ortogonais entre si, predominando o alojamento dos pegmatitos na estrutura mais nova,  $S_{n+1}$  de direção NNE, porém, também se distribuem ao longo da foliação  $S_n$ , mas de forma menos expressiva.

No contexto de evolução do Orógeno Araçuaí, durante a fase orogênica, a conformação do Bloco Guanhães nesta região, de direção aproximada ENE, condicionou uma movimentação anti-horária na mesma direção, gerando um sistema de dobras fechadas e vergentes para WSW, em que os eixos de dobras e a lineação de estiramento mineral encontravam-se praticamente paralelos. Posteriormente, durante o colapso orogênico, a reativação das estruturas relacionados ao Bloco Guanhães, com movimentação normal, induziu a cinemática dextral do Corredor Transpressivo de Minas Novas, estruturando a foliação plano axial  $S_{n+1}$  e a geração e o alojamento dos corpos de pegmatito na região de Ribeirão da Folha.

Neste trabalho foram aplicados dois sistemas de classificação para pegmatitos graníticos, o sistema de Černý & Ercit (2005) e Wise & Müller (2022). Através do sistema de classificação de Černý & Ercit (2005), os pegmatitos foram classificados como do tipo Muscovita-Elementos-Raros da família LCT, em concordância com a descrição do distrito pegmatítico de Araçuaí, no qual a região mapeada está inserida segundo Pedrosa-Soares *et al.* (2011). Para a classificação de Wise & Müller (2022), pertencem ao Grupo 3 – Pegmatitos com zonamento simples formados por anatexia crustal, subtipo de pegmatito peraluminoso enriquecido em B.



Os mapas radiométricos mostraram um padrão que pode representar um guia prospectivo relevante. A assinatura radiométrica dos pegmatitos é diferente da assinatura do granito da Suíte Mangabeiras, uma vez que os pegmatitos apresentam valores intermediários de Th, enquanto os granitos apresentam valores elevados para U, K e Th.

Por fim, a interpretação apresentada neste trabalho contraria as propostas estratigráficas anteriores (Pedrosa-Soares 1997, Queiroga 2006, Amaral *et al.* 2020) ao reconhecer dois períodos distintos de magmatismo plutônico. O primeiro relacionado ao corpo granítico da Suíte Mangabeiras, aflorante na porção norte da área de estudo, e o segundo relacionado ao enxame de corpos pegmatíticos, com maior distribuição na porção centro-sul da região de Ribeirão da Folha.

## 6. Referências

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. **Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana.** *Precambrian Research*, v. 149, n. 1-2, p. 43–64, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2006.06.007>.

ALKMIN, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. **Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental.** *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 25-45, 2007.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. **A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** *Geonomos*, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2012.

AMARAL, L.; CAXITO, F.A.; PEDROSA-SOARES, A.C.; QUEIROGA, G.; BABINSKI, M.; TRINDADE, R.; LANA, C.; CHEMALE, F. 2020. **The Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí orogen, SE Brazil): New data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks.** *Precambrian Research*, v. 336. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105522>

BRADLEY, D. C.; McCAULEY, A. D.; STILLINGS, L. M. **Mineral-deposit model for lithium-cesium-tantalum pegmatites.** *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report*. 2017. 48 p. DOI: <https://doi.org/10.3133/sir201050700>

BRISBIN, W.C. **Mechanics of Pegmatite Intrusion.** *American Mineralogist*, v. 71, p. 644-651, 1986.

CASTRO, M. P.; QUEIROGA, G.; MARTINS, M.; ALKMIM, F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DUSSIN, I.; SOUZA, M. E. **An Early Tonian rifting event affecting the São Francisco–Congo paleocontinent recorded by the Lower Macaúbas Group, Araçuaí Orogen, SE Brazil.** *Precambrian Research*, v. 331, p. 105351, 2019. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105351.

CASTRO, M. P.; QUEIROGA, G. N.; MARTINS, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DIAS, L.; LANA, C.; BABINSKI, M.; ALKMIM, A. R.; SILVA, M. A. **Provenance shift through time in superposed basins: From Early Cryogenian glaciomarine to Late Ediacaran orogenic sedimentations (Araçuaí Orogen, SE Brazil).** *Gondwana Research*, v. 87, p. 41–66, 2020. DOI: 10.1016/j.gr.2020.05.019.

CERNÝ, P.; **Rare-element granitic pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits.** *Geoscience Canada*, v. 18, n. 2, p. 49–67. 1991.

CERNÝ, P.; ERCIT, T. S. **The classification of granitic pegmatites revisited.** *The Canadian Mineralogist*, Ottawa, v. 43, n. 6, p. 2005–2026, 2005.

CHADWICK, R. A. **Mechanisms of pegmatite emplacement.** *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 69, n. 7, p. 803–896. 1958.

CHEMALE J., F.; DUSSIN, I. A.; MARTINS, M.; SANTOS, M. N. **Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG).** *Geonomos*, v. 19, n. 2, p. 173-191, 2011.

CIARALLO, F.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; DIAS, L.; MEDEIROS, G. **Stratigraphic analysis and tectonic controls of the lower section of the Macaúbas Group at 17°30'S parallel, Araçuaí orogen (SE Brazil).** *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 167, p. 105762, 2025. DOI: [10.1016/j.jsames.2025.105762](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105762)

CORREIA NEVES, J. M.; PEDROSA SOARES, A. C.; RÉGIA, V.; MARCIANO, P. R. O. **A província pegmatítica oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, n. 1, p. 106-118, mar. 1986. DOI: 10.25249/0375-7536.1986106118

COSTA, A. F. O.; DANDERFER, A.; LANA, C. **Stratigraphic and geochronological characterization of the Mato Verde Group, Central Espinhaço (Brazil): An Eocallymmian rifting record in the western domain of the Congo–São Francisco paleocontinent.** *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 84, p. 16–33, 2018. DOI: 10.1016/j.jsames.2018.03.005.

FRAGA, L. M. S.; NEVES, S. C.; UHLEIN, A.; SIAL, A. N.; PIMENTEL, M. M.; HORN, A. H. C., **Sr-isotope stratigraphy of carbonate rocks from the Southern Espinhaço Ridge, Minas Gerais, southeastern Brazil.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 86, n. 2, p. 633–648, 2014. DOI: 10.1590/0001-3765201420130152.

FERREIRA, F. J. F.; FRUCHTING, A.; GUIMARÃES, G. B.; ALVES, L. S.; MARTIN, V. M. O.; ULBRICH, H. H. G. J. **Levantamentos gamaespectrométricos em granitos diferenciados. II: O exemplo do Granito Joaquim Murtinho, Complexo Granítico Cunhaporanga, Paraná.** *Geologia USP - Série Científica*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 55-72, jan. 2009. Disponível em: [www.igc.usp.br/geologiausp](http://www.igc.usp.br/geologiausp).

FERREIRA, F. J. F.; SOUZA, J.; BONGIOLO, A. B. S.; CASTRO, L. G. **Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle.** *Geophysics*, v. 78, n. 3, p. J33–J41, 2013. DOI: 10.1190/GEO2011-0441.1.

Heilbron, M., Cordani, U. G., Alkmim, F.F., 2017. **São Francisco Craton, Eastern Brazil Tectonic Genealogy of a Miniature Continent.** *Springer, Regional Geology Reviews*, p 258.

KARFUNKEL, J., HOPPE, A. **Late Precambrian glaciation in centraleastern Brazil: synthesis and model.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 65, p. 1–21. 1988.

KUCHENBECKER, M.; BABINSKI, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; FLETCHER, I. R.; LANA, C.; NOCE, C. M. **Detrital zircon age distribution of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil: a contribution to pre-glacial to post-glacial basin evolution.** *Precambrian Research*, v. 266, p. 12-26, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.04.004>

MADUREIRA, R.; QUEIROGA, G.; MATA, T.; SCHOLZ, R.. **Pegmatitos: evolução dos conceitos e sistemas de classificação.** *Revista de Geociências do Nordeste*, Caicó, v. 11, n. 1, p. 1004-1018, 2025. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2025v11n1ID40134>

MARSHAK, S.; ALKMIN, F. F.; WHITTINGTON, A.; PEDROSA-SOARES, A. C. **Extensional collapse in the Neoproterozoic Araçuaí orogen, eastern Brazil: a setting for reactivation of asymmetric cremulation cleavage.** *Journal of Structural Geology*, v. 28, n. 2, p. 129-147, 2006.

MEDEIROS, G.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; DIAS, L.; CIARALLO, F.; ALKMIM, F.; DUSSIN, I.; LANA, C. **Tectonostratigraphic framework and provenance of a Mesoproterozoic rift succession: An example from the Espinhaço Supergroup, SE Brazil.** *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 413, p. 107576, 2024. DOI: [10.1016/j.precamres.2024.107576](https://doi.org/10.1016/j.precamres.2024.107576)

MENDES, J. C.; WIEDEMANN, C.; MCREATH, I. **Conditions of formation of charnockitic magmatic rocks from the Várzea Alegre massif, Espírito Santo, southeast Brazil.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 47–54, 1999.

MÜLLER, A.; SIMMONS, W.; BEURLIN, H.; THOMAS, R.; HILLEN, P. M.; WISE, M.; RODA-ROBLES, E.; NEIVA, A. M. R.; ZAGORSKY, V. **A proposed new mineralogical classification system for granitic pegmatites – Part I: History and the need for a new classification.** *The Canadian Mineralogist*, v. 60, n. 2, p. 203–227, 2022.

NOCE C.M., PEDROSA-SOARES A.C., GROSSI-SAD J.H., BAARS F.J., GUIMARÃES M.L.V., MOURÃO M.A.A., OLIVEIRA M.J.R., ROQUE N.C. **Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozóica.** *Anais 9º Simp. Geol. Minas Gerais – SBG Núcleo MG*. Bol. 14: 29-31. 1997.

OLIVEIRA, L. D. **Análise estratigráfica das Formações Serra do Catuni e Chapada Acauã Inferior, Grupo Macaúbas, ao longo do paralelo 17°30' S, região Centro-Norte de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) — Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

PEDROSA-SOARES, A. C. **Geologia da Folha Jenipapo.** In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). **Projeto Espinhaço em CD-ROM: textos, mapas e anexos.** Belo Horizonte: COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais, 1997. p. 1053–1197.

PEDROSA-SOARES, A. C.; ALKMIM, F. F. **Quantos eventos de rifteamento precederam o desenvolvimento do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental?** *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 19, n. 2, p. 244–251, 2011.

PEDROSA-SOARES, A. C.; DE CAMPOS, C. P.; NOCE, C.; SILVA, L. C.; NOVO, T.; RONCATO, J.; MEDEIROS, S.; CASTAÑEDA, C.; QUEIROGA, G.; DANTAS, E.; DUSSIN, I.; ALKMIM, F. **Late Neoproterozoic–Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources.** *Geological Society, London, Special Publications*, London, v. 350, p. 25–51, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP350.3>.

PEDROSA-SOARES, A. C.; WIEDENMANN-LEONARDOS, C. M. **Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil.** *Tectonic Evolution of South America*, p. 265-285, 2000.

QUEIROGA, G. N. **A seção sedimentar sulfetada do ofiolito de Ribeirão da Folha e seu potencial metalogenético, Orógeno Araçuaí, MG.** 2006. 127 p. Dissertação Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

QUEIROGA, G. N.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; PIMENTEL, M. M.; DANTAS, E.; MARTINS, M.; CASTAÑEDA, C.; SUITA, M. T. F.; PRICHARD, H. **Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: the U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite.** *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 61–65, 2007.

SOUZA, M. E.; MARTINS, M. S.; QUEIROGA, G. N.; LEITE, M.; OLIVEIRA, R. G.; DUSSIN, I.; PEDROSA-SOARES, A. C. **Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí orogen, southeast Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 96, p. 102393, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102393>

SOUZA, M. E.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DUSSIN, I.; CASTRO, M. P.; SERRANO, P. **Time and isotopic constraints for Early Tonian basaltic magmatism in a large igneous province of the São Francisco–Congo paleocontinent (Macaúbas basin, Southeast Brazil).** *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 373, p. 106621, 2022. DOI: 10.1016/j.precamres.2022.106621

UHLEIN, A., ALVARENGA, C.J.S., DARDENNE, M.A., TROMPETTE, R.R. **“The glaciogenic Jequitai Formation, southeastern Brazil,”** in: The geological record of neoproterozoic glaciations. Memoirs 36. Editors E. Arnaud, G. P. Halverson, and G. Shields-Zhou (London: Geological Society), v. 36, p. 541–546. 2011.

UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; ALVARENGA, C. J. S. **Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: The Jequitai–Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil).** *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 12, n. 2, p. 203–220, 1999. DOI: 10.1016/S0895-9811(99)00013-9.

VILELA, F. T., PEDROSA-SOARES, A., BABINSKI, M., LANA, C., TRINDADE, R. I., SANTOS, E. **Diamictitic iron formation (DIF) deposits of the Neoproterozoic Nova Aurora Iron District (Macaúbas Group, Southeast Brazil).** *Journal of South American Earth Sciences*, 112, 103614. 2021.

WIEDEMANN, C. **The evolution of the early Paleozoic, late to post-collisional magmatic arc of the Coastal mobile belt in the State of Espírito Santo, eastern Brazil.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 65, p. 163–181, 1993.

WISE, M. A.; MÜLLER, A.; SIMMONS, W. B. **A proposed new mineralogical classification system for granitic pegmatites.** *The Canadian Mineralogist*, v. 60, n. 2, p. 229–248, 2022.

WHITTINGTON, A. G.; CONNELLY, J.; PEDROSA-SOARES, A. C.; MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F. **Collapse and melting in a confined orogenic belt: preliminary results from the Neoproterozoic Aracuai belt of eastern Brazil.** In: AGU FALL MEETING, 2001. Abstract T32B-089. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, v. 82, p. 1181–1182, 2001.



## 7. Anexos

### 7.1. Anexo I

#### STRUCTURAL CONTROL OF GRANITE PEGMATITES HOSTED IN THE RIBEIRÃO DA FOLHA FORMATION, ARAÇUAÍ OROGEN, BRAZIL.

Borges; BH, Martins; MS, Queiroga; GN, Scholz; R

DEGEO/EM/Universidade Federal de Ouro Preto

In its type-area, the ophiolite-related sequence of the Ribeirão da Folha Formation is located in the northern Araçuaí orogen, hosts late-collisional S-type granites of the G4 Supersuite, known locally as Mangabeiras Suite, and related bodies of granitic pegmatites (Pedrosa-Soares, 1997). Although previously mapped at 1:25.000 scale (Queiroga 2006), the region lacked of works focusing on the structural control of granitic pegmatites. An area of approximately 106 km<sup>2</sup> was covered by geological mapping at 1:20.000 scale during an elective course for undergraduate students. As result, we individualize the Lower and Upper members of the Ribeirão da Folha Formation.

The Lower Member consists of amphibolite and serpentinite or other metaultramafic varieties, overlapping by quartz-mica schist with Fe-rich garnet, staurolite and kyanite. The Upper Member comprises coarse-grained mica-quartz schist and quartzite found in higher altitude areas. The Mangabeiras Suite consists of granitoids with equigranular quartz, plagioclase, muscovite, and biotite. Southern pegmatites are composed mainly of quartz, biotite, muscovite, plagioclase and microcline, where the intergrowth of quartz and feldspar marks the graphic texture. Tourmaline, cassiterite, columbite and tantalite comprises the accessory mineralogy.

The structural framework is defined by three distinct planar structures, whose crosscutting relationship, distribution and mode of occurrence denotes the tectonic history of the mapped area. The Sn-1 is a relict foliation completely transposed by the predominant penetrative ductile Sn foliation (amphibolite facies, kyanite zone, in correspondence with Sn foliation described by Queiroga, 2006). It striking-EW and gently dipping east, possibly verging to the north. The Sn+1 foliation occurs at ductile-ruptile to ruptile-ductile transitional crustal levels (reaching up the greenschist facies), appears as crenulation cleavage in schistose rocks and spaced cleavage in sandy rocks, predominantly oriented NS and dipping north.

The set of geological map, field relationships and structural data suggest no parental relationship between the granitic pegmatites and the Mangabeiras Suite. The

Mangabeiras pluton appears elongated in map view, with its main axis parallel to the ductile  $S_n$  penetrative foliation, both being cut by  $S_{n+1}$  cleavage. It seems plausible to associate the generation of  $S_n$  foliation to the collisional stage of the Araçuaí orogen, striking EW as tectonic inheritance of the Guanhães Block, located to the south. The Mangabeiras pluton must represent the final magmatism of the collisional stage in this region. On the other hand,  $S_{n+1}$  cleavage and the pegmatite bodies show close association, leading to believe that their spatial and temporal generation/emplacement are related to the collapse stage of the Araçuaí orogen. The abrupt contact between the granitic pegmatites and the host rocks of the Ribeirão da Folha Formation, without the occurrence of metasomatic mineral assemblages, suggests two mechanisms that operated during the emplacement of these pegmatites (according to Chadwick, 1958): i) permissive emplacement, ii) or local derivation. Acknowledgements to FAPEMIG (project APQ-02811-21), to Mineração Ribeirão das Folhas Ltda, DEGEO/EM/UFOP and all undergraduate students of the GEO391\_2023\_1.

Palavras chave: Structural Controls; Granite Pegmatites, Araçuaí Orogen; Ribeirão da Folha region.

## 7.2. Anexo II

### A CLASSIFICATION PROPOSAL TO THE GRANITE PEGMATITES OF THE RIBEIRÃO DA FOLHA REGION, ARAÇUAÍ OROGEN, BRAZIL

Borges; BH, Martins; MS, Scholz; R, Queiroga; GN, Irias; JS, Campos; WG.

[bruno.hb@aluno.ufop.edu.br](mailto:bruno.hb@aluno.ufop.edu.br); [maximiliano.martins@ufop.edu.br](mailto:maximiliano.martins@ufop.edu.br);  
[ricardo.scholz@ufop.edu.br](mailto:ricardo.scholz@ufop.edu.br); [glauciaqueiroga@ufop.edu.br](mailto:glauciaqueiroga@ufop.edu.br);  
[joaquim.salgado@aluno.ufop.edu.br](mailto:joaquim.salgado@aluno.ufop.edu.br); [wilck.campos@aluno.ufop.edu.br](mailto:wilck.campos@aluno.ufop.edu.br)

A key exploration guide for granite pegmatites is the classification of these bodies, which systematizes different pegmatite types and their potential mineral resources. The most applied system was established by (Černý 1991a, b; Černý & Ercit, 2005); however it has limitations in distinguishing between mixed Lithium-Cesium-Tantalum (LCT) and Niobium-Yttrium-Fluorine (NYF) characteristics, as well as inferring depth based on host rocks, which can potentially cause misclassifications (Müller et al., 2022). Wise & Müller (2022) proposed a system that prioritizes primary accessory mineralogy, host rock relationships, and pegmatite origin. Spatial relationships determine whether they belong to granitic magmatic systems (Groups 1 and 2) or are direct products of anatexis (Group 3).

The Eastern Pegmatite Province of Brazil (EPPB) contains extensive granite pegmatites associated with the pre-, syn-, and post-collisional stages of the Ediacaran-Cambrian Araçuaí Orogen (AO). This study examines the Ribeirão da Folha region (central-northern Minas Gerais) within the AO's inner domain. The pegmatites are hosted within the ophiolitic sequence of the Ribeirão da Folha Formation, which has been metamorphosed under medium amphibolite conditions in the kyanite zone (Queiroga, 2006). They have no apparent physical connection with the only granite pluton that outcrops in the area (Mangabeiras body), which is related to the late collisional stage of the AO, and produce tourmaline (elbaite and rubellite), aquamarine, lepidolite, and ornamental stones.

Attempts to propose a genetic classification to those pegmatites, previously unestablished, involved mapping three underground galleries at a 1:100 scale, revealing strong zoning. Zone I, possibly the border, has a finegrained texture and is composed of plagioclase, K- feldspar, micas, and quartz. In Zone II, crystals grow abruptly without

mineralogical changes. Zone III displays an irregular graphic texture. Zone IVa shows abrupt texture changes, containing microcline, plagioclase, quartz, and muscovite. Zone IVb features miarolitic cavities bordered by albite, elbaite, muscovite, lepidolite, and quartz. Zone IVc is dominated by K-silicates, megacrystals of microcline, and xenoliths of mica schist. The core is predominantly composed of massive quartz crystals, embedded with elbaite and miarolitic cavities, along with saccharoidal quartz and albite aggregates, and contains accessory minerals such as apatite, almandine, and biotite. The entire core zone is cut by fractures through which alteration fluids have percolated.

As such, the Ribeirão da Folha pegmatites were classified as muscovite-rare-element (MSREL) of the LCT family Li subtype, according to Černý (2005). Based on the classification by Wise & Müller (2022), they belong to Group 3 – simply zoned pegmatites formed by crustal anatexis, a subtype of peraluminous pegmatite enriched in B, evidenced by schorl tourmaline as a primary accessory mineral. The absence of a direct connection with the Mangabeiras body, the contact with the host rock without metasomatism, and the structural control by  $S_{n+1}$  foliation (Borges et al., 2024) suggest tectonic influence. Mica schist xenoliths suggest partial melting of the host rock, characteristic of anatectic pegmatites. (Wise & Müller, 2022). Acknowledgements are given to the CNPq Project 310072/2021-2 and FAPEMIG Project APQ-00764-23.