



Universidade de Brasília - UnB  
Instituto de Geociências - IG

## **Trabalho de Mapeamento Geológico Final**

### **Projeto Unai**

Subárea IX

Paula Thaís da Silva Nascimento

Raylline Ferreira da Silva

Brasília - DF

2021

*Projeto Unai – Subárea IX*  
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

Paula Thaís da Silva Nascimento - 16/0016363

Raylline Ferreira da Silva - 16/0017360

**Trabalho Final de Graduação – Projeto Unai**

**ORIENTADORES:**

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos (Coordenador)

Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

Prof. Dr. Martino Giorgioni

Doutorando Lucas Santos Batista Teles

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Martino Giorgioni (Orientador)

Prof. Dr. Federico Alberto Cuadros Jiménez

Prof. Dr. Luiz José Homem D'el-Rey Silva

Brasília, novembro de 2021

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço aos meus pais, Aparecida e Vanderley, por serem o meu maior alicerce e exemplo de pessoas boas e honestas. Agradeço a confiança incondicional, incentivo e por todo o amor. Ao meu irmão, Gustavo, agradeço a amizade e as conversas sem sentido cheias de significado. Aos meus avós agradeço por me inspirarem todos os dias de diferentes formas.*

*Agradeço à equipe do TF 2020, em especial ao professor Eloi pela confiança e coordenação e aos motoristas Amadeu, Marcos, Mendes e Péricles pelo carinho, atenção e cuidado com a turma durante o campo.*

*Agradeço à Linda e Ana Flávia pela amizade e pelo acolhimento desde o meu primeiro dia na UnB, obrigada por me ajudarem a fazer de Brasília a minha casa e por terem os maiores corações do mundo (Um beijo pra área X!). Agradeço à Luiza por todo o apoio e carinho e ao João Carlos por sempre estar disposto a ouvir minhas besteiras e inseguranças sem julgamento. Agradeço a todos os amigos do TF 2020 pelo bom humor e companheirismo mesmo em meio a todas as adversidades e frustrações.*

*Agradeço à Elenilda pela gentileza e por me acolher em sua casa e cuidar de mim com tanto carinho. À minha dupla e amiga do coração, Raylline, eu agradeço a parceria e cumplicidade não só durante o TF, mas ao longo de todos esses anos de graduação. Nossa amizade surgiu de forma espontânea desde o dia 1 e fico muito feliz em ter você ao meu lado durante mais uma etapa importante das nossas vidas. Todas as memórias que fizemos juntas ao longo de todos esses anos são tesouros que eu vou guardar e carregar comigo sempre.*

*Paula Thaís da Silva Nascimento*

*Agradeço em primeiro lugar à minha mãe, Elenilda, pelo imenso amor, apoio, dedicação e todos os incentivos, os quais me proporcionaram chegar até aqui. Dedico todas as minhas conquistas a ela! Aos meus avós, Lázara e José Antônio, por todo amor, preocupação, por sempre torcerem por mim e além de serem os meus maiores exemplo de vida.*

*Agradeço a todos meus amigos feitos durante essa trajetória geológica, os quais permitiram que a minha graduação fosse muito mais prazerosa e divertida. Em especial, ao Ricardo por todo companheirismo, amor e por ter me dado tanta força e apoio ao longo desses anos. À Ana Flávia, Paula e Linda por uma amizade tão singular e, como diríamos, por serem tudo na minha carreira. Com todo o coração, agradeço à Paula, minha querida dupla, por todos os momentos vividos ao seu lado desde o primeiro dia de graduação.*

*Agradeço a toda equipe do Projeto Unai por ter tornado a realização deste TF possível. Principalmente ao Prof. Eloi Campos por todo o esforço (que não foi pouco) e comprometimento para que pudessemos realizar da melhor maneira este projeto. E aos motoristas que nos conduziram com tanto profissionalismo e simpatia nos dias de campo.*

*Raylline Ferreira da Silva*

## RESUMO

O Projeto Unai corresponde ao Trabalho Final de Graduação em Geologia da Universidade de Brasília do ano de 2020. Propõe-se a realizar um trabalho de mapeamento geológico em escala semirregional (1:50 000) de uma área de 651 m<sup>2</sup> ao sul do município de Unai, noroeste do Estado de Minas Gerais. O objetivo é contribuir para a evolução do conhecimento e da cartografia geológica da região, além da formação dos alunos de graduação. A área de estudo está inserida no contexto da Zona Externa da Faixa Brasília, caracterizada por cinturões de dobras e cavalgamentos, em um cenário geológico que envolve rochas sedimentares e metassedimentares de baixo grau metamórfico deformadas pela Orogênese Brasileira. Foram mapeadas as seguintes unidades geológicas: Formação Quilombo, Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá, Formação Serra do Landim do Grupo Canastra e Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, todas em contato tectônico. A Formação Quilombo é formada por ritmitos psamo-pelíticos e pelito-psamíticos, por vezes com ocorrências conglomeráticas, associados a um sistema turbidítico e com a presença de vulcanismo subaquoso de intermediário a ácido. A Formação Córrego do Barreiro é composta por arenitos, dolomitos e siltitos depositados em uma plataforma mista com forte controle paleotopográfico. A Formação Serra do Landim corresponde à única unidade metamórfica mapeada e é formada por filitos e mármore metamorizados em fácies xisto verde (zona da clorita). A Formação Sete Lagoas é composta por siltitos, margas e calcários micríticos e é também associada a uma plataforma mista. As estruturas da região foram formadas em um sistema deformacional transpressivo sinistral com topo ligeiramente para sudeste, por meio de esforços predominantemente E-W. A integração dos dados desse trabalho com informações geocronológicas e estratigráficas da literatura, possibilitou a definição de um modelo de evolução geotectônica para região, o qual ocorreu a partir da tafrogênese estateriana e subsequente deposição de sedimentos do Grupo Araí em uma bacia do tipo rifte. Em seguida, durante o Calimiano, houve a formação da bacia do tipo SAG com a deposição do Grupo Traíras, sobre o qual ocorreu o sistema turbidítico da Formação Quilombo no período Ectasiano. Ao longo do Esteniano, houve a deposição das bacias cronocorrelatas do Grupo Paranoá e do Grupo Canastra. Por fim, no Neoproterozoico ocorreu a Orogênese Brasileira e a deposição do Grupo Bambuí em uma bacia do tipo *foreland*. O potencial geoeconômico mineral da região envolve a ocorrências de Pb, Zn ± Cu, argila, dolomito agrícola e agregados, fosfato e ouro orogênico. O zoneamento hidrogeológico é caracterizado nos domínios freático, fraturado e físsuro-cárstico.

**PALAVRAS-CHAVE: Zona Externa, Faixa Brasília, Unai, Sistema Turbidítico, Formação Quilombo.**

## **ABSTRACT**

The Unaí Project constitutes the Final Geological Mapping of the geology undergraduate course of the University of Brasília, in 2020. The project proposes to make a geological mapping at semi-regional scale (1:50 000) of an area of 651 km<sup>2</sup> to the south of the Unaí municipality, northwest of the Minas Gerais State. The goal is to contribute to the advancement of the knowledge of the geology of the region, as well as to the formation of undergraduate students. The study area is inserted in the context of the Outer Zone of the Brasília Belt, characterized by folds and thrust belts, in a geological setting that involves sedimentary and metasedimentary rocks of low metamorphic grade, deformed during the Brasiliano Orogenesis. The following geological units were mapped: Quilombo Formation, Córrego do Barreiro Formation of the Paranoá Group, Serra do Landim Formation of the Canastra Group, and Sete Lagoas Formation of the Bambuí Group, all in tectonic contact. The Quilombo Formation is formed by psamo-pelitic and pelite-psamitic rhythmite sequences, sometimes with conglomeratic occurrences, associated into a turbidite system and with the presence of subaqueous intermediate to acid volcanism. The Córrego do Barreiro Formation is composed of sandstones, dolomites and siltstones, deposited on a mixed sedimentation platform with intense paleotopographic control. The Serra do Landim Formation is the only metamorphic unit mapped and consists of phyllites and marbles metamorphosed in greenschist facies (chlorite zone). The Sete Lagoas Formation is composed of siltstones, marls, and micritic limestones, also associated with a mixed sedimentation platform. The structures in the region were formed by a sinistral transpressive deformation system with a top slightly directed to southeast, through predominantly E-W stress. By integrating the data of this work with geochronological and stratigraphic information from the literature, a model of the geotectonic evolution of the region was defined. It started from the Staterian taphrogenesis and subsequent deposition of sediments of the Araí Group in a rift-type basin. Then, during the Callymian, a SAG-type basin was formed with the deposition of the Traíras Group, on which the turbiditic system of the Quilombo Formation was deposited, in the Ectasian period. During the Estenian the chrono-correlated units of the Paranoá and Canastra groups were deposited. Finally, the Brasiliano Orogeny and the deposition of the Bambuí Group in a foreland-type basin took place during the Neoproterozoic. The geoeconomic mineral potential involves the occurrence of Pb, Zn ± Cu mineralizations, clay, agricultural dolomite and aggregates, phosphate and orogenic gold. The hydrogeological zoning is consists of in the phreatic, fractured and fissure-karstic domains.

**KEYWORDS: Outer Zone, Brasília Belt, Unaí, Turbidite System, Quilombo Formation.**

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>1.1. Apresentação</b> .....	1
<b>1.2. Objetivos e Justificativas</b> .....	1
<b>1.3. Localização e vias de acesso</b> .....	1
<b>1.4. Materiais e Métodos</b> .....	2
<b>1.4.1. Etapa pré-campo</b> .....	3
<b>1.4.2. Etapa campo</b> .....	3
<b>1.4.3. Etapa pós-campo</b> .....	4
<b>1.5. Nomenclatura e definições adotadas</b> .....	4
<b>1.6. Aspectos Fisiográficos</b> .....	6
<b>1.6.1. Clima</b> .....	6
<b>1.6.2. Vegetação</b> .....	7
<b>1.6.3. Geomorfologia</b> .....	7
<b>1.6.4. Solo</b> .....	8
<b>1.6.5. Hidrografia</b> .....	10
<b>2. Geologia Regional</b> .....	11
<b>2.1. Introdução</b> .....	11
<b>2.2. Província Tocantins</b> .....	11
<b>2.3. Faixa de Dobramento Brasília</b> .....	11
<b>2.4. Unidades Estratigráficas do Projeto Unai</b> .....	13
<b>2.4.1. Formação Quilombo</b> .....	13
<b>2.4.2. Grupo Paranoá</b> .....	14
<b>2.4.3. Grupo Canastra</b> .....	16
<b>2.4.4. Grupo Vazante</b> .....	18
<b>2.4.5. Grupo Bambuí</b> .....	21
<b>3. Geotecnologias</b> .....	23
<b>3.1. Introdução</b> .....	23
<b>3.2. Sensoriamento Remoto</b> .....	23
<b>3.2.1. Imagem Sentinel</b> .....	23
<b>3.2.2. Imagem ALOS</b> .....	25
<b>3.2.3. Mapa de Lineamentos Morfoestruturais</b> .....	27
<b>3.2.4. Mapa Base da Subárea IX</b> .....	28
<b>3.2.5. Mapa de Zonas Homólogas Fotointerpretadas</b> .....	29
<b>3.3. Aerogeofísica</b> .....	31
<b>3.3.1. Aquisição dos dados</b> .....	32

3.3.2.	Método Aeromagnetométrico.....	33
3.3.3.	Método Gamaespectrométrico .....	38
3.4.	Sísmica de Reflexão .....	41
4.	Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais.....	43
4.1.	Introdução.....	43
4.2.	Geologia do Projeto Unai.....	44
4.3.	Geologia Local da Subárea IX .....	44
4.3.1.	Formação Quilombo.....	46
4.3.1.1.	Descrição de Fácies.....	47
4.3.1.2.	Associação de Fácies.....	54
4.3.1.3.	Sistema Depositional da Formação Quilombo .....	55
4.3.2.	Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá) .....	57
4.3.2.1.	Descrição de Fácies.....	58
4.3.2.2.	Associação de Fácies.....	66
4.3.2.3.	Sistema Depositional da Formação Córrego do Barreiro .....	67
4.3.3.	Formação Serra do Landim (Grupo Canastra).....	68
5.	Geologia Estrutural.....	71
5.1.	Introdução.....	71
5.2.	Arcabouço Estrutural .....	73
5.2.1.	Arcabouço Estrutural Dúctil.....	73
5.2.1.1.	Dobras.....	74
5.2.1.2.	Foliações .....	76
5.2.1.3.	Lineações .....	76
5.2.2.	Arcabouço Estrutural Rúptil.....	76
5.2.2.1.	Falhas.....	77
5.2.2.2.	Fraturas .....	78
5.3.	Discussões .....	80
6.	Evolução Geológica .....	82
6.1.	Introdução.....	82
6.2.	Início da abertura da bacia e deposição da sucessão sin-rifte .....	82
6.2.1.	Embasamento cristalino riaciano.....	82
6.2.2.	Bacia estateriana do tipo rifte .....	84
6.3.	Sucessão pós-rifte .....	84
6.3.1.	Bacia calimiana do tipo SAG.....	84
6.3.2.	Sistema turbidítico ectasiano.....	85
6.4.	Sucessão intracratônica do Grupo Paranoá e Canastra .....	86
6.1.	Bacia do tipo <i>foreland</i> e Orogênese Brasileira (750-510 Ma).....	88

<b>7. Potencialidades Econômicas</b> .....	90
<b>7.1. Introdução</b> .....	90
<b>7.2. Potencialidades Geoeconômicas</b> .....	90
<b>7.2.1. Potencialidades Minerais</b> .....	90
<b>7.2.1.1. Pb e Zn ±Cu</b> .....	91
<b>7.2.1.2. Argila</b> .....	92
<b>7.2.1.3. Dolomito agrícola e agregados</b> .....	92
<b>7.2.1.4. Fosfato</b> .....	92
<b>7.2.1.5. Ouro</b> .....	93
<b>7.2.2. Potencialidades Não Minerais</b> .....	93
<b>7.2.2.1. Geoturismo</b> .....	93
<b>8. Zoneamento Hidrogeológico</b> .....	95
<b>8.1. Introdução</b> .....	95
<b>8.2. Classificação e Caracterização dos Aquíferos</b> .....	96
<b>8.2.1. Domínio Freático</b> .....	98
<b>8.2.1.1. Sistema Freático 1 (F1)</b> .....	98
<b>8.2.1.2. Sistema Freático 2 (F2)</b> .....	98
<b>8.2.2. Domínio Fraturado</b> .....	99
<b>8.2.2.1. Sistema Fraturado 1 (F1)</b> .....	99
<b>8.2.2.2. Sistema Fraturado 2 (F2)</b> .....	99
<b>8.2.3. Domínio Físsuro-Cárstico - Sistema FC</b> .....	100
<b>8.3. Considerações Finais</b> .....	100
<b>9. Conclusões e Recomendações</b> .....	103
<b>9.1. Considerações Finais</b> .....	103
<b>9.2. Evolução do Conhecimento</b> .....	104
<b>9.3. Recomendações</b> .....	106
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1)</b> Mapa de localização e vias de acesso do Projeto Unai. Mapa base utilizado: Ruas (ESRI). ...	2
<b>Figura 1.2)</b> Classificação de rochas sedimentares detríticas areníticas (Tucker, 2014). .....	5
<b>Figura 1.3)</b> Gráfico construído por meio de dados obtidos no banco de dados do INMET. Representa o comportamento do clima no município de Unai de janeiro de 1991 até dezembro de 2020. ....	6
<b>Figura 1.4)</b> Tipos de vegetação da região de estudo. A) Vegetação do tipo mata seca. B) Vegetação do tipo campo cerrado. ....	7
<b>Figura 1.5)</b> Modelo Digital de elevação ALOS PALSAR da área do Projeto Unai. Fonte: Alaska Satellite Facility. ....	8
<b>Figura 1.6)</b> Mapa de solos mapeados na escala 1:250.000 da área do Projeto Unai sobre relevo sombreado. Fonte: IBGE. ....	9
<b>Figura 2.1)</b> Unidades tectônicas da Faixa Brasília com destaque para área do Projeto Unai no retângulo vermelho. Modificado por Rodrigues (2008) de Dardenne (2000). ....	12
<b>Figura 2.2)</b> Coluna Estratigráfica da Formação Quilombo (Modificada de Campos <i>et al.</i> , 2021). ....	14
<b>Figura 2.3)</b> Coluna Estratigráfica do Grupo Paranoá (Campos <i>et al.</i> , 2013) .....	16
<b>Figura 2.4)</b> Coluna Estratigráfica do Grupo Canastra. Modificada por Teles (2019), de Dardenne (2000). ....	18
<b>Figura 2.5)</b> Coluna estratigráfica do Grupo Vazante (Dardenne, 2000). ....	20
<b>Figura 2.6)</b> Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí (Dardenne, 2000). ....	22
<b>Figura 3.1)</b> Imagem Sentinel-2 com composição colorida RGB 432 (cor verdadeira).....	24
<b>Figura 3.2)</b> Imagem Sentinel-2 com composição colorida RGB 843 (infravermelho). ....	25
<b>Figura 3.3)</b> Imagens sombreadas com os ângulos de 45°, 135°, 225° e 315°, respectivamente. Produzidas por meio da imagem ALOS PALSAR. ....	26
<b>Figura 3.4)</b> Mapa de lineamentos morfoestruturais do Projeto Unai e diagrama de rosetas correspondente. Os lineamentos estão sobre relevo sombreado com filtro direcional de 225° e transparência de 45%.....	27
<b>Figura 3.5)</b> Mapa de lineamentos morfoestruturais da Subárea IX e diagrama de rosetas correspondente. Os lineamentos estão sobre relevo sombreado com filtro direcional de 225° e transparência de 45%.....	28
<b>Figura 3.6)</b> Mapa base referente à Subárea IX feito a partir da imagem Sentinel-2. ....	29
<b>Figura 3.7)</b> Mapa base referente à Subárea IX feito a partir do MDE ALOS PALSAR.....	29
<b>Figura 3.8)</b> Mapa de Zonas Homólogas da subárea IX. ....	30
<b>Figura 3.9)</b> Localização da do Projeto Unai na Área 1 do Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais. Adaptado de LASA (2001). ....	32
<b>Figura 3.10)</b> Fluxograma de processamento adotado para os dados aerogeofísicos obtidos (LASA, 2001). ....	33
<b>Figura 3.11)</b> Fluxograma de processamento aplicado aos produtos magnetométricos. ....	34
<b>Figura 3.12)</b> Campo Magnético Anômalo.....	34
<b>Figura 3.13)</b> Produtos gerados a partir do CMA. A) Derivada vertical Dz. B) Amplitude do Sinal Analítico (ASA). O polígono vermelho representa a área do Projeto Unai. ....	35
<b>Figura 3.14)</b> Derivada TILT gerada a partir do CMA.....	36
<b>Figura 3.15)</b> Domínios magnéticos individualizados no mapa de amplitude de sinal analítico. ....	37
<b>Figura 3.16)</b> Fluxograma de processamento aplicado aos produtos gamaespectrométricos. ....	38
<b>Figura 3.17)</b> Mapa das concentrações de Potássio (%), Tório equivalente (ppm) e Urânio equivalente (ppm). ....	38
<b>Figura 3.18)</b> Mapa de composição ternária em RGB e CMY, respectivamente. ....	39
<b>Figura 3.19)</b> Domínios gamaespectrométricos individualizados no mapa ternário RGB. ....	40
<b>Figura 3.20)</b> Localização da linha sísmica em relação ao Projeto Unai.....	42
<b>Figura 3.21)</b> Dado referente à linha sísmica “R0240_São_Francisco_045_PSTM”.Fonte: Agência Nacional do Petróleo. ....	42
<b>Figura 4.1)</b> Unidades mapeadas pelo Projeto Unai. ....	43
<b>Figura 4.2)</b> Mapa Geológico da Subárea IX.....	45

<b>Figura 4.3)</b> Área de ocorrência da Formação Quilombo na subárea IX e pontos realizados nesta unidade. ....	46
<b>Figura 4.4)</b> Tipos de afloramentos da Formação Quilombo na subárea IX. A) Rocha fresca em drenagem encaixada. Afloramento alterado em corte de estrada. ....	46
<b>Figura 4.5)</b> Contraste geomorfológico entre o Membro Ribeirão da Porteira e o Membro Ribeirão do Franco. A linha vermelha pontilhada marca o contato interdigitado entre as duas unidades. ....	47
<b>Figura 4.6)</b> Fácies Cm. A e B) Conglomerado polimítico com clastos de granulometria até seixo e mal selecionado. ....	48
<b>Figura 4.7)</b> Fotomicrografias da Fácies Cm evidenciando a natureza polimítica do conglomerado A) Amostra TF20-VIII-44. B) Amostra TF20-IX-99. ....	48
<b>Figura 4.8)</b> Fácies Lm. A) Intercalação entre litoarenito maciço (Fácies Lm) e camadas pelíticas (Fácies Pm). B) Amostra TF20-VI-110 de litoarenito com granulometria areia média. ....	49
<b>Figura 4.9)</b> Fotomicrografias da amostra TF20-VI-110. A) Rocha clasto suportada com menos de 10% de matriz pelítica. B) O arcabouço é constituído principalmente por grãos de quartos (75%) e em menor proporção de fragmentos líticos (20%) e de feldspato (5%). ....	50
<b>Figura 4.10)</b> Fácies Ll. A e B) Laminação plano paralela em amostra de litoarenito. C) Afloramento de litoarenito com laminação cruzada. ....	50
<b>Figura 4.11)</b> Fácies GLm; amostras de mão da grauvasca lítica formada por clastos de areia fina a média de quartzo feldspato e fragmentos líticos. A) Amostra TF20-XI-110 de grauvasca lítica fresca com cor cinza. B) Grauvasca lítica intemperizada e com coloração avermelhada. ....	51
<b>Figura 4.12)</b> Fotomicrografia da fácies GLm. A) Amostra TF20-IX-42; grauvasca lítica fina composta por mais de 40% de matriz. A estrutura sedimentar da rocha é maciça, visto que os planos preenchidos por cimento de óxidos são originados por processos de compactação B) Amostra TF20-XI-110; grauvasca lítica média a grossa formada por fragmentos líticos de rochas pelíticas. ....	51
<b>Figura 4.13)</b> Fácies GQm. A) Amostra TF20-XI-116 de grauvasca quartzosa com intercalações centimétricas entre níveis cinza escuro (com mais opacos) e cinza claro (com menos opacos). B) Fotomicrografias da amostra TF20-XI-116, a qual evidencia a natureza matriz suportada da rocha e predomínio do contato flutuante entre os clastos. ....	52
<b>Figura 4.14)</b> Intercalação da fácies Pm com a fácies Lm. A camada de siltito entre as camadas de litoarenito é maciça e está intemperizada. ....	53
<b>Figura 4.15)</b> Pelito laminado. ....	53
<b>Figura 4.16)</b> Coluna estratigráfica da Formação Quilombo na subárea IX. ....	54
<b>Figura 4.17)</b> Modelo deposicional esquemático da Formação Quilombo. ....	56
<b>Figura 4.18)</b> Esquema de fácies de Mutti em um sistema turbidítico (Modificado de Mutti (1992)). ....	57
<b>Figura 4.19)</b> Área de ocorrência da Formação Córrego do Barreiro na subárea IX e pontos realizados nesta unidade. ....	58
<b>Figura 4.20)</b> Contraste da vegetação evidencia o contato (linha pontilhada em vermelho) entre arenito e carbonato. A mata seca relaciona-se aos carbonatos e a mata verde e exuberante associa-se ao arenito. .	58
<b>Figura 4.21)</b> Afloramento intemperizado de siltito da Fácies Sl. ....	59
<b>Figura 4.22)</b> Afloramento in situ de arenito grosso da Fácies AGm. ....	60
<b>Figura 4.23)</b> Fácies AGm. A) Arenito alterado com granulometria areia grossa. B) Amostra 20-XII-54, arenito grosso fresco. ....	60
<b>Figura 4.24)</b> Fácies AGm. A e B) Amostra 20-XII-54, arcabouço formado por quartzo e feldspato (microclínio). C e D) Amostra 20-XIV-32, arenito com duas modalidades de granulometria. ....	61
<b>Figura 4.25)</b> Fácies Al. A) Afloramento de arenito laminado alterado. B) Arenito laminado fresco. C e D) Amostra 20-XIV-32a, rocha formada por clastos de quartzo, feldspato e micas no tamanho areia média. ....	62
<b>Figura 4.26)</b> Fácies Dlm1. A e B) Dololutito com variáveis quantidades de extraclastos. ....	62
<b>Figura 4.27)</b> Amostra 20-XI-125. A e B) Extraclastos de quartzo de granulometria variada e diversas fontes. ....	63
<b>Figura 4.28)</b> Fácies Dlm2. A) Dololutito centimétrico intercalado com dolarenito métrico. B) Dololutito maciço. ....	63

<b>Figura 4.29)</b> Fácies Dam. A) Afloramento de dolarenito maciço. B) Amostra 20-XIII-32b. C e D) Intraclastos de calcilitito e calcarenito de tamanhos variados. ....	64
<b>Figura 4.30)</b> Fácies Bp. A e B) Dolarenito com esteiras planares sinuosas. ....	65
<b>Figura 4.31)</b> Fácies Bm. A e B) Brecha intraclástica. C e D) Clastos de estromatólitos e dolarenito maciço. ....	65
<b>Figura 4.32)</b> Coluna estratigráfica da Formação Córrego do Barreiro na subárea IX. ....	66
<b>Figura 4.33)</b> Modelo deposicional esquemático da Formação Córrego do Barreiro. ....	68
<b>Figura 4.34)</b> Área de ocorrência da Formação Serra do Landim na subárea IX e pontos realizados nesta unidade. ....	68
<b>Figura 4.35)</b> Feições geomorfológicas associadas à Formação Serra do Landim: i) planalto com vegetação densa; ii) serra com vegetação rasteira, e iii) relevo aplainado entre o planalto e serra. ....	69
<b>Figura 4.36)</b> Filito da Formação Serra do Landim. A) Afloramento na encosta da Serra de filito intemperizado de cor bege rosado. B) Amostra de filito de granulação muito fina intemperizado. C) Amostra TF20-XIII-33 trata-se de um filito pouco alterado de granulação muito fina. D) Fotomicrografia da amostra TF20-XII-33. ....	70
<b>Figura 5.1)</b> Estereogramas referentes a: A) Medidas de acamamento (S0) das subáreas VIII, IX e X; B) S0 apenas da subárea IX. C) Medidas de foliação das subáreas VIII, IX e X, e D) foliação da subárea IX. ....	72
<b>Figura 5.2)</b> Identificação das foliações Sp e SS em amostra de filito do Grupo Canastra. ....	73
<b>Figura 5.3)</b> Representação em mapa das unidades e estruturas identificadas na subárea IX. ....	73
<b>Figura 5.4)</b> Abaixo camadas de silito dobradas e em cima camadas arenosas dobradas, de forma a evidenciar a diferença de competência entre essas litologias. ....	74
<b>Figura 5.5)</b> Estereograma com as medidas de acamamento (S0) da Formação Quilombo na subárea IX. ....	74
<b>Figura 5.6)</b> Exemplos de dobras encontradas na Formação Quilombo. A e A'). Dobra assimétrica com vergência para leste. B e B') Dobra simétrica de dimensões métricas. ....	75
<b>Figura 5.7)</b> Crenulação dos planos da foliação filítica no Grupo Canastra. ....	75
<b>Figura 5.8)</b> Foliação filítica presente no Grupo Canastra. A) Foliação penetrativa. B) Estereograma com as medidas de Sp do Grupo Canastra referente à subárea IX. ....	76
<b>Figura 5.9)</b> Seção Geológica de direção leste-oeste da subárea IX. ....	77
<b>Figura 5.10)</b> Lineações de deslizamento e steps. A, A' B) Lineação de deslizamento em rocha da Formação Quilombo. C) Steps indicando cinemática sinistral com topo para sudeste. ....	78
<b>Figura 5.11)</b> Diagramas de roseta. A) Direções das fraturas da subárea IX. B) Direção dos lineamentos morfoestruturais extraídos da subárea IX. ....	78
<b>Figura 5.12)</b> Tipos de fraturas encontradas na subárea IX. A) Pares conjugados de fraturas de cisalhamento. B) Fraturas extensionais identificadas a partir de juntas plumosas. ....	79
<b>Figura 5.13)</b> Estruturas em rochas carbonáticas. A) Fraturas subhorizontais e subverticais, de forma que estas estão associadas às direções da foliação Sp. B) Cavidade preenchida por sílica em plano de fratura. ....	79
<b>Figura 6.1)</b> Linha sísmica R0240_SAO_FRANCISCO_045_PSTM interpretada com o contexto não aflorante e exposto do Projeto Unai. A marcação da seção A-A' é a porção da linha sísmica que passa nas áreas do Projeto Unai. (Fonte da linha sísmica: Agência Nacional do Petróleo) ....	83
<b>Figura 6.2)</b> Bloco diagrama esquemático da tafrogênese estateriana e subsequente deposição do Grupo Araí. ....	84
<b>Figura 6.3)</b> Bloco diagrama esquemático da deposição do Grupo Traíras no período Calimiano. ....	85
<b>Figura 6.4)</b> Bloco diagrama esquemático da deposição da Formação Quilombo no período Ectasiano contexto do Projeto Unai. ....	86
<b>Figura 6.5)</b> Bloco diagrama esquemático da deposição cronocorrelata do Grupo Paranoá e Grupo Canastra durante o Esteniano. ....	88
<b>Figura 6.6)</b> Bloco diagrama esquemático do arcabouço tectônico do Projeto Unai representando as sucessões estratigráficas que foram afetadas pela Orogênese Brasileira. ....	89

<b>Figura 7.1)</b> Localização de cachoeira, cavidades naturais, ocorrências minerais, processos minerários e minas na área do Projeto Unai e adjacências.....	91
<b>Figura 7.2)</b> Potencialidades não minerais da área do Projeto Unai. A) Cavidade natural denominada Lapa do Sapezal, localizada na subárea XII, associada a dolomitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. B) Cachoeira conhecida como Água Boa e Doce, localizada na subárea XIV, associada a quartzitos e mármore da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.....	94
<b>Figura 8.1)</b> Dados referentes às normas de 1981 a 2010 da estação meteorológica convencional de Unai. A) Distribuição da precipitação e armazenamento de água no solo ao longo dos meses. B) Balanço hídrico. Fonte: SISDAGRO. ....	95
<b>Figura 8.2)</b> Mapa de zoneamento hidrogeológico do Projeto Unai contento as isoietas da região e diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais.....	97
<b>Figura 9.1)</b> Comparação entre os mapas geológicos produzidos pelo Projeto Unai na escala 1:50.000 (à esquerda) e pelo Serviço Geológico do Brasil na escala 1:100.000 (à direita). ....	105

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.1)</b> Cronograma de atividades do Projeto Unai.....	3
<b>Tabela 3.1)</b> Faixas espectrais e resoluções das bandas do sensor MSI do satélite Sentinel-2.....	24
<b>Tabela 3.2)</b> Caracterização das sete zonas homólogas individualizadas para subárea IX.....	30
<b>Tabela 3.3)</b> Descrição dos domínios magnéticos individualizados.....	37
<b>Tabela 3.4)</b> Descrição dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Unai.....	40
<b>Tabela 4.1)</b> Conjunto de fácies da Formação Quilombo.....	47
<b>Tabela 4.2)</b> Conjunto de fácies da Formação Córrego do Barreiro.....	59
<b>Tabela 8.1)</b> Dados referentes aos poços tubulares localizados na área do Projeto Unai.....	98
<b>Tabela 8.2)</b> Síntese dos aquíferos presentes no Projeto Unai.....	101
<b>Tabela 9.1)</b> Comparação entre as unidades litroestratigráficas propostas pelo Projeto Unai e pela CPRM (2015). ....	107

## **ANEXOS**

**Anexo A** – Mapa Base da Subárea IX

**Anexo B** – Mapa Fotointerpretado da Subárea IX

**Anexo C** – Mapa de Pontos da Subárea IX

**Anexo D** – Tabela de Pontos da Subárea IX

**Anexo E** – Tabela de Medidas Estruturais da Subárea IX

**Anexo F** – Mapa Geológico do Projeto Unai

**Anexo G** – Fichas Petrográficas

**Anexo H** – Mapa Geológico da Subárea IX

**Anexo I** – Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai

# **1. Introdução**

## **1.1. Apresentação**

O Trabalho de Mapeamento Geológico Final de 2020, denominado Projeto Unaí, consistiu em um mapeamento geológico em escala 1:50000 de uma área de 651 km<sup>2</sup> ao sul da cidade de Unaí, noroeste do estado de Minas Gerais. A área de estudo foi subdividida em 14 subáreas de aproximadamente 45 km<sup>2</sup>, as quais foram mapeadas por 27 alunos de graduação da Universidade de Brasília que compõem o projeto.

O Projeto Unaí foi realizado entre os meses de maio e novembro de 2021 sob coordenação do Professor Dr. José Eloi Guimarães Campos e com apoio do Professor Dr. Martino Giorgioni, Professora Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto e doutorando Lucas Santos Batista Teles. Este relatório detalha os dados referentes à Subárea IX, no entanto o trabalho foi realizado de forma integrada entre todas as subáreas, de forma que dados referentes a litologias, medidas das feições geológicas e fotografias foram compartilhados a fim de tornar o resultado mais robusto.

## **1.2. Objetivos e Justificativas**

O Projeto Unaí tem como objetivo a confecção de um mapa geológico em escala 1:50000, redação de um relatório final, apresentação e defesa perante banca examinadora formada por docentes do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília e membros colaboradores convidados. Também tem como principal propósito a qualificação dos alunos de forma abrangente em diversas áreas das geociências, com intuito de consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação em geologia.

O mapeamento nessa escala de trabalho possibilita um avanço no conhecimento geológico acerca das unidades já mapeadas na região. Nesse sentido, a área definida para o Projeto Unaí é interessante em virtude da recente individualização da unidade estratigráfica Formação Quilombo por Campos *et al.* (2021), que carece de uma cartografia detalhada, uma vez que as rochas dessa formação foram previamente mapeadas como referentes ao Grupo Vazante. Além do mais este trabalho possibilita o maior detalhamento dos ambientes deposicionais das unidades mapeadas e a verificação do potencial econômico da região. Dessa forma, o Trabalho Final, além de capacitar os alunos, assume uma função científica relevante.

## **1.3. Localização e vias de acesso**

O município de Unaí está localizado na mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, e faz divisa ao norte com os municípios de Cabeceira Grande, Buritis e

Arinos; ao sul com Paracatu e Brazilândia de Minas; a leste com Dom Bosco, Natalândia, Bonfinópolis de Minas e Uruana de Minas, e a oeste com Cristalina (GO).

O acesso até Unai a partir de Brasília é feito por meio da via BR 251, com 166 km de distância entre as cidades. A região de mapeamento localiza-se ao sul de Unai e a oeste da BR 251/MG188 (Figura 1.1).

Os trajetos principais para acessar a subárea IX a partir de Unai consistem em duas estradas de terra que se ramificam da MG 188, uma na altura da subárea VI e outra na altura da subárea XII. Por meio dessas vias é possível chegar nas três principais estradas de terra de direção N-S que cruzam a área (Figura 1.1).

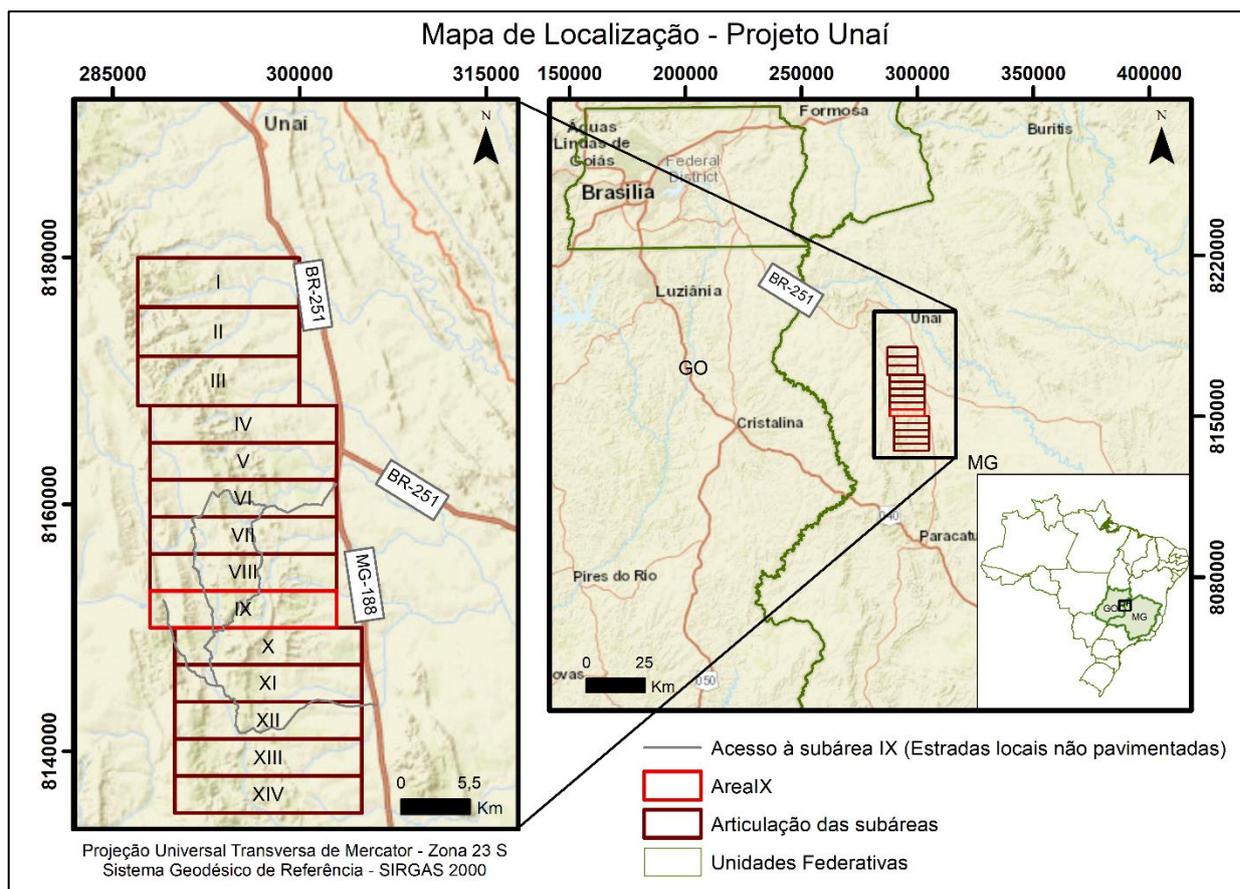


Figura 1.1) Mapa de localização e vias de acesso do Projeto Unai. Mapa base utilizado: Ruas (ESRI).

#### 1.4. Materiais e Métodos

O Projeto Unai foi realizado em três etapas ao longo dos meses de maio a novembro de 2021: Etapa pré-campo, campo e pós-campo (Tabela 1.1).

**Tabela 1.1)** Cronograma de atividades do Projeto Unai.

Etapa	Atividades	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pré Campo	Revisão Bibliográfica	■	■					
	Mapa Base	■	■					
	Mapa Fotointerpretado		■					
	Geologia Regional			■				
Campo	Trabalho de campo			■				
Pós Campo	Cap. Introdução				■			
	Mapa Geológico				■			
	Seção Geológica				■			
	Cap. Geotecnologias					■		
	Cap. Zoneamento hidrogeológico					■		
	Descrição Petrográfica				■	■		
	Cap. Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais					■		
	Cap. Geologia Estrutural						■	
	Cap. Evolução Geológica						■	
	Cap. Potencialidade Econômica						■	
	Cap. Conclusões e Recomendações						■	
	Volumes Finais							■
	Apresentação e Defesa							■

#### 1.4.1. Etapa pré-campo

As atividades referentes a essa etapa foram realizadas ao longo do mês de maio até a véspera da saída de campo, em 5 de julho de 2021. Consistiram em uma revisão bibliográfica acerca da geologia da região a ser mapeada a fim de obter uma base de conhecimento prévio, além de reconhecer possíveis questionamentos e discussões sobre as unidades da área.

Em seguida foi produzido o mapa base da Subárea IX (Anexo A) e o mapa base integrado do projeto, em que foram extraídas as drenagens principais e secundárias, estradas asfaltadas, estradas de terra e trilhas, além de localidades rurais. Com o auxílio de imagens de satélite, modelo digital de elevação e dados brutos de aerogeofísica magnetométrica e gamaespectrométrica foi confeccionado o mapa fotointerpretado com zonas homólogas individualizadas (Anexo B), representantes preliminares do possível arranjo das unidades geológicas na área. Tanto o mapa base quanto o fotointerpretado foram gerados através do software ArcGis 10.8.

Os produtos obtidos nessa etapa foram importantes para a execução das etapas seguintes, de forma a auxiliar em questões de logística durante o campo e na produção do mapa geológico preliminar e final.

#### 1.4.2. Etapa campo

Essa etapa foi executada ao longo dos dias 05 a 21 de julho de 2021. O primeiro dia correspondeu ao reconhecimento regional com o intuito de observar afloramentos chaves, familiarizar com as rochas e unidades que iriam ser mapeadas nos dias seguintes e principalmente

ter um panorama geral sobre a situação das estradas, com o propósito de facilitar decisões logísticas futuras.

Durante o mapeamento, foram realizados caminhamentos com direção preferencial E-W com objetivo de recobrir a maior parte dos 45 km<sup>2</sup> da Subárea IX, na escala 1:50.000. Optou-se por perfis mais longos nos primeiros dias para conhecer a área, as estruturas e unidades litológicas presentes, e nos dias finais foram feitos perfis de detalhe

Durante o trabalho de campo foi feito o uso das ferramentas essenciais para o mapeamento, como mapa base, GPS, bússola, martelo, lupa, rádio, além do auxílio de *softwares* de localização para rastrear o caminhamento realizado. A Subárea IX obteve no total 199 pontos, que incluem pontos com descrições completas de afloramentos e pontos de controle. (Anexos C e D).

### **1.4.3. Etapa pós-campo**

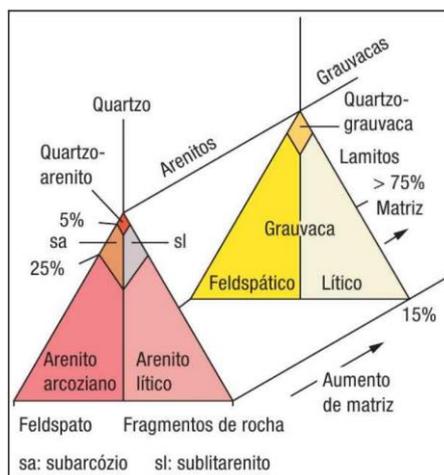
A última etapa do trabalho ocorreu entre o dia 22 de julho e a primeira semana de novembro. Tratou-se de uma etapa de organização, integração e interpretação dos dados coletados em campo e informações obtidas na etapa pré-campo. Durante essa fase, foi aperfeiçoado o mapa geológico confeccionado no campo por meio da análise dos dados e discussões entre os integrantes do projeto e professores.

Foram confeccionadas 27 lâminas delgadas a partir das melhores e mais representativas amostras coletadas em campo. A escrita do relatório final ocorreu de forma concomitante à descrição das lâminas e se estendeu até a primeira semana de novembro, em que foram entregues os volumes finais.

## **1.5. Nomenclatura e definições adotadas**

Para a classificação das rochas sedimentares terrígenas foi utilizada a nomenclatura definida pelos critérios de Folk (1954) e para as rochas carbonáticas ambas as classificações de Folk (1959) e Dunham (1962).

A classificação de Folk para rochas sedimentares terrígenas é baseada no tamanho e composição dos grãos. O diâmetro médio de cada fração de tamanho dos grãos terrígenos é utilizado para classificar a rocha como lamito, arenito ou conglomerado, ou mistura entre essas granulometrias. A classificação quanto a composição mineral leva em conta as porcentagens de quartzo, feldspato, fragmentos líticos e porcentagem de matriz presente na rocha. Um diagrama triangular é usado para definir oito tipos de rocha com base na mineralogia silte-arenito (Figura 1.2). A porcentagem de matriz define a distinção entre arenitos e grauvas, de forma que um arenito com mais de 15% de matriz é classificado como grauva.



**Figura 1.2)** Classificação de rochas sedimentares detríticas areníticas (Tucker, 2014).

Para as rochas carbonáticas a classificação é baseada no tipo e tamanho do componente aloquímico e no tipo de componente ortoquímico. A classificação de Folk nesse caso consiste em um sistema de prefixos que seguem o esquema a seguir:

→ Iniciais dos componentes aloquímicos: Bio/Intra/Oo/Pel (em ordem decrescente de abundância)

→ Iniciais da composição: Calc ou Dol

→ Iniciais dos componentes ortoquímicos: Micr ou Espar

→ Granulometria (tamanho dos aloquímicos): lutito, arenito, rudito

A classificação de Dunham funciona com a distinção entre rochas cimentadas e não cimentadas organicamente, como representado a seguir, e a qual tipo de aloquímico e composição entram como adjetivo na nomenclatura.

→ Carbonatos não cimentados organicamente:

Grãos <2 mm (arenito e lutito):

Suportado por micrita <10% de aloquímicos – *Mudstone*

Suportado por micrita >10% de aloquímicos – *Wackstone*

Suportado por aloquímico com micrita – *Packstone*

Suportado por aloquímico com esparita- *Grainstone*

Grãos >2 mm (rudito)

Suportado por micrita- *Floatstone*

Suportado por aloquímicos (sem micrita) – *Rudstone*

→ Carbonatos cimentados organicamente – *Boundstone*

Em relação às rochas metassedimentares, estas foram classificadas de acordo com a sua estrutura metamórfica como foliada ou não foliada (maciça). As rochas foliadas são divididas com base na estrutura presente (clivagem ardosiana, xistosidade, bandamento gnáissico) que corresponde a um grau de metamorfismo específico. Resultam da orientação preferencial dos

minerais nos planos da foliação devido à recristalização na presença de tensão diferencial, como filitos, xistos e gnaisses. As rochas não foliadas não exibem padrões planares e podem ter aspecto cristalino, como quartzitos e mármore, e em geral, apresentam como protólito rochas monominerálicas.

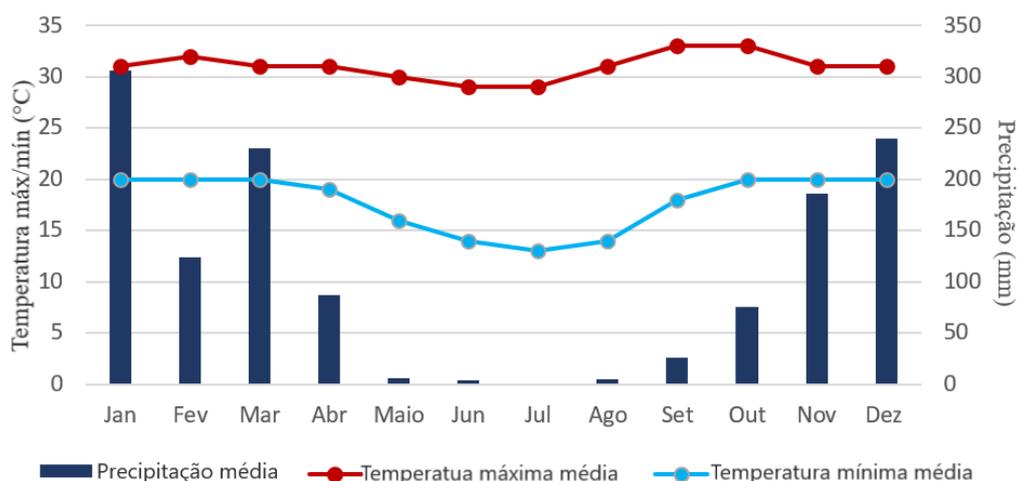
## 1.6. Aspectos Fisiográficos

O município de Unaí, de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma área de 8.445,432 km<sup>2</sup> e seus aspectos fisiográficos serão detalhados a seguir.

### 1.6.1. Clima

No município de Unaí, o clima é tropical úmido, em que as temperaturas em geral variam entre máximas de 31°C e mínimas de 18°C, de forma que a temperatura média compensada anual é de 24°C (INMET). Entretanto, a temperatura máxima pode atingir valores maiores que 40 °C durante os meses de setembro e outubro e a mínima pode ser menor que 10 °C no mês de julho. De acordo com o mapa da classificação climática de Köppen-Geiger referente ao estado de Minas Gerais, Unaí está inserido no clima Aw, que corresponde a um clima tropical com inverno seco (Reboita *et al.*, 2015).

A precipitação pluviométrica média anual é de 1200 mm e os meses mais chuvosos são outubro a março. Na Figura 1.3 são mostrados os dados da estação de Unaí referentes às médias de temperatura máxima mensal, temperatura mínima mensal e precipitação mensal dos últimos 30 anos, obtidos no banco de dados do INMET.

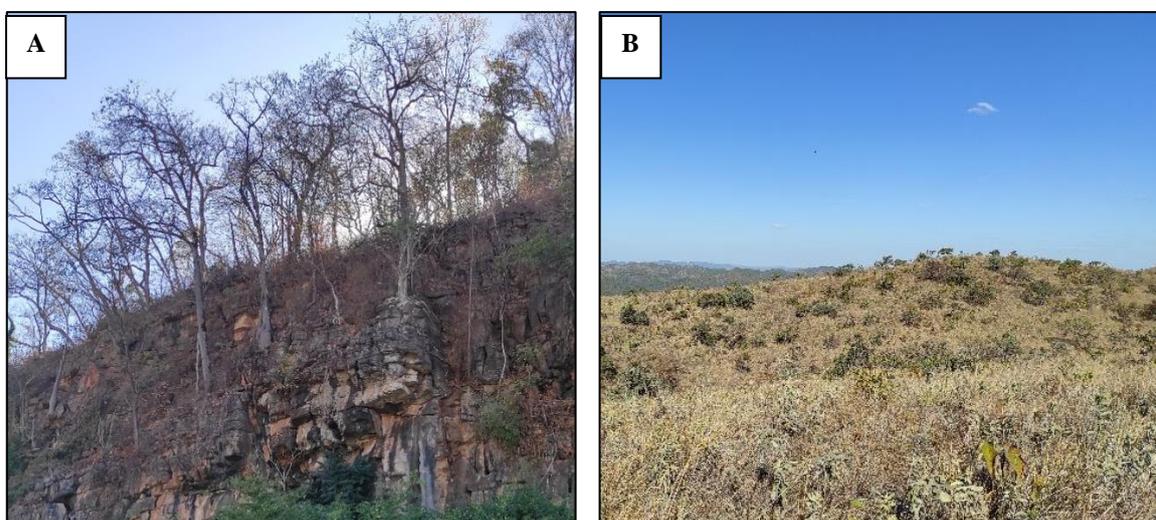


**Figura 1.3)** Gráfico construído por meio de dados obtidos no banco de dados do INMET. Representa o comportamento do clima no município de Unaí de janeiro de 1991 até dezembro de 2020.

### **1.6.2. Vegetação**

O bioma Cerrado predomina em aproximadamente 50% do estado de Minas Gerais, de forma que a vegetação desse tipo ocorre em todo o Noroeste mineiro. É caracterizado no geral por árvores baixas, esparsas, troncos retorcidos, folhas grossas e raízes longas, além de gramíneas e arbustos (Estado de Minas Gerais).

Na região de estudo observa-se uma vegetação definida por mata seca, com plantas espinhosas e poucas folhas (Figura 1.4A). Também ocorre uma vegetação do tipo vereda, caracterizada por uma textura mais densa e fisionomia sempre verde, encontrada principalmente em vales, acompanhando e rodeando nascentes. Ademais, observa-se uma vegetação do tipo campo cerrado, que consiste na predominância de estratos arbustivos com poucas árvores de baixo porte espaçadas entre si (Figura 1.4B).



**Figura 1.4)** Tipos de vegetação da região de estudo. A) Vegetação do tipo mata seca. B) Vegetação do tipo campo cerrado.

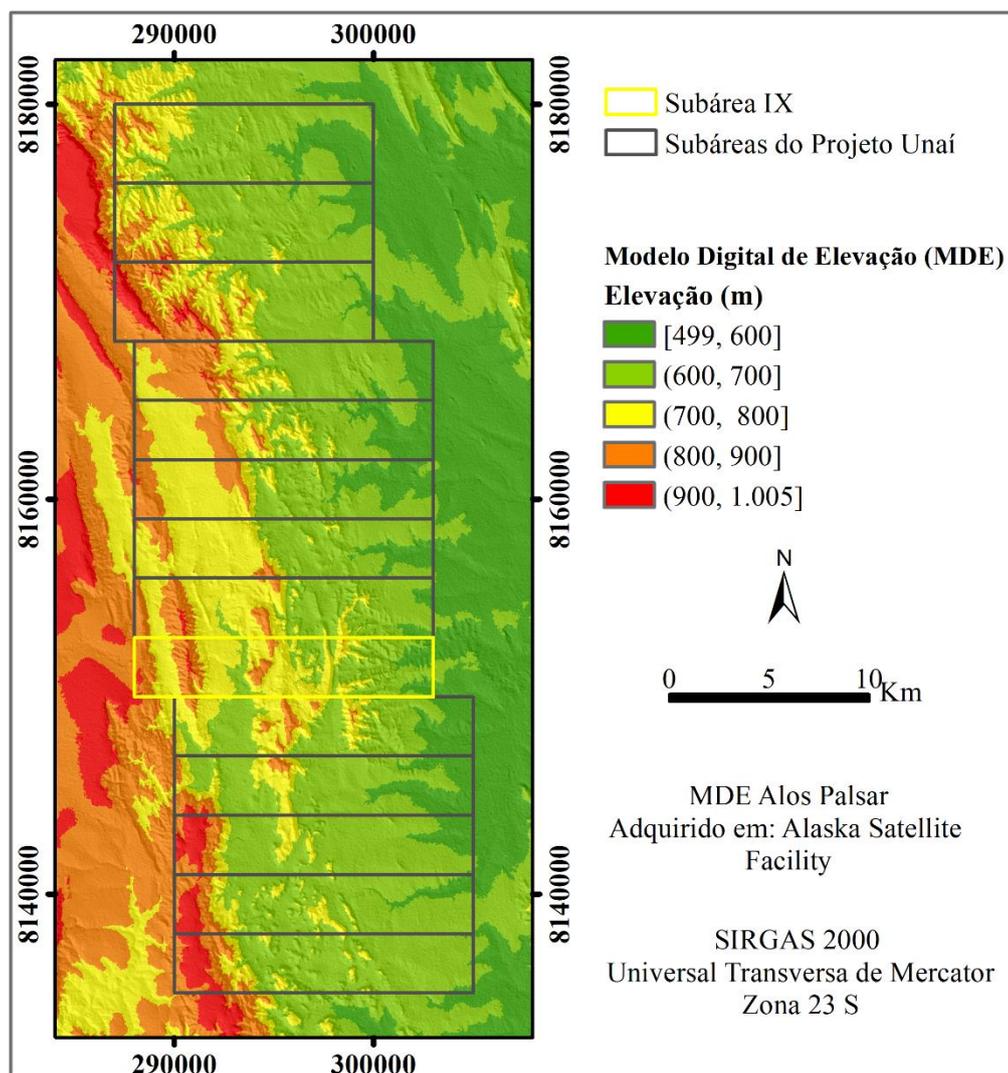
Em algumas porções da Subárea IX a vegetação nativa está preservada, principalmente em regiões de serras e de vales. Em partes mais rebaixadas e de relevo plano essa vegetação foi substituída por amplas áreas de pastagem e plantio.

### **1.6.3. Geomorfologia**

Define-se os seguintes compartimentos geomorfológicos no município de Unaí: Planaltos Residuais do São Francisco, Depressão Sanfranciscana e Cristas de Unaí. O primeiro consiste em amplos planaltos com capeamento sedimentar e compõem superfícies tubulares ou chapadas com topos nas cotas de 800 a 1000 metros. A Depressão Sanfranciscana, por sua vez, é caracterizada por extensas áreas rebaixadas e aplainadas, com cotas entre 400 e 600 metros. Por fim, as Cristas de Unaí são formadas por alinhamentos de cristas orientadas na direção NNW, de forma que entre

essas cristas se intercalam zonas rebaixadas e aplainadas que representam um prolongamento da Depressão Sanfranciscana (Mourão *et al.*, 2001).

A Figura 1.5 apresenta a variação de elevação do relevo do Projeto Unaí. A subárea IX apresenta uma geomorfologia caracterizada por regiões de serras, que podem chegar à 925 m de altitude, e regiões aplainadas a suave onduladas com altitudes por volta de 600 m (Figura 1.5). As serras correspondem a extensões das Cristas de Unaí e as porções planas a suave onduladas correspondem a Depressão São Franciscana. No extremo oeste da área ainda ocorrem terrenos tabulares com cotas por volta de 900 m que consistem no Planalto São Franciscano.



**Figura 1.5)** Modelo Digital de elevação ALOS PALSAR da área do Projeto Unaí. Fonte: Alaska Satellite Facility.

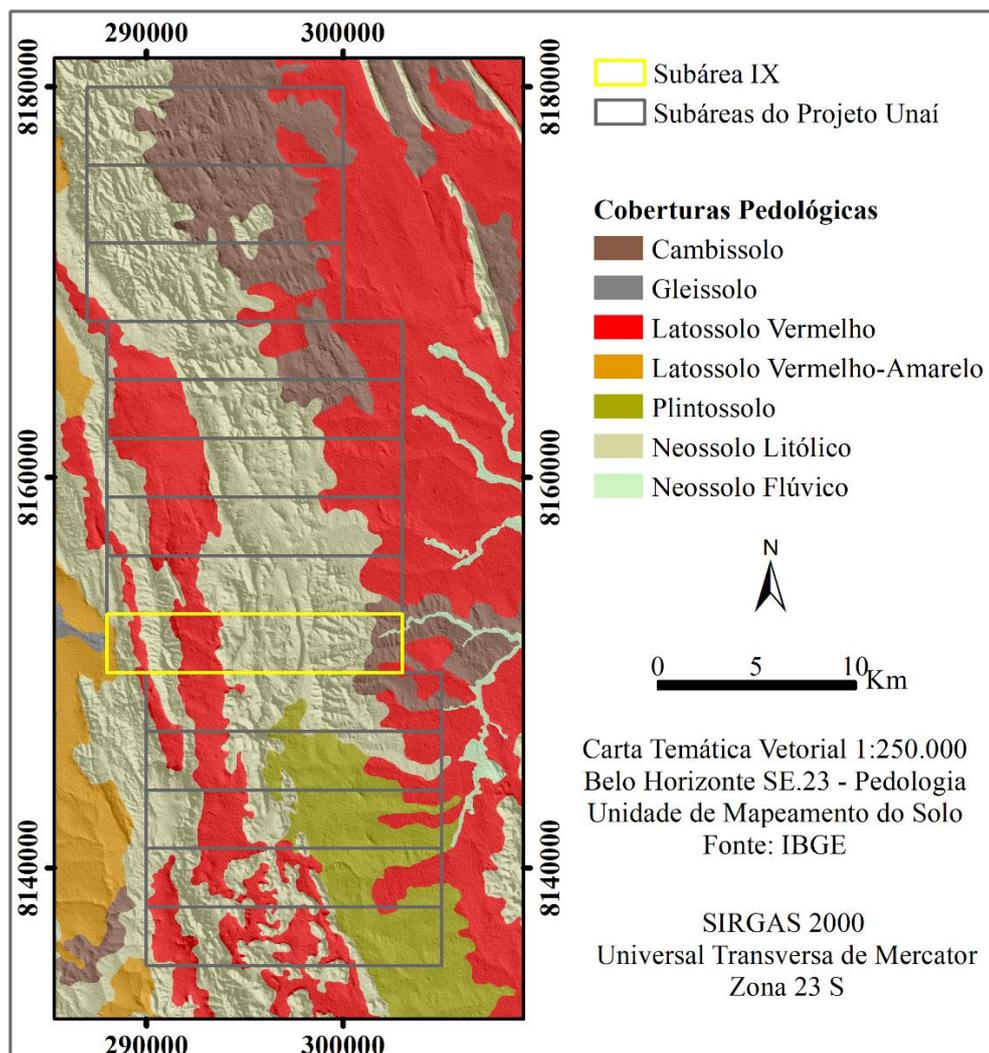
#### 1.6.4. Solo

A região do Projeto Unaí é caracterizada pela presença de neossolos litólicos, cambissolos, latossolos, nitossolos/argissolos e de forma subordinada gleissolos e plintossolos. Os neossolos litólicos, caracterizados pela ausência de horizonte B, são os mais abundantes e estão associados a exposições rochosas. Devido ao clima da região são no geral correlacionados a regiões de relevo

forte ondulado. Os cambissolos são caracterizados pela ocorrência de um horizonte B incipiente de até 40 cm, com presença de fragmentos de rocha. Ocorrem com frequência associados aos neossolos litólicos e a um padrão de relevo ondulado a forte ondulado.

Os latossolos são espessos com presença de horizonte B latossólico, homogêneos, e sem fragmentos do material parental. Distribuem-se de forma moderada e podem ser vermelhos ou vermelho amarelos e estão associados a relevos planos a suave ondulados. Os nitossolos/argissolos possuem uma área de ocorrência semelhante à dos latossolos, em relevos suave ondulados.

Os gleissolos apresentam horizonte Bg com elevado grau de hidromorfismo logo abaixo do horizonte A ou H e estão associados de forma limitada em veredas da porção leste das subáreas. O plintossolo corresponde a solos com horizonte plíntico ou petroplíntico dentro dos primeiros 40 cm do perfil. Ocorrem de forma restrita principalmente nas regiões de serra da porção oeste das áreas, onde sustentam o relevo. A Figura 1.6 apresenta as coberturas pedológicas interpretadas na escala 1:250.000 pelo IBGE que recobrem a área do Projeto Unaí.



**Figura 1.6)** Mapa de solos mapeados na escala 1:250.000 da área do Projeto Unaí sobre relevo sombreado. Fonte: IBGE.

Quanto à Subárea IX, ocorrem predominantemente neossolos litólicos e cambissolos relacionados ao relevo ondulado a forte ondulado presente no centro-leste e em porções oeste da subárea. Em menor proporção, há latossolos vermelho e vermelho-amarelo associados às regiões planas localizadas entre as serras.

#### **1.6.5. Hidrografia**

O município de Unaí está inserido na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Os rios Preto e São Marcos são os principais cursos d'água, em que apenas o primeiro pertence à Bacia do Rio São Francisco. O rio Preto é o principal afluente do rio Paracatu e possui 378 km de extensão. O rio São Marcos, por sua vez, nasce no Estado de Goiás e define a divisa com Minas Gerais (Mourão *et al.*, 2001). Na região do Projeto Unaí, os principais cursos d'água são o Ribeirão da Aldeia e Ribeirão Barra da Égua, os quais originam-se do Ribeirão Entre Ribeiros, afluente do Rio Paracatu.

## **2. Geologia Regional**

### **2.1. Introdução**

O Projeto Unai está inserido no contexto geológico da Faixa de Dobramentos Brasília da Província Tocantins (Figura 2.1). A região está situada na porção noroeste do estado de Minas Gerais e seu cenário geológico envolve rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico.

### **2.2. Província Tocantins**

A Província Tocantins é uma unidade geotectônica do Neoproterozoico formada pela convergência e colisão de três blocos continentais: Cráton Amazônico a oeste, Cráton São Francisco a leste e Bloco Paranapanema a sul. Dessa forma, três cinturões de dobramentos constituem a Província Tocantins: Faixa Brasília, na margem oeste do Cráton São Francisco, e Faixa Paraguai e Araguaia, nas margens sudeste e leste do Cráton Amazônico, respectivamente (Almeida *et al.*, 1981).

### **2.3. Faixa de Dobramento Brasília**

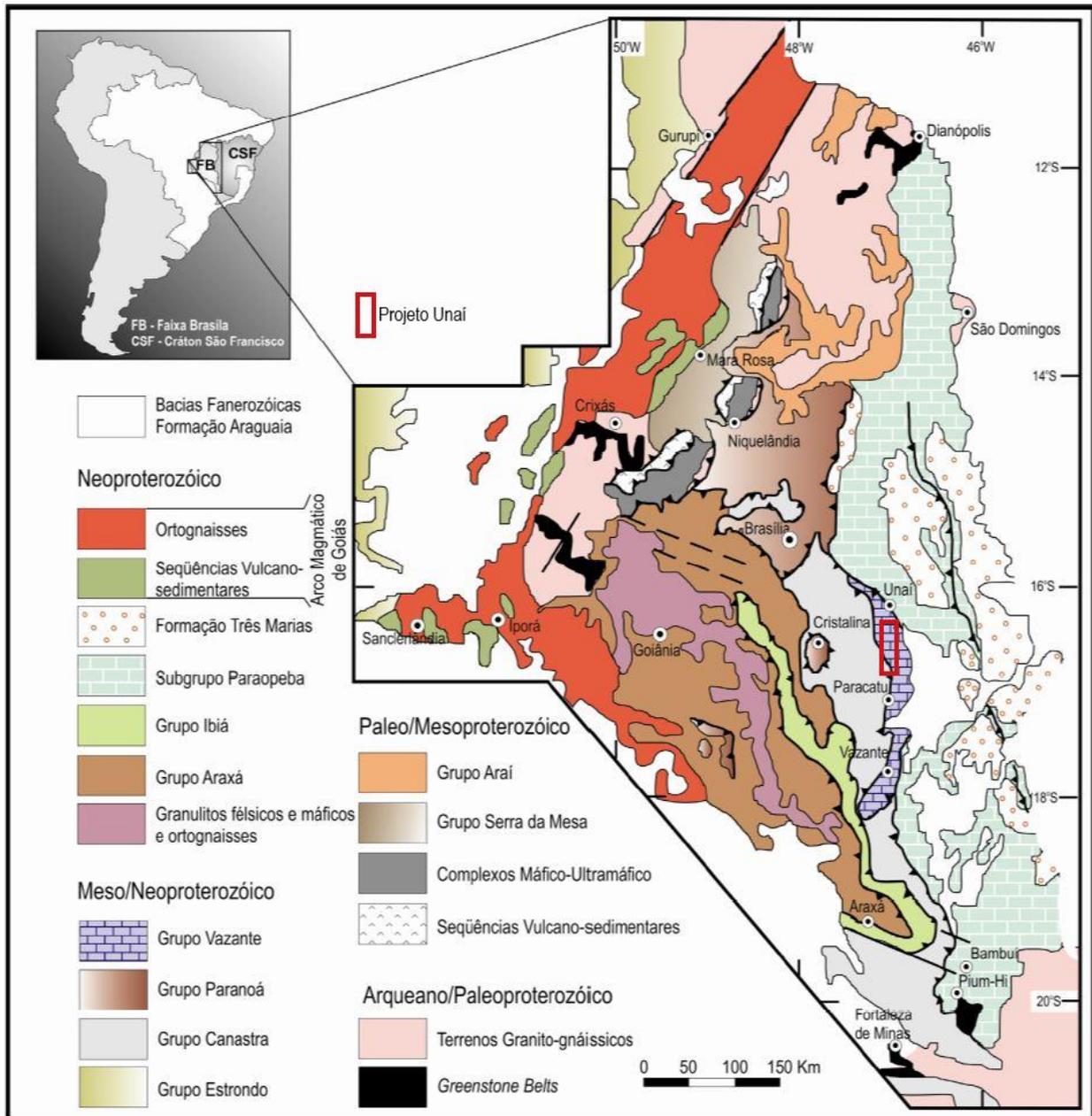
A Faixa Brasília (Figura 2.1) se estende por mais de 1000 km em direção N-S e corresponde a um cinturão de dobras e empurrões, que apresenta um aumento progressivo de deformação tectônica e metamórfica de leste para oeste.

A evolução da Faixa Brasília permite subdividi-la em dois segmentos com características estruturais e metamórficas distintas; a Faixa Brasília Setentrional e Faixa Brasília Meridional com direção geral SW-NE e SE-NW, respectivamente. Esses dois segmentos se juntam na chamada Sintaxe dos Pirineus, que corresponde a uma megaestrutura de direção WNW-ESE localizada na região central da faixa (Araújo Filho, 2000).

O segmento norte, que corresponde à Faixa Brasília Setentrional, é formado pelos grupos Araí, Serra da Mesa e Paranoá, assim como pelas sequências vulcanossedimentares de Palmeirópolis, Juscelândia e Indianópolis, além do Maciço de Goiás e do Arco Magmático de Goiás. O segmento sul, ou Faixa Brasília Meridional, é formado pelos grupos Canastra, Araxá, Ibiá, Vazante e Bambuí, e por parte do Arco Magmático de Goiás (Dardenne, 2000; Valeriano *et al.*, 2004). Além disso, é compartimentada na Zona Cratônica, Zona Externa, Zona Interna, e nas unidades tectônicas Maciço de Goiás e Arco Magmático de Goiás (Fuck *et al.*, 1994)

A Zona Cratônica apresenta seqüências supracrustais de baixo grau metamórfico envolvidas em um sistema de empurrões em direção ao Cráton São Francisco, com destaque para os grupos Paranoá e Bambuí.

A Zona Externa, ao leste, consiste em um cinturão de dobras e cavalgamentos vergentes para o cráton, que compreende espessos depósitos sedimentares de margem passiva deformados sob o metamorfismo em fácies xisto verde de baixo grau. Ao norte, as seqüências metassedimentares dobradas diminuem e grandes áreas do embasamento siálico, englobadas no bloco crustal Cavalcante-Natividade, são expostas.



**Figura 2.1)** Unidades tectônicas da Faixa Brasília com destaque para área do Projeto Unai no retângulo vermelho. Modificado por Rodrigues (2008) de Dardenne (2000).

A Zona Interna, parte oeste do cinturão, compreende: (i) o núcleo metamórfico do cinturão, formado pelos granulitos de Anápolis-Itauçu que apresentam assembleias minerais locais de ultra-

alta temperatura separadas por falhas das rochas metamórficas de grau inferior, principalmente turbidíticas do Grupo Araxá; (ii) o Maciço de Goiás composto por terrenos de *greenstone* e de granitos do Arqueano, ortognaisses paleoproterozoicos amplamente cobertos por sequências metassedimentares dobradas e intrusões máficas-ultramáficas acamadadas associadas a sequências vulcanossedimentares do Mesoproterozoico e Neoproterozoico; (iii) o Arco Magmático de Goiás, um terreno de arco juvenil, do Neoproterozoico, que compreende ortognaisses cálcico-alcalinos de idade 930–800 Ma e remanescentes de sequências vulcanossedimentares, bem como uma série de intrusões graníticas tardi- a pós orogênicas (Fuck *et al.*, 2014).

## **2.4. Unidades Estratigráficas do Projeto Unaí**

A área de estudo do Projeto Unaí localiza-se na Zona Externa da Faixa Brasília e o cenário geológico é interpretado como sendo formado por rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico das unidades estratigráficas da Formação Quilombo e dos grupos Paranoá, Canastra, Vazante e Bambuí. Estas unidades serão descritas nos tópicos a seguir de acordo com o empilhamento tectônico esperado para área do projeto, visto que as relações entre as idades de deposição de cada grupo encontram-se ainda em discussão, com exceção do Grupo Bambuí, que foi depositado durante o Ediacarano, e desta forma é posicionado como a unidade mais jovem.

### **2.4.1. Formação Quilombo**

A Formação Quilombo (Campos *et al.*, 2021) possui como área tipo o município de Unaí, no estado de Minas Gerais, onde ocorre a maior diversidade de litotipos. Constitui-se de uma sequência vulcanossedimentar de águas profundas com registros turbidíticos, e é composta por dois membros: Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco (Figura 2.2). Aflora em vales retos e profundos e em cortes de estradas e está posicionada estratigraficamente entre o Grupo Traíras e o Grupo Bambuí.

O Membro Ribeirão da Porteira é formado por uma sequência rítmica psamo-pelítica representada por litoarenitos de granulometria de fina a grossa e grauvacas líticas com intercalações regulares de ardósia e metassiltitos. As rochas são verdes e mudam para avermelhadas ou amareladas quando intemperizadas. Ocorrem fácies conglomeráticas locais intercaladas com camadas arenosas e pelíticas.

O Membro Ribeirão do Franco, por sua vez, é representado por ritmitos distais com finas camadas de litoarenitos de granulometria fina, intercalados com siltitos e ardósias. Essa unidade apresenta espessura aparente de cerca de 100m, com contato gradacional com o Membro Ribeirão da Porteira na porção ocidental. A leste o contato litológico é marcado por um empurrão de baixo

ângulo sobre as formações basais do Grupo Bambuí (Sete Lagoas e Serra de Santa Helena). Na porção superior do membro há a ocorrência de rochas vulcânicas que ocorrem intercaladas nos sedimentos como lavas afaníticas, maciças de espessura entre 10 cm e 2 m.

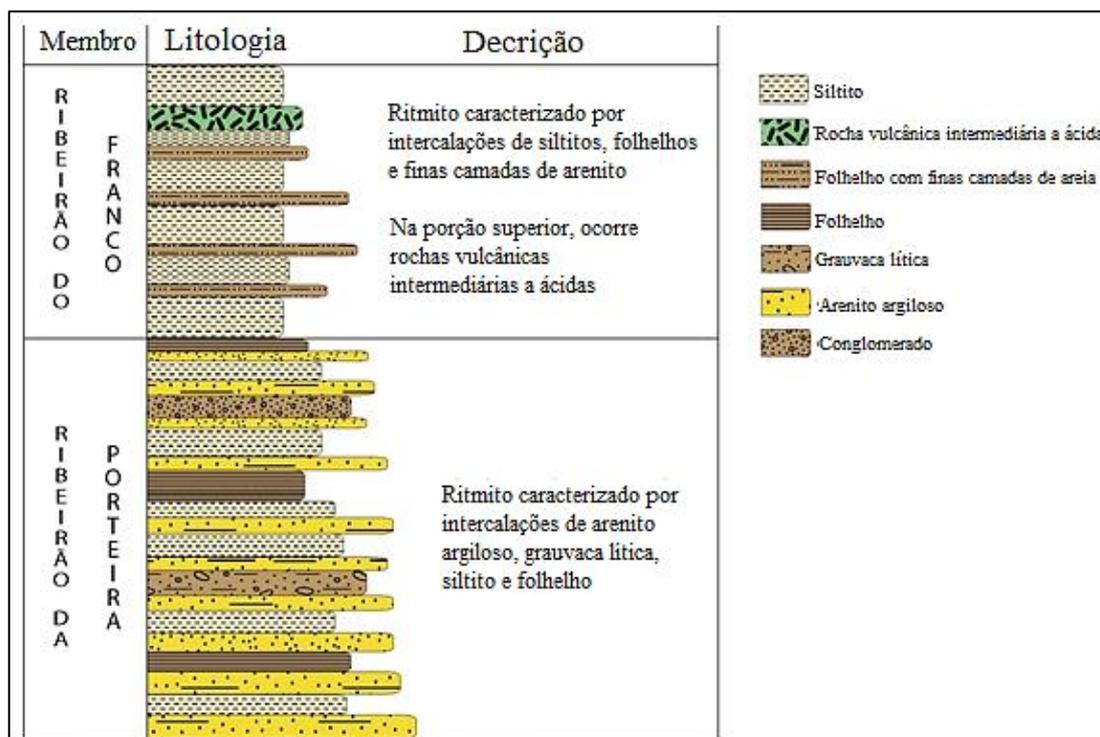


Figura 2.2) Coluna Estratigráfica da Formação Quilombo (Modificada de Campos *et al.*, 2021).

Essas sucessões que compõem os dois membros foram interpretadas como um sistema deposicional turbidítico e classificadas de acordo com os critérios de Mutti (Mutti 1992; Mutti *et al.* 2003, 2009), e a Formação foi dividida em fácies de forma que o ambiente deposicional relacionado aos sedimentos de cada membro foi interpretado (Campos *et al.*, 2021).

#### 2.4.2. Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá é formado por uma sucessão psamo-pelito carbonatada depositada em contexto de plataforma rasa a partir de ciclos transgressivos-regressivos (Figura 2.3, Campos *et al.*, 2013). As rochas deste grupo estão distribuídas desde o Distrito Federal até o Sul do Tocantins, com a ocorrência também em outras áreas da Faixa Brasília, como Cristalina, Caldas Novas e Formosa, no estado de Goiás, e Unaí, no estado de Minas Gerais (Dardenne, 2000; Campos *et al.*, 2013). Apresenta idade do Mesoproterozoico e condições metamórficas que variam de anquimetamorfismo até fácies xisto-verde baixo na região da Zona Externa da Faixa Brasília (Dardenne, 2000).

Na Zona Externa, os litotipos característicos do Grupo Paranoá são conglomerados, ardósias, metarritmitos, metacalcários e metadolomitos que em geral apresentam feições

sedimentares primárias preservadas. (Campos *et al.*, 2013). A Estratigrafia do Grupo Paranoá é estabelecida por Faria (1995) e atualizada por Campos *et al.*, (2013) com o estabelecimento de onze formações, sendo elas da base para o topo: Formação Ribeirão São Miguel, Formação Córrego Cordovil, Formação Serra da Boa Vista, Formação Serra Almécegas, Formação Serra do Paranã, Formação Ribeirão Piçarrão, Formação Ribeirão do Torto, Formação Serra da Meia Noite, Formação Ribeirão Contagem, Formação Córrego do Sansão e Formação Córrego do Barreiro. Na região de estudo do Projeto Unaí, aflora a sequência de topo do Grupo Paranoá, correspondente à Formação Córrego do Barreiro, no contexto de um sistema de falhas e empurrões.

A Formação Córrego do Barreiro apresenta predominantemente metalamitos siltosos de cor cinza prateado com laminação pervasiva podendo apresentar foliação (Campos *et al.*, 2013). Ocorrem também lentes de rochas carbonáticas de espessura de centena de metros a quilômetros, interdigitadas com fácies pelíticas e compostas por carbonatos pretos ou cinza escuros, micríticos ou intraclásticos e em menor proporção, dolomitos cinza claros, pontualmente com estromatólitos colunares ou cônicos (Campos *et al.*, 2013). Sem controle estratigráfico definido, ocorrem brechas calcárias próximos às lentes ou topograficamente embaixo das litologias carbonáticas. Além disso, comumente há níveis de espessura decimétrica a métrica de quartzitos médios, grossos a conglomeráticos, mal selecionados, com clastos subangulosos a arredondados, feldspáticos e de cor preta a cinza escuro por conta da presença de matéria orgânica em volta dos grãos (Campos *et al.*, 2013)

Na região de Unaí, dentro da Formação Córrego do Barreiro ocorre também a litofácies chamada de Nível Arcoseano (Guimarães, 1997), a qual não está inclusa dentro da seção tipo do Grupo Paranoá. O Nível Arcoseano é composto por arcóseo, arenito feldspático e quartzo-arenito; a granulometria varia de fina a conglomerática e há ocorrência de grânulos e pequenos seixos de quartzo, quartzito e feldspato (Campos, *et al.*, 2013; Seraine *et al.*, 2020).

As condições de deposição da Formação Córrego do Barreiro correspondem a uma plataforma mista de sedimentação siliciclástica-carbonática em que há o controle paleogeográfico do fundo da bacia (Campos *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2013). O substrato da deposição corresponde a estruturas de altos e baixos topográficos herdados do processo de rifteamento, sendo que os blocos altos do relevo estão associados a condições de águas rasas, quentes e limpas que propiciam a formação de fácies carbonáticas. Já os baixos estão relacionados a águas profundas abaixo da atuação de base de ondas com a sedimentação de pelitos. Os sedimentos psamíticos são associados aos canais da plataforma (Campos *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2013).

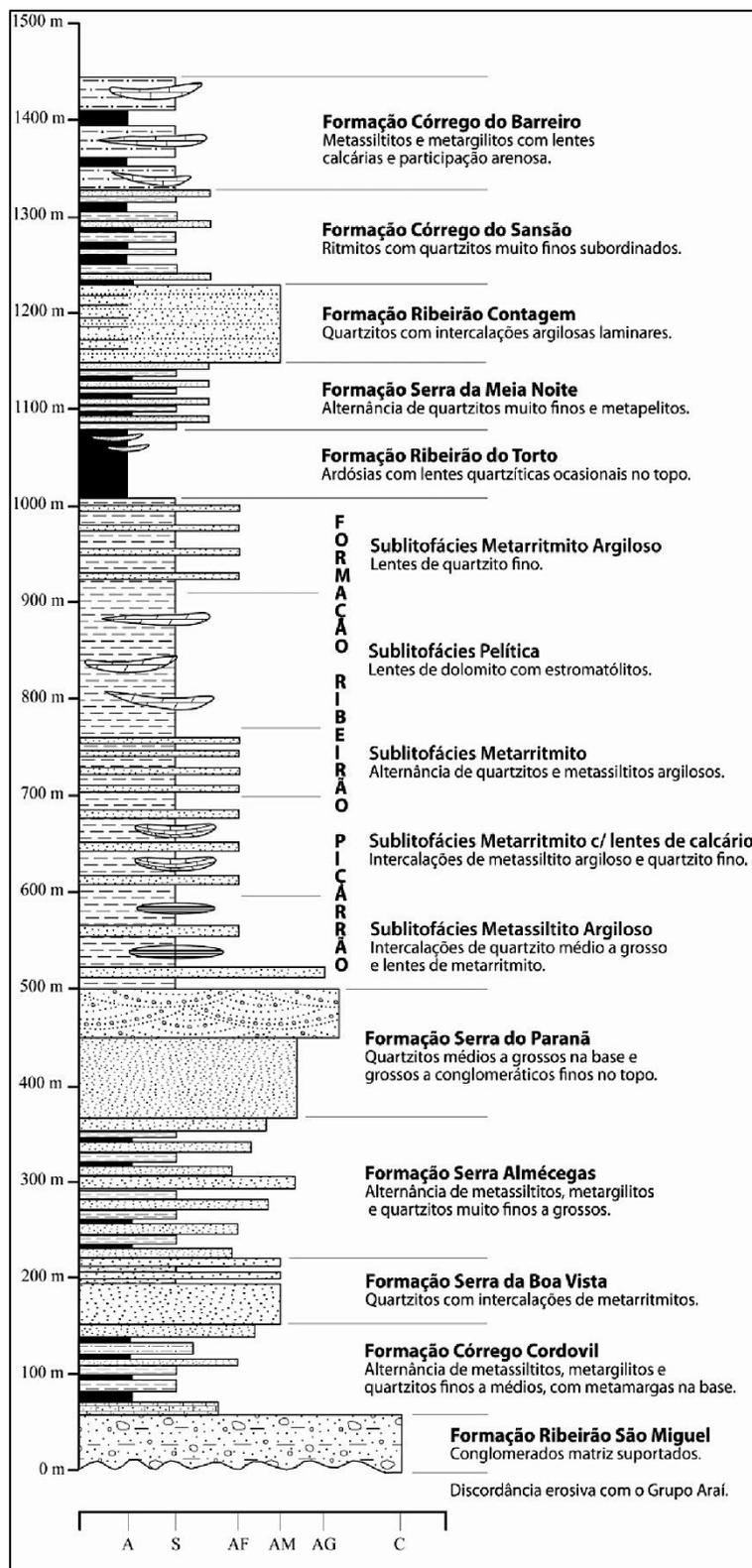


Figura 2.3) Coluna Estratigráfica do Grupo Paranoá (Campos *et al.*, 2013)

### 2.4.3. Grupo Canastra

O Grupo Canastra (Barbosa, 1955; Barbosa *et al.*, 1970) é constituído por uma associação metassedimentar psamo-pelítica com níveis carbonáticos e aflora na porção oeste do estado de Minas Gerais e em partes restritas de Goiás e Distrito Federal. Apresenta idade máxima de deposição de 1.05 Ga (Rodrigues, 2008) e é composto essencialmente por filitos e quartzitos

metamorfizados predominantemente na fácies xisto verde na zona da clorita (Pereira *et al.*, 1994), podendo alcançar fácies anfíbolito na região de Tapira-MG (Silva, 2003). A base da sequência estratigráfica é caracterizada por filitos que apresentam granocrescência progressiva em direção ao topo, passando a quartzó-filitos, quartzitos micáceos, quartzitos e no topo da sequência, ortoquartzitos que sustentam as escarpas das serras e os chapadões (Pereira *et al.*, 1994).

Freitas & Dardenne (1994) propõem uma subdivisão formal da estratigrafia do Grupo Canastra no Subgrupo Paracatu, composto pelas formações Morro do Ouro e Serra da Anta, e no Subgrupo Chapada dos Pilões, constituído pelas formações Urucânia e Serra da Batalha. O trabalho de Dardenne (2000) inclui a Formação Serra do Landim ao Grupo Canastra, que anteriormente era atribuída a parte da Formação Vazante por Madalosso & Valle (1978) e Madalosso (1980), e altera o status do Subgrupo Paracatu para Formação Paracatu com os Membros Morro do Ouro e Serra da Anta (Figura 2.4).

A Formação Serra do Landim, base do Grupo Canastra, é composta por filitos calcíferos e xistos calcíferos de cor verde pálido a cinza esverdeado com raras intercalações quartzíticas (Dardenne, 2000).

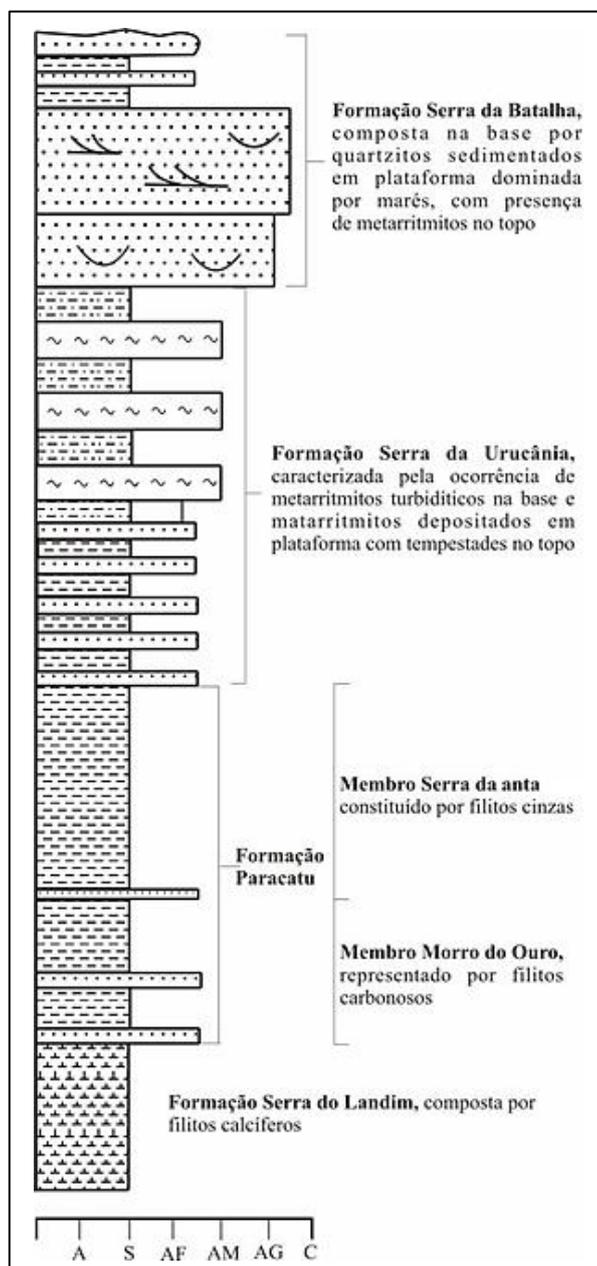
A Formação Paracatu, é dividida no membro inferior, Morro do Ouro, e no superior, Serra da Anta. O Membro Morro do Ouro é formado por filitos carbonosos escuros com intercalações de níveis de quartzitos finos que podem alcançar 100 metros de espessura (Dardenne, 2000). O Membro Serra da Anta é representado por espessos filitos cinza a cinza esverdeado intercalados com filitos carbonosos e com finas camadas de quartzitos finos.

A Formação Serra da Urucânia é caracterizada pela intercalação rítmica decimétrica a decamétrica de quartzitos e filitos com estruturas sedimentares do tipo *hummocky* e estratos laminados frequentemente com estratificações cruzadas tabulares e sigmodais (Freitas & Dardenne, 1994).

A formação do topo do Grupo Canastra, Serra da Batalha, é composta predominantemente por quartzitos finos micáceos laminados com frequentes marcas de onda e estratificações cruzadas tabulares de pequeno a médio porte. Comumente ocorre a intercalação de filitos com espessuras subordinadas (Freitas & Dardenne, 1994; Pereira *et al.*, 1994).

A granocrescência ascendente da sequência estratigráfica do Grupo Canastra caracteriza um megaciclo regressivo (Pereira *et al.*, 1994). A ocorrência expressiva desde a formação basal de filitos e de intercalação de filitos com níveis quartzíticos, indicam deposição de pelitos em água profunda com transição para plataforma de declive acentuado com formação de sequências turbidídicas. Estruturas sedimentares do tipo *hummocky* evidenciam a gradação dos sedimentos para fácies plataformais dominadas por correntes de tempestades abaixo da zona de influência das

correntes de maré (Pereira *et al.*, 1994). As estratificações cruzadas e marcas de ondas da Formação Serra da Batalha sugerem um ambiente de plataforma rasa dominado pela ação de ondas e correntes de maré, e a intercalação de filitos, no topo da sequência, é interpretada como formada em um ambiente de planície de maré (Pereira *et al.*, 1994)



**Figura 2.4)** Coluna Estratigráfica do Grupo Canastra. Modificada por Teles (2019), de Dardenne (2000).

#### 2.4.4. Grupo Vazante

O Grupo Vazante é formado por uma espessa sequência marinha pelítica-dolomítica que cobre uma extensa área orientada N-S ao longo dos municípios mineiros de Coromandel, Lagamar, Vazante, Paracatu e Unai. Está metamorfizado na fácies xisto verde e faz contato com o Grupo Canastra a oeste e o Grupo Bambuí a leste. Essa sequência sedimentar pode ser dividida em sete formações que consistem, da base para o topo, na Formação Retiro, Rocinha, Lagamar, Serra do

Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário e Serra da Lapa (Figura 2.5; Dardenne *et al.*, 1997).

A Formação Retiro representa a formação basal do grupo e é formada por camadas métricas de quartzito, localmente conglomeráticas, intercaladas com ardósias. Essa formação também pode ser caracterizada pela presença de diamictitos com clastos de quartzito, calcário, dolomito, metassiltito e granito imersos em uma matriz localmente fosfática. Os diamictitos representam fluxos de detritos depositados em águas relativamente profundas por meio de correntes gravitacionais. Essa formação apresenta espessura de aproximadamente 250 m (Dardenne *et al.*, 1998).

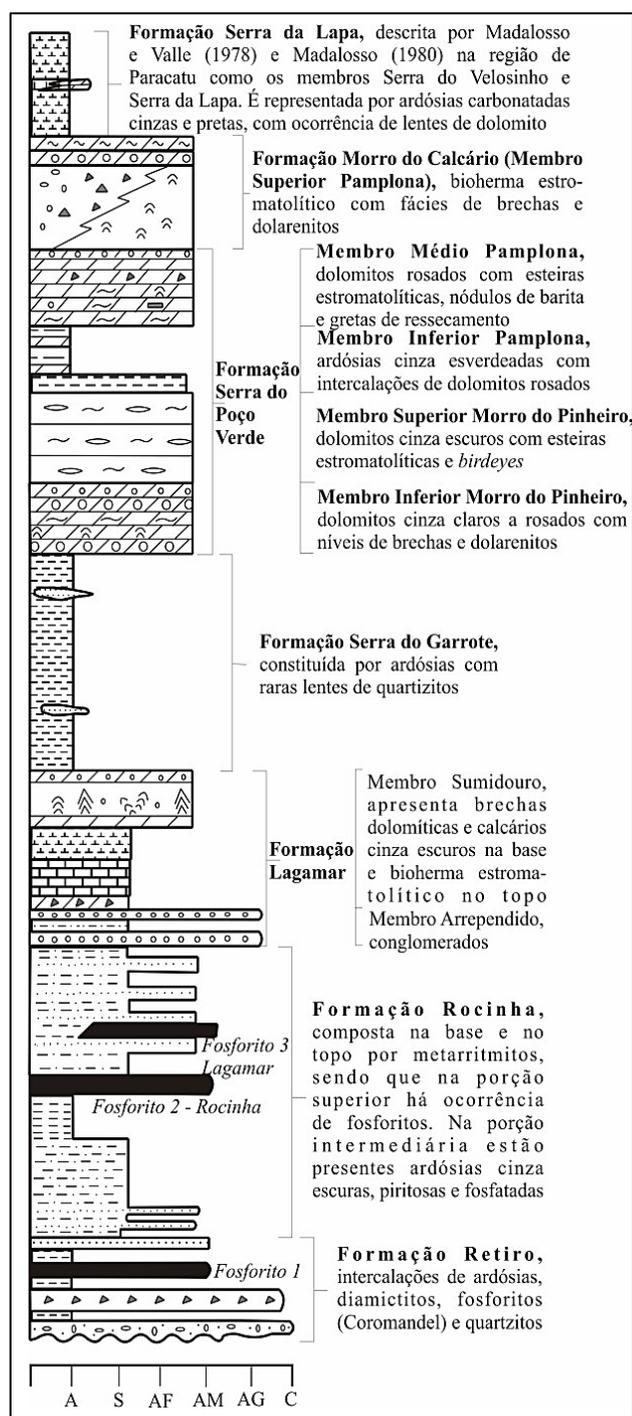
A Formação Rocinha apresenta em sua base uma sequência rítmica arenosa e pelítica. Em sua parte superior, consiste em uma espessa sequência de camadas de ardósia e metassiltitos regularmente intercaladas que verticalmente passam para carbonatos cinza escuro e ardósia com presença de pirita. Possui espessura por volta de 1000 m. (Dardenne, 2000).

A Formação Lagamar corresponde a uma unidade psamo-pelito carbonatada e possui sua base formada por camadas alternadas de conglomerado, quartzito, metassiltito e ardósia. A unidade conglomerática foi denominada Membro Arrependido e é suportada por clastos de quartzito, metassiltitos e calcários cinzas. Essas camadas são sobrepostas por brechas dolomíticas que passam para unidades de calcários cinza escuro bem estratificados com intercalações de brechas lamelares e dolomitos estromatolíticos. Essa formação apresenta espessura de aproximadamente 250 m (Dardenne., 2000).

A Formação Serra do Garrote corresponde a uma sequência de ardósia, localmente rítmica, carbonatada e com pirita, com finas intercalações de quartzito e com espessura maior que 1000 m (Dardenne, 2000).

A Formação Serra do Poço Verde apresenta sequências predominantemente dolomíticas e é dividida em quatro membros descritos a seguir da base para o topo. O Membro Morro do Pinheiro Inferior consiste em dolomitos cinza-claros até rosados com níveis de dolarenitos, brechas intraformacionais e lentes de dolomito estromatolíticos, com espessura de aproximadamente 500 m. O Membro Morro do Pinheiro Superior é formado por dolomitos laminados com presença de esteiras microbianas, intercalados com camadas de dolarenito, brechas e folhelho carbonático, com espessura por volta de 500 m. O Membro Pamplona Inferior consiste em camadas de siltito intercaladas com dolomitos micríticos rosados e lentes de arenito conglomerático, com espessura de aproximadamente 200 m. O Membro Pamplona Médio, por fim, é formado por dolomitos de coloração cinza-claro a rosa com esteiras microbianas, intercalados com camadas de dolarenito,

brecha lamelar e dolomito com estromatólitos colunares, com espessura de aproximadamente 400 m (Dardenne, 2000).



**Figura 2.5)** Coluna estratigráfica do Grupo Vazante (Dardenne, 2000).

A Formação Morro do Calcário apresenta predominantemente dolomitos estromatolíticos, com formação de biostromos e biohermas, doloruditos, dolarenitos oolíticos e oncolíticos. Essa formação possui espessura de aproximadamente 300 m (Dardenne, 2000).

A Formação Serra da Lapa corresponde ao topo do Grupo Vazante e é composta por filitos carbonosos, siltitos carbonáticos, lentes dolomíticas (diferentes fácies com esteiras algais e

estromatólitos e intercalações com sequências pelíticas) e camadas de quartzito. Apresenta espessura por volta de 650 m (Madalosso & Valle, 1978; Madalosso, 1980).

A deposição do Grupo Vazante ocorreu em plataforma rasa com contribuições de águas mais profundas em megaciclo regressivo (Dardenne, 1981). A caracterização da plataforma é mista com sedimentação siliciclástica e carbonática.

#### **2.4.5. Grupo Bambuí**

O Grupo Bambuí corresponde a uma sucessão do Neoproterozoico (750-600 Ma) formada por sedimentos pelíticos e carbonáticos que ocupam o lado leste da Faixa Brasília e cobrem grandes porções do Cráton São Francisco. Atualmente, o Grupo Bambuí é dividido em seis formações que correspondem, da base para o topo, nas formações Jequitaí, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (Figura 2.6). Essa sequência litoestratigráfica pode ser reconhecida nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia e no Distrito Federal (Dardenne, 2000).

A Formação Jequitaí, marcada pela presença de diamictitos, representa a expressão de um episódio glacial que ocorreu sobre uma grande parte do Cráton São Francisco. O derretimento do gelo no final desse período glacial gerou as condições necessárias para a instalação de um ambiente marinho e o começo da deposição de sedimentos pelíticos e carbonáticos.

A associação sedimentar do Grupo Bambuí é representada por três megaciclos regressivos, de forma que cada um se inicia com uma rápida transgressão marinha de extensão regional, associada com o aumento da subsidência da bacia. Essa formação possui ocorrência limitada a algumas localidades e espessura de até 20 m.

Megaciclo 1: compreende sedimentos pelíticos-carbonáticos correspondentes à Formação Sete Lagoas, formada por rochas carbonáticas, folhelhos e margas com espessura que varia entre 200 e 250 m.

Megaciclo 2: sedimentos pelítico-carbonáticos que constituem a Formação Serra de Santa Helena, essencialmente pelítica, o que indica uma subsidência súbita e generalizada da bacia, seguida pela Formação Lagoa do Jacaré, constituída por calcários cinza escuros depositados em uma plataforma dominada por tempestade e correntes de maré. A Formação Serra de Santa Helena possui espessura entre 150 e 220 m e a Formação Lagoa do Jacaré pode ter até 100 m de espessura.

Megaciclo 3: Sedimentos pelíticos-arenosos, representados pela Formação Serra da Saudade, que compreende camadas pelíticas depositadas em uma plataforma localizada em uma profundidade média periodicamente sujeita a influência de tempestades; e pela Formação Três Marias, que consiste principalmente em arcóseos depositados em plataforma rasa dominada por

correntes e ondas de tempestade (Dardenne, 2000). A Formação Serra da Saudade apresenta uma espessura que varia entre 25 e 200m. Já a Formação Três Marias possui espessura por volta de 100 m.

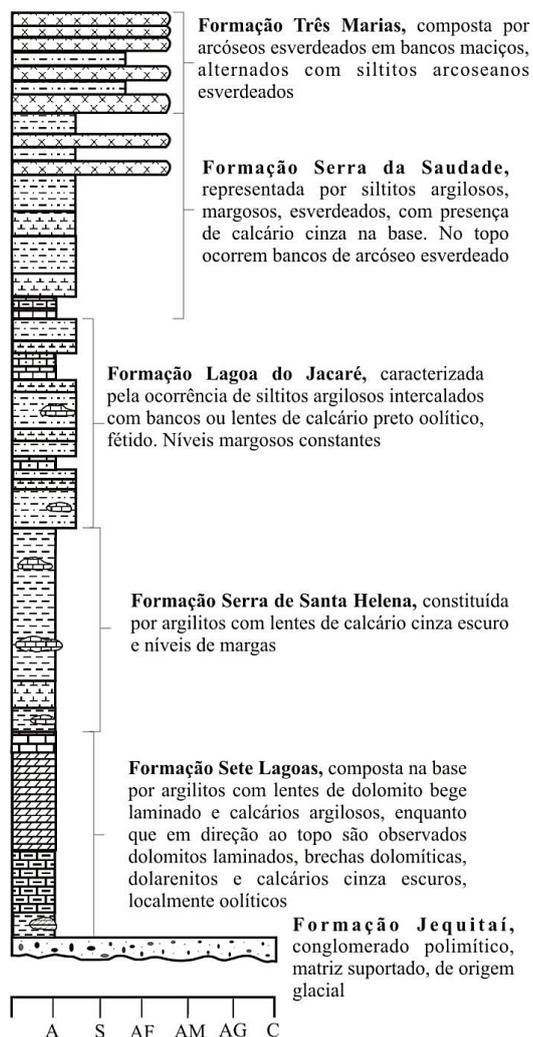


Figura 2.6) Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí (Dardenne, 2000).

### **3. Geotecnologias**

#### **3.1. Introdução**

As Geotecnologias são o conjunto de ferramentas relacionadas à aquisição, processamento, análise e armazenamento em banco de dados de informações geográficas e geológicas. Desta forma, o emprego de tecnologias como Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital, Aerogeofísica e Sísmica de reflexão 2D, permitem obter dados preliminares que facilitam e agilizam as etapas do mapeamento geológico.

No Projeto Unai foram utilizadas imagens de satélite, modelo digital de elevação e dados aerogeofísicos a fim de gerar produtos que permitissem inferir distintas feições geológicas nas áreas. A partir da análise dos produtos confeccionados, foram obtidos mapas de domínios geofísicos e de lineamentos estruturais com objetivo de auxiliar na delimitação de unidades geológicas e na definição das direções preferenciais das estruturas da região. Além disso, uma seção sísmica foi analisada a fim de trazer interpretações a respeito do arcabouço tectônico da área. Nos tópicos abaixo serão discutidos os métodos de aquisição, processamento e análise dos produtos derivados do sensoriamento remoto e geofísica.

#### **3.2. Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto agrega tecnologias de sensores imageadores e não imageadores que visa estudar eventos, fenômenos ou processos que ocorrem na superfície do planeta a partir da detecção e medição quantitativa das respostas das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (Novo, 2010).

Por meio das características espectrais em superfície e dos padrões de relevo e drenagem, foram elaborados mapas com a distinção de domínios composicionais, estruturais e geomorfológicos da região de estudo. Para isso foram analisadas e processadas no *software* ArcGIS v.10.8, as imagens dos satélites Sentinel-2, com o sensor MSI, e ALOS PALSAR.

##### **3.2.1. Imagem Sentinel**

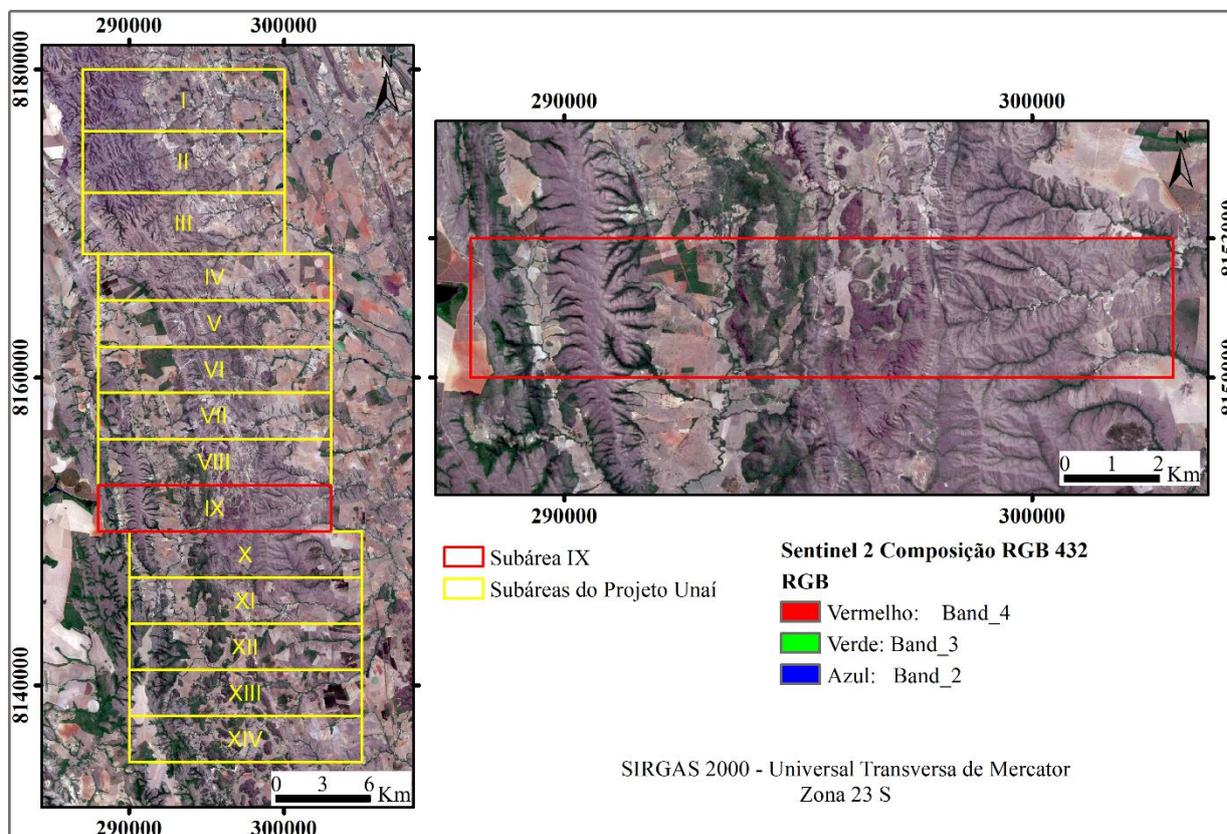
A série de satélites Sentinel foi desenvolvida a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA) e começou a ser lançada em 2014. O Sentinel-2 foi lançado em 2015 e consiste no primeiro satélite óptico da série a ser operado pela ESA, possui capacidade de revisita de 5 dias e leva a bordo o sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais (Tabela 3.1). É aplicado

principalmente para monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, desastres naturais e uso e ocupação das terras (EMBRAPA, 2021).

**Tabela 3.1)** Faixas espectrais e resoluções das bandas do sensor MSI do satélite Sentinel-2.

Resolução espacial (m)	Nº da Banda	Nome da Banda	Comprimento de onda central (nm)
10	B02	Azul	490
	B03	Verde	560
	B04	Vermelho	665
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842
20	B05	Red Edge 1	705
	B06	Red Edge 2	740
	B07	Red Edge 3	783
	B08A	Red Edge 4	865
	B11	Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 1	1610
	B12	Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 2	2190
60	B01	Aerossol	443
	B09	Water Vapor	940
	B10	Cirrus	1375

Para o Projeto Unai, foi utilizada uma imagem Sentinel adquirida na plataforma *Earth Explorer* correspondente à cena órbita L1C\_T23KKB\_A027491\_20200926T132238 do dia 26/09/2020, época de seca em que é minimizado o efeito dos ruídos de nuvens. O primeiro passo do processamento foi a composição colorida RGB entre as bandas 04, 03 e 02 de cor verdadeira do espectro visível (Figura 3.1). Essa composição foi utilizada para confeccionar o mapa base da área do projeto e da subárea IX, sobre o qual foram traçados os contatos litológicos e estruturais.



**Figura 3.1)** Imagem Sentinel-2 com composição colorida RGB 432 (cor verdadeira)

Também foi gerada a composição colorida RGB de cor falsa entre as bandas 08, 04 e 03 (Figura 3.2). A banda 08 refere-se ao infravermelho próximo e a 04 e 03 estão na faixa do visível. Essa composição ressalta a vegetação e foi útil no planejamento de campo e refinamento de contatos.

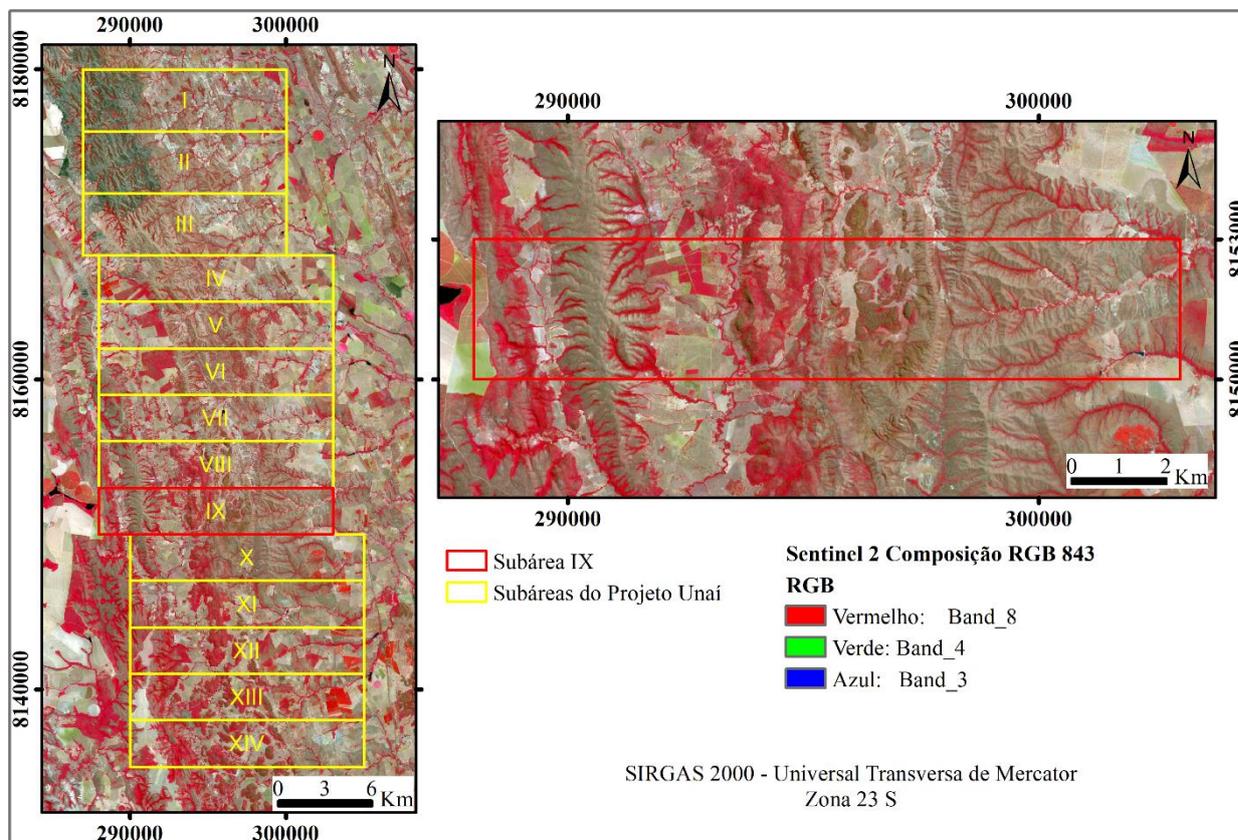


Figura 3.2) Imagem Sentinel-2 com composição colorida RGB 843 (infravermelho).

### 3.2.2. Imagem ALOS

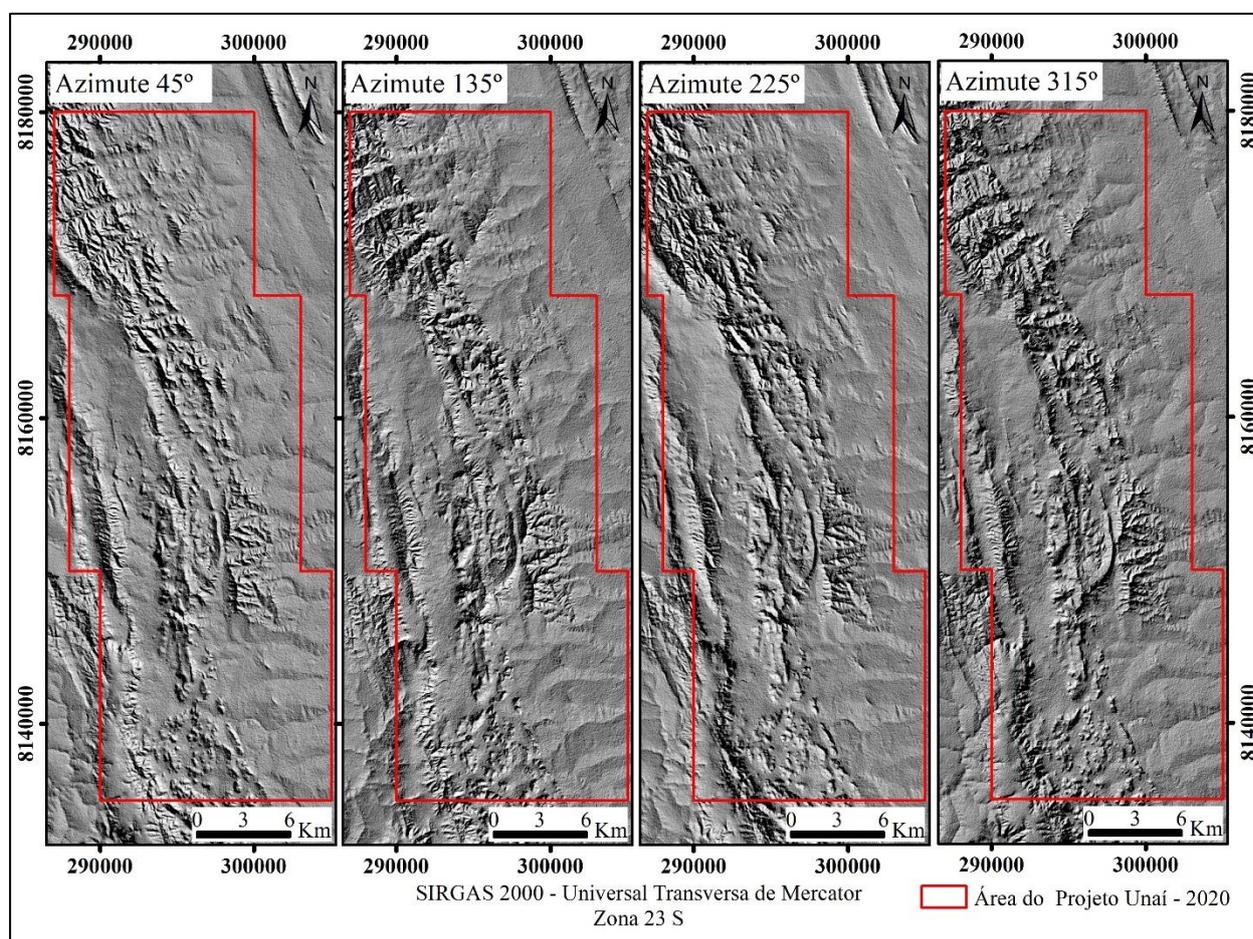
O satélite japonês ALOS foi lançado em 24 de janeiro de 2006 pela JAXA, Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa, com o intuito de fomentar pesquisas científicas aplicadas à área de sensoriamento remoto além de prover dados cartográficos ligados ao estudo de desenvolvimento sustentável, monitoramento de desastres naturais e recursos naturais (EMBRAPA, 2021).

Três sensores estão a bordo desse satélite: PRISM, AVNIR-2 e PALSAR. O PRISM consiste em um radiômetro capaz de adquirir imagens tridimensionais detalhadas da superfície da Terra. O AVNIR-2 trata-se de um radiômetro voltado aos mapeamentos de uso e cobertura das terras e o sensor de micro-ondas PALSAR opera na banda L e obtém imagens diurnas e noturnas com alta resolução sem a interferência das condições atmosféricas (EMBRAPA, 2021).

No Projeto Unai foram utilizadas imagens do radar PALSAR para a criação do modelo digital de elevação (MDE) da área com o objetivo de representar a elevação e declividade do

terreno. Na geração do MDE, foram utilizadas quatro cenas com resolução espacial de 12,5m adquiridas no site *Alaska Satellite Facility*, sendo elas: AP\_05134\_FBS\_F6840\_RT1.dem, AP\_05134\_FBS\_F6850\_RT1.dem, AP\_02771\_FBS\_F6840\_RT1.dem e AP\_02771\_FBS\_F6830\_RT1.dem.

Foi elaborado um mosaico com as quatro cenas que recobrem a região, a fim de se obter uma única imagem compreendendo toda a área do projeto por meio da junção de imagens espacialmente vizinhas. A partir da ferramenta *Hillshade* (Relevo sombreado) do ArcGIS, foram definidos os parâmetros de ângulo de elevação e azimute da posição simulada do sol. Essa técnica de sombreado do relevo ressalta as estruturas que apresentam direção aproximadamente perpendicular ao azimute escolhido. Desta maneira, gerou-se quatro produtos utilizando o ângulo de elevação intermediário de 45° e os ângulos de azimute de 45°, 135°, 225° e 315° (Figura 3.3), para a identificação e análise de estruturas com diferentes direções preferenciais.

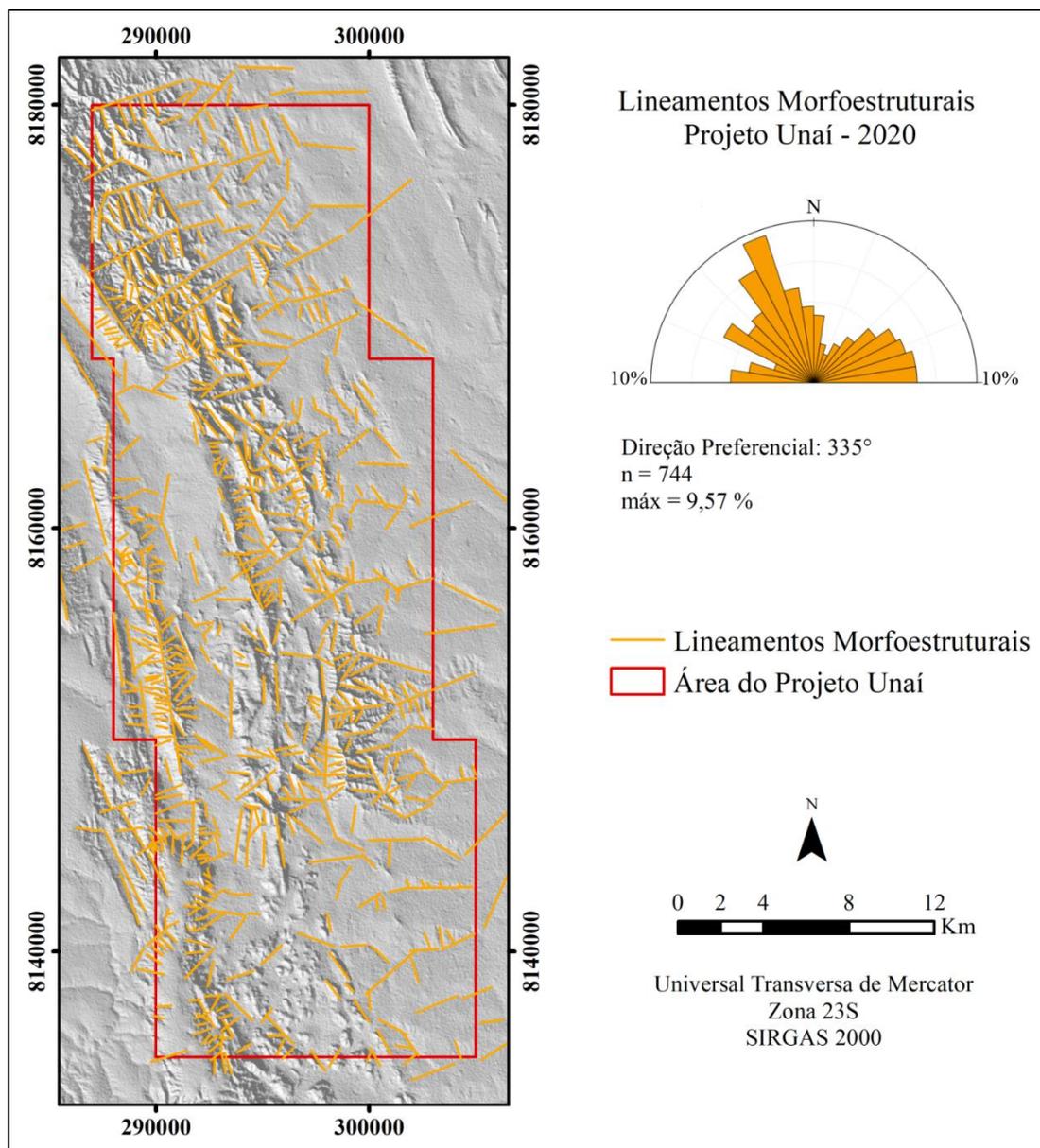


**Figura 3.3)** Imagens sombreadas com os ângulos de 45°, 135°, 225° e 315°, respectivamente. Produzidas por meio da imagem ALOS PALSAR.

Além da possibilidade de delimitação dos lineamentos estruturais, os produtos gerados a partir do MDE ALOS PALSAR foram úteis para a geração do mapa base e análise de informações geológicas e pedológicas que podem ser obtidas através da caracterização do tipo de relevo presente.

### 3.2.3. Mapa de Lineamentos Morfoestruturais

O mapa de lineamentos morfoestruturais do Projeto Unai e da subárea IX (Figura 3.4 e Figura 3.5, respectivamente) foi confeccionado a partir da imagem Sentinel 2 de composição colorida RGB 432 e das imagens com diferentes direções de sombreamento do MDE (ALOS/PALSAR; Figura 3.3). Com o intuito de evidenciar as orientações preferenciais das estruturas regionais, foram traçados manualmente os lineamentos de relevo e os de drenagem.



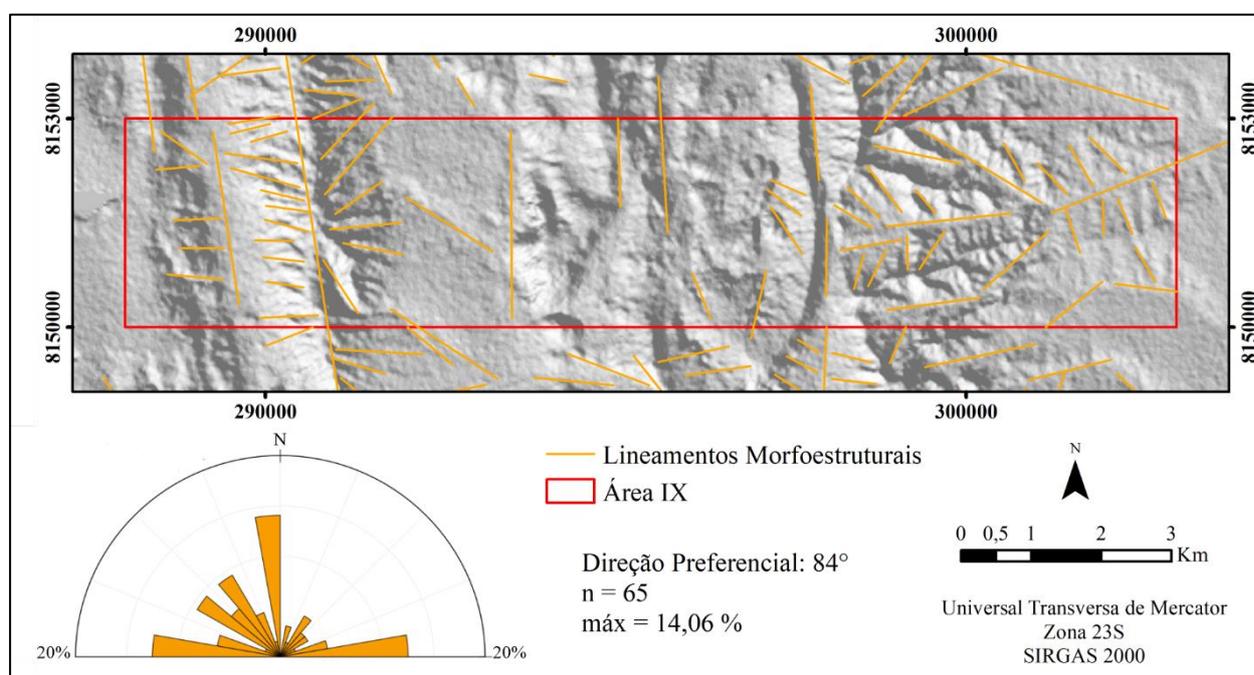
**Figura 3.4)** Mapa de lineamentos morfoestruturais do Projeto Unai e diagrama de rosetas correspondente. Os lineamentos estão sobre relevo sombreado com filtro direcional de 225° e transparência de 45%.

Com base nos lineamentos extraídos, foi realizado a obtenção dos azimutes de cada linha através da ferramenta computacional *Spatial Data Modeller* (SDM) desenvolvida por um grupo de pesquisa da Universidade de Campinas e que pode ser incluída no ArcGIS. Em seguida, por

meio dos dados de azimutes calculados, foi elaborado diagrama de rosetas referente à área do Projeto Unai e subárea IX (Figura 3.4 e Figura 3.5, respectivamente).

De forma geral, apesar dos lineamentos morfoestruturais de toda a região do projeto e arredores apresentarem orientações heterogêneas, é perceptível que a direção preferencial das estruturas é NNW-SSE (Figura 3.4). Essa direção de N25W está fortemente relacionada à orientação geral das cristas das serras da região. Além disso é possível identificar uma forte presença de lineamentos com direção aproximadamente E-W que estão associados principalmente à tendência geral das drenagens retilíneas.

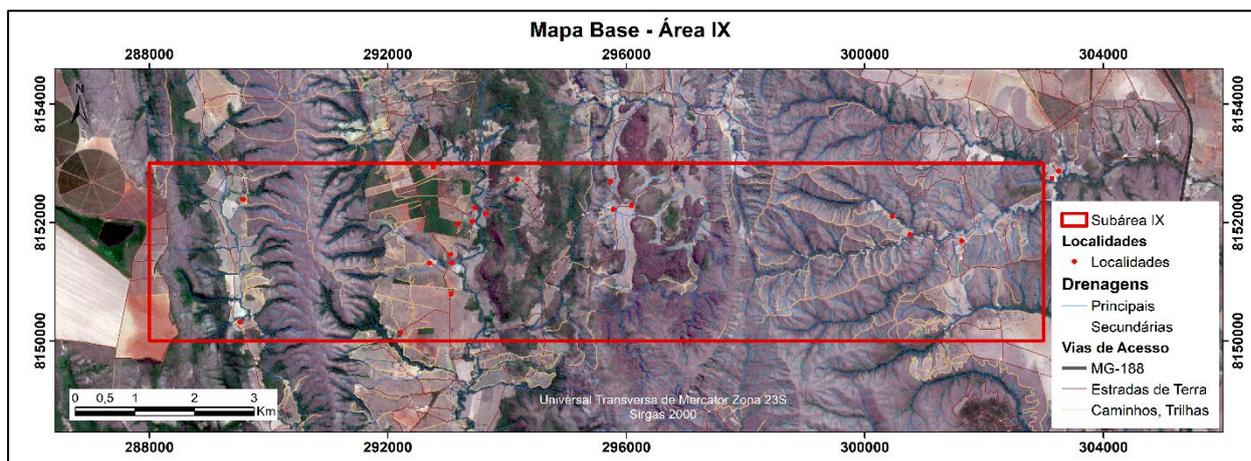
Em relação aos lineamentos estruturais da subárea IX, a maior frequência está orientada segundo a direção aproximadamente E-W (Figura 3.5). No entanto, há ainda uma contribuição considerável de lineamentos próximos à direção N-S.



**Figura 3.5)** Mapa de lineamentos morfoestruturais da Subárea IX e diagrama de rosetas correspondente. Os lineamentos estão sobre relevo sombreado com filtro direcional de 225° e transparência de 45%.

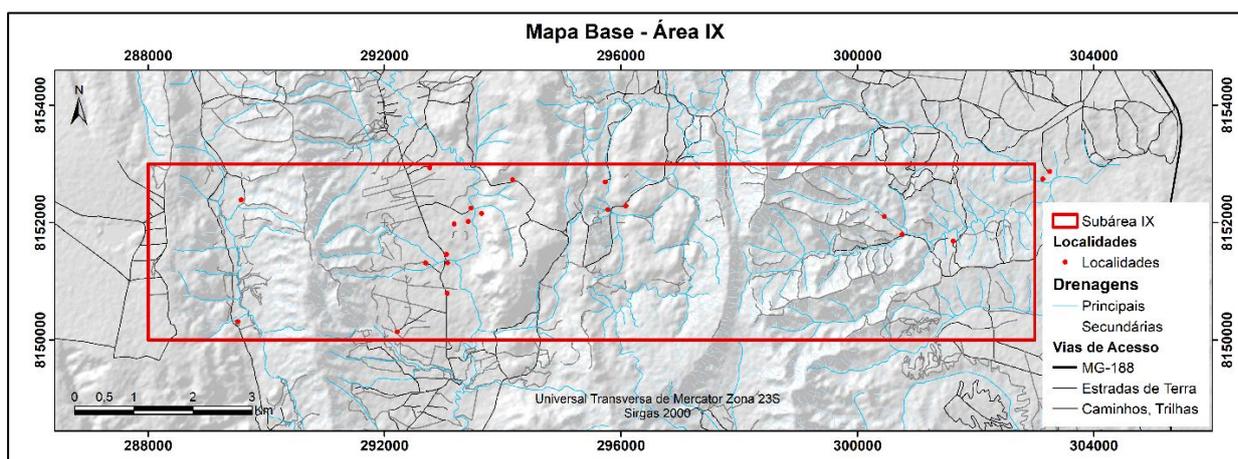
### 3.2.4. Mapa Base da Subárea IX

O mapa base foi elaborado na etapa pré-campo e foi uma ferramenta utilizada durante o campo, de forma a auxiliar na navegação e decisão de perfis de caminhada. Reúne informações extraídas da imagem Sentinel-2 de composição colorida RGB 432 a respeito de vias de acesso (pavimentadas, não pavimentadas, caminhos e trilhas), drenagens principais e secundárias e localidades (Figura 3.6 e Anexo A).



**Figura 3.6)** Mapa base referente à Subárea IX feito a partir da imagem Sentinel-2.

Essas informações também foram incorporadas na imagem ALOS PALSAR do modelo digital de elevação com ângulo de sombreamento de 225° (Figura 3.7 e Anexo A). O mapa base foi ainda utilizado como recurso para integração de dados entre as subáreas, através do qual o mapa geológico foi construído



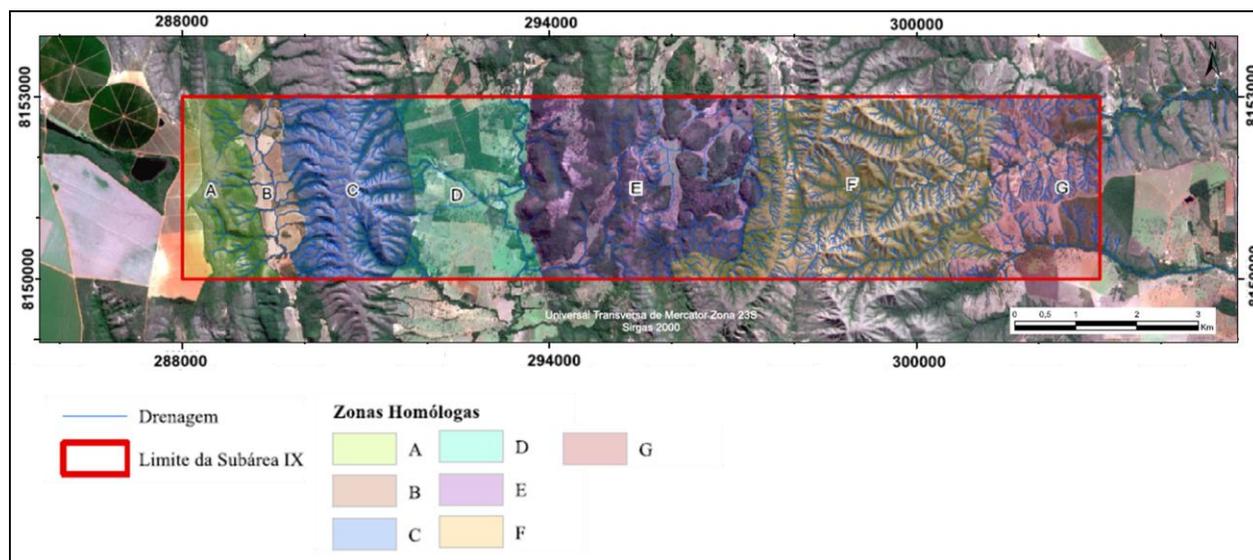
**Figura 3.7)** Mapa base referente à Subárea IX feito a partir do MDE ALOS PALSAR.

### 3.2.5. Mapa de Zonas Homólogas Fotointerpretadas

A confecção de um mapa fotointerpretado auxilia na caracterização e delimitação das unidades encontradas em campo, visto que as feições registradas em imagem podem ter correspondência a particularidades cartografadas em afloramentos. Desta maneira, a partir das imagens Sentinel e ALOS PALSAR, foi realizada a divisão de zonas homólogas com base na identificação dos elementos fotogeológicos visíveis. O estabelecimento das zonas homólogas ocorreu de acordo com a análise das propriedades do relevo, dos elementos texturais e estruturais e do padrão e densidade de drenagem.

Na subárea IX foram identificadas sete zonas homólogas (Figura 3.8 e Anexo B) caracterizadas a partir: i) da densidade de elementos texturais e estruturais; ii) do grau de tropia

dos elementos estruturais; iii) do tipo de encosta; iv) da assimetria do relevo; v) densidade de lineações em série; vi) padrão de relevo, e vii) padrão e densidade de drenagem.



**Figura 3.8)** Mapa de Zonas Homólogas da subárea IX.

A Tabela 3.2 apresenta a descrição das zonas homólogas identificadas e delimitadas para a subárea IX.

**Tabela 3.2)** Caracterização das sete zonas homólogas individualizadas para subárea IX.

Zona Homóloga	Densidade de elementos texturais e estruturais e grau de tropia	Tipo de Encosta/ Assimetria do relevo	Densidade de lineação em série	Padrão de Relevo	Padrão de Drenagem	Densidade de Drenagem
A	Baixa densidade de elementos texturais e densidade moderada a baixa de elementos estruturais. Apresenta grau de tropia baixo	Reta/Assimétrico	Baixa	Forte ondulado (alto topográfico)	Sub-paralelo	Baixa
B	Densidade baixa elementos texturais e estruturais. Apresenta grau de tropia moderado a baixo	Horizontal	Nula	Suave (baixo topográfico)	Angular	Baixa
C	Alta densidade de elementos estruturais com grau de tropia moderado a baixo	Convexa/ Simétrico	Alta	Forte ondulado (alto topográfico)	Sub-dendrítico	Alta
D	Baixa densidade de elementos texturais e densidade moderada a baixa de elementos estruturais. Apresenta grau de tropia baixo	Horizontal	Nula	Suave ondulado (baixo topográfico)	Sem padrão específico (Rio meandrante)	Baixa
E	Alta densidade de elementos texturais e moderada densidade de elementos estruturais. Grau de tropia moderado a baixo	Convexa/ Simétrico	Moderada	Forte ondulado (alto topográfico)	Sem padrão específico	Moderada
F	Alta densidade de elementos texturais e estruturais. Grau de tropia moderado	Côncava/ Simétrico	Alta	Forte ondulado (alto topográfico)	Dendrítico e localmente com padrão treliça	Alta
G	Baixa densidade de elementos texturais e alta a moderada densidade de elementos estruturais. Grau de tropia moderado	Horizontal	Alta	Suave ondulado	Dendrítico	Moderada a baixa

### 3.3. Aerogeofísica

A aerogeofísica utiliza dados coletados por meio de veículos aéreos com sensores geofísicos específicos acoplados para caracterizar grandes áreas tanto a nível preliminar quanto a nível de detalhe. A partir desses dados, podem ser gerados diferentes produtos através dos processamentos e filtragens utilizados. O emprego de métodos aerogeofísicos como auxiliares no mapeamento geológico facilita a delimitação de alvos a serem investigados em campo, de forma a fornecer informações úteis quanto a geologia estrutural e limite das unidades litológicas.

Os métodos geofísicos mais utilizados em levantamentos aerogeofísicos são a magnetometria e gamaespectrometria, visto que estes geralmente apresentam um baixo custo em relação à quantidade de informações que podem ser obtidas e tamanho de área que são capazes de recobrir em um único levantamento.

A magnetometria consiste na detecção de pequenas variações na intensidade do campo magnético terrestre. Trata-se de um método potencial capaz de discriminar rochas em função da presença de minerais magnéticos. O dado obtido é o Campo Magnético Total (CMT), que corresponde ao conjunto de todos os campos magnéticos atuantes no ponto de captação. São representados principalmente pelo campo geomagnético (IGRF), fruto da circulação de correntes elétricas no núcleo externo, campo magnético externo (CME), gerado por fontes externas ao planeta, e o campo magnético anômalo (CMA), causado por minerais e rochas na crosta. O IGRF e CME não interessam no mapeamento, dessa forma são subtraídos do CMT a fim de isolar o valor do CMA. Esse método é útil na determinação da estrutura do embasamento e sua continuidade em superfície. (Jaques *et al.*, 1997).

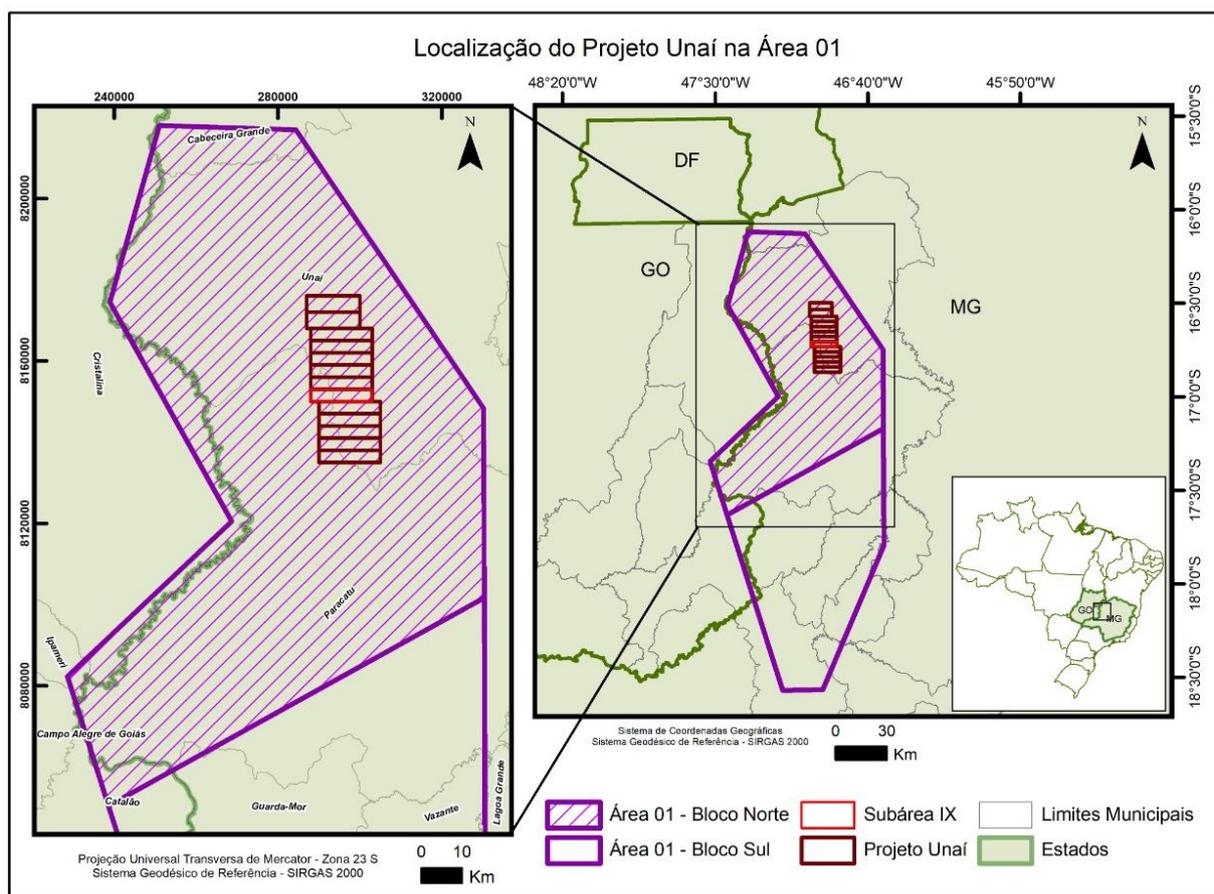
A gamaespectrometria, por sua vez, é caracterizada pela detecção de radiação gama ( $\gamma$ ) emitida na desintegração de elementos radioativos na superfície do planeta. As principais fontes de radiação gama provêm da desintegração natural do potássio ( $^{40}\text{K}$ ), urânio ( $^{238}\text{U}$ ) e tório ( $^{232}\text{Th}$ ), presentes na composição da maioria das rochas em superfície. Os isótopos  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$  não emitem radiação gama, porém seus isótopos decorrentes do decaimento radioativo emitem, são eles  $^{214}\text{Bi}$  e  $^{208}\text{Tl}$ , respectivamente.

Através da medida de todos os raios gama dentro da janela energética de 0,41-2,81 MeV é obtida a contagem total de radiação, de forma que cada elemento possui uma janela onde as energias são concentradas. A detecção dos raios gama pode ser influenciada por qualquer material entre o alvo emissor e o sensor, como cobertura e umidade do solo, densidade da vegetação, variações na temperatura atmosférica, presença de nuvens, umidade relativa e variações topográficas. O método gamaespectrométrico fornece dados relevantes para o mapeamento de

unidades geológicas, delimitação de áreas com alteração hidrotermal e avaliação da influência de processos intempéricos na superfície do planeta (Jaques *et al.*, 1997).

### 3.3.1. Aquisição dos dados

Os dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos utilizados no Projeto Unai foram cedidos pela CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais), através do Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais/ Área 1 – Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel. Esse Programa foi coordenado e financiado pela Secretária de Minas e Energia em 2000 e executado pela empresa contratada Lasa Engenharia e Prospecções S.A. A aquisição foi feita na porção noroeste do estado de Minas Gerais, envolvendo os municípios de Cabeceira Grande, Coromandel, Guarda-Mor, Lagoa Grande, Lagamar, Paracatu, Unai e Vazante. A Área 1 é dividida no Bloco Norte e Bloco Sul e está representada na Figura 3.9.



**Figura 3.9)** Localização da do Projeto Unai na Área 1 do Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais. Adaptado de LASA (2001).

Os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos realizados para o recobrimento da Área 1 compreendem cerca de 83.533 km de perfis de e 18.633 km<sup>2</sup> de superfície. As áreas do Projeto Unai se encontram no Bloco Norte (Figura 3.9) que apresentam linhas de voo e de controle espaçadas em 250 m e 2500

m, respectivamente. As linhas de produção apresentam direção N30E, as de controle N60W e a altura de voo foi fixada em 100 metros sobre o terreno (LASA, 2001).

Ao longo dos perfis, dez leituras do magnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro foram realizadas por segundo e posicionadas com sistema de observação de satélite GPS de precisão maior que 10 m. A velocidade aproximada de voo é de 200 km/h, desta forma as leituras do magnetômetro equivalem a aproximadamente 5,5 m no terreno e as leituras do gamaespectrômetro representam intervalos de aproximadamente 55 m do terreno (LASA, 2001).

A Figura 3.10 representa o fluxograma de processamento adotado pela empresa Lasa, que utilizou a versão OASIS MONTAJ 5.0 do sistema Geosoft para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados. Os produtos relativos ao Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais foram gerados na forma de mapas nas escalas de 1:100.000 e/ou 1:250.000. Trata-se de mapas de contorno do campo magnético total (IGRF reduzido), da 1ª derivada vertical e do sinal analítico; mapas de pseudo-iluminação da 1ª derivada vertical e do sinal analítico; mapas gamaespectrométricos dos canais de potássio, urânio, tório, contagem total; mapas ternários e mapas das razões U/Th, U/K e Th/K (LASA, 2001).

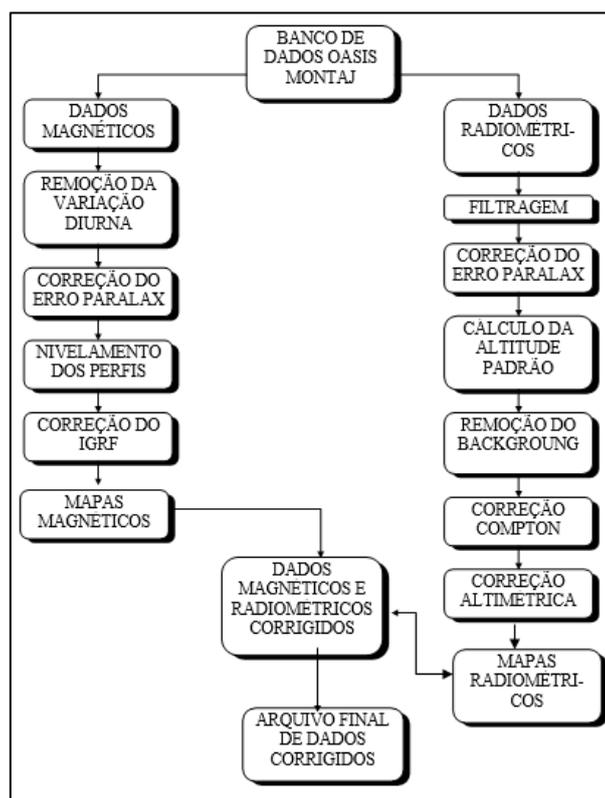


Figura 3.10) Fluxograma de processamento adotado para os dados aerogeofísicos obtidos (LASA, 2001).

### 3.3.2. Método Aeromagnetométrico

Os mapas de anomalia magnética são frequentemente utilizados para delimitar falhas e contatos geológicos. Esses mapas evidenciam a distribuição espacial de fontes magnéticas que

podem estar a diferentes profundidades e conter propriedades físicas e geométricas distintas (Ferreira *et al.*, 2013). Desta maneira, são utilizadas técnicas de filtragem auxiliar para a identificação de anomalias de fontes rasas ou profundas, e facilitar a interpretação das feições geológicas (Ferreira *et al.*, 2013).

Os realces aplicados ao dado magnético estão representados através do fluxograma de processamento correspondente à Figura 3.11. A partir do Campo Magnético Anômalo (CMA; Figura 3.12), foram gerados os produtos: Derivadas Horizontais (Dx e Dy), Derivada Vertical (Dz), Amplitude de Sinal Analítico (ASA) e a Derivada TILT.

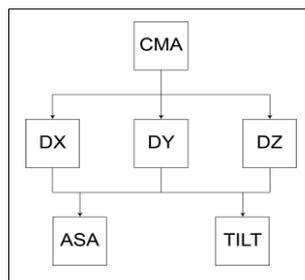


Figura 3.11) Fluxograma de processamento aplicado aos produtos magnetométricos.

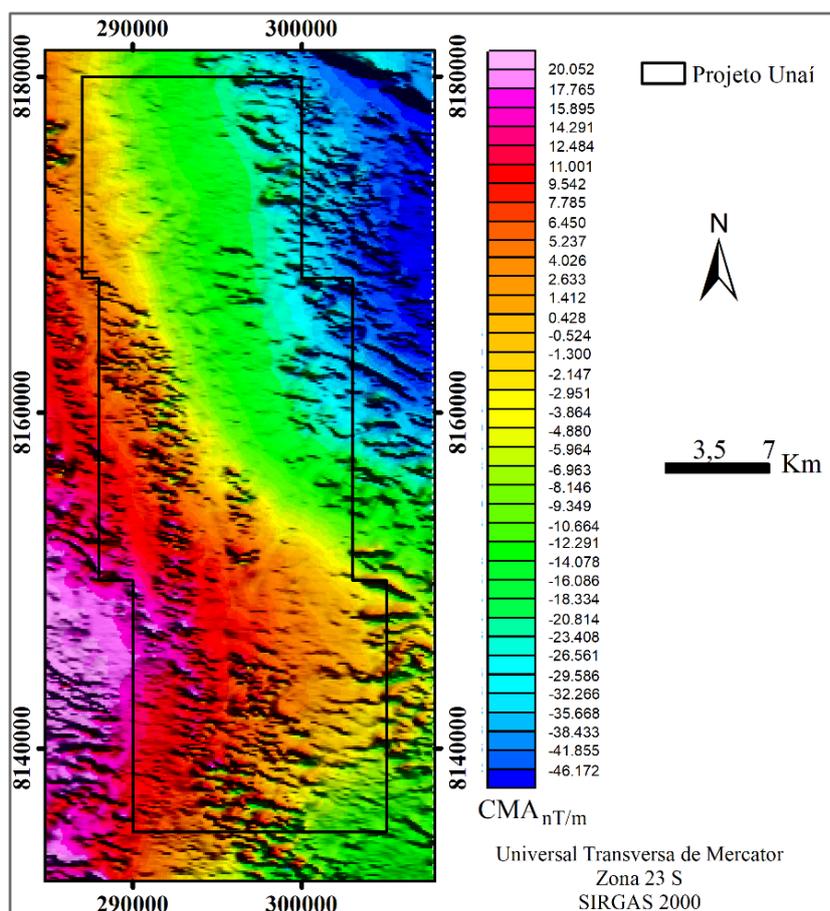


Figura 3.12) Campo Magnético Anômalo.

As derivadas nas direções horizontais (Dx e Dy) e na vertical (Dz) realçam anomalias de alta frequência. As derivadas horizontais realçam feições nas direções x e y, acentuando os

gradientes laterais da propriedade física investigada (Simpson *et al.*, 1986). A derivada vertical consiste na taxa de variação do campo magnético anômalo em relação à distância vertical da fonte causadora (Figura 3.13A; Blakely, 1996). Desta forma, a Dz destaca características próximas à superfície e estreita a largura da anomalia, assim localizando as fontes de forma mais precisa (Cooper & Cowan, 2004).

A amplitude do sinal analítico (Figura 3.13B) é calculada a partir dos três gradientes ortogonais do campo magnético (Dx, Dy e Dz) por meio da Equação 3.1. Essa equação expressa uma técnica eficiente para identificação da profundidade de corpos e localização de limites geológicos e estruturais, além de ser independente dos parâmetros de direção e magnetização dos corpos e do campo magnético da Terra (Blum, 1999).

$$ASA = \sqrt{(D_x)^2 + (D_y)^2 + (D_z)^2}$$

Equação 3.1

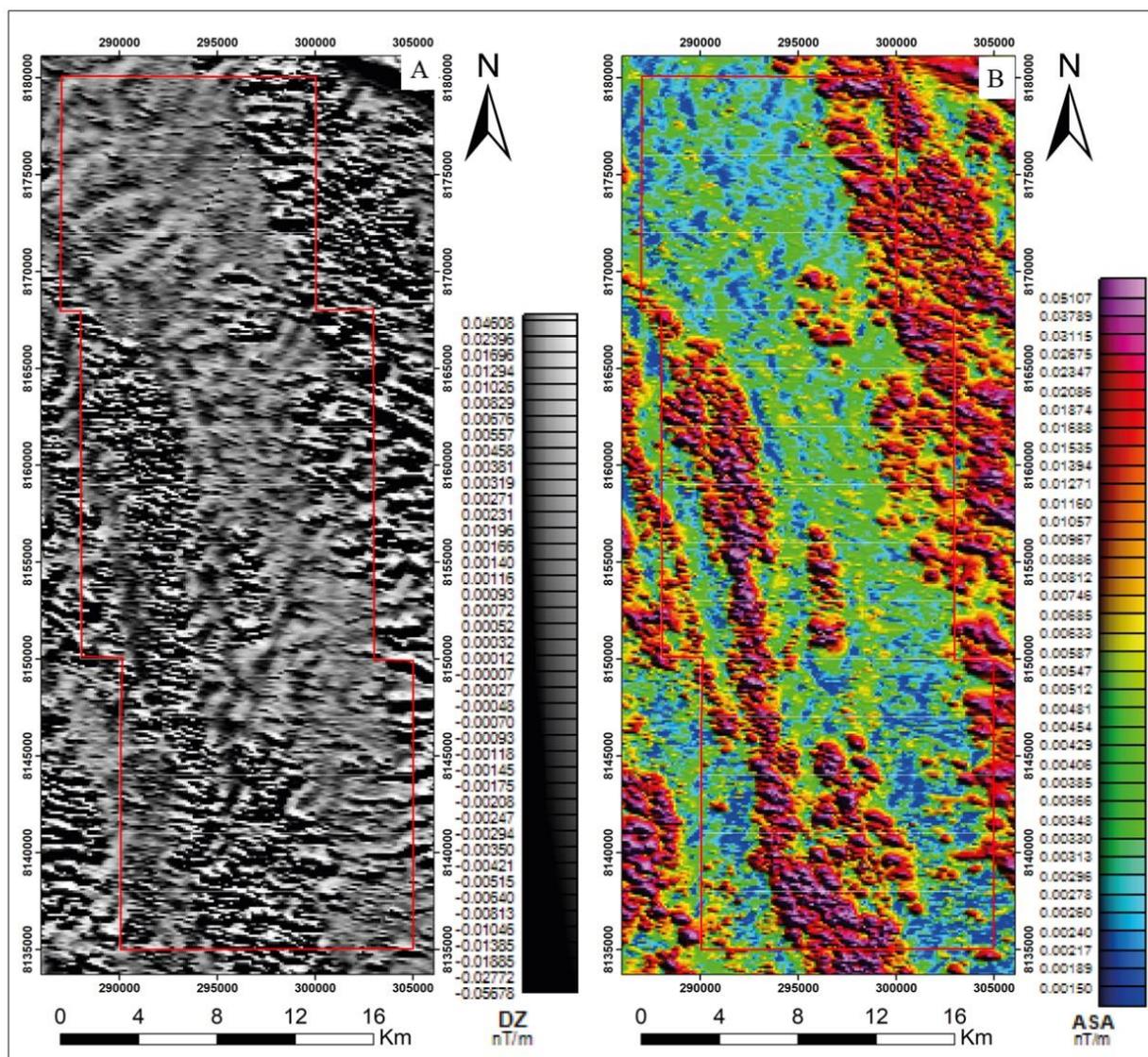


Figura 3.13) Produtos gerados a partir do CMA. A) Derivada vertical Dz. B) Amplitude do Sinal Analítico (ASA). O polígono vermelho representa a área do Projeto Unaí.

A derivada TILT (Figura 3.14) é representada pelo arco tangente da razão entre a derivada vertical (Dz) e o Gradiente Horizontal Total (THDR), conforme mostrada na Equação 3.2 (Miller & Singh, 1994, Verduzco *et al.*, 2004). Este produto fornece as relações angulares entre as derivadas além de evidenciar as feições lineares do relevo magnético e equalizar a amplitude de fontes rasas e profundas (Miller & Singh, 1994).

$$\text{TILT} = \arctan \left[ \frac{Dz}{\sqrt{Dx^2 + Dy^2}} \right]$$

Equação 3.2

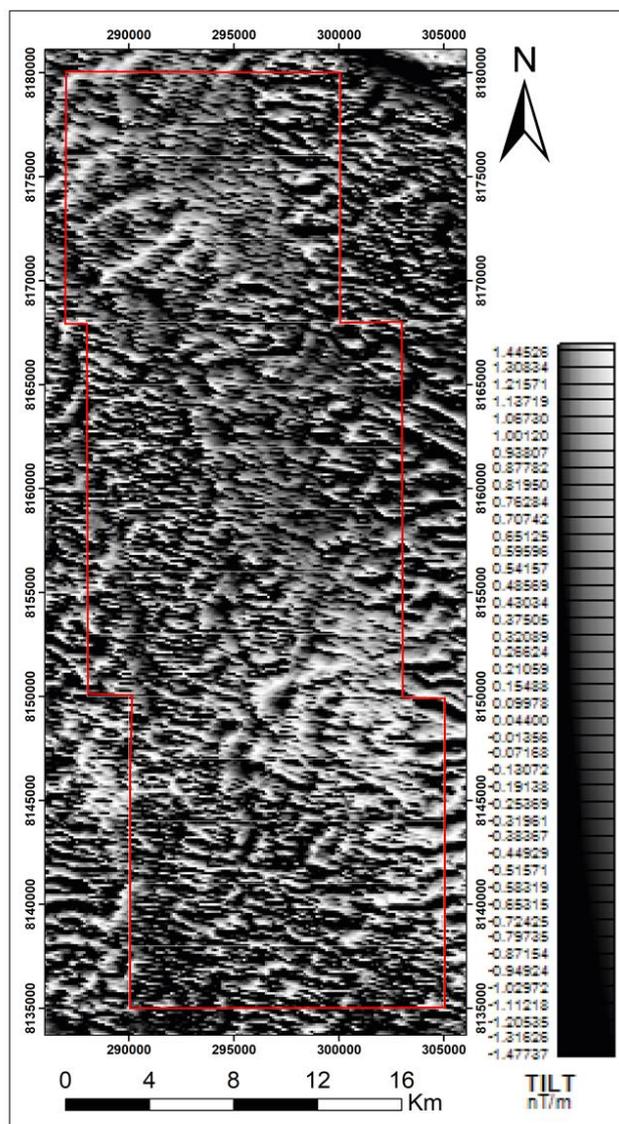


Figura 3.14) Derivada TILT gerada a partir do CMA.

A interpretação dos dados magnetométricos foi realizada a partir da individualização qualitativa de domínios magnéticos com base no contraste do gradiente do mapa de amplitude do sinal analítico (Figura 3.15). Três domínios foram divididos de acordo com a intensidade, frequência, orientação e continuidade das anomalias magnéticas. A descrição desses domínios se encontra na Tabela 3.3.

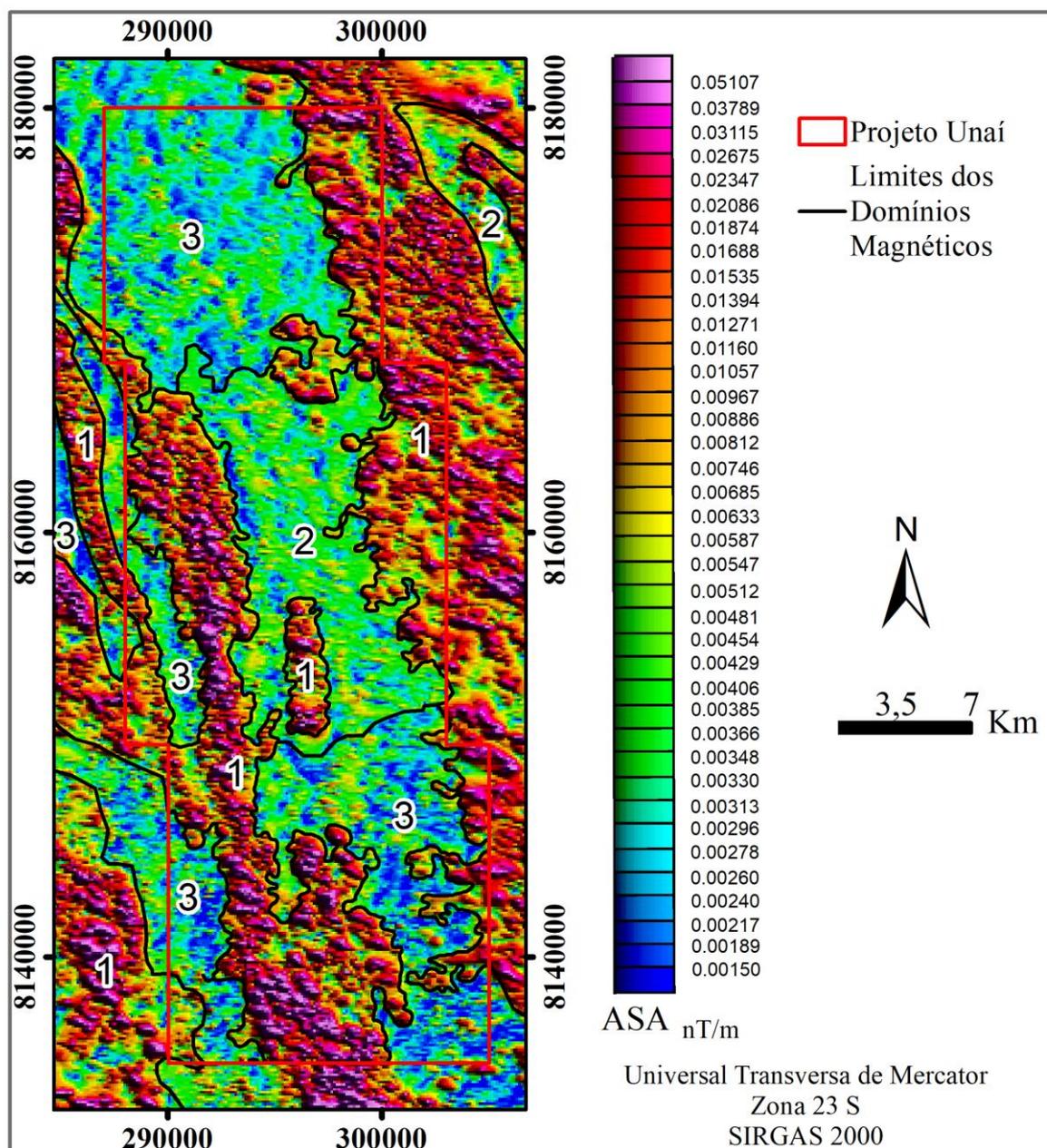


Figura 3.15) Domínios magnéticos individualizados no mapa de amplitude de sinal analítico.

Tabela 3.3) Descrição dos domínios magnéticos individualizados.

Domínio	Descrição
1	Gradiente alto, heterogêneo com orientação NNW-SSE. Apresenta-se distribuído na porção leste e na porção centro-sudoeste do Projeto Unai Na região centro-oeste há um alinhamento espesso de gradiente elevado.
2	Gradiente intermediário, heterogêneo com orientação NNW-SSE. Está distribuído na porção central do Projeto Unai e encontra-se entre domínios de gradiente alto na direção E-W e entre dois domínios de gradiente baixo na direção NNW-SSE.
3	Gradiente baixo, heterogêneo com trend NNW-SSE. Está intercalado com domínios de gradiente alto

### 3.3.3. Método Gamaespectrométrico

O fluxograma de processamento dos dados gamaespectrométricos está representado na Figura 3.16. Por meio da Contagem Total são gerados os mapas referentes às concentrações de potássio, em porcentagem, e dos equivalentes de tório e urânio, em partes por milhão (ppm) (Figura 3.17). A partir destes resultados são feitos os mapas de composição ternária em RGB e CMY, os principais produtos (Figura 3.18). A análise desses produtos possibilita mapear a superfície aflorante em uma profundidade de até 60 cm, o que permite a avaliação de litologias e processos intempéricos.

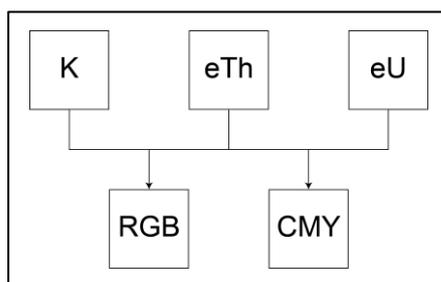


Figura 3.16) Fluxograma de processamento aplicado aos produtos gamaespectrométricos.

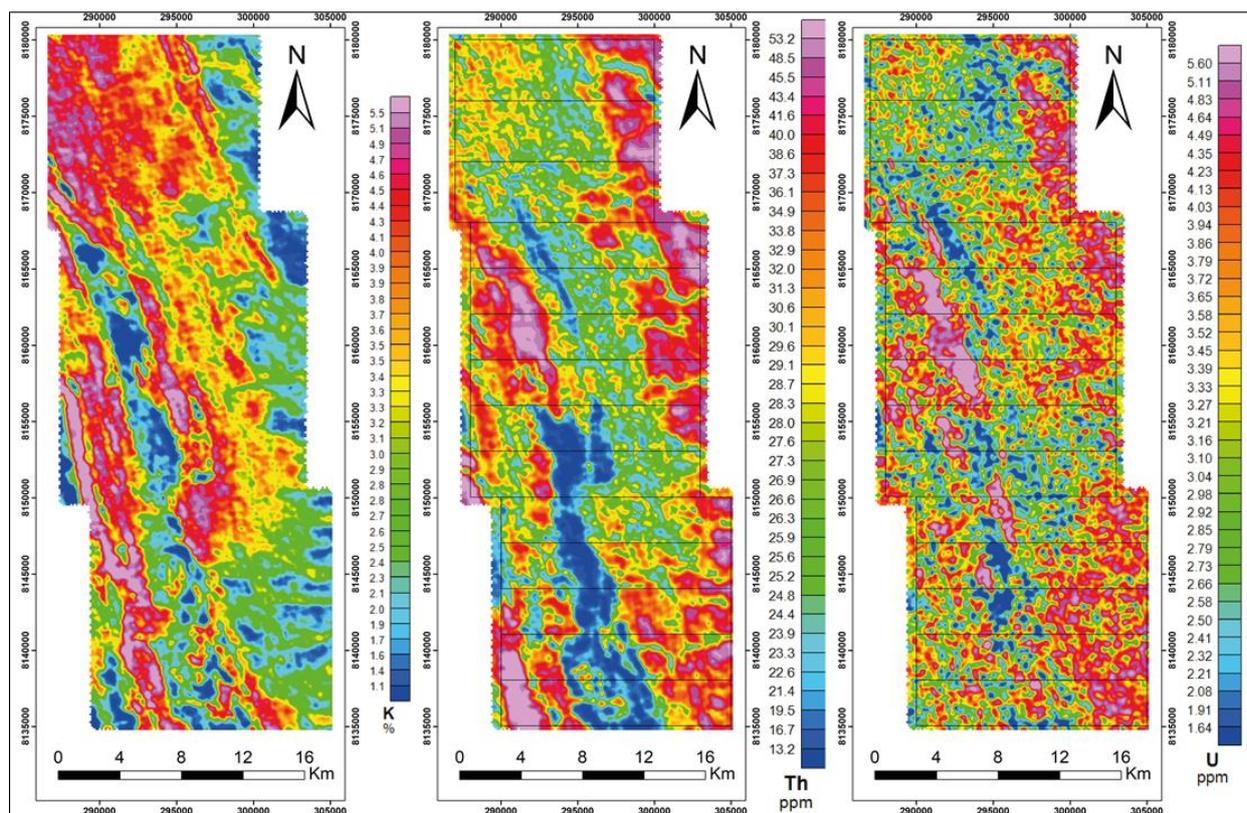
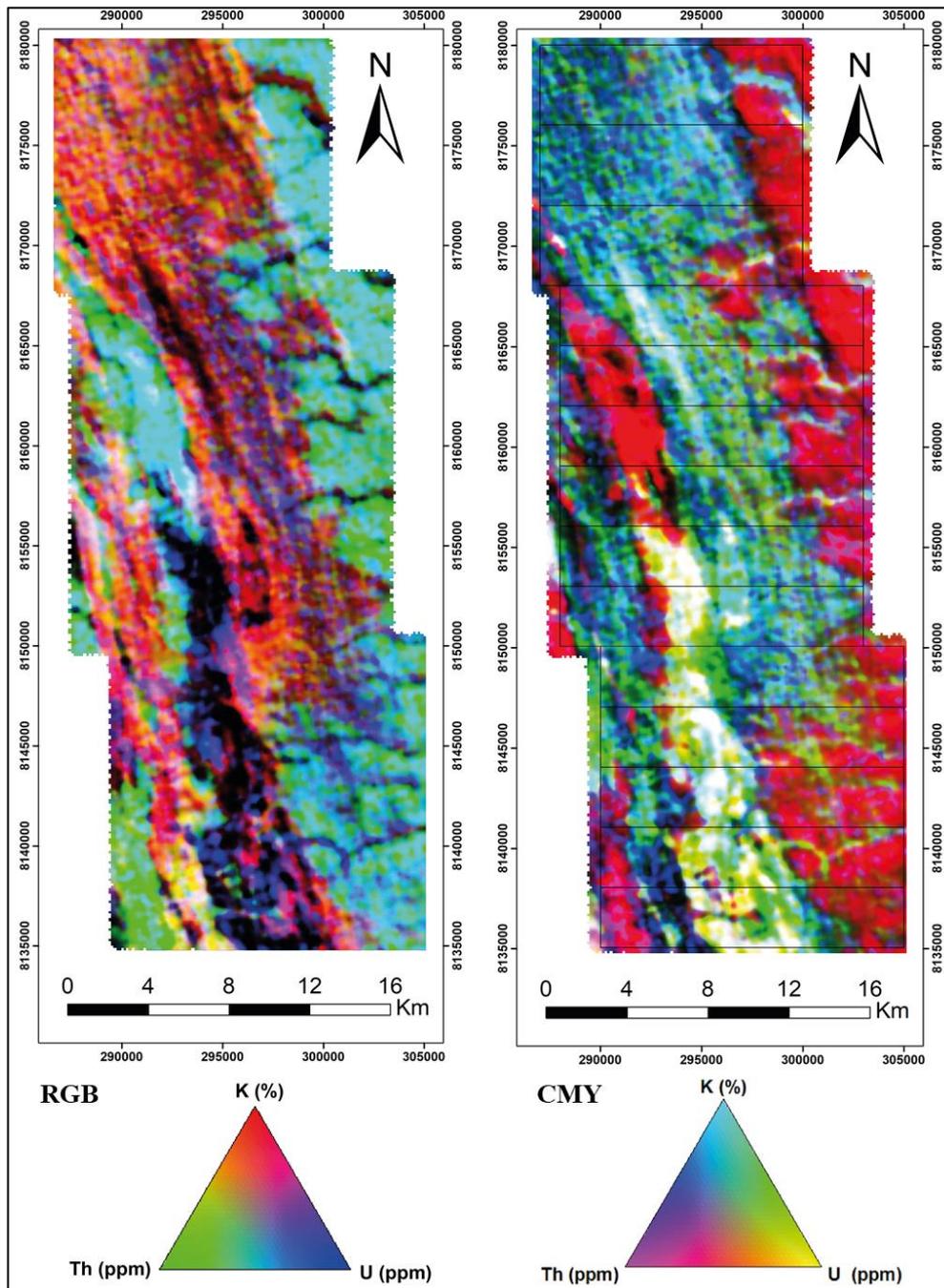


Figura 3.17) Mapa das concentrações de Potássio (%), Tório equivalente (ppm) e Urânio equivalente (ppm).

Os mapas de composição ternária são confeccionados por meio da atribuição de uma dada cor a um determinado elemento radiogênico, dispostas nos vértices de um triângulo equilátero. No caso do padrão RGB, a cor vermelha (R) é associada ao potássio (%), a verde (G) ao tório

equivalente e a azul (B) ao urânio equivalente. No padrão CMY, por sua vez, as cores ciano (C), magenta (M), e amarelo (Y) estão associadas, respectivamente, à porcentagem de potássio, ao tório equivalente (eTh) e ao urânio equivalente (eU), em ppm. No padrão RGB, a cor preta representa baixas contagens e a branca altas contagens dos três elementos, por sua vez, o padrão CMY segue a lógica oposta, a cor branca evidencia baixas contagens e a preta altas.



**Figura 3.18)** Mapa de composição ternária em RGB e CMY, respectivamente.

As interpretações da gamaespectrometria foram realizadas com base na imagem de composição ternária RGB, de forma que a área do Projeto Unai foi classificada em 5 domínios (Figura 3.19) de acordo com a análise visual da variação da concentração dos radioelementos K,

Th e U, que pode ser baixa, média ou alta (Tabela 3.4). Todos os domínios classificados estão representados na subárea IX.

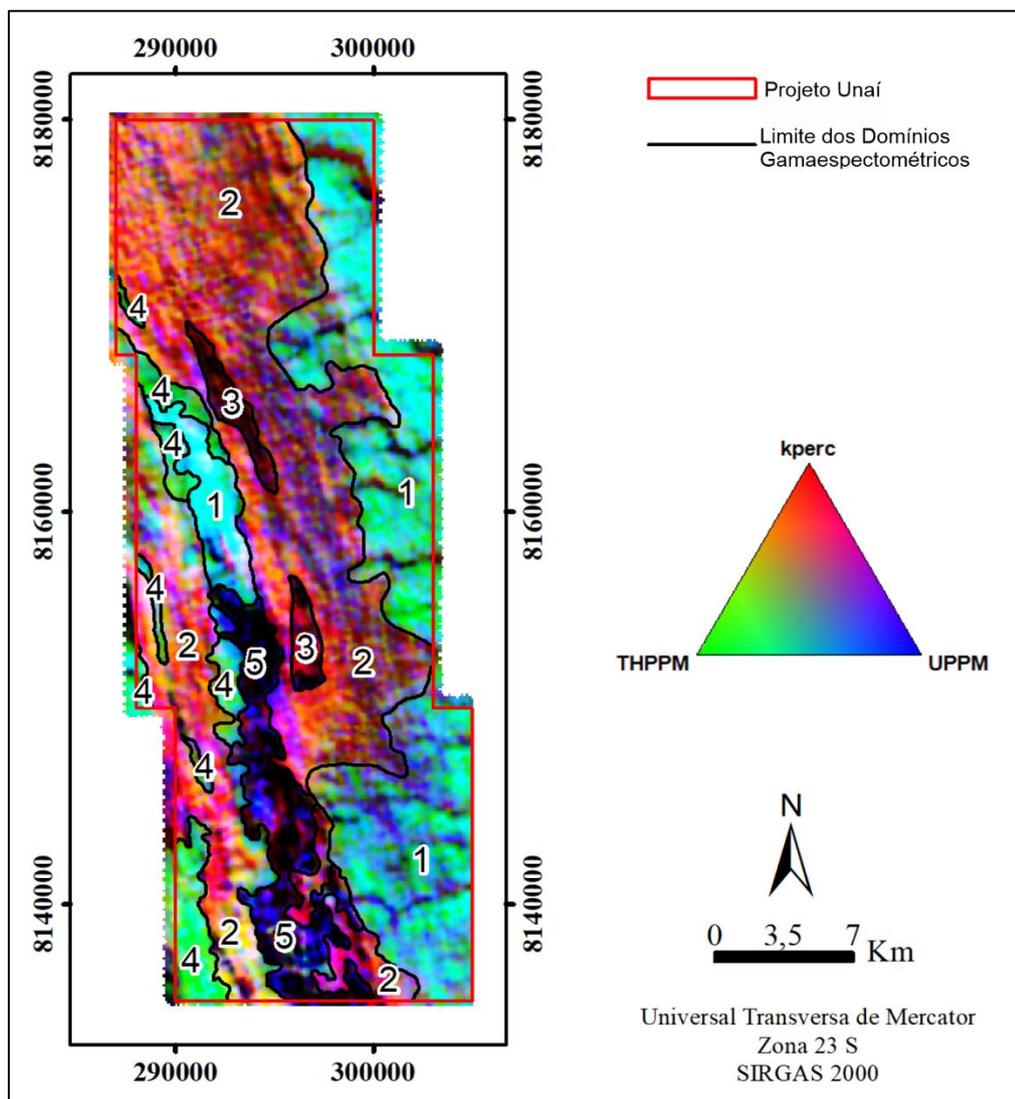


Figura 3.19) Domínios gamaespectrométricos individualizados no mapa ternário RGB.

Tabela 3.4) Descrição dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Unai.

Domínio	K	Th	U	Descrição
1	Baixo	Médio	Médio	Cores entre verde e azul. Domínio contínuo à leste com um segmento à oeste. Direção NNW-SSE.
2	Alto	Baixo	Médio	Em geral cores rosadas a roxas. Domínio com dois segmentos com direção NNW-SSE.
3	Médio	Baixo	Baixo	Cor vermelha a preta. Domínio descontínuo formado por dois segmentos com direção NNW-SSE.
4	Baixo	Alto	Médio	Cor verde a azul claro. Domínio composto por vários segmentos pouco espessos e alongados na direção NNW-SSE.
5	Baixo	Baixo	Médio	Cor preta a azul escura. Domínio alongado e contínuo no sentido NNW-SSE

A partir da análise dos domínios gamaespectrométricos individualizados, é identificada uma relação entre o padrão de relevo e o domínio. O Domínio 1 ocorre em regiões de relevo plano a suave ondulado com solos espessos. O Domínio 2, apesar de apresentar alto K, está relacionado

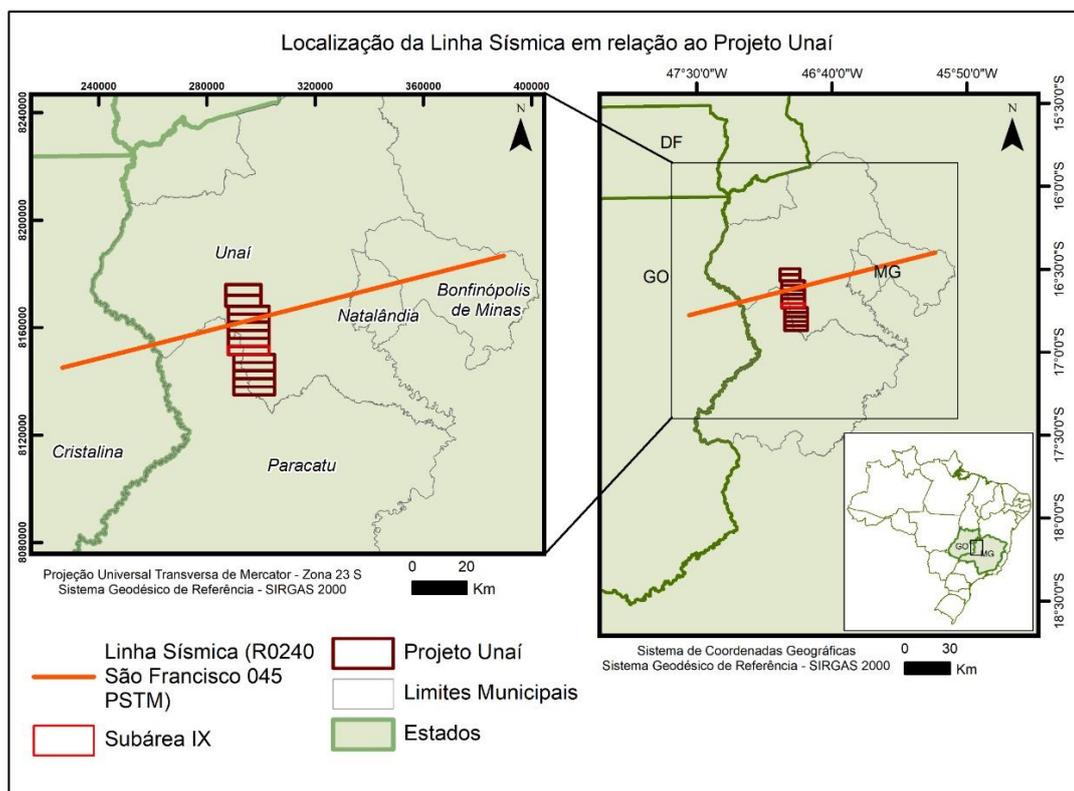
a regiões com padrões de relevo ondulado a fortemente ondulado. Por sua vez, o Domínio 3 ocorre como dois segmentos dentro do Domínio 2 e apresenta uma resposta baixa a moderada em todos os canais, com picos localizados de K. O Domínio 4 ocorre na forma de segmentos alongados em porções de relevo suave ondulado e devido à alta resposta no canal do Th, pode ser suposto que corresponde a litologias intensamente intemperizadas. Esse domínio corresponde também a regiões de plantações. O Domínio 5 está associado a regiões com padrão de relevo suave ondulado e é marcado em geral pela baixa resposta em todos os canais, com picos localizados de concentrações de U.

### **3.4. Sísmica de Reflexão**

Os métodos de reflexão sísmica correspondem a uma das ferramentas mais importantes para gerar imagens da crosta terrestre. A interpretação sísmica 2D é eficaz na análise de arcabouços geológicos regionais, pois possibilita destacar feições geológicas como limites estratigráficos e estruturais, assim como a análise cinemática de estruturas. Ademais, o estudo dessas feições facilita caracterizar estruturas conforme sua época de ativação/reactivação por meio da correlação com as unidades litológicas afetadas, o que permite uma evolução significativa nos conhecimentos relacionados à evolução tectônica-sedimentar de uma determinada região.

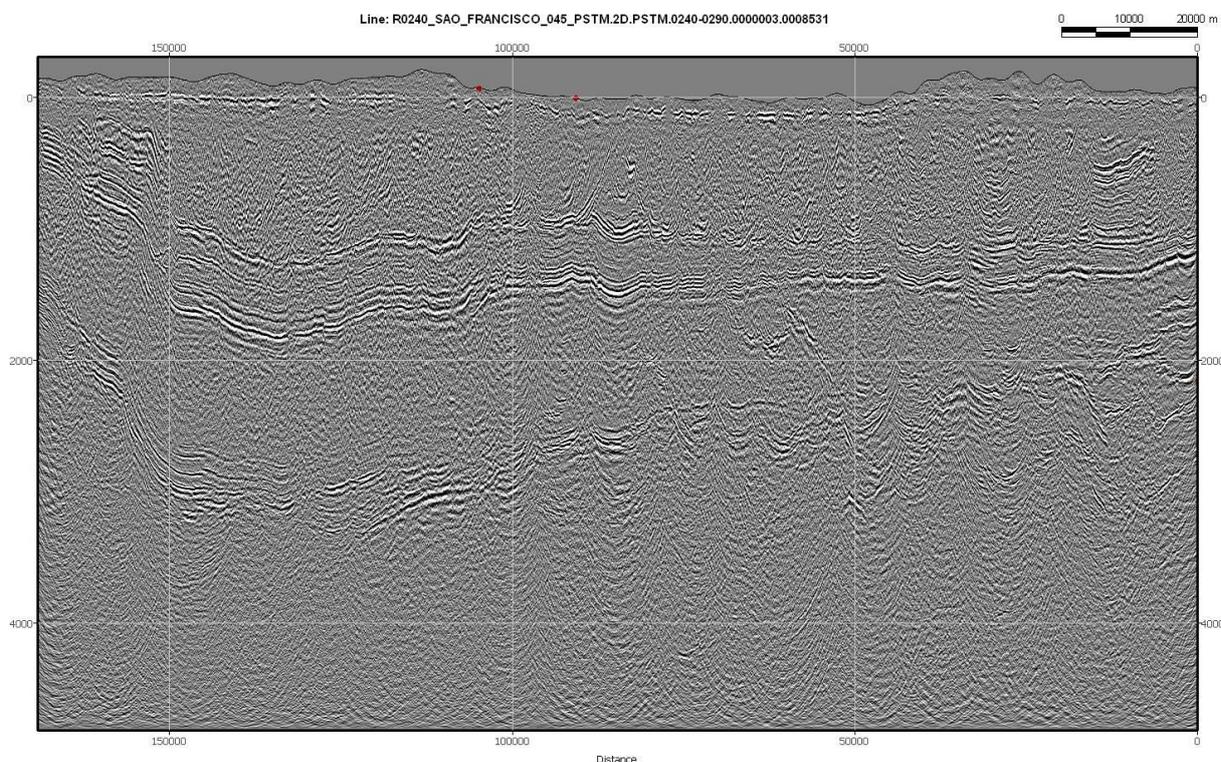
Esse método é baseado na medição do tempo de trânsito e amplitudes de uma onda gerada por uma fonte artificial conhecida em direção ao substrato geológico. Essa onda é refletida ao encontrar camadas com diferentes propriedades elásticas e de impedância acústica e captada por um receptor em uma dada posição. O tempo de retorno à superfície medido é denominado tempo de trânsito de duas vias, e nos levantamentos de sísmica de reflexão é convertido para a profundidade, de forma que essa transformação é afetada principalmente pela velocidade do meio (Kearey *et al.*, 2009)

Para o Projeto Unai, foi utilizada uma linha sísmica a fim de tornar o entendimento da área de estudo mais abrangente e fomentar discussões e interpretações a respeito do arcabouço tectônico e estratigráfico da região. Os dados sísmicos são referentes à linha “R0240\_São\_Francisco\_045\_PSTM” que se estende do município de Cristalina, Goiás, até Bonfinópolis de Minas (Figura 3.20). Esses dados foram obtidos na plataforma da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e fazem parte do banco de dados técnicos das bacias sedimentares *onshore*, disponibilizados pela Petrobrás em 2021.



**Figura 3.20)** Localização da linha sísmica em relação ao Projeto Unai.

A linha sísmica (Figura 3.21) passa pelas subáreas IV e V do Projeto Unai e tem uma distância total de 168,28 km. As interpretações a seu respeito serão discutidas no capítulo 6, referente à Evolução Geológica.



**Figura 3.21)** Dado referente à linha sísmica “R0240\_São\_Francisco\_045\_PSTM”.Fonte: Agência Nacional do Petróleo.

## 4. Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais

### 4.1. Introdução

A partir dos dados obtidos em campo e dos produtos de sensoriamento remoto e aerogeofísica foi elaborado o mapa geológico do Projeto Unai (Anexo F). A caracterização e individualização das unidades litoestratigráficas foi realizada com base nas relações litológicas observadas em campo e em critérios petrográficos, estruturais e metamórficos.

A geologia do Projeto Unai é composta pela Formação Quilombo, Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá e Formação Serra do Landim do Grupo Canastra de idade mesoproterozoica, e Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí de idade neoproterozoica. O empilhamento estratigráfico dessas unidades ocorre a partir de contatos tectônicos em decorrência da deformação e transposição imposta pela orogênese brasileira (Figura 4.1).

Neoproterozoico	<b>Ediacarano</b>
	<b>Grupo Bambuí – Formação Sete Lagoas</b>  NPBs Siltito, siltito argiloso, folhelho, marga, dololuto, compondo sucessão estratificada em camadas centimétricas a decimétricas.
Mesoproterozoico	<b>Esteniano</b>
	<b>Grupo Canastra – Formação Serra do Landim</b>  MPCsl Clorita filito, clorita-fengita filito, clorita-fengita-quartzo filito, mármore dolomítico de granulação fina, mármore calcítico de granulação fina e quartzito micáceo.
	<b>Grupo Paranoá – Formação Córrego do Barreiro</b> idade máxima de deposição de 1100 Ma por zircão detritico  MPPcb  Arenito fino a grosso, localmente conglomerático ou feldspático.  Dololuto micrítico, dololuto estromatolítico, dolorrudito intraclástico e oncolítico e doloarenito intraclástico e oolítico.  Siltito laminado, siltito argiloso, marga laminada
	<b>Ectasiano</b>
	<b>Formação Quilombo</b> – idade de deposição $1394 \pm 19,4$ Ma (U-Pb em zircão de rocha vulcânica)
	 MPQrf <b>Membro Ribeirão do Franco:</b> ritmito pelito-psamítico com intercalações de camadas centimétricas de litoarenito, grauvacalítica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaníticos ou com esferulitos.
	 MPQrp <b>Membro Ribeirão da Porteira:</b> ritmito psamo-pelítico representado por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvacalítica fina, grauvacalítica grossa, arenito, sublitoarenito, siltito laminado, folhelho, argilito e conglomerado clasto-suportado subordinado. Contatos abruptos entre os litotipos.

**Figura 4.1)** Unidades mapeadas pelo Projeto Unai.

As unidades pertencentes à Formação Quilombo, Grupo Paranoá e Grupo Bambuí foram mapeadas como rochas sedimentares visto que há a preservação da mineralogia e das estruturas primárias. Por sua vez, as rochas da Formação Serra do Landim foram classificadas como metamórficas em função da presença de minerais metamórficos e da foliação pervasiva que oblitera as estruturas sedimentares.

A seguir serão descritos de maneira geral as unidades cartografadas no Projeto Unai e de forma detalhada as litofácies presentes na subárea IX. Essa caracterização será composta pelos dados obtidos tanto em macro quanto em microescala (Anexo G) e englobará informações quanto aos aspectos de meio físico, ao modo de ocorrência, às relações com rochas adjacentes e às particularidades de cada litotipo. Para as rochas sedimentares, além da individualização das fácies,

serão discutidos os processos sedimentares, a associação de fácies e o ambiente deposicional.

## **4.2. Geologia do Projeto Unai**

A Formação Quilombo predomina na área do Projeto Unai, apresenta direção contínua NW-SE e está presente em todas as subáreas do Projeto. Esta formação é subdividida em dois membros, Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco. O Membro Ribeirão da Porteira compreende ritmito psamo-pelítico representado por intercalações de litoarenito, grauvasca lítica e sublitoarenito com siltito e argilito, por vezes há a ocorrência de conglomerado clasto suportado. O Membro Ribeirão do Franco é composto por ritmito pelito-psamítico com intercalações centimétricas de litoarenito, grauvasca lítica, siltito e, subordinadamente, rochas vulcânicas ácidas e intermediárias (riolito e dacito) afaníticas ou com esferulitos.

A Formação Córrego do Barreiro corresponde ao topo do Grupo Paranoá e ocorre a partir da subárea III, no sentido sul, apresenta direção NW-SE e é composta por três litologias distintas, correspondentes a carbonato, siltito e arenito. As rochas carbonáticas afloram a partir da subárea VI e ocorrem em meio às outras litofácies da unidade, sem continuidade lateral. São representadas por dololutito micrítico, dololutito estromatolítico, dolorrudito intraclástico e oncolítico e doloarenito intraclástico e oolítico. O siltito apresenta grande continuidade lateral e ocorre em geral fortemente alterado. Essa litofácies é composta por siltito laminado, siltito argiloso e margas laminadas. Por sua vez, o arenito ocorre a partir da subárea VII em morrotes e é observado geralmente na forma de blocos rolados, com poucos afloramentos. Trata-se de arenitos feldspáticos de granulometria fina até conglomerática.

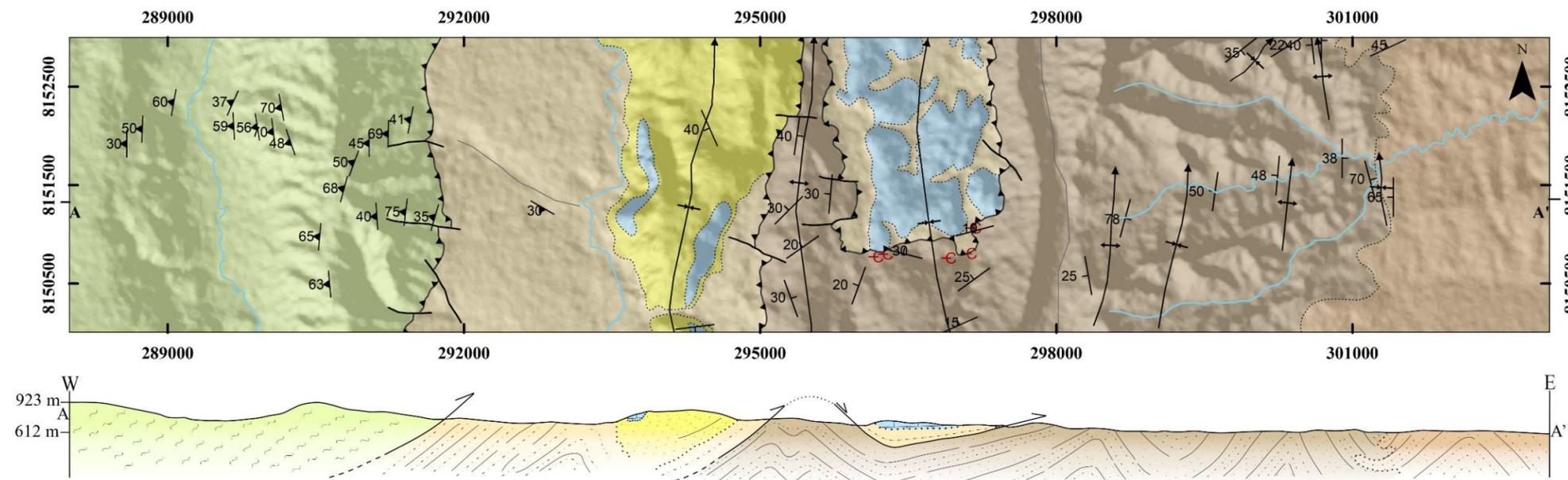
A Formação Serra do Landim corresponde à base do Grupo Canastra e encontra-se no extremo oeste das áreas a partir da subárea IV no sentido sul, e de forma restrita na subárea III. Esta unidade é formada por filitos (clorita filito, clorita-fengita filito, clorita-fengita-quartzo filito, calcifilito), mármores (mármore dolomítico, mármore calcítico) e quartzito micáceo.

A Formação Sete Lagoas, base do Grupo Bambuí é de idade neoproterozoica, limita-se à porção extremo leste das subáreas I até V. Esta região apresenta um padrão de relevo aplainado com espessos níveis de solo, e por consequência os afloramentos ocorrem de forma escassa. Essa formação compreende siltitos, siltitos argilosos, folhelhos, margas e calcários micríticos.

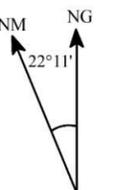
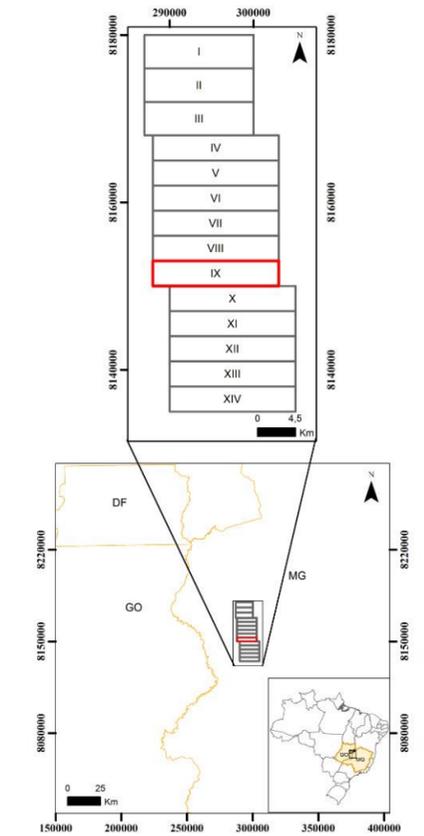
## **4.3. Geologia Local da Subárea IX**

A Figura 4.2 e o Anexo H representa o mapa geológico da subárea IX, em que foram mapeadas rochas pertencentes à Formação Quilombo, à Formação Serra do Landim (Grupo Canastra) e à Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá).

# MAPA GEOLÓGICO - PROJETO UNAÍ - ÁREA IX



Escala horizontal: 1:50.000  
Escala vertical: 1:50.000



Mapa Geológico 1:50.000  
Trabalho Final de Graduação - 2020  
Projeto Unaí  
Área IX

Projeção Universal Transversa de Mercator, Zona 23S  
Datum Horizontal - SIRGAS 2000

Coordenador: José Eloi Guimarães Campos  
Autoras: Paula Tháís da Silva Nascimento  
Raylline Ferreira da Silva

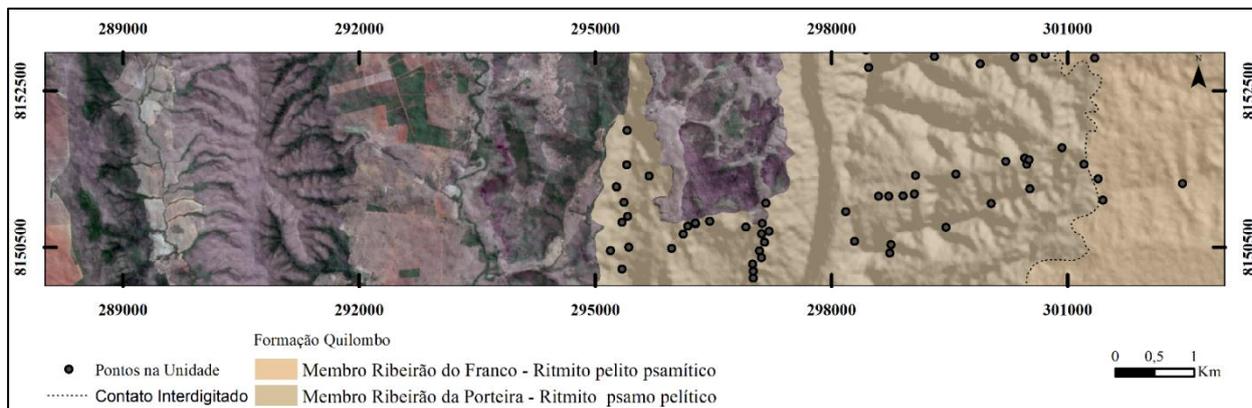


UNIDADES GEOLÓGICAS		CONVENÇÕES GEOLÓGICAS	
<b>MESOPROTEROZOICO</b>		..... Contato Interdigitado	
<b>Esteniano</b>		▲▲▲ Falha Contracional de Baixo Ângulo	
<b>Grupo Canastra - Formação Serra do Landim</b>		— Falha de Rasgamento	
<b>MPCsl</b>	Clorita filito, clorita-fengita filito, clorita-fengita-quartzito filito.	↔ Eixo de Dobra Sinclinal com caimento	
<b>Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro</b>		↔ Eixo de Dobra Anticlinal com caimento	
<b>MPPcb</b>	Arenito fino, médio, grosso, localmente conglomerático ou feldspático; de cor cinza escuro quando fresco e cinza claro a esbranquiçados quando alterado.	— Lineamento Estrutural	
	Dololuto micrítico, dololuto estromatolítico, dolorudito intraclástico e oncolítico e dolarenito intraclástico e oolítico, litotipo de cores cinza claro a escuro.	— Acamamento S0	
	Siltito laminado, siltito argiloso e marga laminada de cores amareladas e rosadas quando alterados.	▲ Foliação Sp	
<b>Ectasiano</b>		⊖ Ocorrências de conglomerado da Fm. Quilombo	
<b>Formação Quilombo</b>		<b>CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS</b>	
<b>MPQrf</b>	<b>Membro Ribeirão do Franco:</b> ritmito pelito-psamítico com intercalações de camadas centimétricas de litoarenito, grauvasa lítica, siltitos laminado, siltitos maciço, argilito, folhelho.	□ Limite da Área IX	
<b>MPQrp</b>	<b>Membro Ribeirão da Porteira:</b> ritmito psamo-pelítico representado por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvasa lítica fina, grauvasa lítica grossa, arenito, sublitoarenito, siltito maciço, siltito laminado, folhelho, argilito e conglomerado clasto-suportado subordinado. Rocha com coloração cinza a verde escuro quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos abruptos entre as camadas individuais.	— Drenagem Principal	

Figura 4.2) Mapa Geológico da Subárea IX

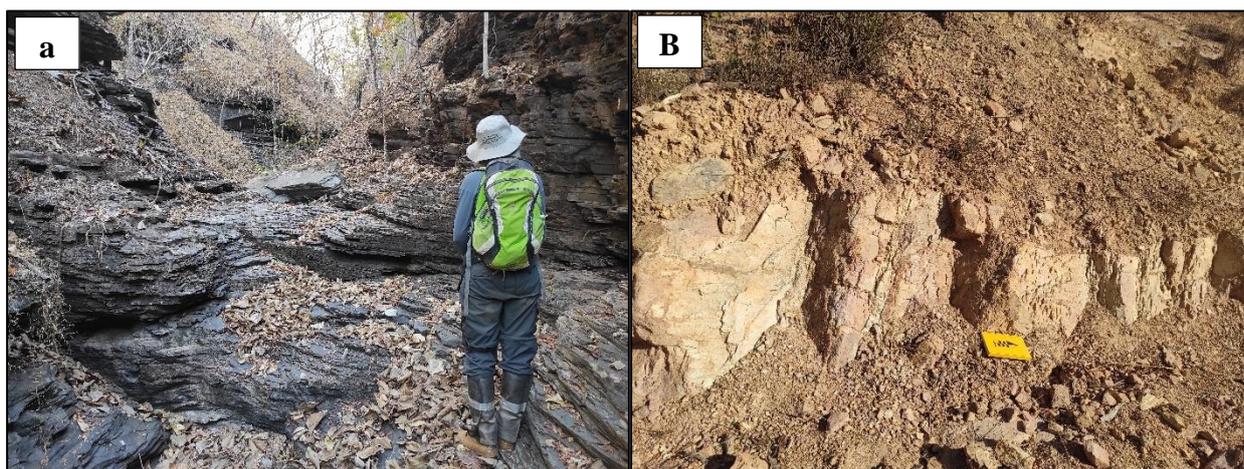
### 4.3.1. Formação Quilombo

A Formação Quilombo aflora nas porções leste e central da subárea IX e ocupa 20,11 km<sup>2</sup> (Figura 4.3). Ao todo foram descritos 72 afloramentos e coletadas 6 amostras, das quais duas foram laminadas. Devido à pouca ação pedogenética nesta região da área, há o domínio de neossolo litólico que permite a existência de afloramentos contínuos principalmente em drenagens, cortes de estrada e morros.



**Figura 4.3)** Área de ocorrência da Formação Quilombo na subárea IX e pontos realizados nesta unidade.

Nas drenagens encaixadas, em geral, as rochas aflorantes são frescas, formam paredões e apresentam coloração cinza esverdeada (Figura 4.4A). Em contrapartida, os afloramentos em cortes de estradas e nas encostas dos morros estão alterados e apresentam cor bege a vermelho (Figura 4.4B). Tanto o Membro Ribeirão da Porteira quanto o Membro Ribeirão do Franco ocorrem na subárea IX e, de maneira geral, são caracterizados por uma sequência rítmica composta por intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas.



**Figura 4.4)** Tipos de afloramentos da Formação Quilombo na subárea IX. A) Rocha fresca em drenagem encaixada. Afloramento alterado em corte de estrada.

O contato entre essas duas unidades é interdigitado e o padrão de relevo associada a cada uma facilita a individualização de seus limites. O Membro Ribeirão da Porteira, em decorrência do maior conteúdo psamítico, está associado a relevos ondulados a fortemente ondulados; em

contrapartida, o Membro Ribeirão do Franco apresenta pacotes maiores de rochas pelíticas e relaciona-se com relevos suave ondulado (Figura 4.5).



**Figura 4.5)** Contraste geomorfológico entre o Membro Ribeirão da Porteira e o Membro Ribeirão do Franco. A linha vermelha pontilhada marca o contato interdigitado entre as duas unidades.

#### 4.3.1.1. Descrição de Fácies

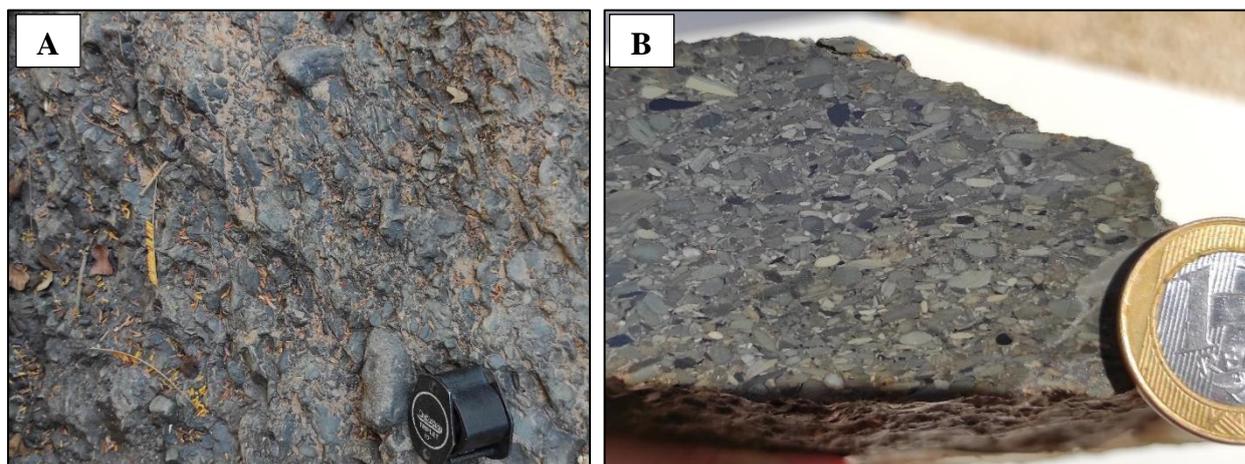
Para a Formação Quilombo foram descritas sete (7) fácies sedimentares (Tabela 4.1) e estas serão detalhadas a seguir. Ambos os membros desta formação apresentam as mesmas fácies, com exceção da fácies conglomerática que está restrita ao Membro Ribeirão da Porteira. O contato entre os membros é interdigitado e a distinção entre eles em relação às fácies é dada pelo predomínio das fácies psamíticas no Membro Ribeirão da Porteira e das fácies pelíticas no Membro Ribeirão do Franco.

**Tabela 4.1)** Conjunto de fácies da Formação Quilombo.

Sigla	Fácies	Estruturas	Processos	Simbologia
Cm	Ortoconglomerado Maciço	Maciço	Fluxo turbulento de alta densidade	M
GLm	Grauvaca Lítica maciça	Maciço	Fluxo turbulento de alta densidade	M
GQm	Grauvaca Quartzosa maciça	Maciço	Fluxo turbulento de alta densidade	M
Lm	Litoarenito maciço	Maciço	Fluxo laminar de águas profundas	M
LI	Litoarenito lamindo	Laminado	Fluxo laminar de águas profundas	≡ —
Pm	Pelito maciço	Maciço	Sedimentação por decantação	M
PI	Pelito laminado	Laminado	Sedimentação por decantação	≡

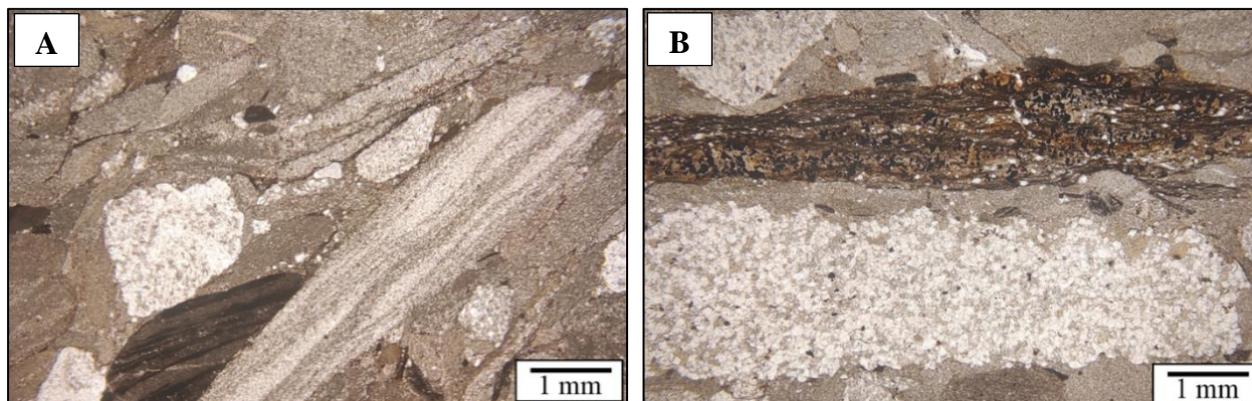
### Fácies Cm – Ortoconglomerado Maciço

Ocorre de forma localizada na subárea IX com espessura métrica a decamétrica intercalada entre camadas pelíticas ou psamíticas. Trata-se de uma rocha mal selecionada e clasto suportada, com arcabouço formado por fragmentos líticos e fragmentos minerais de granulometria até seixo (Figura 4.6A e B).



**Figura 4.6)** Fácies Cm. A e B) Conglomerado polimítico com clastos de granulometria até seixo e mal selecionado.

Os fragmentos líticos representam por volta de 90% do arcabouço e são de variadas fontes, como arenito de granulometrias areia fina a grossa, siltito laminado, argilito e rochas metamórficas (Figura 4.7). Apresentam forma alongada e estão orientados segundo uma direção preferencial. Os fragmentos minerais são de quartzo, nas formas monocristalina e policristalina, e micas que geralmente ocorrem rodeando os fragmentos líticos. Essa rocha apresenta sinais de compactação mecânica e química, como clastos deformados e contatos entre os clastos do tipo côncavo-convexo e suturado.



**Figura 4.7)** Fotomicrografias da Fácies Cm evidenciando a natureza polimítica do conglomerado A) Amostra TF20-VIII-44. B) Amostra TF20-IX-99.

Essa fácies é formada por meio de fluxos turbulentos de alta densidade e representa a rápida perda de velocidade do fluxo e a consequente deposição dos sedimentos.

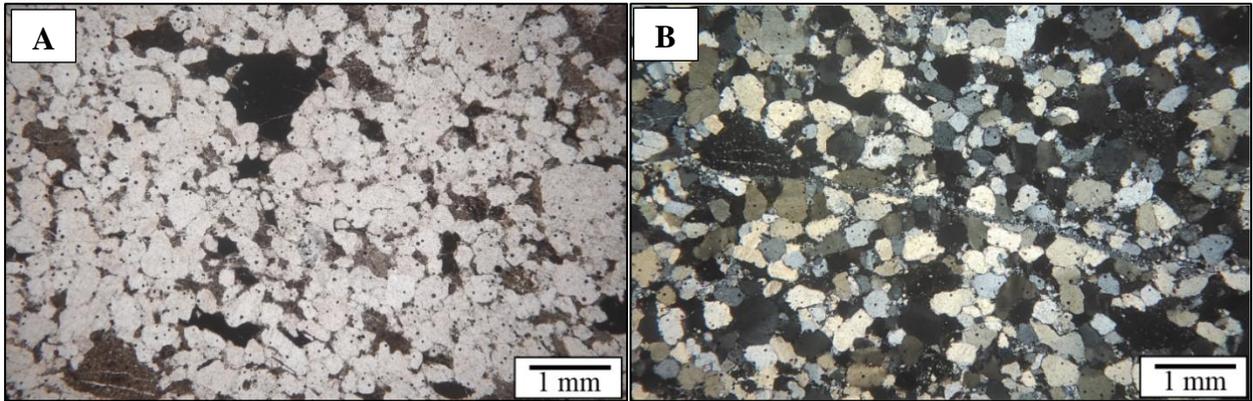
### Fácies Lm – Litoarenito Maciço

A fácies Litoarenito Maciço ocorre bem distribuída ao longo da Formação Quilombo, intercalada entre as fácies GLm, GQm, Pm e Pl, (Figura 4.8A). Consiste em uma rocha moderadamente selecionada de granulometria areia média e, em menor quantidade, clastos de tamanho areia fina e grossa, com lama (Figura 4.8).



**Figura 4.8)** Fácies Lm. A) Intercalação entre litoarenito maciço (Fácies Lm) e camadas pelíticas (Fácies Pm). B) Amostra TF20-VI-110 de litoarenito com granulometria areia média.

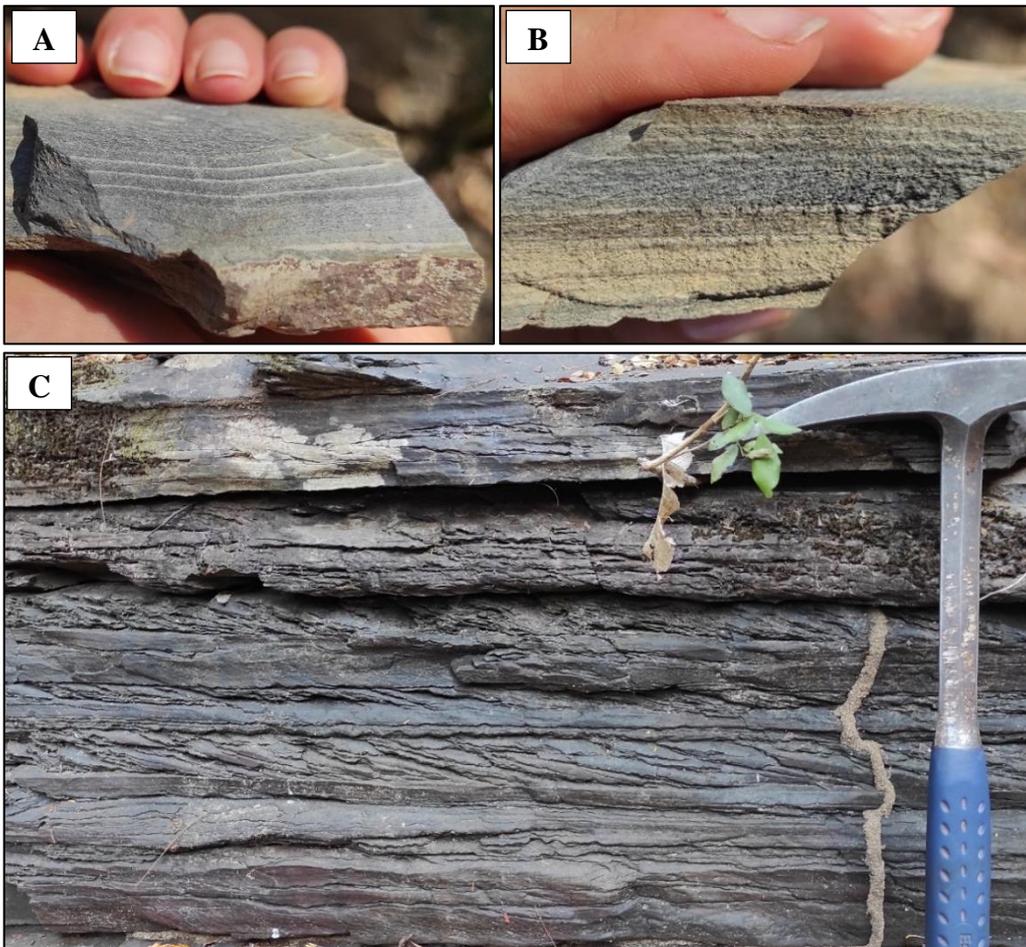
A rocha é clasto suportada com arcabouço formado principalmente por quartzo, fragmentos líticos e feldspato, apresenta até 10% de matriz pelítica. (Figura 4.9A). O quartzo representa aproximadamente 75% do arcabouço, ocorre principalmente na forma monocristalina, e em menor proporção está na forma policristalina ou com a presença de subgrãos, em geral é anguloso com esfericidade baixa a moderada. Os fragmentos líticos correspondem a cerca de 20% do arcabouço, sua principal fonte são rochas pelíticas e em geral apresentam forma subelíptica a elíptica (Figura 4.9B). O feldspato constitui cerca de 5% do arcabouço e ocorre moderadamente alterado, é anguloso e com baixa esfericidade. Essa fácies é desenvolvida por fluxos com a tração de cargas mais grossas na base do fluxo, de forma que sedimentos finos são depositados juntamente com os mais grossos. A escassez de matriz indica que a maior parte da fração fina foi depositada em uma parte mais distal.



**Figura 4.9)** Fotomicrografias da amostra TF20-VI-110. A) Rocha clasto suportada com menos de 10% de matriz pelítica. B) O arcabouço é constituído principalmente por grãos de quartzo (75%) e em menor proporção de fragmentos líticos (20%) e de feldspato (5%).

### Fácies LI – Litoarenito Laminado

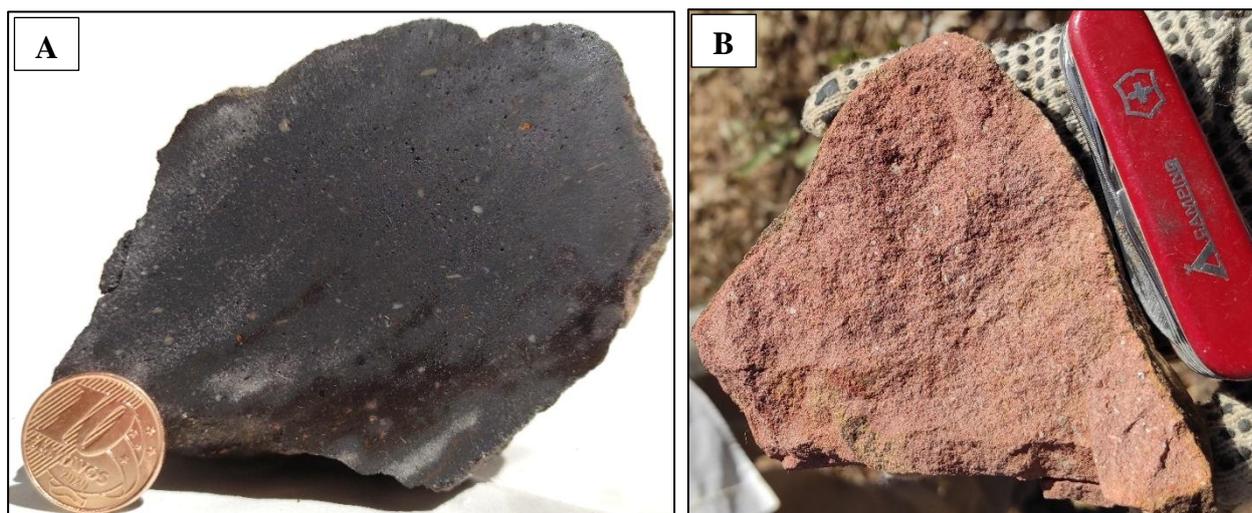
A fácies Litoarenito Laminado ocorre relacionada às fácies GLm, GQm, Pm e Pl. Apresenta características texturais e mineralógicas similares às da fácies Lm. As rochas dessa fácies ocorrem frequentemente com laminação plano paralela milimétrica (Figura 4.10A e B), e de forma restrita, observada em apenas um ponto, com laminação cruzada (Figura 4.10C). Essa laminação está associada a fluxos trativos de regime inferior em águas profundas.



**Figura 4.10)** Fácies LI. A e B) Laminação plano paralela em amostra de litoarenito. C) Afloramento de litoarenito com laminação cruzada.

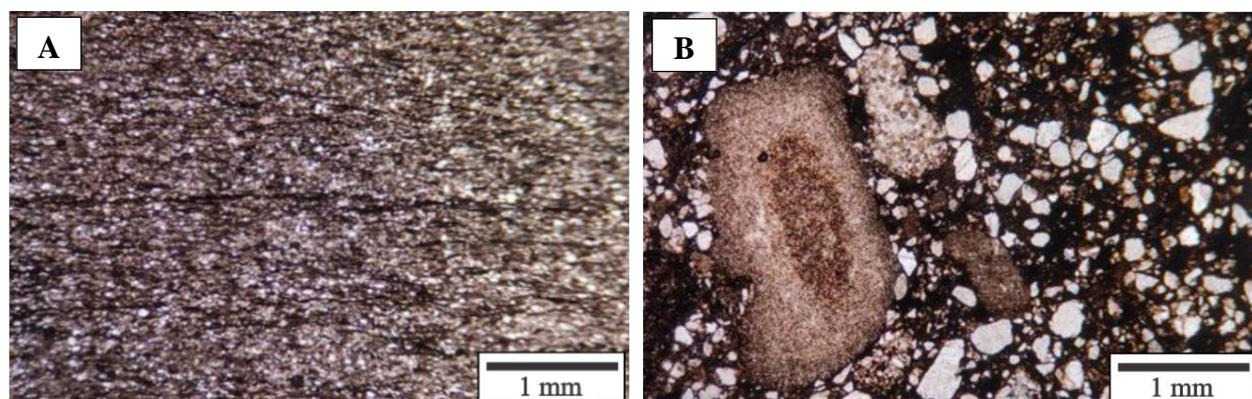
### Fácies GLm – Grauvaca Lítica Maciça

A fácies GLm ocorre intercalada com as fácies Lm, LI Pm e Pl e representam rochas, em geral, formadas por clastos de quartzo, feldspato e fragmentos líticos e com grande percentual de matriz argilosa (~35%) (Figura 4.11 e Figura 4.12A). Os fragmentos líticos são de rochas pelíticas (Figura 4.12B) e, além disso, de forma restrita, há a presença de micas detríticas e minerais opacos disseminados. Trata-se de rochas de granulometria silte a areia média, por vezes com grãos que chegam a ter tamanho de grânulos, com grau de esfericidade e arredondamento variado. Apresenta estrutura maciça e a fábrica é prevalentemente matriz suportada, mas há domínios clasto suportados com contatos que variam de planares a côncavo-convexo e suturados.



**Figura 4.11)** Fácies GLm; amostras de mão da grauvaca lítica formada por clastos de areia fina a média de quartzo feldspato e fragmentos líticos. A) Amostra TF20-XI-110 de grauvaca lítica fresca com cor cinza. B) Grauvaca lítica intemperizada e com coloração avermelhada.

A formação dessa fácies está associada ao congelamento do fluxo de carga de fundo e sedimento em suspensão de fluxos turbulentos de alta densidade. Além disso, a imaturidade composicional e textural evidencia pouco retrabalhamento desses sedimentos.

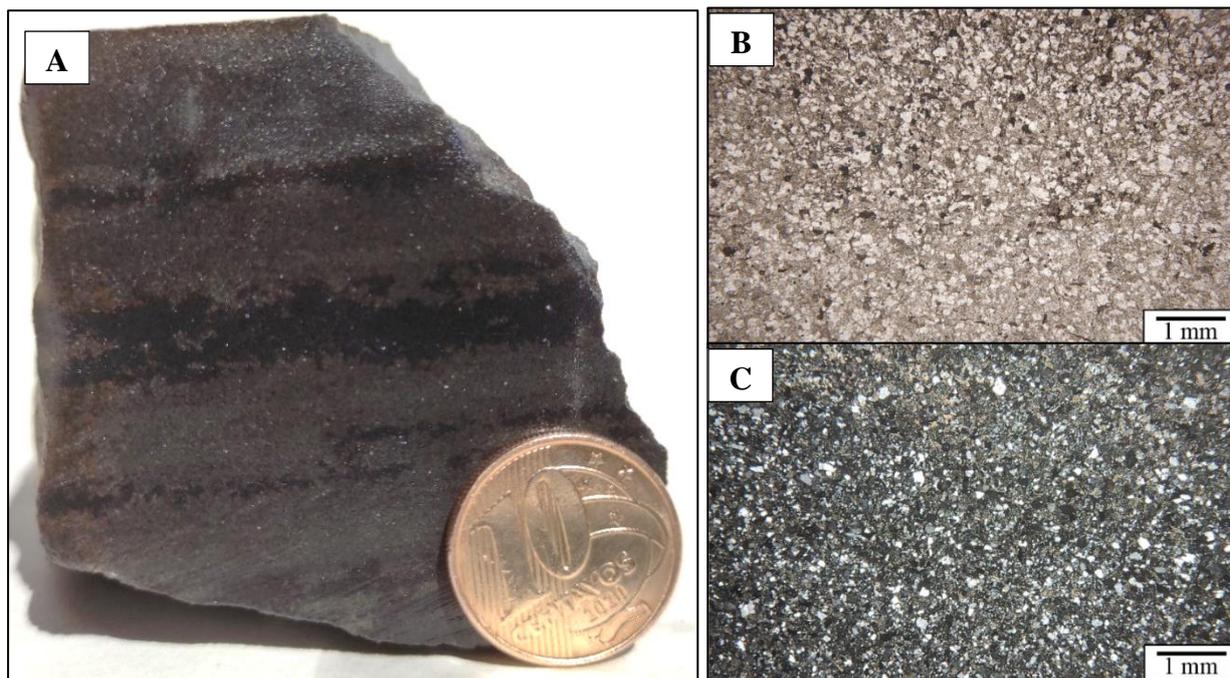


**Figura 4.12)** Fotomicrografia da fácies GLm. A) Amostra TF20-IX-42; grauvaca lítica fina composta por mais de 40% de matriz. A estrutura sedimentar da rocha é maciça, visto que os planos preenchidos por cimento de óxidos são originados por processos de compactação B) Amostra TF20-XI-110; grauvaca lítica média a grossa formada por fragmentos líticos de rochas pelíticas.

### Fácies GQm – Grauvaca Quartzosa maciça

Essa fácies ocorre frequentemente na subárea IX intercalada entre as fácies Lm, Ll Pm e Pl. Essa intercalação geralmente ocorre entre níveis centimétricos a métricos em afloramentos decamétricos, encontrados principalmente nas drenagens encaixadas. Trata-se de uma fácies mal selecionada de granulometria predominantemente no tamanho areia fina, porém com variação de silte à areia média (Figura 4.13A). A rocha é clasto suportada com aproximadamente 20% de matriz, de forma que o contato entre os clastos é pontual a plano paralelo, por vezes flutuante de acordo com a quantidade de matriz no domínio (Figura 4.13B e C). O arcabouço da rocha é formado por clastos de quartzo, feldspato (plagioclásio), mica, clorita e opacos. Os grãos de quartzo predominam em relação aos grãos de feldspatos, e ocorrem tanto como clastos monocristalinos quanto policristalinos.

Na amostra TF20-XI-116, é observada uma intercalação centimétrica com contatos irregulares entre níveis cinza escuro e cinza claro; essa variação de tonalidade é paralela à direção de acamamento e é dada pelo maior conteúdo de minerais opacos nos níveis cinza escuro em comparação ao nível mais claro (Figura 4.13A).



**Figura 4.13)** Fácies GQm. A) Amostra TF20-XI-116 de grauvaca quartzosa com intercalações centimétricas entre níveis cinza escuro (com mais minerais opacos) e cinza claro (com menos minerais opacos). B) Fotomicrografias da amostra TF20-XI-116, a qual evidencia a natureza matriz suportada da rocha e predomínio do contato flutuante entre os clastos.

A textura é submatura e demonstra o congelamento do fluxo turbulento de alta densidade composta por carga de fundo e carga suspensa. No entanto, o predomínio de clastos de quartzo evidencia que esse fluxo foi transportado por um tempo mais prolongado do que no caso das rochas correspondentes à fácies de grauvaca lítica.

### **Fácies Pm – Pelito Maciço**

A fácies Pelito Maciço ocorre com frequência na subárea IX em intercalações centimétricas a métricas entre as fácies GLm, GQm, Lm, Ll e Pl (Figura 4.14). Consiste em argilitos e siltitos com estrutura maciça, bege quando alterados e verde escuro quando frescos (Figura 4.14). O processo responsável pela formação dessa fácies é a decantação de sedimentos em suspensão nas partes distais de fluxos turbulentos, em águas profundas.



**Figura 4.14)** Intercalação da fácies Pm com a fácies Lm. A camada de siltito entre as camadas de litoarenito é maciça e está intemperizada.

### **Fácies Pl – Pelito Laminado**

A fácies Pelito Laminado apresenta-se intercalada em níveis centimétricos com às fácies GLm, GQm, Lm, Ll e Pm. É formada por folhelhos caracterizados pela laminação plano paralela milimétrica (Figura 4.15). Esta fácies é formada pela deposição lenta dos sedimentos finos em suspensão em um ambiente com muita baixa energia.



**Figura 4.15)** Pelito laminado

### 4.3.1.2. Associação de Fácies

As fácies geneticamente relacionadas, cujas características registram a atuação de um determinado processo de formação, foram agrupadas em associações de fácies. Ademais, com base nas características e nas inter-relações das associações foi realizada a interpretação do ambiente de sedimentação. Desta forma, a partir das sete fácies descritas para a Formação Quilombo, foram realizadas três associações. A Figura 4.16 representa o empilhamento estratigráfico das unidades mapeadas na subárea IX referentes à Formação Quilombo.

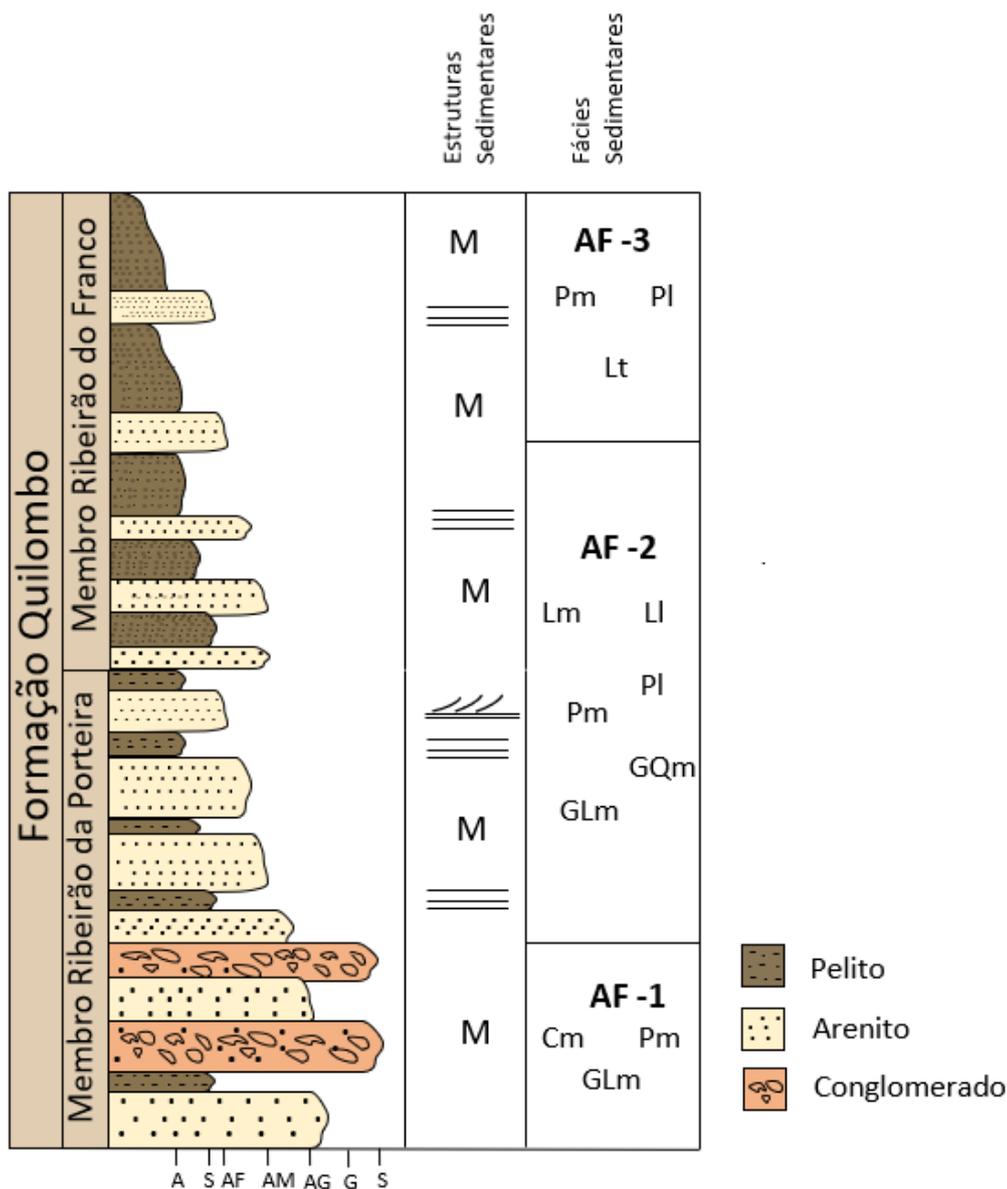


Figura 4.16) Coluna estratigráfica da Formação Quilombo na subárea IX.

#### Associação de Fácies I – AF I

A AF-I é composta principalmente pela fácies Cm intercalada com às fácies Pm e GLm,

com contato abrupto entre as camadas. Neste contexto, os grãos de granulometria de areia grossa a seixo são transportados em fluxos turbulentos em forma de uma camada mais densa, basal e progressivamente ocorre a incorporação da carga suspensa subjacente. A formação dessa associação de fácies está associada a perda da velocidade do fluxo e a deposição rápida das partículas em porções mais proximais.

#### **Associação de Fácies II – AF- II**

A AF-II envolve a intercalação centimétrica entre as fácies Lm, Lt, GQm, GLL, e em menor proporção, Pm e Pl. Estas fácies apresentam contato abrupto e a deposição desses sedimentos está relacionada a carpetes de tração que são desenvolvidos por fluxos que combinam a tração de cargas mais grossas na base do fluxo, concomitante com a decantação de areia média a fina, derivadas de uma suspensão turbulenta (Mutti, 1992). Na subárea VII, foram mapeadas rochas vulcânicas intermediárias a ácidas intercaladas com esta associação.

#### **Associação de Fácies III – AF-III**

A AF-III é formada pela alternância centimétrica de pacotes pouco espessos correspondentes às fácies Pm, Pl e, em menor proporção, Ll. O contato entre as camadas de litoarenito fino e com as camadas pelíticas é abrupto. A formação da AF-III está associada a deposição da carga suspensa provocada pela desaceleração de fluxos turbulentos em pulsos gravitacionais e deposicionais. O processo envolvendo esta associação de fácies corresponde a deposição e tração da areia fina, que ocasiona a geração de estruturas laminadas, e a decantação da lama devido a perda de energia (Mutti *et al.*, 2003).

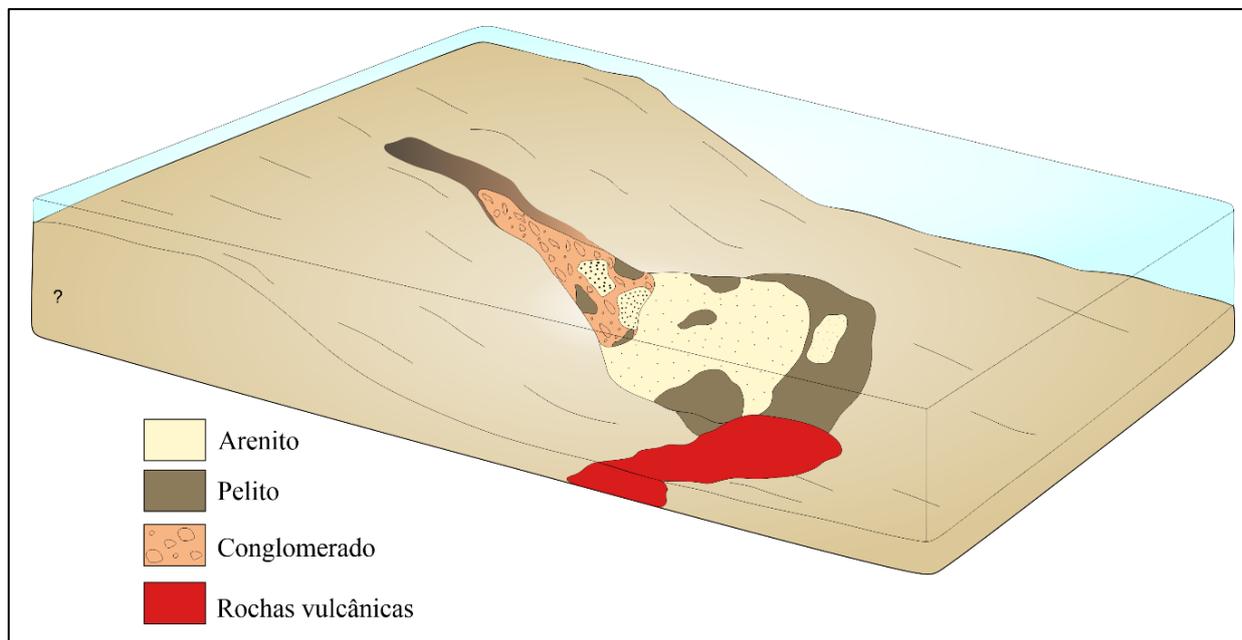
Além disso, em conjunto com essa associação, há a ocorrência de rochas vulcânicas intermediárias a ácidas encontradas nas subáreas II, III, IV.

#### **4.3.1.3. Sistema Depositional da Formação Quilombo**

Com base na descrição das fácies e em suas associações, o ambiente deposicional da Formação Quilombo foi interpretado como relacionado a sedimentação em águas profundas controlada por ciclos de deposição de correntes de turbidez submarinas em sopés de taludes continentais (Figura 4.17). Estas sucessões deposicionais de água profunda são representadas por ritmitos com contatos abruptos entre as camadas psamíticas e pelíticas. As associações de fácies realizadas no Projeto Unai se encaixam no sistema turbidítico proposto por Mutti (1992), e estas foram relacionadas com as Fácies de Mutti que representam os diferentes estágios evolutivos de deposição do fluxo gravitacional em uma sequência turbidítica (Figura 4.18).

A associação AF-I está correlacionada à fácies F3 de Mutti (1992), e corresponde às

correntes turbidíticas submetidas a transformação de fluxo, em que um fluxo turbulento coeso passa para um fluxo trativo (Campos *et al.*, 2021). Esta associação apresenta natureza localizada, e associada a porções próximas ao talude.

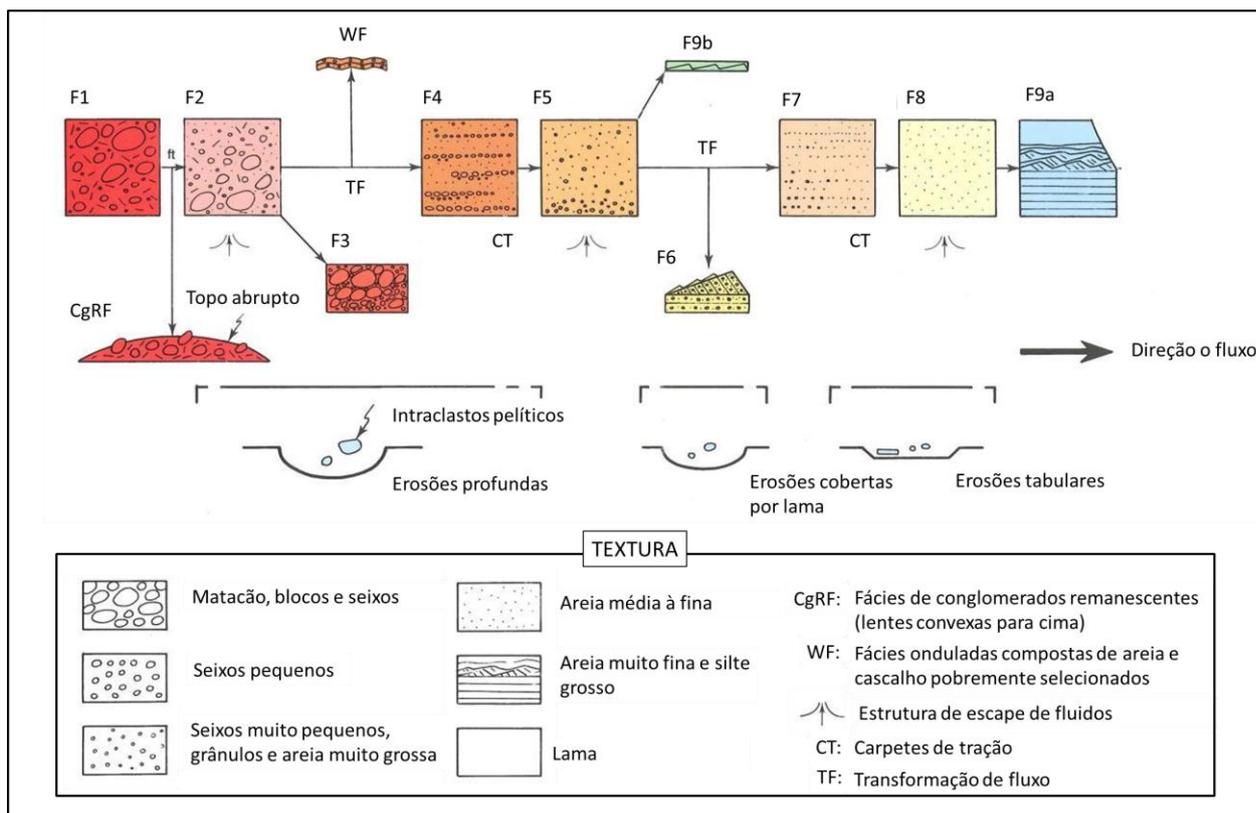


**Figura 4.17)** Modelo deposicional esquemático da Formação Quilombo.

A associação AF -II é relacionada à fácies F7 de Mutti (1992), e é interpretada como resultado da deposição de correntes turbidíticas de baixa densidade em que a natureza do fluxo turbulento é evidenciada a partir da presença de rochas formadas pela deposição simultânea de clastos e matriz fina detrítica. As fácies representam depósitos não canalizados e mais distais do talude com a presença de fluxos de turbidez diluído e depósitos trativos (fluxo laminar).

A associação AF-III corresponde à fácies F9 de Mutti (1992) e representa a porção mais distal do sistema de fluxo turbidítico, formada a partir da decantação do material fino em suspensão ocasionada pela perda de energia das correntes de turbidez. Esta associação é desenvolvida através de pulsos durante os estágios finais de deposição em que há a deposição de plumas de lama por gravidade.

Neste contexto, o Membro Ribeirão da Porteira apresenta a combinação das associações AF -I e AF-II, e está relacionado às porções mais proximais do talude em que há a deposição de conglomerados, arenitos imaturos grossos e grauvacas médias. Por sua vez, o Membro Ribeirão do Franco corresponde à combinação das associações AF-II e AF-III, e trata-se da sequência mais fina e distal em relação ao pé do talude, com a predominância de arenitos, grauvacas finas, siltitos laminados e folhelhos. Ademais, a presença de rochas vulcânicas intermediárias a ácidas intercaladas com as sucessões turbidíticas, observadas nas subáreas adjacentes, indicam a presença de vulcanismo subaquoso associado a esse sistema deposicional.

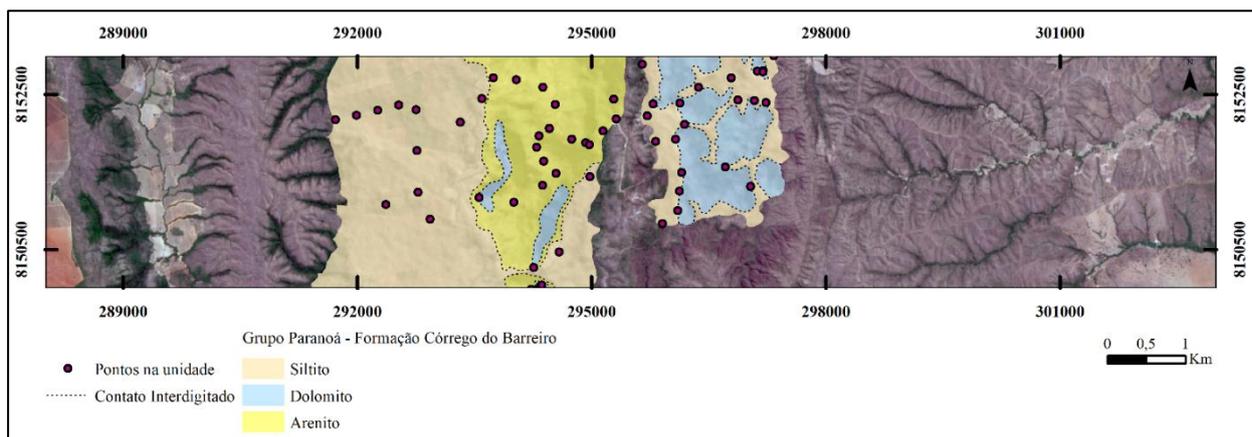


**Figura 4.18)** Esquema de fácies de Mutti em um sistema turbidítico (Modificado de Mutti (1992)).

### 4.3.2. Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá)

A Formação Córrego do Barreiro ocorre no centro-oeste da subárea IX e ocupa 13,84 km<sup>2</sup>. Foram realizados 48 pontos nesta formação e 4 amostras foram coletadas. Esta formação aflora em duas regiões distintas, uma a oeste correspondente à uma faixa contínua de direção NNW-SSE a qual atravessa as áreas III a XIV e outra a leste representada por um domínio de ocorrência restrita às áreas VII, VIII e IX. (Figura 4.19). A faixa contínua está em contato tectônico a oeste com a Formação Serra do Landim e à leste com a Formação Quilombo. Por sua vez, o domínio restrito é limitado pelo Membro Ribeirão da Porteira (Formação Quilombo), também em contato tectônico.

Essa formação é formada por morros recobertos por vegetação de cerrado típico em contato com faixas de vegetação seca e espinhosa. O padrão de relevo é ondulado com a presença de cambissolos e neossolos, e ao redor dos morros, o relevo é aplainado com predominância de solos espessos compostos por latossolos ou argissolos/nitossolos que, no geral, são utilizados para agropecuária.



**Figura 4.19)** Área de ocorrência da Formação Córrego do Barreiro na subárea IX e pontos realizados nesta unidade.

Os morros são sustentados por camadas de arenito feldspático que afloram predominantemente como blocos rolados, com poucos afloramentos *in situ*. Nestes morros, a diferença no tipo de vegetação marca o contato entre o arenito feldspático e o carbonato (Figura 4.20). As rochas carbonáticas estão associadas às matas secas e formam paredões rochosos decamétricos que ocorrem como níveis interdigitados com as lentes areníticas, que por sua vez ocorrem interdigitadas com camadas pelíticas. Morrotes formados apenas por rochas carbonáticas também afloram em contato com os níveis pelíticos associados ao relevo aplainado.



**Figura 4.20)** Contraste da vegetação evidencia o contato (linha pontilhada em vermelho) entre arenito e carbonato. A mata seca relaciona-se aos carbonatos e a mata verde e exuberante associa-se ao arenito.

#### 4.3.2.1. Descrição de Fácies

Foram individualizadas ao todo oito (8) fácies para a Formação Córrego do Barreiro (Tabela 4.2). Dentre essas fácies, todas ocorrem na subárea IX de forma completa ou parcial. Consistem nas fácies Sl, Ag, Al, DLm1, DLm2, Dam, Bp e Bm, as quais serão descritas a seguir.

**Tabela 4.2)** Conjunto de fácies da Formação Córrego do Barreiro.

Sigla	Fácies	Estrutura	Processo	Simbologia
Sl	Siltito laminado	Laminação plano paralela	Sedimentação por decantação	≡≡≡
AG	Arenito grosso a conglomerático	Maciço	Sedimentação terrígena advinda do continente em frentes deltaicas	M
Al	Arenito fino a médio laminado	Laminação plano paralela	Sedimentação terrígena advinda do continente em frentes deltaicas	≡≡≡
DLm1	Dololutito maciço com extraclastos	Maciça	Sedimentação por decantação com influência de materiais terrígenos	M
DLm2	Dololutito maciço	Maciça	Sedimentação por decantação	M
DAm	Dolarenito maciço	Maciça	Retrabalhamento	M
Bp	Biodolarenito planar	Estromatólito planar	Bioconstrução	≈≈≈
Bm	Brecha carbonática	Maciça	Retrabalhamento e fluxo gravitacional	M

### **Fácies Sl - Siltito laminado**

Na subárea IX essa fácies ocupa a maior parte da região mapeada como Formação Córrego do Barreiro, entretanto os afloramentos são escassos e intensamente alterados. Aflora principalmente em vales gerados pela erosão causada pela chuva na lateral de estradas não pavimentadas (Figura 4.21).

Trata-se de uma rocha de granulometria silte e coloração ocre quando alterada, apresenta baixa densidade e variável ocorrência de micas detríticas. Ocorre com laminação plano paralela milimétrica (Figura 4.21). O processo responsável pela formação dessa rocha é a decantação de sedimentos finos em suspensão.



**Figura 4.21)** Afloramento intemperizado de siltito da Fácies Sl.

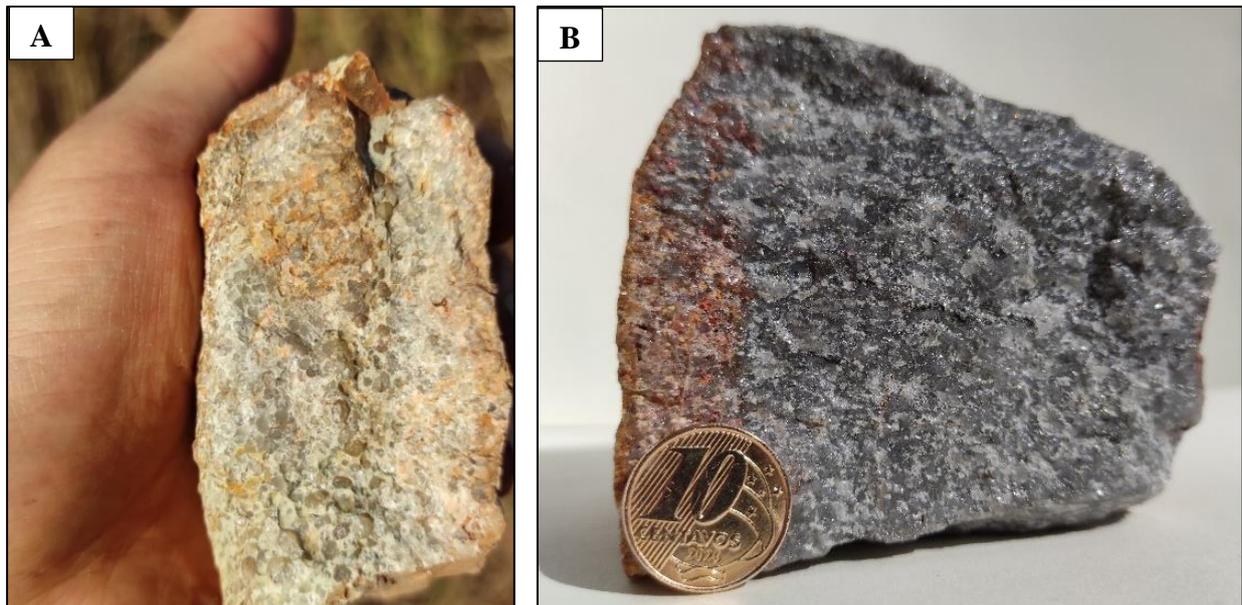
### Fácies AGm - Arenito grosso a conglomerático maciço

Essa fácies foi observada *in situ* em apenas um ponto na subárea IX (Figura 4.22), porém ocorre com frequência na forma de blocos rolados em morros localizados em meio à parte de relevo aplainado referente à fácies Sl.



**Figura 4.22)** Afloramento in situ de arenito grosso da Fácies AGm.

Consiste em uma rocha clasto suportada com moderado selecionamento, composta majoritariamente por clastos subesféricos a esféricos de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico (microclínio), com granulometria de areia grossa a grânulo (Figura 4.23A e B).

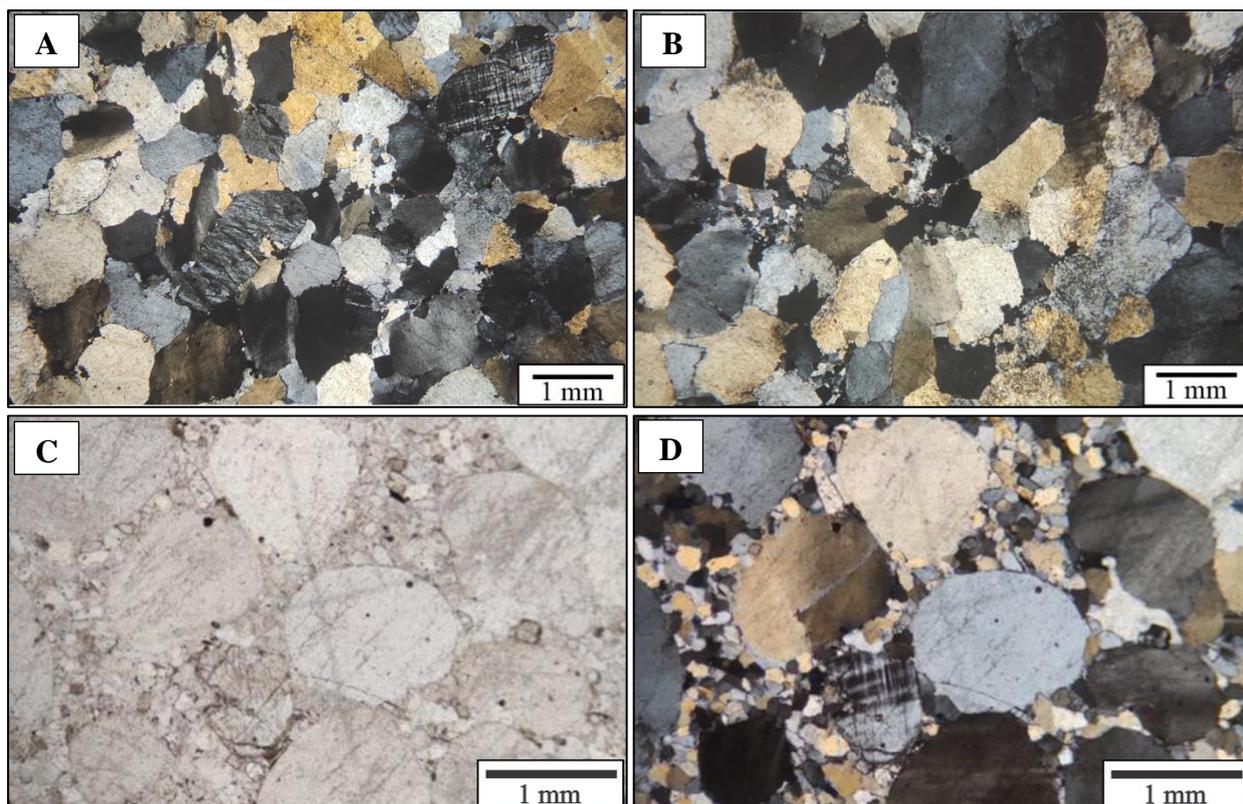


**Figura 4.23)** Fácies AGm. A) Arenito alterado com granulometria areia grossa. B) Amostra 20-XII-54, arenito grosso fresco.

O quartzo (~93%) apresenta baixa a forte extinção ondulante e ocorre na forma monocristalina e policristalina. O feldspato (~7%) é representado por plagioclásio e microclínio

moderadamente alterados, com a forma e estrutura cristalina bem preservadas (Figura 4.24A e B). De forma subordinada ocorrem micas brancas de granulometria areia fina. A amostra TF20-XIV-32a apresenta uma variação nessa fácies, em que ocorrem entre os clastos de tamanho areia grossa a grânulos, clastos de areia fina a média, também compostos por quartzo e feldspato (Figura 4.24C e D)

Essa fácies é formada por meio de pulsos de sedimentação terrígena advinda do continente em frentes deltaicas.

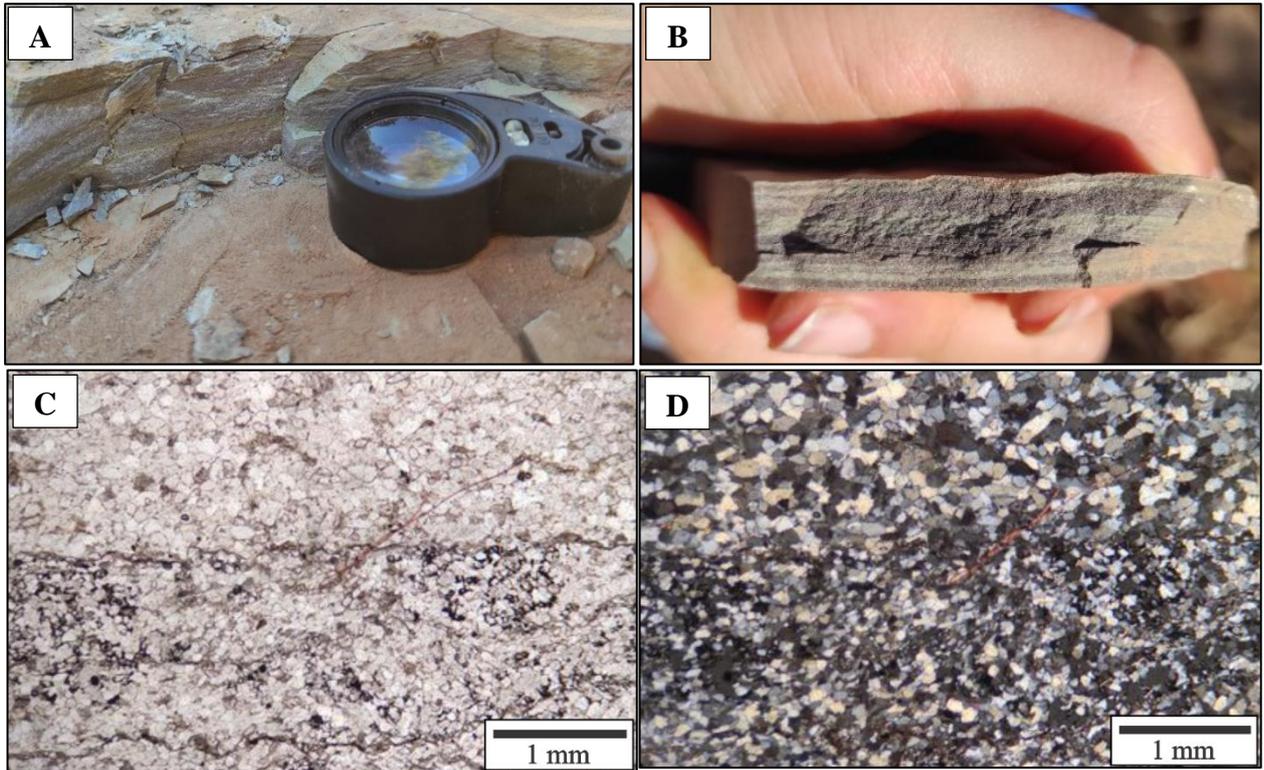


**Figura 4.24)** Fácies AGm. A e B) Amostra 20-XII-54, arcabouço formado por quartzo e feldspato (microclínio). C e D) Amostra 20-XIV-32, arenito com duas modalidades de granulometria bimodal.

### **Fácies Al - Arenito fino a médio laminado**

Assim como a fácies AGm, a fácies Al é observada principalmente na forma de blocos rolados. Nessa fácies é observada a presença de laminação plano paralela milimétrica (Figura 4.25A e B). Trata-se de uma rocha bem selecionada formada por clastos de quartzo, feldspato e micas no tamanho areia fina a média, subangulosos a angulosos e com esfericidade moderada (Figura 4.25 C e D). O feldspato consiste em plagioclásio e microclínio, pouco alterados.

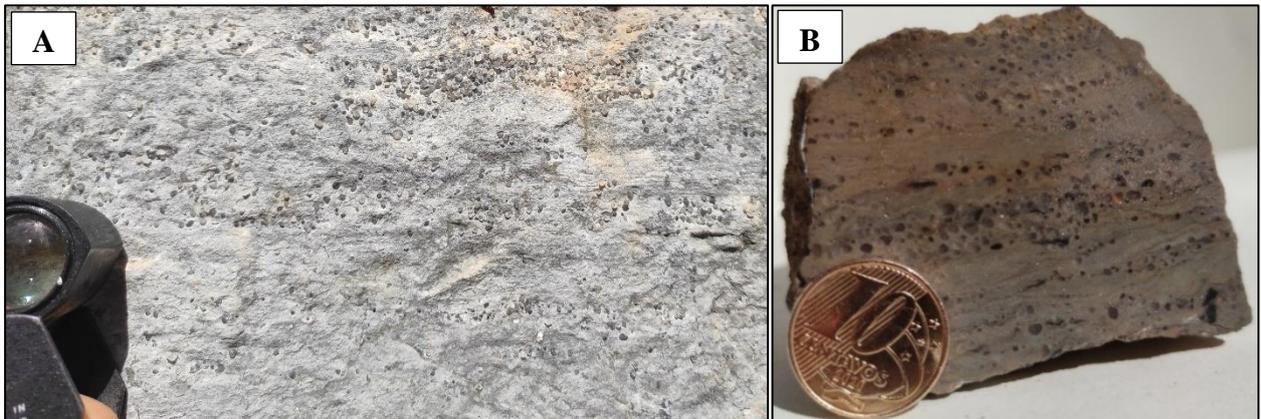
Essa fácies é formada em um ambiente mais distal, de forma que a laminação representa uma estrutura de tração.



**Figura 4.25)** Fácies Al. A) Afloramento de arenito laminado alterado. B) Arenito laminado fresco. C e D) Amostra 20-XIV-32a, rocha formada por clastos de quartzo, feldspato e micas no tamanho areia média.

#### **Fácies Dlm1 - Dololutito com extraclastos**

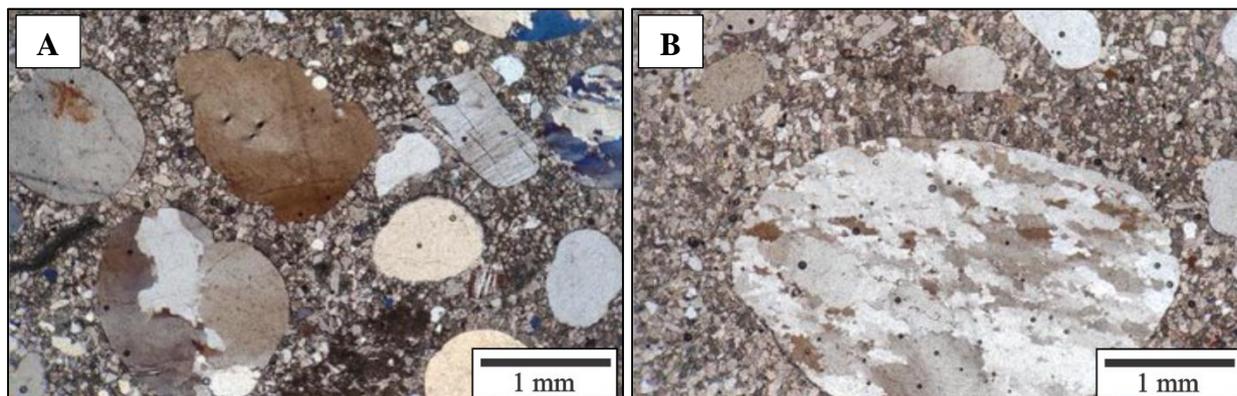
A fácies dololutito com extraclastos é observada de forma restrita na subárea IX. Consiste em uma rocha formada por variáveis quantidades de extraclastos de quartzo imersos na matriz micrítica dolomítica (Figura 4.26A e B). Os extraclastos apresentam granulometria entre areia fina a grânulo, são arredondados e com alta esfericidade, e são de origem ígnea e metamórfica (Figura 4.27A e B).



**Figura 4.26)** Fácies Dlm1. A e B) Dololutito com variáveis quantidades de extraclastos.

A presença de extraclastos evidencia a influência terrígena no ambiente de formação dessas rochas carbonáticas. A grande quantidade de extraclastos em meio a matriz micrítica, como

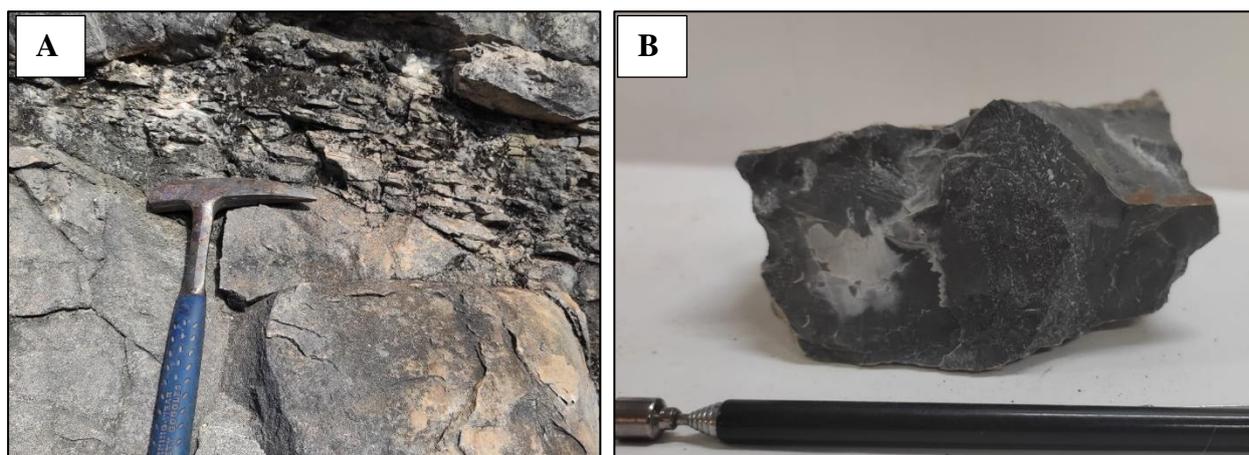
observada na amostra 20-XI-125, pode ser interpretada como ocasionada por fluxos episódicos, ou seja, frequentes pulsos terrígenos advindos do continente.



**Figura 4.27)** Amostra 20-XI-125. A e B) Extraclastos de quartzo de granulometria variada e diversas fontes.

### **Fácies DLM2 - Dololuto maciço**

Essa fácies ocorre frequentemente na subárea IX, por vezes intercalada com a fácies DAM (Figura 4.28A). Trata-se de uma rocha lutítica (Figura 4.28B) formada pela decantação de micrita.

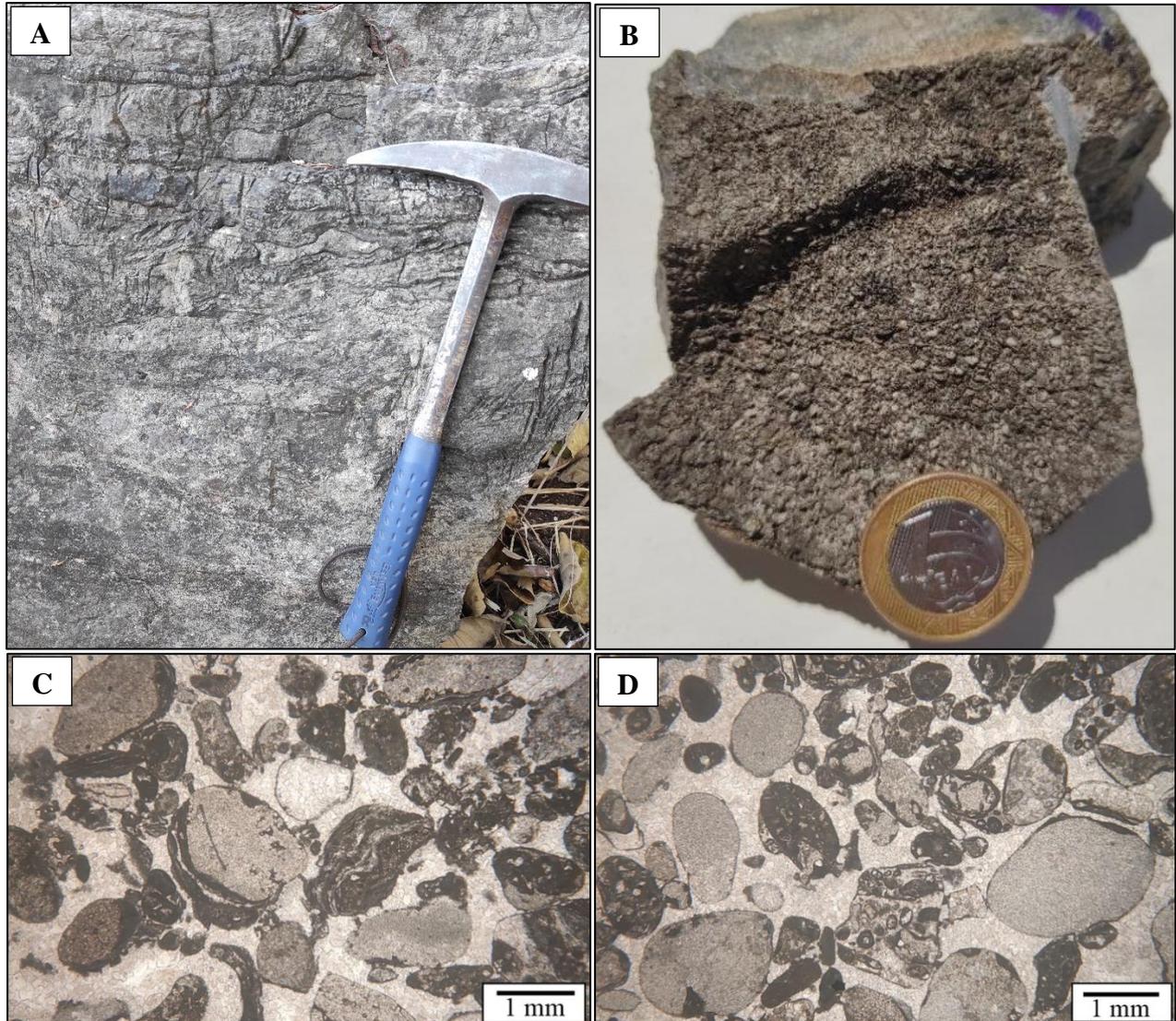


**Figura 4.28)** Fácies Dlm2. A) Dololuto centimétrico intercalado com dolarenito métrico. B) Dololuto maciço.

### **Fácies DAM - Dolarenito maciço**

Observada com frequência na subárea IX, essa fácies é composta por um dolarenito maciço de granulometria areia fina a grossa (Figura 4.29A e B). Apresenta intraclastos de calcilutitos e calcarenitos arredondados e de tamanhos variados. Os intraclastos de calcilutitos apresentam micrita recristalizada e os intraclastos de calcarenitos apresentam clastos de dololitos de granulometria areia fina e de oncólitos (Figura 4.29C e D). Os oncólitos ocorrem tanto como grãos individuais quanto agregados associados a outros grãos formando intraclastos maiores.

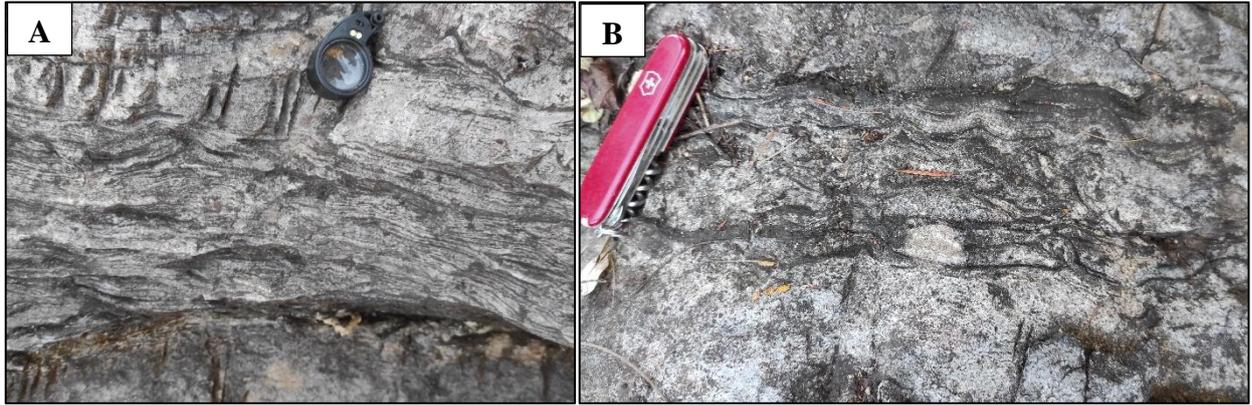
O arcabouço constituído por intraclastos de calcilutitos e calcarenitos com a presença de um cimento de precipitação indicam um ambiente de alta energia, relacionado à fragmentação de rochas lutíticas e calcareníticas e seu posterior retrabalhamento.



**Figura 4.29)** Fácies Dam. A) Afloramento de dolarenito maciço. B) Amostra 20-XIII-32b. C e D) Intraclastos de calcilutito e calcarenito de tamanhos variados.

#### **Fácies Bp – Biolutito planar**

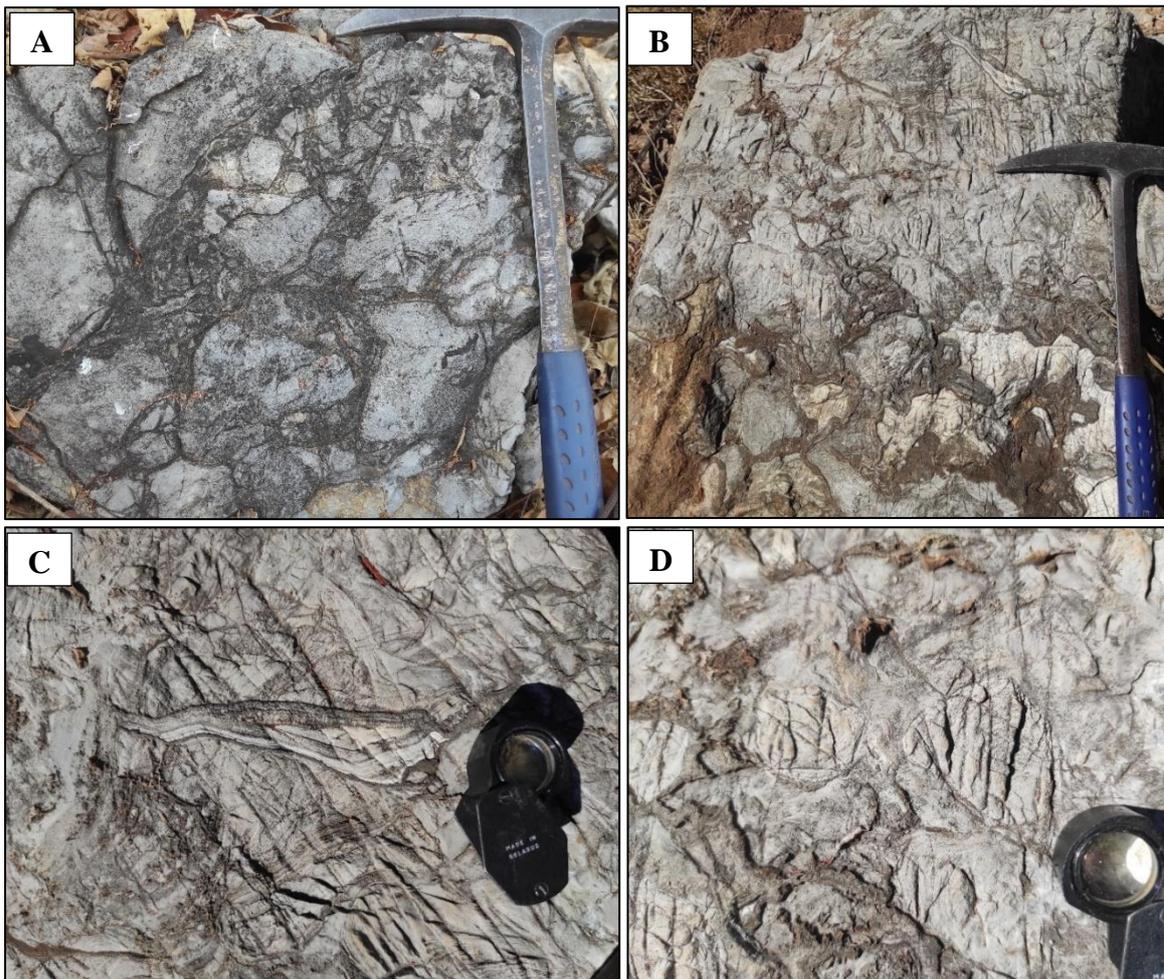
Essa fácies é observada frequentemente na subárea IX e corresponde a uma rocha bioconstruída, constituída por estromatólitos planares que formam esteiras sinuosas ao longo da rocha (Figura 4.30 A e B). Ocorre em geral intercalada com a fácies DAM e em áreas adjacentes. Essa fácies encontra-se também associada a estromatólitos dômicos e colunares e é gerada por meio de atividade microbiana.



**Figura 4.30)** Fácies Bp. A e B) Biolutito com esteiras planares sinuosas.

### **Fácies Bm- - Brecha maciça**

Essa fácies foi observada como bloco rolado na subárea IX e consiste em uma brecha carbonática com textura clástica composta por intraclastos de tamanho centimétrico a decimétrico (Figura 4.31A e B). Os clastos são subangulosos e correspondem a fragmentos de estromatólitos colunares, esteiras microbianas e doloarenito maciço fino (Figura 4.31C e D).



**Figura 4.31)**Fácies Bm. A e B) Brecha intraclástica. C e D) Clastos de estromatólitos e doloarenito maciço.

Entre os clastos bioconstruídos há incrustações microbianas e alguns clastos são envoltos por cimento isópaco fibroso ou micrita. O processo responsável pela formação dessa fácies é o retrabalhamento de rochas carbonáticas causado pelo desmoronamento de material da parte mais interna da plataforma e dos recifes.

#### 4.3.2.2. Associação de Fácies

A partir das fácies descritas na Formação Córrego do Barreiro foram realizadas três associações de fácies, descritas a seguir. A Figura 4.32 representa o empilhamento esquemático das fácies descritas para a subárea IX.

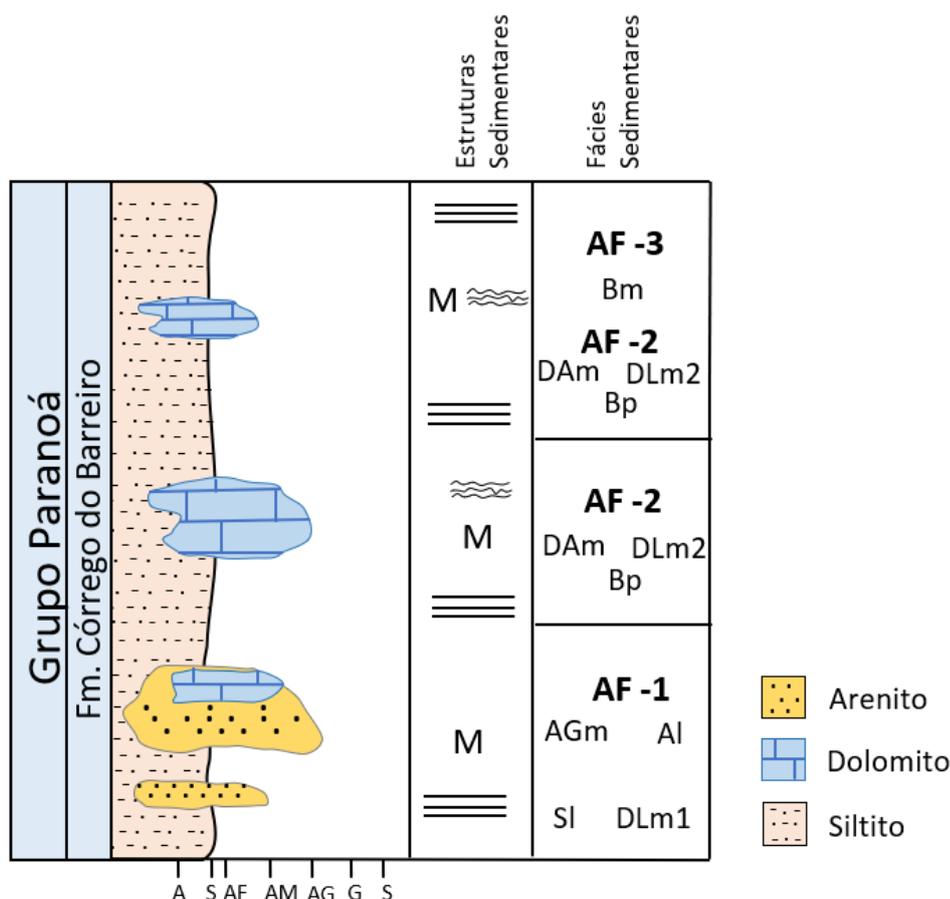


Figura 4.32) Coluna estratigráfica da Formação Córrego do Barreiro na subárea IX.

#### Associação de Fácies I – AF-I

Essa associação é composta pelas fácies Sl, AGm, Al e DLm1, que representam a porção proximal de uma plataforma mista. Trata-se de canais dominados por maré, em que os sedimentos terrígenos são transportados por meio de frentes deltaicas e depositados em barras e canais. Nesse caso, a fácies DLm1 representa o limite entre a deposição estritamente terrígena e a deposição carbonática.

### **Associação de Fácies II – AF-II**

A associação de fácies AF II consiste nas fácies Dam, DLm2, e Bp, e está relacionada à precipitação de material micrítico e possível retrabalhamento posterior. A atividade microbiana resulta na formação de fácies bioconstruídas referentes a estromatólitos planares, colunares e dômicos.

### **Associação de Fácies III – AF-III**

A AF -III é composta pela fácies Bm e corresponde ao retrabalhamento das fácies da AF-II. As rochas pertencentes a esta associação estão relacionadas a porções mais distais da plataforma carbonática, em que a partir da ação de ondas há o retrabalhamento das rochas carbonáticas adjacentes e sua deposição próxima através de fluxo gravitacional.

#### **4.3.2.3. Sistema Depositional da Formação Córrego do Barreiro**

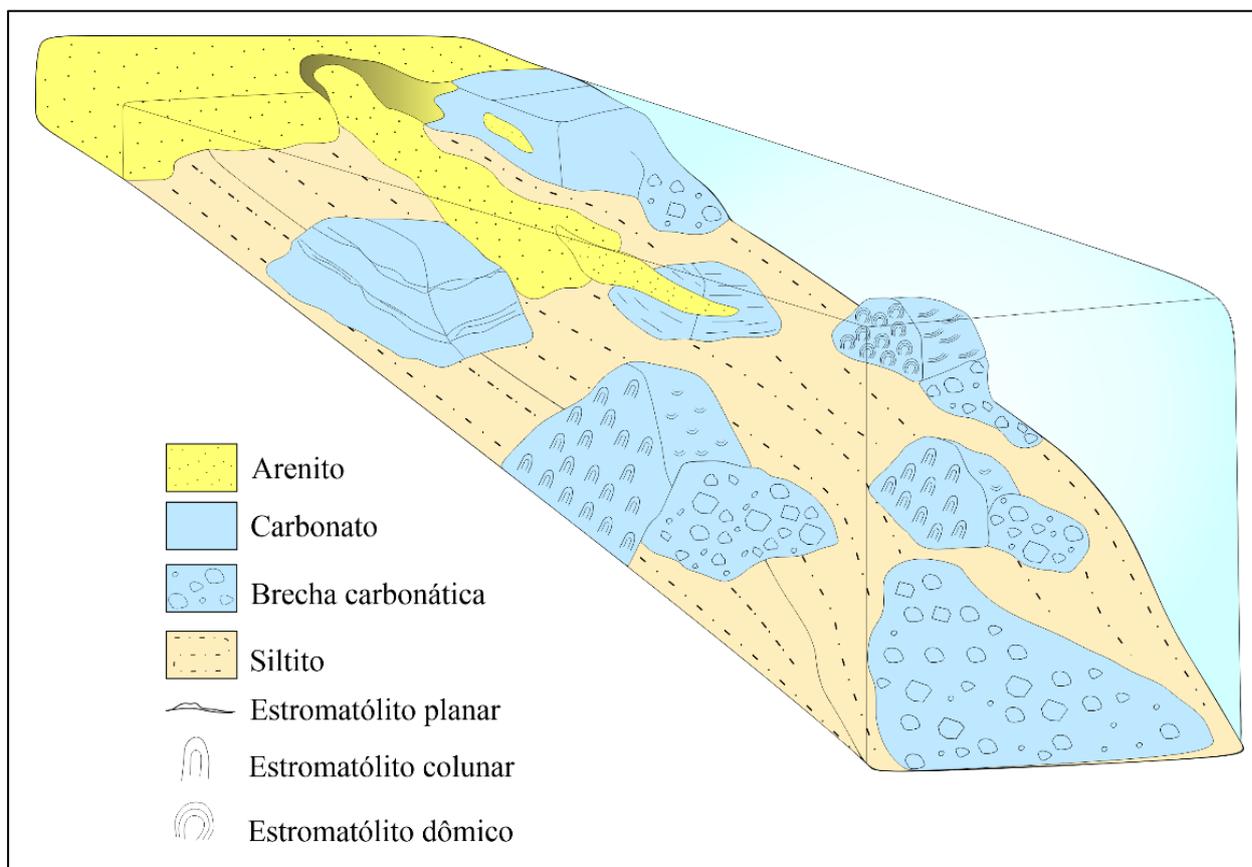
O sistema deposicional associado à Formação Córrego do Barreiro consiste em uma plataforma marinha rasa mista, com controle deposicional paleotopográfico. Nesse contexto, o ambiente proximal dessa plataforma é caracterizado por depósitos com influência terrígena e é representado pela associação de fácies I. A associação de fácies II corresponde ao ambiente da plataforma com menor influência terrígena e apresenta a sedimentação dominada pela atividade microbiana, em que são formados *mounds* carbonáticos. A formação desses *mounds* bioconstruídos necessita de águas limpas, que favorecem a penetração de luz, e suficientemente agitadas para permitir uma reciclagem adequada de nutrientes (Schlager, 2005). No ambiente distal, por sua vez, a sedimentação é dominada pelo retrabalhamento das rochas formadas na plataforma restrita e posterior deposição por meio de fluxos gravitacionais, como representado pela associação de fácies III. Esse sistema deposicional está esquematizado na Figura 4.33.

A deposição das fácies AGm e Al está relacionada com a região proximal da plataforma, um ambiente com maior energia. Os sedimentos nesse caso são transportados através de frentes deltaicas e depositados em canais e barras. Eventualmente, de acordo com a intensidade do fluxo, esses canais podem chegar até os *mounds* carbonáticos, processo que gera a fácies Dlm1. A deposição da fácies Sl ocorre entre os *mounds* carbonáticos ou nas porções mais profundas da plataforma, em ambientes de menor energia.

A fácies Bp representa um ambiente proximal, em que não há espaço de acomodação nem condições ecológicas para o crescimento das fácies bioconstruídas. Em um ambiente mais profundo, porém, ainda com luz e ação de ondas que mantêm os nutrientes em suspensão, há espaço para o desenvolvimento de estromatólitos dômicos e colunares.

A deposição de brechas carbonáticas ocorre devido ao deslizamento gravitacional após

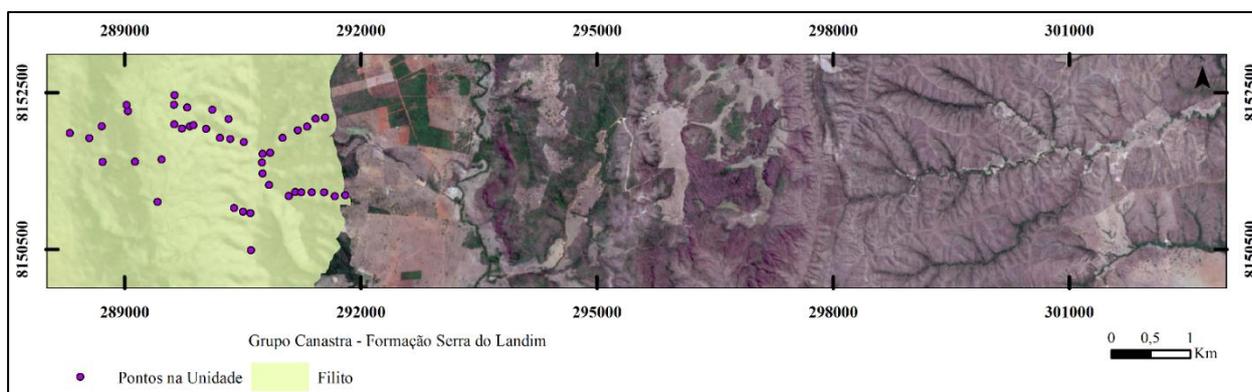
excessivo acúmulo de sedimentos e é condicionada a uma quebra topográfica suficientemente íngreme e a um espaço para acomodar o sedimento.



**Figura 4.33)** Modelo deposicional esquemático da Formação Córrego do Barreiro.

### 4.3.3. Formação Serra do Landim (Grupo Canastra)

A Formação Serra do Landim do Grupo Canastra ocorre no extremo oeste da subárea IX (Figura 4.34) e ocupa 11,05 km<sup>2</sup>. Ao todo foram descritos 36 afloramentos e coletadas 2 amostras.



**Figura 4.34)** Área de ocorrência da Formação Serra do Landim na subárea IX e pontos realizados nesta unidade.

A região em que essa formação aflora compreende uma porção de relevo aplainado composta por latossolos, e uma serra e planalto de direções NNW-SSE (Figura 4.35), os quais

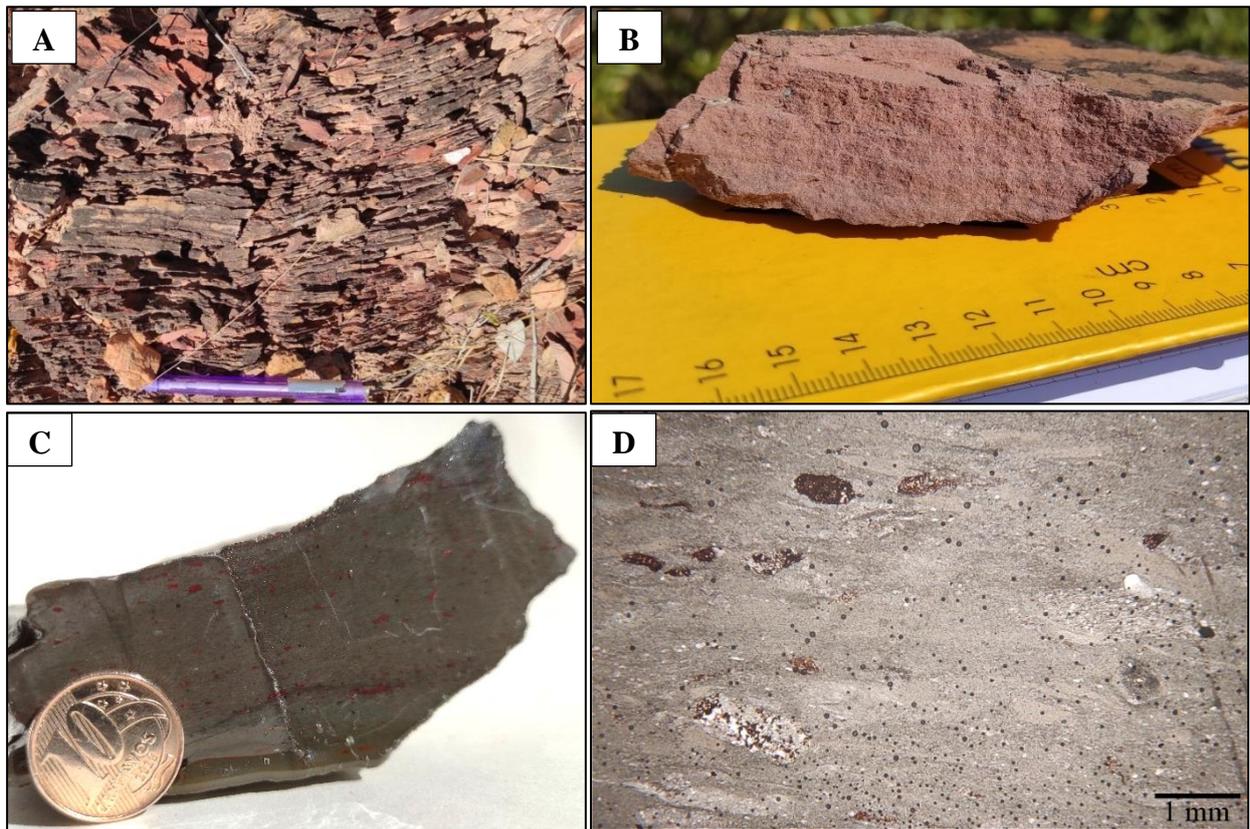
apresentam as maiores cotas altimétricas da área e estão associadas a solos do tipo plintossolo pétrico, neossolo litólico e cambissolo. Na subárea IX, a litologia mapeada referente a essa formação consiste em filitos intensamente intemperizados de coloração bege rosado (Figura 4.36A e B). Essas rochas afloram principalmente na encosta da serra e do planalto, de forma que a parte aplainada entre eles é pobre em afloramentos e apresenta espessos perfis de solo.



**Figura 4.35)** Feições geomorfológicas associadas à Formação Serra do Landim: i) planalto com vegetação densa; ii) serra com vegetação rasteira, e iii) relevo aplainado entre o planalto e serra.

O filito apresenta granulação muito fina (Figura 4.36B e C) e é composta por clastos de quartzo (~3%) e fragmentos líticos (~5%) imersos em uma matriz fina filossilicática formada por fengita (~55%) e clorita (~37%) (Figura 4.36D). Os filossilicatos estão orientados segundo uma direção preferencial que constitui a foliação principal da rocha, com espaçamento milimétrico. O quartzo é em geral anédrico, apresenta tamanho de 0,01-1,2 mm e apresenta extinção ondulante. Os fragmentos líticos são compostos por material síltico e ocorrem ao longo dos planos de foliação, apresentam cor preta acinzentada e são arredondados. Na amostra TF20-XIII-33 frequentemente são observados fragmentos líticos parcialmente ou totalmente encobertos por uma película de óxido vermelho (Figura 4.36C e D). A presença de foliação pouco espaçada e mineralogia composta por clorita, fengita e quartzo caracterizam um metamorfismo de baixo grau referente à zona da clorita da Fácies Xisto Verde baixo, com um protólito pelítico.

Apesar de o filito ser a única litologia da Formação Serra do Landim mapeada na subárea IX, em subáreas adjacentes foram mapeados mármore dolomíticos e quartzitos micáceos.



**Figura 4.36)** Filito da Formação Serra do Landim. A) Afloramento na encosta da Serra de filito intemperizado de cor bege rosado. B) Amostra de filito de granulação muito fina intemperizado. C) Amostra TF20-XIII-33; trata-se de um filito pouco alterado de granulação muito fina. D) Fotomicrografia da amostra TF20-XIII-33.

## 5. Geologia Estrutural

### 5.1. Introdução

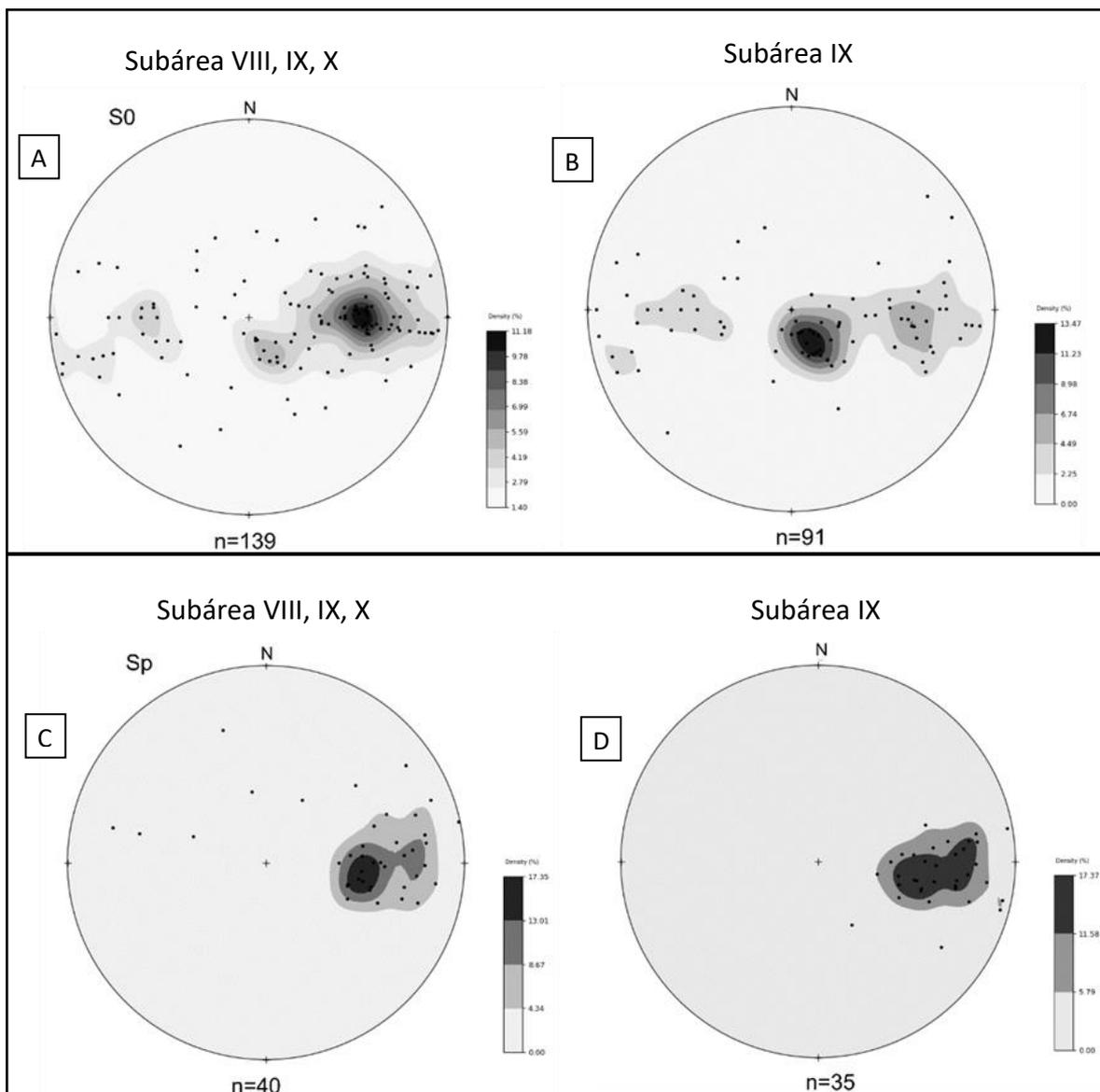
O Projeto Unai está inserido no contexto da Zona Externa da Faixa Brasília, caracterizada por cinturões de dobras e cavalgamentos de baixo grau metamórfico que evidenciam o encurtamento provocado pela Orogênese Brasileira. A configuração tectônica presente na área do Projeto corrobora com esse evento compressional e é composta principalmente por dobras regionais assimétricas e falhas reversas e de empurrão; essas falhas marcam o contato tectônico entre unidades estratigráficas (Anexo F). Esse sistema de dobras e falhas não envolve o embasamento da região, o que caracteriza uma tectônica do tipo *thin-skinned*.

Com base na análise dos dados estruturais coletados em campo e sua correlação com as estruturas identificadas nos produtos de sensoriamento remoto e aerogeofísica, foi definido apenas um domínio estrutural para o Projeto Unai. A individualização de um único domínio foi dada de acordo ao comportamento geométrico similar entre as estruturas planares observadas nas diferentes unidades mapeadas (Figura 5.1). Contudo, há uma clara distinção dos tipos de estruturas presentes do Grupo Canastra, de mais alto grau metamórfico, com as demais unidades que apresentam condições anquimetamórficas. A análise das medidas estruturais foi realizada de maneira integrada com as subáreas adjacentes VIII e X com o objetivo de se ter uma visão mais abrangente do contexto estudado, visto que as feições estruturais se estendem e são contínuas na direção aproximadamente N-S.

Em escala regional as principais estruturas presentes no Projeto Unai são: i) Falhas Reversas, ii) Falha de empurrão, iii) Falhas Transcorrentes e iv) Dobras sinclinais e anticlinais quilométricas. As falhas reversas apresentam direção NNE-SSW com topo para E/SE e evidenciam a movimentação da: i) Formação Serra do Landim (base do Grupo Canastra) sobre a Formação Córrego do Barreiro (topo do Grupo Paranoá) e ii) Formação Córrego do Barreiro sobre a Formação Quilombo. Por sua vez, a falha de empurrão, localizada no extremo nordeste da área, também apresenta direção NNE-SSW com topo para leste e é definida pela inversão estratigráfica da Formação Quilombo de idade mesoproterozoica sobre a Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) de idade neoproterozoica. Tanto as falhas reversas quanto a de empurrão acomodam de modo distinto o deslocamento ao longo de sua extensão e apresentam falhas transcorrentes aproximadamente perpendiculares à direção do plano de falha. Na porção central e sul da área do Projeto, há presença de dobras anticlinais e sinclinais inclinadas com suave caimento para norte. Essas dobras são não cilíndricas, abertas, levemente assimétricas e com vergência para leste.

Ocorrem duas foliações na área de estudo; Ss e Sp. A foliação Ss está associada apenas ao Grupo Canastra, apresenta natureza filítica e é paralela e concordante com o acamamento S0, com

mergulho entre 30 e 45°. A foliação Sp está impressa nas rochas do Grupo Canastra, Grupo Paranoá e Formação Quilombo, é oblíqua ao acamamento e reflete o plano axial de dobras com valores de mergulho moderados a altos (Figura 5.2).



**Figura 5.1)** Estereogramas referentes a: A) Medidas de acamamento (S0) das subáreas VIII, IX e X; B) S0 apenas da subárea IX. C) Medidas de foliação das subáreas VIII, IX e X, e D) foliação da subárea IX.

Ademais, em escala de afloramento, no Grupo Canastra é observada crenulação e dobras isoclinais. No que diz a respeito da Formação Quilombo, frequentemente ocorrem dobras abertas a fechadas e, por vezes, com padrão em *en chevron* ou em caixa. Nessa unidade também ocorrem afloramentos com a presença de *steps* de falhas e lineações de deslizamento.

De forma geral, as estruturas mapeadas apresentam direção NNW-SSE com mergulho preferencialmente para oeste. Além disso, a cinemática é predominantemente reversa com topo para E/SE e com um ligeiro componente de movimentação sinistral.

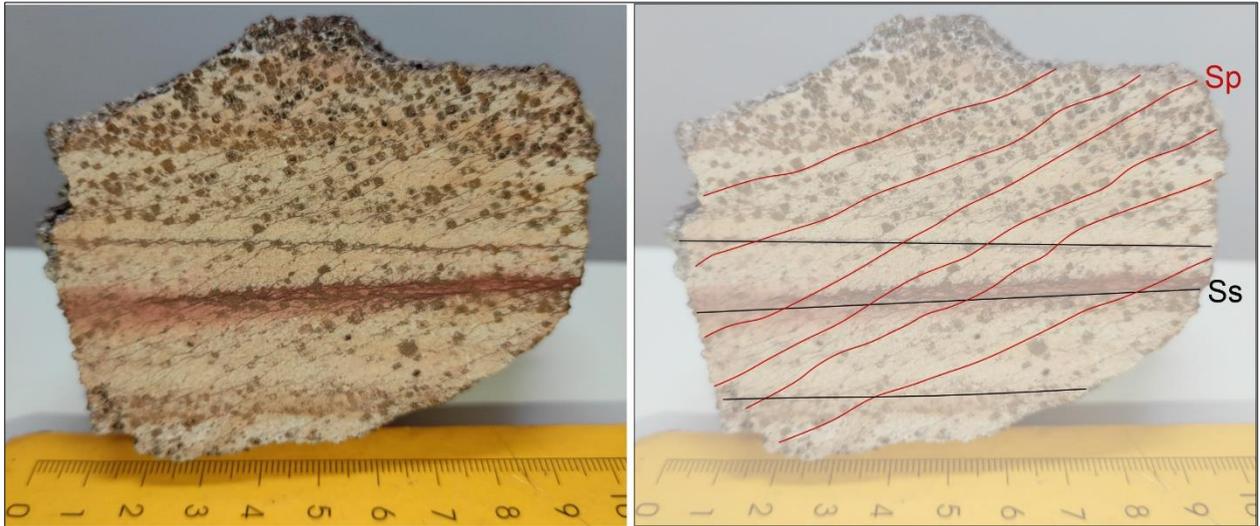


Figura 5.2) Identificação das foliações Sp e SS em amostra de filito do Grupo Canastra.

## 5.2. Arcabouço Estrutural

A seguir será descrito o arcabouço estrutural da Subárea IX (Figura 5.3), compartimentado em estruturas dúcteis e rúpteis de acordo com a forma de acomodação da deformação. Serão descritas a geometria e cinemática das principais estruturas mapeadas a fim de caracterizar de forma geral o comportamento das unidades

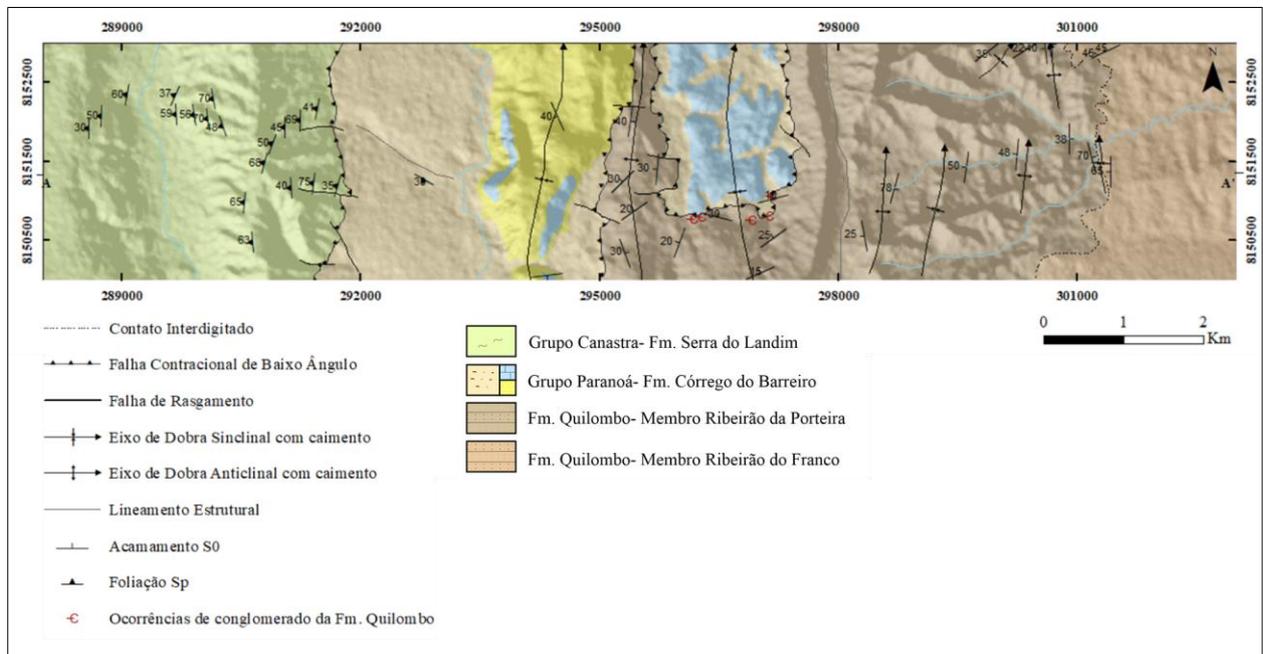


Figura 5.3) Representação em mapa das unidades e estruturas identificadas na subárea IX.

### 5.2.1. Arcabouço Estrutural Dúctil

As estruturas dúcteis mapeadas consistem em dobras, foliações e, em menor proporção,

lineações.

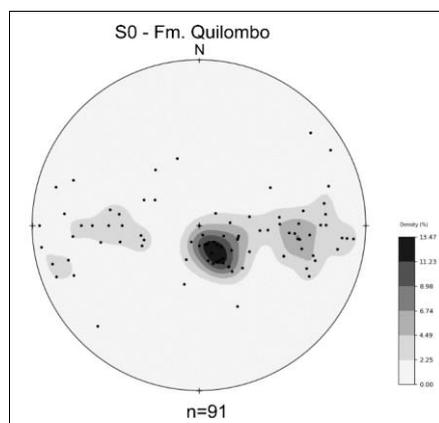
### 5.2.1.1. Dobras

A Formação Quilombo apresenta uma grande variedade de dobras, em escala de afloramento e regional. Como essa unidade é formada por uma intercalação rítmica entre rochas pelíticas e psamíticas, é evidente a diferença de competência entre essas litologias quando dobradas. As camadas arenosas tendem a fraturar e as pelíticas geralmente formam dobras parasíticas nos flancos de dobras maiores (Figura 5.4). Nessa unidade ocorrem dobras simétricas e assimétricas, abertas e fechadas, e em áreas adjacentes à Subárea IX foram observadas dobras com padrão em *en chevron* e em caixa.



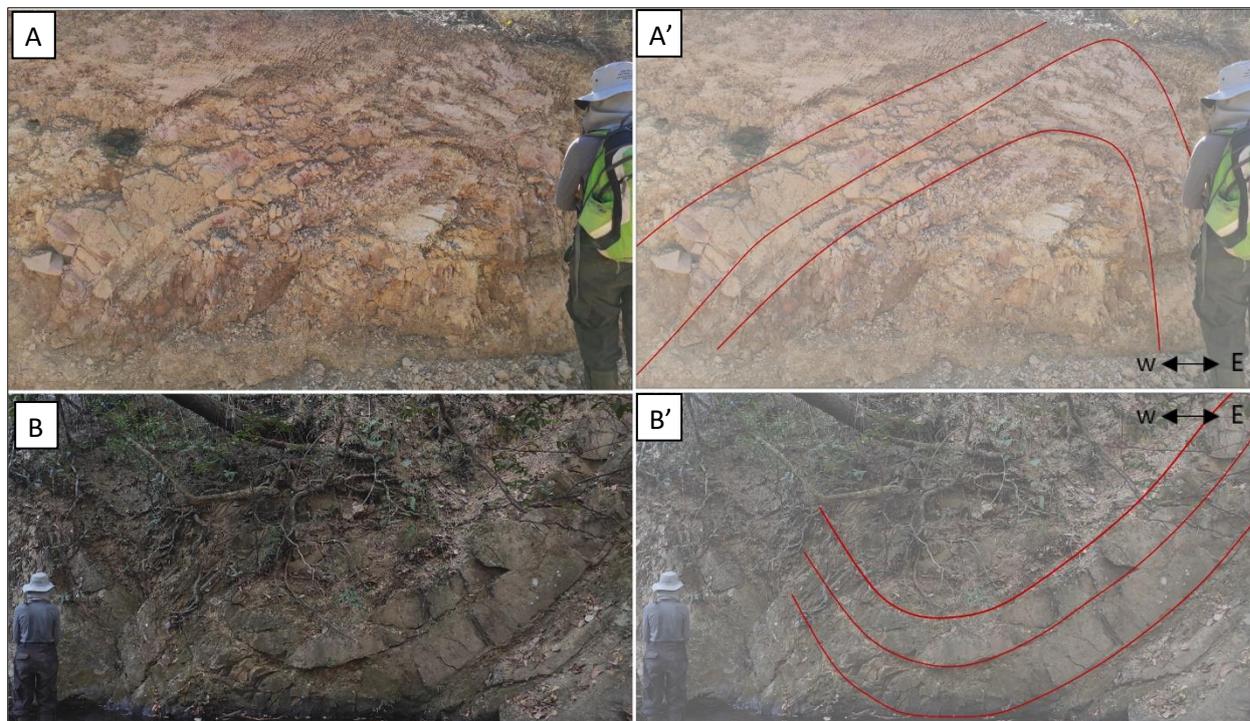
**Figura 5.4)** Abaixo camadas de siltito dobradas e em cima camadas arenosas dobradas, de forma a evidenciar a diferença de competência entre essas litologias.

Dentre as dobras na escala cartografada na Formação Quilombo, destaca-se primeiramente uma do tipo sinclinal aberta e ligeiramente assimétrica, evidente em imagens de satélite devido à geomorfologia associada. Essa feição se estende pelas subáreas VII a X e apresenta as litologias da Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá), no núcleo, em contato com o Membro Ribeirão da Porteira da Formação Quilombo. Ocorre também uma sequência de sinclinais e anticlinais em ambos os Membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco, de forma que essas estruturas são identificadas apenas através da mudança do sentido de mergulho das camadas (Figura 5.5).



**Figura 5.5)** Estereograma com as medidas de acamamento (S0) da Formação Quilombo na subárea IX.

Todas essas dobras apresentam eixos de direção aproximadamente N-S e algumas são assimétricas com vergência para leste (Figura 5.6A). Em escala de afloramento foram observadas com frequência na Formação Quilombo dobras de dimensões centimétricas a métricas (Figura 5.6B). Essas estruturas refletem a geometria das dobras regionais.



**Figura 5.6)** Exemplos de dobras encontradas na Formação Quilombo. A e A') Dobra assimétrica com vergência para leste. B e B') Dobra simétrica de dimensões métricas.

No Grupo Paranoá, há dobras sinclinais e anticlinais identificadas em escala de mapa por meio da análise das medidas coletadas na subárea IX e adjacências. Essas dobras se diferem geometricamente de acordo com a litologia associada. As dobras presentes no arenito são abertas; em contrapartida as dobras presentes no siltito são fechadas a isoclinais. Quanto ao Grupo Canastra, há o predomínio de dobras isoclinais com mergulho do plano axial para oeste e localmente há crenulação dos planos de foliação (Figura 5.7).

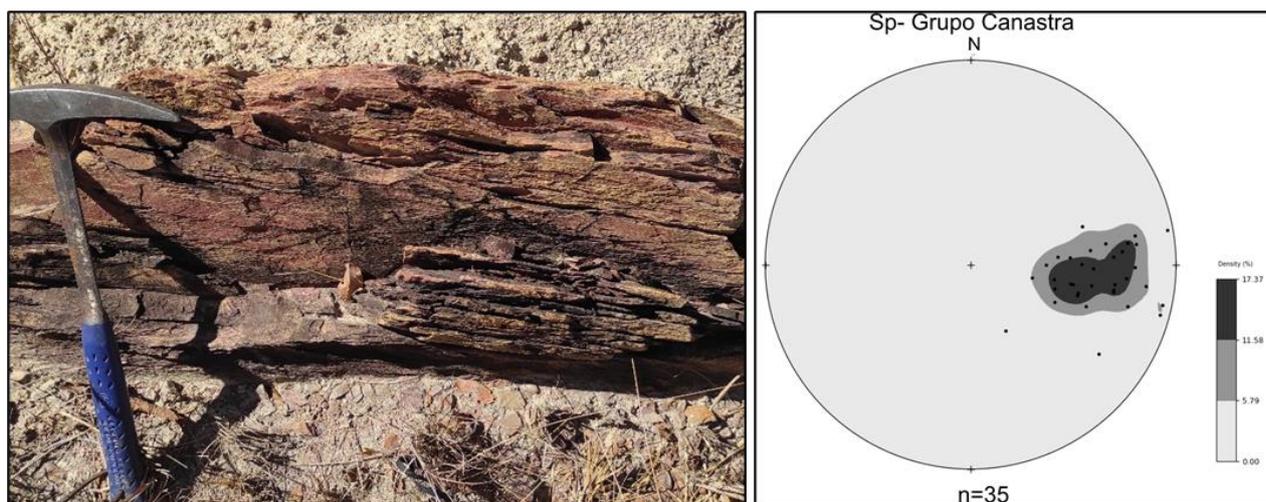


**Figura 5.7)** Crenulação dos planos da foliação filítica no Grupo Canastra.

### 5.2.1.2. Foliações

Foram observadas as foliações Ss e Sp na área do Projeto Unaí, cuja a nomenclatura não se refere à cronologia de suas origens, e sim à correlação com as estruturas que elas representam: i) Ss a foliação de soterramento, formada por compactação litostática e ii) Sp, correspondente ao plano axial de dobras. A foliação Ss é restrita à Formação Serra do Landim e ocorre paralela ao acamamento, o qual é evidenciado pela variação de tonalidade. Essa foliação é pouco frequente e não foi observada na subárea IX. Por sua vez, a foliação Sp apresenta orientação oblíqua ao acamamento e está presente em todas as unidades. No Grupo Canastra essa foliação é penetrativa e apresenta natureza filítica (Figura 5.8A), enquanto nas demais unidades ocorre na forma de clivagem espaçada em arenitos e clivagem ardosiana em pelitos.

A Figura 5.8B apresenta o estereograma com os polos da Foliação Sp da subárea IX, em que há o predomínio do mergulho para oeste com ângulos entre 25° e 87°. Principalmente na Formação Serra do Landim, é visto um aumento progressivo do ângulo de mergulho próximo ao plano da falha reversa que marca o contato tectônico entre o Grupo Canastra e o Grupo Paranoá.



**Figura 5.8)** Foliação filítica presente no Grupo Canastra. A) Foliação penetrativa. B) Estereograma com as medidas de Sp do Grupo Canastra referente à subárea IX.

### 5.2.1.3. Lineações

Poucas lineações que formam o arcabouço dúctil foram observadas na subárea IX. Foram identificadas somente lineações referentes a linhas de charneira das dobras e de crenulação. Os registros feitos correspondem apenas à Formação Serra do Landim e Formação Quilombo.

Essas lineações possuem sentido de caimento que variam de 342° a 360° e possuem ângulo de caimento de 8° a 40°.

## 5.2.2. Arcabouço Estrutural Rúptil

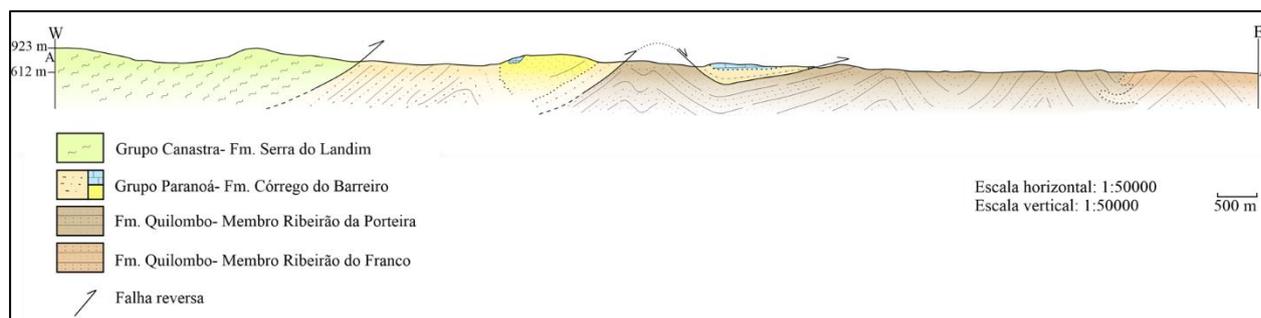
O arcabouço rúptil da subárea IX consiste em duas falhas reversas que marcam o contato

entre as unidades mapeadas. Em escala de afloramento predominam fraturas de cisalhamento e extensionais.

### 5.2.2.1. Falhas

As falhas reversas de baixo ângulo colocam o Grupo Canastra sobre o Grupo Paranoá e este sobre a Formação Quilombo (Figura 5.9). Essas estruturas possuem escala quilométrica e direção aproximadamente N-S com sentido de mergulho para oeste. O traço da falha é sinuoso, contínuo e localmente é interrompido por falhas transcorrentes de rasgamento com deslocamentos decamétricos.

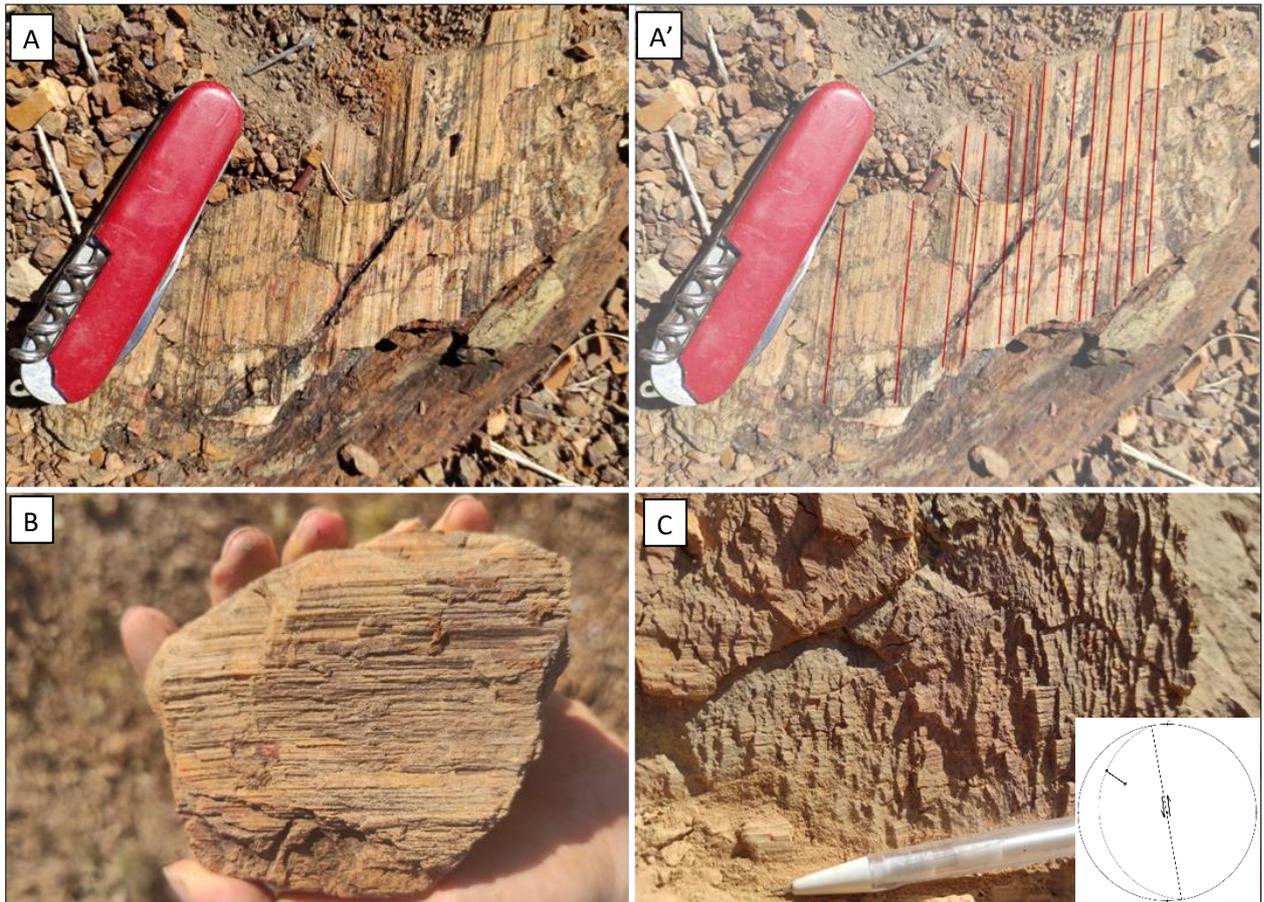
A falha reversa da Formação Córrego do Barreiro sobre o Membro Ribeirão da Porteira não apresenta uma geometria completamente plana, de forma que o plano de falha se encontra dobrado. Essa feição é representada no perfil da área (Figura 5.9) e no mapa geológico (Figura 5.3), no domínio em que o Grupo Paranoá é limitado pela Formação Quilombo. Devido a erosão diferencial, ocorre uma repetição entre as unidades envolvidas.



**Figura 5.9)** Seção Geológica de direção leste-oeste da subárea IX.

Ademais, foram observadas lineações de deslizamento em rochas da Formação Quilombo (Figura 5.10), geradas pela movimentação entre lapa/capa em planos de falha, e por vezes podem estar associadas com descontinuidades de superfícies em forma de degraus (*steps*; Figura 5.10C).

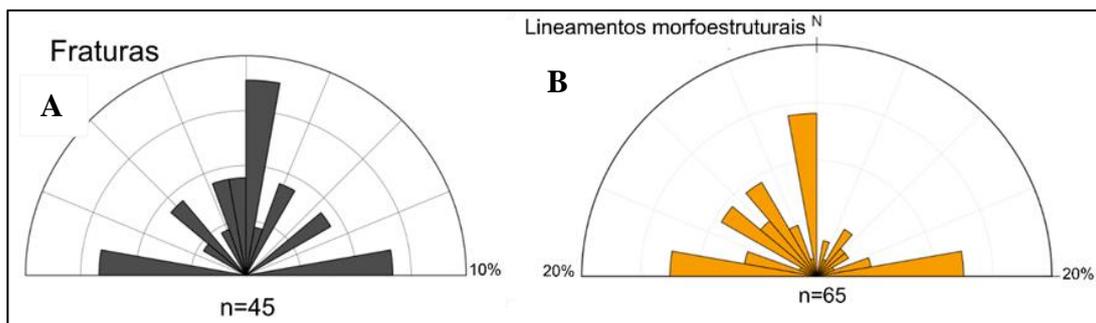
Essas lineações não ocorrem de forma recorrente e foram vistas em apenas alguns pontos. Apresentam sentido de caimento de  $305^\circ$  e ângulo de caimento de  $18^\circ$ . A relação da orientação dessas estruturas com o plano em que estão contidas consiste em um indicador cinemático do transporte tectônico da região, classificado como tranpressivo sinistral com topo para sudeste.



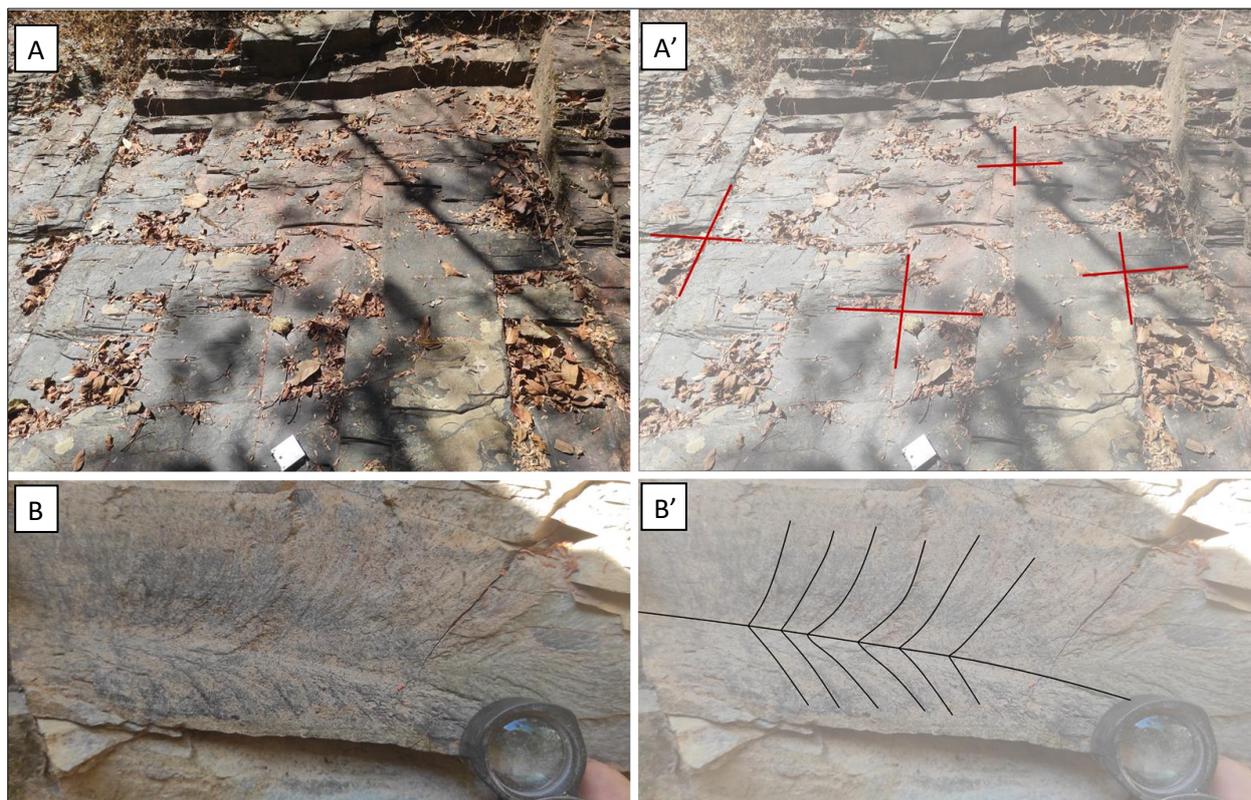
**Figura 5.10)** Lineações de deslizamento e steps. A, A' B) Lineação de deslizamento em rocha da Formação Quilombo. C) Steps indicando cinemática sinistral com topo para sudeste.

### 5.2.2.2. Fraturas

Na subárea IX foram observadas fraturas de cisalhamento e fraturas extensionais, e de forma geral, quatro famílias de fraturas foram individualizadas com base em suas direções: i) aproximadamente N-S, ii) aproximadamente E-W, iii) NE-SW e iv) NW-SE (Figura 5.11A). As fraturas de cisalhamento no geral encontram-se em pares conjugados (Figura 5.12A) e correspondem às famílias de orientação NE-SW e NW-SE. Por sua vez, as fraturas extensionais são identificadas principalmente por juntas plumosas (Figura 5.12B) e referem-se às famílias de fraturas que apresentam direção N-S e E-W.

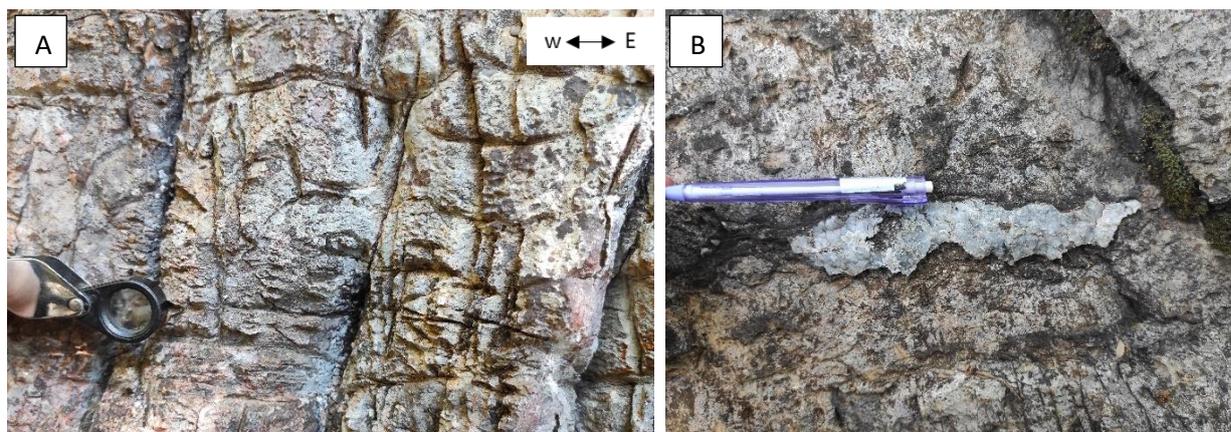


**Figura 5.11)** Diagramas de roseta. A) Direções das fraturas da subárea IX. B) Direção dos lineamentos morfoestruturais extraídos da subárea IX.



**Figura 5.12)** Tipos de fraturas encontradas na subárea IX. A) Pares conjugados de fraturas de cisalhamento. B) Fraturas extensionais identificadas a partir de juntas plumosas.

Em decorrência do caráter rúptil das unidades carbonáticas, essas rochas se apresentam intensamente fraturadas. As principais fraturas são subverticais e estão correlacionadas às direções da foliação Sp (Figura 5.13A). A partir desses planos, ocorre também a dissolução e a formação de cavidades que podem estar preenchidas por material calcítico ou silicoso (Figura 5.13B). Além disso, há planos que se encontram preenchidos por silexitos de coloração cinza escura.



**Figura 5.13)** Estruturas em rochas carbonáticas. A) Fraturas subhorizontais e subverticais, associadas às direções da foliação Sp. B) Cavidade preenchida por sílica em plano de fratura.

Com a análise dos dados de forma integrada, observa-se que as principais direções de fraturas medidas em campo coincidem com aqueles dos lineamentos morfoestruturais extraídos a partir de produtos de sensoriamento remoto (Figura 5.11).

### **5.3. Discussões**

A sequência das falhas reversas e dobras presentes no Projeto Unaí refletem a deformação imposta pela Orogênese Brasileira. Estas estruturas correspondem a uma evolução estrutural integrada em que a formação das falhas e dobras ocorreu concomitantemente. A partir de esforços compressionais, a Formação Quilombo foi empurrada sobre o Grupo Bambuí, e o topo do Grupo Paranoá deslocou-se sobre a Formação Quilombo, a partir da falha reversa correspondente ao contato entre essas unidades. O Grupo Canastra, por sua vez, foi transportado através de um sistema de *nappes* por distâncias quilométricas, e na área do Projeto, a sua unidade basal, Formação Serra do Landim, encontra-se sobreposta ao topo do Grupo Paranoá em contato tectônico reverso.

O estilo deformacional presente na região corresponde a uma tectônica rasa (*thin-skinned*) em que há a presença de níveis horizontais de descolamento interestratal que permitem o desacoplamento mecânico entre as unidades superiores e inferiores sem o envolvimento do embasamento. A presença de falhas reversas de baixo ângulo e dobras regionais abertas a suaves, levemente assimétricas com vergência para leste são condizentes com esse estilo deformacional.

Foi definido apenas um domínio estrutural para a área do Projeto Unaí, visto que as estruturas mapeadas apresentam as mesmas direções preferenciais e estão relacionados ao mesmo esforço tectônico. Dentre as foliações, a foliação Sp ocorre em todas as unidades presentes, contudo, manifesta-se de modo distinto em cada unidade por conta da natureza reológica das rochas e de acordo com o grau metamórfico em que cada unidade foi formada. Na unidade do Grupo Canastra, a foliação Sp é pervasiva e apresenta natureza filítica, pois estas rochas foram deformadas sob condições de mais alto grau metamórfico (Fácies xisto verde baixo). Em contrapartida, no Grupo Paranoá e na Formação Quilombo, a foliação Sp ocorre como clivagem espaçada e/ou ardosiana, em decorrência da deformação em condições de anquimetamorfismo. A foliação Ss, individualizada apenas na Formação Serra do Landim é paralela ao acamamento, e é formada em resposta ao soterramento causado pelas unidades sobrejacentes a ele. A presença dessa feição de soterramento, a natureza pervasiva da foliação Sp e as características metamórficas de mais alto grau, sugerem que o Grupo Canastra se encontrava em níveis mais profundos da crosta e sob pressão litostática maior que as demais unidades, e que apenas posteriormente foi transportado a partir dos sistemas de *nappes* e colocado em contato tectônico com as demais rochas anquimetamórficas do projeto.

A partir das relações geométricas e cinemáticas das estruturas mapeadas na área observa-se que, de maneira geral, correspondem a um sistema de deformação transpressivo sinistral, com topo ligeiramente para sudeste. Sendo assim, constrói-se a hipótese de que as estruturas foram formadas durante uma deformação progressiva causada pela Orogênese Brasileira. Não foram individualizadas mais fases deformacionais visto que todas as estruturas em geral são formadas a partir de esforços predominante E-W e apresentam vergência para o mesmo sentido (E/SE).

## **6. Evolução Geológica**

### **6.1. Introdução**

A evolução geotectônica da região do Projeto Unai foi interpretada com base nos dados integrados obtidos através do mapeamento geológico, da interpretação da seção sísmica R0240\_São\_Francisco\_045\_PSTM e que passa pelas subáreas IV e V (Figura 3.20 e Figura 3.21) e a partir da compilação de trabalhos realizados anteriormente.

Na linha sísmica identifica-se o embasamento cristalino riaciano, Grupo Araí e Grupo Traíras, subjacentes às unidades da Formação Quilombo, Grupo Paranoá, Grupo Canastra e Grupo Bambuí, que foram identificadas na área de estudo (Figura 6.1). A seguir são apresentadas as interpretações e correlações regionais para os modelos dos eventos ocorridos durante a evolução geotectônica proposta.

### **6.2. Início da abertura da bacia e deposição da sucessão sin-rifte**

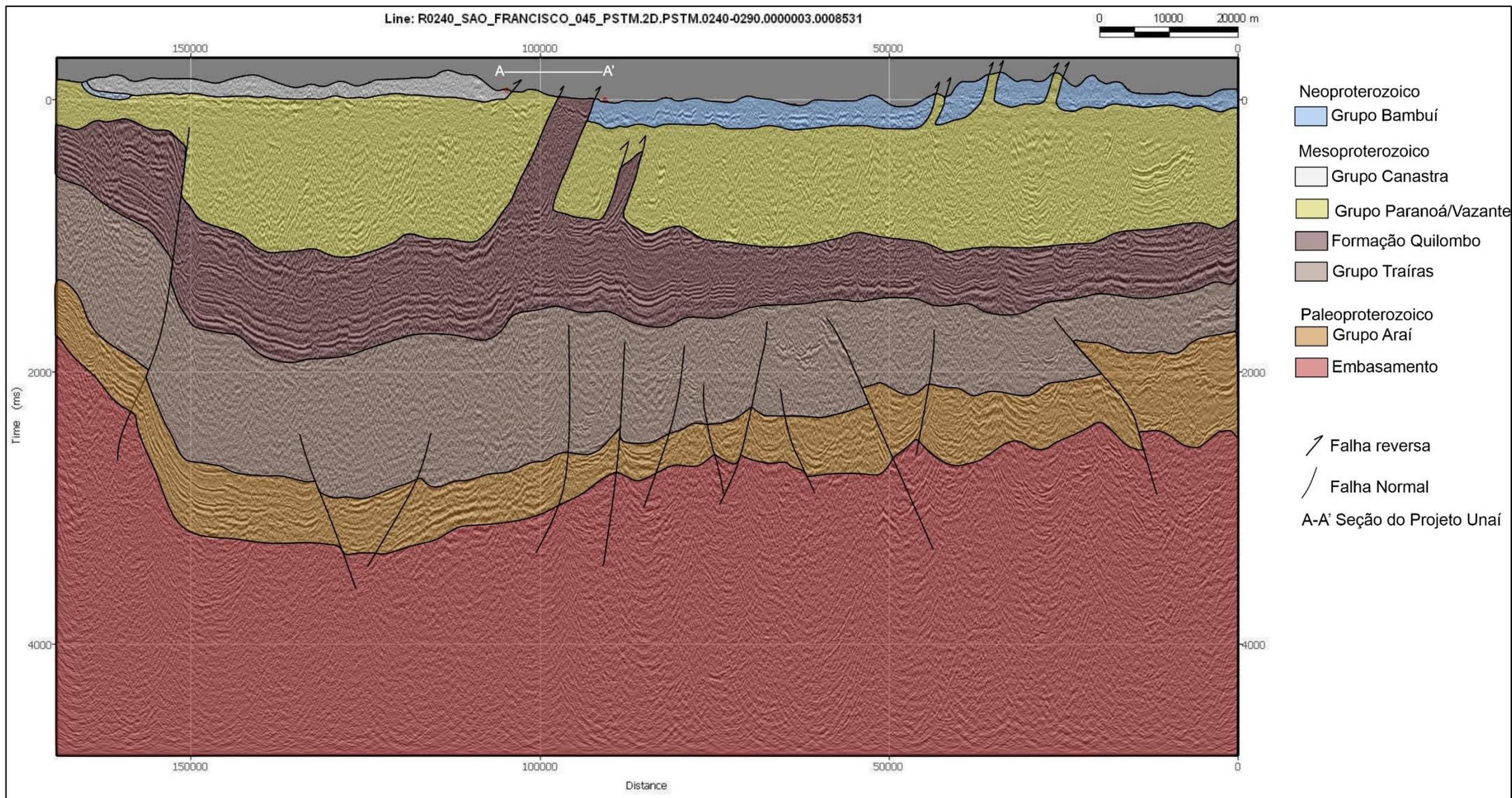
A história geotectônica da área de estudo iniciou-se no contexto da Tafrogênese Estateriana, um evento de escala global que resultou na formação de diversas bacias continentais cronocorrelatas. Nesse sentido, o embasamento cristalino regional foi submetido a uma tectônica extensional responsável pela subsidência mecânica e deposição do Grupo Araí, em um ambiente não-marinho controlado por um sistema de falhas normais.

#### **6.2.1. Embasamento cristalino riaciano**

Apesar de não terem sido mapeadas ocorrências do embasamento cristalino na área de estudo, a noroeste do município de Unai afloram rochas graníticas com composição tonalítica e granodiorítica em janelas de embasamento, em meio aos sedimentos pelíticos da base do Grupo Bambuí. Esses granitos apresentam uma assinatura geoquímica de granitos do tipo S formados em um ambiente de arco magmático, e a datação dessas rochas, através do método U-Pb em zircões, obteve idades de cristalização de 2,14 Ga (Moura, 2018). A exposição dessas rochas apenas de forma restrita pode ser interpretada como altos paleotopográficos gerados durante a fase rifte e posterior erosão das camadas sobrepostas, de forma a gerar as janelas de embasamento.

Há evidências de uma correlação regional entre essas rochas e os granitos peraluminosos da Suíte Aurumina, com idade de 2,17 Ga (Botelho, 2006) e representante de grande parte do embasamento da Faixa Brasília Norte. Essa associação é sustentada pelas idades riacianas próximas entre essas rochas e assinaturas geoquímicas semelhantes (Moura, 2018).

Projeto Unai – Subárea IX

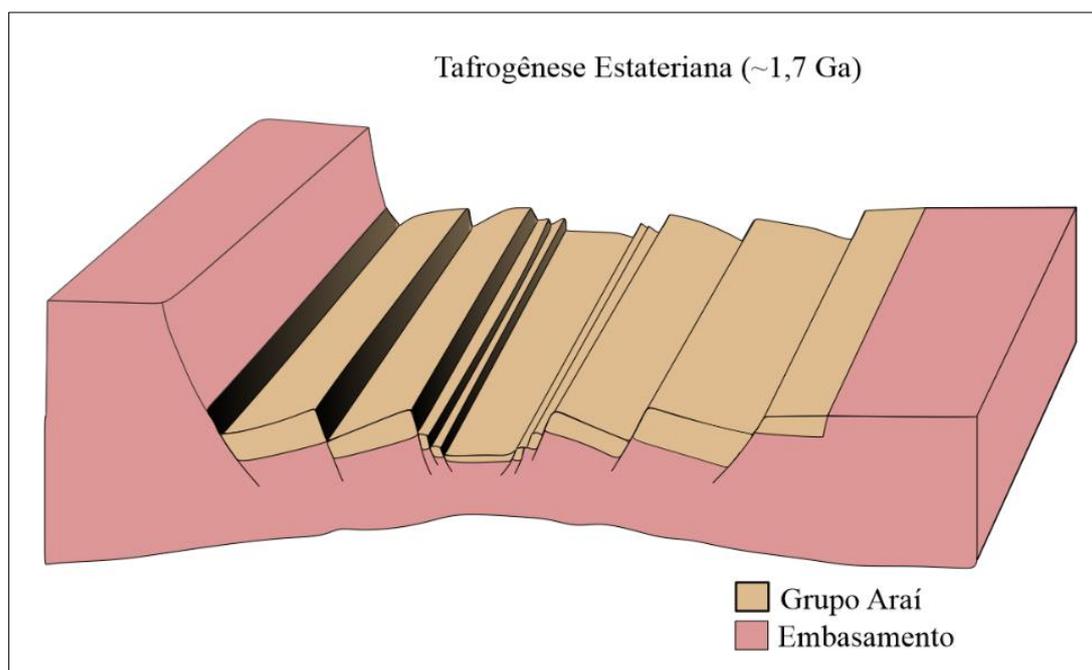


**Figura 6.1)** Linha sísmica R0240\_SAO\_FRANCISCO\_045\_PSTM interpretada com o contexto não aflorante e exposto do Projeto Unai. A marcação da seção A-A' é a porção da linha sísmica que passa nas áreas do Projeto Unai. (Fonte da linha sísmica: Agência Nacional do Petróleo)

### 6.2.2. Bacia estateriana do tipo rifte

O Grupo Araí foi depositado em uma bacia do tipo rifte, que evoluiu a partir de falhas normais de direção aproximadamente N-S impostas nas rochas do embasamento durante a tafrogênese estateriana (Figura 6.2; Tanizaki *et al.*, 2015). Esse grupo é composto pelas formações Água Morna e Arraias, as quais correspondem às sequências pré-rifte e rifte, respectivamente. Nesse contexto, a Formação Água Morna representa uma sucessão sedimentar em um sistema de rios entrelaçados depositada anteriormente ao início do rifteamento, porém sob influência da subsidência termo-flexural associada aos estágios iniciais do processo de rifte. A Formação Arraias, por sua vez, consiste em sedimentos eólicos, fluviais, lacustres e aluviais relacionados a uma subsidência mecânica e associados a um vulcanismo bimodal típico de uma bacia rifte (Martins-Ferreira, 2017).

A idade de deposição dos sedimentos da Bacia Araí ainda não é precisa, porém foi obtida uma idade U/Pb de 1,7 Ga em zircões de rochas vulcânicas da seção basal da Formação Arraias. (Pimentel & Botelho, 2001).



**Figura 6.2)** Bloco diagrama esquemático da tafrogênese estateriana e subsequente deposição do Grupo Araí

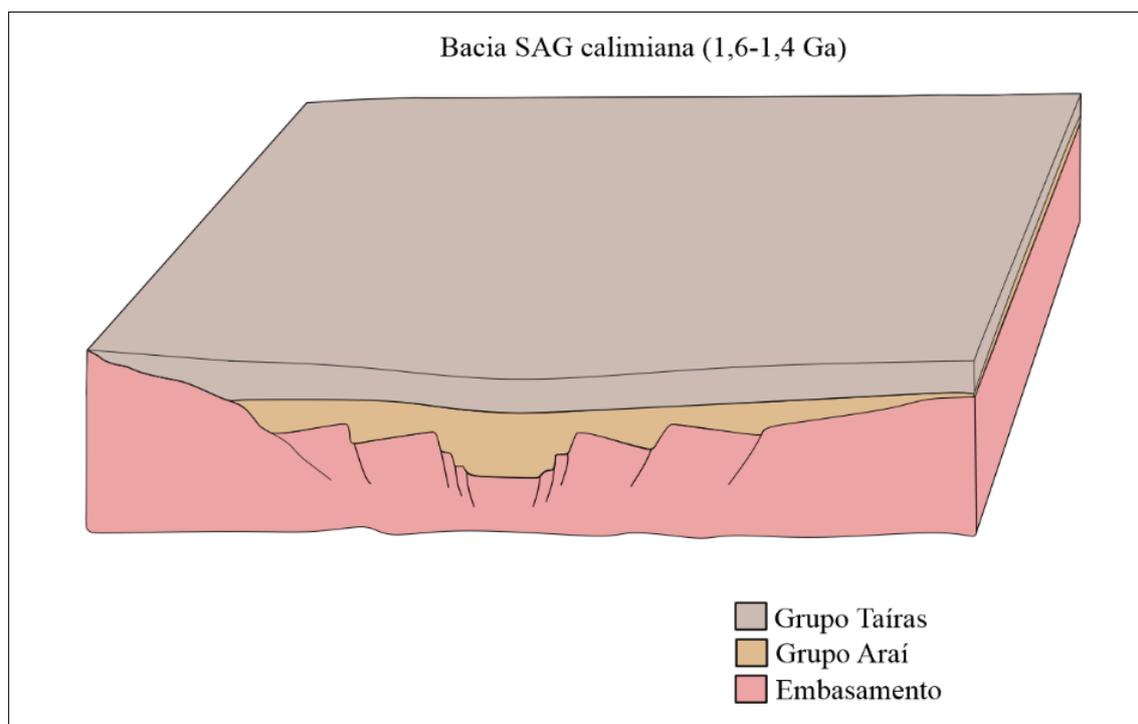
## 6.3. Sucessão pós-rifte

### 6.3.1. Bacia calimiana do tipo SAG

A sequência SAG que sucede os sedimentos típicos de fase rifte da Formação Arraias corresponde ao Grupo Traíras, depositado em um regime de subsidência flexural (Figura 6.3). Essa unidade, que anteriormente era considerada a sequência pós rifte do Grupo Araí, foi elevada ao

*status* de grupo por meio de estudos de proveniência de zircões que mostraram uma idade máxima de deposição de  $1543 \pm 31$  Ma, e dessa forma, distante do vulcanismo relacionado ao rifte por um intervalo de tempo de ao menos 230 Ma (Martins-Ferreira, 2017).

O Grupo Traíras compreende uma sequência marinha formada essencialmente por sedimentos siliciclásticos e de plataforma mista, subdividido nas formações Caldas, Boqueirão, Rio Preto e Rosário. Através da seção sísmica interpretada, entende-se que o Grupo Traíras é a unidade que precede a deposição da Formação Quilombo (Figura 6.1).



**Figura 6.3)** Bloco diagrama esquemático da deposição do Grupo Traíras no período Calimiano

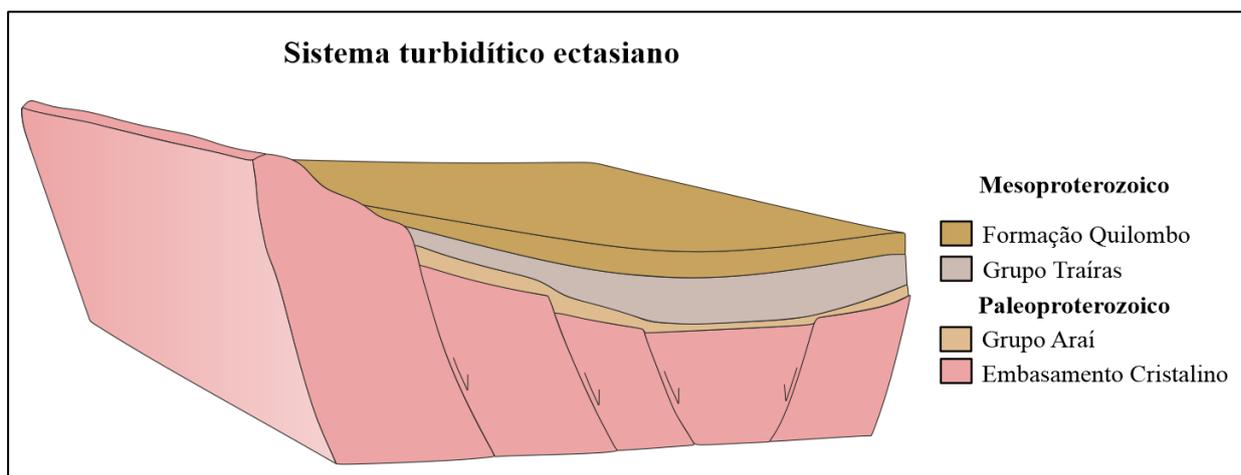
### 6.3.2. Sistema turbidítico ectasiano

A Formação Quilombo, caracterizada neste trabalho e por Campos *et al.* (2021), foi definida como uma sequência formada durante um ciclo regressivo de elevada taxa de movimentação, onde a sedimentação ocorreu em sopés de taludes continentais, a partir de correntes de turbidez. As rochas vulcânicas encontradas durante o mapeamento geológico do Projeto Unai, com a presença constante de esferulitos e intensamente vesiculadas, indicam a existência de vulcanismo subaquoso relacionado a essa deposição sedimentar.

A identificação e geocronologia feita por Campos *et al.* (2021) de exposições de pequenas faixas vulcânicas associadas a sequências sedimentares permitiu a marcação de uma linha temporal na estratigrafia. A datação U-Pb em zircões das rochas vulcânicas apresentou idade de  $1394,46 \pm 19,4$  Ma e consiste na idade máxima de deposição dessa sequência (Campos *et al.*, 2021). A partir desta idade, a Formação Quilombo é definida estratigraficamente como sendo mais jovem ou

contemporânea ao Grupo Traíras, pertencente ao Supergrupo Veadeiros (Martins-Ferreira *et al.*, 2018a). Por sua vez, as datações feitas em zircões detríticos dessa sequência (Rodrigues, 2008) possuem um pico de idade de 2.1 Ga que propõe que a fonte dos sedimentos esteja relacionada ao embasamento riaciano (Moura, 2018). Além disso, os dados obtidos no mapeamento geológico do Projeto Unai quanto ao baixo metamorfismo e estilo deformacional *thin-skinned*, sugerem um transporte tectônico pouco significativo e indicam que a bacia em que esta formação foi depositada, evoluiu provavelmente na região onde localiza-se atualmente o contexto da zona externa da Faixa Brasília (Campos *et al.*, 2021).

De forma geral, interpreta-se que a Formação Quilombo esteja associada ao contexto da evolução da bacia tipo SAG em que o Grupo Traíras está inserido (Figura 6.4). Nesse sentido, a geração de sistemas turbidíticos em águas profundas poderia ter sido ocasionada pela instabilidade de taludes em momentos que o nível do mar se encontrava elevado e/ou em que a taxa de subsidência da bacia foi relativamente alta o suficiente para propiciar um ambiente marinho profundo.



**Figura 6.4)** Bloco diagrama esquemático da deposição da Formação Quilombo no período Ectasiano, no contexto do Projeto Unai.

#### 6.4. Sucessão intracratônica do Grupo Paranoá e Canastra

Posteriormente, durante o período Esteniano, houve a formação de bacias intracratônicas com a deposição do Grupo Paranoá e Grupo Canastra de forma cronocorrelata, no entanto, em regiões distintas. A partir de estudos recentes, Martins-Ferreira *et al.* (2018b) propõem que os mecanismos responsáveis para o início da bacia do Grupo Paranoá estejam relacionados a existência de falhas de escala regional que controlaram a sedimentação durante a deposição das formações basais. Martins-Ferreira *et al.* (2018b) evidenciam a existência de estruturas de paleoriftes abaixo da sequência do Grupo Paranoá e interpretam que o início da sedimentação foi controlado pela reativação do antigo Rifte Araí, que foi gerado no Estateriano. Nesse sentido, a

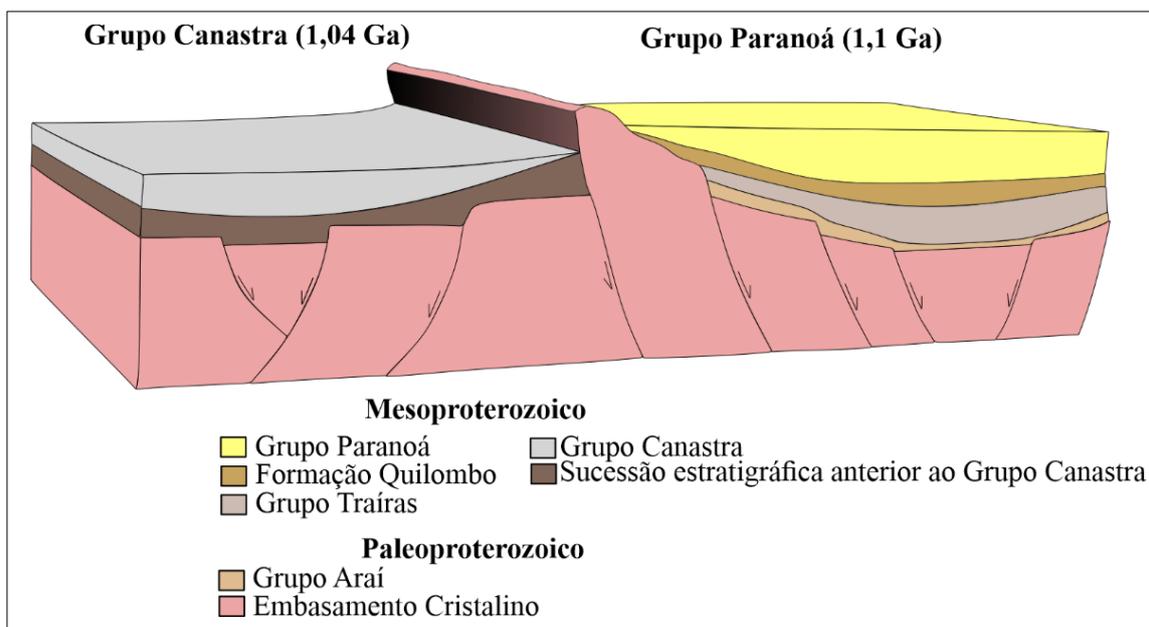
partir das características estratigráficas e da arquitetura paleotopográfica do embasamento, o Grupo Paranoá foi depositado em uma bacia intracratônica sobre antigos riftes em que houve a subsidência flexural durante os estágios evolutivos da bacia.

Os dados coletados em campo corroboram este modelo de deposição sendo que as rochas do topo do Grupo Paranoá correspondem a arenitos, siltitos e carbonatos depositados em um contexto marinho relativamente raso. Essa sedimentação ocorreu durante uma transgressão marinha com a deposição tanto de sedimentos siliciclásticos quanto carbonáticos em uma plataforma mista dominada por maré com forte controle paleotopográfico.

Na área do Projeto Unai ocorrem arenitos feldspáticos que apresentam correlação com os níveis arcoseanos da Formação Córrego do Barreiro descritos por Guimarães *et al.* (1987) e Seraine *et al.* (2020) na região de Bezerra-Cabeceiras. Na região de estudo, os arenitos não ocorrem como níveis contínuos, mas ainda podem ser interpretados como uma sequência depositada durante uma possível tentativa de tafrogênese em um ambiente onde rios entrelaçados fluem para a plataforma marinha. Estes rios entrelaçados estariam associados a essas sucessões encontradas no Projeto Unai, contendo grande carga de areia até cascalho.

O topo do Grupo Paranoá, a Formação Córrego do Barreiro, foi depositado durante o final do período Esteniano com idade máxima de deposição de 1.1 Ga e forte proveniência de sedimentos de idade de 2.2 a 2.1 Ga (Seraine *et al.*, 2021). Por sua vez, o Grupo Canastra apresenta idade máxima de deposição de 1.04 Ga e fonte de sedimentos de idade riaciana (Pimentel *et al.*, 2011), sendo, portanto, cronocorrelato ao Grupo Paranoá. Vários estudos sugerem que a deposição do Grupo Canastra esteja associada a margem passiva durante um megaciclo regressivo em regime de ambiente marinho profundo ( *e.g.* Dardenne, 2000; Da Silva *et al.*, 2012; Martins-Ferreira *et al.*, 2018a). No entanto, como há a possibilidade da existência de ambientes de águas marinhas profundas em bacias intracratônicas, a partir de uma alta taxa de subsidência flexural e/ou um elevado nível do mar, o Grupo Canastra, alternativamente, pode ter sido originado em bacias do tipo SAG, assim como o Grupo Paranoá.

Não é possível afirmar com precisão as especificidades do ambiente deposicional do Grupo Canastra, já que o metamorfismo da fácies xisto verde obliterou grande parte das evidências faciológicas dessas rochas na região de estudo. Contudo, caso o Grupo Canastra esteja associado a uma bacia intracratônica, esta possivelmente localizava-se na porção mais interna da Faixa Brasília (Figura 6.5).

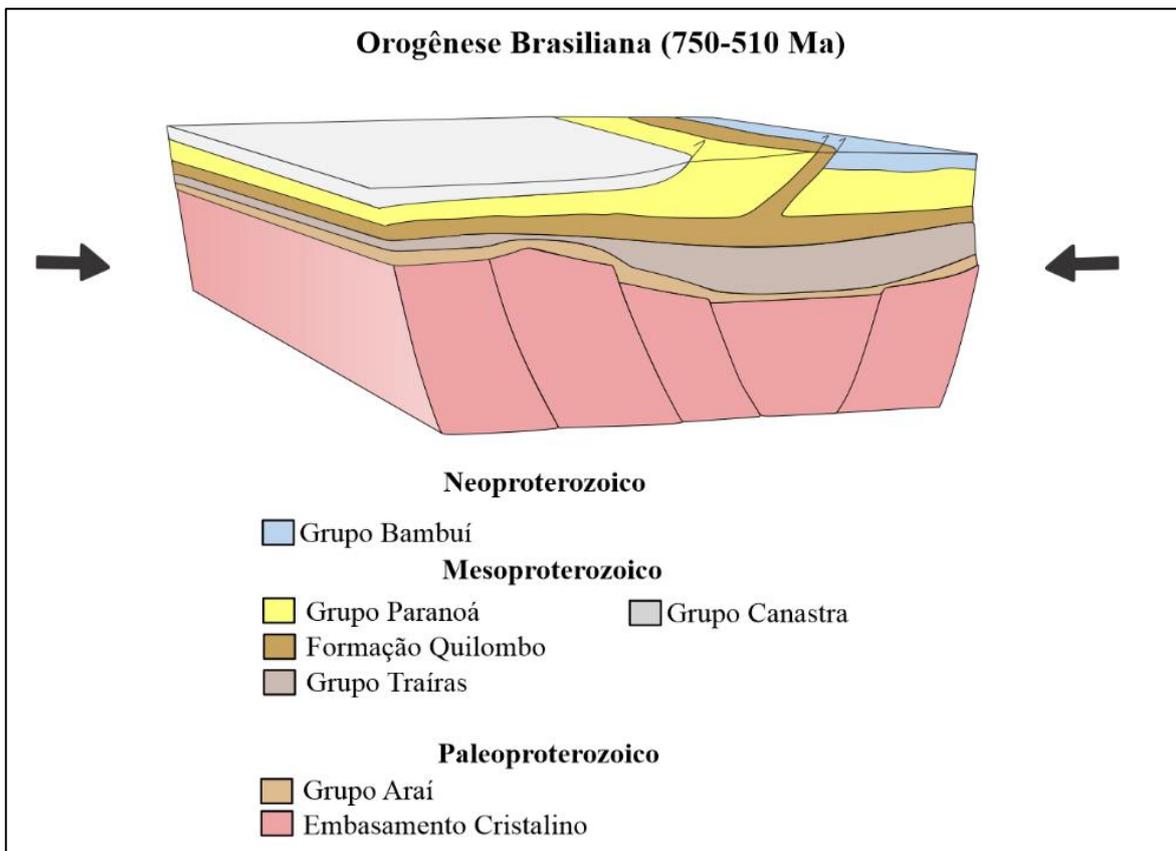


**Figura 6.5)** Bloco diagrama esquemático da deposição cronocorrelata do Grupo Paranoá e Grupo Canastra durante o Esteniano

### 6.5. Bacia do tipo *foreland* e Orogênese Brasiliana (750-510 Ma)

O Ciclo Brasileiro (900-600 Ma) é o último evento proposto para a evolução geotectônica da área do Projeto Unai. Sugere-se uma compressão de oeste para leste no Neoproterozoico, de maneira que a deformação é caracterizada pela formação de dobras assimétricas com vergência para leste, com a foliação  $S_p$  marcando o plano axial dessas dobras. Nesse cenário, também são geradas falhas reversas de baixo ângulo e falhas de empurrão, além de bacias sedimentares do tipo *foreland*. Nesse tipo de bacia, há o desenvolvimento de zonas de deposição em resposta ao ajuste isostático da litosfera durante a formação do cinturão de dobras e cavalgamentos. Desta forma, a deposição do Grupo Bambuí ocorreu neste contexto através de três megaciclos regressivos iniciados por rápidas transgressões marinhas relacionadas à subsidência da bacia (Dardenne, 2000). A idade máxima de deposição desse grupo é de 600 Ma, obtida através da datação de zircões detríticos (Pimentel *et al.*, 2011).

A seção sísmica interpretada evidencia as estruturas e eventos mapeados na região do Projeto Unai. Propõe-se um modelo de leques imbricados, em que a Formação Quilombo se descola do Grupo Traíras e é empurrada sobre o Grupo Bambuí. O Grupo Paranoá é colocado em contato tectônico com a Formação Quilombo por meio de uma falha reversa de baixo ângulo. O Grupo Canastra, por sua vez, estava na região da zona interna da Faixa Brasília no início do evento compressivo, e seguidamente foi transportado por meio de um sistema de *nappes*, colocado em contato tectônico reverso com o Grupo Paranoá (Figura 6.6).



**Figura 6.6)** Bloco diagrama esquemático do arcabouço tectônico da região do Projeto Unaí representando as sucessões estratigráficas que foram afetadas pela Orogênese Brasileira.

## **7. Potencialidades Econômicas**

### **7.1. Introdução**

Em decorrência da área do Projeto Unai localizar-se na Zona Externa da Faixa Brasília, as rochas apresentam metamorfismo de baixo grau a anquimetamorfismo, além da deformação envolver predominantemente a porção rasa da crosta sem o envolvimento do embasamento. Devido a essas características, não há a presença de um magmatismo tão expressivo ou a formação pervasiva de estruturas profundas que auxiliam na canalização de fluidos hidrotermais gerados em níveis crustais de maior profundidade, como ocorre com maior frequência na Zona Interna. Dessa maneira, o cenário geológico que engloba a área do Projeto Unai minimiza o potencial de desenvolvimento de depósitos minerais em comparação com as porções mais internas da Faixa Brasília.

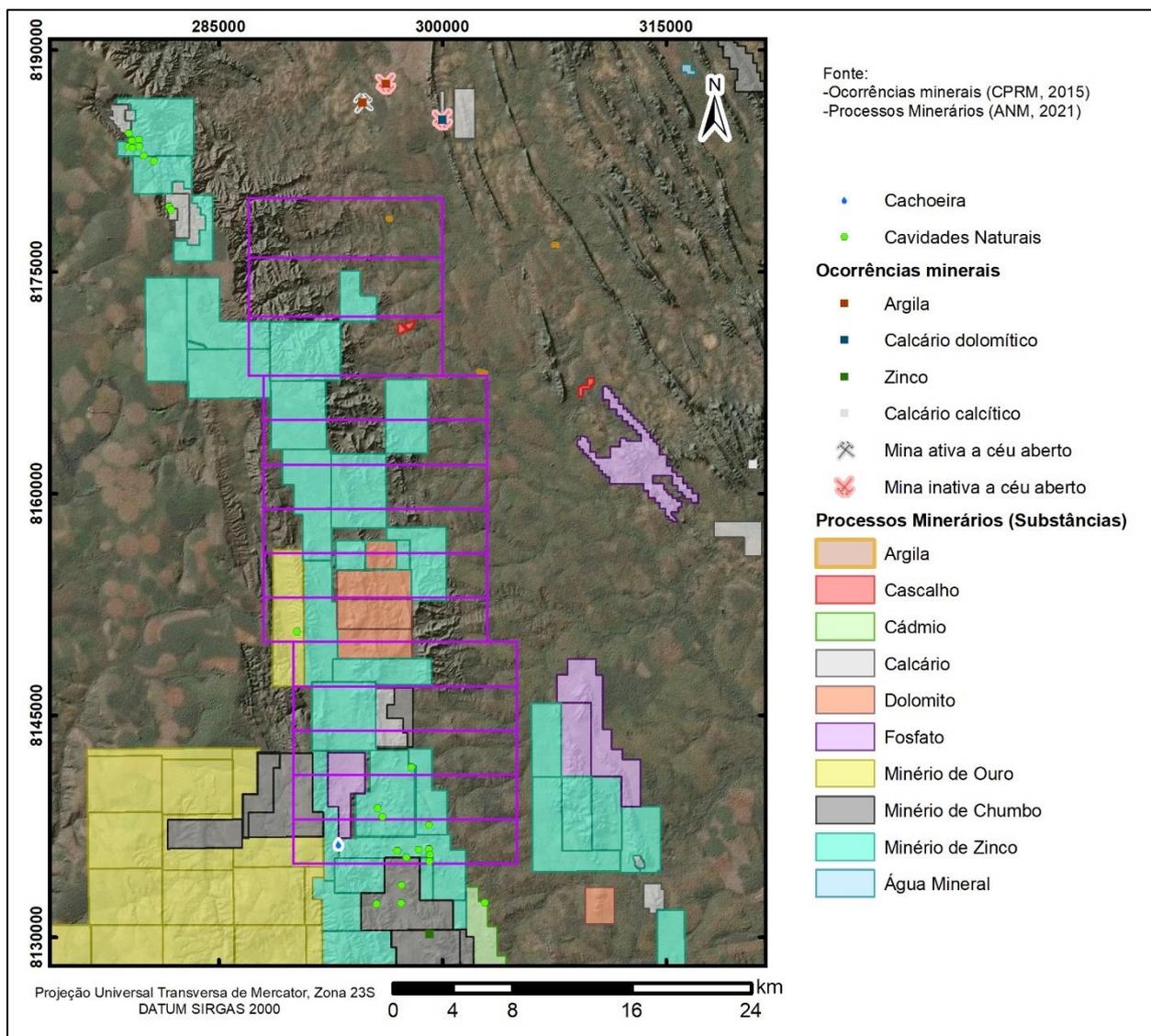
Contudo, apesar do baixo potencial metalogenético, não há a impossibilidade da formação de depósitos minerais com modelos genéticos específicos ou com controles locais. O Projeto Unai está inserido na porção norte da Província Mineral Paracatu-Vazante, a qual representa uma faixa de direção Norte-Sul com aproximadamente 250 Km de extensão. De maneira geral, essa província hospeda ocorrências e depósitos de zinco, chumbo-zinco, fosfato e dolomita agrícola, além de ouro e diamante. Se encontram três distritos minerais: i) Distrito Zinífero de Vazante; ii) Distrito Mineral Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), e iii) Distrito Aurífero de Morro do Ouro.

### **7.2. Potencialidades Geoeconômicas**

Nos itens a seguir serão descritos os potenciais econômicos da área do Projeto Unai e adjacências, de forma a apresentar as ocorrências minerais exploradas e potencialmente exploráveis. Além disso, também será apontado o potencial não mineral da região. As ocorrências minerais e não minerais, além dos processos minerários, estão representadas na Figura 7.1

#### **7.2.1. Potencialidades Minerais**

A região de estudo apresenta potencial econômico ligado ao fato de estar inserida no Distrito Mineral Paracatu-Unai (Pb, Zn e Cu), incluído na Província Mineral Vazante-Paracatu. Também desperta interesse em relação a ouro devido à proximidade com a Mina Morro do Ouro, em Paracatu-MG. Quanto a minerais e rochas industriais, há potencial para argila, dolomita e fosfato.



**Figura 7.1)** Localização de cachoeira, cavidades naturais, ocorrências minerais, processos minerários e minas na área do Projeto Unáí e adjacências.

### 7.2.1.1. Pb e Zn ±Cu

O Distrito Mineral Paracatu-Unáí localiza-se entre os municípios de Paracatu e Unáí e abrange depósitos, ocorrências e indícios de zinco e chumbo sulfetados, além de ocorrências de cobre. O principal depósito nesse distrito é o de Morro Agudo, em Paracatu-MG, em que a associação mineral de interesse é formada principalmente por esfalerita (ZnS) e galena (PbS). Esse tipo de depósito apresenta afinidade com os depósitos do tipo Mississippi Valley (MVT), em que o Pb e Zn podem ocorrer hospedados em calcários e dolomitos.

A CPRM descreve esses depósitos como associados aos carbonatos e dolomitos do Grupo Vazante, entretanto as rochas desse tipo mapeadas no Projeto Unáí correspondem à Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá. Dessa forma, apesar de ocorrerem processos minerários relacionados principalmente a zinco em grande parte da área de estudo, as pesquisas estão em

estágios iniciais ou ainda não foram obtidos resultados conclusivos que possam viabilizar o avanço da pesquisa.

#### **7.2.1.2. Argila**

A extração de argilas consiste em uma atividade econômica que pode ser aplicada na confecção de cerâmicas de alvenarias como telhas, tijolos e lajes, entre outros. Na área e aos arredores do Projeto Unai, há a presença de duas minas e de três processos minerários na fase de licenciamento para a lavra de argila (Figura 7.1). As duas minas existentes situam-se a norte do projeto e apenas uma apresenta-se ativa, já em relação aos processos minerários, um localiza-se na porção leste da subárea I, outro no extremo norte da subárea IV e o terceiro encontra-se a leste do limite leste da subárea I (Figura 7.1).

As áreas selecionadas para esse tipo de atividade estão localizadas essencialmente sobre os pelitos da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí e estão correlacionadas a nascentes/margens de drenagens. Em virtude do processo pedogenético avançado em ambientes hidromórficos, há a transformação das rochas pelíticas em solos muito argilosos. Dessa forma, as áreas com a presença de pelitos da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) e Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá), associadas a ambientes que permitem a acumulações volumosas de conteúdo argiloso, consistem nas regiões mais propensas para geração de depósitos de argila de valor econômico.

#### **7.2.1.3. Dolomito agrícola e agregados**

Rochas carbonáticas e dolomíticas são amplamente utilizadas para fins agrícolas, como correção da acidez do solo, aumento da disponibilidade de elementos nutrientes para plantas e maximização dos efeitos de fertilizantes. São também úteis na construção civil, como material para agregados, cimento e cal.

Na área do Projeto Unai ocorrem processos minerários relacionados a dolomitos nas áreas VII a X, e essas rochas foram mapeadas ao longo das subáreas VI a XIV, correspondentes a dolomitos da Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá) e a mármores dolomíticos da Formação Serra do Landim (Grupo Canastra). Essas rochas afloram comumente em morrotes em regiões de relevo suave ondulado, o que facilitaria uma eventual exploração.

#### **7.2.1.4. Fosfato**

Quanto ao fosfato, na área do Projeto Unai ocorrem processos minerários nas subáreas XII a XIV, associados à Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá, apesar de não terem sido descritas fácies fosforíticas nessa unidade. Entretanto, através de correlações regionais, espera-se que as rochas da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí apresentem um maior potencial, visto

que ocorrem depósitos de pequeno porte nessa unidade nos municípios de Campos Belos-GO e Arraias-TO. Esses depósitos são compostos por fosforitos e siltitos fosfatados, relacionados a picos de fosfogênese neoproterozoicos (Monteiro, 2009).

A Formação Sete Lagoas é composta por siltitos, folhelhos e margas, e no Projeto Unaí foi mapeada na porção leste das subáreas I a V. Essa região apresenta uma pedogênese avançada, o que conseqüentemente minimiza o potencial econômico para fósforo.

#### **7.2.1.5. Ouro**

Ocorrem processos minerários relacionados a ouro apenas nas subáreas VII a X, entretanto, em regiões adjacentes da porção sul estes são abundantes e associados à Formação Serra do Landim do Grupo Canastra. O interesse em ouro nessa região é decorrente da proximidade com a Mina Morro do Ouro, um dos maiores depósitos auríferos do Brasil, localizada no município de Paracatu a uma distância de aproximadamente 30 km ao sul da área do Projeto Unaí. Esse depósito é de idade neoproterozoica, do tipo orogênico e está ligado a veios de quartzo em que fluidos hidrotermais percolaram ao longo de zonas de *boudins*. Essas estruturas são hospedadas pelos filitos carbonosos do Membro Morro do Ouro da Formação Paracatu, Grupo Canastra. (Almeida, 2009). Entretanto, mesmo com essa proximidade, a região de estudo apresenta um baixo potencial para esse metal, visto que a unidade mapeada no Projeto Unaí, referente ao Grupo Canastra, foi a Formação Serra do Landim, e as ocorrências auríferas estão fortemente ligadas ao Membro Morro do Ouro da Formação Paracatu, juntamente com condições estruturais específicas.

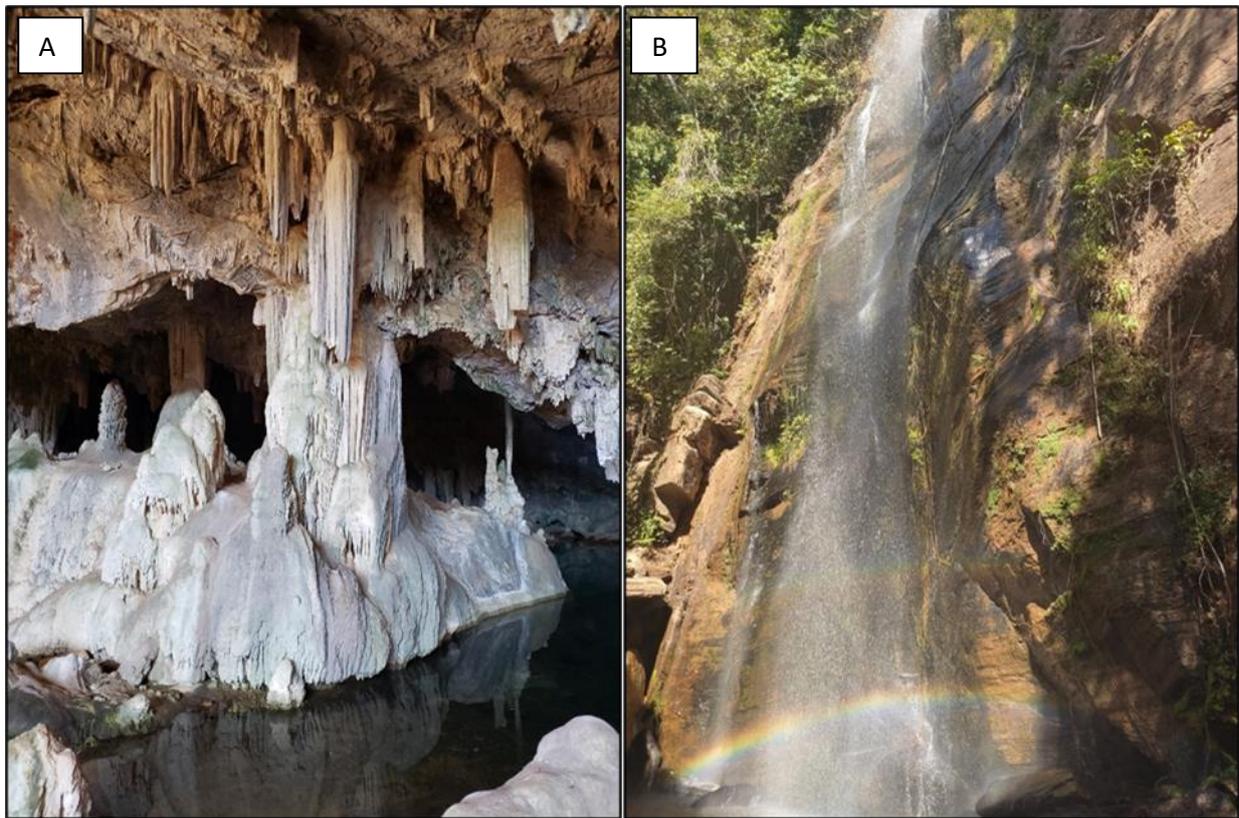
#### **7.2.2. Potencialidades Não Minerais**

Além das potencialidades econômicas envolvendo recursos minerais, a área do Projeto Unaí também apresenta a possibilidade de realização de atividades vinculadas ao geoturismo que podem gerar retorno econômico para a comunidade da região. A implementação desse tipo de atividade está relacionada a existência de cavidades naturais e quedas d'água na área do projeto, e consiste em uma maneira de estimular a conservação da geodiversidade e reconhecimento do valor científico, cultural e educativo desses pontos turísticos.

##### **7.2.2.1. Geoturismo**

As cavidades naturais situam-se na porção sul da área do Projeto Unaí e estão associadas principalmente à dissolução das rochas dolomíticas da Formação Córrego do Barreiro, formando cavernas que podem se tornar muito extensas. Além de atividades de turismo de lazer, essas cavidades naturais podem desempenhar a função de locais reservados a manifestações culturais, religiosas e sociais. Essas cavernas também representam um importante registro científico dos

processos geológicos relacionados à origem, formação e sucessivas transformações das rochas locais e do paleoclima da região. De forma geral, essas feições naturais apresentam uma vasta biodiversidade, e por consequência, há a necessidade de medidas de preservação com o intuito da conservação destes sistemas ecológicos que são frágeis e sensíveis. A Figura 7.2A apresenta a caverna Lapa do Sapezal, localizada na subárea XII, a qual é conhecida por sua beleza cênica com a presença de um lago, e serve como cenário para eventos culturais e religiosos da comunidade local. Outro ponto de geoturismo na região consiste na queda d'água denominada Água Boa e Doce (Figura 7.2B), a qual apresenta água potável e queda d'água de 35 metros de altura. Esta cachoeira está inserida no contexto dos quartzitos e mármorees da Formação Serra do Landim (Grupo Canastra) e representa um local de visitação turística de fácil acesso.



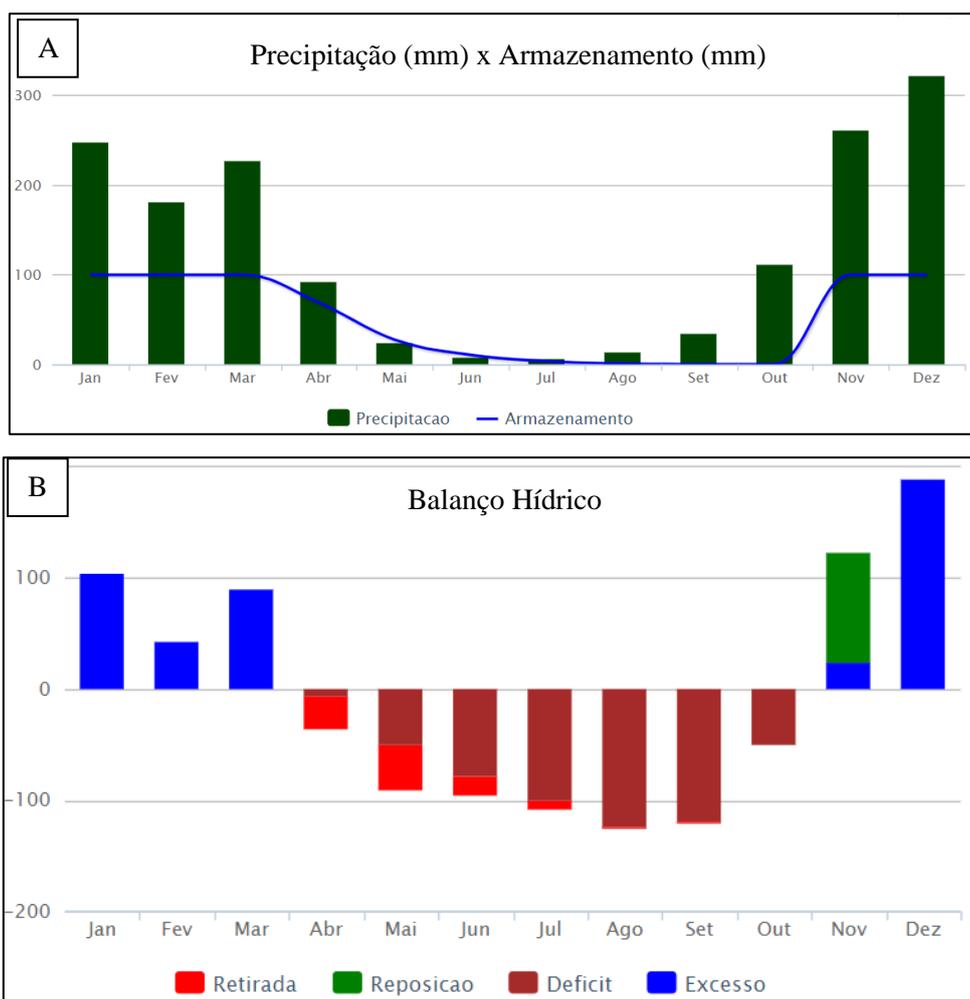
**Figura 7.2)** Potencialidades não minerais da área do Projeto Unai. A) Caverna natural denominada Lapa do Sapezal, localizada na subárea XII, associada a dolomitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. B) Cachoeira conhecida como Água Boa e Doce, localizada na subárea XIV, associada a quartzitos e mármorees da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.

## 8. Zoneamento Hidrogeológico

### 8.1. Introdução

O zoneamento hidrogeológico de uma região tem como objetivo determinar as áreas aquíferas com potenciais hídricos distintos e fornecer uma visão regional do arcabouço hidrogeológico. Dessa forma, é necessária a caracterização do meio físico com base em dados de mapeamento geológico e pedológico, assim como informações sobre a geomorfologia e aspectos climáticos da região (Campos *et al.*, 2006).

O município de Unai apresenta a economia fortemente vinculada ao agronegócio com extensas áreas agrícolas mecanizadas e mantidas por pivôs de irrigação, o que acarreta um excessivo consumo hídrico. Ademais, essa região apresenta um longo período de seca entre os meses de maio e outubro (Figura 8.1A), o qual marca um déficit no balanço hídrico de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET; Figura 8.1B).



**Figura 8.1)** Dados referentes às normas de 1981 a 2010 da estação meteorológica convencional de Unai. **A)** Distribuição da precipitação e armazenamento de água no solo ao longo dos meses. **B)** Balanço hídrico. Fonte: SISDAGRO.

Em virtude da forte sazonalidade climática e do padrão de ocupação da bacia, o zoneamento hidrogeológico da região é importante nos estudos de gestão e de planejamento do uso dos recursos hídricos. O zoneamento sugerido para a região do Projeto Unai é qualitativo devido à falta de dados quantitativos referentes a poços, ensaios de infiltração e testes de bombeamento. Assim, o objetivo será demonstrar o potencial hidrogeológico da região e a caracterização geral dos aquíferos da área do projeto.

## **8.2. Classificação e Caracterização dos Aquíferos**

O mapa de zoneamento hidrogeológico do Projeto Unai (Figura 8.2; Anexo I) foi elaborado com base na metodologia proposta por Campos & Freitas-Silva (1999) de modo a apresentar tanto os aquíferos rasos (freáticos) quanto os profundos (fraturados e físsuro-cárstico) em uma única representação cartográfica de forma simplificada. Para isso, foi utilizado o sistema de hachuras para distinguir os aquíferos rasos e o sistema de cores para os aquíferos profundos.

A divisão dos sistemas de aquíferos freáticos foi realizada de acordo com a reclassificação da base pedológica em escala 1:250.000 obtida no banco de dados do IBGE em associação com as observações de perfis de solos vistos em campo. Por sua vez, o sistema de aquíferos profundos foi compartimentado segundo o agrupamento de unidades litoestratigráficas mapeadas em escala 1:50.000 durante o Projeto Unai.

No mapa também está incluso a localização dos poços tubulares cadastrados no sistema SIAGAS (CPRM), diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais extraídos<sup>1</sup>, e o mapa de isoietas da região. Com base nos dados do SIAGAS, existem 38 poços cadastrados na área do Projeto Unai. Entretanto, esses cadastros carecem de informações sobre testes de bombeamento, níveis estáticos e dinâmicos e vazões médias, de forma que apenas 7 poços apresentam os dados completos (Tabela 8.1).

Os aquíferos rasos correspondentes ao Domínio Freático (Intergranular) foram subdivididos em dois sistemas, F1 e F2, relacionados a solos profundos e rasos, respectivamente. Os aquíferos profundos referem-se aos Domínios Fraturado e Físsuro-Cárstico. Com base nas características texturais, estruturais e no comportamento reológico das rochas, o Domínio Fraturado foi classificado nos sistemas FP1 (de comportamento rúptil) e FP2 (com caráter mais dúctil) e o Domínio Físsuro-Cárstico no sistema FC.

---

<sup>1</sup> Os lineamentos morfoestruturais são descritos em detalhe no Capítulo 3 - Geotecnologias.

Projeto Unai – Subárea IX

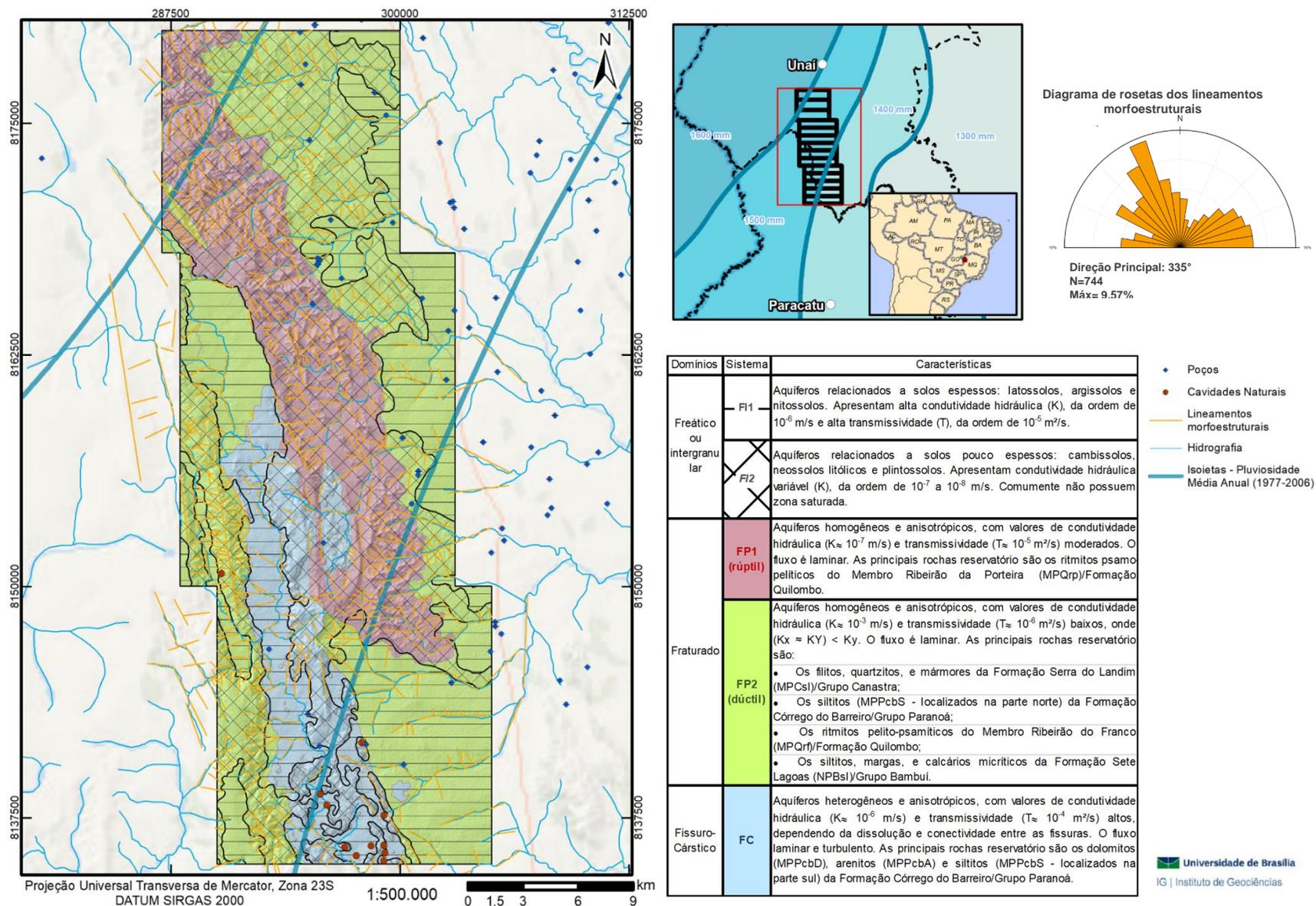


Figura 8.2) Mapa de zoneamento hidrogeológico do Projeto Unai contendo as isoietas da região e diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais.

**Tabela 8.1)** Dados referentes aos poços tubulares localizados na área do Projeto Unai.

Poço	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão específica (m³/h/m)	Vazão (m³/h)	Unidade estratigráfica
UNA-080	14	48	0,706	24	Membro Ribeirão do Franco
UNA-079	21	72	0,202	10,3	
UNA-262	27	50	0,217	4,99	
UNA-08	11,54	28,14	1,033	17,15	
UNA-09	12,1	24,95	1,698	21,8	
UNA-077	11	64	0,377	19,98	Fm. Sete Lagoas
UNA-078	15	48	0,455	15,02	

### 8.2.1. Domínio Freático

Domínio de águas subterrâneas caracterizado por sistemas aquíferos livres, intergranulares e com porosidade primária, associados a coberturas pedológicas (solos e saprólitos). Na área do Projeto Unai ocorrem latossolos, nitossolos/argissolos, neossolos litólicos, cambissolos, plintossolos e gleissolos. O contraste entre seus parâmetros físicos e hidrodinâmicos, como textura, estrutura, espessura, composição e condutividade hidráulica permite a divisão deste domínio em dois sistemas: F1 e F2.

#### 8.2.1.1. Sistema Freático 1 (F1)

São aquíferos relacionados a solos espessos, como latossolos e argissolos/nitossolos. Ocorrem em regiões de relevo plano a suave ondulado decorrentes da intensa pedogênese. Apresentam alta condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T), da ordem de  $10^{-6}$  m/s e  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s, respectivamente.

Esses aquíferos apresentam elevada porosidade efetiva e são os aquíferos mais eficientes da região devido à maior capacidade de regularização dos cursos d'água superficiais, visto que são responsáveis pela perenidade da principal drenagem do Projeto, o Ribeirão da Aldeia. Além disso, esses solos espessos são excelentes áreas de recarga para aquíferos fraturados sotopostos em razão do restrito escoamento superficial.

#### 8.2.1.2. Sistema Freático 2 (F2)

Trata-se de aquíferos associados a solos rasos, incluindo cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos, e comumente não apresentam zona de saturação. Estão relacionados às regiões com padrão de relevo ondulado a forte ondulado, principalmente correlacionados às serras em que afloram as rochas da Formação Serra do Landim (Grupo Canastra), Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá) e Formação Quilombo. São heterogêneos e anisotrópicos, apresentam baixa condutividade hidráulica (K), da ordem de  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  m/s, e transmissividade muito baixa.

Esses aquíferos não configuram áreas de recarga expressivas além de apresentarem baixa a moderada capacidade de infiltração, visto que grande parte da água infiltrada é perdida por escoamento interno entre os dois primeiros horizontes. Apesar de não gerarem reservatórios de

importância hidrogeológica ou zonas de recarga eficientes, oferecem função filtro contra substâncias contaminadoras.

### **8.2.2. Domínio Fraturado**

O domínio fraturado engloba aquíferos associados a meios rochosos que apresentam porosidade secundária. A água ocupa os espaços representados por descontinuidades planares, como falhas, fraturas e microfraturas, decorrentes de atividade tectônica. Para a determinação do potencial hídrico desse domínio, é importante informações quanto ao grau de fraturamento, visto que em geral essas rochas passaram por processos de recristalização e/ou de diagênese que obliteraram características originais.

Os lineamentos morfoestruturais da área do projeto Unaí exibem direção preferencial de N25W e representam as principais direções de fraturamento da região. De acordo com o mapeamento geológico feito na área e com base nas distintas características texturais, estruturais e reológicas das litologias mapeadas, o domínio foi classificado nos sistemas F1 e F2.

#### **8.2.2.1. Sistema Fraturado 1 (F1)**

Consiste em aquíferos homogêneos e anisotrópicos em que o tipo de fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo), de forma que as fácies areníticas são mais eficientes que as constituídas por grauvacas e siltitos por apresentar maior índice de fraturamento. Esse sistema está associado a relevos ondulados, com padrão de drenagem bem definido e solos pouco espessos, características que prejudicam a recarga e resulta em perda de água por escoamento superficial. Entretanto, devido ao intenso fraturamento ocasionado pela reologia rúptil dessas rochas em resposta à deformação, os valores de condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T) são elevados.

#### **8.2.2.2. Sistema Fraturado 2 (F2)**

Este sistema representa aquíferos homogêneos e anisotrópicos com fluxo do tipo laminar. As rochas reservatório são variadas e consistem nos filitos, quartzitos e mármores da Formação Serra do Landim (Grupo Canastra), siltitos (localizados na porção norte da área Projeto Unaí) da Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá), ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco (Formação. Quilombo) e siltitos, margas e calcário micríticos da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí). Devido a essa variedade de tipos de rochas, os valores de condutividade hidráulica e transmissividade são variáveis. Os cursos de água superficiais alimentados por esse sistema são efêmeros e ficam secos durante o período de estiagem.

As rochas desse sistema apresentam um maior conteúdo pelítico que além de diminuir a porosidade do arcabouço, resulta em um comportamento reológico dúctil e com menor índice de fraturamento aberto e interconectado.

Em relação às rochas reservatório do Grupo Canastra, a atitude da foliação principal também é um fator relevante que controla a variação do funcionamento hídrico do sistema. Além disso, o relevo, em geral ondulado associado a solos delgados e pouco permeáveis, causam um maior escoamento superficial, o que diminui a circulação do aquífero.

### **8.2.3. Domínio Físsuro-Cárstico - Sistema FC**

Domínio associado a abertura de fraturas de dissolução em lentes carbonáticas. Essas lentes apresentam restrita continuidade lateral e são interdigitadas com rochas psamo-pelíticas menos permeáveis. Este domínio é relacionado com os dolomitos e siltitos (localizados na porção sul do da área Projeto Unaí) da Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá) e é nomeado como sistema FC.

O sistema hidrogeológico FC é constituído por aquíferos heterogêneos, fortemente anisotrópicos e descontínuos, com valores de condutividade hidráulica e transmissividade variáveis em função da dissolução cárstica e conectividade entre as fissuras. Na porção psamo-pelítica o fluxo da água é do tipo laminar. Entretanto, na porção cárstica, devido à abertura das fissuras provocada por dissolução, o fluxo é do tipo turbulento. A mudança do padrão de fluxo ao longo das fraturas e condutos resulta no aumento da complexidade destes aquíferos de natureza mista.

## **8.3. Considerações Finais**

Dentre os aquíferos individualizados na área do Projeto Unaí, sintetizados na Tabela 8.2, o sistema F1 do Domínio Freático apresenta o maior potencial hídrico e representa uma eficiente área de recarga para os aquíferos fraturados subjacentes. O aquífero F1 do Domínio Fraturado também possui um bom potencial de acordo com suas as propriedades inerentes. Entretanto, está associado a regiões em que a ocupação rural e atividades como agricultura e pecuária são dificultadas devido ao relevo acidentado.

Os aquíferos do sistema FC podem apresentar vazões elevadas a anômalas ocasionadas pela presença de cavidades geradas por dissolução nas áreas cársticas. A água dessas porções pode ser mais enriquecida em íons de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e constituir uma água dura não potável para o consumo humano, mas ainda assim utilizável para a agricultura.

A exploração hídrica no sistema Freático 1 ocorre principalmente por meio de poços escavados, visto que estão associados a coberturas pedológicas. A maior parte desses poços não está registrada no sistema SIAGAS, porém, representam importante alternativa de captação de água para a manutenção de propriedades rurais e plantações de pequeno porte.

**Tabela 8.2)** Síntese dos aquíferos presentes no Projeto Unai.

Grupo	Domínio	Sistema	Litologia/solos predominantes
Raso	Freático	Freático 1 (F1)	Latossolos e argissolos/nitossolos
		Freático 2 (F2)	Cambissolos, neossolos litólicos e plitossolos
Profundo	Fraturado	Fraturado 1 (F1 - rúptil)	Ritmitos psamo-pelíticos (Membro Ribeirão da Porteira/Fm. Quilombo)
		Fraturado 2 (F2 - dúctil)	Filitos, quartzitos e mármore (Fm. Serra do Landim/Grupo Canastra)
			Siltitos (Fm. Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá)
			Siltitos (Membro Ribeirão do Franco/Fm Quilombo)
Físsuro-Cárstico	FC	Siltitos, margas e cálcarios micríticos (Fm. Sete Lagoas/Grupo Bambuí)	
			Dolomitos, arenitos e siltitos (Fm. Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá)

O município de Unai apresenta aproximadamente 20% de sua população em zona rural, e a prática intensa da agropecuária, supressão de vegetação e impermeabilização de solos podem provocar a sobreexploração de aquíferos e dificultar sua recarga, além de contaminação devido ao uso de agrotóxicos. Ademais, durante o trabalho de campo do Projeto Unai, foi constatada a presença de poços tubulares sem o isolamento sanitário apropriado e drenagens secas usadas como locais de despejo de entulhos. Dessa forma, apesar do município possuir água em bom estado, os cursos d'água estão ameaçados pela gestão negligente dos recursos hídricos e falta de manejo ambiental.

A gestão dos recursos hídricos é imprescindível, pois objetiva assegurar a disponibilidade e qualidade da água para os seus mais diversos usos. Assim, são propostos possíveis métodos para maximizar o potencial hídrico e melhorar qualidade dos aquíferos da região: i) recarga artificial de aquíferos; ii) proteção adequada dos poços construídos; iii) uso de captação em sistemas de manancial misto, e iv) educação ambiental.

A recarga artificial seria muito útil em regiões abastecidas pelos aquíferos freáticos do sistema F1, pois estas são as principais áreas de recarga que apesar de serem eficazes nesse aspecto, são afetadas pela impermeabilização do solo causada por atividades agropecuárias. Desta forma, em pequenas propriedades rurais com abastecimento hídrico a partir de poços escavados, propõe-se o emprego da recarga artificial nas proximidades de cisternas visto que assim o tempo de fluxo da água para o local de captação é menor. Para implantar esse tipo de sistema, são necessários estudos básicos para que ocorra a instalação do melhor método de recarga. Tais estudos consistem na determinação da condutividade hidráulica, modo de circulação das águas subterrâneas, profundidade do nível freático e caracterização da composição química da água de recarga.

Poços construídos de forma inadequada, sem o correto isolamento sanitário e sem área de proteção da captação, representam um foco de acesso de cargas contaminantes superficiais para os aquíferos subjacentes. Dessa forma, nos poços tubulares que não apresentam proteção adequada, deve ser implementado o isolamento sanitário a partir da cimentação ao redor da perfuração para vedar a parte superior do poço e impedir que águas superficiais infiltrem. Além disso, principalmente nos poços que se encontram em pastos, aconselha-se a construção de barreiras físicas, como alambrados, a fim de impedir a danificação da estrutura do poço pelos animais e possível contaminação.

A captação mista consiste na associação de sistemas de captação de água subterrânea com sistemas de captação de águas superficiais. Dessa forma, durante o período chuvoso o abastecimento é realizado através da água superficial, o que permite a recuperação do aquífero pela recarga natural, e conseqüentemente, torna maior o volume de água disponível durante a seca. A utilização dessa ferramenta pode ser útil na zona rural de Unaí, em localidades próximas a cursos d'água perenes como o Ribeirão da Aldeia. Assim, torna-se viável a gestão do abastecimento de água em todos os períodos do ano, principalmente durante os meses de maio a setembro que apresentam baixa taxa de precipitação.

A educação ambiental da população apresenta um efeito a curto e longo prazo na preservação da qualidade das águas subterrâneas. É crucial que a população conheça o funcionamento do ciclo hidrológico/hidrogeológico e entenda que ações como o desmatamento de matas ciliares, contaminação de drenagens superficiais e impermeabilização do solo irá afetar o seu próprio abastecimento hídrico e o de sua comunidade. Essa medida deve ser tomada pela prefeitura do município, por meio de programas de conscientização em veículos como rádio, mídias sociais e agentes fiscalizadores.

## 9. Conclusões e Recomendações

### 9.1. Considerações Finais

Dentre os produtos obtidos durante a etapa pré-campo do trabalho, os referentes ao sensoriamento remoto foram os mais úteis. As composições coloridas confeccionadas através da combinação entre bandas espectrais da imagem Sentinel 2 forneceram o mapa base sobre o qual o mapa geológico foi traçado, de forma que a alta qualidade e resolução espacial dessa imagem facilitou o processo de desenhar contatos e discriminar feições geomorfológicas.

Em contrapartida, os dados geofísicos magnetométricos e gamaespectrométricos não contribuíram de forma determinante no trabalho de mapeamento e confecção do mapa geológico, pois as respostas nesses métodos correspondem à cobertura pedogênica e não necessariamente aos diferentes tipos litológicos. Dessa forma, com a análise desses produtos, percebe-se uma distinção entre regiões com solos espessos e bem desenvolvidos e regiões com solos pouco desenvolvidos. Por sua vez, a interpretação da sísmica de reflexão, apesar de corresponder a um produto regional, apresentou informações substanciais para o entendimento do contexto tectônico-estratigráfico da região e tornou o modelo de evolução geológica mais robusto, com informações acerca das unidades não aflorantes na área de estudo.

A descrição em detalhe das litologias mapeadas e a análise faciológica das sequências sedimentares permitiu um avanço na cartografia geológica da região, além de um maior entendimento acerca dos processos e ambientes de deposição de cada unidade da área de estudo. Em especial, destaca-se a caracterização e detalhamento da Formação Quilombo, recentemente descrita por Moura (2018) e Campos *et al.* (2021), e que ainda carece de estudos acerca de sua posição estratigráfica.

Em relação ao arcabouço estrutural, por meio de relações geométricas e cinemáticas, identificou-se a existência de uma deformação progressiva, sob um único evento deformacional. As estruturas foram geradas segundo uma tectônica do tipo *thin-skinned*, e consistem predominantemente em falhas reversas e de empurrão que marcam o contato tectônico entre as unidades, além de dobras regionais assimétricas com vergência para E/SE. De forma geral, as estruturas da região foram formadas em um sistema deformacional transpressivo sinistral com topo ligeiramente para sudeste, por meio de esforços predominantemente E-W.

A evolução geotectônica da região começou a partir de um processo de rifteamento durante o Estateriano e a subsequente deposição dos sedimentos do Grupo Araí. Em seguida, durante o Calimiano, houve a deposição do Grupo Traíras, o qual serviu como assoalho para a deposição do sistema turbidítico da Formação Quilombo no Ectasiano. No período Esteniano, ocorreu a

deposição das unidades cronocorrelatas do Grupo Paranoá e do Grupo Canastra e, durante a Orogênese Brasileira neoproterozoica no Ediacarano, foi formado o Grupo Bambuí.

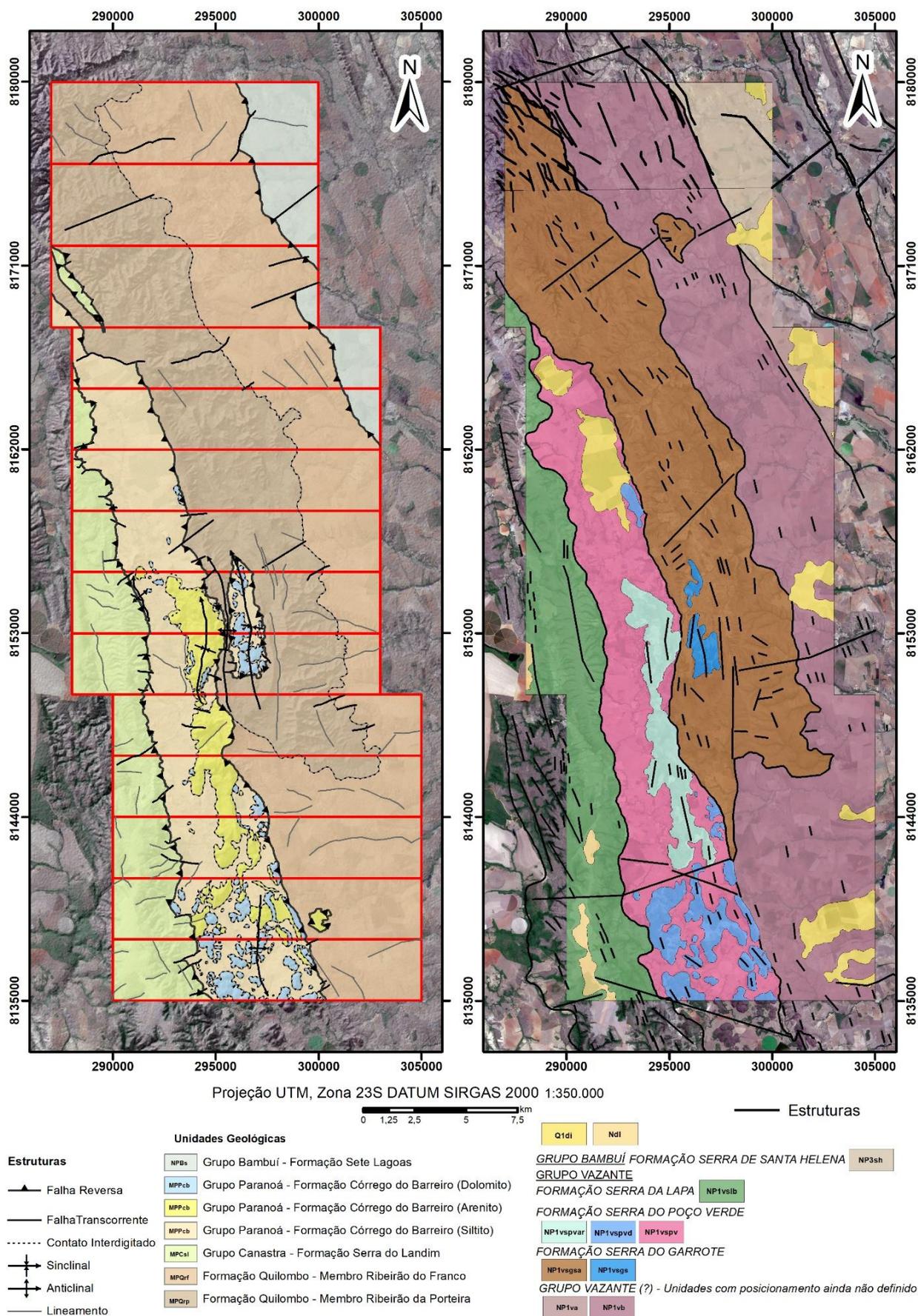
Quanto aos recursos econômicos presentes na região do Projeto Unaí, há potencial geoeconômico mineral envolvendo ocorrências de Pb e Zn ± Cu, argila, dolomito agrícola e agregados, fosfato e ouro orogênico. Além disso, há principalmente potencial não mineral, com a aplicação de atividades de geoturismo em decorrência da presença de cavidades naturais e quedas d'água.

Por fim, o zoneamento hidrogeológico proposto para a região de estudo apresenta caráter qualitativo e possibilitou a individualização e caracterização dos aquíferos em três domínios: i) freático; ii) fraturado e iii) físsuro-cárstico. O aquífero freático apresenta o maior potencial hídrico e ocorre associado a latossolos e argissolos/nitossolos, representando uma importante região de recarga para os aquíferos fraturados subjacentes.

## **9.2. Evolução do Conhecimento**

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a partir do Projeto Vazante-Paracatu, cartografou na escala 1:100.000 a Folha Serra da Aldeia SE.23-V-A-VI e a Folha Unaí SE.23-V-A-III (Pinho *et al.*, 2017). Estas folhas foram publicadas no ano de 2015 e nelas situa-se a área do Projeto Unaí. As unidades definidas pela CPRM para a região do Projeto Unaí correspondem apenas ao Grupo Vazante e ao Grupo Bambuí. No que diz respeito ao Grupo Vazante, foram mapeadas as formações Serra do Garrote, Serra do Poço Verde e Serra da Lapa, e duas unidades com posicionamento indefinido, já em relação ao Grupo Bambuí, foi registrada apenas a Formação Serra de Santa Helena.

A escala de trabalho do Projeto Unaí foi de 1:50.000, e, portanto, se esperava um maior detalhamento da cartografia das unidades presentes na região em relação aos mapas da CPRM. De forma geral, os traçados dos contatos geológicos e das estruturas principais no mapa do Projeto Unaí ficam conformes aos da CPRM; por outro lado, as unidades litoestratigráficas cartografadas são totalmente diferentes (Figura 9.1). A sequência litoestratigráfica proposta nesse estudo não inclui a presença de coberturas lateríticas e detríticas quaternárias e apresenta as seguintes atualizações: i) Inclusão das formações Quilombo, Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá), Serra do Landim (Grupo Canastra) e Sete Lagoas (Grupo Bambuí); ii) retirada das unidades pertencentes ao Grupo Vazante e da Formação Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí).



**Figura 9.1** Comparação entre os mapas geológicos produzidos pelo Projeto Unai na escala 1:50.000 (à esquerda) e pelo Serviço Geológico do Brasil na escala 1:100.000 (à direita).

A Formação Quilombo é composta pelos membros Ribeirão da Porteira (ritmito psamo-pelítico) e Ribeirão do Franco (ritmito pelito-psamítico), os quais, no mapa da CPRM, correspondem respectivamente ao Membro Serra do Andrequicé da Formação Serra do Garrote (Grupo Vazante) e à Unidade B com posicionamento indefinido no Grupo Vazante. A Formação Quilombo foi separada do contexto do Grupo Vazante devido aos trabalhos recentes de datação U-Pb de zircões das rochas vulcânicas presentes na área e da melhor caracterização do sistema turbidítico que essa formação representa (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021).

A sequência psamo-pelito-carbonatada presente na área do Projeto Unai foi individualizada como Formação Córrego do Barreiro, o topo do Grupo Paranoá. A CPRM mapeou essa sequência como pertencente às formações Serra do Poço Verde e Serra do Garrote do Grupo Vazante. Embora essas formações sejam litologicamente parecidas, as descrições petrográficas e faciológicas são mais consistentes com as da seção-tipo da Formação Córrego do Barreiro, feitas por Campos *et al.* (2012) e Campos *et al.* (2013). A definição dessas rochas como topo do Grupo Paranoá é corroborada pelo fato dos arenitos ocorrerem de forma expressiva e contínua, e a poção carbonatada aflorar em morrotes com pouca continuidade lateral, o que diverge com as descrições das formações Serra do Poço Verde e Serra do Garrote do Grupo Vazante, em que os pacotes de areia são inexpressivos e os carbonatos são abundantes e com uma maior continuidade lateral.

A única unidade metamórfica mapeada no Projeto Unai, formada por filitos e mármore dolomíticos metamorfizados na zona da clorita da fácies xisto verde, foi definida como Formação Serra do Landim (base do Grupo Canastra). Diferentemente, no mapa da CPRM essa porção é denominada como Formação Serra da Lapa do Grupo Vazante.

Na porção nordeste do mapa geológico do Projeto Unai foram cartografadas rochas pelíticas com a presença de margas. Esse conteúdo carbonatado indica que essas rochas fazem parte da Formação Sete Lagoas e não da Formação Serra de Santa Helena do Grupo Bambuí, como proposto pela CPRM (2015). A Tabela 9.1 sumariza a comparação entre as unidades mapeadas no Projeto Unai e no Projeto Vazante-Paracatu pela CPRM.

### **9.3. Recomendações**

Como um todo, observa-se divergências significativas em relação às unidades mapeadas no Projeto Unai com trabalhos anteriores, em que grande parte das unidades, *a priori*, foram definidas como pertencentes ao Grupo Vazante. Visto que esse grupo é caracterizado por apresentar um grande potencial econômico e foi mapeado ao sul da área de estudo, é interessante a realização de mapeamentos geológicos de detalhe a fim de investigar onde e como ocorre o contato entre as unidades mapeadas no Projeto Unai e do Grupo Vazante.

**Tabela 9.1)** Comparação entre as unidades litroestratigráficas propostas pelo Projeto Unai e pela CPRM (2015).

Projeto Unai	CPRM (2015)
Membro Ribeirão da Porteira da Fm. Quilombo	Membro Serra do Andrequicé da Fm. Serra do Garrote (Grupo Vazante)
Membro Ribeirão do Franco da Fm. Quilombo	Unidade B com posicionamento indefinido (Grupo Vazante)
Fm. Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá)	Fm. Serra do Poço Verde e Membro Sumidouro da Fm. Serra do Garrote (Grupo Vazante)
Fm. Serra do Landim (Grupo Canastra)	Fm. Serra da Lapa (Grupo Vazante)
Fm. Sete Lagoas (Grupo Bambuí)	Fm. Serra da Santa Helena (Grupo Bambuí) e Unidade A com posicionamento indefinido (Grupo Vazante)

A Formação Quilombo, neste trabalho foi associada ao Supergrupo Veadeiro, mas ainda carece de uma hierarquização estratigráfica bem definida em relação à qual grupo pertence. Desta forma, e dado que a datação foi realizada em poucos zircões retirados das rochas vulcânicas (Campos *et al.*, 2021), é importante desenvolver mais trabalhos aplicados à determinação com precisão da idade de formação dessas rochas. Além disso, a Formação Quilombo foi interpretada como uma sequência turbidítica depositada em ambiente marinho profundo a partir de elevadas taxas de subsidência de uma bacia tipo SAG, posterior ao rifte Araí. A partir disso, para conclusões mais precisas, recomenda-se o estudo em maior detalhe da estratigrafia de sequências acerca dessa unidade litoestratigráfica.

Existem conflitos na literatura em relação aos tipos de bacias em que as unidades mapeadas foram depositadas. Isso ocorre, principalmente, com os grupos Paranoá e Canastra, que são inseridos em um contexto ora de bacias intracratônicas do tipo sag, ora de margem passiva. Dessa maneira, sugere-se a realização de trabalhos estratigráficos e conjunto com a análise sísmica a fim de esclarecer essa questão.

## REFERÊNCIAS

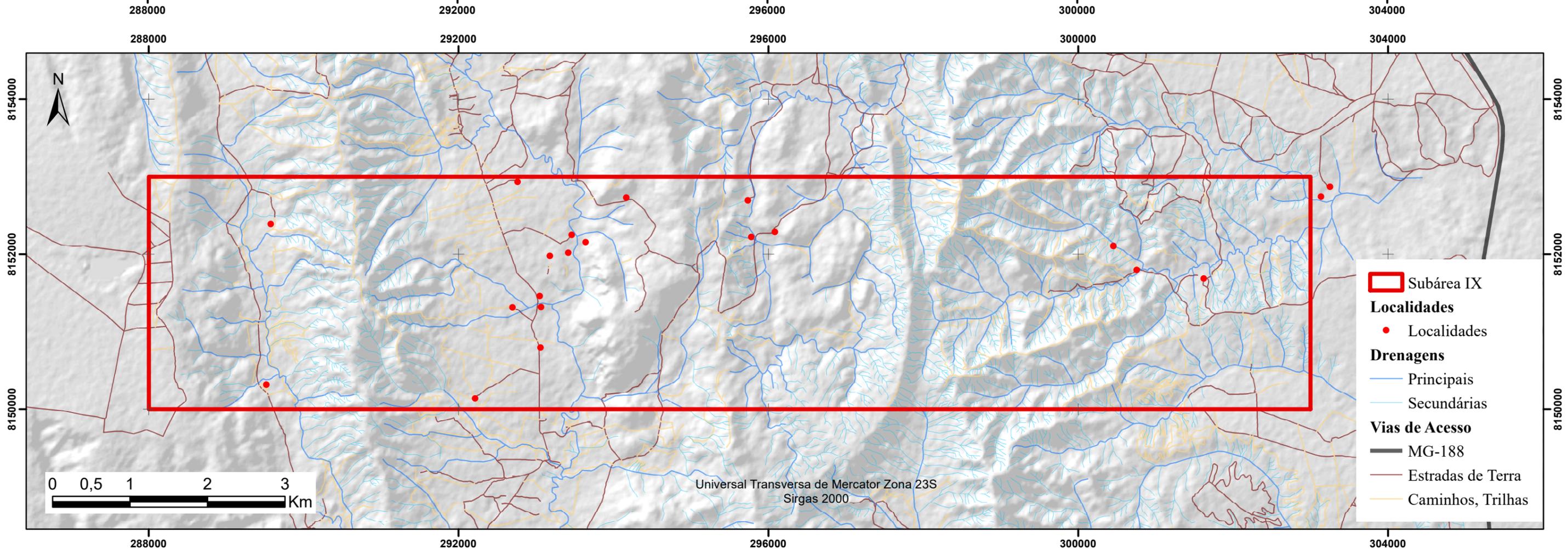
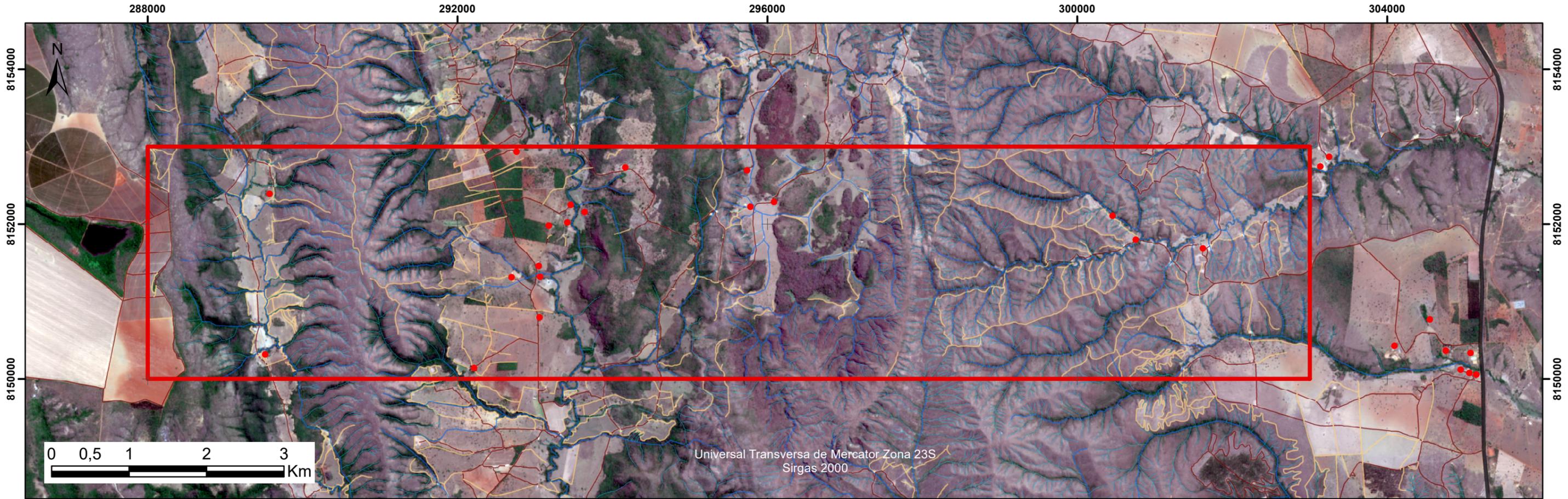
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., de Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.* 17 (1–2), 1–29
- Araújo Filho, J. O. 2000. The Pirineus Syntaxis: an Example of the Intersection of Two Brasiliano Fold-Thrust Belts in Central Brazil and Its Implications for the Tectonic Evolution of Western Gondwana. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 144–148.
- Barbosa, O. 1955. Guia de excursões. In: CONGR. BRAS. GEOL., 9. Araxá. Noticiário, 3: 3
- Barbosa, O.; Braun, O.P.G.; Dyer, R.C.; Cunha, C. A. B. R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro (Projeto Chaminés). Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 49: 2409-2422.
- Blakely, R. J. 1996. *Potential theory in Gravity & Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 441pp.
- Blum, M. L. B. 1999. Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 229 pp.
- Botelho, N.F.; Fuck, R.A.; Dantas, E.L.; Laux, J.H.; Junges, S.L. 2006. The Paleoproterozoic peraluminous Aurumina granite suite, Goiás and Tocantins, Brazil: geological, whole rock geochemistry and U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. In: Alkmin, F.F. & Noce, C.M. The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton, Ouro Preto, Brasil, Field Guide and Abstracts, pp. 92.
- Campos, J. E. G.; Freitas-Silva, F. H. 1999. Hidrogeologia do distrito federal. Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Parte I, v. 2.
- Campos, J. E. G.; Monteiro, C. F.; Rodrigues, L. N. 2006. Geologia e zoneamento hidrogeológico da bacia do Rio Preto, DF/GO/MG. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)
- Campos, J. E. G.; Bogossian, J.; Carvalho, R. M. 2012. Sedimentology of the Psammo-pelitic-carbonate Unit, Paranoá Group, and Sete Lagoas Formation, Bambuí Group: examples of mixed carbonate-siliciclastic sedimentation in the Proterozoic of the Brasília Fold Belt. *Brazilian Journal of Geology*, 42.3 (2012): 513-522.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A.; Freitas-Silva, F.H.; Martins-Ferreira, M.A.C. 2013. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. *Brazilian Journal of Geology*, 43(3):461-476.
- Campos, J. E. G.; Martins-Ferreira, M. A. C.; Moura, F. G.; Chemale Jr, F. 2021. Discovery of Precambrian deep-water turbidites and submarine volcanism in the Brasília Belt, Central Brazil: The Quilombo Formation. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 108, n. 103226, 2021.
- Cooper, G.R.J. & Cowan, D.R. 2004. Filtering using variable order vertical derivatives: Computers & Geosciences, 30, 455–459.
- Da Silva, C. H., Simões, L. S. A., Damázio, W. L., Ferreira, S. N., & Luvizotto, G. L. 2012. O Grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais. *Geologia USP - Serie Científica*, 12(2), 83–98.

- Dardenne, M.A. 1981. Os grupos Paranoá e Bambuí na faixa dobrada Brasília. SBG, Simp. Cráton São Francisco, 1, 104-157
- Dardenne, M.A.; Freitas-Silva, F.H.; Souza, J.D., & Campos, J.E.G. (1998). Evolução tectonosedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília. In Congresso Brasileiro Geologia (Vol. 40, p. 26). Resumos, SBG Belo Horizonte
- Dardenne, M.A., 2000. The Brasilia Fold belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), Proceedings of the 31st International Geological Congress on the Tectonic Evolution of South America, pp. 231–263 Rio de Janeiro.
- De Moraes Novo, E. M. L. 2010. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Blucher
- Dunham, Robert J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures.
- ESTADO DE MINAS GERAIS. Clima, vegetação e relevo. Disponível em: Clima, vegetação e relevo| Estado de Minas Gerais (www.mg.gov.br)
- Faria A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D’Aliança-Alto Paraíso de Goiás. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 199 p.
- Ferreira, F. D. F., Souza J., Bongioio A. de B. E S., Castro L. G. (2013). Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *Geophysics*, 78: 33- 41.
- Folk, R. L. 1954 The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, v. 62, n. 4, p. 344-359.
- Folk, R. L. 1959. Practical petrographic classification of limestones. *AAPG bulletin*, v. 43, n. 1, p. 1-38.
- Freitas-Silva, F. H. & Dardenne, M. A. 1994. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. In: SIMP. GEOL. CENTRO OESTE., 4. Brasília, Anais, SBG-DF/CO, p.164-165.
- Fuck, R. A., M. M. Pimentel, and L. J. H. D. Silva. "Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins." Congresso Brasileiro de Geologia. Vol. 38. SBG Balneário Camboriú, 1994. Fuck, R. A., Dantas, E. L., Pimentel, M. M., Botelho, N. F., Armstrong, R., Laux, J. H., ... & Praxedes, I. F. (2014). Paleoproterozoic crust-formation and reworking events in the Tocantins Province, central Brazil: A contribution for Atlantica supercontinent reconstruction. *Precambrian Research*, 244, 53-74.
- Guimaraes, E.M., 1997. Estudos de proveniencia e diagenese com enfase na caracterizacao dos filossilicatos dos Grupos Paranoa e Bambui, na regio de Bezerra-Cabeceiras (GO). Tese de Doutorado, Instituto de Geociencias, Universidade de Brasilia, Brasilia, pp. 270.
- IBGE. Imagens do satélite ALOS. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/alos/default.php>. Acesso em: 22 jul. 2008.
- Jaques, A. L., Wellman, P., Whitaker, A., & Wyborn, D. 1997. High-resolution geophysics in modern geological mapping. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(2), 159-173.
- Kearey, P.; Brooks, M.; Hill, I. 2009. Geofísica de exploração. Oficina de textos.

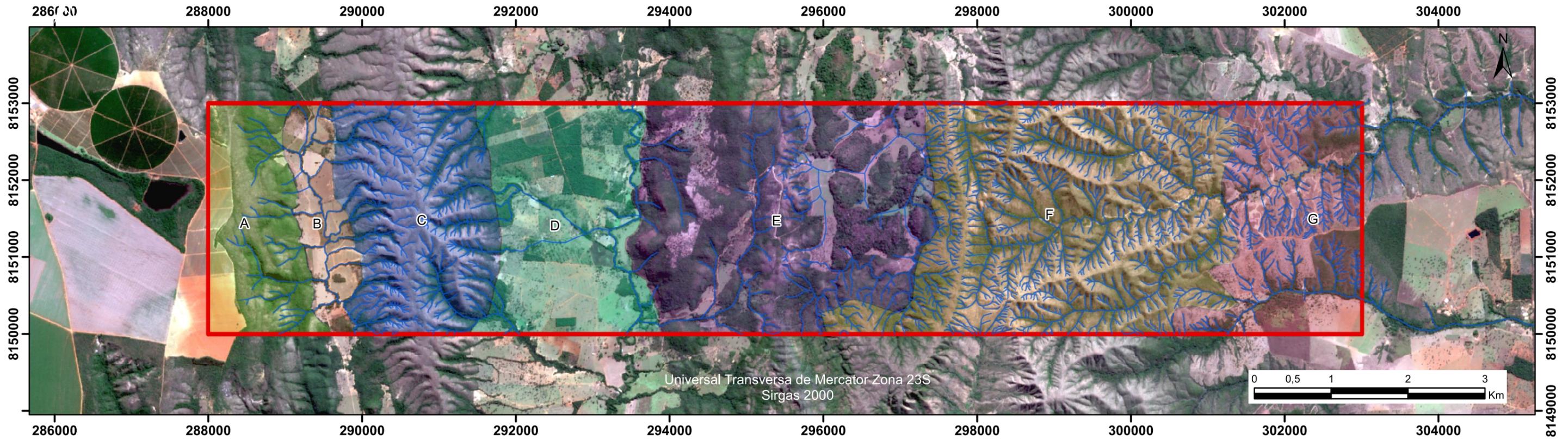
- LASA Engenharia e Prospecções S.S., 2001. Relatório Final do Levantamento e processamento dos dados Magnetométricos e Gamaespectométricos de Minas Gerais, Área 1- Unaí, Paracatu, Vazante e Coromandel; Texto técnico; SEME-COMIG.
- Madalosso, A.; Valle, C.R.O. 1978. Considerações sobre a estratigrafia e sedimentologia do Grupo Bambuí na região de Paracatu-Morro Agudo (MG). SBG, Cong. Bras. Geol., 30, Recife, Anais, 2:622-634. Mutti, E., 1992. Turbidite Sandstones. Milan. AGIP & I.G.U. Pr. 275p.
- Madalosso, A. 1980. Considerações sobre a paleogeografia do Grupo Bambuí na região de Paracatu, M.G. SBG, Cong. Bras. Geol., 31, Camboriú, Anais, 2:772-785.
- Martins-Ferreira, M.A.C., 2017. Evolucao tectonica das bacias Arai e Paranoa na faixa brasilia norte. PhD Thesis. Instituto de Geociencias. Universidade de Brasilia, Brazil.
- Martins-Ferreira, M.A.C., Chemale, F., Dias, A.N.C., Campos, J.E.G., 2018a. Proterozoic intracontinental basin succession in the western margin of the Sao Francisco Craton: constraints from detrital zircon geochronology. J. South Am. Earth Sci. 81 (January 2018), 165–176. ISSN 0895-9811.
- Martins-Ferreira, M.A.C., Campos, J.E.G., Von Huelsen, M.G., 2018b. Tectonic Evolution of the Paranoa basin: new evidence from gravimetric and stratigraphic data. Tectonophysics 734–735 (5 June 2018), 44–58.
- Miller Hg. & Singh V. 1994. Potential Field Tilt - a new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics, 32: 213-217.
- Moura, Florença das Graças, 2018. Geologia do Grupo Quilombo e seu embasamento cristalino na região de Unaí-MG.
- Mourão, Maria Antonieta Alcântara et al, 2001. Caracterização hidrogeológica do município de Unaí.
- Mutti, E., Bernouli, D., Ricci Lucchi, F., Tinterri, R., 2009. Turbidites and turbidity currents from Alpine “flysh” to the exploration of continental margins Sedimentology 56, 267–318.
- Mutti, E., Tinterri, R., Benvelli, G., Dibiasi, D., Cavanna, G., 2003. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. In: Turbidites: Models and Problems (Eds E. Mutti, G. Steffens, C. Pirmez, M. Orlando and D. Roberts), Mar. Petr. Geol., vol. 20, pp. 733–755.
- Pereira, L. F., Dardenne, M. A., Rosière, C. A., & Pedrosa-Soares, A. C. 1994. Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibia na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. *Geonomos*, 2(1), 22-32
- Pimentel, M. M. & Botelho, N. F. 2001. Sr and Nd isotopic characteristics of 1,77-1,58 Ga rift-related granites and volcanics of the Goiás tin province, Central Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 73: 263 – 276.
- Pimentel, M.M., Rodrigues, J.B., DellaGiustina, M.E.S., Junges, S., Matteini, M., Armstrong, R., 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasilia Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: a review. J. South Am. Earth Sci. 31, 345–357.

- Pinho, J. M. M., Féboli, W. L., Signorelli, N., Tuller, M. P., Brito, D. C., Freitas, F. M., Ribeiro, J. H., Baptista, M. C., Silva, R. N. 2017. Projeto Vazante-Paracatu: Geologia e recursos minerais das folhas: Cabeceira Grande, Unaí, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo e Patos de Minas. Belo Horizonte: CPRM.
- Reboita, Michelle Simões et al, 2015. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia, v. 17.
- Rodrigues, J.B., 2008. Proveniência dos sedimentos dos grupos Canastra, Ibia, Vazante e Bambuí. Um estudo de zircoes detriticos e idades modelo Sm-Nd. PhD thesis. Instituto de Geociencias da Universidade de Brasilia, Brasilia, pp. 129.
- Seraine, M., Campos, J.E.G., Martins-Ferreira, M.A.C., Giorgioni, M., Angelo, T.V., 2020. Tectonic significance of abrupt immature sedimentation in a shallow cratonic margin basin: the Arkose Level, Mesoproterozoic Paranoá Group. *J. S. Am. Earth Sci.* 97 p.102397.
- Seraine, M., Campos, J. E. G., Martins-Ferreira, M. A. C., de Alvarenga, C. J. S., Chemale Jr, F., Angelo, T. V., & Spencer, C, 2021. Multi-dimensional scaling of detrital zircon geochronology constrains basin evolution of the late Mesoproterozoic Paranoá Group, central Brazil. *Precambrian Research*, 365, 106381.
- SIAGAS- Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em CPRM - Serviço Geológico do Brasil
- Simpson R.W., Jachens, R.C., Blakely, R.J. 1986. A new isostatic residual gravity map of the Conterminous United States with a discussion on the significance of isostatic residual anomalies, *J. Geophys. Res.* 91 (B-8), 8348–8372.
- SISDAGRO- Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária. Disponível em SISDAGRO (inmet.gov.br)
- Tanizaki, Maria Luiza Nascentes. 2013. Geologia do Grupo Araí: registro de rifteamento crustal no Brasil Central.
- Teles, L. S. B. 2019 Caracterização, gênese e correlação estratigráfica dos fosforitos da região de Coromandel–MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- Tucker, Maurice E. 2014. Rochas Sedimentares-4. Bookman Editora.
- Valeriano, C. D. M., Dardenne, M. A., Fonseca, M. A., Simões, L. S. A., & Seer, H. J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. BECA, 575-592.
- Verduzco B., Fairhead J.D., Green C.M. 2004. *New insights into magnetic derivatives for structural mapping*. *The Leading Edge*, 23 2: 116–119.

# Anexo A - Mapa Base da Subárea IX



## Anexo B - Mapa de Zonas Homólogas da Subárea IX.



- Drenagem
- Limite da Subárea IX

### Zonas Homólogas

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G

		Zona Homóloga	Densidade de elementos texturais e estruturais e grau de tropia	Tipo de Encosta/Assimetria do relevo	Densidade de lineação em série	Padrão de Relevo	Padrão de Drenagem	Densidade de Drenagem
<b>Elementos texturais</b>	corresponde a rupturas, encostas, microrelevos							
<b>Elementos estruturais</b>	corresponde a lineações positivas, lineações negativas em feixe e as lineações negativas em série.	A	Baixa densidade de elementos texturais e densidade moderada a baixa de elementos estruturais. Apresenta grau de tropia baixo	Reta/Assimétrico	Baixa	Forte ondulado (alto topográfico)	Sub-paralelo	Baixa
<b>Grau de Tropia</b>	grau de ordenamento dos elementos estruturais segundo uma tendência, o qual reflete a anisotropia da rocha.	B	Densidade baixa elementos texturais e estruturais. Apresenta grau de tropia moderado a baixo.	Horizontal	Nula	Suave (baixo topográfico)	Angular	Baixa
<b>Tipo de encosta</b>	reflete a resistência ao intemperismo. A encosta pode ser convexa, reta, côncava e horizontal; Quanto a intensidade, que se refere a declividade do terreno, a encosta pode ser classificada em: alta, média, baixa e nula.	C	Alta densidade de elementos estruturais com grau de tropia moderado a baixo	Convexa/Simétrico	Alta	Forte ondulado (alto topográfico)	Sub-dendritico	Alta
<b>Assimetria do Relevo</b>	reflete o mergulho das camadas e pode ser classificado em simétrico e assimétrico	D	Baixa densidade de elementos texturais e densidade moderada a baixa de elementos estruturais. Apresenta grau de tropia baixo	Horizontal	Nula	Suave ondulado (baixo topográfico)	Sem padrão específico (Rio meandrante)	Baixa
<b>Densidade de lineação em série</b>	reflete o grau de ruptibilidade das rochas.	E	Alta densidade de elementos texturais e moderada densidade de elementos estruturais. Grau de tropia moderado a baixo.	Convexa/Simétrico	Moderada	Forte ondulado (alto topográfico)	Sem padrão específico	Moderada
<b>Padrão de Relevo</b>	caracterizado de acordo com a amplitude e declividade do relevo	F	Alta densidade de elementos texturais e estruturais. Grau de tropia moderado.	Côncava/Simétrico	Alta	Forte ondulado (alto topográfico)	Dendritico e localmente com padrão treliça	Alta
<b>Padrão de Drenagem</b>	variação na forma e organização de uma rede de drenagem	G	Baixa densidade de elementos texturais e alta a moderada densidade de elementos estruturais. Grau de tropia moderado	Horizontal	Alta	Suave ondulado	Dendritico	Moderada a baixa

# Anexo C - Mapa de Pontos - Área IX

288000

292000

296000

300000

304000

8154000

8152000

8150000

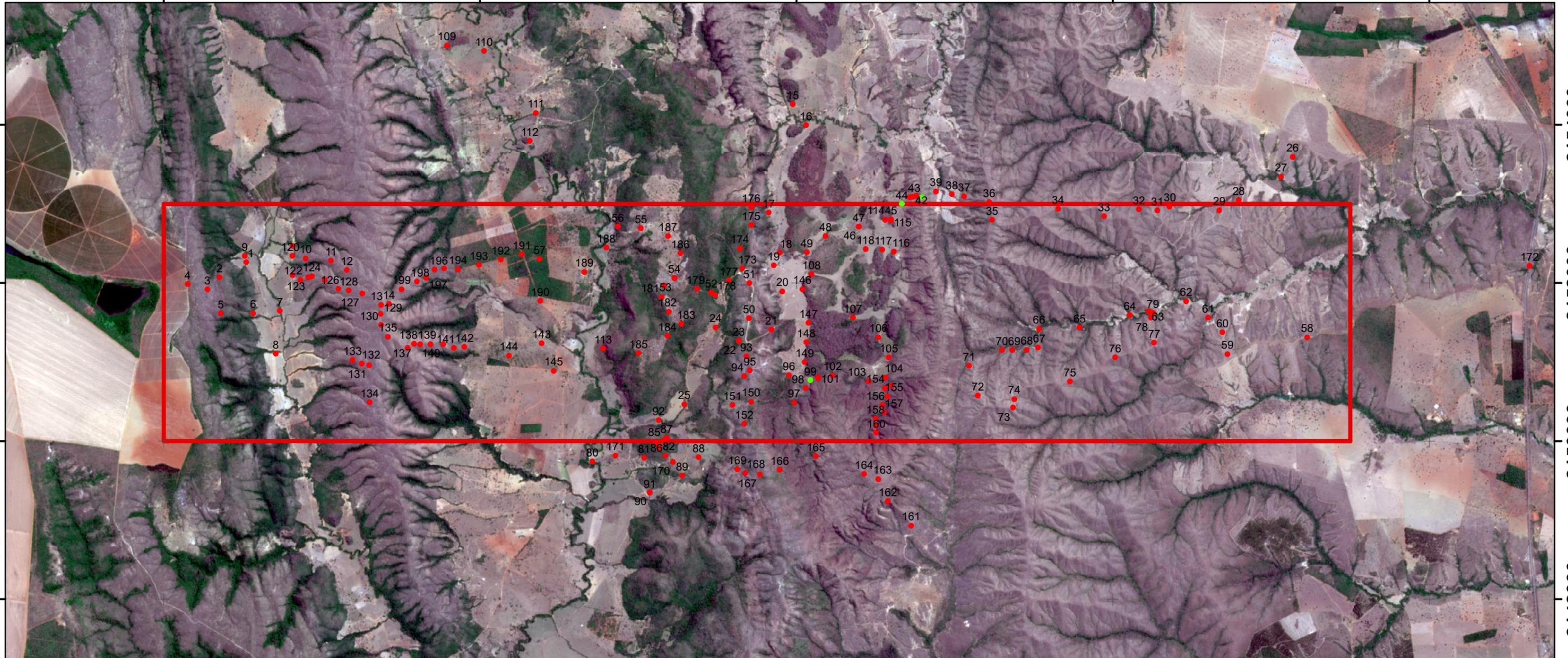
8148000

8154000

8152000

8150000

8148000



- Pontos com amostras laminadas
- Pontos marcados em campo
- ▭ Subárea IX



Universal Transversa de Mercator Zona 23S  
Sirgas 2000



Autoras: Paula Thaís da Silva Nascimento  
Raylline Ferreira da Silva

## Anexo D - Tabela de pontos da Subárea IX

Ponto	UTM E	UTM N	Altitude	Zona UTM	Litologia	Unidade Geológica			Toponímia	Descrição	Amostra	Lâmina
						Grupo	Formação	Membro				
TF20-IX-01	289042	8152264	758	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Blocos soltos na base do morro no extremo oeste da área	Rocha de cor cinza esverdeado quando fresca com porções alteradas de cor vermelha; foliação filítica pervasiva; presença de micas metamórficas, granulação muito fina.		
TF20-IX-02	288707	8152070	845	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Blocos soltos e in situ no cume do morro	Rocha de granulometria muito fina de cor cinza. Apresenta foliação filítica pervasiva.	TF20-IX-02	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica de cor cinza quando fresca e avermelhada quando alterada, marcando bem a foliação. Apresenta duas foliações, uma bem marcada e outra incipiente. Presença de fraturas.		
TF20-IX-04	288301	8151986	894	23 S					Ponto de controle, próximo a uma plantação extensa	Ponto de controle, próximo a uma plantação extensa		
TF20-IX-05	288720	8151615	886	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Vegetação densa com blocos soltos	Apresenta solo bem desenvolvido e de amarela; rocha de granulometria muito fina bastante alterada com foliação filítica.		
TF20-IX-06	289130	8151618	794	23 S					Ponto de controle	Pasto em solo de cor marrom (evidenciado pelos cupinzeiros) e bastante espesso na base do morro.		
TF20-IX-07	289468	8151648	767	23 S					Ponto de controle	Ao lado de uma drenagem bastante encaixada, a qual atravessa a área no sentido N-S. Presença de um longo perfil de solo marrom sem exposição de rocha.		
TF20-IX-08	289418	8151107	777	23 S					Ponto de controle	Solo de cor avermelhada, relevo suave ondulado, entre o morro de filitos à oeste e o outro à leste.		
TF20-IX-09	289023	8152344	770	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Base do morro à leste; próximo a uma construção abandonada	Solo amarelo claro. Afloramento in situ, rocha de granulometria muito fina, alterada e de cor amarela. Ao redor blocos rolados do mesmo litotipo do que está in situ. Foliação bem marcada. Granulometria fina. Presença de poucas micas. Aparentemente a mesma rocha encontrada no morro à oeste.		
TF20-IX-10	289795	8152312	701	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Encosta oeste do morro	Pelito aparentemente mais grosso que os anteriores. Rosa quando alterado, presença de algumas micas.	TF20-IX-10	
TF20-IX-11	290113	8152283	872	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Encosta oeste do morro; próximo a drenagem encaixada.	Ao longo da trilha (W-E) no sentido leste, é evidenciado o aumento gradual do mergulho da foliação. Afloramento in situ de filito sericitico		
TF20-IX-12	290316	8152162	877	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Encosta oeste do morro	Filito com presença de micas, bloco basculado em que é possível ver a interseção entre as duas foliações, mas não foi possível medir.		
TF20-IX-13	290750	8151720	929	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Cume do morro	Vegetação rasteira sem afloramentos in situ no cume do morro, apenas com blocos de quartzo leitoso no chão. Descendo a drenagem, no ponto mais a montante, afloramento de filito com cor vermelha (alterada).		
TF20-IX-14	290849	8151732	917	23 S	Filito sericitico	Canastra	Serra do Landim		Encosta leste do morro, entre duas drenagens encaixadas	Filito com foliação penetrativa com presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-15	295954	8154259	667	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento de grande dimensão próximo a estrada. Rocha in situ e blocos rolados de dolomito. Quanto a rocha in situ, o dolomito possui granulometria areia fina e na parte superior ocorrem estratificações paralelas horizontais. Também ocorre intercalação com níveis pelíticos. Na parte maciça do afloramento, a granulometria é de areia fina. Ocorrem blocos rolados de granulometria areia média e com presença de intraclastos. Presença de esteiras microbianas e cavidades preenchidas por cimento calcífico.		
TF20-IX-16	296120	8153999	656	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento de dolomito in situ ao lado da estrada. Presença de oolitos silicificados e nível com extraclastos (grãos de quartzo). Fácies maciça e laminada.		
TF20-IX-17	295649	8152892	694	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Base de Morrote; blocos soltos	Rocha siliciclástica de granulometria fina. Apresenta foliação crenulada. Solo de cor marrom acizentada.		
TF20-IX-18	295787	8152379	653	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrotes próximo a estrada; afloramento in situ	Dolomito com fácies maciça e laminada (com pelito). Dolarenito com níveis dololulíticos. Presença de esteiras microbianas, algumas esteiras silicificadas. Blocos soltos de arenito recristalizado um pouco mais abaixo no morro, granulometria areia média, bem selecionado. Apresenta laminação.		
TF20-IX-19	295712	8152224	665	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Base do morro; blocos soltos	Pelito laminado; cor branca devido a alteração.		
TF20-IX-20	295821	8151895	768	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Dolomito in situ com fácies maciça e laminada. Presença de silixito.		
TF20-IX-21	295683	8151410	750	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Estrada	Afloramento in situ de pelito foliado. Ao longo da estrada de terra ocorrem blocos rolados de pelitos e presença de silixito. Solo marrom acizentado.		
TF20-IX-22	295272	8151267	767	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Pelito foliado. Presença de muitos blocos rolados de arenito grosso. Observa-se um bloco rolado de arenito muito recristalizado com feições de deformação.		
TF20-IX-23	295269	8151274	770	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro, blocos rolados	Blocos rolados de arenito grosso.		
TF20-IX-24	294978	8151440	762	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Muitos blocos rolados de arenito. Granulometria areia grossa, bem selecionado, grãos esféricos, no geral os grãos se tocam. Presença de feldspato alterado e pouca matriz. Ao longo da estrada, solo vermelho amarelado e espesso.		
TF20-IX-25	296582	8150468	749	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Estrada	Pelito extremamente alterado, praticamente um saprólito.		
TF20-IX-26	302272	8153595	620	23 S	Arenito fino		Quilombo	Ribeirão do Franco	Drenagem	Afloramento em drenagem. Rocha alterada, arenito muito fino de cor rosada devido a alteração.		

TF20-IX-27	302126	8153345	604	23 S	Arenito fino		Quilombo	Ribeirão do Franco	Estrada	Arenito fino, rosado devido a alteração.		
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão do Franco	Drenagem	Afloramento em drenagem. Sequência rítmica dominada por pelitos. Camadas de cor branca e rosada intercaladas.		
TF20-IX-29	301345	8152920	623	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão do Franco	Encosta do Morro	Rocha rítmica com bancos maiores de psamitos, contatos planos entre pelito e psamito. Bancos centimétricos de psamitos, marcados por alto relevo. Mesma sequência de antes, porém mais arenosa. Acamamento plano paralelo.		
TF20-IX-30	300715	8152967	655	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do Morro	Sequência rítmica entre pelito e arenito. O arenito possui granulometria areia fina e é mais maturo e puro. Variação contínua da espessura das camadas.		
TF20-IX-31	300563	8152919	658	23 S	Arenito fino		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem; ritmito psamo-pelítico com muitos bancos de areia.		
TF20-IX-32	300330	8152934	657	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do Morro	Afloramento in situ, sequência rítmica entre pelito e psamito, em que há o domínio de pelito.		
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	Grauvaca psamítica		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do Morro	Bancos de areia fina com presença de lineação de estiramento. Alguns metros a frente ocorre grauvaca psamítica, rocha de granulometria areia média, presença de matriz pelítica, os grãos não se tocam. Ocorrem fragmentos líticos.		
TF20-IX-34	299306	8152939	784	23 S	Grauvaca psamítica		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do Morro	Recorrência maior de fácies psamíticas em camadas maiores. Contato plano entre as camadas, sem sinais de tração. Grauvacas quartzosa, com poucos fragmentos líticos. Granulometria de média a grossa e com aproximadamente 30% de matriz.		
TF20-IX-35	298472	8152799	843	23 S					Ponto de Controle no Morro			
TF20-IX-36	298436	8153024	886	23 S	Grauvaca psamítica		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Cume do morro	Rocha extremamente silicificada. Grauvaca quartzosa silicificada em banco de aproximadamente 2 metros.		
TF20-IX-37	298119	8153097	702	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Rocha pelítica em camadas finas.		
TF20-IX-38	297964	8153120	662	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem, rocha fresca. Rocha pelítica de cor esverdeada, laminada.		
TF20-IX-39	297764	8153159	654	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Rocha pelítica com alto ângulo de mergulho, aparenta estar levemente dobrada. Um pouco acima do morro, camada arenosa preservada em meio ao pelito.		
TF20-IX-40	297590	8153084	741	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Ritmito com predominância de camadas psamíticas		
TF20-IX-41	297514	8153106	781	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Siltito preto placoso.		
TF20-IX-42	297467	8153089	692	23 S	Grauvaca lítica		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Camada de grauvaca com muitos fragmentos líticos. Na camada de baixo encontra-se o pelito. Seguindo na drenagem, grauvaca com fragmentos líticos maiores, chegando a um nível conglomerático.	TF20-IX-42	TF20-IX-42
TF20-IX-43	297430	8153087	704	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Conglomerado com clastos milimétricos.	TF20-VIII-44	TF20-VIII-44
TF20-IX-44	297333	8153000	678	23 S	Marga	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pé do morro	Após sair da drenagem. Presença de marga no pé do morro, marcando o contato entre o conglomerado do Quilombo e carbonatos do Paranoá. Rocha muito alterada.		
TF20-IX-45	297196	8152807	661	23 S	Brecha carbonática	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Brecha carbonática com clastos centimétricos com fragmentos de estromatólitos e esteiras microbianas. Trata-se de um bloco rolado.		
TF20-IX-46	296787	8152712	662	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Blocos rolados. Intercalação entre pelitos e arenito grosso.	TF20-IX-46	
TF20-IX-47	296789	8152714	669	23 S	Arenito fino	Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle. Fazenda Estácio Buogo, ao lado dos eucaliptos	Ao longo da estrada há blocos de arenito muito fino		
TF20-IX-48	296369	8152595	682	23 S	Arenito médio	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Arenito médio com grãos recristalizados e com intercalações plano paralelas de níveis mais alterados (Amostra; nível mais alterado do mesmo material ou nível de material diferente?). O afloramento possivelmente está basculado e as medidas estruturais não estão confiáveis. Blocos rolados de arenito muito grosso vindos possivelmente do morrote ao lado leste da estrada (Amostra).	TF20-IX-48	
TF20-IX-49	296131	8152391	703	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada, próxima a casa azul da Fazenda Buogo	Blocos grandes de doloarenito fino com extraclastos de grânulos e seixos de quartzo, cor esverdeada com cavidades preenchidas por cimento e presença de esteiras microbianas. Composto por fácies maciças e fácies laminadas. Possui lentes de calcitas e de silix. Apresenta cristais de calcita rosa.		
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Estrada	Afloramento na beira da estrada. Rocha pelítica com intercalação de níveis de areia muito fina. Camada apresenta ondulações. A dobra é bastante suave.	TF20-IX-50	
TF20-IX-51	295405	8151996	808	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Canaleta da estrada	Pelito foliado.		
TF20-IX-52	294922	8151877	779	23 S	Arenito fino	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Blocos rolados de arenito grosso com pouca matriz, bem selecionado, composto por quartzo e em menor proporção por feldspato. Em 50 metros à frente na direção norte da estrada, grande bloco de tamanho métricos de doloarenito intercalado com dololuto presente no perfil de solo e no chão da estrada aflora arenito muito fino bastante alterado. Alguns metros à frente, seguindo a estrada, aflora arenito grosso bastante friável com grãos bem esféricos, selecionados e clasto suportado (pouquíssima matriz).	TF20-IX-52	
TF20-IX-53	294459	8152061	786	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento in situ de arenito com pouca matriz, bem maturo, esférico e bastante recristalizado.		

TF20-IX-54	294459	8152064	784	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento in situ de arenito grosso.		
TF20-IX-55	294033	8152690	758	23 S	Arenito muito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Grandes blocos de arenito muito grosso com grânulos a seixos de quartzo, mal selecionado. Os grãos menores parecem subesféricos e os maiores são subelípticos.		
TF20-IX-56	263741	8152716	745	23 S	Arenito fino a médio	Paranoá	Córrego do Barreiro		Corte de Estrada	Arenito fino a médio bem selecionado. Níveis centimétricos de arenito fino a médio intercalados com um material mais fino que marca o acamamento.		
TF20-IX-57	292752	8152305	715	23 S					Ponto de Controle	Latossolo vermelho.		
TF20-IX-58	302457	8151313	630	23 S					Ponto de Controle, estrada	Solo marrom.		
TF20-IX-59	301449	8151102	632	23 S	Arenito		Quilombo	Ribeirão do Franco	Estrada	Blocos rolados de psamito. Solo amarronzado.		
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão do Franco	Estrada	Intercalação entre níveis pelíticos levemente dobrados e bancos de psamitos. Esses bancos arenosos se destacam pelo alto relevo e possuem granulometria de areia fina. As camadas pelíticas são mais espessas. 10 metros a frente na estrada observa-se camadas dobradas, além da dobra maior, os flancos também aparentam estar dobrados.		
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Camadas menos psamíticas do que observou-se no ponto anterior. Ocorre um veio de quartzo e muitas fraturas. Em um dos planos de fratura no psamito ocorrem steps com sentido 055Az, nesse plano também ocorrem estrias com medida 055/10.		
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Sucessão rítmica entre psamito e pelito, agora com camadas de areia mais espessas que as de pelito. Aqui também observa-se steps. Alguns metros a frente, ocorrem camadas mais espessas de psamitos em que em uma observa-se uma laminação ondulada. Seguindo na estrada, ainda intercalações entre pelitos e psamitos, com contatos planares entre as camadas. As camadas arenosas são centimétricas a decimétricas e observa-se micas com forma arredondada. Nessas rochas, as fraturas geram "plaquinhas", como em um formato de lápis.		
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Ritmito com intercalações semelhantes às observadas no ponto anterior. Ocorrência de dobra aberta.		
TF20-IX-64	300214	8151598	623	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Ritmito caracterizado pela intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que ocorre a predominância dos níveis pelíticos.	TF20-IX-64	
TF20-IX-65	299580	8151437	633	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Blocos rolados e rocha in situ. Ritmito em que predominam camadas psamíticas decimétricas, camadas pelíticas bem menos espessas.		
TF20-IX-66	299068	8151419	644	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem. Muitos blocos rolados e afloramento in situ em que é possível observar camadas dobradas. Observa-se rocha fresca de coloração verde que corresponde a um ritmito em que predominam camadas psamíticas.		
TF20-IX-67	299054	8151183	651	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Corte de Estrada	Ritmito caracterizado pela intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que ocorre a predominância dos níveis psamíticos. Rocha muito alterada.		
TF20-IX-68	298911	8151155	650	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Ritmito caracterizado pela intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que ocorre a predominância dos níveis pelíticos.		
TF20-IX-69	298727	8151153	650	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-70	298598	8151153	659	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Ritmito caracterizado pela intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que ocorre a predominância dos níveis pelíticos. Nesse ponto observa-se a rocha fresca e presença de uma laminação.		
TF20-IX-71	298235	8150367	704	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-72	298292	8150576	732	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Ritmito caracterizado pela intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que ocorre a predominância dos níveis psamíticos. Presença de lineação de estiramento no psamito.		
TF20-IX-73	298740	8150424	801	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-74	298754	8150534	723	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Rocha fresca em drenagem. Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-75	299456	8150755	767	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-76	300028	8151059	711	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível psamítico.		
TF20-IX-77	300519	8151247	668	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas em que predomina o nível pelítico		
TF20-IX-78	300481	8151561	618	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Sequência psamo pelítica em que ocorre a predominância do nível pelítico.		
TF20-IX-79	300508	8151620	618	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem em que observa-se rocha fresca. Ritmito em que predomina o nível pelítico. Camada dobrada de dimensão métrica em que os flancos também estão dobrados (dobras parasíticas).		
TF20-IX-80	293418	8149744	679	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Ocorrência de blocos rolados de arenito grosso ao longo da estrada.		

TF20-IX-81	294075	8149789	739	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro	Blocos rolados de arenito grosso, clasto suportado, bem selecionado e com pouca matriz.		
TF20-IX-82	294345	8149819	760	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Muitos blocos de rolados de arenito em cima do morrote na divisa entre as áreas IX e X.		
TF20-IX-83	294261	8149917	782	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Blocos rolados de arenito grosso, clasto suportado, bem selecionado e com pouca matriz.		
TF20-IX-84	294223	8149985	797	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Blocos rolados de arenito grosso, clasto suportado, bem selecionado e com pouca matriz.		
TF20-IX-85	294313	8149999	759	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Blocos rolados de arenito grosso, clasto suportado, bem selecionado e com pouca matriz. Solo amarronzado devido a matéria orgânica.		
TF20-IX-86	294344	8150028	695	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Descida do morro. Dolomito com níveis maciços decimétricos intercalados com níveis pelíticos milimétricos a centimétricos. Presença de esteiras microbianas paralelas aos níveis pelíticos e fraturas de dissolução. A rocha encontra-se recristalizada e em volta ocorrem muitos blocos rolados de arenito.	TF20-IX-86	
TF20-IX-87	294359	8150042	745	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Após a descida do morro em um pasto, apenas blocos rolados de arenito.		
TF20-IX-88	294763	8149796	725	23 S					Ponto de Controle	Ao lado de uma cerca, vários blocos laterizados e alguns arenitos finos.		
TF20-IX-89	294553	8149564	721	23S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Dolomito ao lado da estrada. Rocha com níveis maciços e por vezes com intercalações com níveis pelíticos. Presença de esteiras microbianas.		
TF20-IX-90	294144	8149352	675	23 S	Arenito fino	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Perfil de solo e saprólito. Rocha de granulometria areia muito fina, baixa densidade.		
TF20-IX-91	294145	8149347	695	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Controle. Blocos rolados de arenito grosso		
TF20-IX-92	294257	8150267	716	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Bloco de dolomito possivelmente in situ. Granulometria areia fina, pouco recristalizado.		
TF20-IX-93	295366	8151072	779	23 S					Cume do morro	Controle. Blocos laterizados.		
TF20-IX-94	295338	8150358	779	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Cume do morro	Rocha muito alterada. Saprólito de um siltito. Granulometria areia fina/silte.		
TF20-IX-95	295412	8150894	796	23 S	Ritmito psamo pelítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Cume do morro	Intercalações centimétricas entre psamitos e pelitos. O psamito possui granulometria areia fina. Camadas dobradas suavemente.		
TF20-IX-96	295905	8150835		23 S					Pasto	Controle. Blocos laterizados.		
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem. Rocha fresca, de cor cinza esverdeada, reage ao ácido quando riscada. Possui granulometria silte. Seguindo alguns metros na drenagem, a rocha para de reagir ao ácido. Ocorrem dobras com eixo NS e fratura extensional	TF20-IX-97	
TF20-IX-98	296117	8150669	701	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Seguindo na drenagem. Siltito verde escuro. Aqui as camadas começam a mergulhar para norte.		
TF20-IX-99	296175	8150770	690	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Contato entre o siltito dos pontos anteriores e um conglomerado. O conglomerado apresenta cor cinza escura, clastos de tamanho milimétrico a centimétrico e é matriz suportado.	TF20-IX-99	TF20-IX-99
TF20-IX-100	296273	8150799	716	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Conglomerado de cor cinza escura, matriz suportado com clastos milimétricos a centimétricos. Ocorrência de camadas métricas de siltito entre as camadas de conglomerado. A partir desse ponto por aproximadamente 100 metros a drenagem não aflora mais nada, apenas blocos rolados e perfis alterados. Após esses 100 metros, voltamos a acompanhar o perfil com rocha aflorante e fresca.		
TF20-IX-101	296273	8150808	697	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Sequência ritmica composta por intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas. Predominância de camadas pelíticas; a parte psamítica possui fragmentos líticos.	TF20-IX-101	
TF20-IX-102	296456	8150832	698	23 S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Sequência ritmica composta por intercalação entre camadas pelíticas e psamíticas. Predominância de camadas pelíticas; a parte psamítica possui fragmentos líticos.		
TF20-IX-103	296912	8150758	694	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Conglomerado de cor cinza escura, matriz suportado com clastos milimétricos a centimétricos.		
TF20-IX-104	297121	8150805	686	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Rocha alterada. Conglomerado de cor cinza escura, matriz suportado com clastos milimétricos a centimétricos.		
TF20-IX-105	297166	8151062	682	23 S	Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Conglomerado de cor cinza escura, matriz suportado com clastos milimétricos a centimétricos. Apresentam níveis pelíticos que ressaltam o acamamento		
TF20-IX-106	297036	8151313	685	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro	Blocos de dolomito maciço.		
TF20-IX-107	296714	8151564	688	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro	Blocos de dolomito maciço. Trata-se de um dolarenito.		

TF20-IX-108	296190	8152112	689	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro	Blocos de dolomito maciço. Trata-se de um dolarenito.		
TF20-IX-109	291579	8155003		23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Dolarenito composto por fácies maciça e com esteiras microbianas retrabalhadas. Presença de brecha carbonática com clastos de bioconstrução (esteiras microbianas) e cavidades contornadas por cimento espático fibroso; segunda cimentação com cimento espático e mosaico, o que indica uma diagenese precoce. Nesse dolomito também ocorrem nódulos de quartzo, o que caracteriza uma feição diagenética, típica de diagênese freática.		
TF20-IX-110	292049	8154936		23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Dolomito composto por fácies maciças e brechas intraclásticas com clastos centimétricos.		
TF20-IX-111	292706	8154151		23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Brecha carbonática com clastos alongados centimétricos, aparentam ser de ressecamento.		
TF20-IX-112	292627	8153800		23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	Dolomito compostos por fácies estromatolíticas, com estromatólitos colunares. Rodolito em que não é possível identificar muito bem os clastos, composto principalmente por esteiras microbianas caóticas e microencrustações. Ocorre uma variação lateral de fácies, com alguns blocos com muitas cavidades.		
TF20-IX-113	293556	8151170	743	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Paredão de dolomito. Apresenta uma intercalação entre camadas métricas de dolarenito e camadas centimétricas de dololuto. Ocorrem níveis com extraclastos e também fácies brechadas.		
TF20-IX-114	297122	8152802	670	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote	Morrote maior ao lado do pasto. Paredão de dolarenito com muitos blocos rolados ao pé do morro. Rocha maciça com nenhuma estrutura aparente e recristalizado em algumas porções. Em apenas um bloco rolado há esteiras microbianas.		
TF20-IX-115	297194	8152791	701	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote	Morrote menor ao lado do pasto. Muitos blocos rolados de dolarenito maciço com a presença de esteiras microbianas e cavidades preenchidas por quartzo ou calcita. Alguns blocos rolados são de brechas intraclástica formada por clastos de estromatólitos colunares. A brecha intraclástica reage fortemente ao ácido, possivelmente indicando uma dolomitização.		
TF20-IX-116	297231	8152395	643	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote	Paredão de dolarenito maciço com muitos blocos rolados		
TF20-IX-117	297084	8152422	657	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote	Morrote de dolarenito maciço com a presença de esteiras microbianas. Muitos blocos rolados		
TF20-IX-118	296873	8152428	743	23 S	Arenito fino	Paranoá	Córrego do Barreiro		Pasto	No meio do pasto entre os morrotes há blocos rolados de arenito fino.		
TF20-IX-119	289631	8152467	805	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Base do morro	Afloramento de filito bastante alterado junto a um perfil de solo amarelo amarronzado		
TF20-IX-120	289625	8152345	771	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. A foliação encontra-se bastante crenulada.		
TF20-IX-121	289630	8152096	778	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-122	289726	8152042	787	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. A foliação apresenta mergulho bastante elevado		
TF20-IX-123	289825	8152070	815	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-124	289872	8152084	837	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-125	290035	8152038	874	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-126	290208	8151924	902	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-127	290510	8151870		23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-128	290339	8151909		23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-129	290743	8151609	917	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito ao longo da subida da serra. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas		
TF20-IX-131	290597	8150962	905	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Afloramento de filito. Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Apresenta alguns níveis mais resistentes pois estão laterizados.		
TF20-IX-132	290503	8150979	901	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica laterizada		
TF20-IX-133	290387	8151027	890	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada. Muito alterada, saprólito		
TF20-IX-134	290604	8150491	917	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada, presença de mica metamórfica		

TF20-IX-135	290833	8151322	940	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Cume do morro	Topo do morro. Rocha pelítica bastante foliada, presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-136	291083	8151181	915	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Cume do morro	Topo do morro. Rocha pelítica bastante foliada, presença de mica metamórfica. Apresenta crenulação.		
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas.		
TF20-IX-138	291243	8151229	876	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas.		
TF20-IX-139	291374	8151228	857	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas.		
TF20-IX-140	291534	8151228	817	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas.		
TF20-IX-141	291669	8151179	784	23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Encosta do morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica. Camadas dobradas.		
TF20-IX-142	291801	8151192	760	23 S					Ponto de Controle			
TF20-IX-143	292777	8151239	780	23 S	Silito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro;trilha	Contato entre latossolo e solo amarronzado. Afloramento de rocha muito alterada de baixíssima densidade e granulometria muito fina, provavelmente uma marga.		
TF20-IX-144	292364	8151082	784	23 S					Ponto de Controle			
TF20-IX-145	292929	8150890	707	23 S					Ponto de Controle	Muito pasto e relevo plano.		
TF20-IX-146	296074	8151923	691	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote ao lado do pasto	Paredão de dolomito ao lado do pasto. Dolarenito centimétrico intercalado com camadas milimétricas de dololuto. Ocorrem também fácies maciças e fácies com presença de esteiras microbianas. Presença marcante de uma laminação devido a intercalação. Observa-se um extraclasto de quartzo centimétrico. Também ocorrem camadas decimétricas a métricas de dolarenito intercaladas com camadas centimétricas de dololuto. Em um bloco observa-se cavidade preenchida com quartzo envolta por cimento.		
TF20-IX-147	296153	8151494	709	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote ao lado do pasto	Afloramento contínuo desde o ponto anterior. Blocos de dolomito.		
TF20-IX-148	296125	8151253	713	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote ao lado do pasto	Afloramento contínuo desde o ponto 146. Dolarenito com muitas cavidades preenchidas.		
TF20-IX-149	296103	8151002	715	23 S	Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Morrote ao lado do pasto	Afloramento contínuo desde o ponto 146. Dolarenito com muitas cavidades preenchidas.		
TF20-IX-150	295425	8150500	757	23 S					Ponto de Controle	Blocos laterizados ao longo da estrada. Solo branco.		
TF20-IX-151	295191	8150456	749	23 S					Ponto de Controle	Solo marrom.		
TF20-IX-152	295339	8150221	738	23 S					Ponto de Controle	Solo esbranquiçado e muita laterita.		
TF20-IX-153	297206	8150703	788	23 S	Arenito lítico/conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Camada de psamito com fragmentos líticos. Acima ocorre o conglomerado		
TF20-IX-154	297115	8150673	695	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Rocha fresca, silito preto placoso.		
TF20-IX-155	297149	8150566	692	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Intercalações centimétricas entre psamito e pelito		
TF20-IX-156	297086	8150455	702	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Intercalações centimétricas entre psamito e pelito. Bem intercalado, mas predomina a parte arenosa.		
TF20-IX-157	297112	8150367	716	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Intercalações centimétricas entre psamito e pelito. Bem intercalado, mas predomina a parte arenosa. Camadas dobradas suavemente.		
TF20-IX-158	296999	8150286	734	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Intercalações centimétricas entre psamito e pelito. Bem intercalado, mas predomina a parte arenosa.		
TF20-IX-159	297005	8150192	731	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Intercalações centimétricas entre psamito e pelito. Bem intercalado, mas predomina a parte arenosa. No psamito ocorre uma estrutura truncando de medida 212/27.		
TF20-IX-160	297007	8150105	740	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Silito preto placoso com níveis psamíticos		
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	Ritmito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Camadas dobradas de ritmito. Presença de lineação de estiramento		
TF20-IX-162	297155	8149240	794	23 S	Silito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Afloramento in situ de silito alterado		

TF20-IX-163	297032	8149522	888	23 S	Litoarenito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Afloramento in situ de litoarenito com atitude evidenciando o fechamento da dobra		
TF20-IX-164	296854	8149584	824	23 S	Litoarenito/Conglomerado		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Contato abrupto entre litoarenito e conglomerado		
TF20-IX-165	296245	8149808	772	23 S			Quilombo	Ribeirão da Porteira	Drenagem	Afloramento em drenagem encaixada. Ritmito psamo pelítico fresco. As camadas estão levemente dobradas, isso é evidenciado pelas atitudes de S0 coletadas		
TF20-IX-166	295788	8149639	807	23 S					Ponto de Controle; encosta do morro	Controle. Blocos lateríticos		
TF20-IX-167	295536	8149578	894	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Afloramento in situ de siltito laterizado		
TF20-IX-168	295354	8149596	831	23 S					Encosta do morro	Controle. Solo com blocos laterizados		
TF20-IX-169	295252	8149646	801	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Encosta do morro	Afloramento in situ de siltito alterado		
TF20-IX-170	294438	8149737	727	23 S	Siltito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento in situ de siltito alterado		
TF20-IX-171	293711	8149819	690	23 S	Siltito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Afloramento in situ de siltito bastante alterado		
TF20-IX-172	305269	8152217	586	23S	Ritmito pelito psamítico		Quilombo	Ribeirão do Franco	Corte de Estrada; BR-251	Afloramento em corte de estrada ao lado da BR-251. Ritmito pelito psamítico alterado composto pela alternância de litoarenito com níveis pelíticos. Em cima do afloramento há um perfil de solo de plitossolo petrico		
TF20-IX-173	295314	8152184	787	23 S					Estrada	Ponto de controle em curva fechada da estrada próximo de uma vegetação densa. Padrão de relevo ondulado e solo marrom		
TF20-IX-174	295283	8152439	760	23 S	Arenito grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Trilha na encosta do morro	Ao longo da trilha, presença de blocos rolados de arenito grosso com feldspato. A rocha é madura texturalmente e submatura composicionalmente. O solo é bastante arenoso		
TF20-IX-175	295429	8152733	743	23 S	Siltito		Quilombo	Ribeirão da Porteira	Trilha na encosta do morro	Blocos rolados de arenito ao longo da trilha. O solo é mais argiloso e há a presença de saprolitos com granulometria fina interpretados como siltitos do Membro Ribeirão da Porteira		
TF20-IX-176	295427	8152958	736	23 S	Arenito médio a grosso	Paranoá	Córrego do Barreiro		Trilha na encosta do morro	Blocos rolados de arenito ao longo da trilha. Alguns blocos evidenciam a variação de granulometria entre níveis de areia grossa e areia média		
TF20-IX-177	295145	8152030	776	23 S					Ponto de Controle; estrada	Ponte de controle na estrada próximo à ponte de madeira. Solo espesso e vermelho		
TF20-IX-178	294971	8151851	792	23 S	Arenito/Dolomito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	No lado sul da estrada, próximo ao pé do morro, há blocos rolados de arenito e de dolomito. O solo é espesso e amarelo		
TF20-IX-179	294744	8151925	836	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Estrada	Blocos rolados de arenito ao longo da estrada. Solo amarelo		
TF20-IX-180	294325	8151965	815	23 S		Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Solo marrom		
TF20-IX-181	294296	8151819	832	23 S		Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Na subida do morro		
TF20-IX-182	294386	8151639	853	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Controle. Alguns blocos rolados de arenito, solo marrom		
TF20-IX-183	294544	8151482	867	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Encosta do morro	Controle. Blocos rolados de arenito grosso. Solo marrom		
TF20-IX-184	294370	8151330	868	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Próximo ao topo do morro, solo marrom arenoso e presença de muitos blocos de arenito		
TF20-IX-185	294004	8151111	877	23 S		Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Solo marrom arenoso		
TF20-IX-186	294532	8152373	778	23 S	Arenito	Paranoá	Córrego do Barreiro		Base do morro, blocos rolados	Solo marrom. Próximo ao pé do morro, presença de muitos blocos de arenito. Relevo suave ondulado.		
TF20-IX-187	294375	8152594	779	23 S		Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Solo marrom		
TF20-IX-188	293595	8152448	726	23 S		Paranoá	Córrego do Barreiro		Ponto de Controle	Controle. Em um pasto, solo marrom		
TF20-IX-189	293317	8152141	713	23 S					Ponto de Controle	Latossolo marrom amarelado		
TF20-IX-190	292761	8151775	719	23 S					Ponto de Controle	Latossolo vermelho		
TF20-IX-191	292528	8152364		23 S					Ponto de Controle	Latossolo vermelho		

TF20-IX-192	292261	8152295		23 S					Ponto de Controle	Latossolo vermelho		
TF20-IX-193	291986	8152231		23 S					Ponto de Controle	Latossolo vermelho		
TF20-IX-194	291720	8152173		23 S					Ponto de Controle	No pé do morro solo de coloração amarronzada		
TF20-IX-195	291545	8152182		23 S					Ponto de Controle			
TF20-IX-196	291423	8152167		23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica.		
TF20-IX-197	291316	8152065		23 S					Ponto de Controle, drenagem	Drenagem bem encaixada com perfil de solo espesso e sem afloramento		
TF20-IX-198	291200	8152021		23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Morro	Rocha pelítica bastante foliada com a presença de mica metamórfica		
TF20-IX-199	291007	8151923		23 S	Filito sericítico	Canastra	Serra do Landim		Morro	Rocha pelítica bastante foliada, presença de mica metamórfica.		

## Anexo E - Tabela de medidas estruturais da Subárea IX

Ponto	UTM E	UTM N	Altitude	Zona UTM	Sigla	Tipo	Azimute	Mergulho	Outras Informações
TF20-IX-02	288707	8152070	845	23 S	Sp	Foliação	272	50	
TF20-IX-02	288707	8152070	845	23 S	Sp	Foliação	282	25	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Sp	Foliação	265	35	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Sp	Foliação	270	30	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Fra	Fratura	5	70	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Fra	Fratura	20	85	
TF20-IX-03	288551	8151918	873	23 S	Fra	Fratura	358	70	
TF20-IX-09	289023	8152344	770	23 S	Sp	Foliação	305	65	
TF20-IX-09	289023	8152344	770	23 S	Sp	Foliação	280	60	
TF20-IX-09	289023	8152344	770	23 S	Sp	Foliação	285	85	
TF20-IX-09	289023	8152344	770	23 S	Fra	Fratura	190	90	
TF20-IX-10	289795	8152312	701	23 S	Sp	Foliação	278	60	
TF20-IX-10	289795	8152312	701	23 S	Sp	Foliação	280	50	
TF20-IX-11	290113	8152283	872	23 S	Sp	Foliação	260	70	
TF20-IX-14	290849	8151732	917	23 S	Sp	Foliação	290	50	
TF20-IX-14	290849	8151732	917	23 S	Sp	Foliação	285	45	
TF20-IX-15	295954	8154259	667	23 S	S0	Acamamento	149	10	
TF20-IX-21	295683	8151410	750	23 S	Sp	Foliação	275	30	
TF20-IX-22	295272	8151267	767	23 S	Sp	Foliação	315	30	
TF20-IX-22	295272	8151267	767	23 S	Sp	Foliação	325	28	
TF20-IX-25	296582	8150468	749	23 S	Sp	Foliação	290	45	
TF20-IX-25	296582	8150468	749	23 S	Fra	Fratura	21	67	
TF20-IX-25	296582	8150468	749	23 S	Fra	Fratura	175	71	
TF20-IX-26	302272	8153595	620	23 S	S0	Acamamento	230	76	
TF20-IX-27	302126	8153345	604	23 S	S0	Acamamento	260	65	
TF20-IX-27	302126	8153345	604	23 S	S0	Acamamento	262	53	
TF20-IX-27	302126	8153345	604	23 S	S0	Acamamento	80	50	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	S0	Acamamento	292	59	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	S0	Acamamento	234	10	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	S0	Acamamento	50	50	Flanco 1

TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	S0	Acamamento	297	60	Flanco 2
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Ed	Eixo de dobra	130	8	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Sp	Plano axial	228	55	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Fra	Fratura	55	60	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Fra	Fratura	320	85	
TF20-IX-28	301590	8153048	603	23 S	Fra	Fratura	150	50	
TF20-IX-29	301345	8152920	623	23 S	S0	Acamamento	242	40	
TF20-IX-29	301345	8152920	623	23 S	S0	Acamamento	335	45	
TF20-IX-30	300715	8152967	655	23 S	S0	Acamamento	90	45	
TF20-IX-30	300715	8152967	655	23 S	Fra	Fratura	255	63	
TF20-IX-31	300563	8152919	658	23 S	S0	Acamamento	264	40	
TF20-IX-32	300330	8152934	657	23 S	S0	Acamamento	328	22	
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	S0	Acamamento	100	45	
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	S0	Acamamento	142	35	
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	120	45	
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	159	34	
TF20-IX-33	299888	8152843	711	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	147	41	
TF20-IX-36	298436	8153024	886	23 S	S0	Acamamento	275	45	
TF20-IX-36	298436	8153024	886	23 S	Fra	Fratura	85	45	
TF20-IX-37	298119	8153097	702	23 S	S0	Acamamento	278	51	
TF20-IX-39	297764	8153159	654	23 S	S0	Acamamento	270	62	
TF20-IX-39	297764	8153159	654	23 S	Sp	Foliação	285	60	
TF20-IX-39	297764	8153159	654	23 S	Sp	Foliação	90	85	
TF20-IX-39	297764	8153159	654	23 S	Sp	Foliação	295	62	
TF20-IX-40	297590	8153084	741	23 S	Sp	Foliação	265	65	
TF20-IX-41	297514	8153106	781	23 S	S0	Acamamento	269	40	
TF20-IX-48	296369	8152595	682	23 S	S0	Acamamento	280	15	
TF20-IX-48	296369	8152595	682	23 S	S0	Acamamento	300	45	
TF20-IX-48	296369	8152595	682	23 S	S0	Acamamento	312	45	
TF20-IX-48	296369	8152595	682	23 S	Fra	Fratura	345	50	
TF20-IX-49	296131	8152391	703	23 S	Fra	Fratura	52	50	

TF20-IX-49	296131	8152391	703	23 S	Fra	Fratura	302	45	
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	S0	Acamamento	93	38	Flanco 1
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	S0	Acamamento	110	40	Flanco 2
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	S0	Acamamento	85	43	Flanco 1
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	S0	Acamamento	112	40	Flanco 2
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	Sp	Plano axial	185	45	
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	Ed	Eixo de dobra	107	40	
TF20-IX-50	295401	8151554	719	23 S	Fra	Fratura	203	50	
TF20-IX-51	295405	8151996	808	23 S	Sp	Foliação	162	35	
TF20-IX-51	295405	8151996	808	23 S	Sp	Foliação	98	40	
TF20-IX-51	295405	8151996	808	23 S	Fra	Fratura	343	50	
TF20-IX-51	295405	8151996	808	23 S	Fra	Fratura	85	45	
TF20-IX-54	294459	8152064	784	23 S	S0	Acamamento	246	40	
TF20-IX-55	294033	8152690	758	23 S	Fra	Fratura	0	75	
TF20-IX-55	294033	8152690	758	23 S	Fra	Fratura	273	70	
TF20-IX-56	263741	8152716	745	23 S	S0	Acamamento	134	10	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	270	65	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	78	40	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	95	70	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	82	85	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	280	33	Flanco 1
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	S0	Acamamento	82	50	Flanco 2
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	Ed	Eixo de dobra	60	25	
TF20-IX-60	301386	8151376	622	23 S	Sp	Plano axial	125	77	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Sp	Foliação	70	80	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Sp	Foliação	75	70	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Sp	Foliação	75	80	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Fra	Fratura	155	70	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Fra	Fratura	276	43	
TF20-IX-61	301206	8151561	619	23 S	Fra	Fratura	165	78	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	S0	Acamamento	240	80	

TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	S0	Acamamento	253	70	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	S0	Acamamento	85	65	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	S0	Acamamento	115	30	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	S0	Acamamento	90	38	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	135	25	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	265	20	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	210	30	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	173	80	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	270	80	
TF20-IX-62	300927	8151771	603	23 S	Fra	Fratura	97	20	
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	S0	Acamamento	280	73	
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	S0	Acamamento	318	38	Flanco 1
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	S0	Acamamento	40	50	Flanco 2
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	Ed	Eixo de dobra	0	28	
TF20-IX-63	300454	8151640	649	23 S	Sp	Plano axial	75	85	
TF20-IX-64	300214	8151598	623	23 S	S0	Acamamento	275	48	
TF20-IX-65	299580	8151437	633	23 S	S0	Acamamento	278	50	
TF20-IX-65	299580	8151437	633	23 S	Fra	Fratura	120	10	
TF20-IX-66	299068	8151419	644	23 S	S0	Acamamento	275	82	
TF20-IX-66	299068	8151419	644	23 S	Fra	Fratura	95	28	
TF20-IX-68	298911	8151155	650	23 S	S0	Acamamento	275	75	
TF20-IX-69	298727	8151153	650	23 S	S0	Acamamento	105	78	
TF20-IX-70	298598	8151153	659	23 S	S0	Acamamento	275	78	
TF20-IX-71	298235	8150367	704	23 S	S0	Acamamento	110	69	
TF20-IX-72	298292	8150576	732	23 S	S0	Acamamento	260	25	
TF20-IX-72	298292	8150576	732	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	305	10	
TF20-IX-73	298740	8150424	801	23 S	S0	Acamamento	287	62	
TF20-IX-73	298740	8150424	801	23 S	Fra	Fratura	5	55	
TF20-IX-75	299456	8150755	767	23 S	S0	Acamamento	90	60	
TF20-IX-77	300519	8151247	668	23 S	S0	Acamamento	269	50	
TF20-IX-77	300519	8151247	668	23 S	Fra	Fratura	190	76	

TF20-IX-78	300481	8151561	618	23 S	S0	Acamamento	90	54	
TF20-IX-79	300508	8151620	618	23 S	S0	Acamamento	275	56	
TF20-IX-79	300508	8151620	618	23 S	S0	Acamamento	94	51	Flanco 1
TF20-IX-79	300508	8151620	618	23 S	S0	Acamamento	280	43	Flanco 2
TF20-IX-86	294344	8150028	695	23 S	S0	Acamamento	173	15	
TF20-IX-89	294553	8149564	721	23S	S0	Acamamento	246	37	
TF20-IX-90	294144	8149352	675	23 S	S0	Acamamento	244	40	
TF20-IX-90	294144	8149352	675	23 S	S0	Acamamento	236	18	
TF20-IX-90	294144	8149352	675	23 S	Fra	Fratura	247	72	
TF20-IX-94	295338	8150358	779	23 S	S0	Acamamento	70	30	
TF20-IX-95	295412	8150894	796	23 S	S0	Acamamento	325	20	
TF20-IX-95	295412	8150894	796	23 S	S0	Acamamento	50	52	Flanco 1
TF20-IX-95	295412	8150894	796	23 S	S0	Acamamento	65	30	Flanco 2
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	S0	Acamamento	75	28	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	S0	Acamamento	285	20	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	S0	Acamamento	290	20	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	S0	Acamamento	288	20	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	S0	Acamamento	330	20	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	Fra	Fratura	315	60	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	Fra	Fratura	90	85	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	Fra	Fratura	175	80	
TF20-IX-97	295969	8150487	702	23 S	Fra	Fratura	265	88	
TF20-IX-98	296117	8150669	701	23 S	S0	Acamamento	340	10	
TF20-IX-98	296117	8150669	701	23 S	S0	Acamamento	0	10	
TF20-IX-98	296117	8150669	701	23 S	S0	Acamamento	335	10	
TF20-IX-100	296273	8150799	716	23 S	S0	Acamamento	335	20	
TF20-IX-101	296273	8150808	697	23 S	S0	Acamamento	20	18	
TF20-IX-102	296456	8150832	698	23 S	S0	Acamamento	14	30	
TF20-IX-105	297166	8151062	682	23 S	S0	Acamamento	345	10	
TF20-IX-105	297166	8151062	682	23 S	S0	Acamamento	265	15	
TF20-IX-120	289625	8152345	771	23 S	Sp	Foliação	294	37	

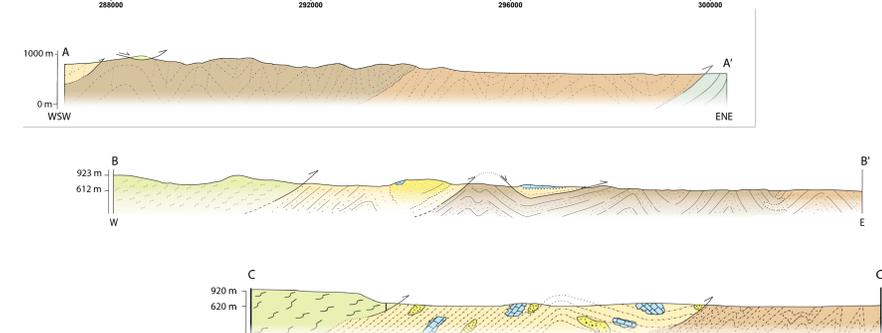
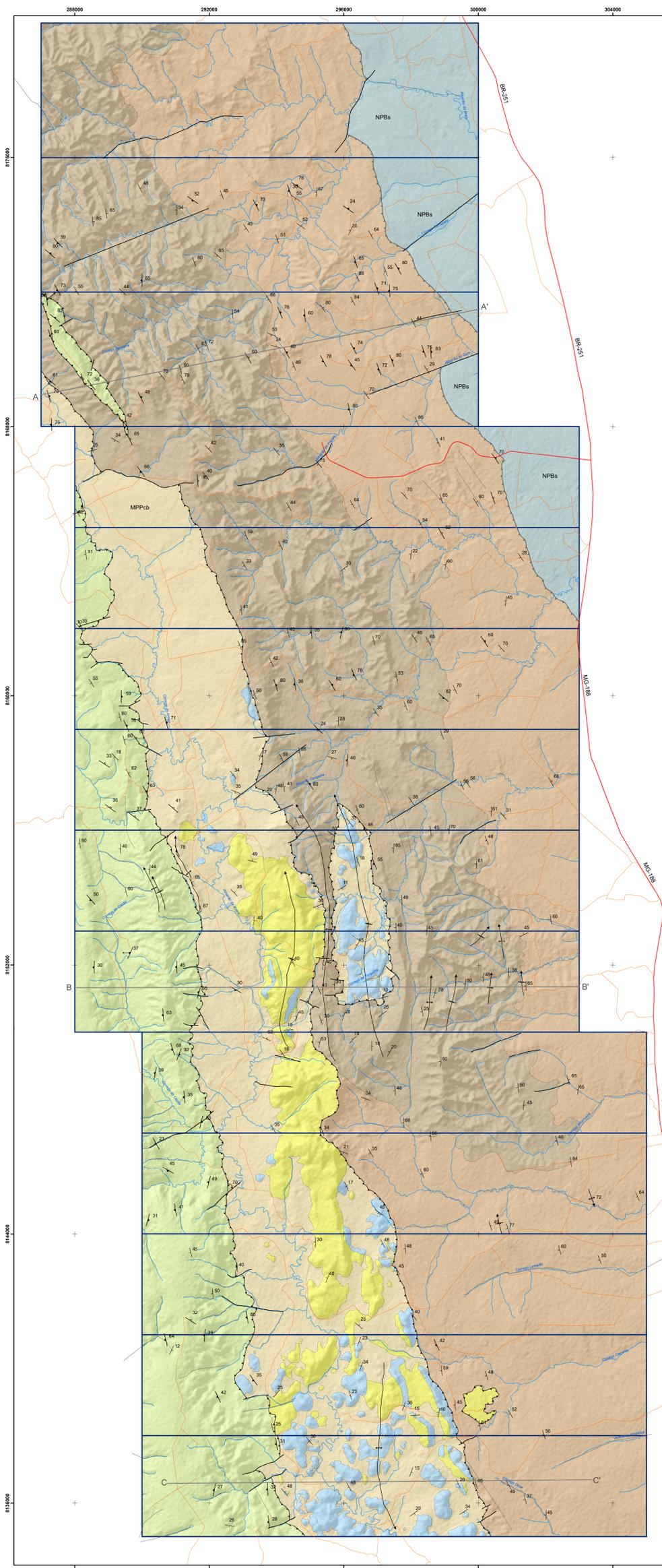
TF20-IX-120	289625	8152345	771	23 S	Lcren	Lineação de crenulação	284	28	
TF20-IX-120	289625	8152345	771	23 S	Scren	Plano de crenulação	203	67	
TF20-IX-121	289630	8152096	778	23 S	Sp	Foliação	267	59	
TF20-IX-121	289630	8152096	778	23 S	Fra	Fratura	335	58	
TF20-IX-122	289726	8152042	787	23 S	Sp	Foliação	260	87	
TF20-IX-123	289825	8152070	815	23 S	Sp	Foliação	263	49	
TF20-IX-124	289872	8152084	837	23 S	Sp	Foliação	261	56	
TF20-IX-125	290035	8152038	874	23 S	Sp	Foliação	263	70	
TF20-IX-125	290035	8152038	874	23 S	Fra	Fratura	1	83	
TF20-IX-126	290208	8151924	902	23 S	Sp	Fratura	251	48	
TF20-IX-129	290743	8151609	917	23 S	Sp	Foliação	282	85	
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Sp	Foliação	285	68	
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Sp	Foliação	296	65	Flanco 1
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Sp	Foliação	254	56	Flanco 2
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Ed	Eixo de dobra	285	40	
TF20-IX-130	290750	8151468	919	23 S	Sp	Plano axial	260	70	
TF20-IX-131	290597	8150962	905	23 S	Sp	Foliação	281	60	
TF20-IX-132	290503	8150979	901	23 S	Sp	Foliação	275	65	
TF20-IX-134	290604	8150491	917	23 S	Sp	Foliação	265	63	
TF20-IX-136	291083	8151181	915	23 S	Sp	Foliação	266	40	
TF20-IX-136	291083	8151181	915	23 S	Sp	Foliação	280	34	
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Sp	Foliação	286	45	
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Sp	Foliação	313	45	Flanco 1
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Sp	Foliação	279	39	Flanco 2
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Ed	Eixo de dobra	342	15	
TF20-IX-137	291167	8151231	886	23 S	Sp	Plano axial	78	55	
TF20-IX-138	291243	8151229	876	23 S	Sp	Foliação	281	42	
TF20-IX-139	291374	8151228	857	23 S	Sp	Foliação	277	75	
TF20-IX-140	291534	8151228	817	23 S	Sp	Foliação	332	30	
TF20-IX-141	291669	8151179	784	23 S	Sp	Foliação	286	35	
TF20-IX-143	292777	8151239	780	23 S	Sp	Foliação	210	30	

TF20-IX-143	292777	8151239	780	23 S	Sp	Foliação	200	35	
TF20-IX-153	297206	8150703	788	23 S	S0	Acamamento	335	20	
TF20-IX-154	297115	8150673	695	23 S	S0	Acamamento	315	15	
TF20-IX-154	297115	8150673	695	23 S	Fra	Fratura	254	82	
TF20-IX-154	297115	8150673	695	23 S	Fra	Fratura	200	60	
TF20-IX-155	297149	8150566	692	23 S	S0	Acamamento	324	25	
TF20-IX-156	297086	8150455	702	23 S	S0	Acamamento	325	25	
TF20-IX-156	297086	8150455	702	23 S	Fra	Fratura	228	85	
TF20-IX-157	297112	8150367	716	23 S	S0	Acamamento	317	13	
TF20-IX-157	297112	8150367	716	23 S	S0	Acamamento	8	29	Flanco 1
TF20-IX-157	297112	8150367	716	23 S	S0	Acamamento	339	28	Flanco2
TF20-IX-157	297112	8150367	716	23 S	Ed	Eixo de dobra	3	34	
TF20-IX-158	296999	8150286	734	23 S	S0	Acamamento	346	18	
TF20-IX-159	297005	8150192	731	23 S	S0	Acamamento	318	11	
TF20-IX-160	297007	8150105	740	23 S	S0	Acamamento	336	15	
TF20-IX-160	297007	8150105	740	23 S	Fra	Fratura	235	74	
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	S0	Acamamento	298	28	
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	S0	Acamamento	259	9	Flanco 1
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	S0	Acamamento	98	36	Flanco 2
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	Ed	Eixo de dobra	345	0	
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	302	25	
TF20-IX-161	297450	8148934	702	23 S	Ld	Lineação de deslizamento	315	25	
TF20-IX-162	297155	8149240	794	23 S	S0	Acamamento	345	10	
TF20-IX-162	297155	8149240	794	23 S	S0	Acamamento	340	20	
TF20-IX-162	297155	8149240	794	23 S	S0	Acamamento	120	25	
TF20-IX-162	297155	8149240	794	23 S	S0	Acamamento	340	5	
TF20-IX-163	297032	8149522	888	23 S	S0	Acamamento	26	9	
TF20-IX-164	296854	8149584	824	23 S	S0	Acamamento	80	29	
TF20-IX-165	296245	8149808	772	23 S	S0	Acamamento	294	13	
TF20-IX-165	296245	8149808	772	23 S	S0	Acamamento	274	34	
TF20-IX-165	296245	8149808	772	23 S	S0	Acamamento	308	20	

TF20-IX-165	296245	8149808	772	23 S	S0	Acamamento	25	0	
TF20-IX-169	295252	8149646	801	23 S	S0	Acamamento	283	53	
TF20-IX-169	295252	8149646	801	23 S	S0	Acamamento	290	45	
TF20-IX-171	293711	8149819	690	23 S	S0	Acamamento	28	63	
TF20-IX-172	305269	8152217	586	23S	S0	Acamamento	45	75	
TF20-IX-172	305269	8152217	586	23S	S0	Acamamento	68	70	
TF20-IX-172	305269	8152217	586	23S	Fra	Fratura	149	60	
TF20-IX-172	305269	8152217	586	23S	Fra	Fratura	230	15	
TF20-IX-196	291423	8152167		23 S	Sp	Foliação	281	41	
TF20-IX-198	291200	8152021		23 S	Sp	Foliação	271	69	
TF20-IX-199	291007	8151923		23 S	Sp	Foliação	270	45	

# Projeto Unai 2020

## Anexo F - Mapa Geológico Integrado



Escala horizontal: 1:50000  
Escala vertical: 1:50000

1mm = 50m

### UNIDADES GEOLÓGICAS

#### NEOPROTEROZOICO

##### Ediacariano

##### Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

##### NPBs

Siltito, siltito argiloso, folhelho, margá, dololuto, compondo sucessão estratificada em camadas centimétricas a decimétricas. Litotipos tem cores escuras (preto a cinza escuro) quando não alteradas e ocre/amarela/rosada quando alteradas.

#### MESOPROTEROZOICO

##### Esteniano

Grupo Paranoá - idade máxima de deposição de 1100 Ma por zircão detritico.

##### Formação Córrego do Barreiro

##### MPPCb

Arenito fino a grosso, localmente conglomerático ou feldspático, de cor escura quando frescos e cinza claro a esbranquiçado quando alterado.  
Siltito laminado, siltito argiloso, margá laminada de cor escura quando não alterada e amarelada a rosada quando alterada.  
Doluito micítico, dololuto estromatolítico, dolorudito intracristalino e oncolítico e dolarenito intracristalino e oncolítico, litotipos de cores cinza claro a escuro.

##### Grupo Canastra - Formação Serra do Landim

##### MPCsl

Clorita filito, clorita-fengita-filito, clorita-fengita-quartzo filito, calcifilito, mármore dolomítico de granulação fina, mármore calcítico de granulação fina, quartzo fino micáceo.

##### Ectasianio

Formação Quilombo - idade de deposição  $1394 \pm 19.4$  Ma (U-Pb em zircão de rocha vulcânica).

##### MPQrf

Membro Ribeirão do Franco: ritmito pelito-arenoso, com intercalações de camadas centimétricas de litoarenito, grauvaça litica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaniticos ou com esferulitos.

##### MPQrp

Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvaça litica fina, grauvaça litica grossa, arenito, subitarenito, siltito maciço, siltito laminado, folhelho, argilito, e conglomerado clasto-suportado subordinado. Rochas com coloração escura quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos abruptos entre os litotipos.

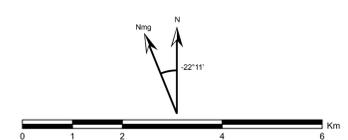
### Convenções Geológicas

- Acamamento - S0
- Folição principal - Sp
- Folição paralela ao acamamento - Ss
- Direção de lineação de deslizamento
- Direção de lineação de crenulação
- Contato interdigitado
- Contato tectônico reverso
- Falha de empurrão
- Falha transcorrente ou de rasgamento
- Lineamento estrutural
- Linha de charneira de dobra anticlinal com caimento
- Linha de charneira de dobra sincinal com caimento



### Convenções Cartográficas

- Via asfaltada
- Via de uso contínuo
- Drenagem
- Limite de subárea



1:50000

UTM Zona 23S

Datum SIRGAS 2000

Relevo Sombreado (ângulo de iluminação 315°) - ALOS/PALSAR

Dados Geofísicos - Projeto Vazante

### Projeto Unai TF2020 - Mapa Geológico Integrado

#### Coordenador

Prof. Dr. José Elói Guimarães Campos

#### Professores Orientadores

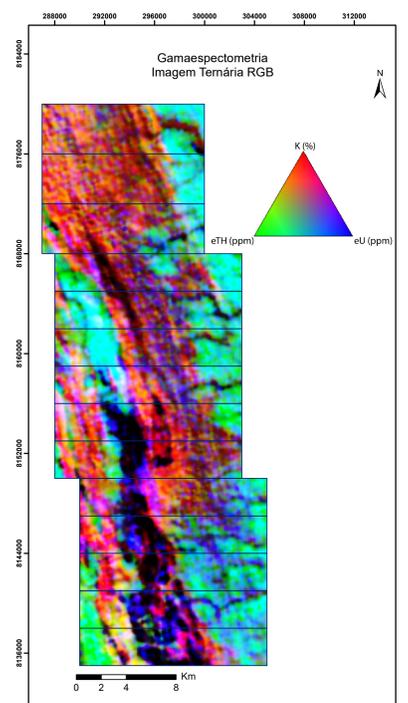
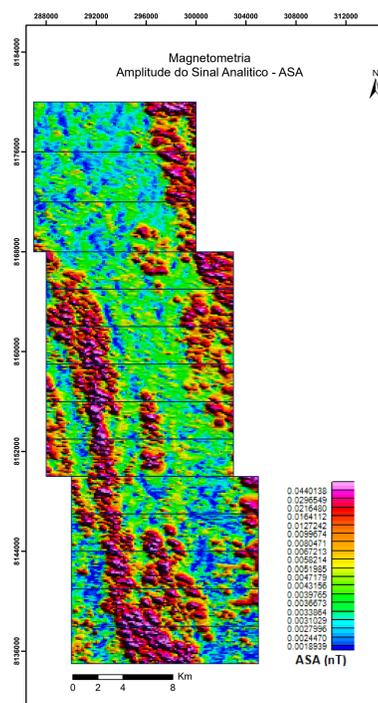
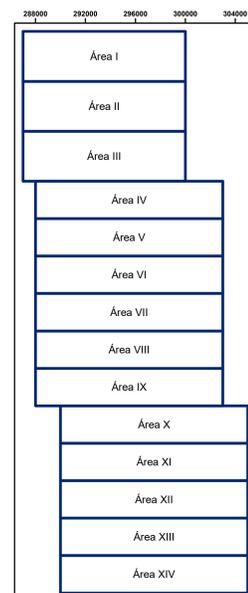
Prof. Dr. Martino Giorgioni  
Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

#### Orientador Colaborador

Lucas Santos Batista Teles

#### Estudantes

Área I: Eduardo Dias dos Santos, Matheus Ferreira da Silva  
Área II: Ingrid Eva Oliveira Ribeiro, Hanna Costa Nogueira  
Área III: Arthur Siqueira Reis, Gustavo Mesquita de Abreu  
Área IV: Pailina Azevedo de Amorim, João Carlos Figueiredo  
Área V: Ana Caroline Alves de Carvalho, Maria Gabriella Patriota Paiva  
Área VI: João Victor Villela de Souza, Mariana da Silva Borges  
Área VII: Luiza Motta Campello, Mayck Andrew, Silva Silvério, Vítor Abreu Chaves  
Área VIII: Paula Thais da Silva Nascimento, Rayline Ferreira da Silva  
Área IX: Ana Flávia Romanholli de Pádua, Linda Beatriz da Silva Sales  
Área X: João Gabriel Cavalcante Vieira, Manoel Lázaro Frazão Júnior  
Área XI: Bianca Licassali Lucindo, Ricardo Vida e Silva  
Área XII: Cintia Silva Soares, Mariana da Silva Gomes  
Área XIII: Lívia Reily de Oliveira Gonçalves, Ricardo Avelino Costa



# Anexo G - Fichas Petrográficas

## Ficha de Descrições Petrográficas – Projeto Unai 2020 Área IX



Universidade de Brasília – UnB  
Instituto de Geociências - IG

**Amostra:** 20-XIII-33

**Unidade:** Fm. Serra do Landim – Grupo Canastra

**Localização:** 291812E 8138942N Zona 23 S

### Descrição Macroscópica



Rocha alterada de cor cinza, com granulação muito fina, não sendo possível a identificação da composição dos constituintes principais em escala macroscópica. Apresenta foliação pervasiva, milimetricamente espaçada e levemente crenulada. Possui óxidos vermelhos ao longo da foliação e em volta de alguns grãos. A amostra foi impregnada com resina para a confecção da lâmina, pois se desagrega com facilidade.

### Descrição Microscópica

**Textura/Estrutura/Fábrica:** A amostra apresenta clastos de 0,01 até 1,2 mm de quartzo imersos em matriz fina filossilicática de fengita e em menor proporção de clorita. Está matriz está orientada segundo uma direção preferencial e constitui a foliação principal. A foliação apresenta espaçamento milimétrico e em algumas porções está crenulada. Há a presença de alguns clastos maiores de fragmentos líticos que estão totalmente ou parcialmente alterados com uma película de óxido vermelho (identificação da cor a nicóis paralelos).

<b>Composição:</b>	<b>Quartzo (3%)</b>	Os clastos são principalmente anédricos, com exceção de alguns pequenos que apresentam forma retangular. Apresenta extinção ondulante, o que demonstra a acomodação da deformação por esses grãos.
	<b>Filossilicatos:</b>	Os filossilicatos são predominantes na amostra e são compostos principalmente pela fengita e em menor proporção pela clorita. Formam uma matriz de cor levemente esverdeada com tons amarronzados a nicóis paralelos. Apresentam uma camada mosqueada preta esverdeada sobre eles que indicam uma intensa alteração. É possível identificar a forma desses filossilicatos a partir da variação da cor de interferência em nX, e em partes da lâmina, observa-se a crenulação do plano de foliação formado por eles.
	<b>-Fengita (55%)</b>	
	<b>-Clorita (34%)</b>	
	<b>Fragmentos Líticos (5%)</b>	Em regiões dos planos da foliação, há fragmentos líticos com cor preta acinzentado compostos por material siltítico, arredondados e envoltos pelos planos de filossilicatos. Muitos desses fragmentos estão parcialmente ou totalmente encobertos por uma película de óxido vermelho.

**Interpretação:** A rocha apresenta foliação característica de um filito. A presença de foliação pouco espaçada e os minerais presentes como clorita, fengita e quartzo caracterizam um metamorfismo de baixo grau referente a zona da clorita da Fácies Xisto Verde baixo

---

**Classificação:** Clorita-fengita-filito.

---

**Fotomicrografias:**





### Descrição Macroscópica



Bloco Rolado do arenito da Fm. Córrego do Barreiro, localizado nos morros de clorita-fengita-filito do Grupo Canastra. A rocha é terrígena, apresenta cor cinza esbranquiçado quando fresca e vermelho amarelado quando alterada (oxidação). Arenito médio a muito grosso composto predominantemente por quartzo e em menor proporção por grãos de feldspato, que quando alterados possuem um pó esbranquiçado em cima (caulinita), e piratas bem formadas. Há a presença de filmes de cimento de óxidos, que aparecem pretos macroscopicamente, em volta de alguns grãos e por vezes ao longo de uma estrutura planar (Foto direita). Apresenta alguns planos poucos evidentes, possivelmente fraturas. Possui um domínio em que os grãos estão mais grossos e gradam para um domínio em que os grãos apresentam tamanho médio. Os grãos aparecem subsféricos e bem selecionados em seus respectivos domínios.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha composta majoritariamente por grãos de areia grossa de quartzo e em menor proporção (menos de 5%) de plagioclásio e feldspato potássico (microclínio). Em traços (<1%) há grãos de epidoto inclusos no quartzo e cerca de 3% de piratas euhedrais. Apresenta cimento silicoso em volta da maior parte dos grãos e em alguns domínios há cimento opaco em volta dos grãos. O arcabouço da rocha é clasto suportado, sendo os contatos dos grãos concavo convexo a suturado (em domínios restritos há contatos planares). Possui moderado selecionamento, com grãos moderadamente deformados. Os grãos de plagioclásio apresentam maclas deformadas. Há um único fragmento lítico composto por vários grãos de quartzo de tamanho areia fina envoltos por uma película de opacos. Em uma porção restrita da lâmina, há a presença de uma estrutura planar preenchida por grãos recristalizados de quartzo com extinção ondulante e bordas difusas. Nas bordas externas dessa estrutura há grandes clastos que apresentam grãos recristalizados em suas bordas

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (90%)</b>	Tamanho de 0,2 a 2 mm. De forma geral, os grãos apresentam moderada a forte extinção ondulante. Há ainda quartzos policristalinos e outros com bastante subgrão que são subelípticos, apesar do arcabouço como um todo ser subsférico a esférico, salvo alguns grãos.
	<b>Feldspato (6%)</b>	Apresenta microclínio (5% da rocha total) identificado pela típica macla em xadrez e plagioclásio (1% da rocha total) com maclas polissintéticas. Tamanho entre 0,4 a 3,2 mm, moderadamente alterados, mas com a forma e a estrutura cristalina bem preservadas.
	<b>Pirita (3%)</b>	Tamanho de 0,03 a 0,4 mm, bastante euhedrais.
	<b>Epidoto (1%)</b>	Tamanho médio de 0,05 mm, apresenta forte cor de interferência e está incluso em grãos de quartzo.

---

**Composição Modal:** Quartzo (93,75%)  
Feldspato (6,25%)

---

**Maturidade:** Submatura texturalmente e composicionalmente.

---

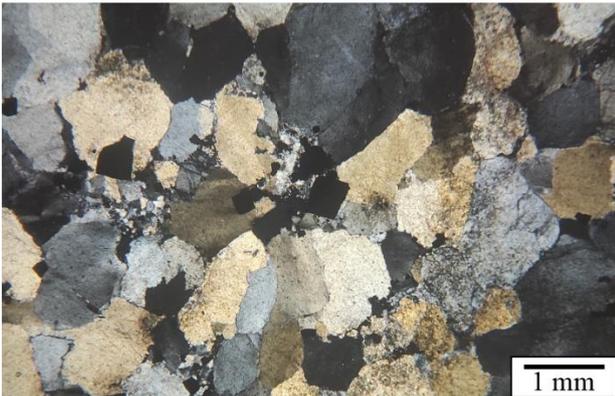
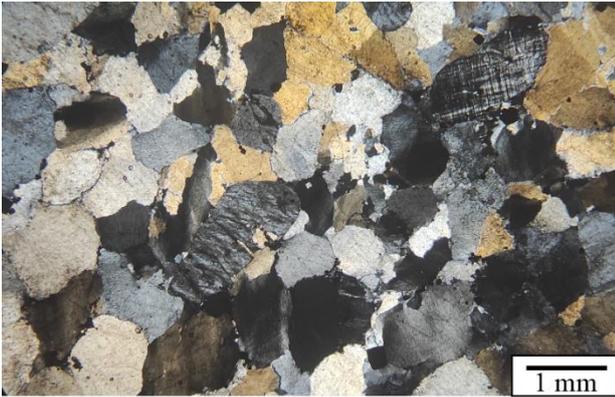
**Interpretação:** A presença de cimento silicoso nas bordas dos grãos evidencia uma diagênese tardia  
A presença de quartzo policristalinos indicam uma fonte metamórfica e a presença de microclínio indicam a contribuição de fontes graníticas.

---

**Classificação:** Subarcósio

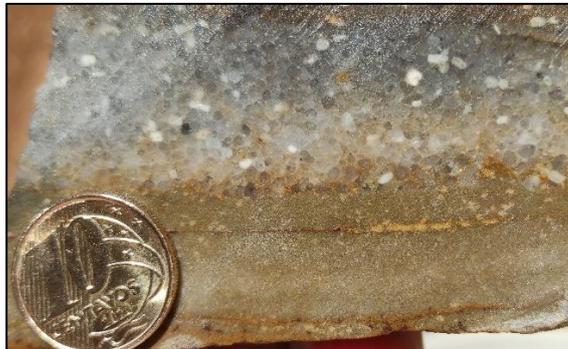
---

**Fotomicrografias:**





### Descrição Macroscópica



Rocha fresca, de cor cinza, clasto-suportada. Marcada por dois domínios: 1) Bem selecionado e bimodal, clastos de quartzo e feldspato de granulometria areia grossa e areia fina, arredondados e com alta esfericidade. 2) Bem selecionado, clastos de quartzo e feldspato de granulometria areia fina a média.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha clasto suportada constituída por dois domínios muito distintos. 1) Clastos de quartzo e feldspato (microclínio e plagioclásio), bem selecionados em duas modalidades de tamanho, uma de areia grossa a grânulos (0,8-2,88 mm) e outra de areia fina a média (0,08-0,32 mm). Ocorrência subordinada de micas brancas de granulometria areia fina (0,08-0,2 mm). O contato entre os clastos nesse domínio é em geral planar, por vezes côncavo-convexo. 2) Domínio bem selecionado formado por clastos de quartzo, feldspatos e micas de granulometria areia fina a média (0,08-0,32 mm). O contato entre os clastos nesse domínio é planar e por vezes côncavo convexo. Nessa rocha ocorre cimento silicoso bordejando alguns grãos e em uma porção ocorreu a percolação de óxidos, que ocorrem tanto ao redor dos clastos quanto por cima. Apresenta pouquíssima matriz lamosa, provavelmente pseudomatriz, e porosidade mínima.

### Composição Primária:

#### Domínio 1

#### Quartzo:

Os clastos de quartzo de granulometria areia grossa a grânulos são arredondados e apresentam alta esfericidade. Ocorrem na forma monocristalina e policristalina, geralmente com extinção ondulante. O quartzo na granulometria areia fina a média ocorrem entre os clastos maiores.

#### Feldspato

O feldspato (microclínio) de granulometria areia grossa a grânulos ocorre pouco alterado, é subanguloso e com esfericidade baixa a moderada. O feldspato de granulometria areia fina a média (microclínio e plagioclásio) é anguloso e com baixa esfericidade.

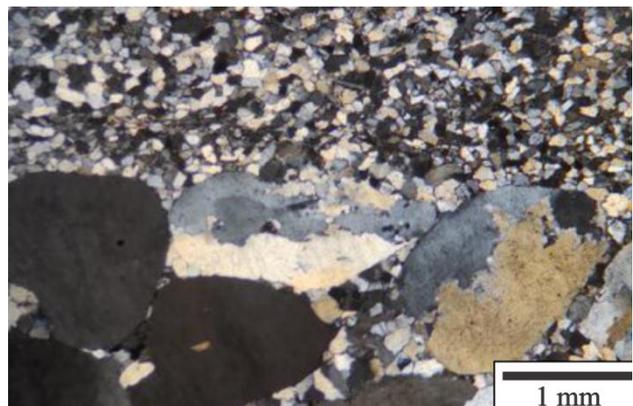
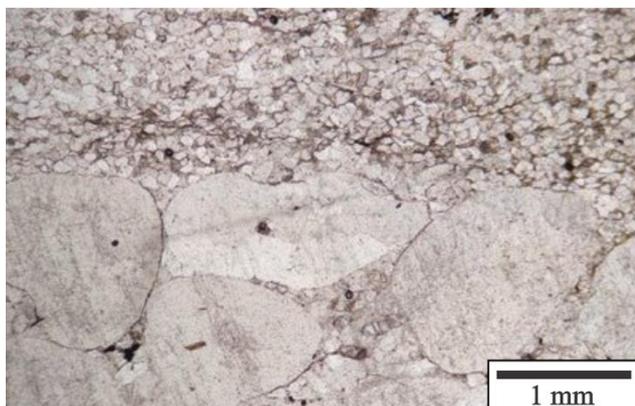
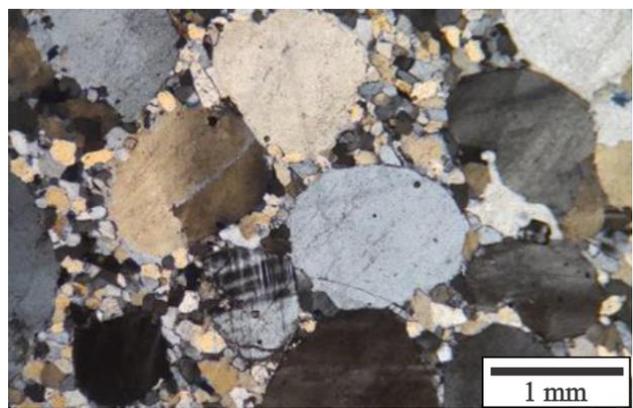
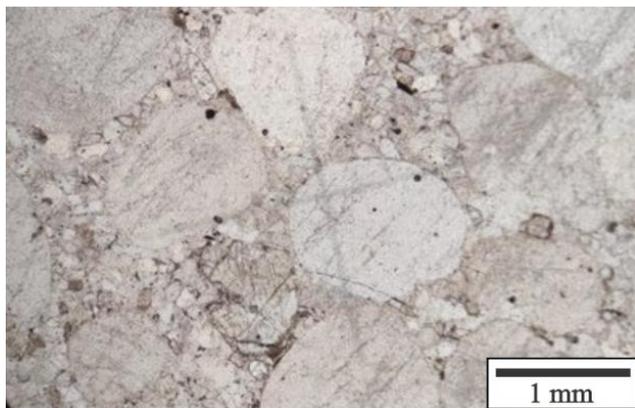
<b>Domínio 2</b>	<b>Mica Branca</b>	Ocorrem de forma subordinada, deformadas pela compactação mecânica.
	<b>Quartzo</b>	O quartzo ocorre subanguloso a anguloso e com esfericidade moderada.
	<b>Feldspato</b>	O feldspato (microclínio e plagioclásio) ocorre pouco alterado
	<b>Micas</b>	As micas são finas e alongadas, deformadas pela compactação.
	<b>Minerais opacos</b>	Trata-se de óxidos canalizados em uma porção da rocha.
	<b>Cimento silicoso</b>	Ocorre bordejando alguns clastos
	<b>Matriz</b>	Matriz lamosa que ocorre de forma subordinada nos interstícios dos clastos
<b>Composição modal:</b>	Quartzo monocristalino: 75%. Quartzo policristalino: 5% Feldspato: 20%	

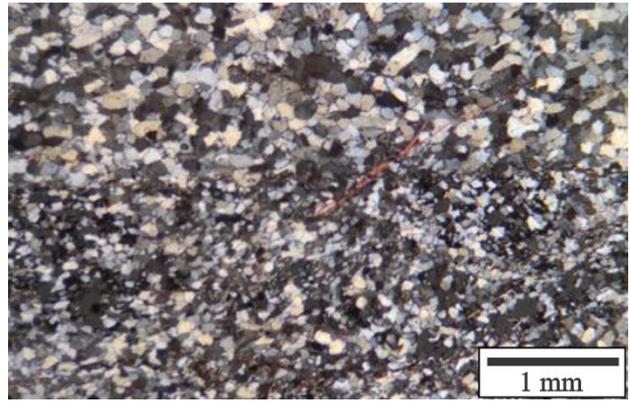
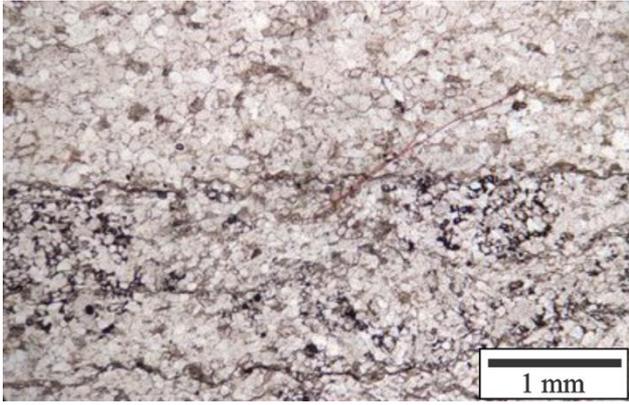
**Maturidade:** Submatura texturalmente e composicionalmente.

**Interpretação:** A maturidade textural dessa rocha sugere que houve um retrabalhamento intenso dos clastos, com um longo período de transporte. Contatos planares e côncavo-convexos entre os grãos sugerem uma compactação moderada. A presença de quartzo policristalino indica uma contribuição de fontes metamórficas, e a de microclínio de fontes graníticas.

**Classificação:** Subarcósio

**Fotomicrografias:**







### Descrição Macroscópica



Rocha carbonática de coloração cinza com variação de grãos arredondados cinza claro e cinza escuro. Apresenta textura clástica e composta predominantemente intraclastos de tamanho areia média e areia grossa. Os intraclastos estão bem arredondados, moderadamente selecionados e parte são elípticos e outros esféricos. A rocha está dolomitizada (não reage ao HCL sem pulverizá-la). Apresenta cavidades preenchidas por cimento.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha de granulometria areia grossa (varia de areia fina até areia grossa). Os clastos são bem arredondados e apresentam uma fina película de micrita em volta. O arcabouço é clástico. Entre os espaços entre os grãos, há o preenchimento por cimento espático placoso. Os grãos trata-se de intraclastos micríticos e de calcarenitos. Alguns clastos de calcilutitos apresentam a micrita recristalizada e em alguns domínios há cristais de dolomita que apresentam tamanho de ~0,25mm. Os intraclastos de calcarenitos apresentam clastos de granulometria de areia fina de micrita (alguns estão recristalizados) e por vezes de oncólitos. Os oncólitos estão tanto na forma de clastos menores dentro dos intraclastos de calcarenito como na forma de clastos de tamanho areia média constituindo o arcabouço geral da entre rocha. Há ainda clastos de esteiras microbianas. Existe uma fratura que trunca tanto os clastos quanto o cimento intersticial que é preenchida por carbonato e ainda há no limite uma fratura preenchida por quartzo (nas bordas os grãos possuem tamanho de ~0,35mm e no centro tamanho de ~0,05mm).

---

<b>Composição</b>	<b>Intraclasto calcilutítico (50%)</b>	Tamanho 0,4 a 3 mm. Apresenta clastos micríticos, alguns recristalizados.
	<b>Intraclasto Calcarenítico (30%)</b>	Tamanho de 0,008 a 1,2 mm. Esses intraclastos compostos por clastos de areia fina de material lutítico, por vezes recristalizado e de oncólitos.

---

---

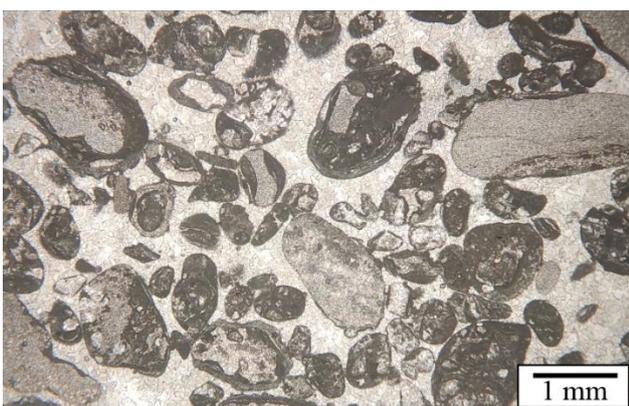
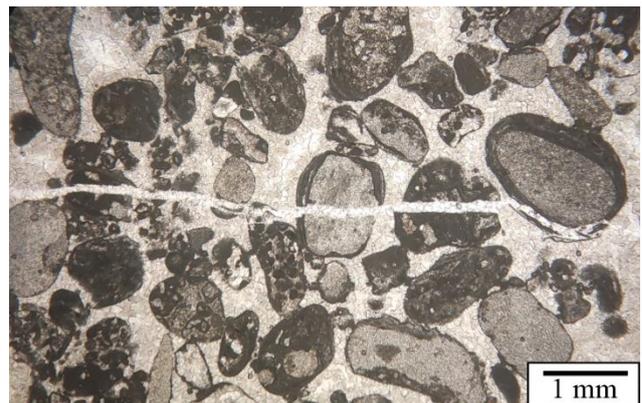
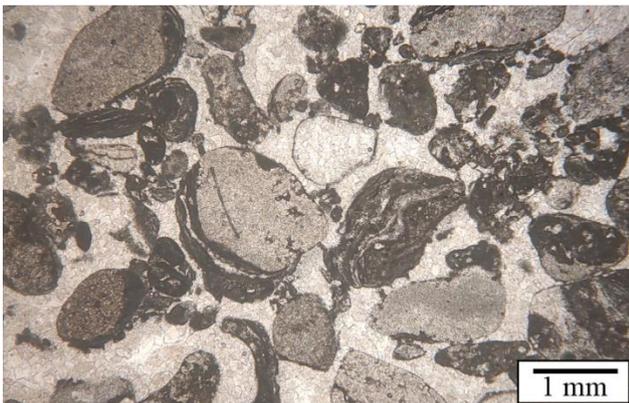
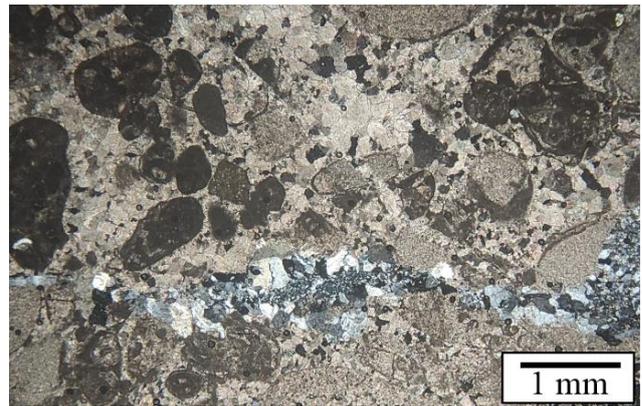
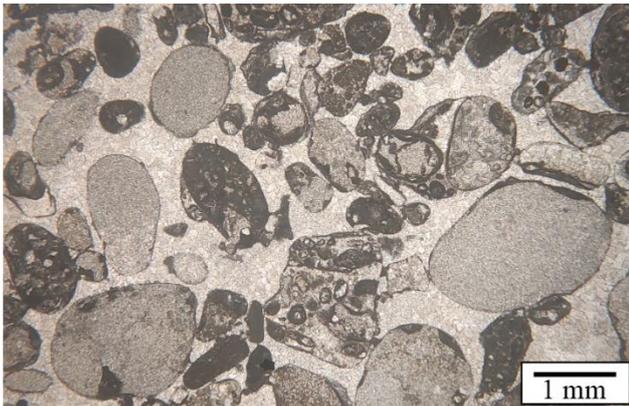
**Interpretação:** O arcabouço constituído por clastos de calcilitos e calcarenitos com a presença de matriz de uma micritização secundária. As películas finas de micrita ao redor dos grãos consistem em uma alteração pós deposicional.

---

**Classificação:** Intradoloesparenito oncolítico / Grainstone intraclástico com oncólitos

---

**Fotomicrografias:**





### Descrição Macroscópica



Rocha carbonática fresca de cor bege. Extraclastos de quartzo de granulometria entre areia fina e grossa, arredondados e com alta esfericidade. Apresenta uma laminação irregular onde se concentram os extraclastos, envoltos por cimento de granulometria areia fina. Matriz micrítica dolomitizada.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha com extraclastos de quartzo em duas modalidades de tamanho; uma de granulometria areia grossa a grânulos (0,5-3,5 mm) e outra com granulometria areia fina (0,16-0,2 mm). Observa-se uma laminação irregular gerada por níveis em que predominam os extraclastos de maior granulometria e níveis que ocorrem apenas os de tamanho areia fina. O contato entre os extraclastos é flutuante. A matriz micrítica da rocha foi totalmente recristalizada para dolomito (esparitização), na granulometria silte a areia muito fina. Ocorre ainda cimento espático rodeando os extraclastos e ocupando a porosidade primária da rocha e preenchendo espaços entre clastos fraturados.

<b>Composição</b>	<b>Extraclastos de quartzo</b>	Os extraclastos de tamanho areia grossa a grânulos apresentam alta esfericidade e são arredondados. Ocorrem na forma monocristalina e policristalina. Os extraclastos com granulometria areia fina são subangulosos a angulosos e apresentam esfericidade baixa a moderada. Ocorrem apenas na forma monocristalina.
	<b>Matriz micrítica recristalizada</b>	A matriz micrítica da rocha foi totalmente substituída por dolomita, na forma de esparita
<b>Composição modal:</b>		Extraclastos: 20% Matriz micrítica recristalizada: 25% Cimento espático: 20%

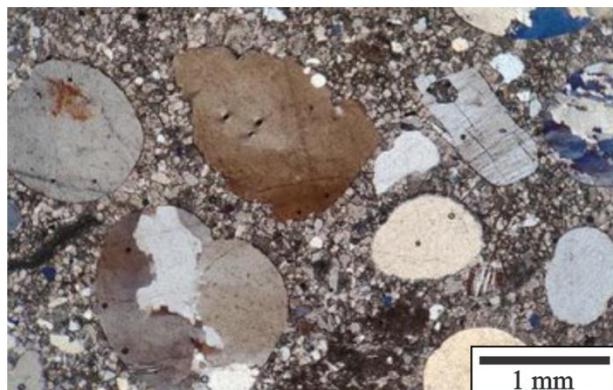
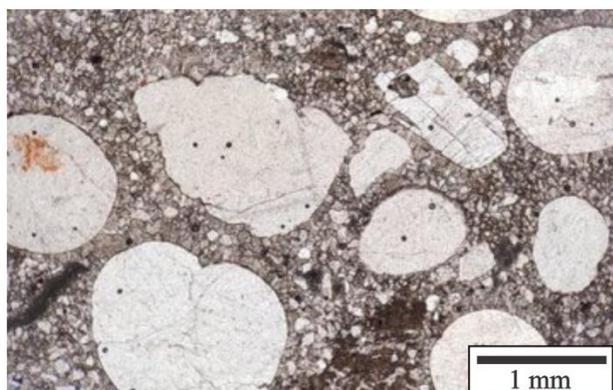
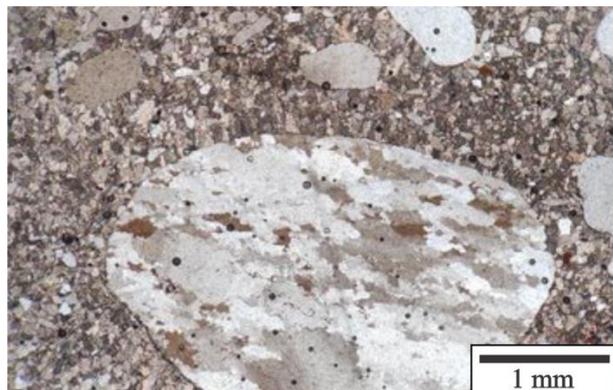
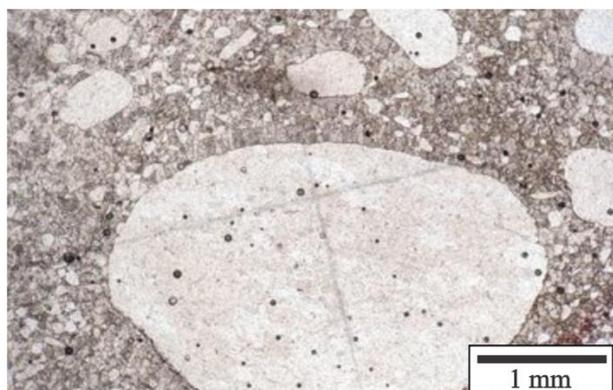
**Interpretação:** A presença de grande quantidade de extraclastos em meio a matriz micrítica pode ser interpretada como ocasionadas por fluxos episódicos. A deposição pode ter ocorrido devido a evolução da deposição de um rio, em que a medida em que a deposição do rio evolui, atinge porções mais distais. Diagênese marcada pela precipitação de cimento espático entre os extraclastos e recristalização da matriz micrítica provocada pelo soterramento. Os extraclastos de quartzo são de diferentes fontes, plutônica e metamórfica.

---

**Classificação:** Dolesparito extraclástico / Mudstone extraclástico

---

**Fotomicrografias:**





### Descrição Macroscópica



Rocha carbonática fresca de cor cinza. Brecha intraclástica dolomitizada. Observa-se cimento espático e intraclastos micríticos recristalizado para esparita (dolomitização). Presença de porosidade na forma de vugs.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Brecha intraclástica composta por intraclastos centimétricos em que a micrita foi totalmente recristalizada para dolomita (esparitização), na granulometria areia fina a média. Presença de cimento espático fibrorradial em torno dos intraclastos, com granulação areia grossa; e cimento espático placoso de tamanho areia média a grossa entre os espaços do cimento fibrorradial. Por vezes é observada micrita de infiltração. Presença de vugs (0,1-0,2 mm).

---

<b>Composição Primária</b>	<b>Intraclastos</b>	Intraclastos de tamanho centimétrico de forma irregular em lâmina delgada. Encontram-se majoritariamente recristalizados para dolomita.
<b>Composição modal:</b>	Intraclastos: 40%	
	Esparita: 45%	
	Micrita: 3%	

---

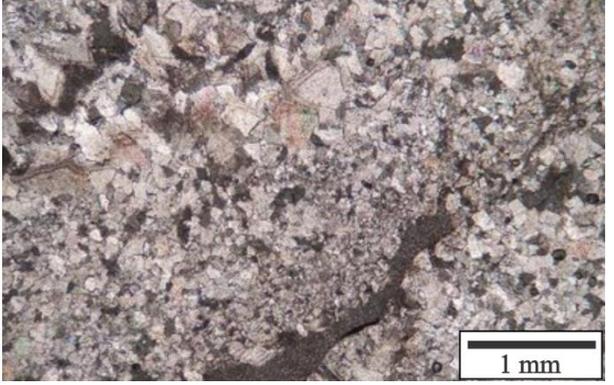
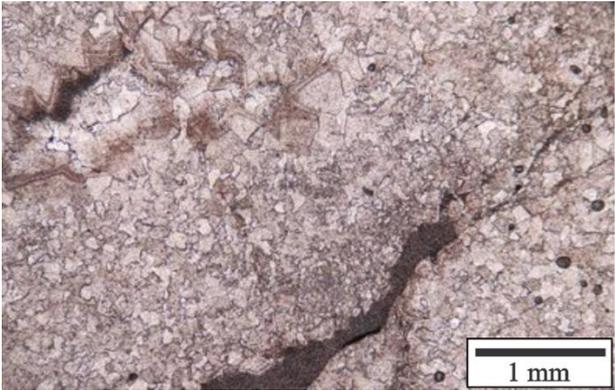
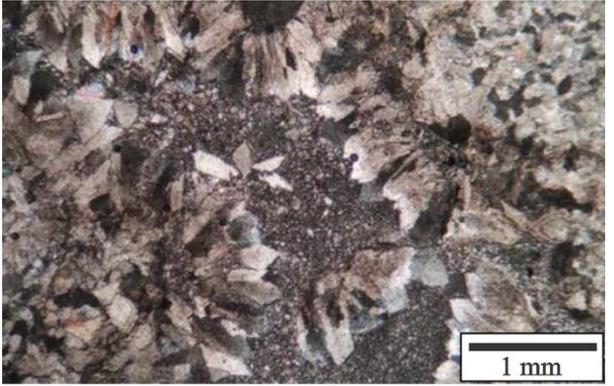
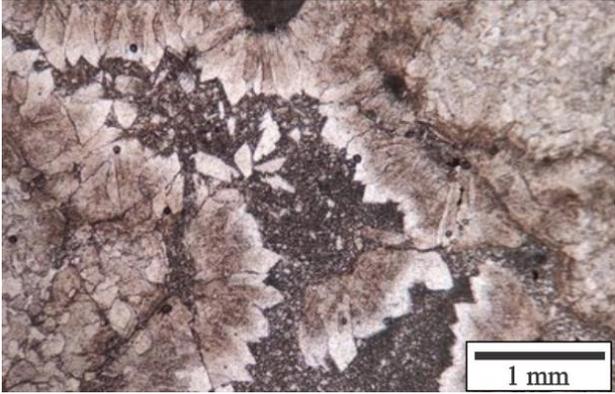
**Interpretação:** Primeiramente, com alta energia, a rocha micrítica foi brechada. Depois, foi precipitado a princípio um cimento espático fibrorradial em torno dos intraclastos. Posteriormente, foi precipitado o cimento placoso entre os espaços do cimento fibrorradial. A esparitização dos intraclastos é fruto da compactação por soterramento.

---

**Classificação:** Intradoloesparito / Grainstone intraclástico

---

**Fotomicrografias:**





### Descrição Macroscópica



Rocha carbonática fresca de cor cinza clara. Bioconstruída com presença de esteiras algais irregulares e ondulares com material intercolunar micrítico. São observados extraclastos de quartzo de tamanho areia média e intraclastos de tamanho areia grossa.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha bioconstruída formada por esteiras algais irregulares. A parte micrítica que constituía a bioconstrução foi recristalizada e dolomitizada (esparitização). O material interlamelar é micrítico parcialmente recristalizado. No material micrítico interlamelar são observados intraclastos (0,5-1,6 mm) e extraclastos (0,2-0,5 mm) com contatos flutuantes. São observados poros preenchidos por cimento.

<b>Composição</b>	<b>Dolomita espática</b>	Ocorre preenchendo as cavidades entre as lamelas bioconstruídas. São cristais em geral euhedrais de dolomita. Por vezes é possível reconhecer lamelas de micrita entre os cristais.
	<b>Micrita</b>	Material lamoso entre as lamelas bioconstruídas. Ocorre parcialmente recristalizada.
	<b>Intraclastos</b>	Intraclastos micríticos arredondados e com baixa esfericidade.
	<b>Extraclastos</b>	Extraclastos de quartzo angulosos e com esfericidade moderada.
<b>Composição modal:</b>	Micrita: 50% Esparita: 40% Intraclastos: 3% Extraclastos: 7%	

---

**Interpretação:** Por ser uma rocha biocrontruída, o ambiente de sedimentação deve ser de águas rasas e quentes. A presença de intraclastos indica um retrabalhamento da rocha e a ocorrência de extraclastos uma contribuição detrítica. Durante a diagênese ocorreu o preenchimento das cavidades interlamelares por cimento espático.

---

**Classificação:** Biolitito estromatolítico / Boundstone microbial

---

**Fotomicrografias**





### Descrição Macroscópica



Rocha terrígena fresca de cor cinza, granulometria areia média a grossa, composta por quartzo, feldspato (grãos brancos na parte superficial da rocha - alteração para caulinita), fragmentos líticos e menos de 10% de matriz. Rocha clasto-suportada com estrutura maciça. Em uma porção da amostra, há parte de um veio de granulação grossa composto essencialmente de quartzo. A amostra é cortada por vários veios de espessura milimétricas de quartzo de granulação fina.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha com granulometria areia média com alguns grãos grossos, composta por quartzo, feldspato (difícil diferenciar do quartzo), fragmentos líticos de rochas pelíticas e em menor proporção de titanita e mica detrítica. Os grãos são moderadamente selecionados, subarredondados e apresenta alguns grãos esféricos, mas no geral são subelípticos. Essencialmente a rocha é clasto suportada e os contatos entre os grãos são côncavo-convexo a suturados e em algumas partes em que há mais matriz, os grãos apresentam contatos flutuantes ou pontuais.

Em volta dos grãos de quartzo há uma película de cimento silicoso de sobrecrecimento e nos interstícios dos grãos há matriz (cerca de 10%).

A estrutura é maciça, apesar de haver planos paralelos preenchidos por cimento de opacos.

Há veios de espessura de ~0,12mm de quartzo que cortam os grãos com tamanho de 0,01 mm-0,1 mm.

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (64%)</b>	Tamanho de 0,08 a 0,6mm. Quartzo com baixa a moderada extinção ondulante, grãos moderadamente selecionados, arredondados e esféricos a subelípticos. Em menor proporção há quartzo com forte extinção ondulante, subgrãos e novos grãos formados em seu interior.
	<b>Feldspato (5%)</b>	Tamanho ~0,5mm, em partes alterado.
	<b>Fragmento de Rocha (20%)</b>	Os fragmentos líticos possuem forma elíptica a subelíptica e são bem arredondados São compostos por clastos de aproximadamente ~0,45mm de pelitos e grauvaça quartzosa muito fina.
	<b>Titanita (1%)</b>	Titanita com pleocroísmo e cor de interferência anômala. Um grão aparece com o hábito típico losangular. Tamanho 0,23- 0,4 mm
	<b>Matriz (10%)</b>	Matriz composta por material argiloso e micas bastante alteradas e com a presença de pleocroísmo.
<b>Composição modal</b>	<b>Quartzo (72%)</b>	

---

Feldspato(6%)  
Fragmentos líticos (22%)

---

**Maturidade:** Imatura composicionalmente e submatura texturalmente

---

**Interpretação:** Em relação a área fonte, os quartzos com baixa extinção ondulante podem indicar uma fonte sedimentar ou ígnea. Os quartzos com forte extinção ondulante, subgrãos e grãos recristalizados remetem a uma origem metamórfica. Além disso os fragmentos líticos existentes são compostos por rochas pelíticas e grauvaça quartzosa.

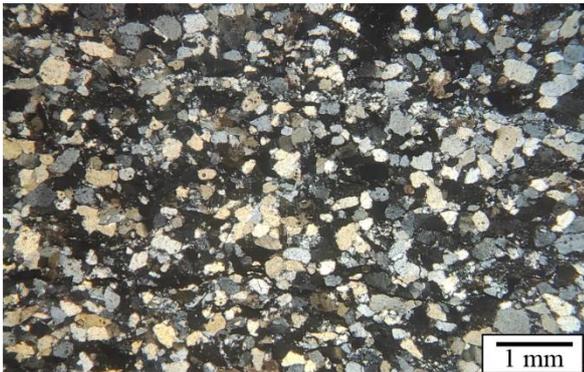
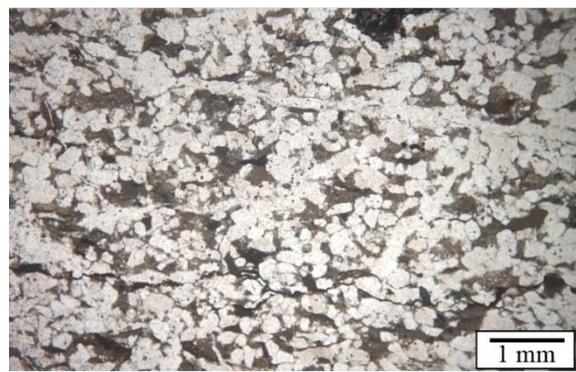
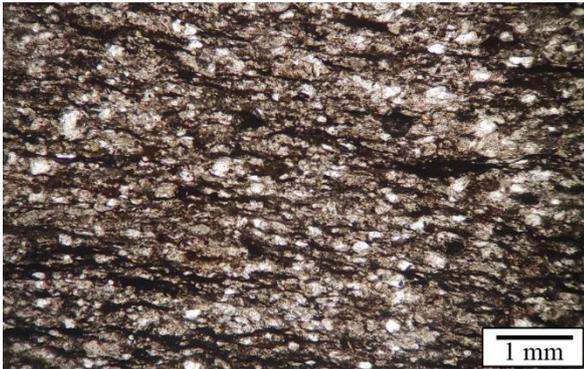
A presença de cimento silicoso em volta dos grãos de quartzo e os contatos suturados evidenciam uma compactação química avançada.

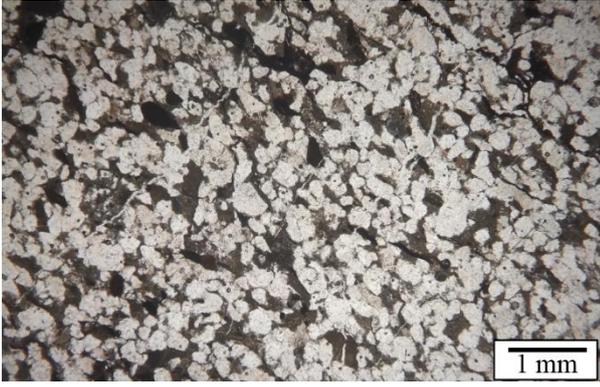
---

**Classificação:** Litoarenito feldspático

---

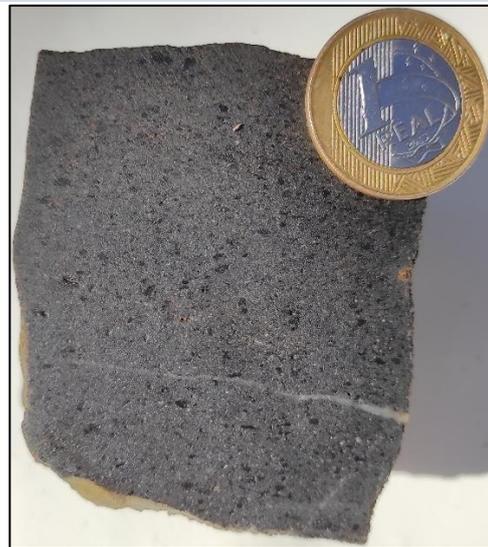
**Fotomicrografias**







### Descrição Macroscópica



Rocha terrígena fresca de cor cinza escuro, granulometria areia média a grossa com fragmentos líticos de areia muito grossa, composta por quartzo, fragmentos líticos, óxidos e pouca matriz. Rocha clasto-suportada com estrutura maciça, apesar de que os fragmentos líticos elípticos parecem estar orientados segundo um plano preferencial. Há um veio cortando a rocha em direção paralela a direção de orientação dos clastos de fragmentos líticos elípticos.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha clástica com granulometria areia média, com alguns grãos finos e outros grossos ( $d \sim 0,1$  a  $1,4$  mm), composta por quartzo, feldspato e fragmentos líticos de rocha pelítica. A rocha é clasto suportada com matriz nos interstícios dos grãos e um pouco de cimento opaco em alguns domínios. A rocha é moderadamente selecionada com a variação de tamanho de areia fina até muito grosso. Majoritariamente os grãos são areia média. Os clastos são subarredondados e subsféricos. No contato entre alguns grãos de quartzo há a presença de uma película fina de cimento silicoso. Apresenta contato côncavo convexos e em domínios pontuais há contatos suturados. Há um veio de espessura milimétrica ( $\sim 0,05$ ) composto por quartzo.

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (72%)</b>	Tamanho de 0,08 a 0,9 mm. A maioria dos quartzos apresentam fraca extinção ondulante, mas cerca de 5% apresentam-se policristalinos ou com a presença de subgrãos
	<b>Feldspato (3%)</b>	É possível observar a presença de plagioclásio pela presença de lei da albíta. Estão levemente alterados e subangulosos de alta esfericidade
	<b>Fragmentos líticos (20%)</b>	Tamanho de 0,3 a 2 mm. Os fragmentos líticos são de composição pelítica com frequentes clastos tamanho silte de quartzo, dificilmente é possível identificar a composição mineralógica. A maior parte apresenta forma subelíptica e contornos deformados por compactação mecânica
	<b>Matriz (5%)</b>	Matriz argilosa nos interstícios dos grãos.

---

<b>Composição modal</b>	Quartzo (76%)
	Feldspato (3%)
	Fragmentos líticos (21%)

---

**Maturidade:** Apresenta baixa maturidade composicional e maturidade textural moderada, visto que há uma grande quantidade de fragmentos líticos e os clastos estão levemente arredondados, respectivamente

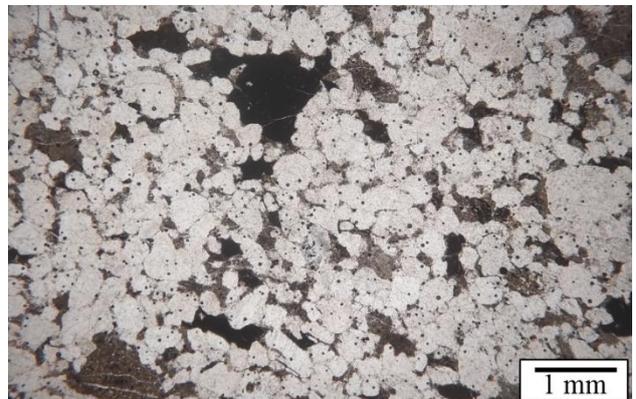
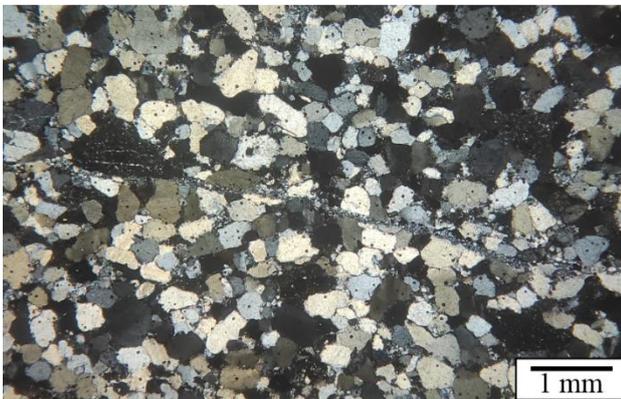
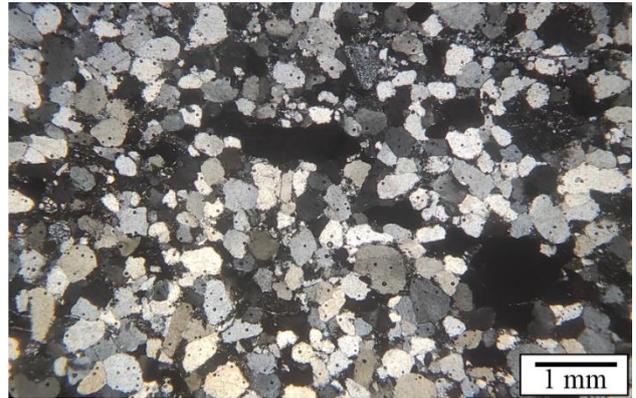
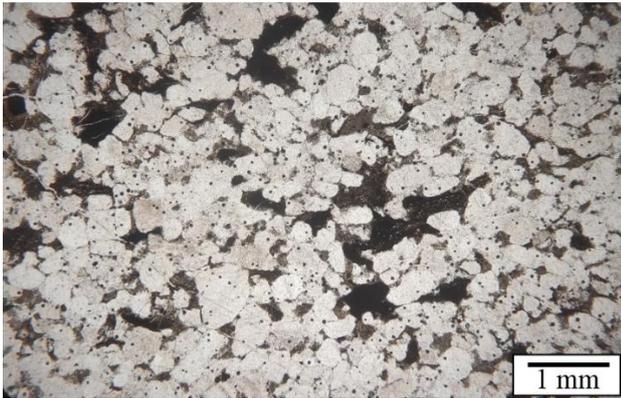
**Interpretação:** Em relação a área fonte, os quartzos com baixa extinção ondulante podem indicar uma fonte sedimentar ou ígnea. Os quartzos com forte extinção ondulante, subgrãos e grãos recristalizados remetem a uma origem metamórfica. Além disso os fragmentos líticos existentes são compostos por rochas pelíticas.

A presença de cimento silicoso em volta dos grãos de quartzo e os contatos côncavo-convexos evidenciam a compactação mecânica avançada.

**Classificação:** Litoarenito feldspático

---

#### Fotomicrografias





### Descrição Macroscópica



Amostra fresca de cor cinza com granulometria areia fina. Apresenta variação plano paralela entre um nível cinza escuro e um cinza claro que marcam o acamamento, o contato é bastante irregular entre os dois níveis de coloração diferente.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Variação granulométrica de silte médio até areia média. O tamanho varia de 0,01 a 0,32 mm, e predomina o valor de aproximadamente 0,12mm que corresponde à transição de areia muito fina a areia fina. A rocha composta por clastos de quartzo, feldspato (plagioclásio), mica, clorita e matriz. É matriz suportada, mal selecionada, com moderada a baixa esfericidade e os clastos no geral são sub angulosos. Os contatos são flutuantes, pontuais ou planares, dependendo da quantidade de matriz no domínio. A variação de coloração vista na macro é definida por meio da quantidade de opacos presentes. Os níveis de tonalidade cinza escuro apresentam uma maior quantidade de opacos que o mais claro. Os opacos aparecem como clastos e também orientados de forma planar concordantes ao acamamento. Além de ter planos de opacos paralelos ao acamamento, também há planos perpendiculares. Há a presença de cloritas de aproximadamente ~0,05mm identificadas por meio do pleocroísmo característico e da cor verde a nicois paralelos, além da cor de interferência alta. Há micas detríticas bastante alteradas imersas na matriz identificadas por meio do hábito e cor de interferência alta a nicois cruzados.

### Composição:

#### Quartzo (58%)

Quartzo monocristalino (50%) e quartzo policristalino (8%). O quartzo monocristalino apresenta granulometria areia fina a silte, subangulosos, esfericidade variada, mas principalmente moderada. A maioria apresenta baixa extinção ondulante. O quartzo policristalino possui granulometria areia fina a silte, subangulosos, esfericidade variada, mas principalmente moderada. As suas bordas são difusas que mostram a migração da borda de grão.

#### Feldspato (3%)

Alguns grãos são de plagioclásio identificados pela geminação lei da albíta (polissintética).

	<b>Mica (16%)</b>	Presença de mica bastante alteradas que se confundem com a matriz a nicois paralelos e identificadas a nicois cruzados pela cor de interferência alta
	<b>Clorita (2%)</b>	Varia de tamanho areia fina a silte. São bem formadas, algumas estão alteradas, mas outras estão bem preservadas Apresentam- se dispersas na lâmina
	<b>Matriz (20%)</b>	Matriz argilosa entre o arcabouço formado pelos clastos de quartzo, feldspato e clorita.
	<b>Opacos (1%)</b>	Películas entre os grãos e em planos paralelos ao acamamento ou perpendicular. Podem ser primários ou diagenéticos
<b>Composição modal</b>	Matriz (>15%)	Quartzo (95%) Feldspato (5%)

**Maturidade:** Imatura texturalmente e composicionalmente

**Interpretação:** Em relação a área fonte, os quartzos com baixa extinção ondulante podem indicar uma fonte sedimentar ou ígnea. Os quartzos com forte extinção ondulante, subgrãos e grãos recristalizados remetem a uma origem metamórfica.

Os clastos subangulosos demonstra o pouco retrabalhamento desses grãos e a existência de outros minerais além do quartzo evidencia uma relativa proximidade entre a área de deposição e área fonte.

Os contatos planares nas porções com menos matriz indicam a atuação de compactação mecânica

Congelamento do fluxo de carga de fundo e sedimento em suspensão - típico de sistema turbidítico.

**Classificação:** Grauvaca Quartzosa

#### Fotomicrografias





## Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha mal selecionada com arcabouço formado por clastos de quartzo, fragmentos líticos, feldspato, mica branca e titanita. O quartzo é o componente mais abundante e sua granulometria varia de areia fina a grossa (0,12-1 mm). Os fragmentos líticos possuem granulometria entre areia média a grossa (0,4-1,2 mm). O feldspato ocorre com granulometria de areia fina a média (0,08- 0,4mm). A mica detrítica e a titanita ocorrem com granulometria areia fina (0,8-0,2 mm). A rocha é clasto suportada e o contato entre os clastos é planar e côncavo-convexo, de forma mais rara suturado. Apresenta matriz argilosa, por vezes recristalizada para micas finas. Possui uma fratura de 2,4 mm de espessura preenchida por grãos inequigranulares de quartzo (0,12-1,8 mm); angulosos e subesféricos a alongados.

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (70%)</b>	Ocorre nas formas monocristalina e policristalina; apresenta em geral forte extinção ondulante. Os grãos possuem esfericidade moderada a baixa e são geralmente angulosos.
	<b>Fragmentos líticos (17%)</b>	São fragmentos de rochas pelíticas e arenitos finos; os clastos são arredondados e com baixa esfericidade.
	<b>Feldspato (4%)</b>	Ocorre parcialmente alterado para argilominerais, são subangulosos e com baixa esfericidade.
	<b>Mica (2%)</b>	Ocorre de forma subordinada e deformada devido à compactação mecânica.
	<b>Titanita (1%)</b>	Ocorre de forma subordinada e é marcada pelo forte pleocroísmo e hábito característico losangular
	<b>Matriz (6%)</b>	Matriz lamosa nos interstícios dos clastos. Por vezes é observada a recristalização para micas finas.

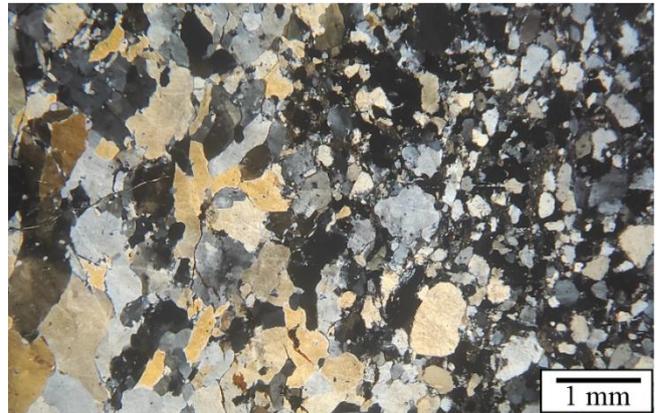
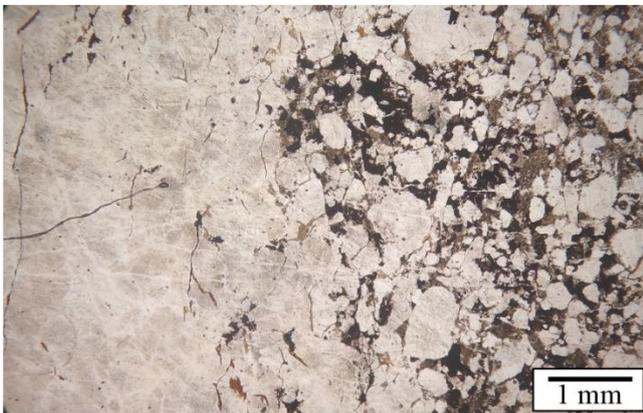
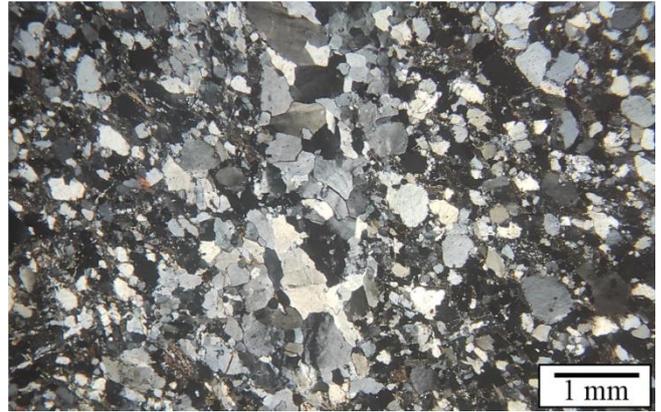
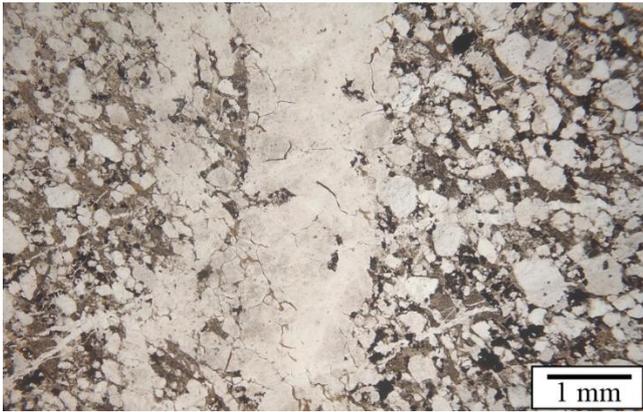
<b>Composição modal:</b>	Quartzo monocristalino: 70% Quartzo policristalino: 5% Fragmentos líticos: 20% Feldspato: 5%
--------------------------	---

**Maturidade:** Submatura composicionalmente e texturalmente.

**Interpretação:** Rocha com feições de compactação mecânica e química, indicando uma diagênese mais profunda marcada por contatos côncavo-convexos e suturados, matriz recristalizada e porosidade desprezível. A maturidade textural dessa rocha sugere pouco tempo de transporte e deposição próxima da área fonte.

**Classificação:** Litoareanito.

## Fotomicrografias





Universidade de Brasília – UnB  
Instituto de Geociências - IG

**Amostra:** 20-XI-110

**Unidade:** Membro Ribeirão da Porteira – Fm.  
Quilombo

**Localização:** 301281E 8146546N Zona 23S

### Descrição Macroscópica



Rocha pouco alterada de cor cinza claro. Mal selecionada, com clastos de tamanho lama a grânulos. Composta por quartzo, feldspato e fragmentos líticos em matriz argilosa. Rocha de estrutura maciça.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha clasto suportada com arcabouço formado por clastos de quartzo, feldspato, fragmentos líticos, mica branca imersos e minerais opacos em matriz argilosa. A rocha é mal selecionada e os componentes do arcabouço apresentam granulometria entre silte e grânulos, com tamanho entre 0,04 até 2,5 mm, com grau de esfericidade e arredondamentos variados. O quartzo ocorre de forma mais abundante e seu tamanho varia de 0,04 até 0,6mm. O feldspato tem o tamanho de areia grossa a grânulos (0,5 a 2,5 mm), os fragmentos líticos apresentam tamanho entre 0,76 e 2 mm e a mica entre 0,2 e 0,5 mm. Em meio a matriz ocorre minerais opacos disseminados. Arcabouço clasto suportado com contatos pontuais a planares, e são observados grãos deformados por compactação mecânica.

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (60%)</b>	Ocorre na forma monocristalina e policristalina, em geral com forte extinção ondulante. Os clastos policristalinos maiores, na granulometria areia grossa. Os clastos desse mineral apresentam esfericidade moderada a alta e são subangulosos.
	<b>Feldspato (5%)</b>	Ocorre totalmente alterado para argilominerais, são arredondados e com baixa esfericidade.

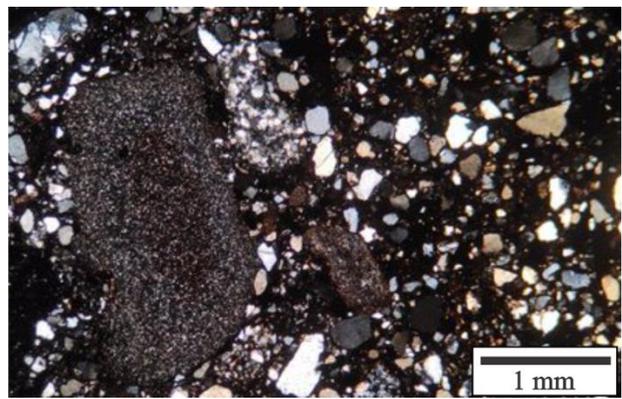
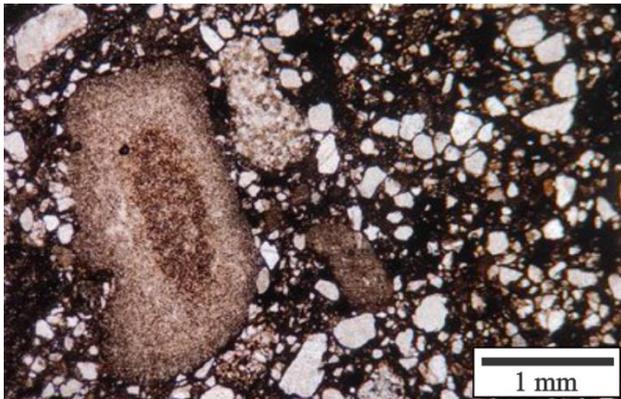
<b>Fragmentos líticos (10%)</b>	Trata-se de fragmentos de rochas pelíticas e arenitos finos a médios. Em geral são arredondados e com baixa esfericidade.	
<b>Mica (2%)</b>	São alongadas e arredondadas. Por vezes ocorrem deformadas pela compactação.	
<b>Matriz (23%)</b>	Matriz lamosa nos interstícios do clastos.	
<b>Composição modal:</b>	Matriz (>15%)	Quartzo: 70% Fragmentos líticos: 20% Feldspato: 10%

**Maturidade:** Rocha imatura composicionalmente e texturalmente

**Interpretação:** Rocha formada pelo congelamento do fluxo de carga de fundo e sedimento em suspensão, comum em um sistema turbidítico. Apresenta porosidade mínima e ocorrem contatos pontuais a planares e côncavo-convexos e suturados entre os grãos, além de clastos deformados pela compactação. Essas feições indicam um soterramento profundo, caracterizados por compactação mecânica e química. Os clastos de quartzo são de fontes variadas, ígneas e metamórficas. A maturidade textural dessa rocha indica pouco retrabalhamento e deposição próxima da área fonte.

**Classificação:** Grauvaca lítica mal selecionada

#### Fotomicrografias





### Descrição Macroscópica



Rocha fresca de cor cinza. Granulometria fina em que não é possível identificar os minerais em escala macroscópica. Apresenta suave laminação plano paralela.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha matriz suportada formada por clastos de granulometria silte a areia fina/média, com variação de tamanho de 0,02 a 0,2 mm. Os componentes do arcabouço no geral não se tocam e estão imersos em uma matriz argilosa em que se observam minerais opacos alongados e com orientação preferencial que parecem formar planos de fissilidade. Os clastos são de quartzo, fragmentos líticos e micas detríticas.

<b>Composição Primária</b>	<b>Quartzo (48%)</b>	São subangulosos a angulosos e com esfericidade moderada a alta.
	<b>Fragmentos líticos (5%)</b>	Consistem em fragmentos de rochas pelíticas, muito alteradas. Apresentam esfericidade baixa e são arredondados.
	<b>Micas (1%)</b>	Micas detríticas brancas e finas, são alongadas e arredondadas, no tamanho silte a areia fina.
	<b>Minerais Opacos (1%)</b>	Minerais alongados em planos anastomosados
	<b>Matriz (40%)</b>	Matriz lamosa nos interstícios do clastos.
<b>Composição modal:</b>	Matriz (>15%)	Quartzo: 90,5% Fragmentos líticos: 9,5%
<b>Maturidade:</b> Imatura texturalmente e composicionalmente		

---

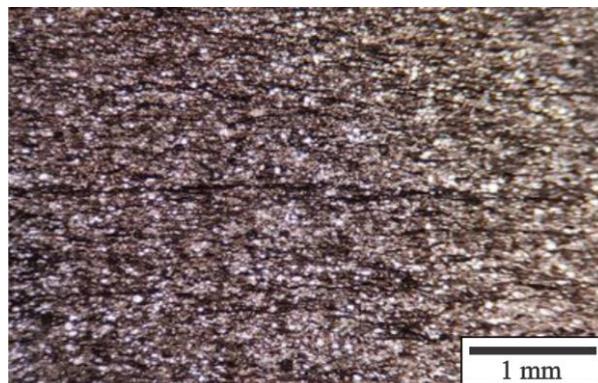
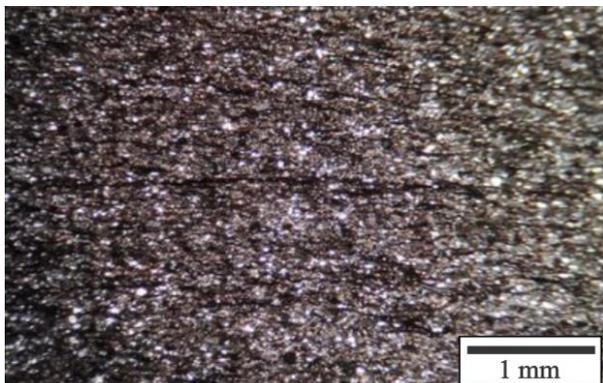
**Interpretação:** A maturidade textural e composicional da rocha sugere um retrabalhamento moderado. A orientação de minerais indica uma foliação incipiente.

---

**Classificação:** Grauvaca lítica fina

---

**Fotomicrografias**





### Descrição Macroscópica



Rocha terrígena fresca de cor cinza. Clasto suportada com arcabouço formado por fragmentos líticos de tamanho grânulo a seixo, e fragmentos minerais de granulometria areia fina a muito grossa. Os fragmentos líticos são alongados e arredondados e aparentam estar orientados segundo uma direção preferencial. Os fragmentos minerais são de quartzo e possuem esfericidade moderada a alta e são subangulosos a arredondados.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha mal selecionada clasto suportada com arcabouço formado por fragmentos líticos e quartzo. Os fragmentos líticos apresentam granulometria areia muito grossa a seixos (1-10 mm). Os fragmentos minerais de quartzo possuem granulometria de areia média a grossa (0,28-1,68 mm). Ocorrem também fragmentos de micas de granulometria areia fina a média. Os clastos apresentam graus de arredondamento e esfericidade variados e o contato entre eles é planar e côncavo-convexo. Os minerais alongados aparentam estar orientados segundo uma direção preferencial.

### Composição Primária

**Fragmentos líticos (90%)**

Em geral são alongados e arredondados. Trata-se de fragmentos de variadas fontes, porém predominam de rochas pelíticas como siltitos laminados, também ocorrem fragmentos de arenitos médios e grossos. Observa-se um fragmento de tamanho centimétrico de uma rocha foliada, provavelmente correspondente a uma rocha metamórfica.

**Quartzo (7%)**

Ocorre na forma monocristalina e policristalina (apenas 1 clasto, com tamanho de 1,68 mm). Apresentam alta esfericidade e são subangulosos a arredondados.

**Mica(3%)**

São pleocróicas de bege claro a escuro, com extinção ondulante; por vezes ocorrem rodeando fragmentos líticos.

---

**Maturidade:** Imatura composicionalmente e submatura texturalmente

---

**Interpretação:** A rocha representa um congelamento de fluxo de detrito muito denso, da parte proximal da carga de fundo de um fluxo turbidítico. Ocorrem clastos de variadas fontes e tanto com feições de maior retrabalhamento quanto de menor, o que sugere diferentes períodos de transporte até a deposição. São observadas feições que indicam uma compactação mecânica intensa da rocha, como clastos deformados e contatos côncavo-convexos. A orientação preferencial dos clastos alongados representa uma foliação incipiente.

---

**Classificação:** Ortoconglomerado polimítico

---

**Fotomicrografias**





### Descrição Macroscópica



Rocha terrígena de cor cinza quando fresca, com alguns clastos milimétricos e subangulosos pretos e outros clastos cinza claro. Rocha clasto suportada mal selecionada com arcabouço formado por fragmentos líticos de tamanho grânulo a seixo, e fragmentos minerais de granulometria areia fina a muito grossa. Os fragmentos líticos são alongados e arredondados.

### Descrição Microscópica

**Estrutura/Textura/Fábrica:** Rocha muito mal selecionada formada por fragmentos líticos e fragmentos minerais. Os fragmentos líticos possuem granulometria de grânulo a seixo (2-11 mm). Os fragmentos minerais de quartzo são principalmente na forma monocristalina, porém com alguns fragmentos na forma policristalina, ocorrem na granulometria areia fina a grossa (0,08-0,56 mm). Também ocorrem fragmentos minerais de micas na granulometria areia média (0,25-0,5 mm). A rocha é clasto suportada e apresenta pouquíssima matriz lamosa (~1%) nos interstícios. O contato entre os clastos ocorre de forma planar, côncavo-convexos e suturados. Observam-se clastos deformados pela compactação. Os grãos de forma elíptica aparentam estar orientados segundo uma direção preferencial.

<b>Composição Primária</b>	<b>Fragmentos líticos (90%)</b>	São em geral arredondados e elípticos, com alguns clastos subangulosos e de esfericidade moderada a alta. Trata-se de fragmentos de diversas fontes: Arenitos de granulometria fina, média e grossa; alguns fragmentos líticos também apresentam fragmentos líticos; siltitos laminados; folhelhos.
	<b>Quartzo (6%)</b>	Ocorre nas formas monocristalina e policristalina (maiores, tamanho areia grossa). Grãos subangulosos e com esfericidade moderada a alta.
	<b>Mica(3%):</b>	Grãos pleocróicos e deformados, com extinção ondulante.

**Maturidade:** Rocha imatura composicionalmente e submatura texturalmente

---

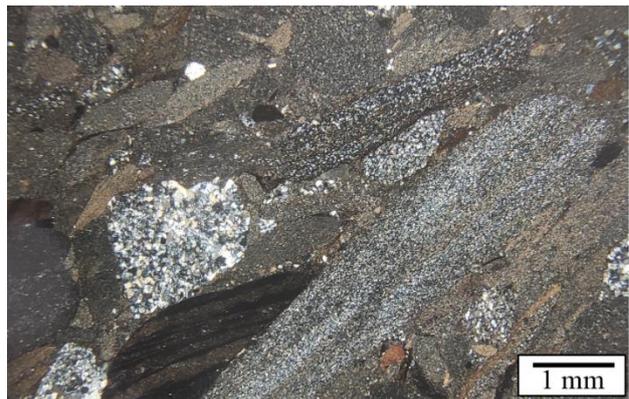
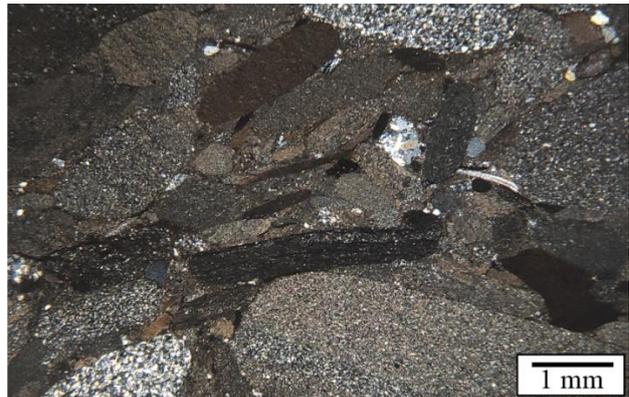
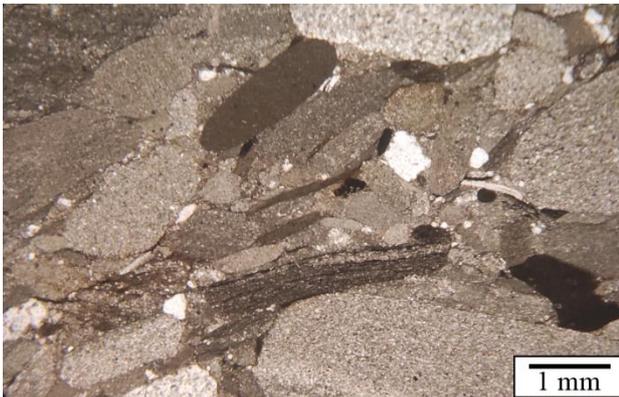
**Interpretação:** A rocha representa um congelamento de fluxo pouco diferenciado da carga de fundo de um fluxo turbidítico. Ocorrem clastos de variadas fontes e tanto com feições de maior retrabalhamento quanto de menor, o que sugere diferentes períodos de transporte até a deposição. São observadas feições que indicam uma compactação mecânica e química intensa da rocha, como clastos deformados e contatos côncavo-convexos e suturados. A orientação preferencial dos clastos alongados representa uma foliação incipiente.

---

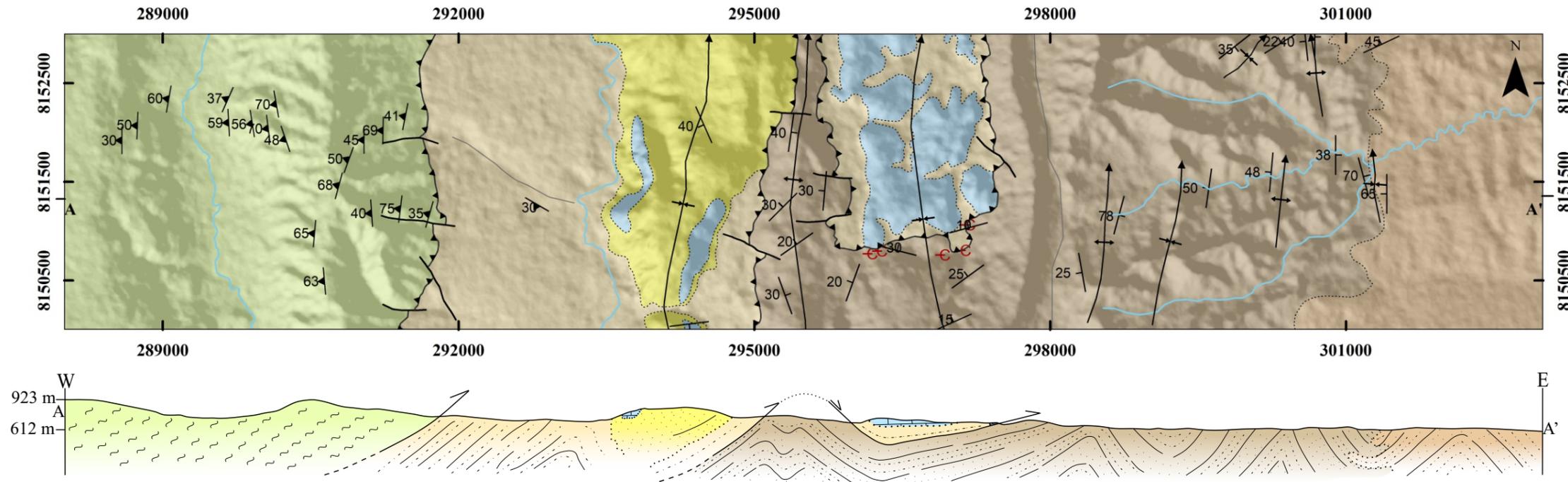
**Classificação:** Ortoconglomerado polimítico

---

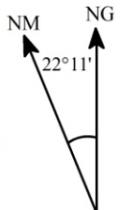
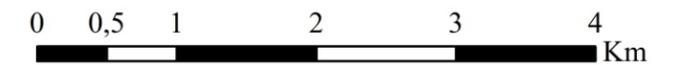
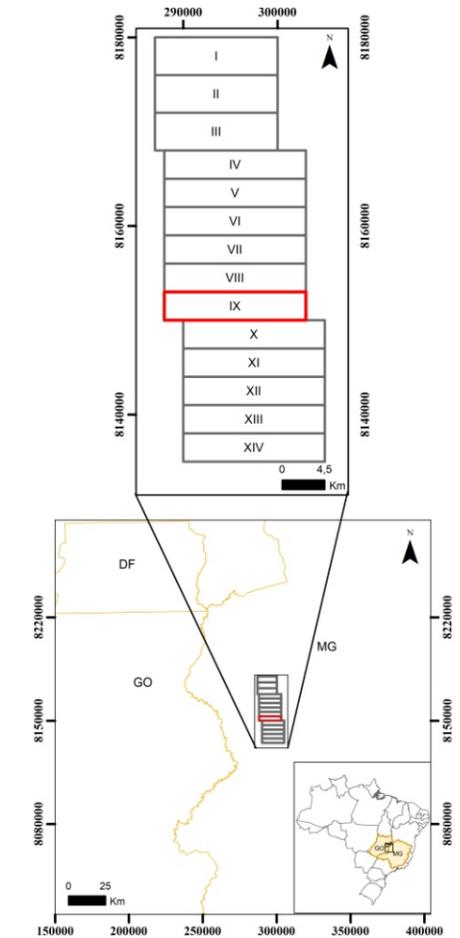
**Fotomicrografias:**



# ANEXO H - MAPA GEOLÓGICO - PROJETO UNAÍ - ÁREA IX



Escala horizontal: 1:50.000  
Escala vertical: 1:50.000



Mapa Geológico 1:50.000  
Trabalho Final de Graduação - 2020  
Projeto Unaí  
Área IX

Projeção Universal Transversa de Mercator, Zona 23S  
Datum Horizontal - SIRGAS 2000

Coordenador: José Eloi Guimarães Campos  
Autoras: Paula Tháís da Silva Nascimento  
Raylline Ferreira da Silva

## UNIDADES GEOLÓGICAS

### MESOPROTEROZOICO

#### Esteniano

##### Grupo Canastra - Formação Serra do Landim

**MPCsl** Clorita filito, clorita-fengita filito, clorita-fengita-quartzito filito.

##### Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro

**MPPcb** Arenito fino, médio, grosso, localmente conglomerático ou feldspático; de cor cinza escuro quando fresco e cinza claro a esbranquiçados quando alterado.  
Dololutito micrítico, dololutito estromatolítico, dolorudito intraclástico e oncolítico e dolarenito intraclástico e oolítico, litotipo de cores cinza claro a escuro.  
Siltito laminado, siltito argiloso e marga laminada de cores amareladas e rosadas quando alterados.

#### Ectasiano

##### Formação Quilombo

**MPQrf** Membro Ribeirão do Franco: ritmito pelito-psamítico com intercalações de camadas centimétricas de litoarenito, grauvasa lítica, siltitos laminado, siltitos maciço, argilito, folhelho.

**MPQrp** Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico representado por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvasa lítica fina, grauvasa lítica grossa, arenito, sublitoarenito, siltito maciço, siltito laminado, folhelho, argilito e conglomerado clasto-suportado subordinado. Rocha com coloração cinza a verde escuro quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos abruptos entre as camadas individuais.

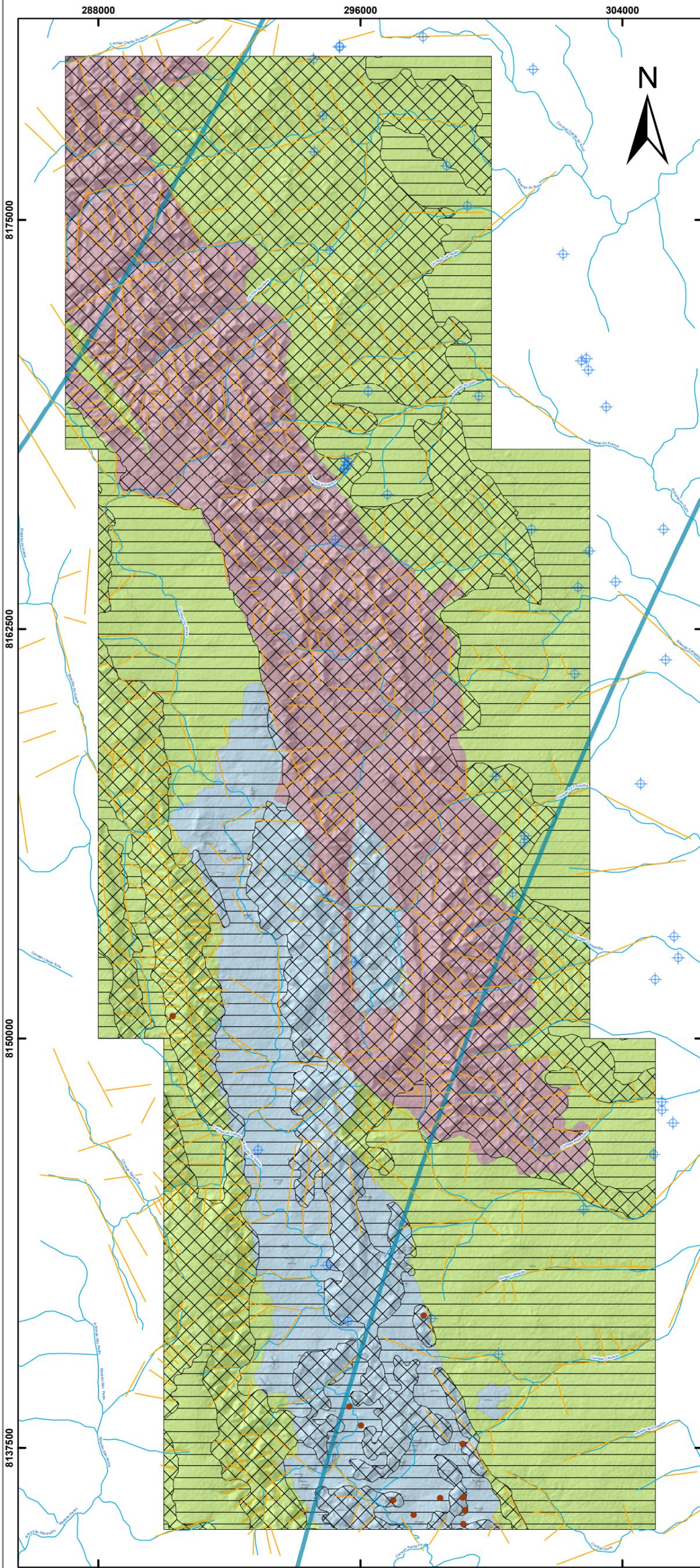
## CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- ..... Contato Interdigitado
- ▲▲▲ Falha Contracional de Baixo Ângulo
- Falha de Rasgamento
- ↯ Eixo de Dobra Sinclinal com caimento
- ↰ Eixo de Dobra Anticlinal com caimento
- Lineamento Estrutural
- Acamamento S0
- ▲ Foliação Sp
- ⊖ Ocorrências de conglomerado da Fm. Quilombo

## CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS

- Limite da Área IX
- Drenagem Principal





- Poços
- Cavidades Naturais
- Lineamentos morfoestruturais
- Hidrografia
- Isoietas - Pluviosidade Média Anual (1977-2006)

Dominios	Sistema	Características
Freático ou intergranular	F11	Aquíferos relacionados a solos espessos: latossolos, argissolos e nitossolos. Apresentam alta condutividade hidráulica (K), da ordem de $10^{-6}$ m/s e alta transmissividade (T), da ordem de $10^{-5}$ m <sup>2</sup> /s.
	F12	Aquíferos relacionados a solos pouco espessos: cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos. Apresentam condutividade hidráulica variável (K), da ordem de $10^{-7}$ a $10^{-8}$ m/s. Comumente não possuem zona saturada.
Fraturado	FP1 (rúptil)	Aquíferos homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ( $K \approx 10^{-7}$ m/s) e transmissividade ( $T \approx 10^{-5}$ m <sup>2</sup> /s) moderados. O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são os ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira (MPQrp)/Formação Quilombo.
	FP2 (dúctil)	Aquíferos homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ( $K \approx 10^{-3}$ m/s) e transmissividade ( $T \approx 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s) baixos, onde ( $K_x \approx K_y$ ) < $K_z$ . O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os filitos, quartzitos, e mármores da Formação Serra do Landim (MPCsl)/Grupo Canastra;</li> <li>• Os siltitos (MPPcbS - localizados na parte norte) da Formação Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá;</li> <li>• Os ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco (MPQrf)/Formação Quilombo;</li> <li>• Os siltitos, margas, e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas (NPBs)/Grupo Bambuí.</li> </ul>
Fissuro-Cárstico	FC	Aquíferos heterogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ( $K \approx 10^{-6}$ m/s) e transmissividade ( $T \approx 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s) altos, dependendo da dissolução e conectividade entre as fissuras. O fluxo laminar e turbulento. As principais rochas reservatório são os dolomitos (MPPcbD), arenitos (MPPcbA) e siltitos (MPPcbS - localizados na parte sul) da Formação Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá.

**UNIDADES GEOLÓGICAS**

**NEOPROTEROZOICO**

**Ediacariano**

**Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas**

**NPBs**

Siltitos, siltitos argilosos, folhelhos, margas, calcários micríticos, compondo sucessão estratificada em camadas centimétricas a decimétricas, dobradas. Rochas de cores escuras (preto a cinza escuro) quando não alteradas e ocre/amarela/rosada quando alteradas.

**MESOPROTEROZOICO**

**Steniano** - idade máxima de deposição 1050 Ma (Zircão detritico e sobrecrecimento de xenotima em zircão detritico).

**Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro**

**MPPcb**

**A** Arenitos grossos, médios, finos até conglomeráticos feldspáticos (escuros quando frescos e cinza claro a esbranquiçados quando alterados).

**S** Siltitos laminados, siltitos argilosos, margas laminadas de cores escuras quando não alteradas e amareladas a rosadas quando alteradas.

**D** Dolomitos cinza claro a escuro, micríticos, estromatolíticos (estromatólitos colunares) doleruditos intraclásticos e oncolíticos e doleritos intraclásticos e oolíticos.

**Grupo Canastra - Formação Serra do Landim**

**MPCsl**

Clorita filitos, clorita-fengita filitos, clorita-fengita-quartzito filitos, calcifilitos, mármores finos dolomíticos, mármores finos calcíticos, quartzitos finos micáceos.

**Ectasiano** - idade de deposição 1394 Ma (U/Pb em Zircão de rocha vulcânica).

**Formação Quilombo**

**MPQrf**

**Membro Ribeirão do Franco:** ritmitos pelito-arenosos, com intercalações de camadas centimétricas de litoarenitos, grauvacas líticas, siltitos laminados, siltitos macios, argilitos, folhelhos e rochas vulcânicas ácidas a intermediárias subordinadas (dactilo e riolito), afaníticas ou com esferulitos.

**MPQrp**

**Membro Ribeirão da Porteira:** ritmitos psamo-pelíticos, representados por intercalações de litoarenitos finos, litoarenitos grossos, grauvacas líticas finas, grauvacas líticas grossas, arenitos, sublitoarenitos, siltitos macios, siltitos laminados, folhelhos, argilitos, e conglomerados clasto-suportados subordinados. Rochas com coloração escura quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos bruscos entre as camadas individuais.

**Diagrama de Rosetas dos Lineamentos Morfoestruturais Projeto Unai**

