



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Trabalho de Mapeamento Geológico Final

Projeto Unai - TF 2020

SUBÁREA XIV

Lívio Reily de Oliveira Gonçalves - 150136331

Ricardo Avelino Costa - 150064411

Brasília - DF

2021

Relatório do Trabalho de Mapeamento Geológico Final – 2020

Projeto Unai

Subárea XIV

Autores:

Lívio Reily de Oliveira Gonçalves

Ricardo Avelino Costa

Coordenador:

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Orientadores:

Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

Prof. Dr. Martino Giorgioni

Msc. Lucas Santana Batista Teles

Banca examinadora:

Prof. Dr. Detlef Hans Gert Walde

Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Brasília, novembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Gelta Carlos de Oliveira e Paulo Antônio Gonçalves, e a minha irmã Amanda de Oliveira Gonçalves por todo o incentivo, pela paciência e por toda a educação que me deram durante todos esses meus vinte e quatro anos de vida.

Agradeço a minha dupla, Ricardo, por toda a paciência com as minhas garrinchadas, pelo companheirismo, organização, e empenho durante todo esse tempo, não poderia ter tido uma dupla melhor.

Agradeço a toda a equipe do Projeto Unai 2020, em especial ao Prof. Dr. Eloi Campos, que entendeu o lado dos alunos durante esses anos difíceis de 2020/2021 e viabilizou a realização desse trabalho. Aos outros orientadores Martino Giorgioni, Dra. Eliza Peixoto e Msc. Lucas Teles por também aceitarem nos ajudar durante esse trabalho final atípico. Aos servidores Mendes, Amdeu e Serjão por todo o profissionalismo e por nos auxiliarem durante os trabalhos de campo, sempre resolvendo todo e qualquer problema extracampo.

Agradeço a toda a equipe do LabMicro, em Especial ao Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo, por todos os ensinamentos, companheirismo e profissionalismo durante esses meus anos na geologia, o senhor é um exemplo de profissional apaixonado pelo que faz. Também em especial a Msc. Amanda Leite, Dra. Lívia Rodriguez, Dr. Lucas Antonietto, Msc Matheus Denezine e Dr. Rodrigo Adôrno.

Agradeço por último, mas não menos importante, aos meus amigos e futuros colegas de profissão Ana Flavia, Bianca Licassali, João Gabriel, Linda Beatriz, Manoel Lázaro, Ricardo Vida pelo companheirismo durante esses anos de geologia.

Lívio Reily de Oliveira Gonçalves

Dedico este trabalho aos meus pais, José Palmério e Maria Isabel, ao meu irmão Cícero, e agradeço por todo apoio, compreensão e carinho em todas as etapas da minha vida.

Meus sinceros agradecimentos a todos os envolvidos no Projeto Unai, em especial ao coordenador Dr. Eloi Campos, que tanto se esforçou para proporcionar a formatura dos alunos em meio a um cenário tão adverso, realizando tudo com maestria e profissionalismo. Aos outros orientadores, Dr. Martino Giorgioni, Dra. Eliza Peixoto e Msc. Lucas Teles pelas instruções e assistências. Aos meus amigos Ricardo Vida, Linda Sales, Bianca Licassali, Manoel, Ana Flávia, Mariana Gomes, e João Gabriel, pelo companheirismo e empatia nos momentos que passamos juntos no TF. Aos motoristas Serjão, Mendes e Sr. Amadeu pela presteza e cordialidade de sempre.

Agradeço ao Lívio, meu grande amigo e dupla de trabalho, pela parceria, paciência, confiança e dedicação na realização deste projeto, uma experiência gratificante e engrandecedora.

Agradeço também aos meus amigos Diego Morais, Ana Laura Rodrigues, Ana Clara Souza, Isabelle Santana, Mariana Hashimoto, Pedro Maragno, Filipe Machado, Marli Campos e Pedro Mendes por toda cumplicidade durante todos esses anos da minha graduação. Agradeço aos meus colegas de Dossel Ambiental, pelo respaldo e ensinamentos, em particular meus amigos Caio, Guilherme, Tina, Bia Freitas, Randrei e Ryan. E um agradecimento especial à minha companheira e futura colega de profissão, Raylline, por todo apoio, amor e paciência.

Ricardo Avelino Costa

RESUMO

O presente volume compreende um dos treze relatórios produzidos pelo Projeto Unai, o trabalho final do curso de graduação em Geologia pela Universidade de Brasília, referente ao ano de 2020. Com a finalidade de contribuir com a cartografia de uma unidade recentemente proposta, a Formação Quilombo, e contribuir com detalhamento em uma porção da zona externa centro-meridional da Faixa de Dobramentos Brasília, o Projeto Unai apresenta uma proposição de mapa geológico em escala 1:50.000 para uma área de 651 km², nos limites municipais de Unai e Paracatu, em Minas Gerais. Localizada em uma região que tem suas unidades geológicas tradicionalmente atribuídas ao Grupo Vazante, essa área apresenta uma variedade de rochas metassedimentares pelíticas, psamíticas e carbonáticas, e ocorrências vulcânicas muito restritas. Através do subsídio de levantamentos bibliográficos, processamento de imagens de satélite e aerogeofísicas, bem como interpretação de linha sísmica e também pelo trabalho de campo, foi possível a aquisição de diversas informações petrográficas e estruturais em todas as etapas do trabalho. Foram registradas e propostas no mapeamento as seguintes unidades: Membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco, Formação Quilombo; Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá; Formação Serra do Landim, Grupo Canastra e Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. Tais unidades foram depositadas em ambiente de mar continental e apresentam-se dispostas em um ambiente tectônico de cinturão de dobras e cavalgamentos, com estruturas de deformação progressiva resultantes de um único evento compressional, o Ciclo Brasileiro. A evolução tectono-sedimentar proposta para área é da evolução de bacia tipo rifte para um aulacógeno, se tornando uma bacia cratônica e por fim, devido ao evento compressivo, uma bacia do tipo antepaís.

Palavras-chave: Formação Quilombo, Faixa de Dobramentos Brasília, Grupo Paranoá, Mesoproterozoico, Unai.

ABSTRACT

This volume comprises one of the thirteen reports produced by the Unaí Project, the final work of the undergraduate course in Geology at the University of Brasília, referring to the year 2020. In order to contribute to the cartography of a recently proposed unit, the Quilombo Formation, and contribute with detailing in a portion of the central-southern outer zone of the Brasília Fold Belt, the Unaí Project presents a proposal of a geological map in 1:50,000 scale for an area of 651 km², in the municipal boundaries of Unaí and Paracatu, in Minas Gerais. Located in a region that has its geological units traditionally attributed to the Vazante Group, this area presents a variety of pelitic, psamitic and carbonate metasedimentary rocks, and very restricted volcanic occurrences. Through the subsidy of bibliographic surveys, processing of satellite and aerogeophysical images, as well as seismic line interpretation and also through field work, it was possible to acquire various petrographic and structural information at all stages of the work. The following units were registered and proposed in the mapping: Members Ribeirão da Porteira and Ribeirão do Franco, Quilombo Formation; Córrego do Barreiro Formation, Paranoá Group; Serra do Landim Formation, Canastra Group and Sete Lagoas Formation, Bambuí Group. Such units were deposited in a continental sea environment and are arranged in a tectonic environment of a belt of folds and thrusts, with progressive deformation structures resulting from a single compressional event, the Brasiliano Cycle. The tectono-sedimentary evolution proposed for the area is the evolution of a rift-type basin to an aulacogene, becoming a cratonic basin and finally, due to the compressive event, a foreland basin.

Keywords: Quilombo Formation, Brasília Fold Belt, Paranoá Group, Mesoproterozoic, Unaí.

Índice de Figuras

Figura 1. 1 - Localização regional do Projeto Unai, destacando a subárea XIV, apresentando as vias de acesso com origem em Brasília-DF.	3
Figura 1. 2 - Mapa Base utilizado em campo pela subárea XIV (figura com escala esquemática, adaptado do formato A3 para dimensão de figura).	5
Figura 1. 3 - Classificação de rochas siliciclásticas (adaptado de Folk, 1975).	9
Figura 1. 4 - Classificação de rochas carbonáticas. Escala 1 mm (adaptado de Dunham, 1962; fotos das lâminas Erdem & Varol, 2016; adaptado de Folk, 1975 segundo Domingues, 2011). ...	9
Figura 1. 5 - Classificação climática de Köppen-Geiger na região dos municípios de Unai e Paracatu, que apresentam uma estação meteorológica convencional do INMET em cada uma das sedes dos respectivos municípios. É possível observar que as isoietas de 1500 mm e 1400 mm atravessam exatamente a poligonal do Projeto Unai.	11
Figura 1. 6 - Temperatura média (°C) na Estação Convencional de Unai (83428) no período de 1981 a 2010, e na Estação Convencional de Paracatu (83479) no período de 1931 a 1960 e de 1981 a 2010. Fonte: INMET.	11
Figura 1. 7 - Precipitação Acumulada (mm) na Estação Convencional de Unai (83428) nos períodos de 1961 a 1990 e 1981 a 2010, e na Estação Convencional de Paracatu (83479) nos períodos de 1961 a 1990 e 1981 a 2010. Fonte: INMET.	12
Figura 1. 8 - Fitofisionomias ocorrentes e Uso do Solo na região do Projeto Unai, em meio ao bioma cerrado. A atividade antrópica voltada para o agronegócio predomina na região, sendo um dos pilares da economia dos municípios abrangidos.	13
Figura 1. 9 - Registro fotográfico da geomorfologia, vegetação e uso do solo no sul da subárea XIV. Os campos de cerrado denso e típico ocorrem associados às regiões de maiores declividades, enquanto os campos de cerrado ralo podem acontecer associados ao uso agropecuário nas regiões mais planas (direção do registro para oeste, sinalizado na Figura 1.8).	13
Figura 1. 10 - Unidades geomorfológicas na região do projeto, levando em conta forma e características locais. Comparando com a hipsometria, é possível associar as altitudes com a forma e grau de dissecação do relevo utilizados como critérios para os compartimentos geomorfológicos.	14
Figura 1. 11 - Unidades pedológicas na região do Projeto Unai, na escala 1:250.000. Fazendo o comparativo, é notório que a porcentagem de declividade do terreno influencia fortemente nos tipos de solos ocorrentes.	15
Figura 1. 12 - Cursos d'água da região do Projeto Unai, inseridos na sub-bacia do Rio Paracatu, na bacia do Rio São Francisco. O Ribeirão da Aldeia é parte da divisa dos municípios de Unai e Paracatu.	16
Figura 2. 1 - Esboço do Escudo Brasil Central na porção ocupada pela Província Tocantins (modificado por Valeriano et al. 2004, de Almeida et al. 1981).	18
Figura 2. 2 - Localização da área do Projeto Unai nos compartimentos da Faixa Brasília (adaptado de Campos et al., 2021).	19
Figura 2. 3 - Coluna estratigráfica das unidades aflorantes da borda oeste da bacia do São Francisco e da Zona Externa da Faixa Brasília.	21

Figura 2. 4 - Membros da Formação Quilombo nas proximidades de Unaí, em contato tectônico com as megassequências Macaúbas/Paranoá e Bambuí (adaptado de Campos et al., 2021).....	22
Figura 3. 1 - Composição colorida na cor verdadeira (visível – RGB 432) e na falsa cor (RGB 843) referente a área do Projeto Unaí e a subárea XIV.....	27
Figura 3. 2 - Variação da energia refletida para os alvos terrestres (Fonte: Florenzano, 2007). .	28
Figura 3. 3 - Relevo sombreado com incidência de luz a 315° criado a partir de mosaico do Modelo Digital de Elevação, composto por quatro cenas do sensor PALSAR/satélite ALOS. ...	29
Figura 3. 4 - Mapa de Lineamentos Morfoestruturais do Projeto Unaí e da Subárea XIV, e suas respectivas rosetas, evidenciando o trend estrutural refletido pelo contexto tectônico regional. .	30
Figura 3. 5 - No frame superior estão as Zonas Homólogas da subárea XIV, com as lineações em feixe, lineações em série, os lineamentos, as quebras de relevo (negativas e positivas) e a rede de drenagem. Já no frame inferior estão os agrupamentos das zonas homólogas.	31
Figura 3. 6 - A) Modelo evidenciando como é feito a aquisição sísmica onshore. B) Gráfico dos valores da diferença da impedância versus tempo (Adaptado de Simm & Bacon, 2014).	33
Figura 3. 7 - A) Traços das ondas de reflexão. B) A soma das cristas e dos vales das ondas de reflexão. C) Picos e vales ligados, formando um aspecto de camada. D) Perfil sísmico (Adaptado de Simm & Bacon, 2014).....	34
Figura 3. 8 - Mapa de localização da linha sísmica “R0240_São_Francisco_045_PSTM”.	34
Figura 3. 9 - Seção sísmica interpretada.	37
Figura 3. 10 - A) Abundâncias relativas dos radioelementos K, Th e U em diferentes tipos de rochas (Adaptado de Wollenberg, 1977). B) Variação da concentração média dos radioelementos em rochas e solos na Austrália (Modificado de Dickson & Scott, 1997).	38
Figura 3. 11 - Mapa de localização do projeto Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais Área 1 - Unaí-Paracatu-Vazante-Coromandel.	40
Figura 3. 12 - Fluxograma do processamento dos dados brutos pela empresa LASA (LASA, 2001).....	41
Figura 3. 13 - Fluxograma dos produtos gerados a partir da magnetometria.	41
Figura 3. 14 - Mapa de amplitude do sinal analítico.....	42
Figura 3. 15 - Fluxograma dos produtos gerados a partir da gamaespectrometria.	43
Figura 3. 16 - Mapa ternário RGB de gamaespectrometria.	44
Figura 3. 17 - Interpretação da magnetometria.	45
Figura 3. 18 - Interpretação da gamaespectrometria.....	48
Figura 4. 1 - Unidades litoestratigráficas presentes na área do Projeto Unaí.	49
Figura 4. 2 - Mapa Geológico da subárea XIV.	51
Figura 4. 3 - Área de ocorrência dos Membros Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira, da Formação Quilombo, na área do Projeto Unaí. Na subárea XIV destaca-se apenas a ocorrência do Membro Ribeirão do Franco, com indicação dos pontos descritos na unidade e dos pontos em que foram levantadas seções estratigráficas.....	53
Figura 4. 4 - Fácies da Formação Quilombo e seus processos de formação.....	54
Figura 4. 5 - Fácies Conglomerado maciço, Formação Quilombo. A) Amostra <i>alterada</i> da fácies Cm. B) Amostra da Fácies Cm. C) Lâmina petrográfica nicóis cruzados. D) Lâmina petrográfica nicóis <i>paralelos</i>	54

Figura 4. 6 - Fácies litoarenito laminado. A) Afloramento com a fácies Ll. B) Amostra de mão da fácies Ll. C) Lâmina petrográfica a nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica a nicóis cruzados.....	55
Figura 4. 7 - Fácies grauvaca maciça. A) Amostra de grauvaca fina. B) Grauvaca grossa. C) Lâmina petrográfica da fácies grauvaca maciça, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies grauvaca maciça, nicóis paralelos.....	56
Figura 4. 8 - Fácies pelíticas. A) Pelito maciço. B) Pelito Laminado.....	57
Figura 4. 9 - Área de ocorrência da Formação Córrego do Barreiro no Projeto Unai, com a distinção dos seus conjuntos de rochas. Destaque para a ocorrência da unidade na subárea XIV, sinalizando-se os pontos descritos na unidade, os pontos que tiveram amostras laminadas e os pontos que tiveram seções estratigráficas levantadas.	58
Figura 4. 10 - Fácies da Formação Córrego do Barreiro, com denominação, letras-código, estruturas associadas e respectivos seus processos de formação.	59
Figura 4. 11 - Fácies Siltito laminado, Arenito grosso estratificação cut and fill e Arenito médio com estratificação. A) Fácies Sl. B) Fácies AGec e AMe. C) Lâmina petrográfica das fácies AGec e AMe, nicóis paralelos. D) Fácies AGec e AMe, nicóis cruzados.	60
Figura 4. 12- Fácies DLm1. A-B) Amostras da fácies DLm1. C) Lâminas petrográficas das fácies DLm1, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies DLm1, nicóis cruzados.	61
Figura 4. 13 - Fácies DAM. A-B) Amostra da fácies DAM. C) Lâmina petrográfica da fácies DAM, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies DAM, nicóis cruzados.	62
Figura 4. 14 - Fácies DLm2 e BLec. A) Amostra da fácies DLm2. B) Afloramento da fácies BLec. C) Lâmina petrográfica da fácies BLec com nicóis paralelos.	63
Figura 4. 15 - Fácies BLep. A) amostra da fácies BLep. B) Lâmina petrográfia da fácies BLep, nicóis paralelos. C) Lâmina petrográfica da fácies BLep, nicóis cruzados.....	64
Figura 4. 16 - Fácies Bm1 e Bm2. A) Afloramento da fácies Bm1. B) Afloramento da fácies Bm2. C) Lâmina petrográfica da fácies Bm2, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies Bm2, nicóis cruzados.	65
Figura 4. 17 - Seção estratigráfica esquemática integrada da Subárea XIV.	68
Figura 4. 18 - Seção estratigráfica “Drenagem”.	69
Figura 4. 19 - Seção estratigráfica “Trilha”.	70
Figura 4. 20 - Seção Estratigráfica “Estromatólito”.....	71
Figura 4. 21 – Área de ocorrência da Formação Serra do Landim na área do Projeto Unai, com destaque para a subárea XIV e a sinalização dos pontos descritos na unidade e dos pontos que tiveram amostras laminadas.	72
Figura 4. 22 - A) Afloramento de filito cinza claro, nas partes não alteradas, e de coloração avermelhada a amarelada nas partes oxidadas. B) Esfoliação esferoidal comumente presente no filito (20-XIV-P02: 293978 L/ 8137735 S).....	73
Figura 4. 23 - A) Afloramento em lajedo de filito com foliação principal marcante, e detalhando os pseudomorfos (de em média 0,4 mm) de pirita. B) Afloramento em lajedo de filito com pseudomorfos (e até alguns grãos mais preservados) de pirita, com destaque para as duas modas de tamanho, uma de em média 0,5 cm e outra de até 1 mm (20-XIV-P29: 293481 L/ 8134788 S).	74
Figura 4. 24 - A) Lajedo de filito carbonoso bastante foliado, com destaque para a comparação das cores entre um filito carbonoso cinza escuro e um filito cinza claro avermelhado. B) Amostra	

de filito calcífero, com pseudomorfos marrons de calcita. (20-XIV-P30: 293749 L/ 8135428 S).	75
Figura 4. 25 - A) Amostra 20-XIV-P28 macroscópica, em que é possível observar na porção serrada a relação entre o acamamento e a foliação principal, marcada pelos óxidos e pseudomorfos como porfiroblastos (292628 L/ 8134788 S). B) Amostra 20-XIII-P33 macroscópica de coloração cinza clara, com secção serrada evidenciando os pontos de óxidos e alguns porfiroblastos esbranquiçados (291812 L/ 8138942 S).	76
Figura 4. 26 - A) Pseudomorfos de pirita em meio a matriz densa composta de quartzo, fengita e clorita (nicóis paralelos). B) Lamelas de fengita e clorita de granulação densa, alinhadas constituindo a foliação (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do clorita-fengita-filito e indicação do campo composicional aproximado.....	77
Figura 4. 27 - A) Matriz fina de minerais micáceos marcando a foliação, com porfiroblastos de óxidos e fragmentos líticos (nicóis cruzados). B) Detalhe para os porfiroblastos de feldspato e de fragmento lítico (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do clorita-fengita-filito e indicação do campo composicional aproximado.	77
Figura 4. 28 - A) Amostra de quartzito com acamamentos delgados ondulados (20-XIV-P44: 291202 L/8135526 S). B) Amostra de quartzito maciço (20-XIV-P42: 291861 L/8136269 S). C) Afloramento de quartzito na área XIV orientado segundo a foliação principal, com destaque para amostra laminada que apresenta granulação fina a densa, indicando protolito arenítico fino a siltítico (20-XIV-P29: 293481 L/ 8134788 S).	78
Figura 4. 29 - Amostra macroscópica 20-XIV-29, com a laminação bem marcada pela diferença nas cores.	79
Figura 4. 30 - A) Fotomicrografia evidenciando as laminações milimétricas plano paralelas (nicóis cruzados). B) Porfiroblastos cúbicos com sombras de pressão de micas (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do quartzito (metarenito/metassilito) e indicação do campo composicional aproximado.	79
Figura 4. 31 - A) Amostra macroscópica 20-X-P117, com brechação bem marcada (291317 L/8147174 S) B) Amostra macroscópica 20-X-P04, com horizontes laminados (290457 L/8149185 S).....	80
Figura 4. 32 - A) Clastos da amostra 20-X-177, com porções dissolvidas e reprecipitadas (nicóis cruzados). B) Aspecto geral da amostra 20-X-117 (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional SiO ₂ /CaO/MgO indicando o campo de composição aproximado da amostra, um mármore dolomítico brechado.	81
Figura 4. 33 - A) Trama granoblástica muito densa da matriz da amostra 20-X-04 (nicóis paralelos). B) Trama granoblástica muito densa com os clastos de granulação fina ressaltados (nicóis cruzados). C: Diagrama composicional SiO ₂ /CaO/MgO indicando o campo de composição aproximado da amostra, um mármore dolomítico.	81
Figura 4. 34 - Modelo deposicional da Formação Quilombo. *Fácies que não ocorrem na subárea XIV.....	82
Figura 4. 35 - Modelo deposicional da Formação Córrego do Barreiro. *Fácies que não ocorrem na subárea XIV.....	83
 Figura 5. 1 - Principais estruturas regionais da área do Projeto Unai.	85
Figura 5. 2 - Linha sísmica "R0240_São_Francisco_045_PSTM" com enfoque na área do Projeto Unai.....	86

Figura 5. 3 - Seção geológica da subárea XIV.....	87
Figura 5. 4 - Estereogramas da subárea XIV(A e B) e estereograma integrado das áreas XI, XII, XIII e XIV (C e D) para a foliação principal (Sp) e para o acamamento (S0).....	87
Figura 5. 5 - Dobra regional nas áreas XIV e XIII presente na faixa de exposição do Grupo Paranoá. O padrão regional da dobra é corroborado pelo eixo que pode ser construído no estereograma de medidas de acamamento.	88
Figura 5. 6 - Dobra fechada assimétrica em grauvaça lítica, ponto 20-XIV-19. As atitudes dos flancos medidos foram 245°/54° e 116°/48°, com caimento da linha de charneira 174°/21°.....	89
Figura 5. 7 - Afloramento de grauvaça lítica dobrado no ponto 20-XIV-77. As atitudes medidas nos flancos foram: 098°/48° para o flanco leste, e 269°/30° para o flanco oeste.	89
Figura 5. 8 - Dobra assimétrica em grauvaça lítica, ponto 20-XIV-89. As atitudes dos flancos medidos foram 270°/43° e 175°/46°, com caimento da linha de charneira 216°/44°.....	90
Figura 5. 9 - Foliação principal da área, disposta subverticalmente, provavelmente em zona de charneira.....	90
Figura 5. 10 - Paisagem ao sul da área XIV onde é possível notar padrão de relevo de relevo distinto na zona próxima a falha reversa, contato da Formação Córrego do Barreiro com a Formação Quilombo, com morrotes assimétricos vergentes para leste.	91
Figura 5. 11 - Foliação Sp (283°/36°) cortando o acamamento e foliação Ss (S0//Ss = 193°/26°) em filito do Grupo Canastra, em afloramento de drenagem no ponto 20-XIV-27 da área XIV...	92
Figura 5. 12 - <i>Boudin</i> de quartzo estirado alinhado aproximadamente a norte-sul, entre a foliação Sp em filito do Grupo Canastra, ponto 20-XIV-48.....	92
Figura 5. 13 - A) Exposição na zona de falha reversa na Formação Quilombo. B) Espelho de falha (S0= 256°/61°) evidenciando a lineação de deslizamento (Lx = 296°/55°) através do estiramento de quartzo formando os steps, e indicando a direção da movimentação dos blocos (ponto 20-XIV-78).	94
Figura 5. 14 - A) Fratura com comportamento rúptil dúctil no Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo. B) Fratura de cisalhamento nos siltitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. C) Fraturas de alívio de pressão nos carbonatos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, orientadas conforme a Sp.....	95
Figura 5. 15 - Par conjugado de fraturas de cisalhamento. A) Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo, em que foi levantada uma Seção Estratigráfica (Trilha). B) Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo, afloramento em uma drenagem.....	96
Figura 6. 1 - Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai, apresentando a compartimentação em domínios e suas subdivisões em sistemas/unidades hidroestratigráficas. Na subárea XIV existe uma maior concentração de cavidades naturais, como salientado no zoom.	99
Figura 6. 2 - Modelo esquemático dos domínios e algumas das unidades/sistemas aquíferos. Na subárea XIV ocorrem as unidades FI1 e FI2 do domínio freático, a FP2 do fraturado profundo, e a FC do fissuro-cárstico. A quantidade de cavidades naturais a sul da área do projeto é maior, marcando bem o domínio fissuro-cárstico.	102
Figura 6. 3 - Poço tubular sem cimentação inativado, provavelmente porque possuía baixa vazão ou água de qualidade indesejada. Localizado na subárea XIV, não cadastrado no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.	104
Figura 6. 4 - Bomba de captação de água no Ribeirão da Aldeia, localizado na subárea XIV. Uso para irrigação e pecuária de corte.....	105

Figura 6. 5 - Modelo do experimento de caixas de recarga para aquíferos fraturados, e os tipos de caixas de recarga (Cadamuro & Campos, 2005).....	106
Figura 7.1 - Distrito mineiro a sul da área do Projeto Unai (Adaptado de Dias <i>et al.</i> , 2015)....	108
Figura 7.2 - Ocorrências minerais, minas, e processos minerários da região do Projeto Unai..	109
Figura 7.3 - A) Bloco diagrama do depósito de Morro Agudo (Neves, 2011). B) Seção geológica esquemática da Mina de Vazante (Dias <i>et al.</i> , 2015).....	110
Figura 7.4 - Cavidades naturais, hidrografia principal e cachoeira ocorrentes na região do Projeto Unai. As cavidades encontram-se fortemente associadas aos dolomitos do Grupo Paranoá, enquanto a ocorrência no Grupo Canastra provavelmente estaria associada a mármore.	113
Figura 7.5 - A) Vista frontal da cachoeira (sentido sudoeste). B) Vista lateral da cachoeira (sentido sul-sudeste). Destaca-se a mangueira de captação de água do poço. (20-XIV-P87: 293092 L/ 8136314 S).....	114
Figura 7.6 - A) Ribeirão da Aldeia, próximo ao ponto 20-XIV-85 (295194 L/8136975 S). B) Escarpa de morrote dolomítico do Grupo Paranoá, próxima ao ponto 20-XIV-38 (299065 L/8135512 S).....	114
Figura 8. 1 - 1) Paleogeografia global do Período Calimiano (adaptado de Scotese, 2018), com enfoque no Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo tectono-sedimentar da porção do Cráton São Francisco onde estaria localizada a região do Projeto Unai. 3) Interpretação sísmica da fase rifte na porção da área do Projeto Unai.....	118
Figura 8. 2 - Afloramentos da fase rifte/SAG do Supergrupo Espinhaço, porção Setentrional, e dos Grupos Araí, Traíras e Chapada Diamantina.....	119
Figura 8. 3 - 1) Disposição continental durante Período Ectasiano (adaptado de Scotese, 2018), focando no Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo durante a fase SAG no Cráton São Francisco. 3) Interpretação sísmica da fase SAG na porção da área do Projeto Unai.	120
Figura 8. 4 - 1) Distribuição das massas continentais durante o Período Toniano (adaptado de Scotese, 2018), com detalhe para o Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo durante a fase intracratônica/drifte da porção do Cráton São Francisco onde estaria localizada a região do Projeto Unai. 3) Interpretação sísmica da fase intracratônica/drifte na região da área do projeto.	123
Figura 8. 5 - 1) Paleogeografia continental durante o Período Ediacariano (adaptado Scotese, 2018). 2) Modelo de evolução tectônica durante a fase antepaís da porção do Cráton São Francisco com enfoque para a área onde estaria localizada a região do projeto. 3) Interpretação sísmica para a fase antepaís.....	125
Figura 9. 1 - Comparação (A3 - 1:150.000) das principais diferenças cartográficas entre as folhas 1:100.000 da CPRM (2015), Folha Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI) e Folha Unai (SE.23-V-A-III), com a proposição do Projeto Unai em 1:50.000.....	129

Índice de Tabelas

Tabela 1. 1 - Cronograma das atividades.	3
Tabela 1. 2 - Granulometria de rochas metamórficas.	10
Tabela 3. 1 - Características gerais das 13 bandas geradas pelo sensor MSI do Satélite Sentinel-2.	26
Tabela 3. 2 - Características das sete Zonas Homólogas da subárea XIV.	32
Tabela 3. 3 - Domínios geofísicos magnetométricos.	44
Tabela 3. 4 - Domínios da gamaespectrometria.	46
Tabela 5. 1 - Foliações identificadas na área do Projeto Unai.	91
Tabela 6. 1 - Resumo dos dados cadastrais de alguns dos poços tubulares ocorrentes na região do Projeto Unai, disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, do Serviço Geológico do Brasil.	103

Apêndices

Apêndice A – Mapa Base	
Apêndice B – Mapa de Pontos	
Apêndice C – Tabela de Pontos	
Apêndice D – Fichas Petrográficas	
Apêndice E – Produtos Geofísicos	
Apêndice F – Mapa Geológico Integrado	
Apêndice G – Mapa Geológico da Área XIV	
Apêndice H – Mapa de Zoneamento Hidrogeológico	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Justificativas	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Localização e Vias de Acesso	2
1.5 Materiais e Métodos	3
1.5.1 Pré-trabalho de Campo	4
1.5.2 Trabalho de Campo	6
1.5.3 Pós-trabalho de Campo	7
1.6 Nomenclatura e Definições Adotadas	8
1.6.1 Estratigrafia	8
1.6.2 Rochas Sedimentares	8
1.6.3 Rochas Metamórficas	10
1.7 Aspectos Fisiográficos	10
1.7.1 Clima	10
1.7.2 Vegetação/Uso e Ocupação do Solo	12
1.7.3 Geomorfologia	14
1.7.4 Pedologia	15
1.7.5 Hidrografia	16
2. GEOLOGIA REGIONAL	17
2.1 Introdução	17
2.2 Província Tocantins	17
2.3 Faixa de Dobramentos Brasília	18
2.4 Zona Externa da Faixa Brasília/ Borda Oeste da Bacia do São Francisco	19
2.4.1 Megassequência Macaúbas/Paranoá	20
2.4.1.1 Formação Quilombo	20
2.4.1.2 Grupo Paranoá	22
2.4.1.3 Grupo Canastra	22
2.4.1.4 Grupo Vazante	23
2.4.2 Supersequência Bambuí	24
2.4.2.1 Grupo Bambuí	24
3. GEOTECNOLOGIAS	25
3.1 Introdução	25
3.2 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento	25

3.2.1	Introdução	25
3.2.2	Imagens de Sentinel-2/Sensor MSI	26
3.2.3	Modelo Digital de Elevação (MDE) do ALOS/Sensor PALSAR.....	28
3.2.4	Mapa Base	29
3.2.5	Mapa Lineamentos Morfoestruturais.....	29
3.2.6	Mapa Fotointerpretado	30
3.3	Geofísica	33
3.3.1	Introdução	33
3.3.2	Sísmica de Reflexão	33
3.3.2.1	Localização da Linha Sísmica.....	34
3.3.2.2	Aquisição dos Dados de Sísmica de Reflexão	35
3.3.2.3	Interpretação Sísmica	35
3.3.3	Gamaespectrometria	38
3.3.4	Magnetometria	38
3.3.5	Aquisição de Dados Aerogeofísicos	39
3.3.6	Produtos Aeromagnetométricos	41
3.3.6.1	Derivadas XYZ.....	42
3.3.6.2	Amplitude do Sinal Analítico (ASA)	42
3.3.6.3	Inclinação do Sinal Analítico (ISA).....	43
3.3.7	Produtos da Aerogamaespectrométricos.....	43
3.3.7.1	Composição Ternária RGB	43
3.3.8	Interpretação dos resultados de Magnetometria	44
3.3.9	Interpretação dos resultados de Gamaespectrometria	46
4.	ESTRATIGRAFIA, PETROGRAFIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS	49
4.1	Introdução.....	49
4.2	Descrições faciológicas sedimentares.....	52
4.2.1	Formação Quilombo.....	52
4.2.2	Formação Córrego do Barreiro.....	57
4.3	Associação de Fácies.....	65
4.3.1	Formação Quilombo.....	66
4.3.2	Formação Córrego do Barreiro.....	66
4.4	Seções Estratigráficas	67
4.4.1	Seção Estratigráfica - “Drenagem”.....	68
4.4.2	Seção Estratigráfica – “Trilha”	69
4.4.3	Seção Estratigráfica – “Estromatólito”	70
4.5	Formação Serra do Landim	71

4.5.1 Filitos.....	73
4.5.2 Quartzitos	78
4.5.3 Mármoreos	80
4.6 Interpretações dos Paleoambientes e Discussões.....	82
5. GEOLOGIA ESTRUTURAL	84
5.1 Introdução.....	84
5.2 Arcabouço Estrutural	88
5.2.1 Estruturas de Caráter Dúctil.....	88
4.2.1.1 Dobras	88
5.2.1.2 Foliações.....	91
5.2.1.3 Lineações.....	92
5.2.2 Estruturas de Caráter Rúptil	93
5.2.2.1 Falhas	93
5.2.2.2 Fraturas	93
5.3 Discussão	97
6. ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO.....	98
6.1 Introdução.....	98
6.2 Unidades Hidroestratigráficas	98
6.2.1 Domínio Aquífero Freático	100
6.2.2 Domínio Aquífero Fraturado	101
6.2.3 Domínio Aquífero Fissuro-Cárstico.....	102
6.3 Discussões e Gestão dos Recursos Hídricos	102
7. POTENCIALIDADES ECONÔMICAS	107
7.1 Introdução.....	107
7.2 Potencialidades Geoeconômicas Minerais e Não minerais.....	107
7.2.1 Potencial de Ocorrência de Depósitos Minerais	107
7.2.1.1 Ocorrências de Depósitos Metálicos.....	109
7.2.1.1.1 Potencial para Zinco e Chumbo ± Cobre	109
7.2.1.1.2 Potencial para Ouro.....	111
7.2.1.2 Minerais e Rochas Industriais	111
7.2.1.2.1 Argila.....	111
7.2.1.2.2 Dolomito Agrícola e Agregados	112
7.2.1.2.3 Potencial para Fosfato	112
7.2.2 Potencial Geoeconômico Não Mineral.....	112
8. EVOLUÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA	115
8.1 Introdução.....	115
8.2 Evolução das Unidades Não Aflorantes	116

8.2.1 Embasamento Cristalino	116
8.2.2 Supersequência Rifte	117
8.2.3 Supersequência SAG	119
8.3 Evolução das Unidades Aflorantes	121
8.3.1 Formação Quilombo	121
8.3.2 Supersequência Intracratônica/Drifte	122
8.3.3 Supersequência Antepaís	124
8.4 Discussões	124
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	126
9.1 Principais Resultados	126
9.2 Evolução do Conhecimento	128
9.3 Recomendações	130
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O presente trabalho trata do relatório final da Subárea XIV no âmbito do Projeto Unai, que concerne ao trabalho de conclusão do curso dos estudantes de graduação em Geologia pelo Instituto de Geociências, na Universidade de Brasília. Tal trabalho constituiu-se de duas disciplinas: "Preparação do Mapeamento Geológico Final" e "Trabalho de Mapeamento Geológico Final" cursadas, respectivamente, nos semestres letivos de 2º/2020 e 1º/2021.

O Projeto Unai foi desenvolvido como um trabalho de mapeamento geológico em escala 1:50.000 no noroeste do estado de Minas Gerais, em uma poligonal de 651 km², mais especificamente sobre a porção centro-meridional da Zona Externa da Faixa de Dobramentos Brasília.

Composto por um grupo de 27 estudantes divididos em 13 subáreas, sendo 12 duplas e 1 trio, tal projeto contou com a coordenação do professor Dr. José Eloi Guimarães Campos, e a colaboração do professor Dr. Martino Giorgioni, da professora Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto e do Msc. Lucas Santana Batista Teles. Também houve a participação, na organização, condução de veículos e logística, de cinco servidores do Instituto de Geociências: Amadeu Caetano de Almeida, Antônio Mendes de Carvalho, Marco Marcelo Sobral, Pericles de Brito Macedo e Sérgio Paulo Ferreira de Brito.

1.2 Justificativas

A área de estudo do presente trabalho, localizada entre os municípios de Unai e Paracatu, tem como importante atividade econômica a mineração de ouro, calcário, zinco e chumbo. A mineração é responsável por 8% do PIB de Minas Gerais e foi responsável por empregar mais de 60.000 pessoas no início da década de 2010 (IBGE-CEMPRE, 2011). Além disso, essa região está inserida no contexto da porção externa e centro-meridional da Faixa de Dobramentos Brasília. Tal faixa possui uma geologia diversa e complexa, composta por rochas sedimentares siliciclásticas e carbonáticas, rochas metamórficas de baixo grau, em uma zona de evolução estrutural compressional, com ocorrências de falhas reversas e de rasgamento.

Contudo, a região supracitada ainda carece de mapeamentos geológicos e estudos de maior detalhe, uma vez que o maior refinamento é observado apenas nas regiões em que ocorrem jazidas em exploração. Desta forma, o Projeto Unai contribuiu com a evolução do conhecimento a respeito da Faixa Brasília nesta região, além de favorecer a formação dos estudantes e complementar sua formação nos diferentes ramos do conhecimento geológico.

1.3 Objetivos

O Projeto Unai teve como objetivo reavaliar e sintetizar os conhecimentos dos estudantes do curso de graduação em Geologia da Universidade de Brasília por meio deste trabalho de conclusão de curso que empregou técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, geofísica, mapeamento geológico e estrutural, petrografia, análise de potencial econômico e hidrogeológico. Isso aconteceu através do mapeamento desta região de grande interesse geológico, nos âmbitos econômico e científico. Também houve o propósito de mapear uma unidade pouco conhecida, recentemente definida, a Formação Quilombo, bem como definir em maior detalhe todas as demais unidades litoestratigráficas aflorantes na área de interesse.

Os dois principais produtos do Projeto Unai foram: 1) O mapa geológico integrado na escala 1:50.000, subdividido em 13 subáreas; e 2) Um relatório final de cada uma das subáreas mapeadas pelos grupos de estudantes.

1.4 Localização e Vias de Acesso

A área estudada (Figura 1.1) localiza-se no noroeste do estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil, dentro das folhas em escala 1:100.000, Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI) e Unai (SE.23-V-A-III). E corresponde a um polígono irregular localizado na Zona 23K pela Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), delimitado pelos seguintes vértices (Longitude-E/Latitude-S): 287000/8180000, 287000/8168000, 300000/8180000, 300000/8168000, 288000/8168000, 288000/8150000, 303000/8168000, 303000/8150000, 290000/8150000, 290000/8135000, 305000/8150000 e 305000/8135000, totalizando uma área de 651 km², compreendendo parte dos municípios de Unai e Paracatu. A subárea XIV se estende por 45 km² dos 651 km² totais, e é limitada pelos vértices (E/S) 290000/8138000, 305000/8138000, 290000/8135000 e 305000/8135000.

A cidade de Unai foi utilizada como base para a logística do projeto, sendo que o local de hospedagem se situava a 165 km de Brasília e o acesso principal se dá pela saída sudeste do Distrito Federal, utilizando a BR-251. O limite norte da área do projeto situava-se a 8,3 km ao sul da base logística, seguindo pela BR-251, enquanto a subárea XIV é acessada seguindo por 50,8 km pela BR-251/MG-188.

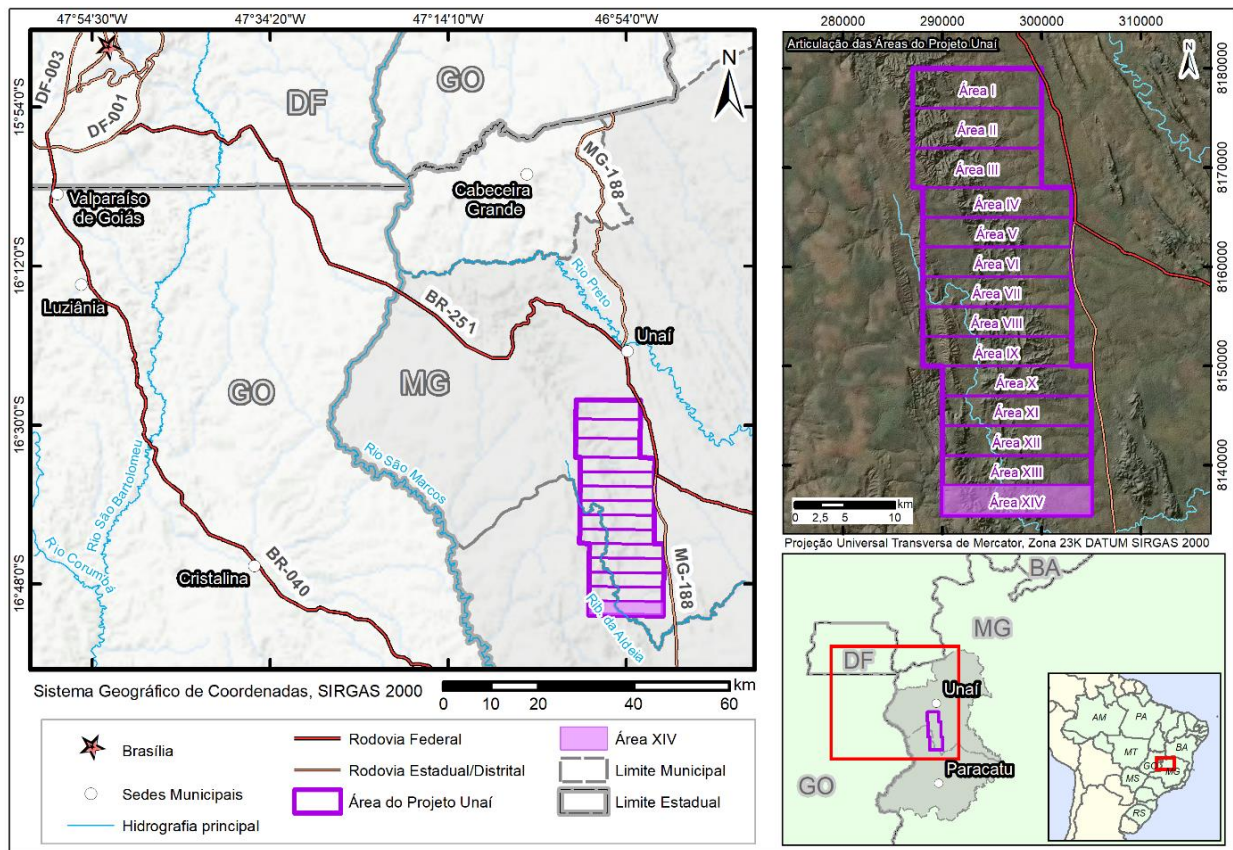


Figura 1.1 - Localização regional do Projeto Unai, destacando a subárea XIV, apresentando as vias de acesso com origem em Brasília-DF.

1.5 Materiais e Métodos

O trabalho se desenvolveu entre os meses de abril e novembro de 2021, e suas atividades podem ser agrupadas em três etapas principais classificadas em função da atividade de campo: 1) Pré-trabalho de campo; 2) Trabalho de campo e 3) Pós-trabalho de campo (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Cronograma das atividades.

Etapas	Atividades	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Pré-trabalho de campo	Revisão Bibliográfica								
	Capítulo: Geologia Regional								
	Confecção do Mapa Base e do Mapa Fotointerpretado								
	Geofísica preliminar								
Trabalho de Campo	Mapeamento geológico de campo								
Pós-trabalho de campo	Capítulo: Introdução								
	Mapa Geológico Final								
	Capítulo: Caracterização Geofísica e Sensoriamento Remoto								
	Capítulo: Zoneamento Hidrogeológico								
	Capítulo: Conclusão da descrição petrográfica								
	Capítulo: Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais								
	Capítulo Geologia Estrutural								
	Capítulo: Evolução Geológica								
	Capítulo: Potencialidade Econômica								
	Capítulo: Conclusões e Recomendações								
	Volume final								
	Apresentação e Defesa								

1.5.1 Pré-trabalho de Campo

A etapa Pré-trabalho de campo consistiu na realização das seguintes atividades: revisão bibliográfica, redação do capítulo de geologia regional, confecção do mapa base e do mapa fotointerpretado, além da interpretação geofísica preliminar. Essa etapa foi iniciada no final do mês de abril e todas, com exceção da revisão bibliográfica, foram realizadas até o dia 02 de julho.

1.5.1.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica consistiu em pesquisas dos principais livros, artigos, dissertações, teses, anais de congresso e mapas acerca de temas da geologia da área ou similares. Utilizou principalmente o banco de dados do Portal de Periódicos da CAPES, plataforma CAFe (Comunidade Acadêmica Federal), bem como *Google Scholar*, e em alguns casos, algumas referências bibliográficas foram solicitadas ao coordenador do projeto em seu acervo pessoal.

1.5.1.2 Mapa Base e Mapa Fotointerpretado

Para a confecção do mapa base (Figura 1.2 e Apêndice A) utilizado em campo, gerado através do *software ArcGis 10.8*, foram vetorizadas informações como rodovias, estradas, trilhas, rede de drenagem, e diversos tipos de localidades. Essa extração de informações ocorreu com o auxílio de imagem obtida pelo sensor MSI da missão Sentinel-2 (em composições coloridas variadas, disponível gratuitamente no site <https://earthexplorer.usgs.gov/>), relevo sombreado e curvas de nível (gerados a partir de modelo digital de elevação do sensor PALSAR/satélite ALOS, dado de livre acesso do site <https://search.asf.alaska.edu/#/>), da ferramenta *Basemap World Imagery* do *Arcgis 10.8* e também da série histórica de imagens do *Google Earth*. Posteriormente foram integradas em um mapa em formato A0 (escala 1:50.000) as extrações de cada subárea a fim de subsidiar a discussão logística mais efetiva de deslocamento diário dos grupos durante a atividade de campo.

Já o Mapa Fotointerpretado resultou da compilação de dados da geologia regional com a interpretação das informações obtidas pela extração dos lineamentos através das imagens supracitadas, além da extração dos elementos texturais de drenagem e relevo, seguindo a metodologia de Soares e Fiori (1976) com auxílio dos *softwares CorelDraw 2020, ArcGis 10.8 e Google Earth*. Os detalhes destes dois produtos são apresentados no capítulo específico sobre Sensoriamento Remoto.

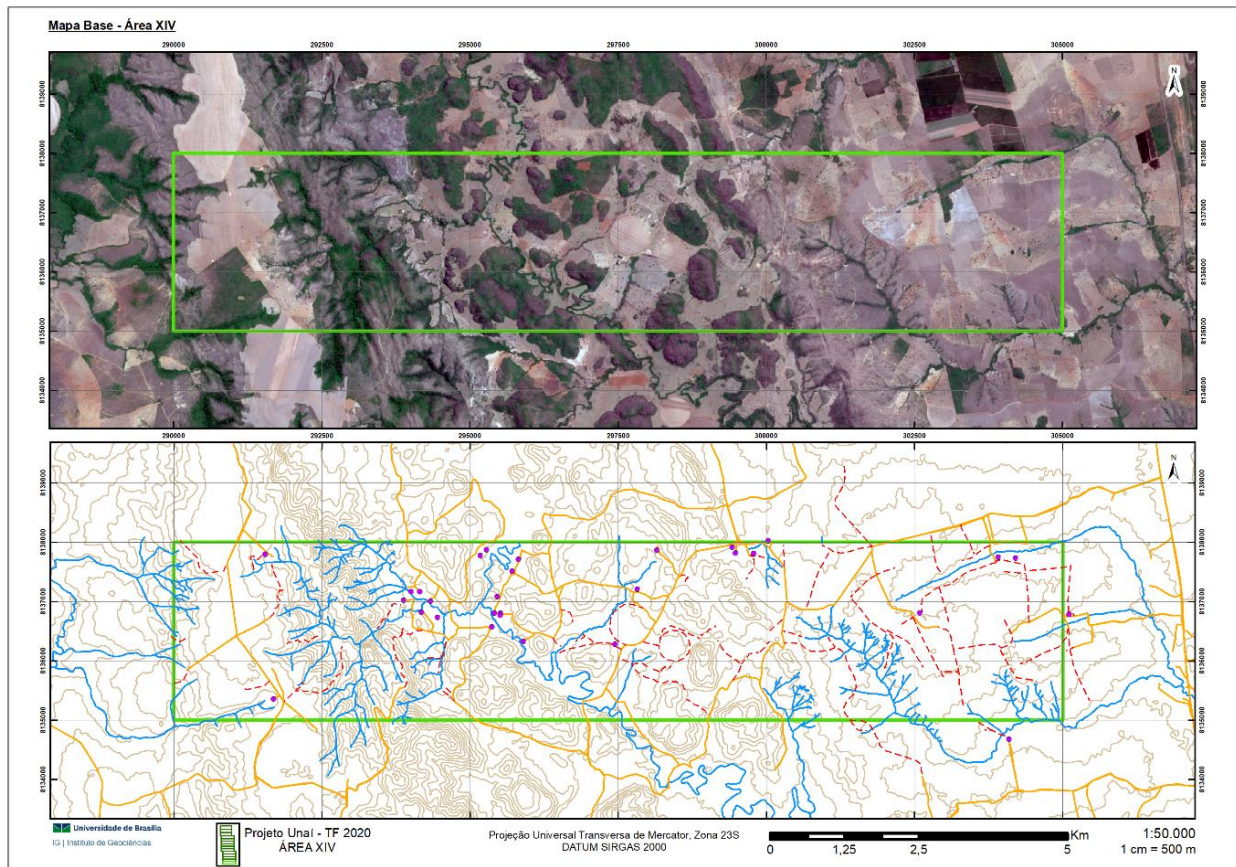


Figura 1.2 - Mapa Base utilizado em campo pela subárea XIV (figura com escala esquemática, adaptado do formato A3 para dimensão de figura).

1.5.1.3 Geofísica Preliminar

Nesta fase do trabalho adquiriu-se para subsídio às interpretações (pré-campo, campo e pós-campo) dados de três métodos geofísicos: Magnetométrico e Gamaespectrométrico (provenientes de Levantamento Aerogeofísico) e Sísmica de Reflexão.

Os dados magnetométricos e gamaespectrométricos utilizados são provenientes do levantamento aerogeofísico da Área 01 no estado de Minas Gerais (Secretaria de Estado de Minas e Energia-MG/CODEMIG), e foram realizados recortes para a área do projeto dos dados de “Pseudo-iluminação do Sinal Analítico do campo magnético total” e do “Radiométrico da distribuição ternária de K, U e Th” no *software ArcGis 10.8*.

O dado de sísmica de reflexão utilizado foi adquirido do Banco de Dados de Exploração de Produção (BDEP), pertencente a Agência Nacional de Petróleo (ANP). Neste caso, trata-se da linha sísmica "R0240_São_Francisco_045_PSTM.2D.PSTM.0240-0290", e sua interpretação foi realizada com auxílio dos *softwares Opentect 6.6* e *CorelDraw 2020*. Para diminuir as incertezas, a interpretação foi correlacionada com o Mapa Geológico do Projeto Unai.

Os produtos e interpretações mais completos desses dados foram realizados na etapa Pós-campo, e detalhados em um capítulo com a caracterização geofísica.

1.5.2 Trabalho de Campo

Nessa etapa objetivou-se a confecção do mapa geológico integrado preliminar e a coleta de dados e materiais para subsidiar o relatório final. Realizada entre os dias 05 e 21 de julho de 2021, constituiu de uma campanha de vários caminhamentos na direção leste-oeste, recobrando a maior parte da subárea, focando locais importantes definidos na fotointerpretação. Os perfis eram feitos exclusivamente a pé, porém contou-se com auxílio de um micro-ônibus, uma van, uma Kombi e duas caminhonetes, para o traslado dos estudantes e orientadores da base até as subáreas.

Os perfis da subárea XIV foram de aproximadamente 10 km por dia, com uma média de 8 pontos por dia (Apêndice B - Mapa de Pontos da Subárea XVI e Apêndice C - Tabela de pontos da Subárea XVI). Dos 16 dias de campo, 2 dias foram dedicados à Geologia Regional, outros 13 dias foram de caminhamentos feitos pelos integrantes da dupla, sendo 3 deles com auxílio, respectivamente, do Prof. José Eloi, Msc. Lucas Teles e Prof. Martino. O último dia de campo foi dedicado à visita de pontos específicos por alguns alunos, conclusão do mapa geológico integrado preliminar, finalização da confecção de uma seção representativa de cada área, descrição conjunta das fácies das unidades encontradas e interpretação de ambiente, com o intuito de fazer a integração e unificação para confeccionar modelos sedimentares.

Os perfis eram planejados diariamente utilizando-se como apoio o mapa base integrado, os mapas fotointerpretados de cada subárea, e os mapas de dados aerogeofísicos. E era de acordo com o planejamento das áreas adjacentes que se decidia a logística do traslado para se aproveitar ao máximo o tempo de trabalho de campo. Os perfis aconteceram preferencialmente na direção leste-oeste para serem perpendiculares às principais feições geológicas, dessa forma, abranger a maior variedade de litologias e de estruturas em uma menor área. Nos primeiros dias priorizaram-se caminhamentos mais longos, para tentar recobrir a maior parte da subárea, e posteriormente perfis mais curtos, porém com um maior detalhamento e com intuito de se resolver questões geológicas mais particulares, como por exemplo: contatos de unidades, confecção de colunas litoestratigráficas em afloramentos, cinemática de movimento etc.

Ao todo, a subárea XIV marcou 94 pontos e em cada ponto foram tomadas na caderneta as coordenadas do ponto, a forma de relevo local e regional, vegetação, caminho e distância percorridos, pontos de referência, tipo de solo, além de serem feitos registros fotográficos. E quando possível, eram feitas as descrições dos afloramentos, descrição macroscópica das amostras, extração de medidas estruturais, e coleta de amostras. Como a escala de mapeamento adotada foi de 1:50.000, procurou-se marcar pontos a cada 500 metros, numa tentativa de obter-se uma malha mais regular e um recobrimento maior da área.

Foram utilizados como material de apoio os produtos gerados na etapa pré-campo, além de uma bússola do tipo Brunton, um aparelho de GPS (*Global Positioning System*) do modelo Garmin eTrex® 20x, martelo petrográfico, imã, lupa e equipamentos de proteção individual.

As amostras coletadas no campo foram tombadas no Museu de Geociências da UnB sob prefixo “20-Nº da Subárea-Nº do ponto”. No último dia de atividade de campo, a equipe do Projeto Unai também selecionou amostras para confecção de lâminas delgadas, de acordo com critérios de representatividade de cada unidade ou relevância para compreensão de geologia estrutural, as quais foram tombadas sob prefixo “20-Nº da Subárea-Nº do ponto-Litologia representativa” (Apêndice D - Fichas Petrográficas) e encaminhadas ao laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília já no dia de retorno.

1.5.3 Pós-trabalho de Campo

Nesta etapa realizou-se a revisão do mapa geológico preliminar e confecção do mapa geológico final, além do relatório de cada subárea, de acordo com a compilação e interpretação de todas as informações levantadas na etapa pré-campo aliadas aos dados e materiais adquiridos na etapa de trabalho de campo.

Essa etapa começou na volta do campo, dia 22 de julho de 2021, e se estendeu até a data da entrega do relatório final à banca examinadora, em novembro de 2021. Iniciou-se com a redação e/ou revisão dos capítulos iniciais do relatório, e a descrição petrográfica das lâminas delgadas utilizando os microscópios petrográficos de luz transmitida do laboratório de microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

Para as rochas sedimentares, após a descrição petrográfica, dividiu-se em fácies segundo o modelo de Miall (1977) e após a descrição das fácies, os ambientes sedimentares foram interpretados e correlacionados para integração da evolução estratigráfica. Já para as rochas metamórficas, foram descritas as paragêneses minerais, interpretados os protólitos e fácies de metamorfismo.

Assim, revisando e organizando melhor os dados pré-existentes e com as descrições das seções delgadas, foi possível realizar a redação e interpretações dos capítulos de zoneamento hidrogeológico, geologia local, evolução geológica, potencialidade econômica, e conclusões. Cada capítulo foi enviado separadamente ao orientador, Prof. Dr. José Eloi, para leitura prévia e correções pertinentes e após o término de todos os capítulos, o relatório foi enviado de forma completa, para uma leitura global, que após algumas complementações resultou neste volume final.

1.6 Nomenclatura e Definições Adotadas

Nesta seção estão especificadas as adoções das nomenclaturas e descrições para as rochas sedimentares, descrição das fácies, rochas metamórficas e nomenclatura estratigráfica.

1.6.1 Estratigrafia

Para as questões estratigráficas foram utilizadas as nomenclaturas e definições estabelecidas pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (CBNE, 1986).

1.6.1.2 Unidades Litoestratigráficas

Uma unidade litoestratigráfica é um conjunto rochoso caracterizado por um tipo ou combinação de vários tipos litológicos ou por outras marcantes feições litológicas (CBNE, 1986).

1.6.1.3 Membro

O membro é sempre uma parte de uma formação. Trata-se de uma entidade denominada que apresenta características litológicas próprias que permitem distingui-la das partes adjacentes da formação (CBNE, 1986).

1.6.1.4 Formação

A formação é a unidade fundamental da classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo rochoso caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície (CBNE, 1986).

1.6.1.5 Grupo

O grupo é a unidade litoestratigráfica formal de categoria superior à formação. É constituído, necessariamente, pela associação de duas ou mais formações relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns ou por referenciais litoestratigráficos que o delimitam (CBNE, 1986).

1.6.2 Rochas Sedimentares

A classificação das rochas sedimentares siliciclásticas adotada neste trabalho segue a proposta de Folk (1975), a qual separa as rochas em função da sua granulometria e composição (Figura 1.3). Para as rochas sedimentares carbonáticas adotou-se duas classificações: Folk (1975) e de Dunham (1962) (Figura 1.4).

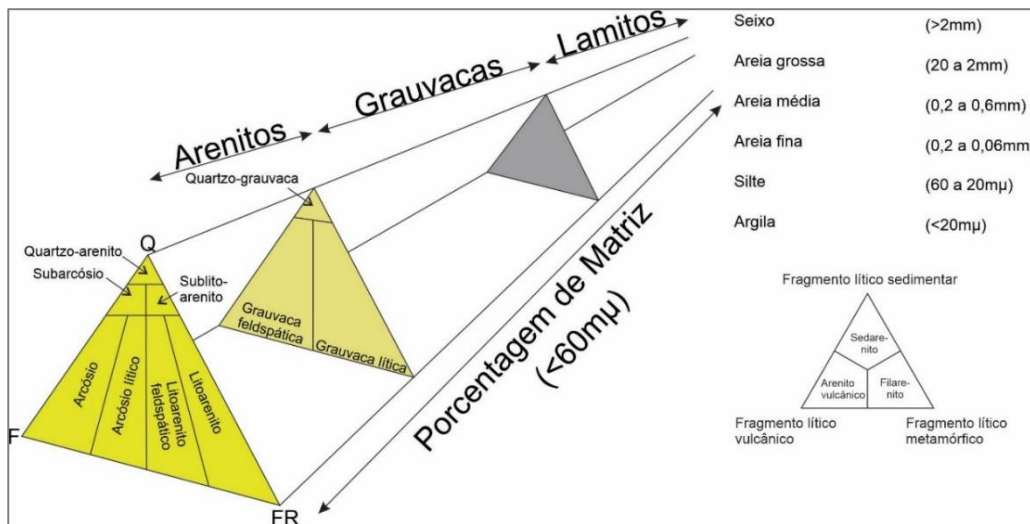


Figura 1. 3 - Classificação de rochas siliciclásticas (adaptado de Folk, 1975).

Dunham, 1962

TEXTURA DEPOSICIONAL					Textura deposicional não reconhecível
Componentes originais não-ligados durante a deposição				Componente originais ligados durante a deposição	Cristalino
Contém Matriz (Partículas-tamanho-argila/silte fino)			Sem matriz, grão-suportado		
Suportado pela matriz		O arcabouço é grão-suportado com matriz			
Menos de 10% de grãos	Mais de 10% de grãos				
<i>Mudstone</i>	<i>Wackstone</i>	<i>Packstone</i>	<i>Grainstone</i>	<i>Boundstone</i>	

Folk, 1975

Porcentagem de aloquímicos	> 2/3 de matriz de lama calcária				calcita espática e lama carbonáticas em proporções semelhantes	> 2/3 de calcita espática		
	0-1%	1-10%	10-50%	>50%		Mal selecionada	Bem selecionada	Arredondada e desgastada
Termo Textural	Micrito e dismicrito	Micrito fossilífero	Biomicrito disperso	Biomicrito denso	Intraesparito	Bioesparito mal selecionado	Bioesparito selecionado	Bioesparito arredondado
Petrotrama								
Análogos Terrígenos	Argilito		Argilito arenoso	Arenito imaturo ou argiloso		Arenito submaturo	Arenito Maturo	Arenito supermaturo

Figura 1. 4 - Classificação de rochas carbonáticas. Escala 1 mm (adaptado de Dunham, 1962; fotos das lâminas Erdem & Varol, 2016; adaptado de Folk, 1975 segundo Domingues, 2011).

1.6.3 Rochas Metamórficas

Adotou-se a classificação da IUGS (*International Union of Geological Sciences*) para rochas metamórficas e dessa forma, no nome da rocha são inseridos os minerais constituintes principais (> 5%), exceto os que estão implícitos no nome da rocha. Os nomes dos minerais estão em ordem de abundância, sendo primeiro o mineral menos abundante, e por último, o mais abundante. A granulação foi classificada como muito fina, fina, média e grossa (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Granulometria de rochas metamórficas.

Muito fina	< 0,1 mm
Fina	0,1 a 1,0 mm
Média	1,0 a 4,0
Grossa	> 4,0 mm

1.7 Aspectos Fisiográficos

O estado de Minas Gerais, localizado na região sudeste do Brasil, é delimitado pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Sudeste); Bahia (Nordeste); Goiás, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal (Centro-Oeste). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) possui uma população estimada de 21.292.666 pessoas, em um território de 586.513,993 km² dividido em 853 municípios. Dois destes municípios, localizados no noroeste do estado são representados por Unai e Paracatu que se estendem, respectivamente, por 8.478,67 km² (2º maior do estado) e 8.226,58 km² (3º maior do estado).

1.7.1 Clima

Segundo Alvares *et al.* (2013), o clima predominante na região noroeste de Minas Gerais, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Figura 1.5) é o Tropical de Savana (Aw). Tal clima apresenta os invernos secos e os verões chuvosos, ou seja, é marcadamente sazonal. Na região estudada, a temperatura média anual é de 24,3°C para a Estação Convencional Unai e de 23,5°C para a Estação Convencional Paracatu (Figura 1.6) e a precipitação anual acumulada é de 1.411,7 mm para a Estação Convencional Unai e de 1492,9 mm para a Estação Convencional Paracatu (Figura 1.7), corroborando com as características gerais do clima da região.

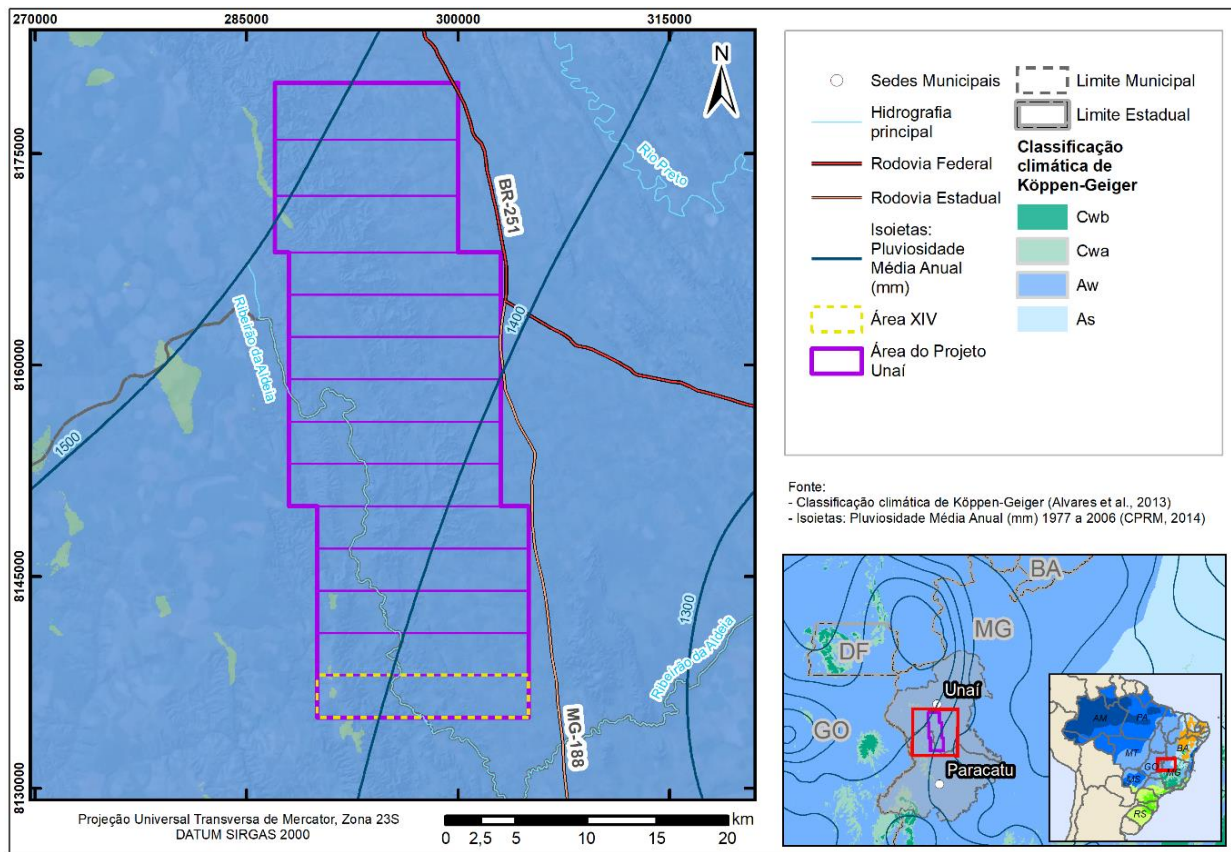


Figura 1.5 - Classificação climática de Köppen-Geiger na região dos municípios de Unai e Paracatu, que apresentam uma estação meteorológica convencional do INMET em cada uma das sedes dos respectivos municípios. É possível observar que as isoietas de 1500 mm e 1400 mm atravessam exatamente a poligonal do Projeto Unai.

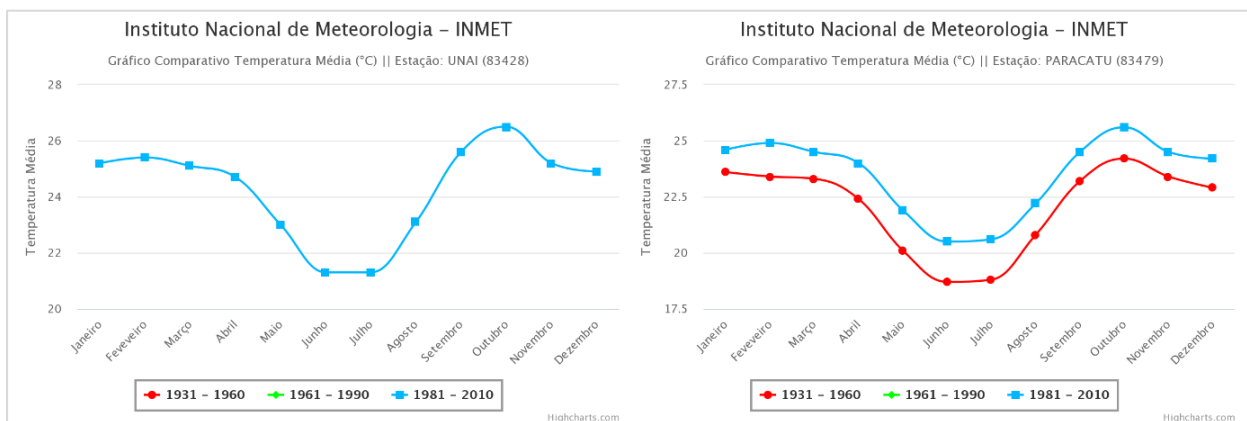


Figura 1.6 - Temperatura média (°C) na Estação Convencional de Unai (83428) no período de 1981 a 2010, e na Estação Convencional de Paracatu (83479) no período de 1931 a 1960 e de 1981 a 2010. Fonte: INMET.

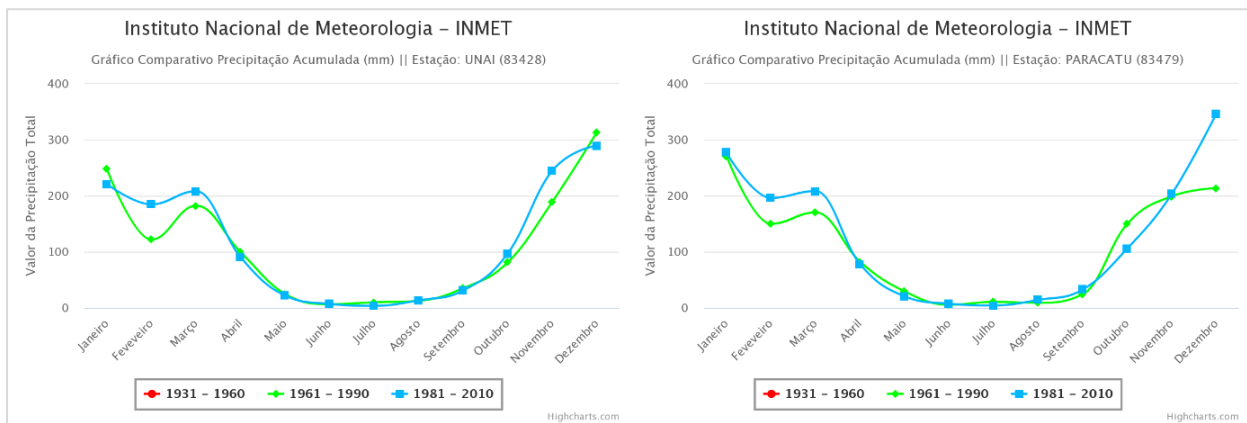


Figura 1. 7 - Precipitação Acumulada (mm) na Estação Convencional de Unai (83428) nos períodos de 1961 a 1990 e 1981 a 2010, e na Estação Convencional de Paracatu (83479) nos períodos de 1961 a 1990 e 1981 a 2010. Fonte: INMET.

1.7.2 Vegetação/Usos e Ocupação do Solo

Localizada no bioma Cerrado, a região do Projeto Unai segundo as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012), compreende quatro domínios de vegetação (Figura 1.8): 1) uma área maior de tensão ecológica, que se trata de um sistema de transição de Savana e Floresta Estacional, mas com predomínio de uma fitofisionomia de Savana Arborizada com floresta-de-galeria; 2) outras áreas restritas de fitofisionomia de Savana Arborizada com floresta-de-galeria; 3) uma área considerável de uso agropecuário, que apresenta alguns relictos localizados de Savana Arborizada com floresta-de-galeria; 4) uma área de uso para a agropecuária, com características pretéritas e circunstanciais de Savana Arborizada com floresta-de-galeria.

Como supracitado, a área constitui-se basicamente de formações savânicas, com ocorrências de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas (neste caso, mais esparsas e até mesmo de menor porte), mas também possui formações florestais representadas pelas matas de galeria e campos de cerrado denso. Na subárea XIV, a maior parte dos campos remanescentes de cerrado denso e cerrado típico ocorrem associados às regiões de maiores declividades, ou seja, áreas sem aptidão para agricultura e/ou pecuária (Figura 1.9). As ocorrências de vegetação seca e espinhosa estão fortemente associadas aos carbonatos.

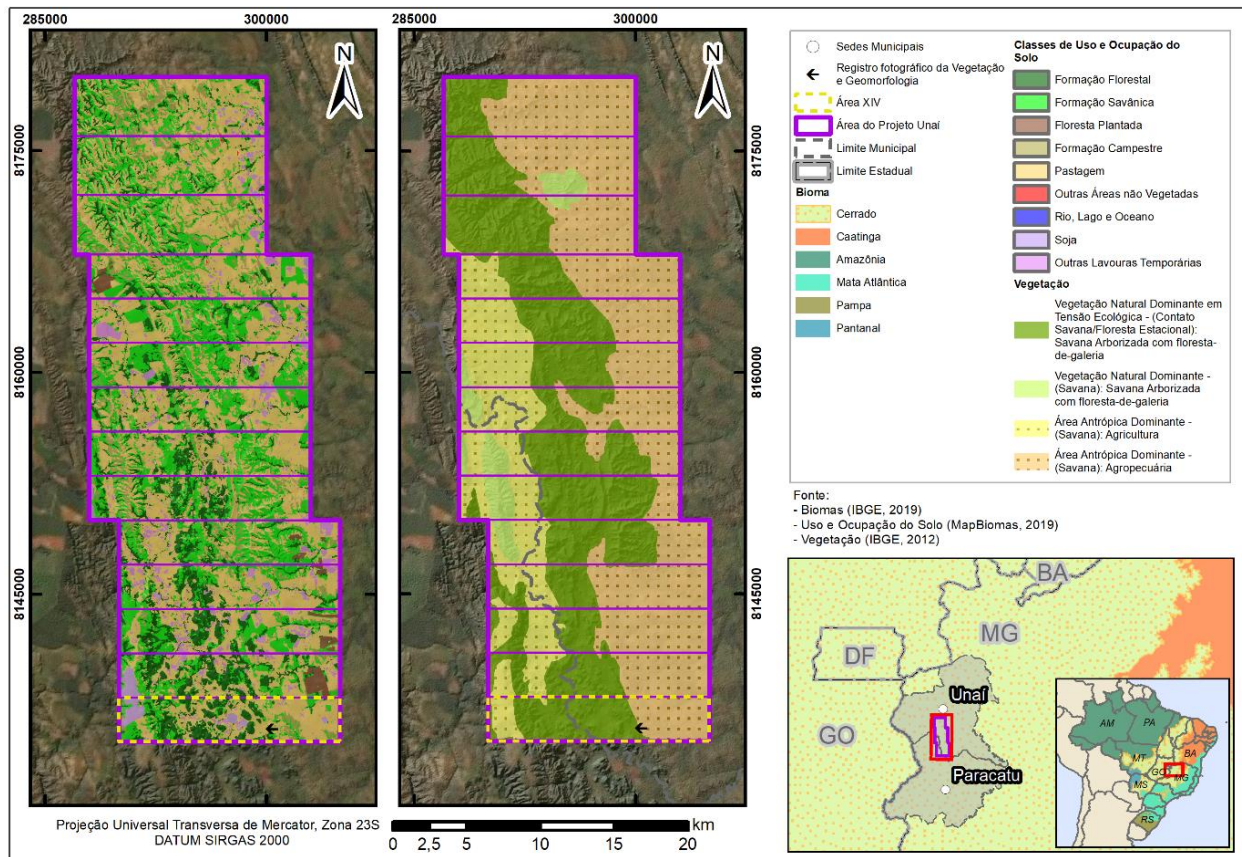


Figura 1. 8 - Fitofisionomias ocorrentes e Uso do Solo na região do Projeto Unai, em meio ao bioma cerrado. A atividade antrópica voltada para o agronegócio predomina na região, sendo um dos pilares da economia dos municípios abrangidos.



Figura 1. 9 - Registro fotográfico da geomorfologia, vegetação e uso do solo no sul da subárea XIV. Os campos de cerrado denso e típico ocorrem associados às regiões de maiores declividades, enquanto os campos de cerrado ralo podem acontecer associados ao uso agropecuário nas regiões mais planas (direção do registro para oeste, sinalizado na Figura 1.8).

1.7.3 Geomorfologia

Regionalmente, a área do projeto está inserida na interface dos domínios morfoestruturais dos “Cinturões Móveis Neoproterozoicos” (oeste) e “Crátons Neoproterozoicos” (leste). Nestes locais se inserem as regiões geomorfológicas dos “Planaltos Divisores São Francisco – Paranaíba” e dos “Planaltos/Chapadões Residuais das Cimeiras de Goiás e Distrito Federal (Cinturões Móveis Neoproterozoicos)”, e a “Serra de Unai” e “Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco (Crátons Neoproterozoicos)” (IBGE, 2009).

Quanto às unidades geomorfológicas, forma e característica (Figura 1.10), presentes na poligonal do Projeto Unai, as regiões geomorfológicas classificam-se em:

- Planalto de Cristalina (Pediaplano degradado inumado - Pgi e Carste descoberto - Kd), com altitudes entre aproximadamente 920 e 750 metros;
- Patamares Dissecados do Planalto de Cristalina (Estrutural aguçada - DEa e Homogênea convexa - Dc), com altitudes entre aproximadamente 970 e 650 metros;
- Serras de Unai (Homogênea convexa - Dc e Pediaplano retocado inumado - Pri), com altitudes entre aproximadamente 650 e 550 metros;
- Depressão do Médio Rio São Francisco (Pediaplano retocado inumado - Pri), com altitudes também entre aproximadamente 650 e 550 metros.

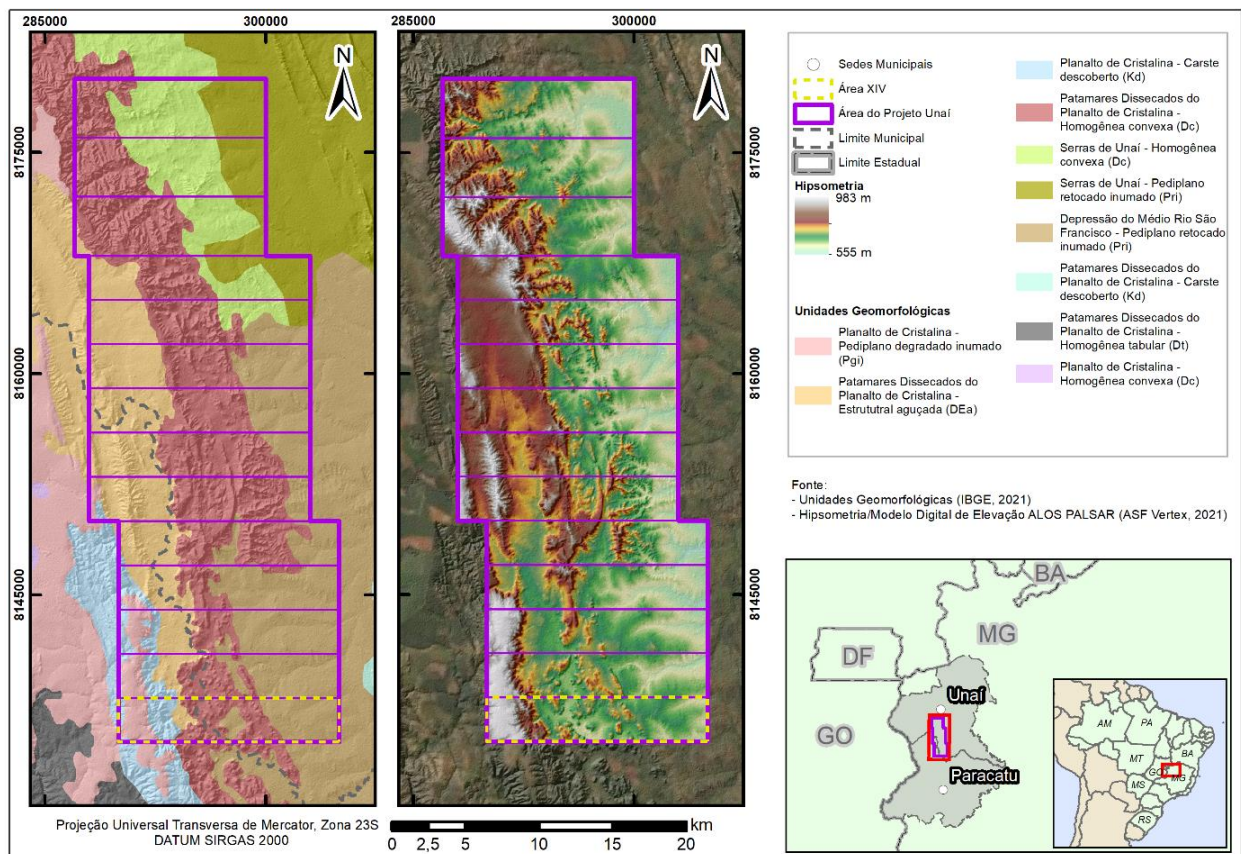


Figura 1. 10 - Unidades geomorfológicas na região do projeto, levando em conta forma e características locais. Comparando com a hipsometria, é possível associar as altitudes com a forma e grau de dissecação do relevo utilizados como critérios para os compartimentos geomorfológicos.

1.7.4 Pedologia

Quanto aos solos existentes na região do Projeto Unaí, segundo a base na escala de 1:250.000 do IBGE (Figura 1.11), resumam-se em Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos Pétricos.

Contudo, no trabalho de campo, observou-se de maneira geral Neossolos Litólicos, Cambissolos, Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, associações de Nitossolos e Argissolos, e localmente Gleissolos e Plintossolos (duramente o mapeamento geológico, quando possível, foram feitas observações gerais e classificações dos solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (Santos *et al.*, 2018) até o segundo nível categórico).

Via de regra, os Neossolos Litólicos (horizontes: A-C-R ou A-R) ocorrem em áreas montanhosas a onduladas, os Cambissolos (horizontes: A-Bi-C-R) em áreas onduladas a suave onduladas, os Latossolos (horizontes: A-Bw-C-R) em áreas planas a suave onduladas, os Nitossolos (horizontes: A-Bn-C-R)/Argissolos (horizontes: A-Bt-C-R) em áreas suave onduladas a planas associadas aos carbonatos, os Gleissolos (horizontes: A ou O ou H -Bg-C-R) em áreas restritas de drenagem, e os Plintossolos (horizonte plúntico ou petroplúntico nos primeiros 40 cm do perfil) em áreas suave onduladas a planas.

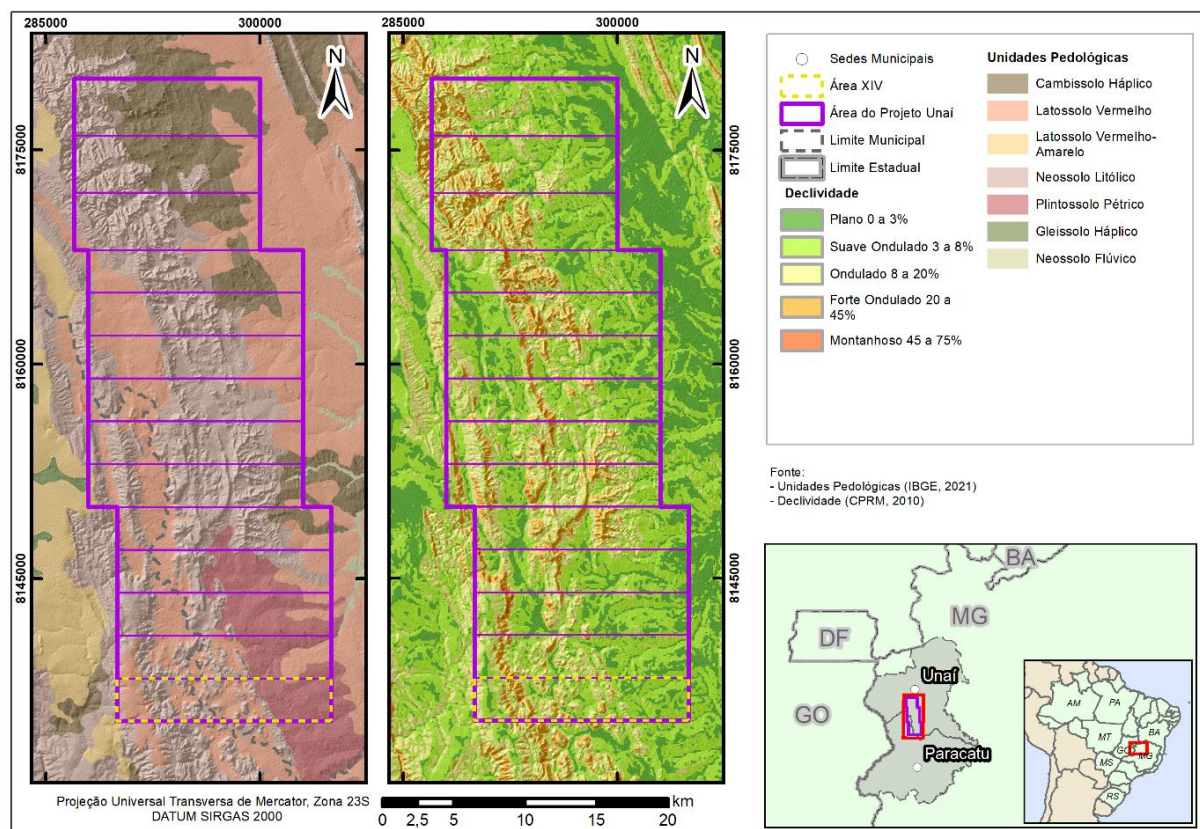


Figura 1. 11 - Unidades pedológicas na região do Projeto Unaí, na escala 1:250.000. Fazendo o comparativo, é notório que a porcentagem de declividade do terreno influencia fortemente nos tipos de solos ocorrentes.

1.7.5 Hidrografia

O Projeto Unaí está inserido na região/bacia hidrográfica do Rio São Francisco, na sub-bacia do Rio Paracatu (Figura 1.12). Os principais cursos d'água perenes da região são: o Ribeirão da Aldeia, Ribeirão Cangalha, Ribeirão do Franco, e o Ribeirão do Brejo. Todos esses ribeirões, juntamente com o Rio Preto, são afluentes do Rio Paracatu.

Só na subárea XIV o Ribeirão da Aldeia estende-se por 8.9 km, e a sua perenidade está ligada à presença de latossolos, nos quais um grande volume das águas de precipitação se infiltra durante o período de chuvas. E há a descarga dessa água durante o período seco do ano para a perenização da rede de cursos d'água superficiais. O Ribeirão da Aldeia é a principal fonte de água para as propriedades inseridas na região sul do projeto.

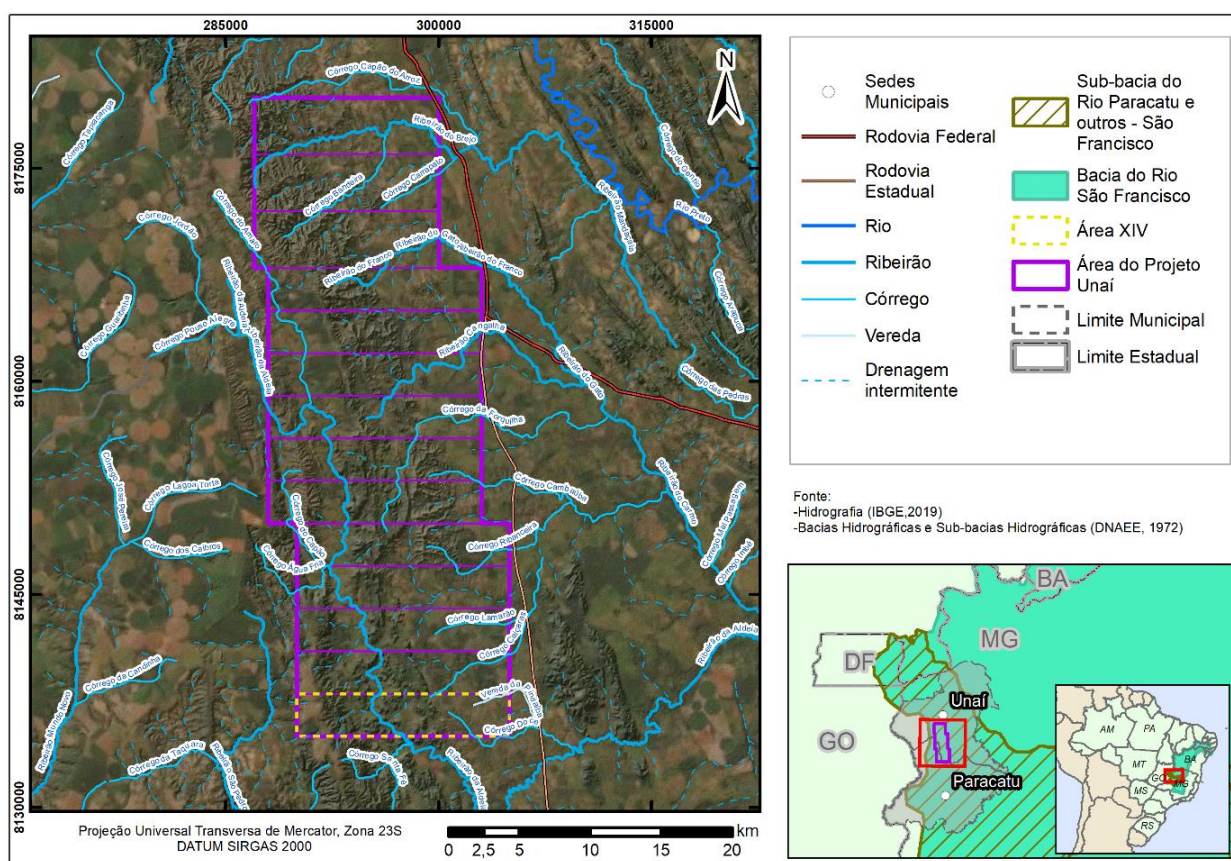


Figura 1.12 - Cursos d'água da região do Projeto Unaí, inseridos na sub-bacia do Rio Paracatu, na bacia do Rio São Francisco. O Ribeirão da Aldeia é parte da divisa dos municípios de Unaí e Paracatu.

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Introdução

O objetivo deste item é contextualizar as características das unidades litológicas expostas na área de mapeamento e suas adjacências, através dos aspectos sedimentares, estratigráficos, estruturais, ígneos, metamórficos e geocronológicos. Revisões bibliográficas vastas subsidiaram o entendimento e a apresentação a seguir, que se organiza de maneira sinóptica e quando necessário, detalha as particularidades locais. A região do Projeto Unai localiza-se na Província Estrutural Tocantins, mais especificamente na porção externa da Faixa de Dobramentos Brasília, constituindo-se de sequências sedimentares clásticas e químicas de margem passiva, além de importantes ocorrências vulcânicas.

2.2 Província Tocantins

Localizada na Plataforma Sul-Americana, no Escudo Brasil Central, a Província Tocantins (Figura 2.1) foi compreendida e estabelecida primordialmente por Almeida *et al.* (1977) como uma megaentidade litotectônica neoproterozoica, constituída de faixas dobradas (Brasília e Araguaia-Paraguai) e pelo Maciço de Goiás. Situando-se entre os crátons São Francisco (a leste) e Amazônico (a oeste), e entre as bacias do Paraná (a sul) e Parnaíba (a norte). Essa província é tida como um extenso orógeno desenvolvido a partir da colisão dos crátons Amazônico e São Francisco-Congo durante o Neoproterozoico. Neste processo é considerada também participação do Bloco Paranapanema (Cráton Paraná), que está recoberto pela Bacia do Paraná (Brito Neves *et al.*, 1999).

A gênese e evolução da Província Tocantins está diretamente ligada ao ciclo geodinâmico Brasileiro/Pan Africano, que se inicia com eventos de rifteamento/tafrogenéticos globais (Tafrogênese Toniana - entre 900 e 800 Ma) que levaram a fragmentação de Rodínia, e concluem-se com eventos orogenéticos responsáveis pela aglutinação de massas continentais e consequente formação final de Gondwana em 520 Ma (Valeriano *et al.*, 2004).

Adicionalmente às compartimentações inicialmente propostas, Fuck *et al.* (1993) e Fuck (1994) sugerem outras subdivisões da Província Tocantins além das já existentes. Sendo que a proposta mais recente considera: a Zona Cratônica, Zona Externa, e Zona Interna da Faixa Brasília, Arco Magmático de Goiás e Maciço de Goiás. A área de estudo se insere na Faixa de Dobramentos Brasília, portanto as discussões em seguida tratarão a respeito das especificidades deste compartimento.

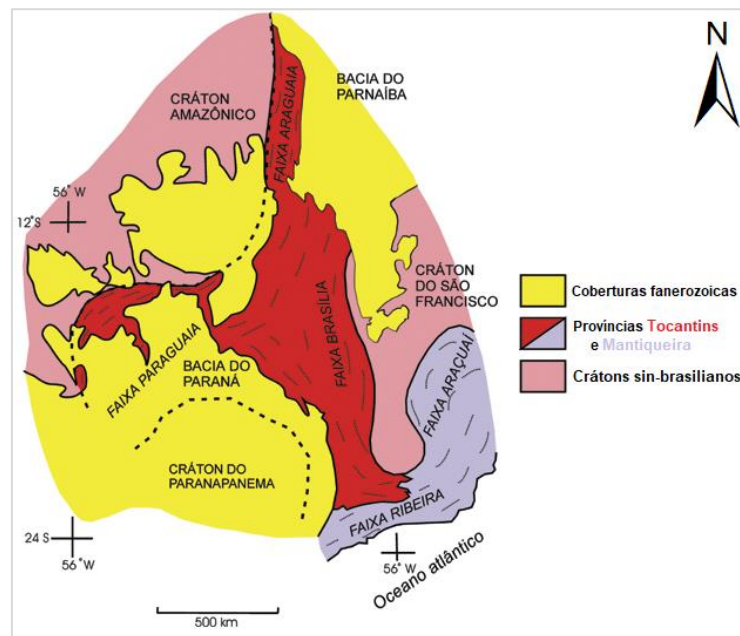


Figura 2. 1 - Esboço do Escudo Brasil Central na porção ocupada pela Província Tocantins (modificado por Valeriano et al. 2004, de Almeida et al. 1981).

2.3 Faixa de Dobramentos Brasília

Estendendo-se latitudinalmente por mais de 1000 km na porção oriental da Província Tocantins, a Faixa de Dobramentos Brasília compreende um cinturão neoproterozoico de dobramentos e empurrões presente na borda oeste do Cráton São Francisco, cobrindo partes dos estados de Minas Gerais, Goiás e Tocantins (Dardenne, 2000; Uhlein *et al.*, 2012).

A Faixa Brasília pode ser definida como um agrupamento de terrenos e escamas crustais de empurrão convergentes na borda ocidental do Cráton São Francisco, com vergência tectônica para leste, e deformação (aliada ao metamorfismo) crescente de leste para oeste (Marini *et al.*, 1981; Fuck, 1994; Dardenne, 2000).

A compartimentação tectônica do cinturão constitui-se de um setor setentrional (de direção NNE-SSW) separado de um meridional (de direção WNW-ESE) pela Megaflexura dos Pirineus (Araújo Filho, 2000; Fuck *et al.*, 1994), e um setor secundário (de direção E-W) no extremo sul do Cráton São Francisco. Assim, a Faixa Brasília apresenta uma geometria com a concavidade voltada para leste, seguindo os contornos do paleocontinente São Francisco-Congo.

Estruturas contracionais (dobras, falhas de empurrão, cavalgamentos etc.) vergentes na direção do Cráton São Francisco evidenciam a atuação de oeste para leste do esforço principal, corroborando com o fato de que as porções mais a leste (Zona Externa) sejam menos deformadas e em menor grau metamórfico (até anquimetamorfismo) em relação às porções mais a oeste (Zona Interna) da faixa (Fuck *et al.*, 1994; Dardenne, 2000).

Na porção leste da Zona Externa da Faixa Brasília, na região noroeste do estado de Minas Gerais, ocorre um contexto de cinturão de dobras e empurrões, constituído por uma espessa sequência metassedimentar meso/neoproterozoica (Figura 2.2) representada pelos grupos Bambuí, Paranoá, Vazante, Canastra (Dardenne, 2000; Fuck *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2013) e Formação Quilombo (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021).

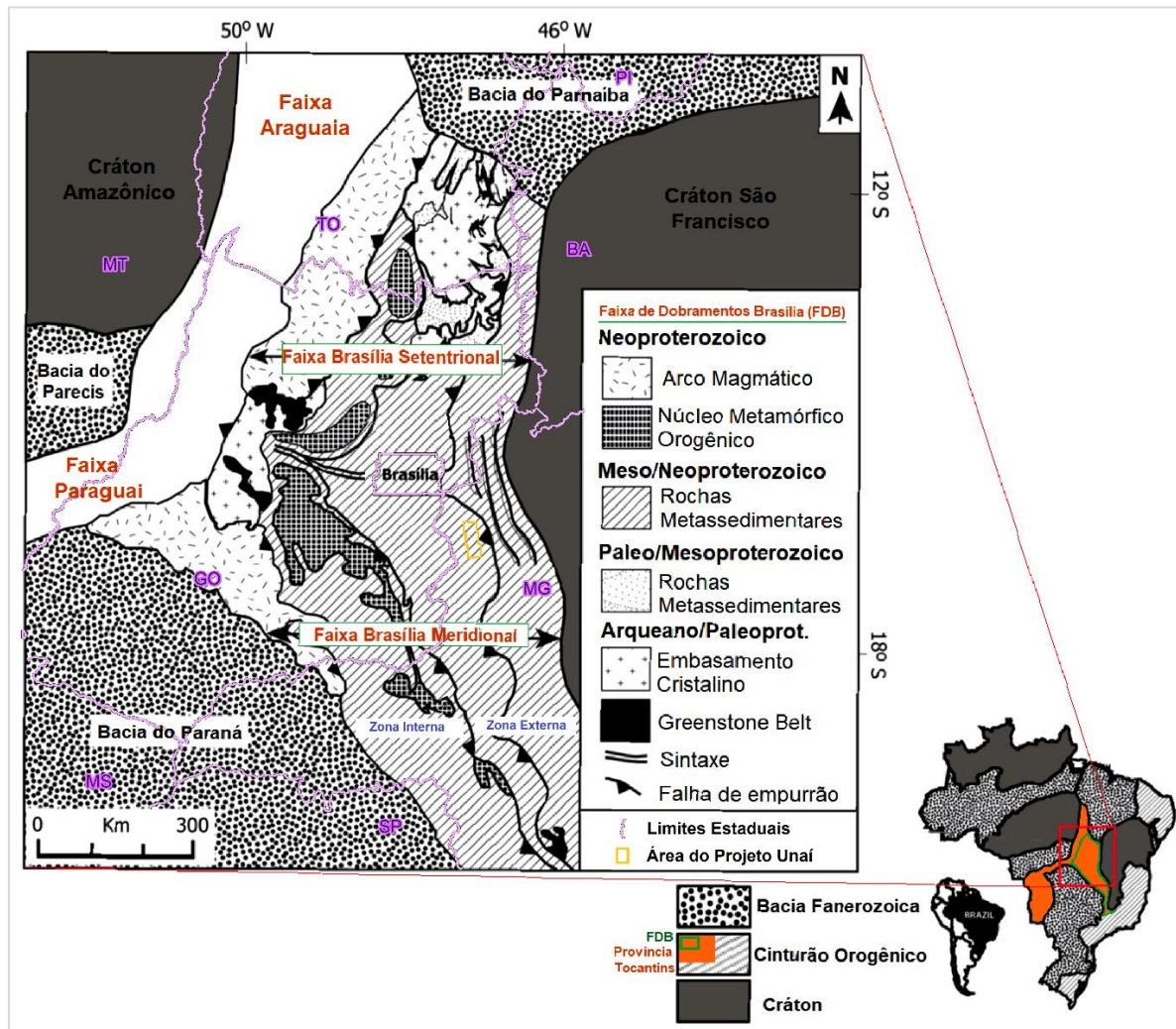


Figura 2. 2 - Localização da área do Projeto Unai nos compartimentos da Faixa Brasília (adaptado de Campos *et al.*, 2021).

2.4 Zona Externa da Faixa Brasília/ Borda Oeste da Bacia do São Francisco

A poligonal do presente trabalho se localiza na área limítrofe entre o leste da porção externa da Faixa Brasília e o oeste da bacia/cráton do São Francisco. A Bacia do São Francisco é classificada como do tipo intracratônica policíclica localizada na região Central do Brasil, nos estados de Goiás, Bahia, e Minas Gerais e no Distrito Federal (Alkmim & Martins-Neto, 2001). Essa bacia é delimitada geologicamente a norte pela Faixa Rio Preto, a oeste pela Faixa Brasília (Almeida, 1977), ao sul pelo contato discordante erosivo entre o embasamento

arqueano/paleoproterozoico com as unidades do Supergrupo São Francisco; e a leste, pelo setor externo do Orógeno Araçuaí, cuja expressão local é a Cordilheira do Espinhaço Meridional (Pedrosa-Soares *et. al.* 2001, Alkmim *et. al.* 2007) e a nordeste, pelo corredor intracratônico de deformação do Paramirim, demarcado por Zalan & Silva (2007).

As unidades litoestratigráficas que ocorrem na bacia/cráton do São Francisco são: i) Megassequência Espinhaço, representado na litoestratigrafia pelo Supergrupo Espinhaço e pelo Grupo Araí; ii) Megassequência Macaúbas/Paranoá, representado na litoestratigrafia pelos grupos Paranoá, Macaúbas, Vazante, Canastra e pelas formações Quilombo e Salinas; iii) Megassequência Bambuí, representado na litoestratigrafia pelo Grupo Bambuí (Campos *et al.*, 2021, Zalán & Silva, 2007). Destas sequências, somente as megassequências Macaúbas/Paranoá e Bambuí afloram na borda oeste do cráton/bacia, e por isso somente essas unidades serão descritas a seguir (Figura 2.3).

2.4.1 Megassequência Macaúbas/Paranoá

Megassequência Macaúbas/Paranoá é o registro sedimentar da separação do paleocontinente Rodínia (idade máxima de deposição 1500 Ma), acompanhado do vulcanismo bimodal (930 - 912 Ma), sedimentação glacial e de margem passiva (Alvarenga *et al.*, 2012, Zalán & Silva, 2007). Essa supersequência é composta pelos grupos Paranoá, Macaúbas e Vazante, sendo que, pelo menos em parte, essas unidades são coevas (Zalán & Silva, 2007).

Em um contexto ainda pouco estudado, ocorre a Formação Quilombo que apresenta idade Etasiana (1.394 Ma), a qual foi recentemente proposta por Moura (2018) e Campos *et al.* (2021).

2.4.1.1 Formação Quilombo

A Formação Quilombo é representada por depósitos formados por sedimentação em águas mais profundas, de quebra de talude, portanto configurando um sistema de turbidez com vulcanismo associado. É dividida em dois membros (Figura 2.4), sendo eles representantes de fácies turbidíticas mais distais (segundo a proposta de classificação de Mutti). Na base ocorre o Membro Ribeirão da Porteira, constituído de ritmitos psamo-pelíticos com raros conglomerados líticos, formados pela intercalação de folhelhos e litoarenitos, e até folhelhos e grauvacas líticas. Sobreposto a ele, ocorre o Membro Ribeirão do Franco, que é constituído de ritmitos pelito-psamíticos, com litoarenitos, grauvacas líticas e folhelhos intercalados. Associado ao Membro Ribeirão do Franco, existem ocorrências restritas de vulcanismo subaquoso intermediário a ácido. Através da datação pelo método U-Pb de grãos de zircão da fácies vulcânica, a idade de deposição deste grupo foi considerada de 1.39 Ga (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021).

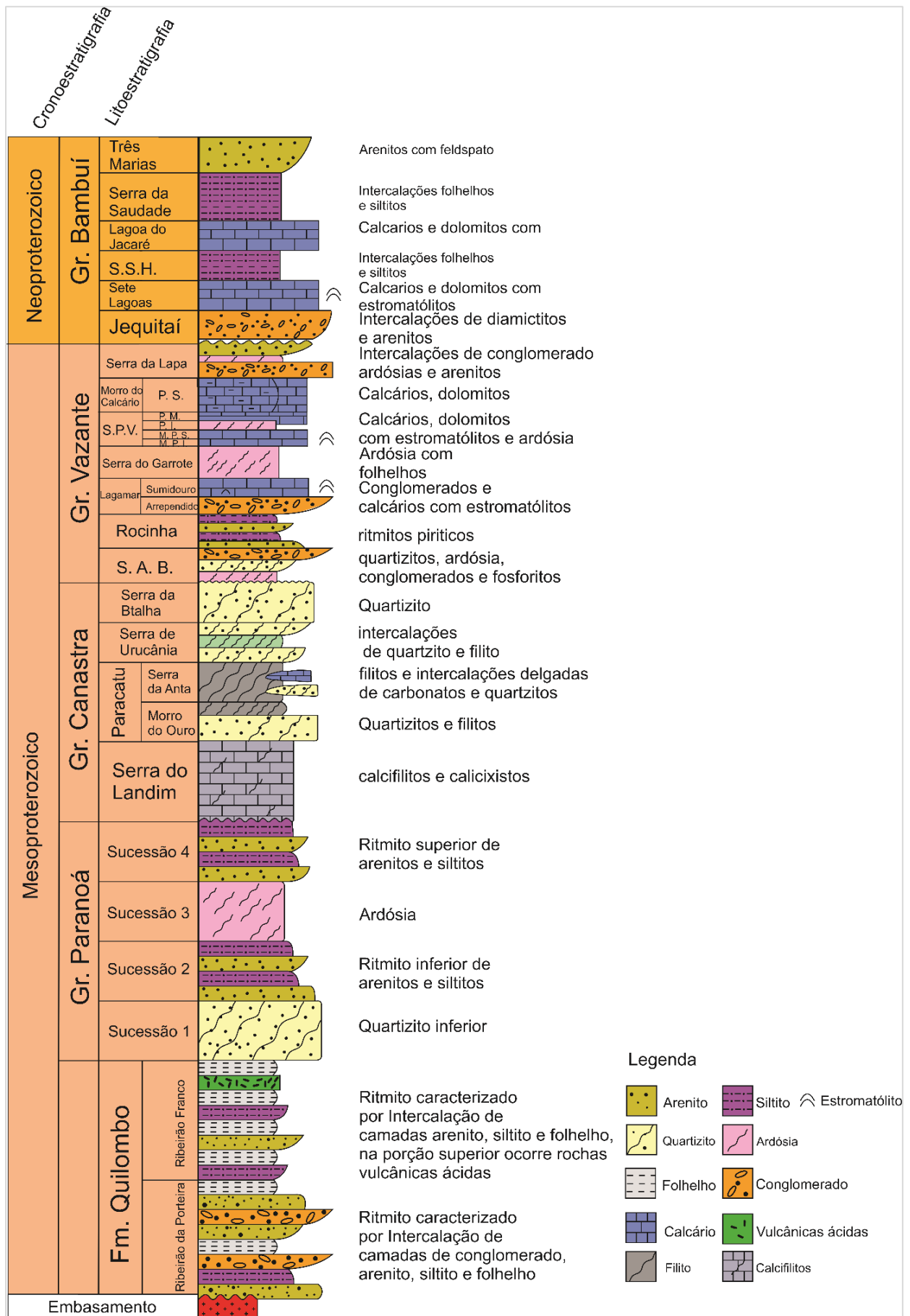


Figura 2.3 - Coluna estratigráfica das unidades aflorantes da borda oeste da bacia do São Francisco e da Zona Externa da Faixa Brasília.

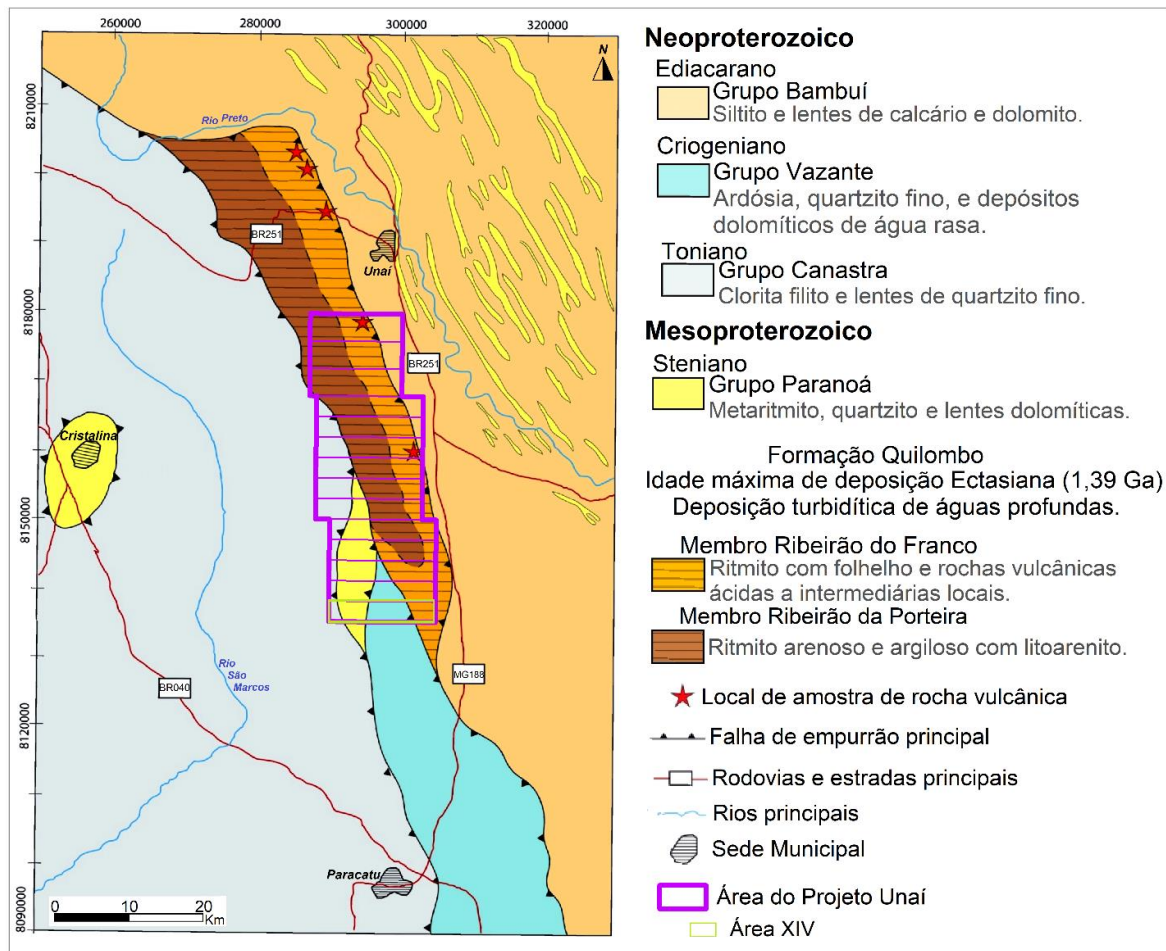


Figura 2. 4 - Membros da Formação Quilombo nas proximidades de Unai, em contato tectônico com as megassequências Macaúbas/Paranoá e Bambuí (adaptado de Campos et al., 2021).

2.4.1.2 Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá é composto por depósitos majoritariamente siliciclásticos de mar raso, provavelmente em plataforma de margem passiva (Campos *et al.*, 2013). O presente trabalho segue a nomenclatura litoestratigráfica de Seraine *et al.* (2021) e Campos *et al.*, (2013), sendo assim o topo do Grupo Paranoá é correlacionado a três formações e sucessões estratigráficas, como: Formação Ribeirão Contagem associada ao nível Quartzito Superior; Formação Córrego do Sansão, correlacionada ao Ritmito Inferior; Formação Córrego do Barreiro vinculada ao nível de Ritmito Superior.

Matteini *et al.* (2012) estabeleceram o intervalo de deposição do Grupo Paranoá pelo método U-Pb de zircões detríticos e sobrecrescimento de monazita em zircões detríticos, sendo a idade mínima de 1042 Ma e a máxima de 1540.

2.4.1.3 Grupo Canastra

O Grupo Canastra foi originalmente designado para as rochas metamórficas de baixo grau que ocorrem em uma faixa contínua entre o sudoeste de Minas Gerais e o oeste e centro de Goiás (Barbosa *et al.*, 1970). Devido à orogenia e deformações, a estratigrafia dessa unidade

ainda não é completamente entendida, porém esse grupo é comumente composto por: quartzitos e filitos e, subordinadamente, por rochas carbonáticas e carbonáceas, metamorfizados em fácies xisto verde (Dardenne, 2000; Silva *et al.*, 2012). Silva *et al.* (2012) analisaram feições sedimentares remanescentes a deformação, e interpretaram os seguintes subambientes: plataforma proximal, plataforma distal e depósitos de talude. O Grupo Canastra possui quatro formações, sendo elas da base para o topo: Serra do Landim; Paracatu; Serra da Urucânia e Serra da Batalha. A idade máxima de deposição do Grupo Canastra foi estimada em 1040 Ma através do método U-Pb de zircões detriticos (Valeriano *et al.* 2004; Rodrigues *et al.* 2010).

A Formação Serra do Landim é caracterizada por filitos, calcifilitos e calcixistos de coloração esverdeada ou cinza esverdeada. Sobreposta a ela, ocorre a Formação Paracatu, subdivida em dois membros: Morro do Ouro, caracterizada por quartzitos em sua base e filito carbonoso no topo; e o Membro Serra da Anta, caracterizado por filitos e intercalações delgadas de carbonatos e quartzitos. A Formação Serra da Urucânia é caracterizada por pacotes de metarritmitos arenosos com intercalação de quartzitos finos. Acima desses depósitos ocorre a Formação Serra da Batalha, a qual é composta por quartzitos finos micáceos.

2.4.1.4 Grupo Vazante

O Grupo Vazante é composto por depósitos de margem passiva marinha, pelito-carbonáticos, que ocorrem em faixa contínua de direção N-S entre as cidades de Unai (localizada a norte) até Coromandel (localizada a Sul) do Estado de Minas Gerais (Dardenne, 2000). O Grupo Vazante é subdivido em sete formações, da base para o topo: Santo Antônio do Bonito (ou Retiro), Rocinha, Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário, Serra da Lapa (Figura 2.3, Dardenne, 2000).

A idade desse grupo foi estabelecida através de três métodos: correlações quimioestratigráficas (C e Sr) dos carbonatos e dos tilitos (formações Santo Antônio do Bonito e Lagamar), correlação ao evento de glaciação Sturtiano (750-643 Ma); datação absoluta pelo método Re-Os, nos folhelhos e diamictitos (Formação Santo Antônio do Bonito); e pelos isótopos radioativos U-Pb em arenitos sotopostos aos diamictitos com idade mínima de deposição de 988 ± 15 Ma e idade máxima de 1000 ± 25 Ma (Formação Santo Antônio do Bonito) (Azmi *et al.*, 2006; Alvarenga *et al.*, 2019).

A Formação Santo Antônio do Bonito é composta por intercalação de fosforitos, quartzitos, diamictitos e ardósias. Acima dessa unidade ocorre a Formação Rocinha caracterizada por pelitos e ritmitos piríticos, que são sobrepostos pela Formação Lagamar dividida nos membros: Arrependido, composto por conglomerados e ardósias, e Sumidouro, composto por ardósias, calcários e dolomitos estromatolíticos.

Estratigraficamente em porção superior ocorre a Formação Serra do Poço Verde, a qual é subdividida em quatro membros: Morro do Pinheiro Inferior, composto por dolomitos cinza claro a rosa; Morro do Pinheiro Superior, composto por dolomitos cinza escuro com ocorrência de estromatólitos; Pamplona Inferior caracterizado por ardósias cinzas e verdes e dolomitos rosas e Pamplona Médio, com ocorrência de dolomitos rosas. Acima dessa formação ocorre a Formação Morro do Calcário composta pelo Membro Pamplona Superior, que representa depósitos de carbonatos estromatolíticos e margas. No topo do Grupo Vazante ocorre a Formação Serra da Lapa, que é subdividida em dois membros: Serra Velosinho e Serra da Lapa, caracterizado por carbonatos cinza, com lentes de ardósia e dolomitos escuros e filitos carbonosos.

2.4.2 Supersequência Bambuí

A Supersequência Bambuí é caracterizada por fase de bacia intracratônica/antepaís (*foreland*), e é representada, na litoestratigrafia, pelo Grupo Bambuí, com espessura de até 2200 metros e idade de deposição entre 680 e 600 Ma (Valeriano *et al.*, 2004; Zalán & Silva, 2007).

2.4.2.1 Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí é composto por depósitos glaciais em sua base, seguido de depósitos mistos (siliciclástico e carbonático) de plataforma de mares epicontinentais (Dardenne, 1978). Esse Grupo é subdividido em seis formações, sendo denominadas, da base para o topo: Jequitaiá; Sete Lagoas; Serra de Santa Helena; Lagoa do Jacaré; Serra da Saudade; Três Marias (Dardenne, 1978). Existem vários trabalhos acerca da idade do Grupo Bambuí (Cloud & Dardenne, 1973; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Uhlein *et al.*, 2017; Denezine, 2018; Baptista, 2020). Contudo, apesar de existir variação de alguns milhões de anos, todos esses autores indicam idade Ediacariano-Cambriano? (~600-520 Ma) para essa unidade litoestratigráfica.

A Formação Jequitaiá é composta por diamictitos com clastos variados, sendo sobreposta pela Formação Sete Lagoas que é caracterizada por folhelhos, margas, calcários oolíticos, calcários dolomíticos e dolomitos com ocorrência de estromatólitos colunares. Em posição estratigráfica superior ocorre a Formação Serra de Santa Helena composta por folhelhos e siltitos cinza-esverdeados, com raras lentes de calcários micríticos e oolíticos. Sobreposto à Formação Serra de Santa Helena ocorre a Formação Lagoa do Jacaré, caracterizada por calcários oolíticos, margas e siltitos. Em seguida na estratigrafia ascendente ocorre a Formação Serra da Saudade, a qual é composta por folhelhos e siltitos com lentes carbonáticas. O topo do Grupo Bambuí é representado pela Formação Três Marias, composta por siltitos, arenitos e arcósios.

3. GEOTECNOLOGIAS

3.1 Introdução

O avanço das tecnologias inevitavelmente é acompanhado pelo ramo das Geotecnologias, e o seu uso nas Geociências se torna cada vez mais eminente. No mapeamento geológico não é diferente, a modernização das diversas ferramentas e técnicas permitiu uma ampla aplicação do sensoriamento remoto, do geoprocessamento, da aerogeofísica entre outras técnicas como auxiliares a esse tipo de trabalho.

Esses métodos e equipamentos subsidiam as etapas de trabalho de campo e pós-campo, uma vez que com a preparação de certos produtos, é possível o uso em campo para questões logísticas e de localização, além de contribuir em variadas interpretações. Características físicas, reológicas, e químicas dos alvos da superfície são inferidas através de seu emprego. O Projeto Unai contou com a disponibilidade de uso de imagens de satélites, dados aerogeofísicos potenciais, e uma linha de sísmica de reflexão.

Os dados foram aplicados na extração de informações cartográficas (vias de acesso, hidrografia, sedes de fazendas, dentre outras) e informações geológicas, como lineamentos morfoestruturais e possíveis limites para a compartimentação prévia das unidades geológicas. A partir do desenvolvimento da atividade de campo, e seguindo até a etapa de pós-campo, as informações previamente extraídas foram reinterpretadas de acordo com os novos dados adquiridos. A seguir estão pormenorizadas as fontes de obtenção e alguns de seus procedimentos, os tratamentos realizados e as interpretações possíveis de cada produto.

3.2 Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

3.2.1 Introdução

As etapas do mapeamento geológico passam pelo emprego do sensoriamento remoto em diferentes momentos, uma vez que as imagens de satélite propiciam um panorama sinóptico da superfície terrestre. As diferentes escalas espaciais e temporais dessas imagens permitem a identificação de variadas feições antrópicas, geomorfológicas, de drenagem, e estruturação conforme o interesse e a limitação do produto usado.

Para o Projeto Unai foram gerados produtos que refletissem variações estruturais, geomorfológicas e composicionais, dentre os quais se destacam as imagens PALSAR e do sensor MSI, ambas processadas no *software ArcMap 10.8*.

3.2.2 Imagens de Sentinel-2/Sensor MSI

A série de satélites SENTINEL se desenvolveu a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA)/Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus. A série tem o objetivo de monitorar os recursos naturais terrestres, o uso e ocupação das terras, os ambientes marinhos, clima e desastres naturais (EMBRAPA, 2021).

O Sentinel-2A foi lançado em 2015 e Sentinel 2-B lançado em 2017, com período de revisita de 5 dias, e levam a bordo o sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais (Tabela 3.1), variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10 m para as bandas do visível, 20 m para o infravermelho e 60 m para as bandas de correção atmosférica (EMBRAPA, 2021).

Tabela 3. 1 - Características gerais das 13 bandas geradas pelo sensor MSI do Satélite Sentinel-2.

Resolução	Número da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)
10 m	B02	Azul	490
	B03	Verde	560
	B04	Vermelho	665
	B08	Infravermelho próximo	842
20 m	B05	Red Edge 1	705
	B06	Red Edge 2	740
	B07	Red Edge 3	783
	B08A	Red Edge 4	865
	B11	SWIR 1	1610
	B12	SWIR 2	2190
60 m	B01	Aerossol	443
	B09	Water Vapor	940
	B10	Cirrus	1375

Proveniente desse sensor, no Projeto Unai, foi usado principalmente a cena “L1C_T23KKB_A027491_20200926T132238” datada de 26/09/2020, um período de estiagem. Esta cena foi propositalmente adquirida devido à ausência de nuvens, que quando presentes podem interferir nos produtos, e pela vegetação mais seca que pode revelar algumas estruturas e contatos geológicos. A sua aquisição se deu a partir do site (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) do Serviço Geológico Americano (USGS) de forma gratuita. E o processamento se deu através da composição de bandas com a ferramenta *Composite Bands*, que posteriormente foi recortada para uma área aproximada a poligonal do Projeto Unai através da ferramenta *Clip Raster*.

Foram geradas duas composições coloridas com resolução de 10 metros, uma na cor verdadeira e outra em falsa cor (Figura 3.1). Para a cor verdadeira foram usadas as bandas 04 (Vermelho), 03 (Verde) e 02 (Azul) respectivamente nos canais do Vermelho (R-Red), do Verde

(G-Green) e Azul (B-Blue). Já para a falsa cor, foram usadas as bandas 08 (Infravermelho próximo), 04 (Vermelho) e 03 (Verde) respectivamente nos canais do Vermelho (R-Red), do Verde (G-Green) e Azul (B-Blue).

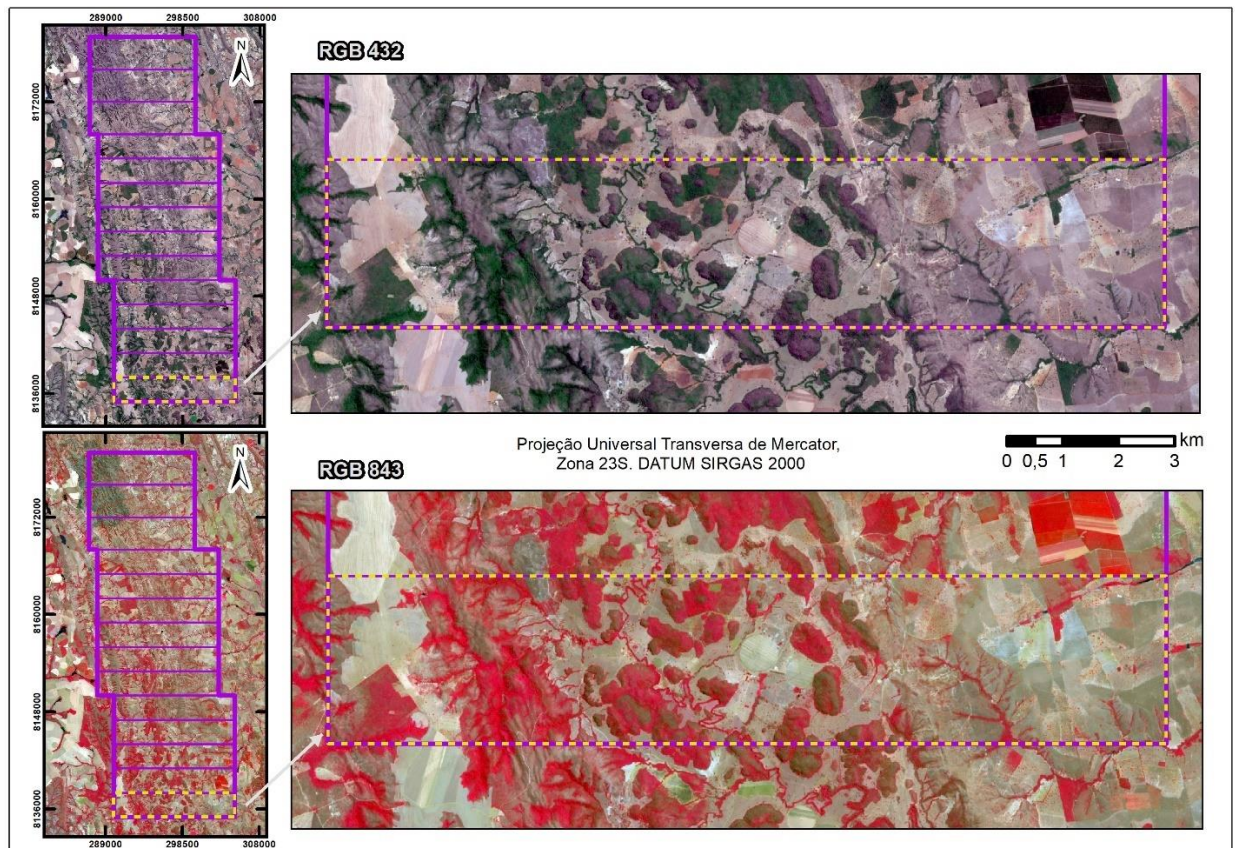


Figura 3. 1 - Composição colorida na cor verdadeira (visível – RGB 432) e na falsa cor (RGB 843) referente a área do Projeto Unai e a subárea XIV.

A composição colorida em cor verdadeira, RGB 432, simula as cores reais situadas no intervalo do visível. Ela é utilizada basicamente para localização e logística de campo. Já a composição colorida em falsa cor usada, a RGB 843, ressalta regiões de vegetação mais ativa fotossinteticamente, devido a maior reflectância da vegetação ser aproximadamente no comprimento de onda do infravermelho próximo (Figura 3.2), a Banda 08. Isso destaca as matas ciliares e matas de galeria com a cor vermelha, além de distinguir áreas de pastagens e plantios em outras tonalidades de vermelho.

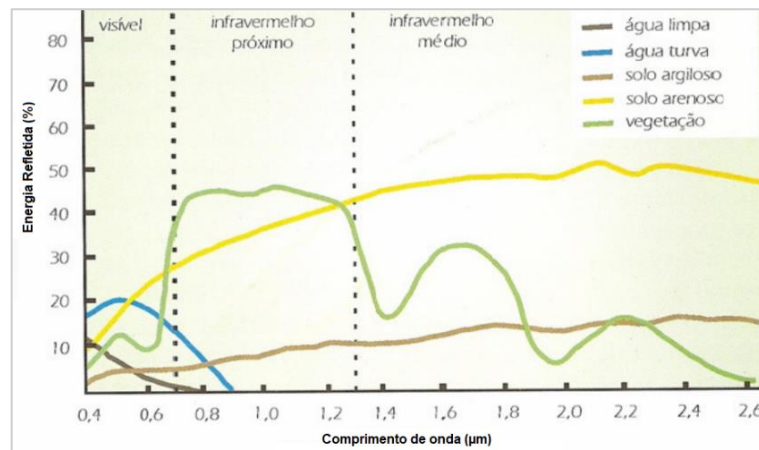


Figura 3. 2 - Variação da energia refletida para os alvos terrestres (Fonte: Florenzano, 2007).

3.2.3 Modelo Digital de Elevação (MDE) do ALOS/Sensor PALSAR

O satélite ALOS foi lançado em 2006 pela Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA, com o intuito de oferecer subsídios ao estudo de temas ligados ao desenvolvimento sustentável, monitoramento de desastres naturais e recursos naturais. Nele estiveram três sensores a bordo: o radiômetro PRISM, o radiômetro multiespectral AVNIR-2 e o sensor de microondas PALSAR. O PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) é um radar de abertura sintética que opera na Banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas (EMBRAPA, 2021).

Oriundas desse sensor, foram usadas as seguintes cenas no Projeto Unai: AP_02771_FBS_F6830_RT1, AP_02771_FBS_F6840_RT1, AP_05134_FBS_F6840_RT1 e AP_05134_FBS_F6850_RT1. Esses dados são de livre acesso pelo site ASF Data Search Vertex, da NASA (<https://search.asf.alaska.edu/#/>). A junção dessas cenas se deu com auxílio da ferramenta *Mosaic*, compondo então um único mosaico do modelo digital de elevação com resolução de 12.5 metros. Posteriormente, esse mosaico também foi cortado através da ferramenta *Clip Raster* para uma área aproximada da poligonal de estudo. Em seguida, foram gerados mais dois produtos a partir de modelo digital de elevação: o relevo sombreado (Figura 3.3) e a malha de curvas de nível.

A ferramenta *Hillshade* propiciou a geração do relevo sombreado, com o ângulo de incidência de luz a 315° e elevação de 45° . Ao passo que através da ferramenta *Contour* foram geradas as curvas de nível (em intervalos de 20 em 20 metros), que foram tratadas com a ferramenta *Smooth Line*, parametrizada para o Algoritmo PAEK e tolerância de 25 metros, para terem seus contornos suavizados.

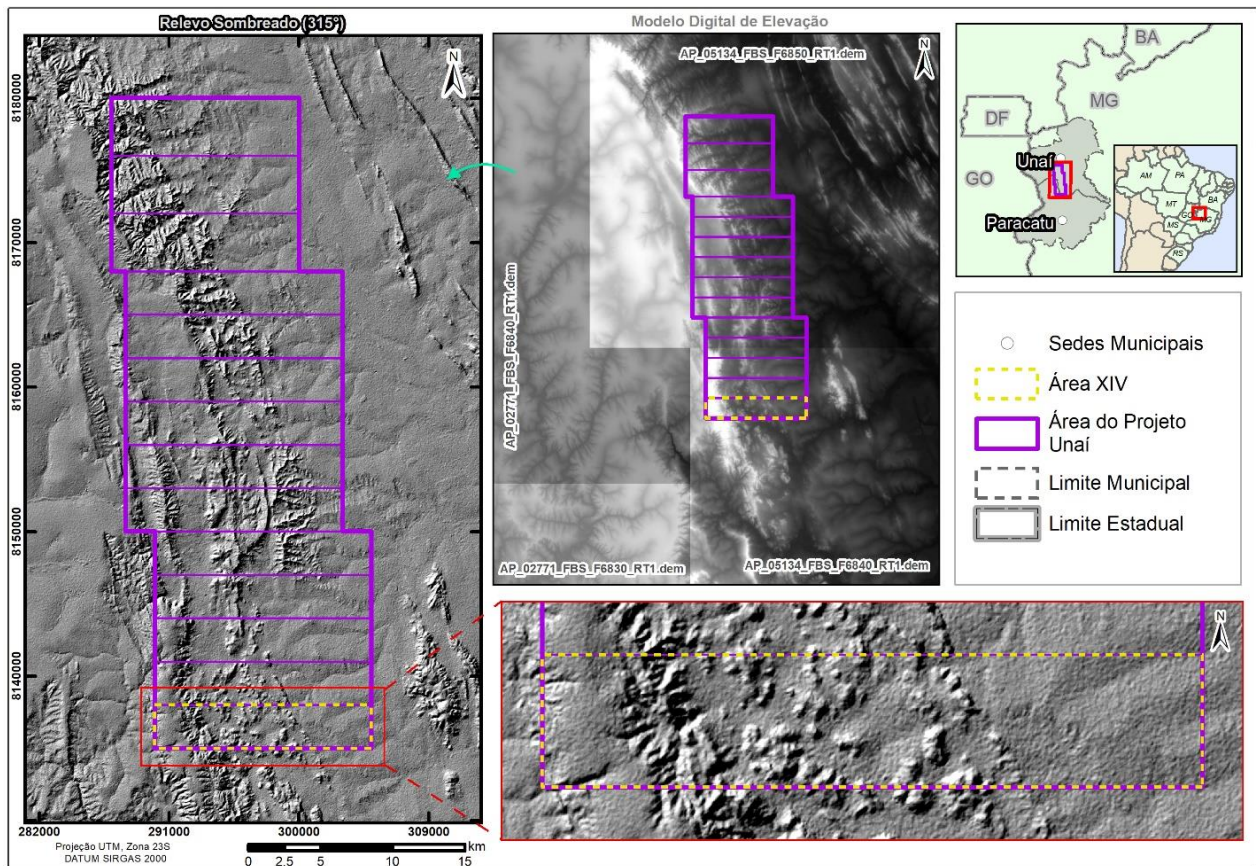


Figura 3.3 - Relevo sombreado com incidência de luz a 315° criado a partir de mosaico do Modelo Digital de Elevação, composto por quatro cenas do sensor PALSAR/satélite ALOS.

3.2.4 Mapa Base

A confecção do Mapa Base (Apêndice A - Mapa Base da Subárea XIV), utilizado em campo, também se deu no *software ArcGis 10.8*, e para sua composição foram vetorizadas diversas informações. As rodovias, estradas, trilhas, caminhos ao longo de cercas e as localidades foram extraídas com auxílio da composição colorida em cor verdadeira (RGB 432), da ferramenta *Basemap World Imagery* do *Arcgis 10.8* e da série histórica de imagens do *Google Earth*. Já para a aquisição hidrografia, foram utilizados também: cena do sensor MSI em composição colorida de falsa cor (RGB 843), o relevo sombreado, as curvas de nível (20 metros) e a visão em perspectiva com exagero vertical de 2 a 3 vezes do relevo no *Google Earth*.

3.2.5 Mapa Lineamentos Morfoestruturais

Para extração dos lineamentos morfoestruturais utilizou-se o relevo sombreado e as composições coloridas feitas (RGB 432 e RGB 843), e buscou-se sinalizar as grandes feições retilíneas visualmente identificadas, como: drenagens retilíneas e encaixadas, cristas e quebras de relevo, e estruturas tectônicas rúpteis (falhas de rasgamento, grandes fraturas etc.) e dúcteis (eixos de dobras).

A posteriori, foi realizada a integração de todos os lineamentos extraídos do Projeto Unai no *ArcMap 10.8*, gerou-se um diagrama de rosetas através da ferramenta *Stereonet* do *Visible Geology* (disponível no site <https://app.visiblegeology.com/stereonetApp.html>) e o calculou-se a moda através da função *MODO.UNICO* do Office Excel, para se ter o retorno do valor que ocorre com mais frequência na matriz de dados.

Dessa maneira, foi possível se observar dois *trends* estruturais principais no diagrama de rosetas (Figura 3.4), um dominante aproximadamente na direção N20-30W e outro secundário aproximadamente na direção N50-60E. Na subárea XIV ocorrem os mesmos *trends*, porém o E-NE se sobressai em relação ao NW.

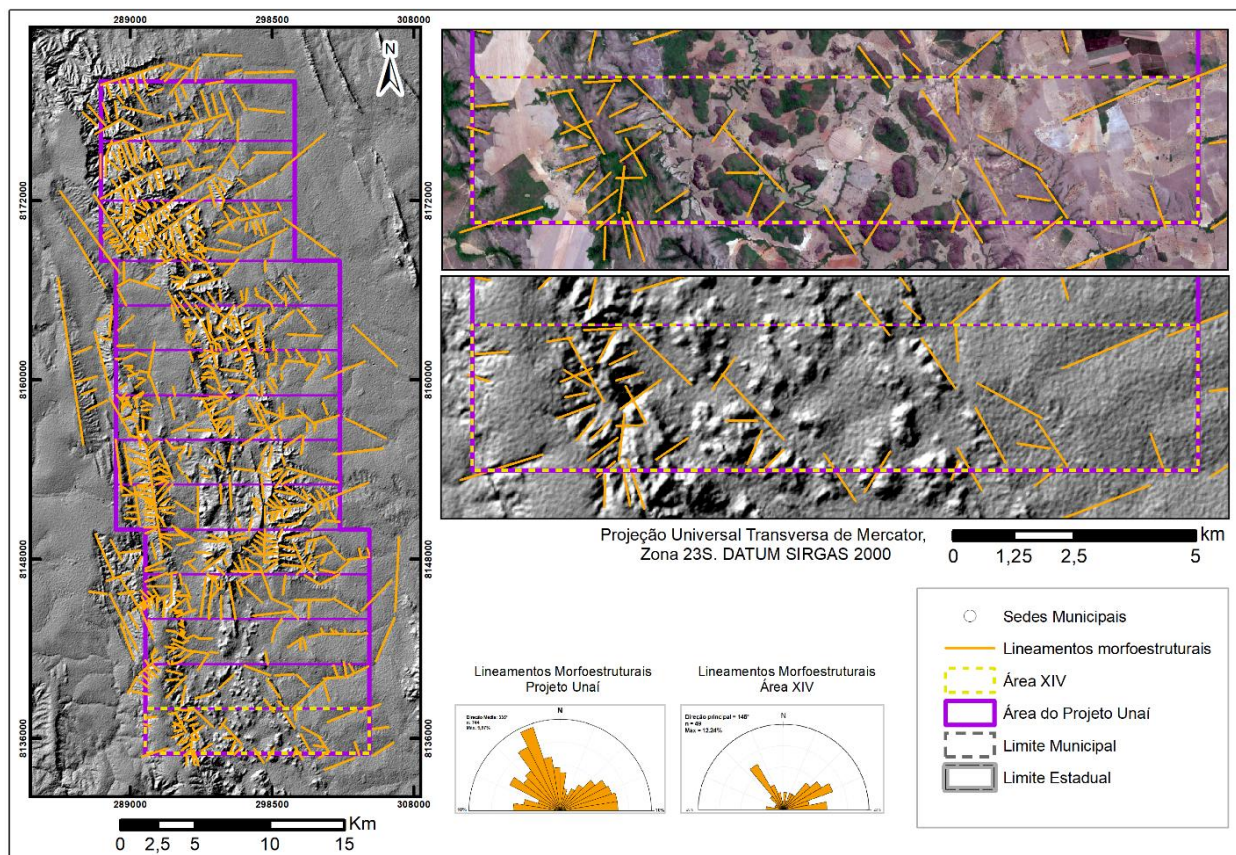


Figura 3. 4 - Mapa de Lineamentos Morfoestruturais do Projeto Unai e da Subárea XIV, e suas respectivas rosetas, evidenciando o trend estrutural refletido pelo contexto tectônico regional.

3.2.6 Mapa Fotointerpretado

A Fotointerpretação da subárea XIV constituiu-se da fotoanálise das composições coloridas juntamente com o relevo sombreado e a visão em perspectiva do *Google Earth*, para a extração dos elementos texturais de relevo. A avaliação se deu através do método lógico e sistemático de fotoanálise (Soares & Fiori, 1976), onde se compartimentou a imagem em domínios, as chamadas zonas homólogas (Figura 3.5), de acordo com a homogeneidade dos padrões texturais de relevo e drenagem.

A extração dos elementos de relevo foi baseada nas lineações em feixe e em série, e em quebras negativas e positivas de relevo. As drenagens já extraídas foram classificadas de acordo com critérios de: densidade (baixa, média e alta), sinuosidade (retilínea, mista e curvilínea), angularidade (baixa, média e alta), tropia (ordenada, multidirecional desordenada, tridirecional, bidirecional e unidirecional), e presença de formas anômalas (cotovelos, em arco e meandros isolados). Assim, para a subárea XIV foram sinalizadas sete zonas homólogas (Figura 3.5), cujas características são apresentadas na Tabela 3.2.

As interpretações acerca do produto da fotoanálise das imagens de satélite evoluíram para uma correlação com os tipos de rochas que podem ser encontradas de acordo com as bases regionais (Folha Serra da Aldeia - 1:100.000) e suas características estruturais e reológicas, resultando em um mapa fotointerpretado (*frame* inferior da Figura 3.5) constituído das zonas homólogas agrupadas em três grupos, com as características a seguir:

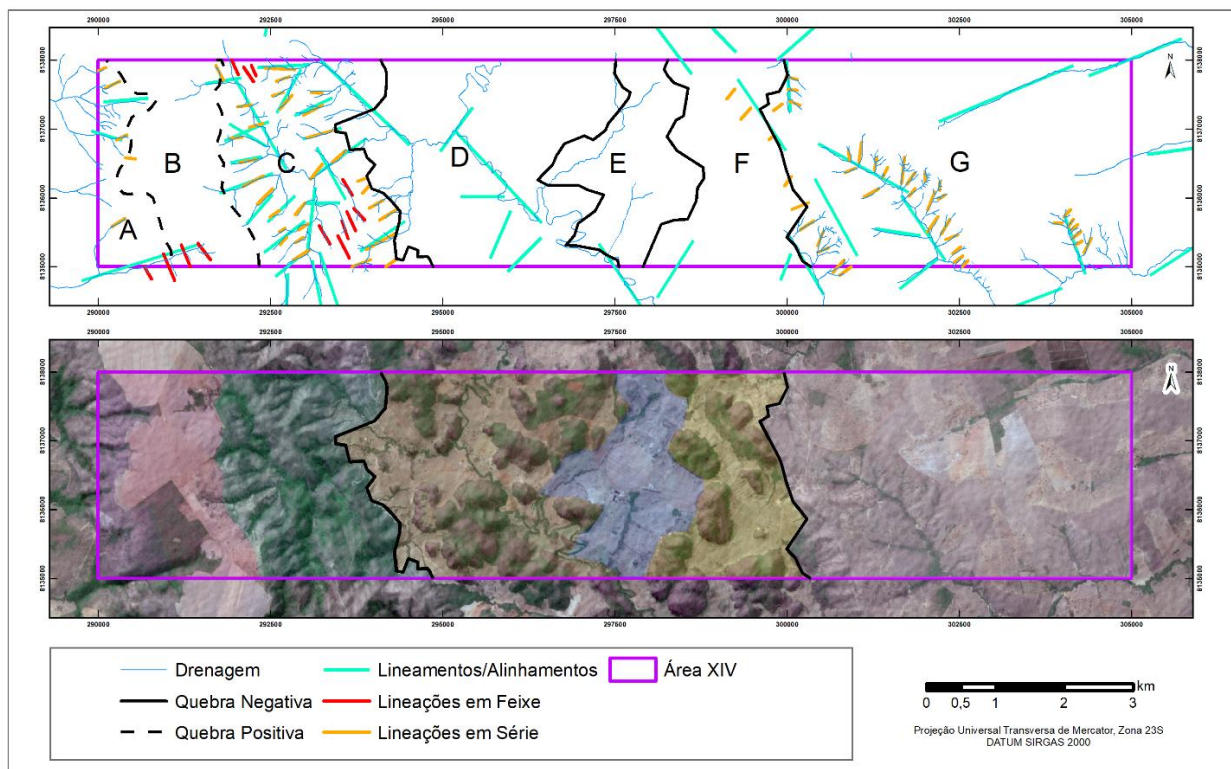


Figura 3.5 - No frame superior estão as Zonas Homólogas da subárea XIV, com as lineações em feixe, lineações em série, os lineamentos, as quebras de relevo (negativas e positivas) e a rede de drenagem. Já no frame inferior estão os agrupamentos das zonas homólogas.

Tabela 3. 2 - Características das sete Zonas Homólogas da subárea XIV.

Zona Homóloga	Descrição/Características
A	Apresenta relevo ondulado e baixa densidade de drenagem, sinuosidade mista, angularidade média e tropia bidirecional. Padrão de drenagem dendrítico. Possui média densidade lineamentos menores na direção E-NE/W-SW, e de lineações em feixe e série.
B	Apresenta relevo plano a suave ondulado e drenagens ausentes.
C	Apresenta relevo ondulado a montanhoso, e com algumas porções escarpadas. Possui alta densidade de drenagem, sinuosidade retilínea, alta angularidade e tropia bidirecional. Padrão de drenagem em treliça. Possui alta densidade de lineações em feixe e grandes lineamentos na direção N-NW/S-SE, além de lineações em série e lineamentos menores na direção E-NE/W-SW.
D	Apresenta relevo com padrão plano a suave ondulado, e ondulado a forte ondulado nos morrotes. Possui baixa densidade de drenagem, sinuosidade curva, alta angularidade e tropia tridirecional. Padrão de drenagem anular. Apresenta média densidade grandes lineamentos na direção N-NW/S-SE, além de lineamentos menores na direção E-NE/W-SW.
E	Apresenta relevo plano a suave ondulado. Possui baixa densidade de drenagem, sinuosidade mista, baixa angularidade e tropia unidirecional. Padrão de drenagem paralelo.
F	Apresenta relevo plano a suave ondulado, e ondulado a forte ondulado nos morrotes. Não possui drenagens.
G	Apresenta relevo plano a ondulado. Possui densidade de drenagens média, sinuosidade mista, média angularidade e tropia bidirecional. Padrão de drenagem dendrítico e paralelo. Apresenta alta densidade pequenos lineamentos na direção N-NW/S-SE, além de lineações em série e lineamentos maiores na direção E-NE/W-SW.

Grupo A/B/C: caracterizado por relevo elevado, alta densidade de drenagens, e altas declividades, sugerindo então um substrato de baixa permeabilidade. Isso corrobora com as litologias que podem ser encontradas conforme o mapeamento regional, que seriam filitos. A ausência de elementos texturais de relevo e drenagens na zona B pode estar relacionada a espessas coberturas de solo e/ou coberturas lateríticas.

Grupo D/E/F: composto por domínios padronizados de áreas planas e com vários morrotes, baixa densidade de drenagens, sugerindo um substrato de moderada a alta permeabilidade. Tais informações são concordantes com as litologias que podem ser encontradas conforme o mapeamento regional, que seriam arenitos, carbonatos e siltitos. A presença de sete cavidades naturais, segundo a base do CECAV, associadas aos morrotes deste domínio reforçam tal avaliação.

Grupo G: formado por áreas planas a onduladas, com presença de pastagens e, portanto, solos mais desenvolvidos, com média densidade de drenagens, pode sugerir substrato de moderada a alta permeabilidade. Esses fatos podem confirmar os tipos de rochas que provavelmente ocorrem conforme o mapeamento regional, que se tratam de siltitos e arenitos.

3.3 Geofísica

3.3.1 Introdução

Os métodos geofísicos podem ser subdivididos em quatro tipos dependendo de sua natureza: Métodos Elétricos; Métodos Eletromagnéticos; Métodos Potenciais e Métodos Sísmicos. Neste capítulo serão discutidos três métodos geofísicos: Sísmica de reflexão, Gamaespectrometria, Magnetometria, apresentados seus respectivos produtos e interpretações.

3.3.2 Sísmica de Reflexão

A sísmica de reflexão é um método geofísico muito utilizado para o estudo de bacias sedimentares. Esse método se baseia na propagação e reflexão de ondas acústicas no meio rochoso. Para a aquisição de dados sísmicos, se utiliza uma fonte de energia artificial, como por exemplo dinamite, que possui a função de emitir ondas sonoras. A propagação de ondas no meio rochoso irá depender da densidade e da elasticidade da camada, e devido ao contraste de dessas características entre camadas (diferença de impedância), parte da energia acústica é refletida de volta para a superfície. Para a aquisição sísmica, utilizam instrumentos (hidrofones ou geofones), com o mesmo espaçamento entre eles, com objetivo de detectar e registrar a chegada das ondas refletidas a superfície (Figura 3.6) (Simm & Bacon, 2014).

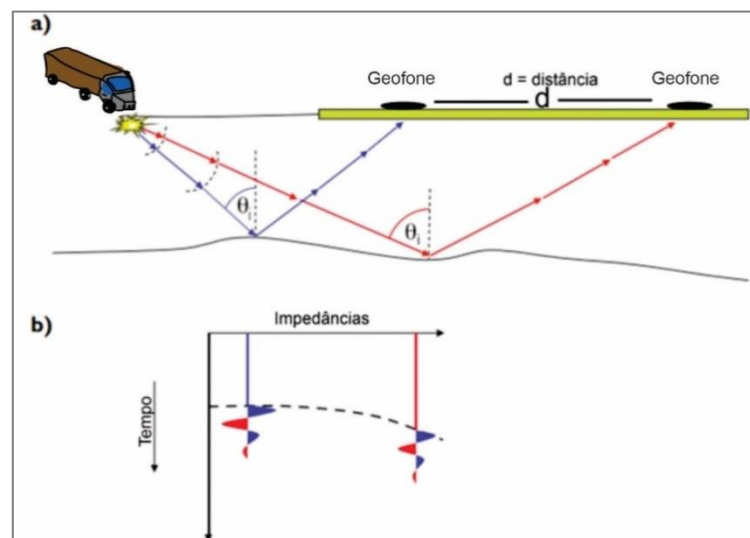


Figura 3. 6 - A) Modelo evidenciando como é feita a aquisição sísmica onshore. B) Gráfico dos valores da diferença da impedância versus tempo (Adaptado de Simm & Bacon, 2014).

Utilizando as somas dos vales e os picos das ondas refletidas, os valores do intervalo de tempo da reflexão completa das ondas e os valores da distância dos geofones é possível criar um perfil X, Y, Z. O eixo X é a distância horizontal, o eixo Y é diferença das impedâncias e o eixo Z é o tempo, assim é possível observar a estratigrafia, inferindo as litologias, estruturas e outras características geológicas (Figura 3.7) (Simm & Bacon, 2014).

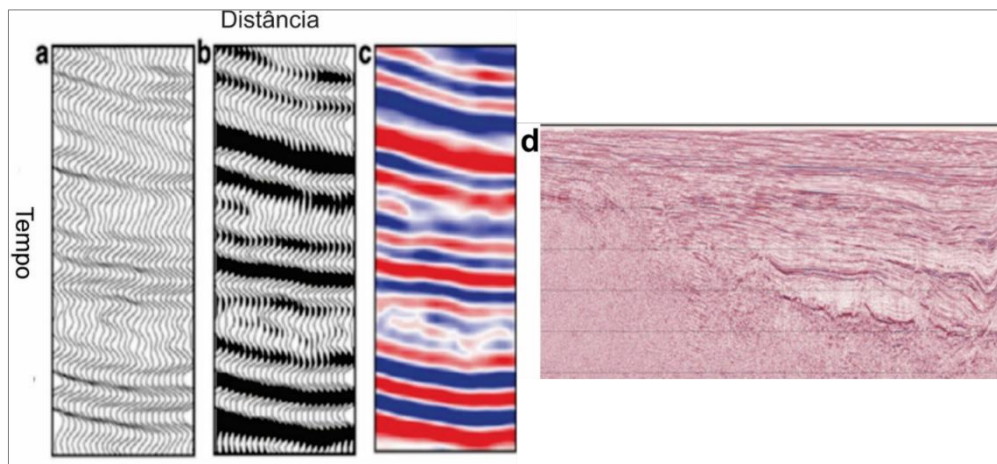


Figura 3.7- A) Traços das ondas de reflexão. B) A soma das cristas e dos vales das ondas de reflexão. C) Picos e vales ligados, formando um aspecto de camada. D) Perfil sísmico (Adaptado de Simm & Bacon, 2014).

3.3.2.1 Localização da Linha Sísmica

A linha sísmica utilizada neste estudo tem sentido oeste-noroeste (cerca de 168,3 km), tendo seu início na cidade de Cristalina (GO) e o seu fim na cidade de Bonfinópolis de Minas (MG), ou seja, ela corta as subáreas V e VI do Projeto Unai (Figura 3.8). O principal objetivo com esse método geofísico para o presente trabalho é a melhor compreensão das relações tectonoestratigráficas das unidades litoestratigráficas aflorantes nas áreas do Projeto Unai.

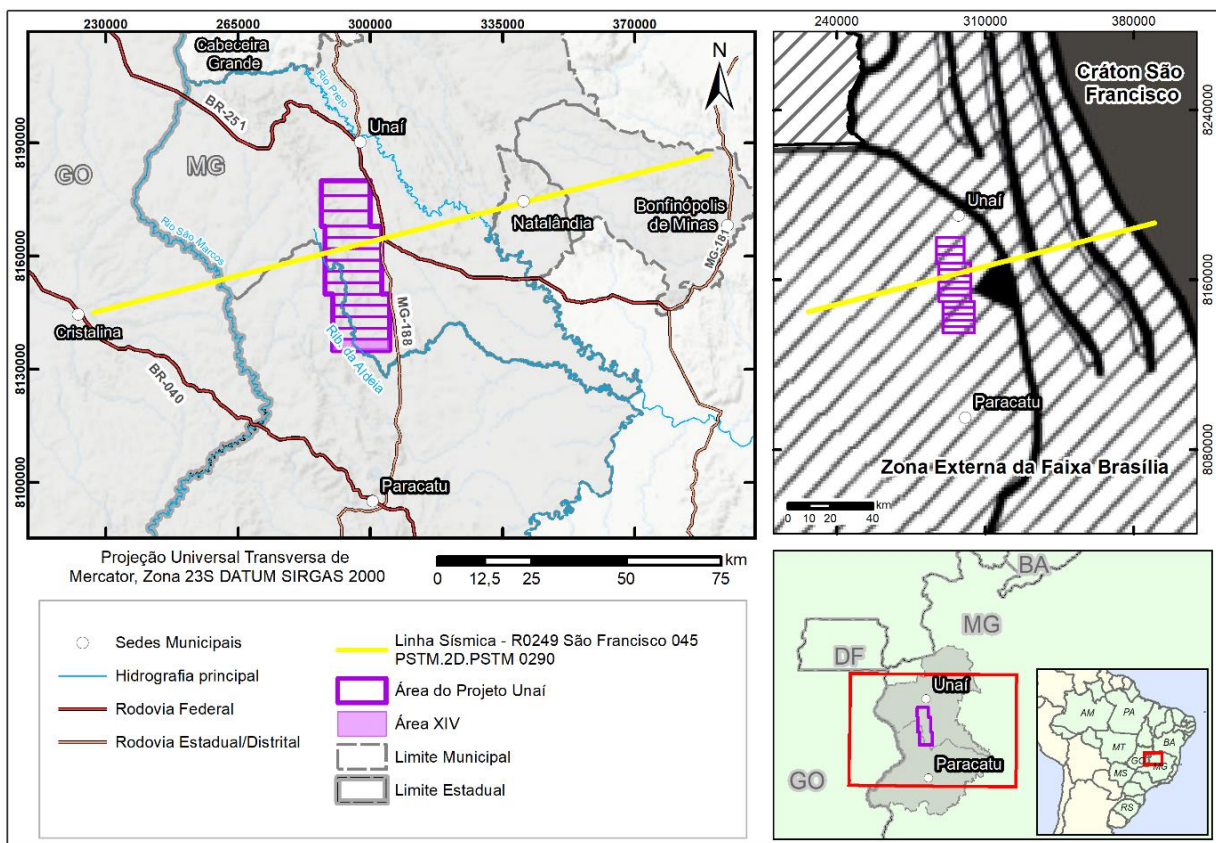


Figura 3.8 - Mapa de localização da linha sísmica “R0240_São_Francisco_045_PSTM”.

3.3.2.2 Aquisição dos Dados de Sísmica de Reflexão

Os dados sísmicos são referentes à linha “R0240_São_Francisco_045_PSTM” e aos poços “1-BRSA-871-MG” e foram adquiridos e processados pela PETROBRAS no ano de 1995. A diretoria da ANP em março de 2021 definiu tornar público e gratuito todos os dados técnicos das bacias sedimentares *onshore* e em maio desse mesmo ano os dados estavam disponíveis para *download*. Apesar disso, não existem relatórios detalhados disponíveis a respeito da aquisição e do processamento desses dados. O arquivo SEG-Y utilizado nesse capítulo é referente aos dados pós-empilhamento “MIG-FIN”, disponíveis no banco de dados *online* BDEP-ANP.

3.3.2.3 Interpretação Sísmica

Para a interpretação da seção sísmica utilizou-se principalmente duas tabelas de cores: *similarity* e *seismcs*, ademais, também utilizou dados de poços, próximos. Além disso, o mapa geológico do Projeto Unai foi usado como referência, para as sequências aflorantes nos locais onde a linha sísmica cortava as subáreas do projeto anteriormente citado.

Identificou-se na seção sísmica cinco megassequências, sendo elas, da base para o topo, interpretadas como: Rife, Traíras, Intracratônica e Antepaís, além do próprio embasamento. O embasamento é a “camada” mais densa e também a mais espessa, por isso contato do embasamento com a camada superior é marcado com um pico positivo de impedância. Também é possível observar falhas normais no embasamento, devido a tectônica extensiva inicial precursora da bacia (Figura 3.9).

Sobreposto ao embasamento ocorre a Megassequência Rife, representado litoestratificamente pelo Grupo Araí. É possível observar algumas falhas normais no intervalo dessa megassequência, devido a deposição ser sin-tectônica extensiva. Contudo, é mais expressiva a tectônica compressiva, com domínio de falhas de empurrão. O contato entre a Megassequência Rife com a Megassequência Traíras é bem marcado pela discordância pré-Traíras. A Megassequência Traíras é composta pelo Grupo Traíras, e possui a maior espessura na seção. Nessa megassequência é possível observar uma tectônica compressiva, evidenciada por falhas de empurrão de pequenos rejeitos e refletores possivelmente dobrados (Figura 3.9).

O limite superior da Megassequência Traíras é marcado pela Discordância pré-Quilombo. A Megassequência Quilombo é composta pela Formação Quilombo e é marcada por refletores com contraste de impedância muito forte e ondulados. Entre o Grupo Traíras e a Formação Quilombo provavelmente ocorreu um descolamento basal entre essas unidades, o que é perceptível pelos refletores nesse contato, esse assunto será melhor explorado no Capítulo 5. Também é possível observar falhas de empurrão as quais atingem a superfície, inclusive na área do Projeto Unai, corroborando com os dados adquiridos em campo. Sobreposto a

Megassequência Quilombo ocorre discordantemente a Megassequência Intracratônica, essa megassequência é a de mais difícil visualização, seus refletores aparentemente são caóticos, provavelmente devido a uma intensa tectônica compressiva, com várias falhas reversas (Figura 3.9).

Algumas das falhas de empurrão chegam à superfície, como mostrado na área do Projeto Unai, corroborando também com os dados adquiridos em campo. A Megassequência Intracratônica é representada litoestratigraficamente pelos grupos Paranoá, Canastra e Vazante, devido aos motivos supracitados, não foi possível distinguir esses três grupos na seção sísmica, com exceção na superfície aflorante a leste no perfil, determinou-se como Grupo Canastra, em função das informações de mapas geológicos disponíveis nessa mesma região. Acima da Megassequência Intracratônica ocorre a Megassequência Antepaís, representada pelo Grupo Bambuí. Essa megassequência apresenta refletores mais ou menos contínuos e horizontais, somente com pequenas compressões próximo às falhas de empurrão das megassequências sotopostas (Figura 3.9).

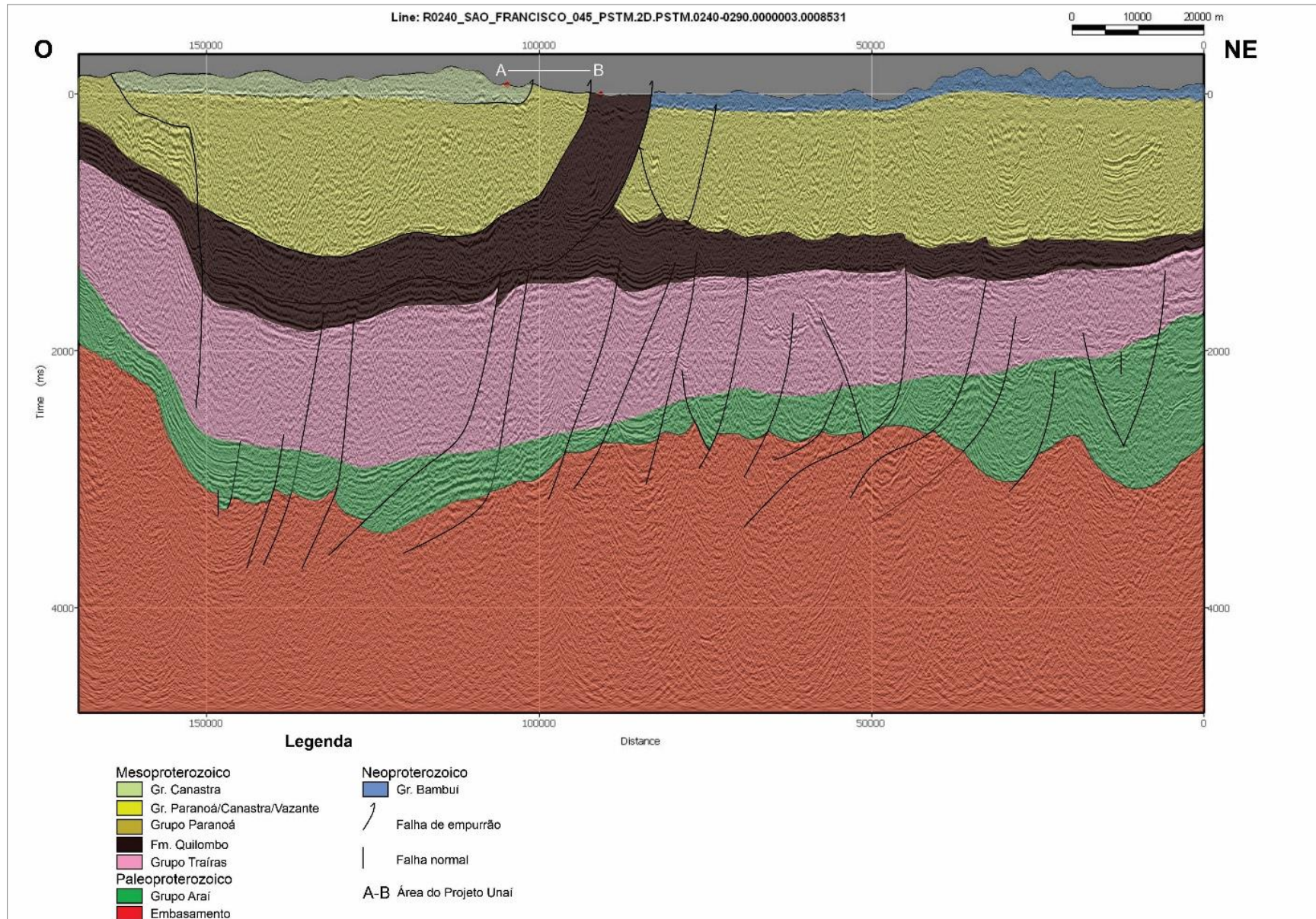


Figura 3.9 - Seção sísmica interpretada.

3.3.3 Gamaespectrometria

A gamaespectrometria é um método geofísico potencial amplamente utilizado para mapeamentos geológicos. Esse método é capaz de detectar a emissão natural de raios gamas oriundos das rochas na superfície, e devido as diferentes assinaturas radioativas emitidas pelos diferentes tipos de litologia, é possível inferir a litologia e delimitar corpos geológicos (Dentith e Mudge, 2014).

Um átomo radiogênico para que se torne estável, necessita emitir radiação para diminuir a sua energia e dessa forma atingir um estado de energia estável. Existem cerca de 50 isótopos radioativos diferentes na natureza, e para se estabilizarem, podem emitir três tipos diferentes de radiação: alfa (α), beta (β) e gama (γ) (Faure, 1997). O método de gamaespectrometria se baseia em detectar a emissão natural de raios gama de três principais elementos: potássio (^{40}K), o urânio (^{238}U e ^{235}U) e o tório (^{232}Th). Esses elementos são utilizados por dois principais motivos: 1) estão presentes nos principais tipos de rocha; 2) emitem radiação gama suficiente para a detecção nos espectrômetros (Figura 3.10) (IAEA, 2003).

Qualquer material entre o emissor e o sensor pode causar ruídos nos dados, sendo os principais fatores que podem causar esses ruídos associados a: cobertura do solo, vegetação densa, umidade do solo, variações na temperatura atmosférica, umidade relativa, presença de nuvens, fenômeno de inversão térmica e grande variação topográfica (Blakely, 1996).

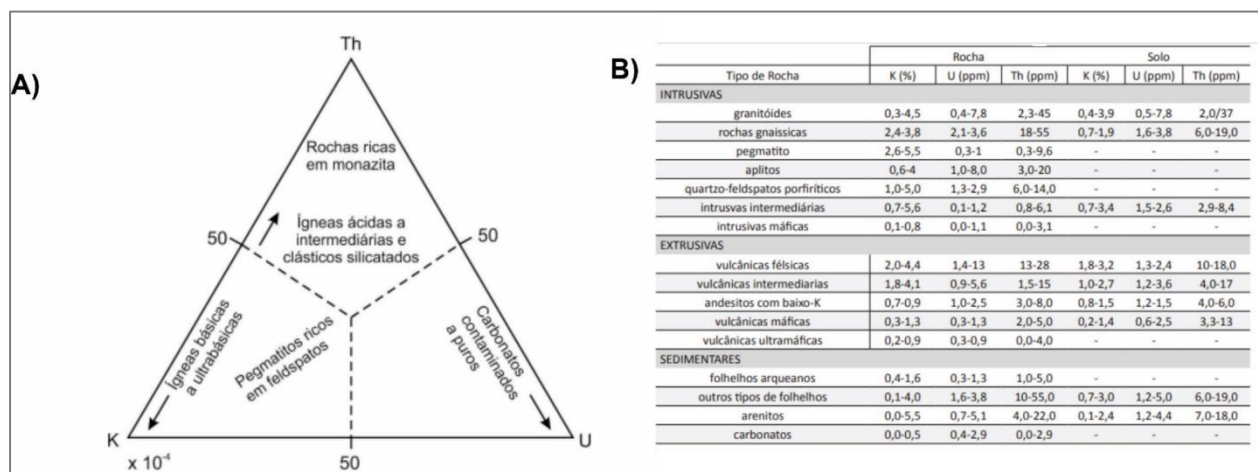


Figura 3. 10 - A) Abundâncias relativas dos radioelementos K, Th e U em diferentes tipos de rochas (Adaptado de Wollenberg, 1977). B) Variação da concentração média dos radioelementos em rochas e solos na Austrália (Modificado de Dickson & Scott, 1997).

3.3.4 Magnetometria

A magnetometria é uma técnica bastante utilizada para a prospecção de jazidas minerais. Esse método geofísico utiliza as propriedades magnéticas do meio rochoso para fornecer informações principalmente de subsuperfície. É um método capaz de detectar as variações

naturais do campo magnético do Planeta Terra, afetadas principalmente pela susceptibilidade magnética das rochas. Devido a essas variações, é possível inferir ocorrência de minerais, bem como estruturas regionais (Telford *et al.*, 1990).

O magnetismo é uma característica intrínseca do material, ou seja, existem materiais magnéticos por natureza, materiais que podem ter um magnetismo induzido e materiais que são incapazes de se tornarem magnéticos (Dentith e Mudge, 2014). A maior parte do campo magnético terrestre é originada no interior da Terra, porém, alguns minerais da crosta podem criar pequenas anomalias, sendo os mais comuns: a magnetita, a pirrotita e a ilmenita. Em decorrência disto, é possível classificar o comportamento magnético da rocha com base no conteúdo total destes minerais.

O tamanho, o formato e a distribuição dos grãos magnéticos também influenciam no caráter magnético da rocha, podendo induzir o magnetismo nos outros minerais (Kearey *et al.*, 2009). Para calcular o valor da anomalia magnética (CMA) é necessário conhecer os valores do campo geomagnético (IGRF), o campo magnético externo (CME) e o valor do campo magnético geral (Equação 3.3.4).

$$CMA = CMT - (IGRF + CME)$$

Equação 3.3.4

3.3.5 Aquisição de Dados Aerogeofísicos

Os dados de gamaespectrometria e magnetometria discutidos no presente capítulo foram obtidos a partir do projeto “Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais Área 1 – Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel” que abrange a Mesoregião Noroeste de Minas Gerais, e conseqüentemente, abrange também as subáreas do Projeto Unai (Figura 3.11). O projeto foi viabilizado pela Secretaria de Minas e Energia do Estado de Minas Gerais e executado pela Lasa Engenharia e Prospecções S.A. Os levantamentos aerogeofísicos magnetométricos e aerogamaespectrométricos foram realizados entre os meses de agosto e dezembro de 2000, recobrando uma área total de 18.633 km² (LASA, 2001).

Para a realização dos levantamentos geofísicos, utilizaram-se duas aeronaves: Britten-Norman, modelo BN-2A - Islander. O levantamento aerogeofísico constou com o recobrimento de 83.533,2 km de perfis aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos de alta resolução. As linhas de voo tinham espaçamento de 250 m e as de controle de 2500 m. As orientações dos voos, nas subáreas do Projeto Unai eram N30E e N60W e altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno (LASA, 2001).

Foram realizadas dez leituras aeromagnetométricas e uma leitura gamaespectrométrica por segundo. Os dados foram registrados a bordo da aeronave, digital e analogicamente, pelo sistema

de aquisição Picodas, modelo PDAS 1000. Uma Estação fixa foi instalada na base de operações, em Paracatu-MG, para monitoramento da órbita dos satélites, assim como para controle da variação diurna do campo magnético terrestre (LASA, 2001).

Duas etapas foram realizadas para a calibração do sistema detector aerogamaespectrométrico: i) calibração estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração ou *calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório) e ii) calibração dinâmica realizada após o término da etapa trabalho de campo. O processamento dos dados brutos foi desenvolvido pela empresa LASA, na sua sede na cidade do Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do *software Geosoft Oasis* (versão Montaj) (Figura 3.12) (LASA, 2001).

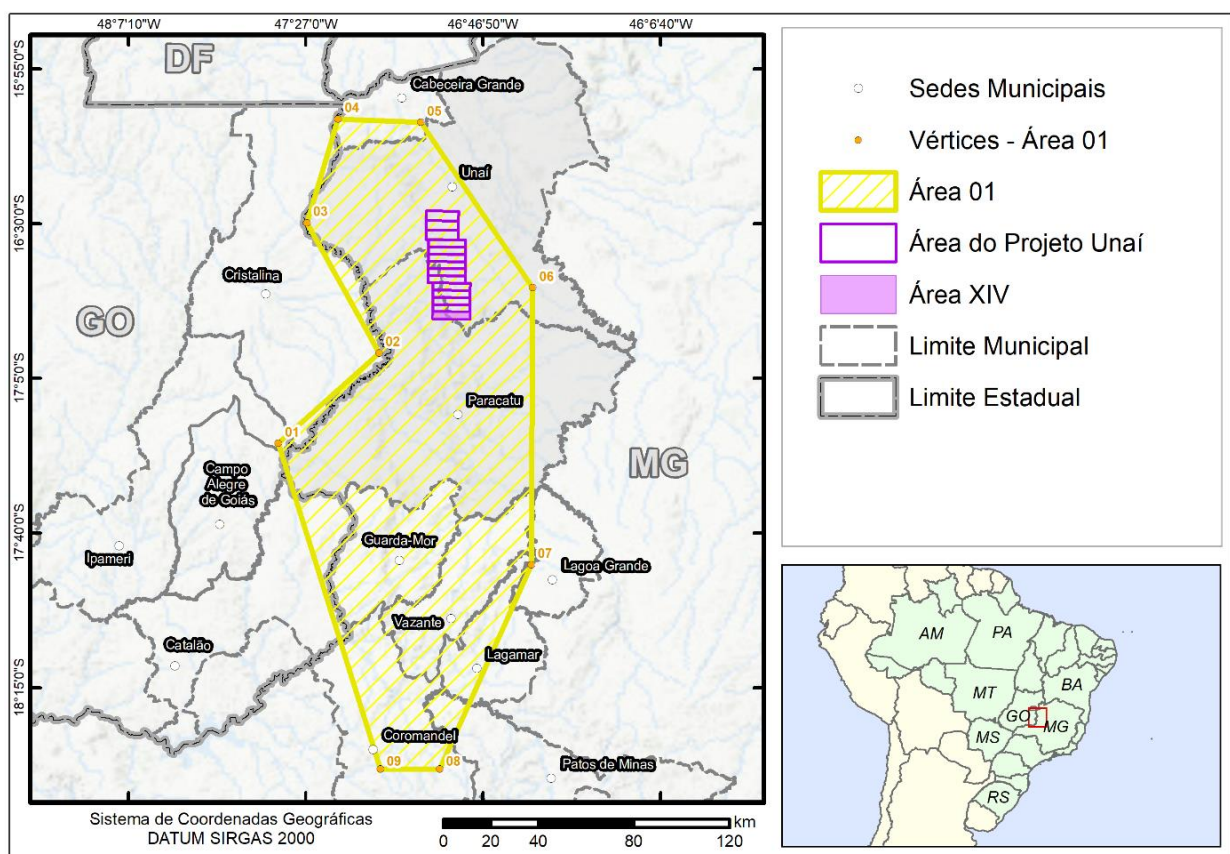


Figura 3. 11 - Mapa de localização do projeto Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais Área 1 - Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel.

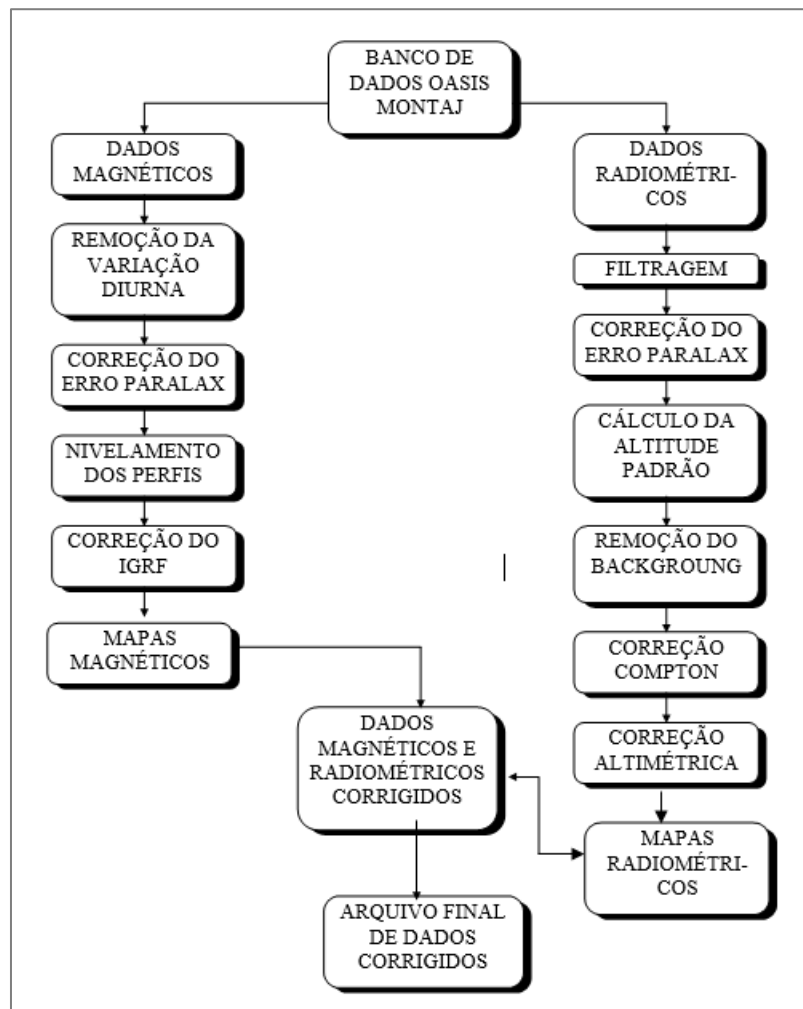


Figura 3. 12- Fluxograma do processamento dos dados brutos pela empresa LASA (LASA, 2001).

3.3.6 Produtos Aeromagnetométricos

A partir dos dados de CMA foram gerados seis produtos, sendo eles: derivadas horizontais (Dx e Dy), derivada vertical (Dz), amplitude do sinal analítico (ASA) ou amplitude do gradiente total (AGT) e inclinação do sinal analítico (ISA). No presente capítulo somente o ASA foi discutido e interpretado, uma vez que demais produtos possuem ruídos suficiente para dificultar ou até inviabilizar a análise (Figura 3.13).

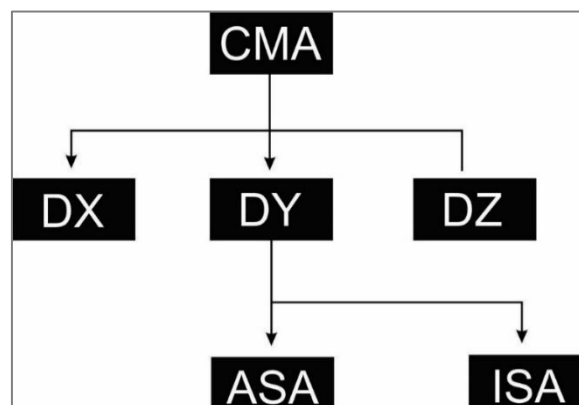


Figura 3. 13 - Fluxograma dos produtos gerados a partir da magnetometria.

3.3.6.1 Derivadas XYZ

Os produtos gerados por meio das derivadas horizontais (Dx e Dy) (Apêndice E) realçam as anomalias de gradientes horizontais, principalmente as bordas dos corpos. As imagens produzidas pela Dx realçam os corpos perpendiculares a direção X e as Dy, perpendiculares a Y. A derivada vertical (Dz) se distingue das demais derivadas por realçar o corpo como um todo e não apenas as bordas, sendo mais adequadas para estudar anomalias mais rasas, pois consiste em uma taxa de variação do campo magnético anômalo em relação à distância vertical da fonte causadora (Kearey *et al.*, 2009).

3.3.6.2 Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

Amplitude do sinal analítico (Figura 3.14) é uma técnica que realça os parâmetros geométricos, delimitando os contatos geológicos e estruturais, e também é possível observar a profundidades dos corpos (Blum, 1999). A amplitude do sinal analítico é a raiz quadrada da soma dos quadrados das três derivadas do campo magnético (Equação 3.3.6.2).

$$ASA = \sqrt{Dx^2 + Dy^2 + Dz^2}$$

Equação 3.3.6.2

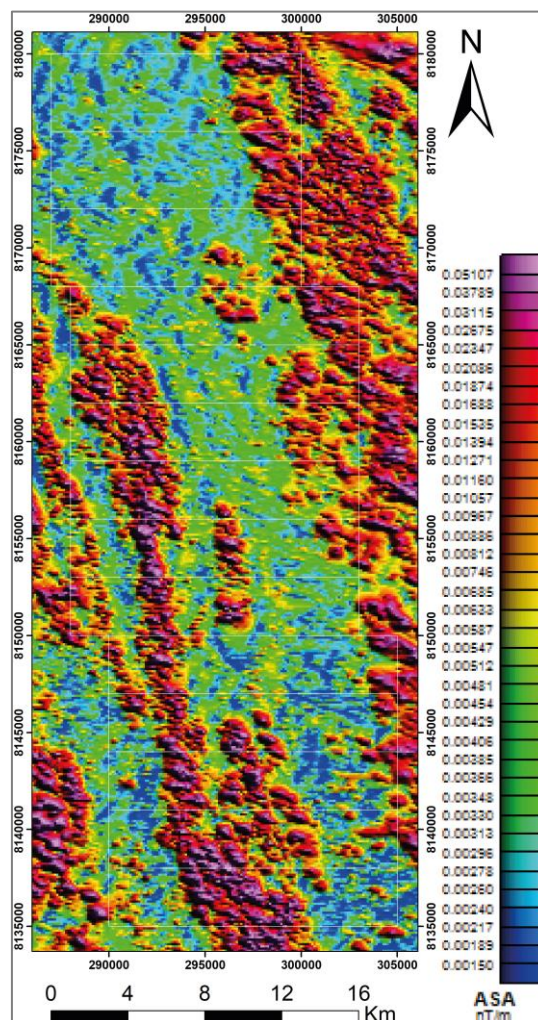


Figura 3.14 - Mapa de amplitude do sinal analítico.

3.3.6.3 Inclinação do Sinal Analítico (ISA)

A Inclinação do Sinal Analítico (Apêndice E) é o resultado das relações angulares entre as derivadas, dessa forma realça fortemente lineamentos e os *trends* estruturais, além de equalizar a amplitude de fontes rasas e profundas (Miller & Singh, 1994). A inclinação do sinal analítico pode ser descrita pela equação 3.3.6.3.

$$ISA = \tan^{-1} - \frac{\frac{\partial M}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2}}$$

Equação 3.3.6.3

3.3.7 Produtos da Aerogamaespectrométricos

A partir dos dados gamaespectrométricos foram gerados 4 produtos (Figura 3.15): Mapa do Percentual de Potássio (KPerc) (Apêndice E), Mapa do Equivalente de Tório (eTh) (Apêndice E), Mapa Equivalente de Urânio (eU) (Apêndice E), em ppm e Mapa Ternário de composição RGB (Apêndice E).

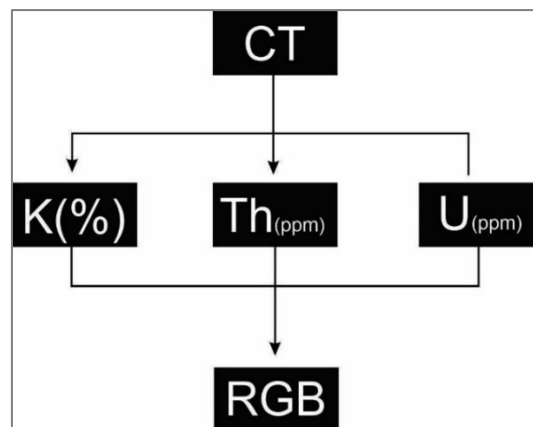


Figura 3. 15 - Fluxograma dos produtos gerados a partir da gamaespectrometria.

3.3.7.1 Composição Ternária RGB

O mapa de composição ternária auxilia de forma significativa no mapeamento geológico por destacar as diferentes litologias da área. A cor vermelha (R) é associada ao potássio (%), a verde (G) ao tório equivalente e a azul (B) ao urânio equivalente, e estão dispostas nos vértices de um triângulo equilátero. A cor branca representa concentrações elevadas dos três elementos e a preta reflete a baixos teores dessas variáveis. As demais cores em um mapa ternário representam gradações entre as concentrações de potássio, tório equivalente e urânio equivalente (Figura 3.16).

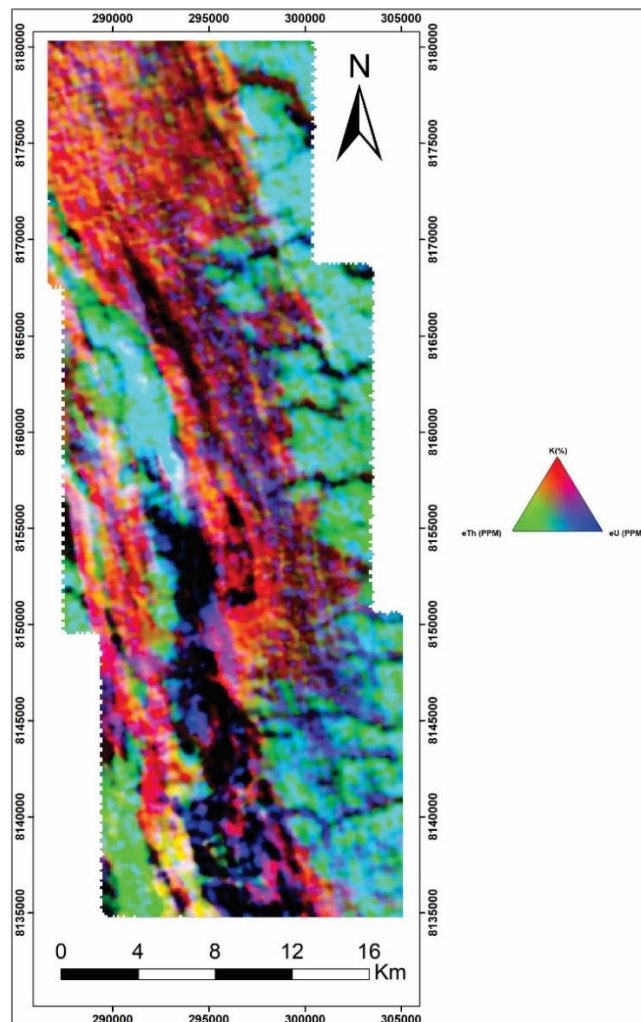


Figura 3. 16- Mapa ternário RGB de gamaespectrometria.

3.3.8 Interpretação dos resultados de Magnetometria

É possível observar três domínios geofísicos no produto da Magnetometria, os quais incluem: 1) Domínio com altos valores, representados por cores magenta e vermelha; 2) Domínio com valores intermediários, representado por cores verde a laranja; 3) Domínio com valores baixos, representados por cores azul a verde (Tabela 3.3 e Figura 3.17). Na subárea XIV ocorrem os domínios 1, 2 e 3, e alguns dos limites desses domínios evidenciam as falhas de empurrão que ocorrem na subárea XIV.

Tabela 3. 3 - Domínios geofísicos magnetométricos.

Domínio 1	Gradiente magnético intermediário, cores verdes, mais heterogêneo, orientação preferencial NNW-SSE.
Domínio 2	Gradiente magnético alto, cores vermelho e laranja, pouco heterogêneo, orientação preferencial NNW-SSE.
Domínio 3	Gradiente magnético baixo, cores azul e verde, pouco heterogêneo, orientação preferencial NNW-SSE.

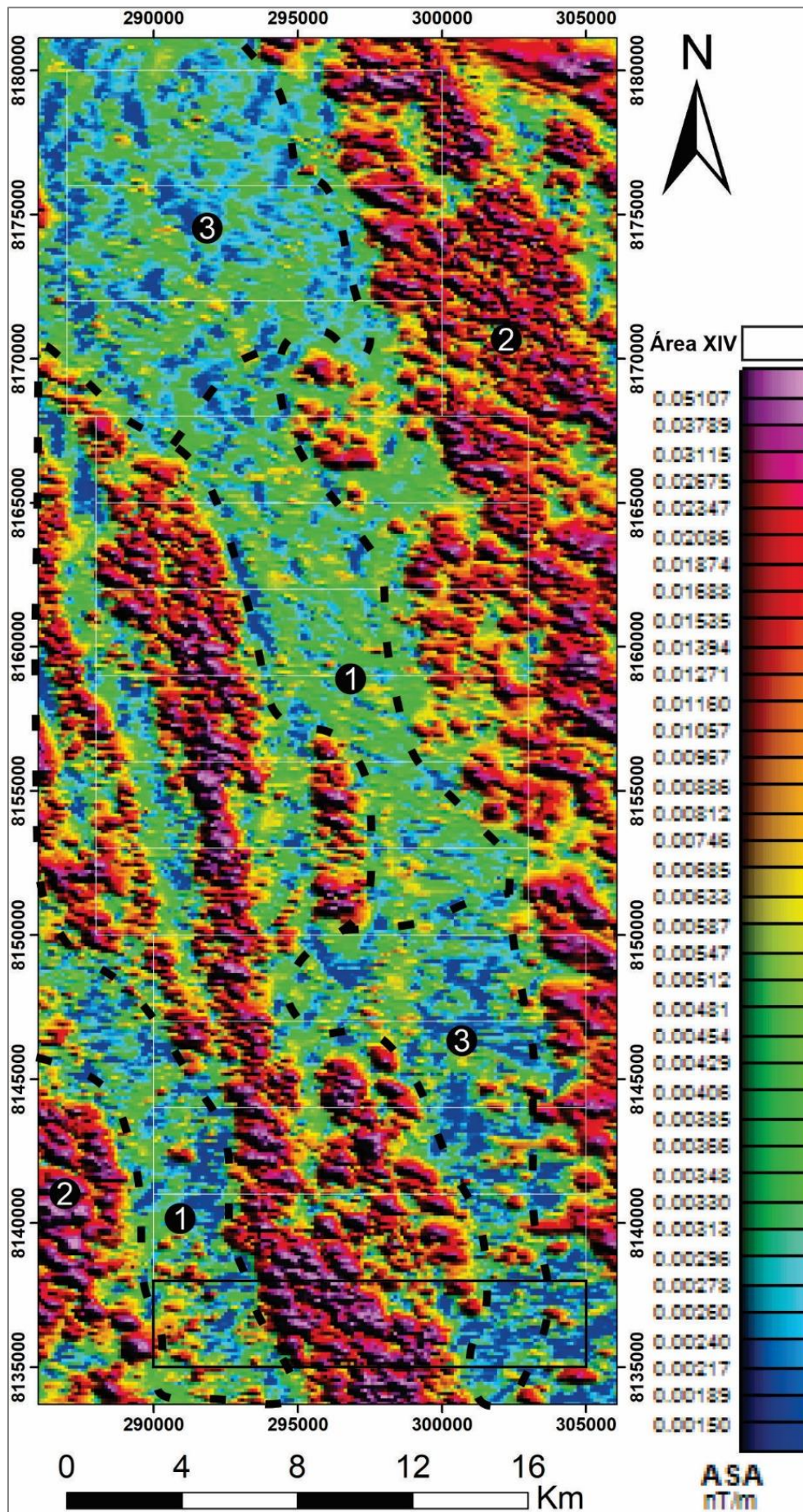


Figura 3. 17- Interpretação da magnetometria.

A associação das informações pedo-geológicas de campo com o tratamento dos dados magnetométricos mostram que o relevo magnético observado é fortemente vinculado aos solos da região. As anomalias positivas são vinculadas a área em que ocorrem solos espessos e lateríticos, com provável acumulação de óxidos de ferro responsáveis pelas anomalias. Por outro lado, as anomalias negativas apresentam forte correlação com as faixas de exposições dos metassedimentos de baixo grau metamórfico, não magnéticos.

Os lineamentos magnéticos comuns em áreas de embasamento ou com geologia representada por rochas de mais alto grau metamórfico, associadas com rochas máficas não ocorrem na área de estudo. Este fato é provavelmente vinculado à ausência de magmatismo em profundidade, sendo que a geologia é representada por sucessões de rochas sedimentares em diferentes contextos de bacias (rifte, SAG, intracontinental) sem magmatismo associado ou com magmatismo muito restrito.

3.3.9 Interpretação dos resultados de Gamaespectrometria

No mapa ternário de gamaespectrometria são notáveis quatro domínios geofísicos distintos (Tabela 3.4 e Figura 3.18). De maneira geral, nos domínios 1 e 4, onde predomina o eTh, ocorrem coberturas de solo mais espessas. Já no domínio 2, onde predomina o K, há mais exposições de rochas. Por fim, no domínio 3 ocorrem as menores concentrações de maneira geral, havendo solos e afloramentos dispostos de maneira indistinta.

Tabela 3.4 - Domínios da gamaespectrometria.

Domínio	K	eTh	eU	Domínio
1	Médio baixo	Alto	Médio alto	Domínios descontínuos de cor verde a azulada, alongados, orientados NNW-SSE.
2	Alto	Médio baixo	Médio	Domínios de cores avermelhadas e amareladas, de orientação NNW-SSE.
3	Médio Baixo	Baixo	Médio	Domínios de cor roxa a preta, alongados e pouco espessos, orientados NNW-SSE.
4	Baixo	Médio Baixo	Médio baixo	Domínio contínuo de cor preta a azul-arroxeadada, orientado NNW-SSE.

Portanto, é inquestionável a que as respostas gamaespectrométricas retratam o estágio de desenvolvimento da pedogênese do local. Isso ocorre devido as diferentes mobilidades dos

elementos com a ação de processos intempéricos e pedogenéticos. O potássio, dentre os três, é o elemento mais móvel. O urânio apresenta uma mobilidade intermediária e o tório tem comportamento mais residual.

Na composição ternária RGB da gamaespectrometria, nos locais com tons de verde a ciano, predomina o tório, e ocorrem solos espessos e/ou evoluídos pedogeneticamente (latossolos, solos podzolizados e comumente horizontes plínticos e até plintossolos). Nas regiões com tons mais avermelhados a arroxeados, onde predomina de maneira geral o potássio, ocorrem solos pouco espessos e menos evoluídos (cambissolos e neossolos litólicos) e afloramentos rochosos. E em todos os tipos rochosos esperados nessa região, o potássio é elevado, basicamente se tratando de filitos e de pelitos.

Portanto, esse tipo retorno com locais de solos (domínios 1 e 4) ou de rochas (domínio 2) e respostas intermediárias ou inconclusivas (domínio 3) acaba não contribuindo no trabalho, uma vez que a resposta indiscriminada impossibilita o uso do dado da gamaespectrometria no auxílio a separação de unidades litoestratigráficas.

Os produtos aerogeofísicos assim como de qualquer método, possuem potencialidades e limitações usuais, contudo tais fatos não invalidam o dado, que no contexto geológico aplicado e pelas suas próprias características intrínsecas não se faz funcional. Os trabalhos aerogeofísicos situam-se majoritariamente em áreas de rochas de embasamento e/ou mais alto grau metamórfico, que não seria o caso. A existência desse trabalho aerogeofísico na região se justifica apenas pelo fato de haver distritos mineiros logo a sul, que apresenta potencial para ouro orogênico e chumbo/zinco do tipo Mississippi Valley ou SEDEX ao longo de toda a porção externa meridional da Faixa Brasília.

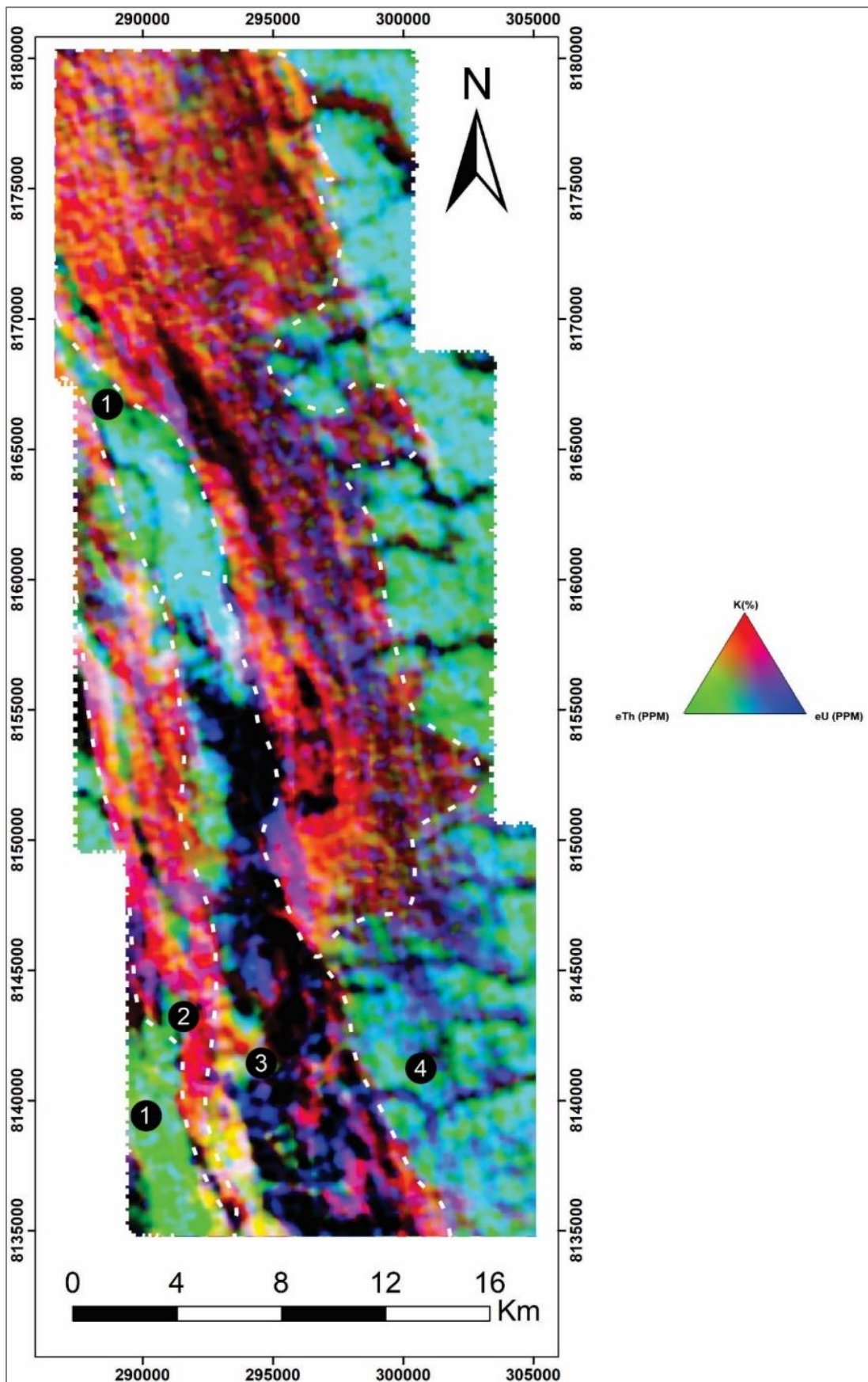


Figura 3. 18 - Interpretação da gamaespectrometria.

4. ESTRATIGRAFIA, PETROGRAFIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

4.1 Introdução

Com a compilação dos dados de sensoriamento remoto, aerogeofísicos, de trabalhos de campo, e descrições e análises petrográficas, obteve-se como produto principal o Mapa Geológico Integrado do Projeto Unai (Apêndice F), que apresenta quatro unidades litoestratigráficas, com idades variáveis desde o Mesoproterozoico até o Neoproterozoico (Figura 4.1).

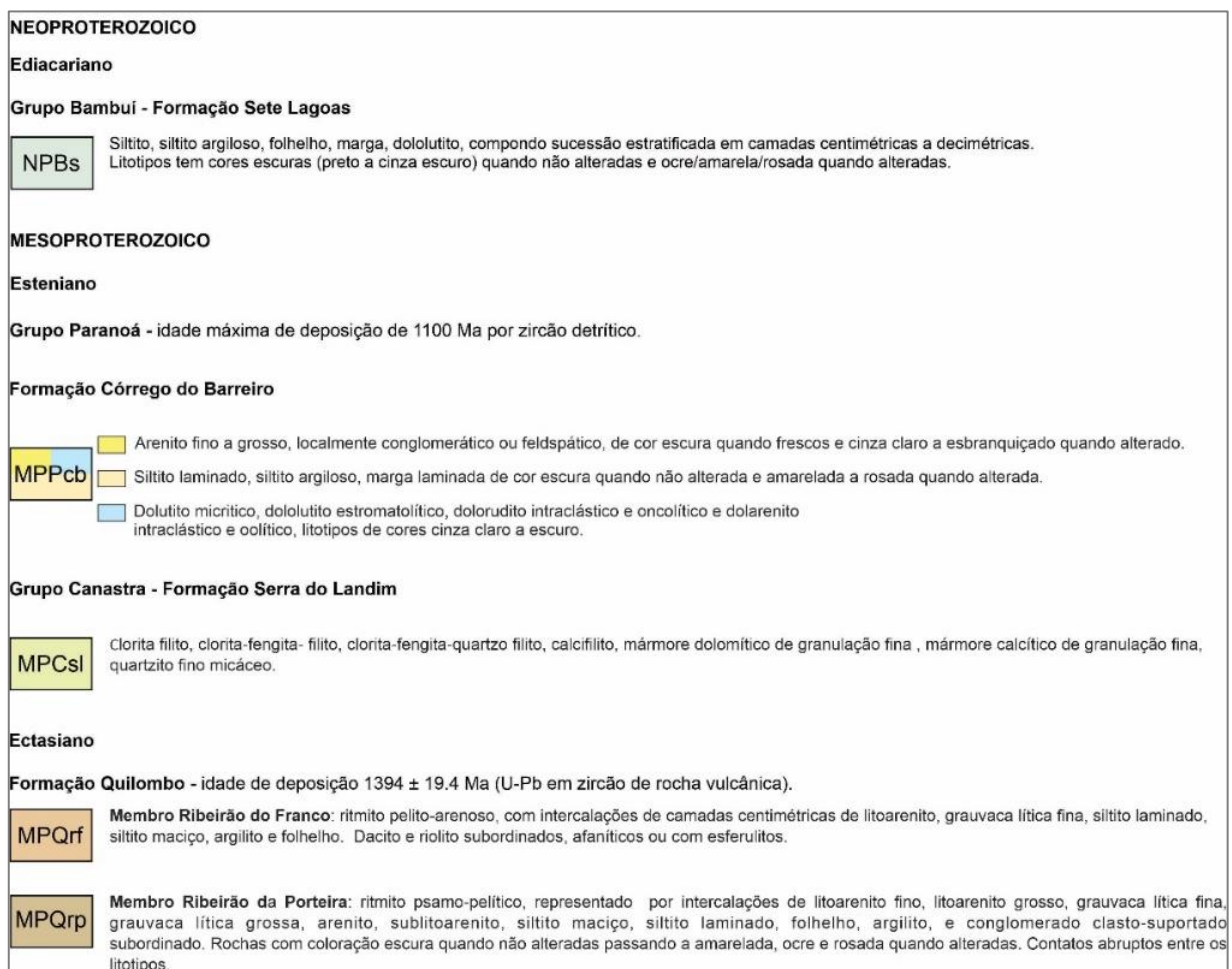


Figura 4. 1 - Unidades litoestratigráficas presentes na área do Projeto Unai.

O presente estudo possibilitou a cartografia de cinco unidades litoestratigráficas, do Mesoproterozoico ao Neoproterozoico, no âmbito do Projeto Unai, incluindo: os membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco da Formação Quilombo (Mesoproterozoico, Ectasiano); Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá e Formação Serra do Landim do Grupo Canastra (Mesoproterozoico Esteniano); além da Formação Sete Lagoas do Grupo

BambuÍ (Neoproterozoico, Ediacariano).

A Formação Quilombo se depositou durante o Ectasiano, Mesoproterozoico, e é subdivida nos membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco. As rochas dos membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco predominam na região do projeto, como uma ampla faixa de sudeste a norte (englobando cerca de 60% da área). As regiões de ocorrência do Membro Ribeirão da Porteira apresentam relevos de maiores declividades e com alta densidade de drenagens muito encaixadas, solos pouco desenvolvidos, cujo padrão de relevo é sustentado por exposições de ritmitos psamo-pelíticos. As regiões constituídas pelos ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco apresentam relevo com menores declividades, com menor densidade de drenagens e extensas áreas de solos espessos.

A Formação Córrego do Barreiro ocorre como uma faixa orientada de sul para noroeste da área (incluindo 22% da sua totalidade), constituída de áreas mais planas com siltitos interdigitados com morrotes de dolomitos e arenitos. Já a Formação Serra do Landim se estende por uma faixa de sudoeste a noroeste da área do projeto (em torno de 12% da área), compreendendo afloramentos de diversas variações de filitos, lentes e camadas de quartzitos, metassiltitos, e lentes de mármore. As exposições ocorrem principalmente em locais de maiores declividades e cortes de estrada.

A unidade litoestratigráfica de idade mais recente é representada pela Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí), do período Ediacarano, que ocorre em uma faixa restrita a nordeste da área do projeto (aproximadamente 6% do total), compreendendo basicamente poucos afloramentos de margas e siltitos, uma vez que muito comumente são recobertas por espessas coberturas regolíticas.

No tópico a seguir serão descritas e discutidas mais detalhadamente, as unidades litoestratigráficas que ocorrem na subárea XIV, e que podem ser observadas no Mapa Geológico da Área XIV (Apêndice G e Figura 4.2). Tais conjuntos de rochas são correlacionados às seguintes unidades litoestratigráficas: Membro Ribeirão do Franco da Formação Quilombo, Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá, a Formação Serra do Landim do Grupo Canastra.

Para isso, serão apresentadas as descrições, em escala microscópica e mesoscópica, das litofácies que compõem estas unidades e a forma como ocorrem (padrão de afloramento, contexto do meio físico e vegetação em que cada unidade ocorre, tipos de contatos etc.) e as relações com as rochas adjacentes, assim como as particularidades de cada unidade (metamorfismo, paleoambiente etc.).

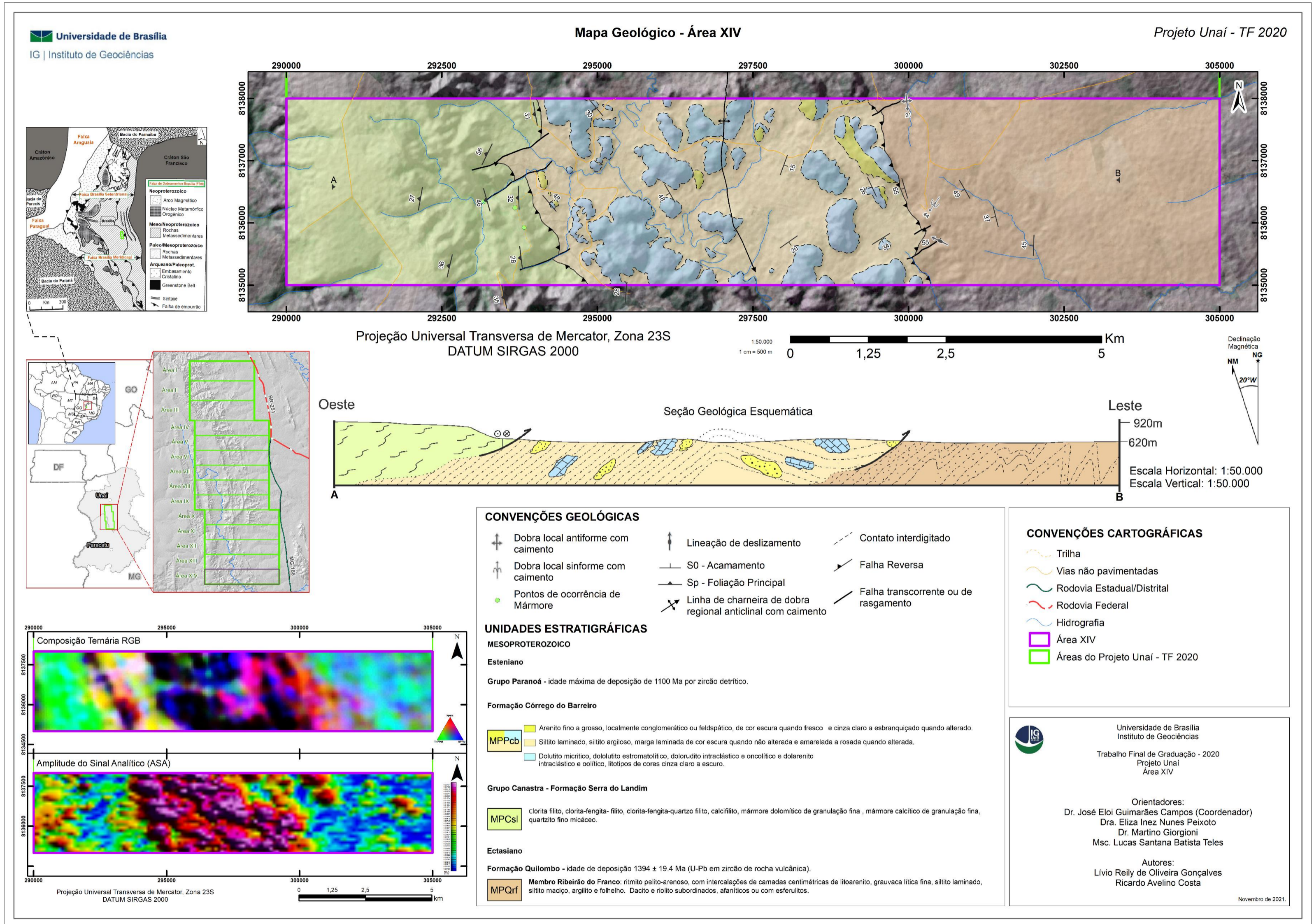


Figura 4. 2 - Mapa Geológico da subárea XIV.

Como já mencionado, a região do Projeto Unai está inserida em um contexto geotectônico compressional com baixo metamorfismo, variável de anquimetamórfico a fácies xisto verde baixo. Sendo assim, as estruturas e texturas primárias da Formação Córrego do Barreiro e do Membro Ribeirão do Franco estão preservadas, e o presente trabalho considerou essas rochas como essencialmente sedimentares. No entanto, as rochas da Formação Serra do Landim, de modo geral, não apresentam estruturas e texturas sedimentares preservadas e por isso não tiveram o mesmo enfoque que as demais unidades litoestratigráficas, sendo tratadas pela denominação das respectivas rochas metamórficas.

Assim, para as rochas tratadas como rochas estritamente sedimentares, será apresentado a seguir quinze fácies sedimentares, sendo cinco da Formação Quilombo e dez fácies da Formação Córrego de Barreiro, Grupo Paranoá, bem como cinco associações de fácies e a interpretação de dois sistemas deposicionais. Para a Formação Serra do Landim serão apresentados os grupos de litofácies presentes, de acordo com seus materiais de origem, além de uma discussão geral dos possíveis protólitos e metamorfismo regional da unidade.

4.2 Descrições faciológicas sedimentares

As fácies sedimentares foram descritas seguindo o modelo de Miall (1977), no qual as letras maiúsculas representam a litologia principal e as minúsculas correspondem as estruturas sedimentares principais. As fácies da Formação Quilombo foram associadas a um contexto de turbitos (Mutti, 1992; Mutti *et al.*, 2003 e Mutti *et al.*, 2009), e as fácies da Formação Córrego do Barreiro foram correlacionadas ao modelo de fácies de plataforma carbonática (Read, 1985).

4.2.1 Formação Quilombo

Na Formação Quilombo, as áreas de exposição do Membro Ribeirão da Porteira compreendem-se de patamares dissecados, com altitudes elevadas (≈ 900 m) a intermediárias (≈ 700 m), e relevo com padrão ondulado a forte ondulado. Os neossolos litólicos e cambissolos, se associam bastante as exposições rochosas que são muito comuns. O cerrado típico e cerrado ralo ocorrem em associação com floretas de galeria.

Enquanto o Membro Ribeirão do Franco, ocorre na área XIV em regiões de planícies de altitudes intermediárias a baixas (≈ 600 m), com declividade restrita e padrão de relevo predominantemente plano a suave ondulado, ocorrendo em menor proporção regiões onduladas. Sendo assim, as exposições rochosas comumente se dão nas drenagens e outras regiões de maiores declividades, associadas basicamente com cambissolos, uma vez que as suas áreas planas apresentam solos espessos e pedogeneticamente desenvolvidos. O cerrado ralo predomina, acontecendo também regiões de cerrado típico, contudo o uso agropecuário com

supressão da vegetação nativa, supera as formações savânicas.

O contato da Formação Quilombo a oeste se dá com a Formação Córrego do Barreiro, por meio de falha reversa, em que acontece diretamente com o Membro Ribeirão da Porteira das subáreas III a X, e diretamente com o Membro Ribeirão do Franco das subáreas X a XIV. Ao leste/nordeste seu contato se dá com a Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí, também por meio de falha de reversa.

O Membro Ribeirão do Franco, da Formação Quilombo, compreende 34% (15,3 km²) da subárea XIV, restrito a porção leste dela (Figura 4.3). Nele foram realizadas descrições em 27 afloramentos com amostragem em 04 deles. Nenhuma amostra da área XIV desta unidade foi laminada devido ao caráter geral bastante alterado, e pouco representativo.

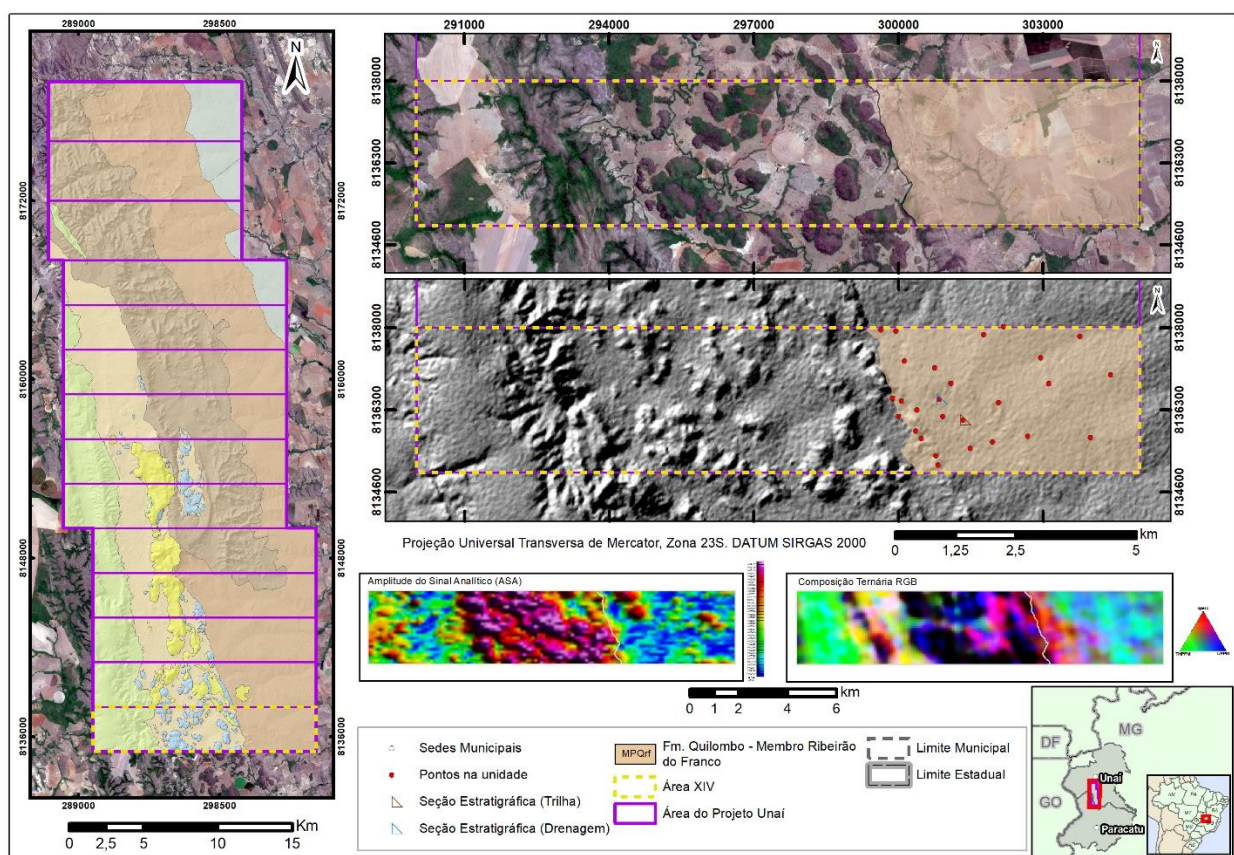


Figura 4.3 - Área de ocorrência dos Membros Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira, da Formação Quilombo, na área do Projeto Unai. Na subárea XIV destaca-se apenas a ocorrência do Membro Ribeirão do Franco, com indicação dos pontos descritos na unidade e dos pontos em que foram levantadas seções estratigráficas.

A seguir estão discriminados os parâmetros descritivos e analíticos sobre as cinco fácies sedimentares atribuídas à Formação Quilombo, com três associações de fácies e proposição de um ambiente deposicional (Figura 4.4).

Sigla	Fácies	Estruturas	Processos	Simbologia	Associação de fácies
Cm*	Conglomerado maciço*	Maciço*	Fluxo turbulento de alta densidade*	M*	AF-I Cm Gm Pm LI
Gm	Gravaca fina a grossa maciça	Maciço	Fluxo turbulento de alta densidade	M	
Pm	Pelito maciço	Maciço	Fluxo turbulento	M	
LI	Litoarenito fino a grosso com laminação plano paralela e ondulada	Laminação	Fluxo laminares de águas profundas	≡ ≡	AF-II Gm LI Pm PI
PI	Pelito laminado	Laminação	Fluxo laminares de águas profundas	≡	

Figura 4.4 - Fácies da Formação Quilombo e seus processos de formação.

4.2.1.1 Fácies Cm - Conglomerado maciço

As fácies conglomerado maciço não ocorrem na subárea XIV, porém nas subáreas I a XI, essas fácies ocorrem em camadas centimétricas, intercaladas com as fácies LI, Gm, PI, Pm. Essas fácies representam conglomerados clasto-suportados (Figura 4.5) com cores de rocha fresca esverdeada e com de rocha alterada rosada.



Figura 4.5 - Fácies Conglomerado maciço, Formação Quilombo. A) Amostra alterada da fácies Cm. B) Amostra da Fácies Cm. C) Lâmina petrográfica nicóis cruzados. D) Lâmina petrográfica nicóis paralelos.

São tipicamente compostas por clastos de rochas sedimentares finas incluindo arenitos finos, siltitos, folhelhos com elevado grau de arredondamento, incluindo clastos variáveis de 1 a 3 cm de eixo maior. Localmente são observados cimentos de óxidos e de sílica.

Essas fácies são interpretadas como formadas por fluxos turbulentos de alta densidade, em ambientes marinhos profundos com provável retrabalhamento e consequente remoção de matriz fina.

4.2.1.2 Fácies Ll - Litoarenito laminado

As fácies litoarenito laminado ocorrem comumente na subárea XIV, normalmente intercaladas centimetricamente com as fácies Gm, Pl e Pm, em afloramentos de tamanhos métricos. Essas fácies representam litoarenitos finos a grossos, porém predominantemente finos na subárea XIV, com grãos de quartzo (85%) e fragmentos líticos de pelitos (15%), imaturo texturalmente e mineralogicamente (Figura 4.6). Em afloramento é possível observar laminações plano paralelas e onduladas. Essas fácies são interpretadas como depositadas fluxos laminares em águas profundas a partir de transformações e fluxos turbulentos diluídos.

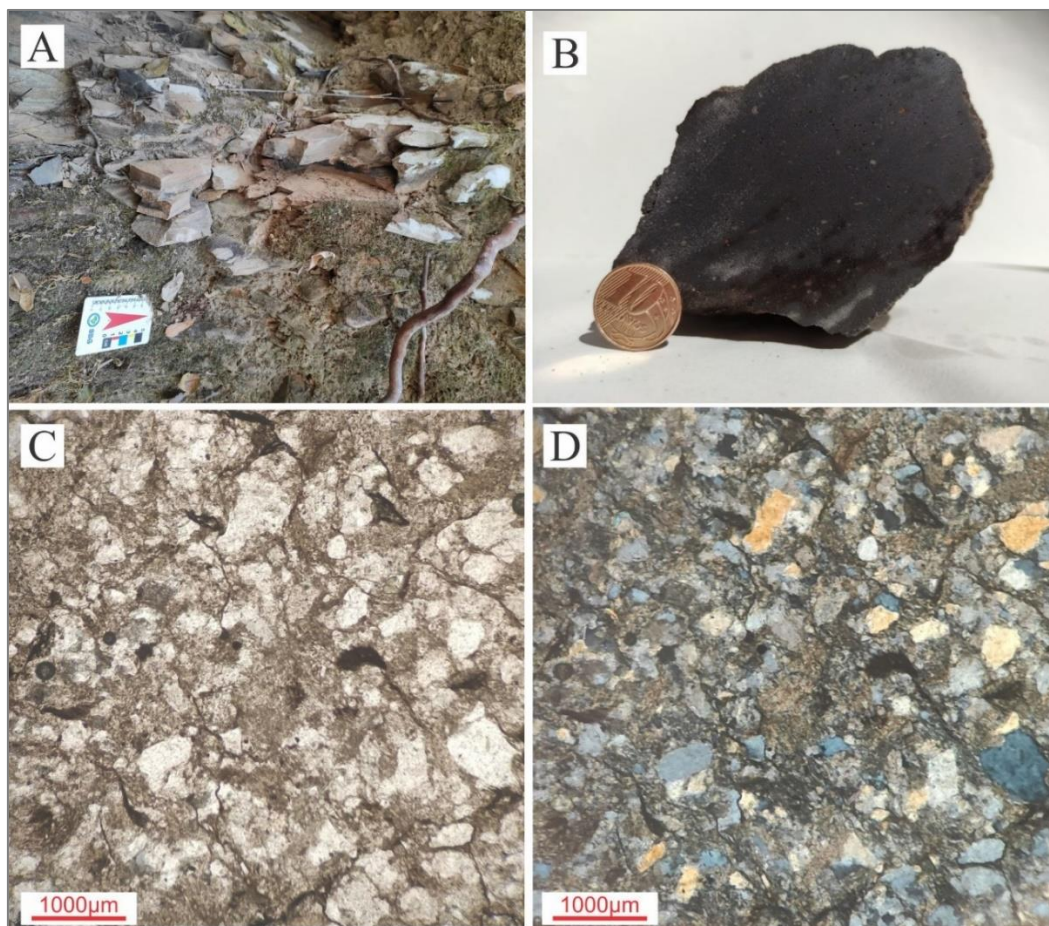


Figura 4. 6 - Fácies litoarenito laminado. A) Afloramento com a fácies Ll. B) Amostra de mão da fácies Ll. C) Lâmina petrográfica a nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica a nicóis cruzados.

4.2.1.3 Fácies Gm - Grauvaca maciça

A fácies grauvaca maciça ocorre comumente na subárea XIV, sendo intercalada centimetricamente com as fácies L1, Pl e Pm em exposição métricas. Essas fácies representam grauvacas líticas finas a grossas e grauvacas finas, porém na subárea XIV predominam grauvacas finas. A textura da rocha é maciça, sendo submatura mineralogicamente, com arcabouço composto por grãos de quartzo (55%), fragmentos líticos (10%) e 35% de matriz (Figura 4.7). Essa litofácies é interpretada como tendo sido depositada por fluxos turbulentos de alta densidade em ambientes marinhos profundos, uma vez que envolve o transporte e deposição simultâneos de clastos e matriz fina.

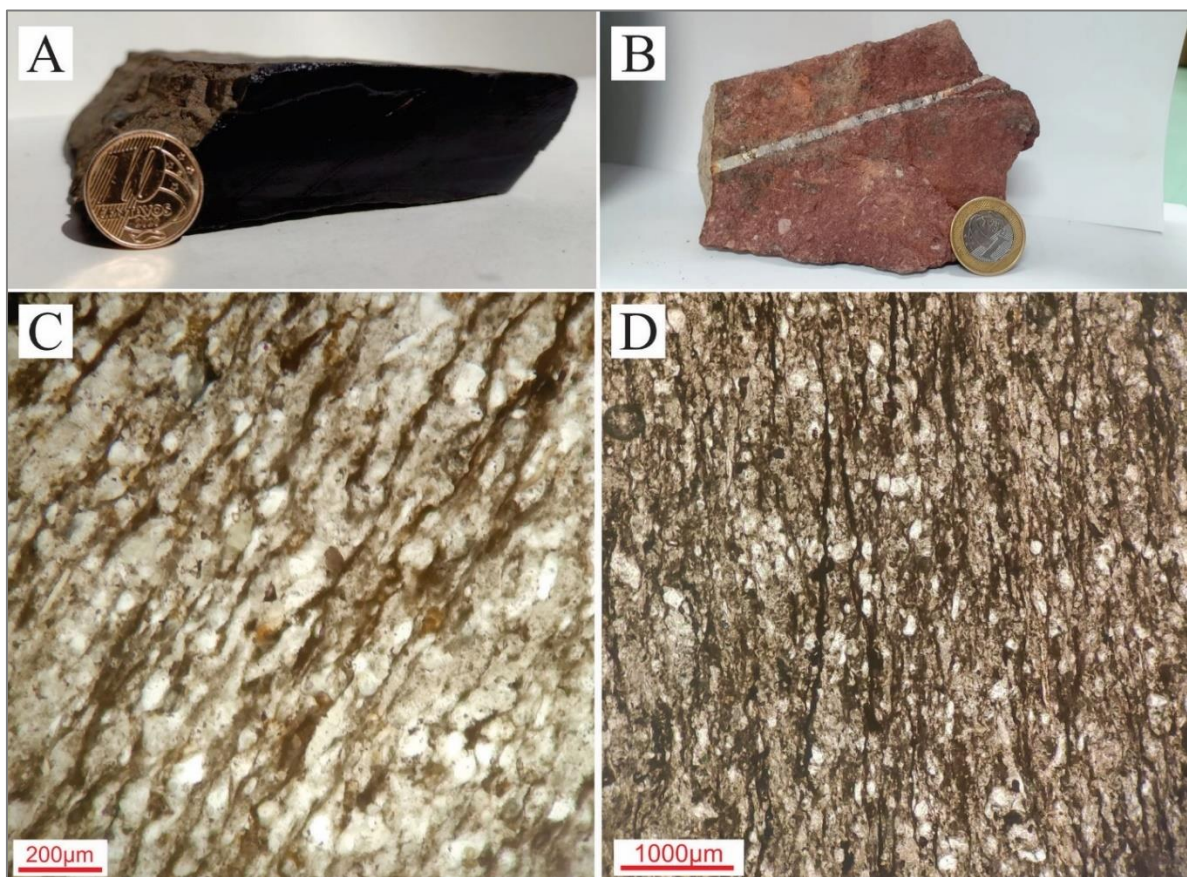


Figura 4. 7 - Fácies grauvaca maciça. A) Amostra de grauvaca fina. B) Grauvaca grossa. C) Lâmina petrográfica da fácies grauvaca maciça, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies grauvaca maciça, nicóis paralelos.

4.2.1.4 Fácies Pm – Pelito maciço

Essas fácies ocorrem comumente na subárea XIV, normalmente intercaladas centimetricamente com as fácies Gm, L1, Pl em afloramentos em cortes de estradas e leitos ou encostas de drenagens. Essas fácies representam siltitos e argilitos compondo estratos plano-paralelos internamente maciços. Seu processo de formação é atribuído às porções mais distais de fluxos turbulentos em águas profundas (Figura 4.8), sendo a decantação de plumas de lamas o mecanismo deposicional mais representativo.



Figura 4. 8 - Fácies pelíticas. A) Pelito maciço. B) Pelito Laminado.

4.2.1.5 Fácies P1 – Pelito laminado

As fácies de pelitos laminados ocorrem comumente na subárea XIV, normalmente a partir de intercalações centimétricas com as fácies Gm, Ll, Pm em afloramentos decimétricos a métricos (Figura 4.8). Essas fácies representam siltitos argilosos laminados e folhelhos com laminações plano-paralelas, sendo seu processo de formação associado a mecanismos de decantação dos sedimentos finos mantidos em suspensão em etapas finais da evolução de correntes de turbidez.

4.2.2 Formação Córrego do Barreiro

Aproximadamente 38% (17,4 km²) da subárea XIV é constituída pela Formação Córrego do Barreiro, na sua porção central (Figura 4.9). Descrições de afloramento nesta unidade foram realizadas em 39 pontos, dos quais 11 foram amostrados e 2 tiveram amostras laminadas.

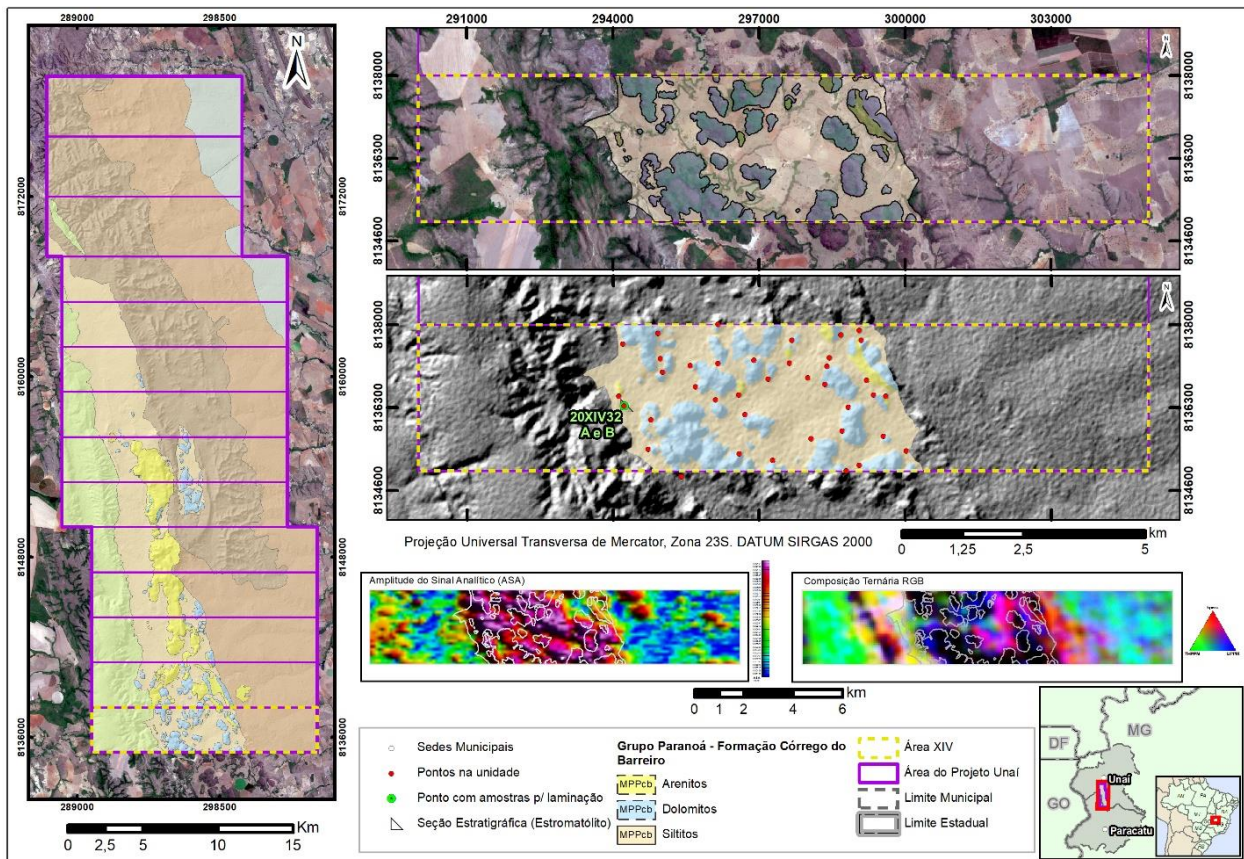


Figura 4.9 - Área de ocorrência da Formação Córrego do Barreiro no Projeto Unai, com a distinção dos seus conjuntos de rochas. Destaque para a ocorrência da unidade na subárea XIV, sinalizando-se os pontos descritos na unidade, os pontos que tiveram amostras laminadas e os pontos que tiveram seções estratigráficas levantadas.

Os patamares mais dissecados com amplas regiões aplainadas constituem o relevo desta unidade, que apresenta desde altitudes intermediárias-altas a altitudes baixas (em torno de 800 metros a norte da unidade, e em torno de 600 metros a sul da área). As regiões com padrão de relevo plano a suave ondulado se dão basicamente em faixas de ocorrência de siltitos, onde acontecem poucas exposições rochosas (em alguns cortes de estradas), pois a pedogênese nessas circunstâncias implica na formação de solos mais espessos (latossolos e solos podzolizados). As formações savânicas de cerrado ralo são mais comuns, contudo, o uso agropecuário supera os fragmentos de vegetação nativa.

Já nas regiões mais altas e com maior declividade, basicamente sustentadas por morrotes de dolomitos e arenitos (observados a sul da área do projeto), apresentam padrão de relevo ondulado a forte ondulado, podendo ocorrer também partes montanhosas e/ou escarpadas. E as exposições rochosas nessas regiões são bastante comuns, fortemente associadas a neossolos litólicos e cambissolos. Campos de cerrado denso e cerrado ralo encontram-se preservados nesses morrotes, contudo, nas porções dolomíticas há o predomínio de uma vegetação seca com indivíduos arbóreos espinhosos (“mata seca”).

O contato dessa formação a oeste se dá com a Formação Serra do Landim, e a leste com a

Formação Quilombo, sendo ambos por meio de falhas reversas. O contato com a Formação Quilombo a leste acontece diretamente com o Membro Ribeirão da Porteira das subáreas III a X, e diretamente com o Membro Ribeirão do Franco das subáreas X a XIV.

Os tópicos a seguir descrevem e analisam dez fácies sedimentares para a Formação Córrego do Barreiro, e três associações faciológicas, com posterior integração em um ambiente deposicional (Figura 4.10).

Sigla	Fácies	Estruturas	Processos	Simbologia	Associação de fácies
SI1	Siltito com laminação plano paralela	laminação plano paralela	Sedimentação por decantação		AF-III SI1 Ame DLm1 AGec
AGec	Arenito grossos a conglomerado com estratificação <i>cut and fill</i>	Estratificação <i>Cut and fill</i>	Canais de areia submarinhos depositados em regime de fluxo inferior		
AMe	Arenito fino a medio com estratificação	Estratificação cruzada e plano paralela	Depósitos de areia no regime de fluxo inferior		
DLm1*	Dololutito com extraclastos*	Maciço*	Canais deltaicos e sedimentação por decantação*	M*	
DAm	Doloarenito maciço	Maciço	Ação das ondas na plataforma interna	M	AF-IV DAm DLm2 BLp BLc
DLm2	Dololutito	Maciço	Sedimentação por decantação	M	
BLp	Dololutito estromatolítico planar	Estromatólito planar a sinuoso	Atividade microbiológica com pouco espaço de acomodação		
BLc	Dololutito estromatolítico colunares e dômicos	Estromatólito dômicos a colunares	Atividade microbiológica com grande espaço de acomodação		
Bm1	Bracha intraclástica maciça plurimétrica	Maciço	Retrabalhamento da plataforma carbonática por fluxo gravitacional com alta variação de altura	M	AF-V Bm2 Bm1 SI1
Bm2	Brcha intraclástica maciça centimétrica	Maciço	Retrabalhamento da plataforma carbonática por fluxo gravitacional com baixa variação de altura	M	

Figura 4. 10 - Fácies da Formação Córrego do Barreiro, com denominação, letras-código, estruturas associadas e respectivos seus processos de formação.

4.2.2.1 Fácies SI – Siltito laminado

As fácies siltitos laminados são as que apresentam maior extensão na subárea XIV, e podem ocorrer alternadas centimetricamente com as fácies DLm2 (Figura 4.11A). Raramente é possível observar essas fácies aflorando, normalmente com exposições em camadas centimétricas em cortes de estradas não pavimentadas. Essa fácies representa rochas de granulometria silte, com laminações plano paralelas. O processo de formação dessas fácies é interpretado como a partir de decantação de lamelas em ambientes mais relativamente profundos ou protegidos.

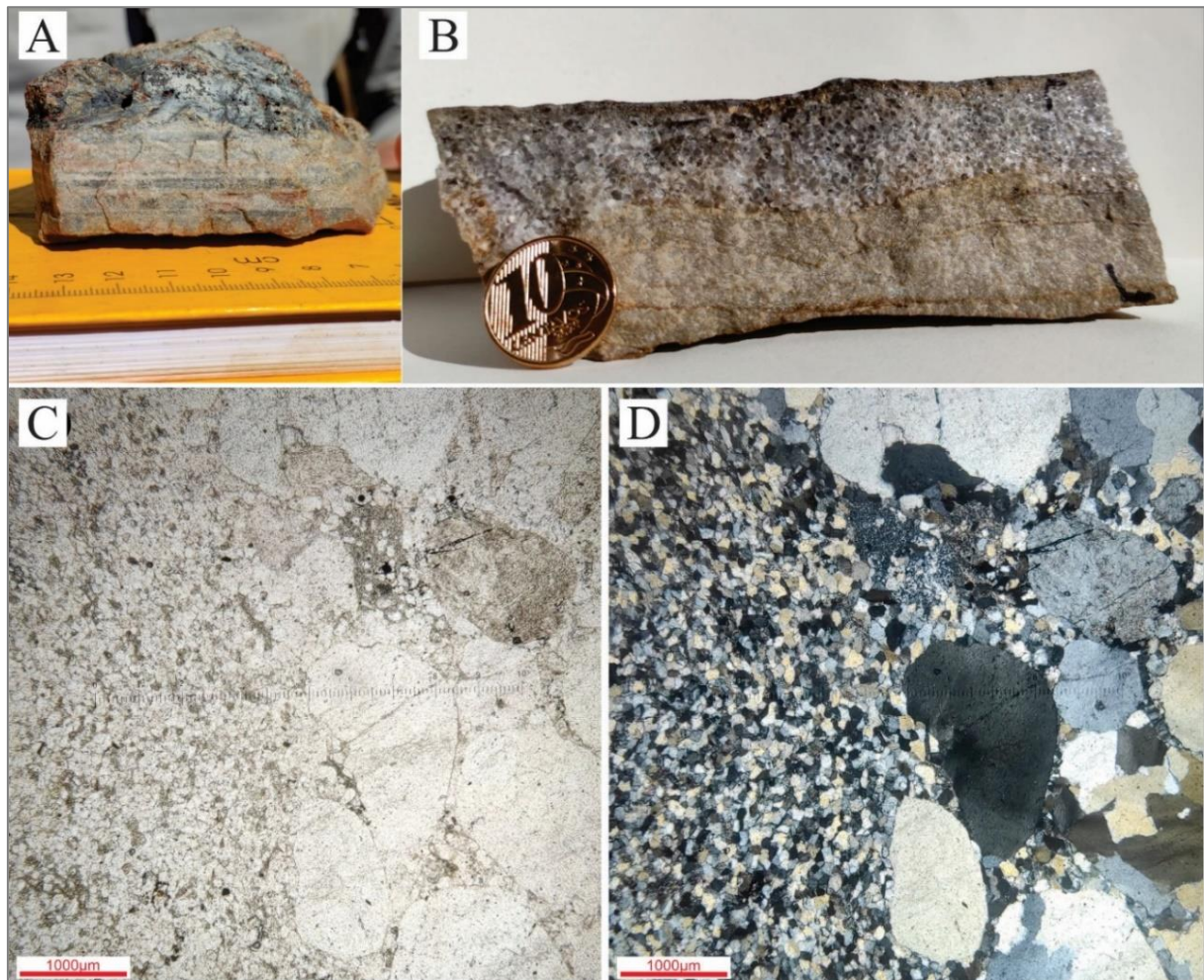


Figura 4. 11 - Fácies Siltito laminado, Arenito grosso estratificação cut and fill e Arenito médio com estratificação. A) Fácies SI. B) Fácies AGec e AMe. C) Lâmina petrográfica das fácies AGec e AMe, nicóis paralelos. D) Fácies AGec e AMe, nicóis cruzados.

4.2.2.2 Fácies AGec - Arenito grosso com estratificação *cut and fill*

A fácies AGec é uma fácies terrígena associada com as fácies carbonáticas, e também ocorre erodindo e preenchendo as fácies AMe. Os afloramentos apresentam espessura de até poucos metros, e essas fácies representam rochas submaturas texturalmente e mineralogicamente, grãos variando de areia muito grossa até grânulos. A composição dos grãos é predominantemente quartzo (80%), sendo de origem tanto plutônica quanto metamórfica, incluindo também feldspato (10%), e preenchendo os espaços entre os grãos ocorre cimento silicoso (Figura 4.11B). Essas rochas são interpretadas como depositadas em canais de maré, que são alimentados por frentes deltáicas. Os canais ocorrem entremeados a biohermas e outros locais rasos com deposição de fácies carbonáticas.

4.2.2.3 Fácies AMe - Arenito fino a médio com estratificação plano paralela e cruzada

A fácies AMe é uma fácies terrígena associadas com as fácies carbonáticas, que ocorre em contato erosivo com a fácies AGec. Os afloramentos têm espessura de até 3 metros, e essas fácies representam rochas texturalmente e mineralogicamente maduras, com grãos de quartzo

com granulometria de areia fina a média (Figura 4.11D), contendo estruturas de regime de fluxo inferior como estratificação cruzada, marcas onduladas e estratificação plano-paralela. Essa fácies evidencia fluxos de canais de marés mais distais que a fácies AMe.

4.2.2.4 Fácies DLM1 - Dololuto com extraclastos

As fácies dololuto com extraclastos não ocorrem na subárea XIV, porém nas subáreas X a XIII ocorrem próximas as fácies AGec e AMe, sendo que as camadas dessas fácies têm espessuras decimétricas a métricas. Essa fácies representa dolulitos com grãos de quartzo (30%) imersos em micrita (70%) (Figura 4.12). Os extraclastos são de granulometria de areia muito grossa até grânulos e podem ser tanto de quartzo de origem plutônica, quanto de origem metamórfica. O extraclastos evidenciam influência continental/terrígena nas partes mais proximais de uma plataforma mista (siliciclástica-carbonática).

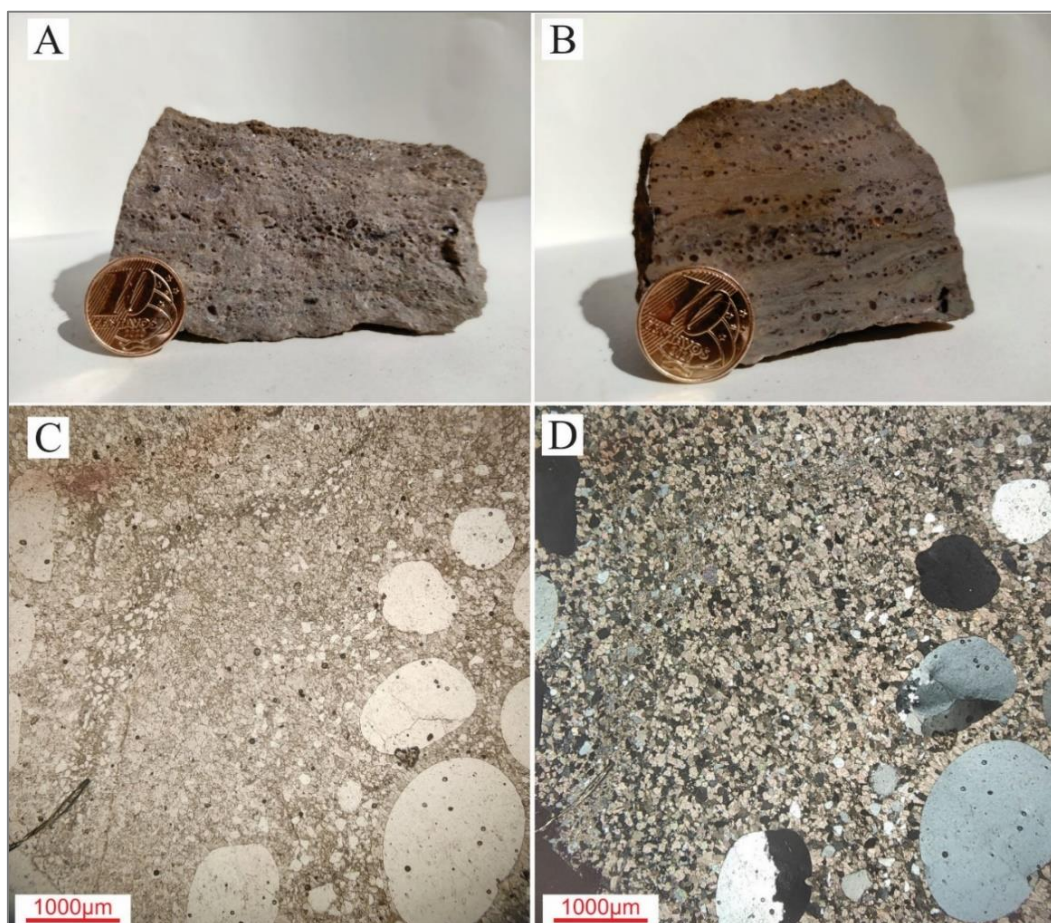


Figura 4.12- Fácies DLM1. A-B) Amostras da fácies DLM1. C) Lâminas petrográficas das fácies DLM1, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies DLM1, nicóis cruzados.

4.2.2.5 Fácies DAM - Dolarenito maciço

A fácies dolarenito maciço (*grainstone* intraclástico) ocorre em pequenas extensões da subárea XIV, e normalmente, muito silicificadas, em blocos basculados com espessura de até um metro. Essa fácies representa calcarenitos intraclásticos, compostos principalmente por grãos

(60%) de aloquímicos originados pelo retrabalhamento de calcilitos (grãos de micrita) e de calcarenitos oncolíticos. Entre os grãos ocorre cimento espático (40%) (Figura 4.13).

A interpretação das condições deposicionais sugere que inicialmente em condições de baixa energia houve a deposição de lamas micríticas (*mudstone*). Em um segundo momento com aumento da energia houve a deposição de calcarenitos oncolíticos (*grainstone* oncolítico). Posteriormente, tanto os calcarenitos quanto os calcilitos foram retrabalhados pela ação das ondas, formando a fácies de dolarenito maciço atualmente preservada.

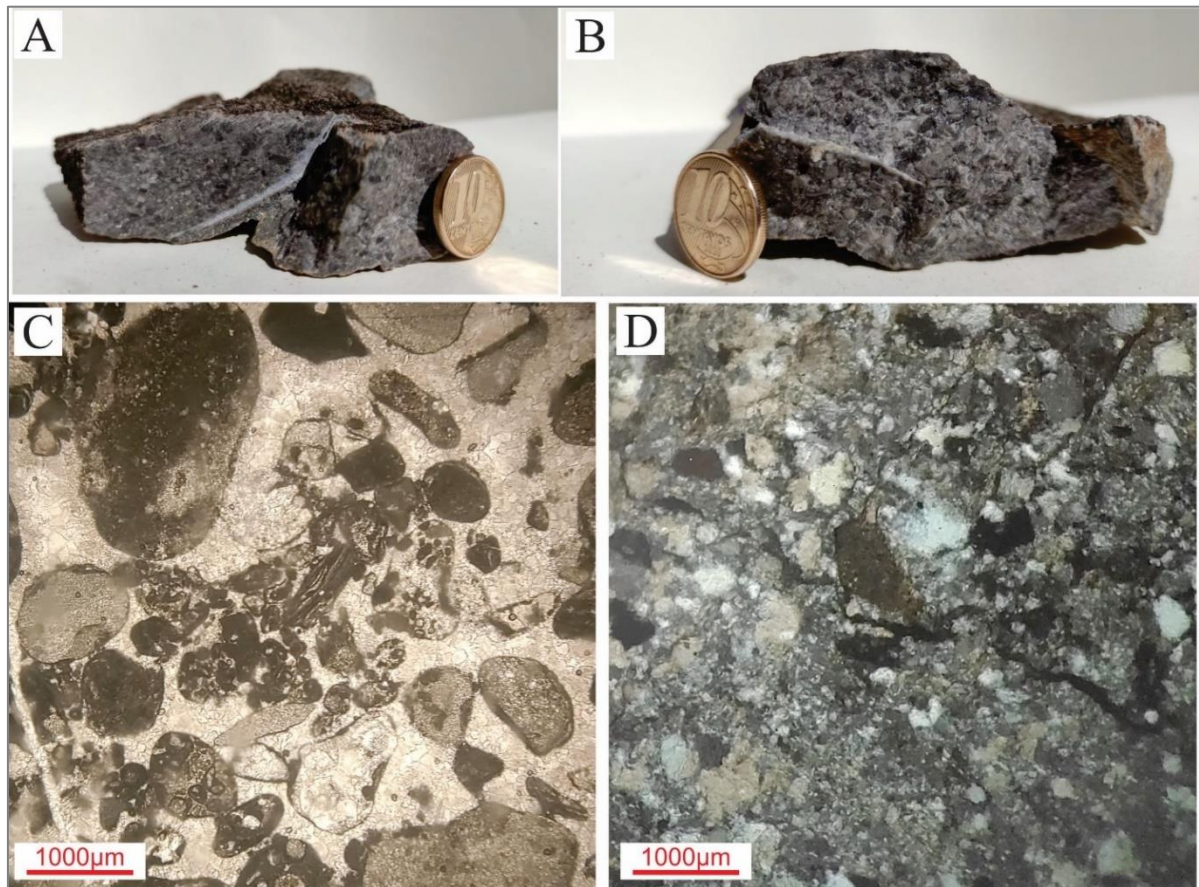


Figura 4. 13 - Fácies DAm. A-B) Amostra da fácies DAm. C) Lâmina petrográfica da fácies DAm, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies DAm, nicóis cruzados.

4.2.2.6 Fácies DLm2 - Dololutito maciço

As fácies dololutito (*mudstone* dolomitizado) são as fácies carbonáticas mais comuns na subárea XIV, e ocorrem normalmente relacionadas com as fácies DLep1, BLp, BLc, Bm1 e Bm2, mais raramente ocorrem intercaladas com as fácies SI1 (Figura 4.14A). Os afloramentos apresentam espessura decimétrica a métrica. Essa fácies representa a deposição de lamas micríticas por indução da atividade biológica ou por processo químico em função da saturação do ambiente por carbonatos em águas limpas, quentes e pouco agitadas.

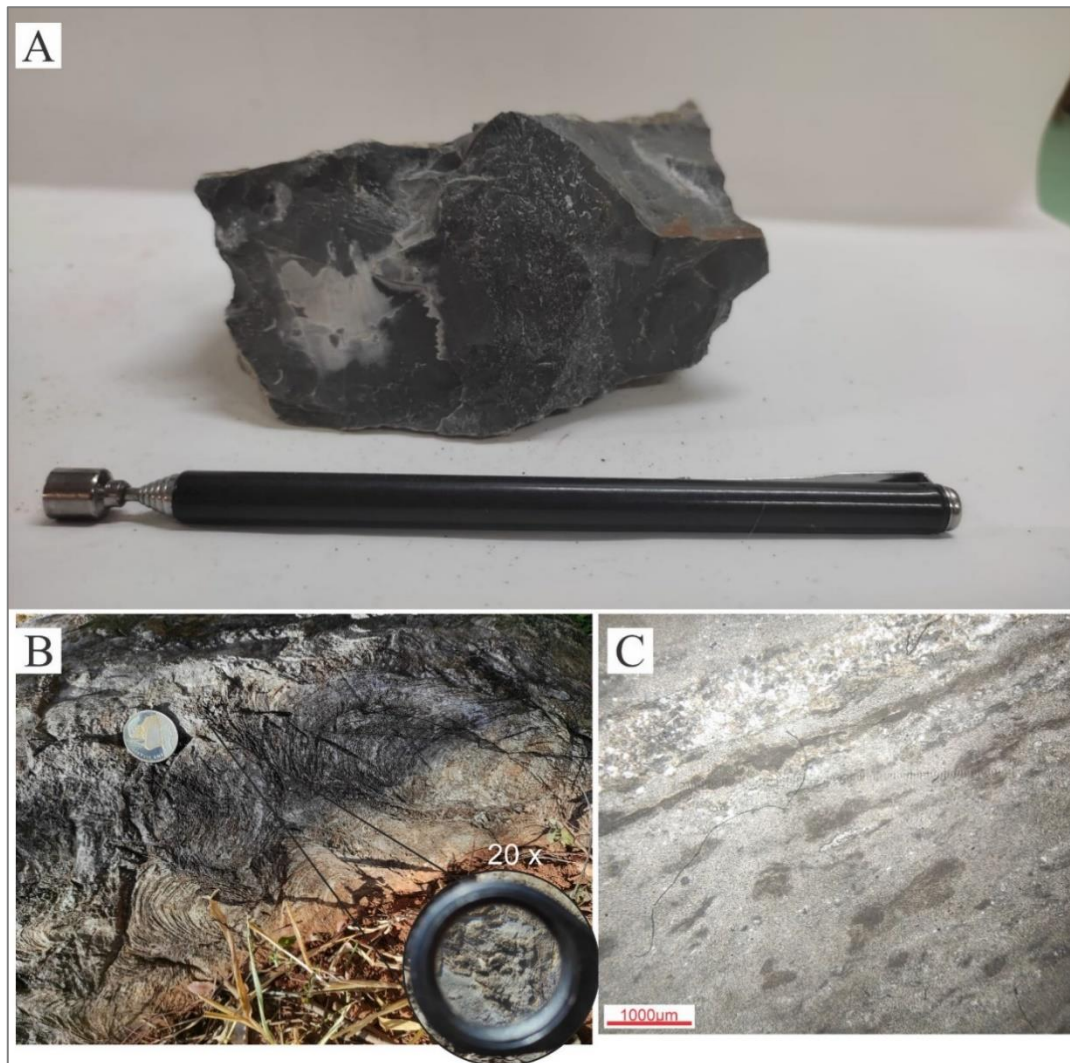


Figura 4. 14 - Fácies DLm2 e BLec. A) Amostra da fácies DLm2. B) Afloramento da fácies BLec. C) Lâmina petrográfica da fácies BLec com nicóis paralelos.

4.2.2.7 Fácies BLp - Biodololutito planar

As fácies biodololutito (*mudstone*) planar são fácies carbonáticas muito comuns na subárea XIV, e que normalmente ocorrem relacionadas com as fácies DLep1, DLm, BLc, Bm1 e Bm2, mais raramente ocorrem interdigitadas com as fácies AGec e AMe. Os afloramentos apresentam tamanhos métricos até decamétricos. Essas fácies representam biodolulitos com ocorrência de estromatólitos planares a sinuosos, entre as semicolunas ocorrem alguns intraclastos de tamanhos areia (10%) (Figura 4.14B,C).

Essas fácies são formadas pela precipitação de micrita em decorrência de atividades microbianas em um ambiente restrito (biohermas), com restrito espaço de acomodação.

4.2.2.8 Fácies BLc – Biodolulutito colunar

As fácies biodolulutito (*mudstone*) planar são as fácies carbonáticas mais comuns na subárea XIV, e que normalmente ocorrem relacionadas com as fácies DLep1, DLm, BLp, Bm1 e Bm2, mais raramente ocorrem interdigitadas com as fácies AGec e AMe. Os afloramentos

apresentam dimensões métricas até decamétricas. Essas fácies representam biodulutitos que compõem estromatólitos colunares, cujo material intercolunar é composto por intraclastos e oncólitos de tamanho areia média a grossa (Figura 4.15).

Essas fácies são formadas pela precipitação bioinduzida de micrita, em ambientes agitados, com águas quentes e limpas e com grande espaço de acomodação. A elevada energia do ambiente deposicional é corroborada pela presença de intraclastos e oncólitos que preenchem os espaços intercolunares.

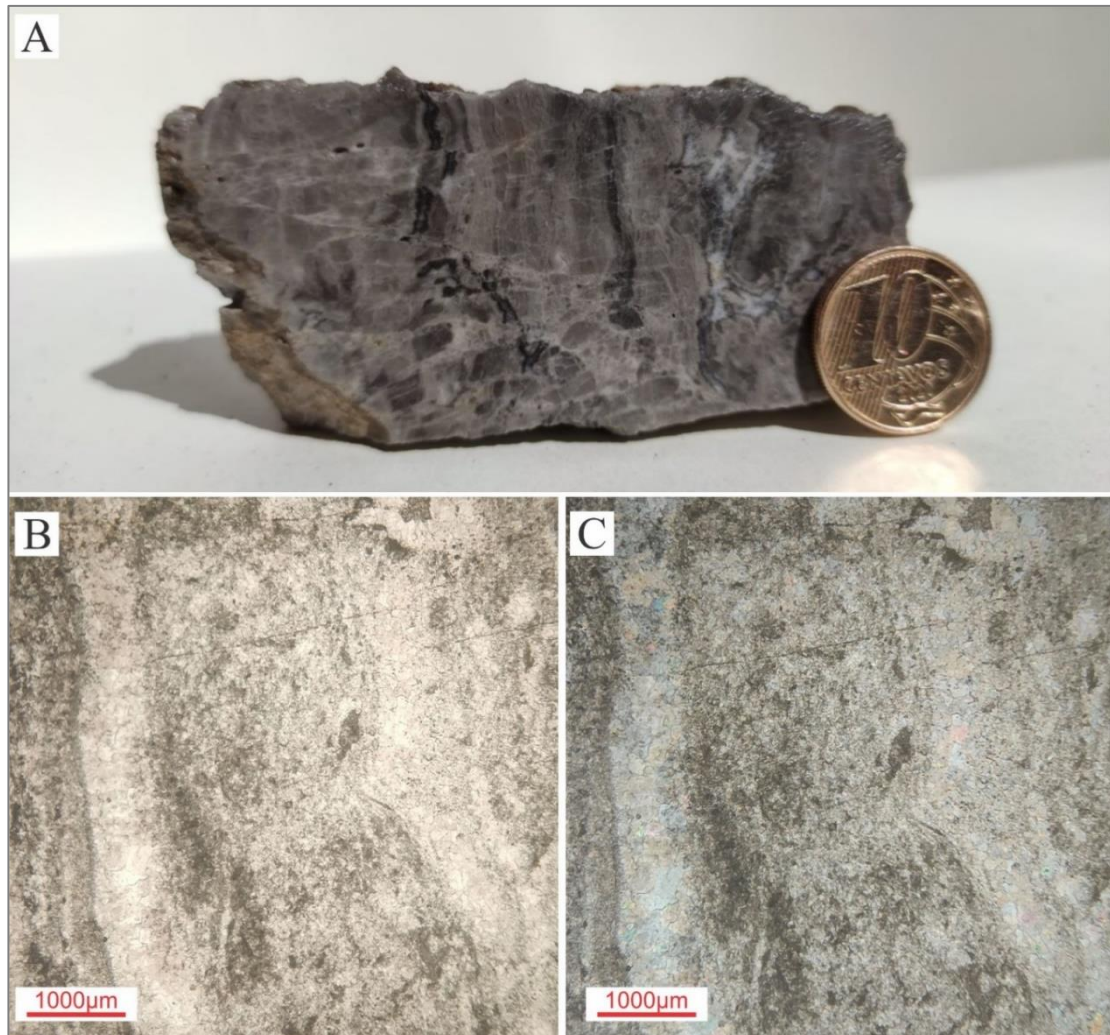


Figura 4. 15 - Fácies BLep. A) amostra da fácies BLep. B) Lâmina petrográfica da fácies BLep, nicóis paralelos. C) Lâmina petrográfica da fácies BLep, nicóis cruzados.

4.2.2.9 Fácies Bm1 e Bm2 - Brechas maciças

As fácies brecha maciça 1 e brecha maciça 2 são representadas por intradolomicraruditos (*floatstone*) que representam fácies carbonáticas muito comuns na subárea XIV, e que normalmente ocorrem relacionadas às fácies DLep1, DLm, BLp e BLc e mais raramente ocorrem interdigitadas com as fácies AGec e AMe. Os afloramentos apresentam tamanhos métricos e essas fácies representam brechas carbonáticas, com intraclastos micríticos, de

tamanhos decimétricos a métricos (Bm1), ou também somente de tamanho centimétricos (Bm2), dispersos em micrita (Figura 4.16). Também é possível observar, mais raramente, extraclastos de quartzo. Estas fácies ocorrem comumente silicificadas e apresentam estrutura maciça.

Essas fácies são interpretadas como geradas por retrabalhamento de biohermas e outras rochas dolomíticas pela ação das ondas, e depositadas por fluxos gravitacionais em ambiente de baixa energia, potencialmente correlacionáveis com ambientes do tipo *back reef* abaixo da profundidade de atuação de ondas.

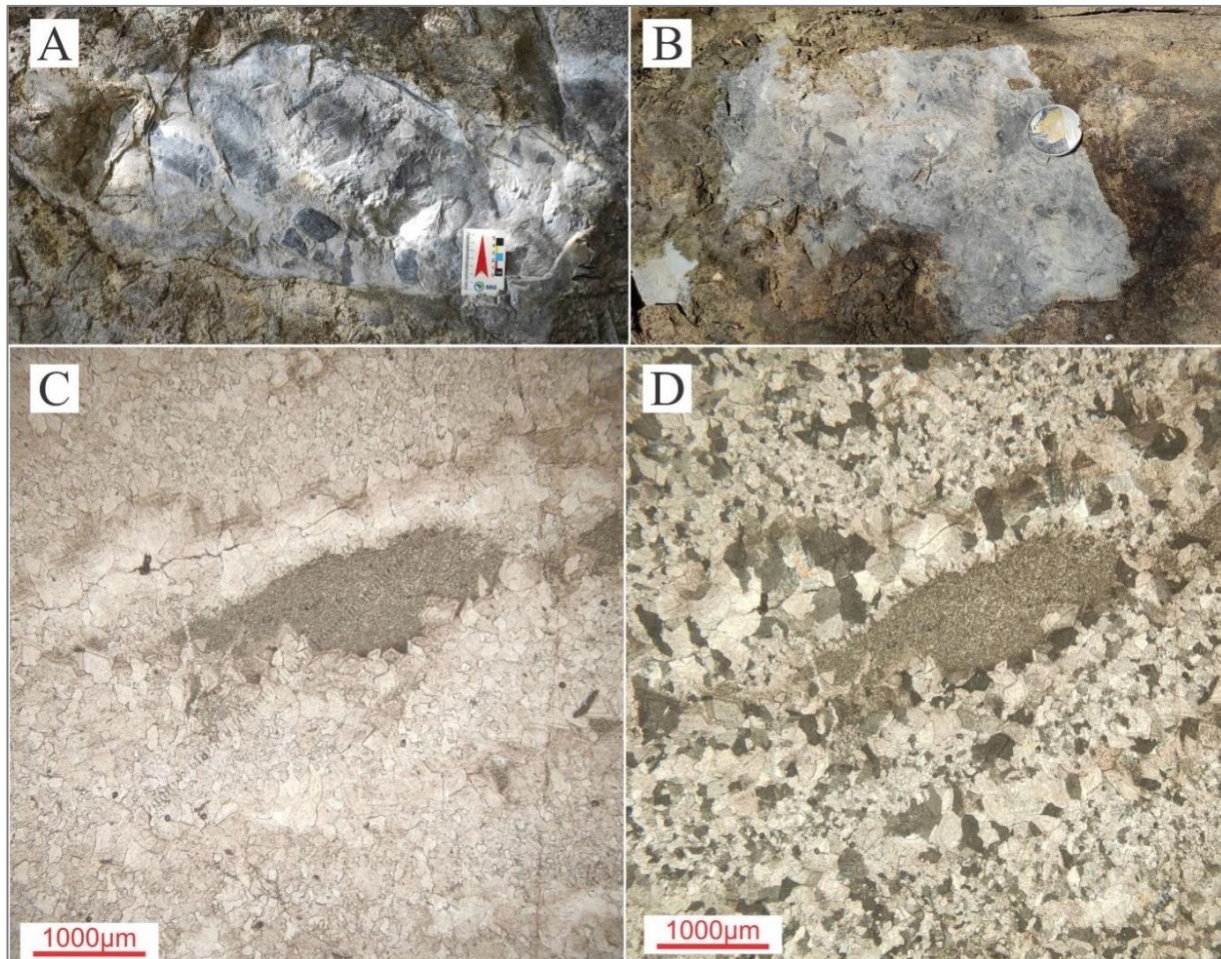


Figura 4. 16 - Fácies Bm1 e Bm2. A) Afloramento da fácies Bm1. B) Afloramento da fácies Bm2. C) Lâmina petrográfica da fácies Bm2, nicóis paralelos. D) Lâmina petrográfica da fácies Bm2, nicóis cruzados.

4.3 Associação de Fácies

Uma associação de fácies consiste em um conjunto faciológico, onde cada unidade individualmente representa o registro da atuação de um determinado processo de formação, e a soma de todos os processos, com suas características e interações, permite que se determine o ambiente de sedimentação. Nesta seção foram definidas cinco associação de fácies, sendo duas relativas à Formação Quilombo e três associadas à Formação Córrego do Barreiro.

4.3.1 Formação Quilombo

O presente tópico identificou duas associações de fácies vinculadas a Formação Quilombo que em conjunto permitem definir seu sistema deposicional: associação de fácies AF-I e Associação de Fácies AF-II.

4.3.1.1 Associação de Fácies AF-I

Essa associação de fácies é composta pela alternância centimétrica das fácies Cm, Gm e Pm, e caracterizam depósitos mais proximais de canais de areias e conglomerados, por corrente de turbidez em ambientes marinhos profundos, diagnósticos de turbiditos. Essa associação de fácies é relacionada a fácies F7 de Mutti (1992) e Mutti *et al.* (2003; 2009). Nas áreas II, III, IV e V, rochas vulcânicas ocorrem associadas a estas.

4.3.1.2 Associação de Fácies AF-II

Essa associação de fácies é composta pela alternância centimétrica das fácies Gm, Ll, Pm e Pl e caracterizam depósitos mais distais não canalizados, que representam a superposição de fluxos de turbidez diluídos, depósitos trativos (fluxo laminar) e deposição por decantação de lamas que são suspensas nas etapas finais de evolução das correntes de turbidez. O conjunto desta associação de fácies é diagnóstico de ambientes marinhos profundos, típicos de turbiditos distais. Essa associação de fácies é relacionada às fácies F8 e F9 de Mutti (1992) e Mutti *et al.* (2003; 2009). Nas áreas II, III, IV e V ocorrem rochas vulcânicas intermediárias a ácidas intercaladas à esta associação de fácies.

A interpretação conjunta das duas fácies permite enquadrar a deposição em um sistema turbidítico distal de águas profundas, com predominância de fluxos turbulentos diluídos e processos suspensivos.

4.3.2 Formação Córrego do Barreiro

Neste item são apresentadas três associações de fácies associadas à Formação Córrego do Barreiro, as quais incluem as fácies: AF-III, AF-IV e AF-V.

4.3.2.1 Associação de Fácies AF-III

Essa associação de fácies é composta pelas fácies interdigitadas DLm1, DLm2, AMe, AGec e Sl, que caracterizam a parte mais proximal da plataforma carbonática, onde ocorre forte influência de sedimentos terrígenos, em associação com sedimentos dolomíticos. Os terrígenos são interpretados como depósitos de canais nas porções mais rebaixadas na planície de maré. Estas areias alcançam a plataforma através de frentes deltáicas, se depositam em barras, e são retrabalhadas em ambientes canalizados. Os dololutitos com extraclastos estão no limite entre a deposição estritamente terrígena dos canais, e os ambientes mais rasos, de deposição de

carbonatos. As lamas (fácies S1) se depositam em porções mais profundas ou em porções protegidas, como lagunas entre as estruturas rasas de deposição de carbonatos.

4.3.2.2 Associação de Fácies AF-IV

Essa associação de fácies é composta pelas fácies DLM2, BLep e BLec e caracterizam os biohermas estromatolíticos, em um ambiente restrito e protegido dos depósitos siliciclásticos, dominado por ondas, um pouco mais distal que a AF-3. Esses biohermas acompanham o nível do mar, e migram durante o tempo geológico, se formando em cima de depósitos terrígenos antigos, ou de depósitos carbonáticos. Quando existia um grande espaço de acomodação, predominavam estromatólitos colunares, quando o espaço de acomodação era menor, predominavam estromatólitos plano-paralelos a sinuosos (esteiras algais).

4.3.2.3 Associação de Fácies AF-V

Essa associação de fácies é composta pelas fácies Bm e Bm2 e caracterizam zonas limítrofes da deposição carbonática, que a partir da ação das ondas resultam no retrabalhamento da associação de fácies AF-4. Nessa zona predomina deposição por fluxos gravitacionais, com clastos variando de tamanhos centimétricos a decimétricos.

A análise conjunta das três associações de fácies permite interpretar o ambiente como uma plataforma rasa mista, com deposição simultânea de rochas carbonáticas e terrígenas. As fácies carbonáticas se depositaram em ambientes rasos, com águas quentes, limpas e com variação de energia (desde agitados até abaixo da ação de ondas). Os psamitos se depositam em ambientes canalizados, com retrabalhamento contínuo por ação de marés, o que é corroborado pela elevada maturidade textural dos arenitos. Os pelitos (siltitos laminados e margas) se depositaram em condições de menor energia, com lagunas que se estabelecem entre as áreas rasas de deposição de carbonatos.

4.4 Seções Estratigráficas

Para a subárea XIV foi produzido uma seção estratigráfica esquemática (Figura 4.17) que tem como objetivo organizar o contexto estratigráfico integrado. Durante atividade de mapeamento geológico foram descritas três seções estratigráficas detalhadas, duas na Formação Quilombo e uma na Formação Córrego do Barreiro, denominadas: Seção Estratigráfica “Drenagem” (Figura 4.18), Seção Estratigráfica “Trilha” (Figura 4.19) e Seção Estratigráfica “Estromatólito” (Figura 4.20).

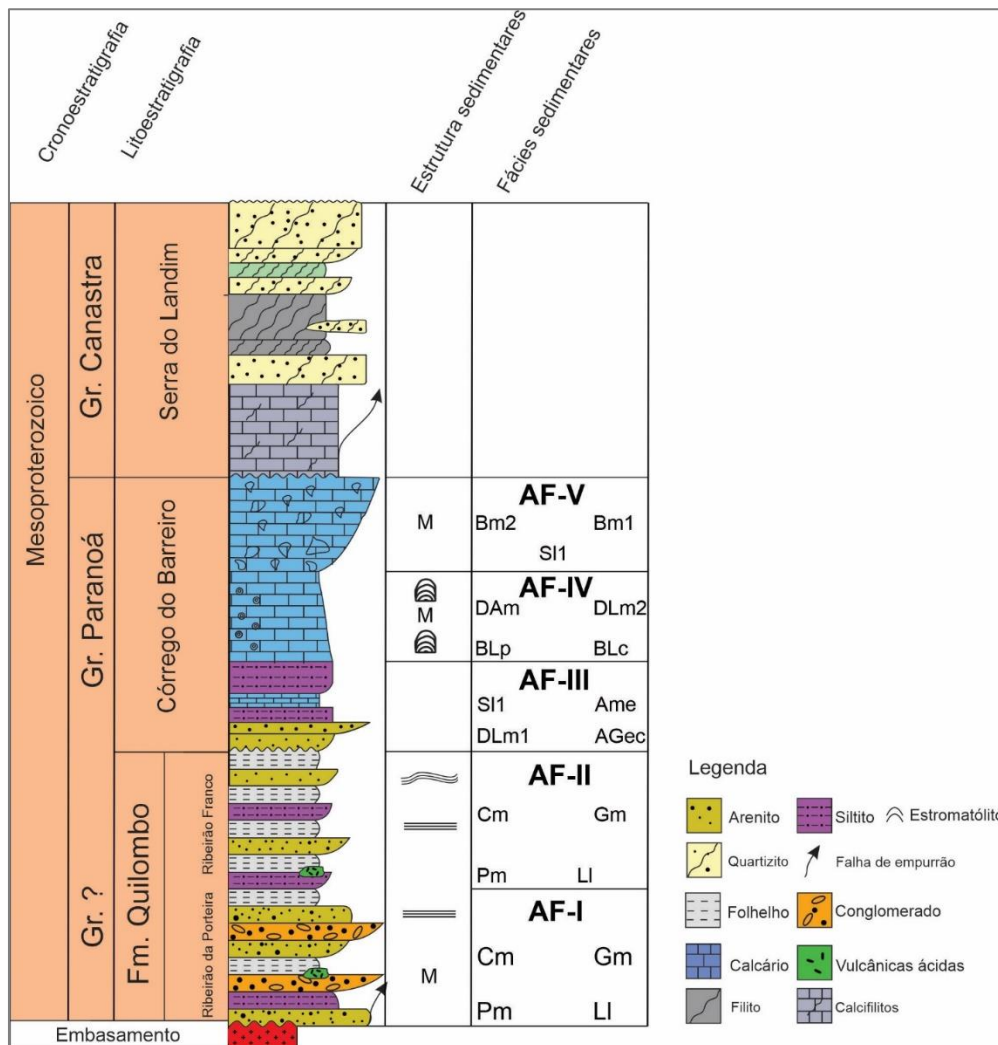


Figura 4.17 - Seção estratigráfica esquemática integrada da Subárea XIV.

4.4.1 Seção Estratigráfica - “Drenagem”

A Seção Estratigráfica “Drenagem” está situada na região leste da subárea XIV, coordenadas (Longitude/Latitude) 300873/8136525 (Figura 4.18). Os contatos inferior e superior da seção estão encobertos por solo. Nessa seção é possível observar a intercalação das fácies Gm LI, Pm e Pl, evidenciando a AF-II. Também é possível observar seis parassequências, evidenciando os ciclos distais dos turbiditos (Figura 4.18).

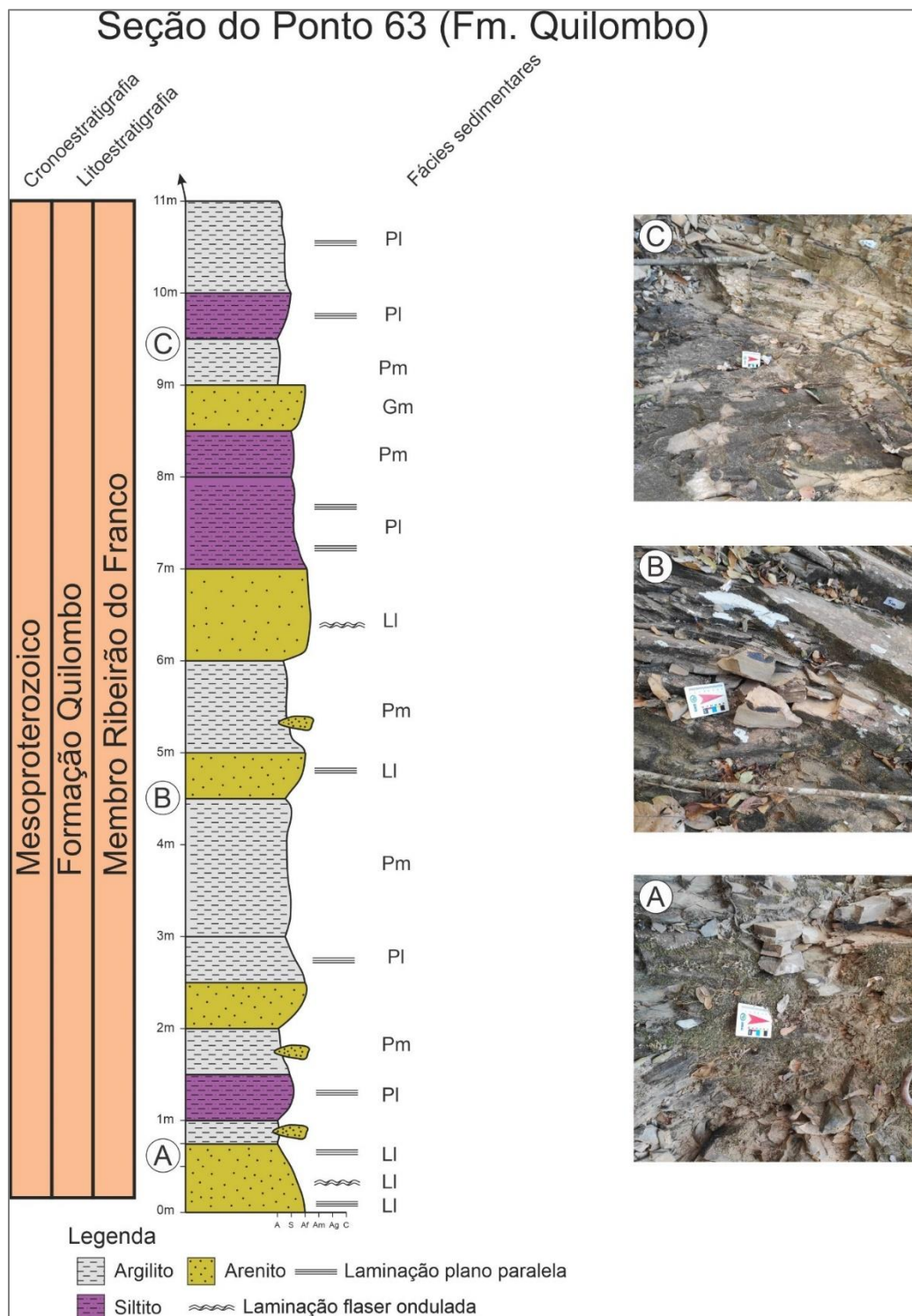


Figura 4. 18 - Seção estratigráfica “Drenagem”.

4.4.2 Seção Estratigráfica – “Trilha”

A Seção Estratigráfica “Trilha” está situada na região leste da subárea XIV, coordenadas (Longitude/Latitude) 301368/8136098. Os contatos inferior e superior estão encobertos. Nessa seção é possível observar a intercalação das fácies Gm, LI, Pm e PI, porém maior predomínio das fácies PI, evidenciando a Associação de Fácies II. Também é possível observar quatro parassequências, evidenciando as partes distais dos ciclos de depósitos turbidíticos (Figura 4.19).

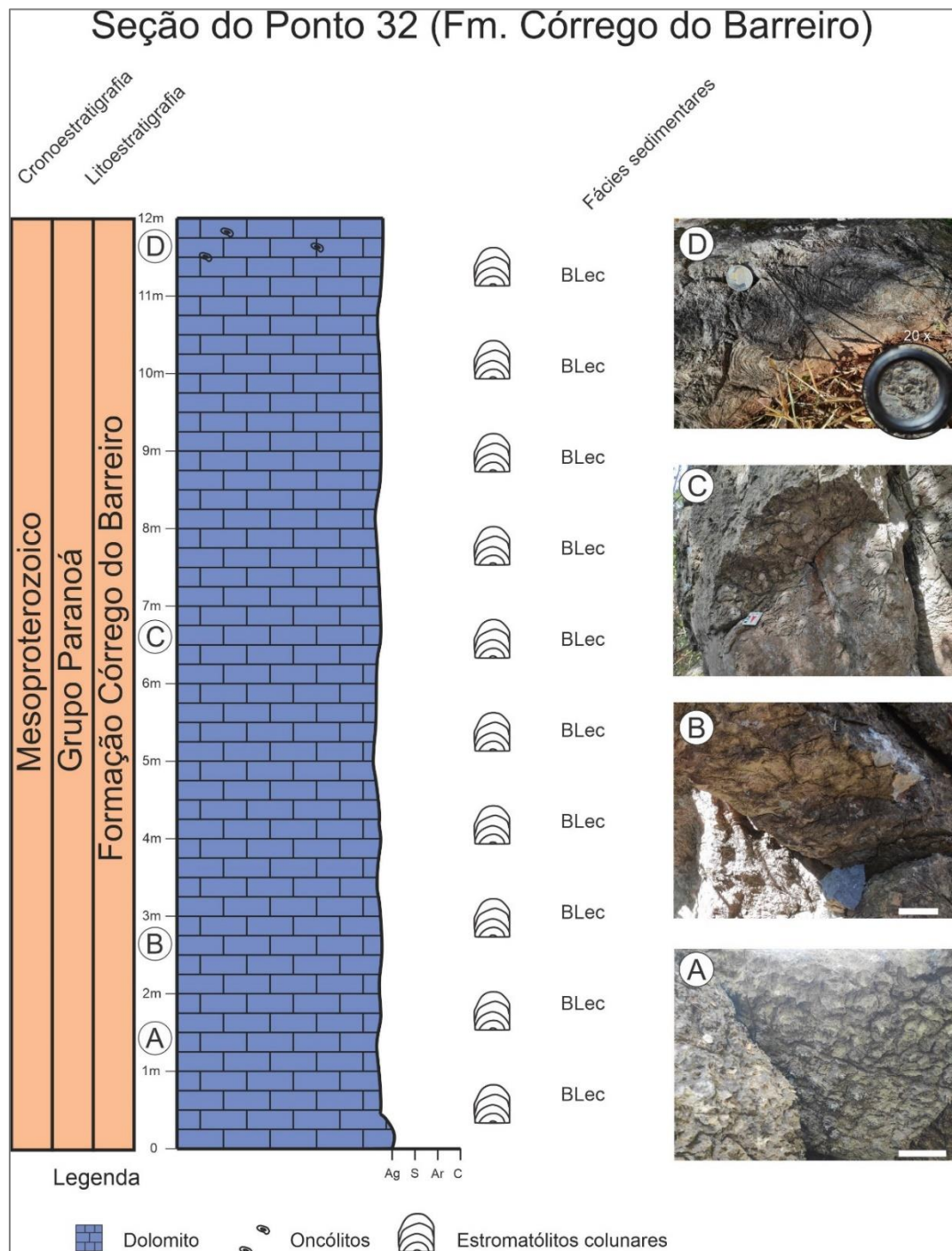


Figura 4. 20 - Seção Estratigráfica “Estromatólito”.

4.5 Formação Serra do Landim

Dos 45 km² totais de extensão da subárea XIV, 27% (12,3 km²) deles são compreendidos pela Formação Serra do Landim, apenas na porção oeste da área (Figura 4.21). Nesta unidade foram realizadas descrições de 28 pontos, dos quais 11 foram amostrados e destes, 2 tiveram amostras selecionadas para confecção de lâminas delgadas para análise petrográfica microscópica.

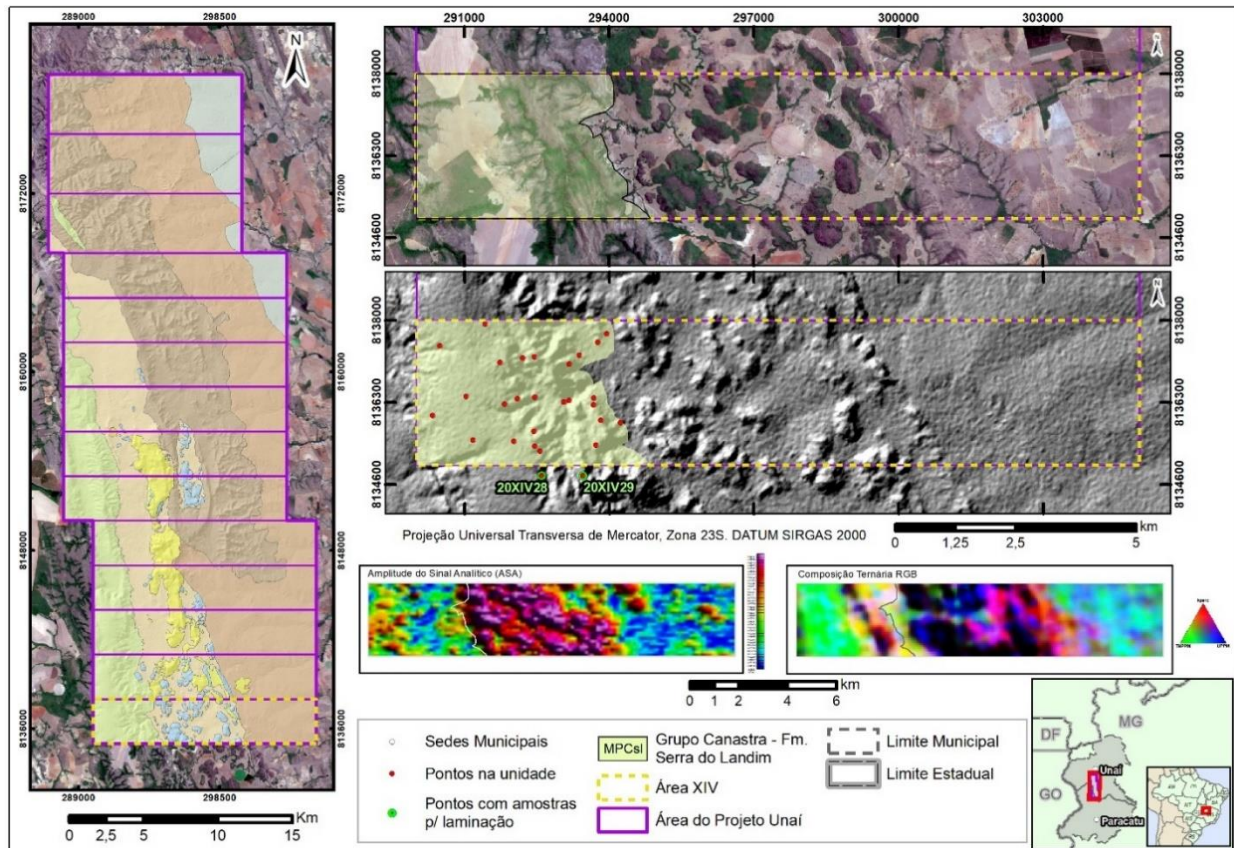


Figura 4. 21 – Área de ocorrência da Formação Serra do Landim na área do Projeto Unai, com destaque para a subárea XIV e a sinalização dos pontos descritos na unidade e dos pontos que tiveram amostras laminadas.

O seu relevo constitui basicamente de planaltos de maiores altitudes (próximos de 900 metros), e patamares dissecados de altitudes intermediárias (em torno de 700 metros). E são nos patamares recortados pelas drenagens e nas rampas que ocorrem a maior parte das exposições rochosas, uma vez que ocorre em relevo de padrão forte ondulado a montanhoso, e associadas a neossolos litólicos e cambissolos. Nesses locais são observadas formações savânicas (de cerrado denso até cerrado ralo), além de formações florestais principalmente nas matas de galeria.

Nas regiões mais altas, com padrão de relevo plano a suave ondulado, ocorrem majoritariamente latossolos e plintossolos (ou apenas horizontes plínticos ou petroplínticos), consequentemente o uso do solo predominante na área é para agropecuária, apenas com relictos de vegetação nas regiões associadas a drenagens. Sendo assim, os seus afloramentos são muito raros a inexistentes. Essas regiões têm seu relevo sustentado principalmente pelos plintossolos ou horizontes plínticos/petroplínticos, e tais produtos são resultado da pedogênese avançada dos filitos, que são as rochas predominantes nesta unidade. O ferro presente na estrutura cristalina de filossilicatos (principalmente a clorita) se acumula no perfil devido aos ciclos de elevação e rebaixamento do nível d'água.

O seu contato a leste é com a Formação Córrego do Barreiro, por meio de uma falha

reversa. E nessa unidade foram identificadas três grupos de litofácies metamórficas distintos, mas que não são individualizáveis em mapa em função da própria escala do mapeamento. Os principais litotipos incluem: filitos, camadas e lentes de quartzitos, e lentes de mármore.

4.5.1 Filitos

Os filitos encontrados na área do Projeto Unai, de maneira geral, apresentam coloração cinza esverdeada clara quando não alterados, e avermelhados quando alterados (Figura 4.22A). Nas amostras não intemperizadas, essas colorações se davam devido a associação de fengita com clorita em lamelas muito finas, contudo, essas micas eram observáveis principalmente nos planos de foliação com o auxílio de lupa. Já a coloração avermelhada nas amostras mais alteradas, era proveniente da alteração da clorita, que contém ferro em sua composição.

A esfoliação esferoidal é bastante comum nesses filitos (Figura 4.22B), além de uma foliação principal de fácil observação. Localmente é possível observar outro plano de foliação interpretada como de soterramento ou transporte. Nos planos dessa foliação principal, também podem ocorrer *boundis* milimétricos a centimétricos de quartzo leitoso, que contribuem para os cascalhos soltos da superfície juntamente com os agregados de plintita, e influenciam também na pedregosidade dos perfis de solo.

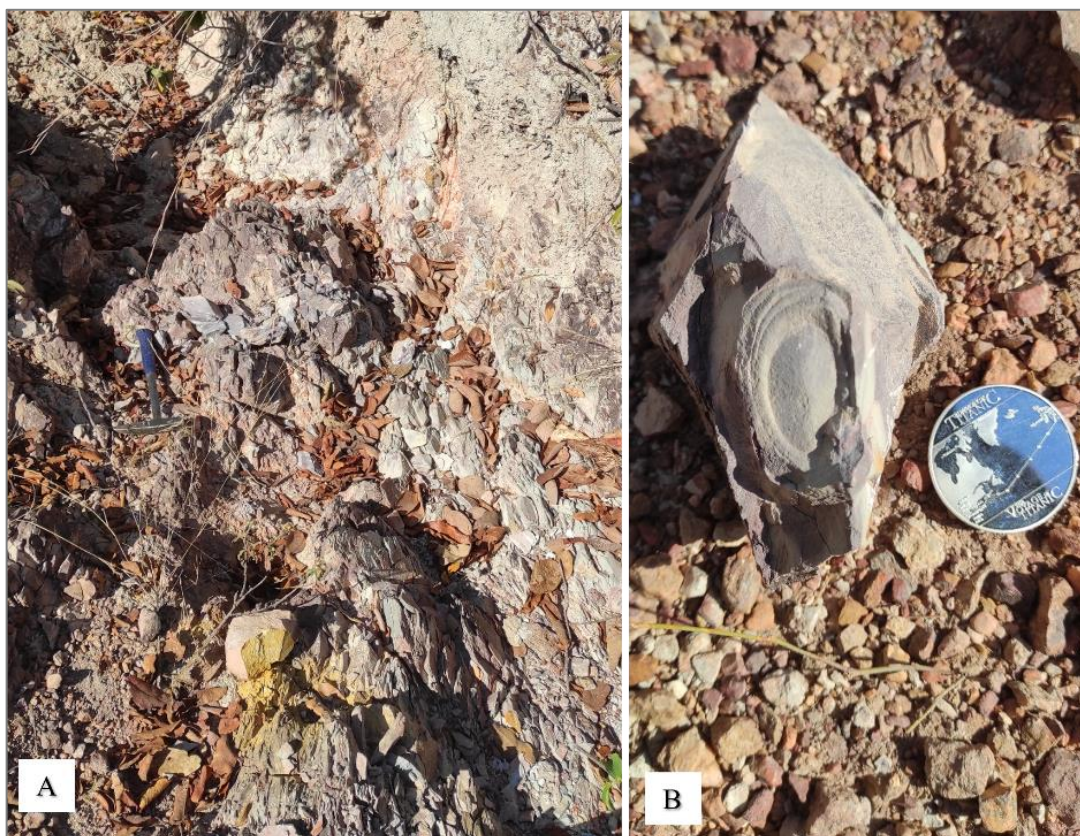


Figura 4. 22 - A) Afloramento de filito cinza claro, nas partes não alteradas, e de coloração avermelhada a amarelada nas partes oxidadas. B) Esfoliação esferoidal comumente presente no filito (20-XIV-P02: 293978 L/ 8137735 S).

Na área XIV, a maioria dos afloramentos mais preservados acontece em cortes de estradas e também lajedos em meio a vegetação menos densa, e as exposições nas drenagens e em áreas de vegetação densa encontram-se bastante alteradas. É possível notar também algumas variações de filitos além do filito considerado “típico”, principalmente nas áreas a sul do projeto, existem ainda: filito com pseudomorfos de pirita (Figura 4.23), filito carbonoso (Figura 4.24A), e filito calcífero (Figura 4.24B).

Tais variações de filitos são justificáveis pela própria composição do protólito. Nos filitos com pseudomorfos de pirita, as condições de deposição e/ou metamorfismo eram mais redutoras. Os filitos carbonosos apresentam matéria orgânica, que depois metamorfizada, foi responsável por atribuir a coloração escura a rocha. Já os filitos calcíferos, apresentam alguma quantidade de carbonato no protólito e/ou nas rochas adjacentes, proveniente de variações do ambiente deposicional.

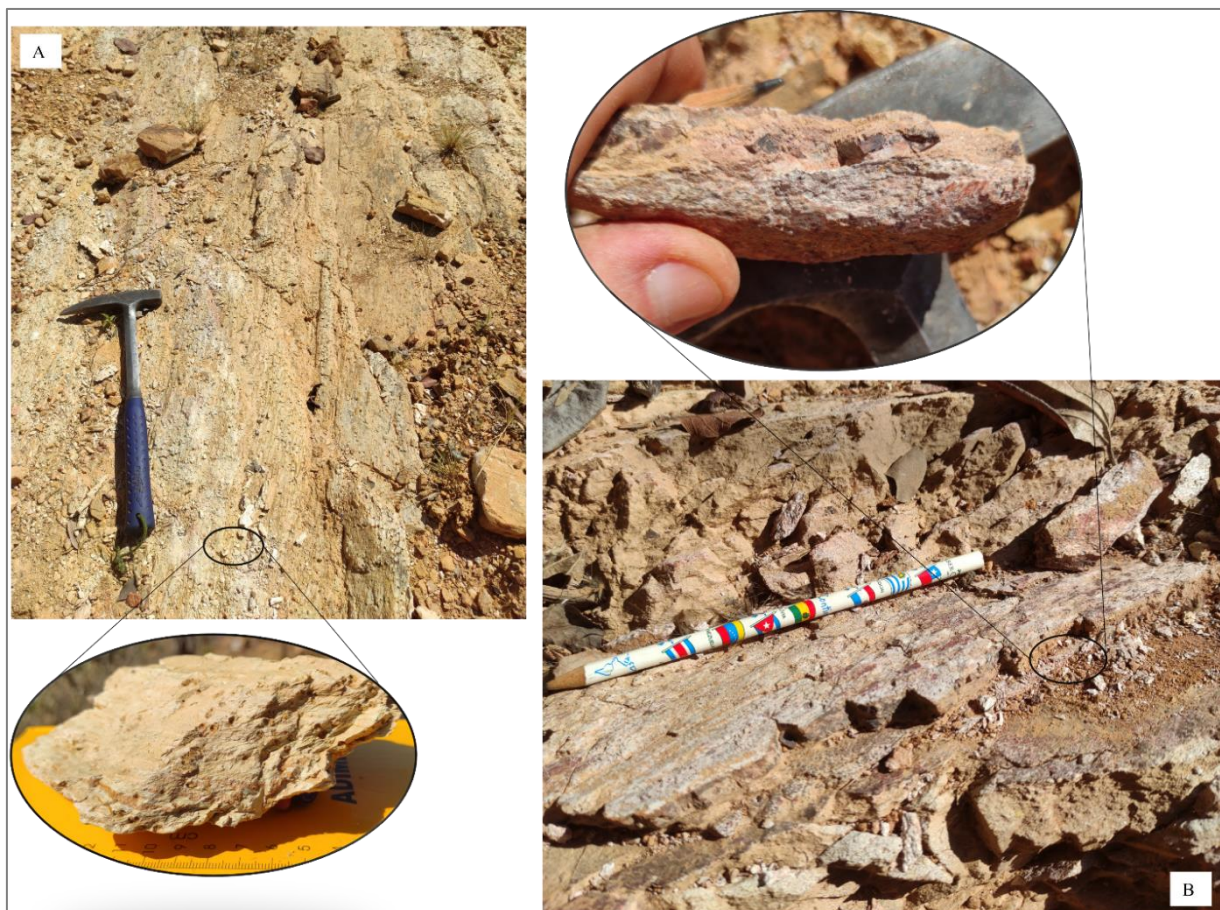


Figura 4. 23 - A) Afloramento em lajedado de filito com foliação principal marcante, e detalhando os pseudomorfos (de em média 0,4 mm) de pirita. B) Afloramento em lajedado de filito com pseudomorfos (e até alguns grãos mais preservados) de pirita, com destaque para as duas modas de tamanho, uma de em média 0,5 cm e outra de até 1 mm (20-XIV-P29: 293481 L/ 8134788 S).



Figura 4. 24 - A) Lajedo de filito carbonoso bastante foliado, com destaque para a comparação das cores entre um filito carbonoso cinza escuro e um filito cinza claro avermelhado. B) Amostra de filito calcífero, com pseudomorfos marrons de calcita. (20-XIV-P30: 293749 L/ 8135428 S).

Dentre todas as amostras da área de mapeamento do projeto, foram laminadas deste grupo de litófácies apenas duas amostras, a 20-XIV-28 e a 20-XIII-33. A amostra macroscópica 20-XIV-28 apresenta coloração cinza arroxeadada, possui estruturação maciça marcada pela presença de uma foliação provavelmente proveniente de minerais micáceos claros (possivelmente fengita e clorita) que formam uma matriz fina juntamente com quartzo. Em meio a esta trama fina encontra-se porfiroblastos de pirita de granulação fina (0,5 a 1 mm) a média (2 mm), em sua maior parte são cúbicos, sua coloração de alteração é marrom avermelhada (Figura 4.25A).

Já a amostra macroscópica 20-XIV-33 apresenta coloração cinza claro prateada e com pontos avermelhados de oxidação, com estruturação marcada pela presença de uma foliação provavelmente proveniente de minerais micáceos claros que formam uma matriz fina, em uma trama lepidoblástica (Figura 4.25B).



Figura 4. 25 - A) Amostra 20-XIV-P28 macroscópica, em que é possível observar na porção serrada a relação entre o acamamento e a foliação principal, marcada pelos óxidos e pseudomorfos como porfiroblastos (292628 L/ 8134788 S). B) Amostra 20-XIII-P33 macroscópica de coloração cinza clara, com secção serrada evidenciando os pontos de óxidos e alguns porfiroblastos esbranquiçados (291812 L/ 8138942 S).

Na descrição microscópica da amostra 20-XIV-28 é possível observar a predominância de matriz de mineiras micáceas (fengita e clorita) de granulação fina (0,075 a 0,05 mm) dispostos subparalelamente, definindo uma trama lepidoblástica responsável pela foliação (Figura 4.26B), e ainda alguns domínios mais ricos em quartzo de granulação mais grossa e de menor ocorrência de filossilicatos, definindo uma trama granolepidoblástica. Essas duas tramas com fengita, clorita e quartzo representam 78% da composição modal da lâmina. Em meio a esta matriz fina existem porfiroblastos cúbicos a arredondados de granulação média 1,4 a 2,6 mm, que foram interpretados como limonita (20%) e pirita (2%) (Figura 4.26A).

De acordo com essa paragênese primária principal (Figura 4.26C) composta por clorita + fengita + quartzo é possível interpretar uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de um protólito pelítico (folhelho) na fácies xisto-verde baixo (zona da clorita).

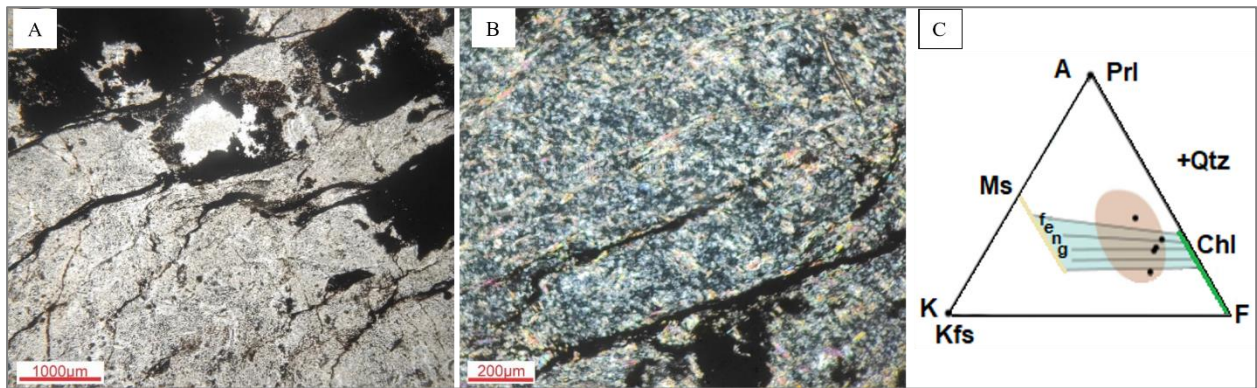


Figura 4. 26 - A) Pseudomordos de pirita em meio a matriz densa composta de quartzo, fengita e clorita (nicóis paralelos). B) Lamelas de fengita e clorita de granulação densa, alinhadas constituindo a foliação (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do clorita-fengita-filito e indicação do campo composicional aproximado.

Na descrição microscópica da amostra 20-XIII-33 é observável a predominância de uma matriz de mineiras micáceas (fengita e clorita - 93%) de granulação fina dispostos sub-paralelamente, definindo uma trama lepidoblástica responsável pela foliação (Figura 4.27A), e apresenta alguns grãos de quartzo de granulação ainda mais fina (até 0,08 mm) em meio a matriz (2,5%). Também em meio a esta matriz fina existem porfiroblastos arredondados de feldspato (2%) sob sericitização de granulação média, e porfiroblastos alongados de granulação até 1,55 mm, provavelmente de um protólito do que foi um fragmento lítico (Figura 4.27B), que possuem grãos de quartzo e micas, e outros também possuem óxidos (2%).

Posto isto, por essa paragênese primária principal (Figura 4.27C) de clorita, fengita, feldspato e quartzo, típicas de uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de um protólito pelítico a grauvaqueano na fácies xisto-verde muito baixo (zona da clorita).

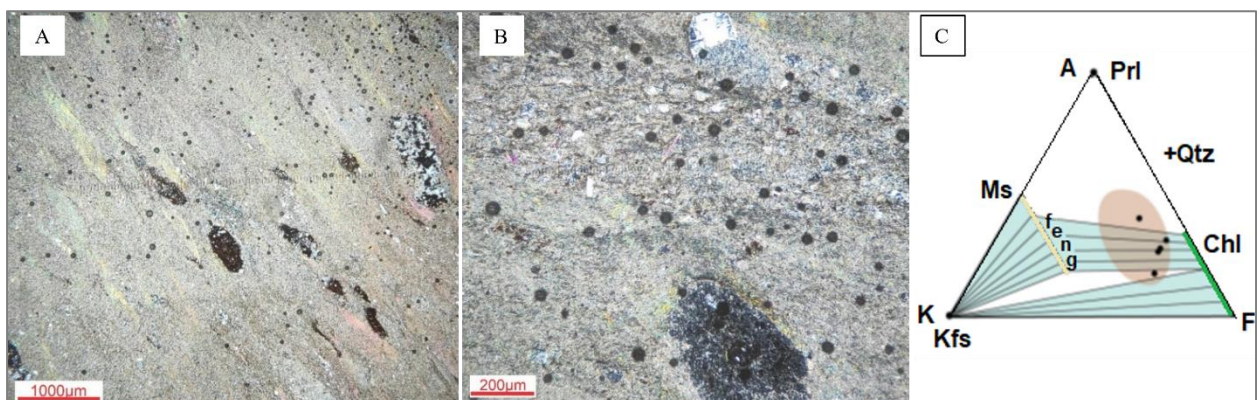


Figura 4. 27 - A) Matriz fina de minerais micáceos marcando a foliação, com porfiroblastos de óxidos e fragmentos líticos (nicóis cruzados). B) Detalhe para os porfiroblastos de feldspato e de fragmento lítico (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do clorita-fengita-filito e indicação do campo composicional aproximado.

4.5.2 Quartzitos

Com menor expressão em área no âmbito desta unidade, mas ainda comuns, os quartzitos encontrados na área do Projeto Unai de maneira geral são de granulação fina, podendo chegar até a uma granulação muito fina (o que representaria um protólito de areia muito fina a silte) (Figura 4.28C).

Nos quartzitos da área XIV a foliação principal da área pode ser observada, aliada a uma clivagem espaçada, principalmente nos cortes de estrada e com menor frequência em lajedos. Além de quartzitos maciços (Figura 4.28B), algumas estruturas sedimentares discretas podem ser observadas basicamente na forma de laminações (Figura 4.28C) e podendo chegar até acamamentos delgados (Figura 4.28A).

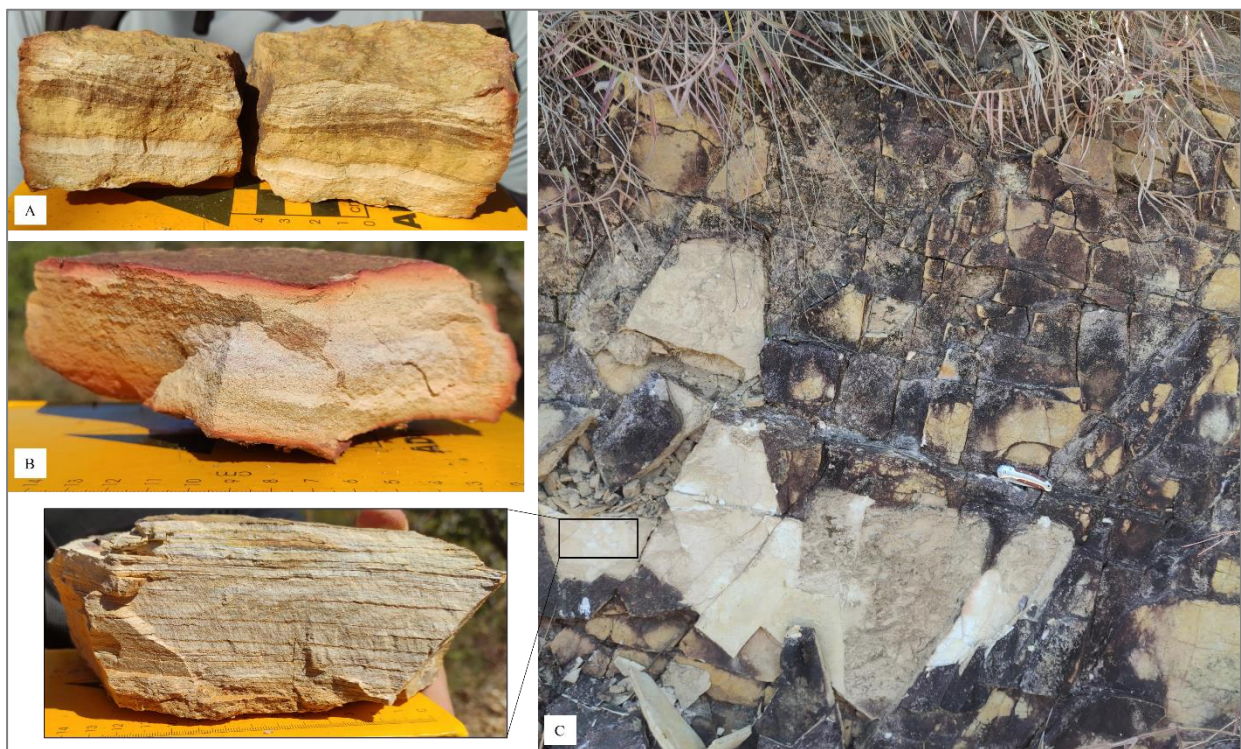


Figura 4. 28 - A) Amostra de quartzito com acamamentos delgados ondulados (20-XIV-P44: 291202 L/8135526 S). B) Amostra de quartzito maciço (20-XIV-P42: 291861 L/8136269 S). C) Afloramento de quartzito na área XIV orientado segundo a foliação principal, com destaque para amostra laminada que apresenta granulação fina a densa, indicando protólito arenítico fino a siltítico (20-XIV-P29: 293481 L/8134788 S).

Na área do Projeto Unai, deste grupo de litofácies, apenas a amostra 20-XIV-29 foi laminada. Sua amostra macroscópica (Figura 4.29) apresenta coloração bege clara quando não alterada e bege escura quando alterada, apresenta estruturação laminada marcada pela alternância de cores claras e escuras. Nas laminações mais escuras é possível observar grãos de quartzo de granulometria areia muito fina, enquanto nos domínios mais claros a granulometria é de silte a areia fina. Existem alguns pequenos veios de quartzo que deslocam levemente essas laminações, compondo microfalhas normais.



Figura 4. 29 - Amostra macroscópica 20-XIV-29, com a laminação bem marcada pela diferença nas cores.

Na descrição microscópica da amostra 20-XIV-29, se confirma as laminações milimétricas, marcadas pela diferença de tonalidades (Figura 4.30A). Os domínios mais claros apresentam cristais de quartzo (80%) com tamanhos de até 0,05 mm e com cristais finos de até 0,1 mm, além de filossilicatos finos (fengita e clorita - 15%) com lamelas finas de até 0,035 mm, em uma trama granolepidoblástica. Já os domínios mais escuros, marcados por minerais opacos (1%) e óxidos/hidróxidos (4%), apresentam grãos de quartzo em granulometria de até 0,23 mm e mica fina em lamelas de até 0,05 mm, em uma trama granolepidoblástica. Nos domínios escuros, marcados pelos óxidos/hidróxidos, existem porfiroblastos cúbicos (provavelmente pirita) de até 0,24 mm, com sombras de pressão associada à acumulação de filossilicatos orientados (fengita e clorita) (Figura 4.30B).

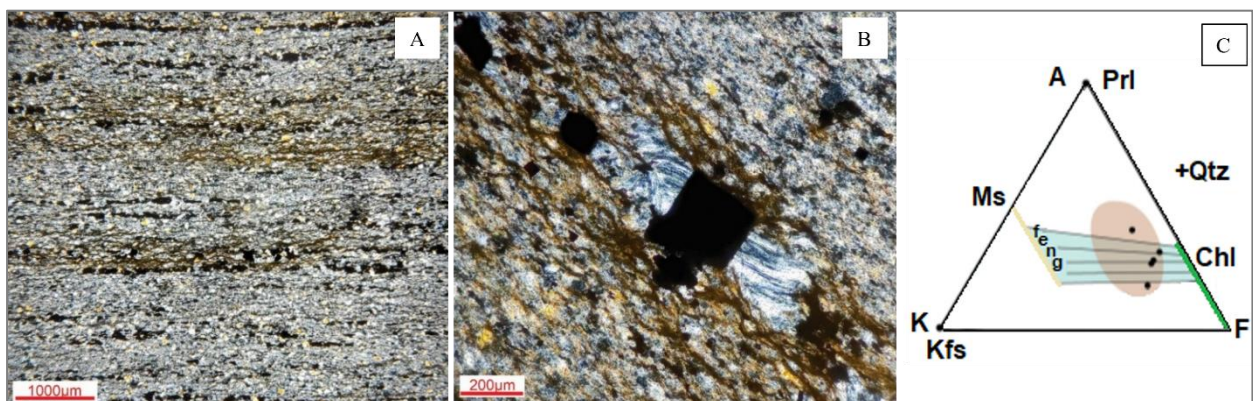


Figura 4. 30 - A) Fotomicrografia evidenciando as laminações milimétricas plano paralelas (nicóis cruzados). B) Porfiroblastos cúbicos com sombras de pressão de micas (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional AKF com a paragênese principal do quartzito (metarenito/metassiltito) e indicação do campo composicional aproximado.

Pela associação de minerais da paragênese primária principal (Figura 4.30C), composta por quartzo, fengita, e clorita, que caracteriza uma associação típica do metamorfismo de um protólito psamo-pelítico na fácies xisto-verde muito baixo (zona da clorita).

4.5.3 Mármorees

Com ocorrências pontuais na área do projeto, os mármorees apresentam variações de tons de cinza, de estrutura maciça e até foliados e crenulados. Em alguns casos é possível observar um aspecto brechado reliquiar dos protólitos (Figura 4.31). Apenas duas amostras macroscópicas foram laminadas, incluindo a 20-X-117 (Figura 4.31A) e a 20-X-04 (Figura 4.31B). Na área XIV os mármorees ocorrem em cortes de estrada, blocos rolados em drenagem e subordinadamente na forma de lajedos.

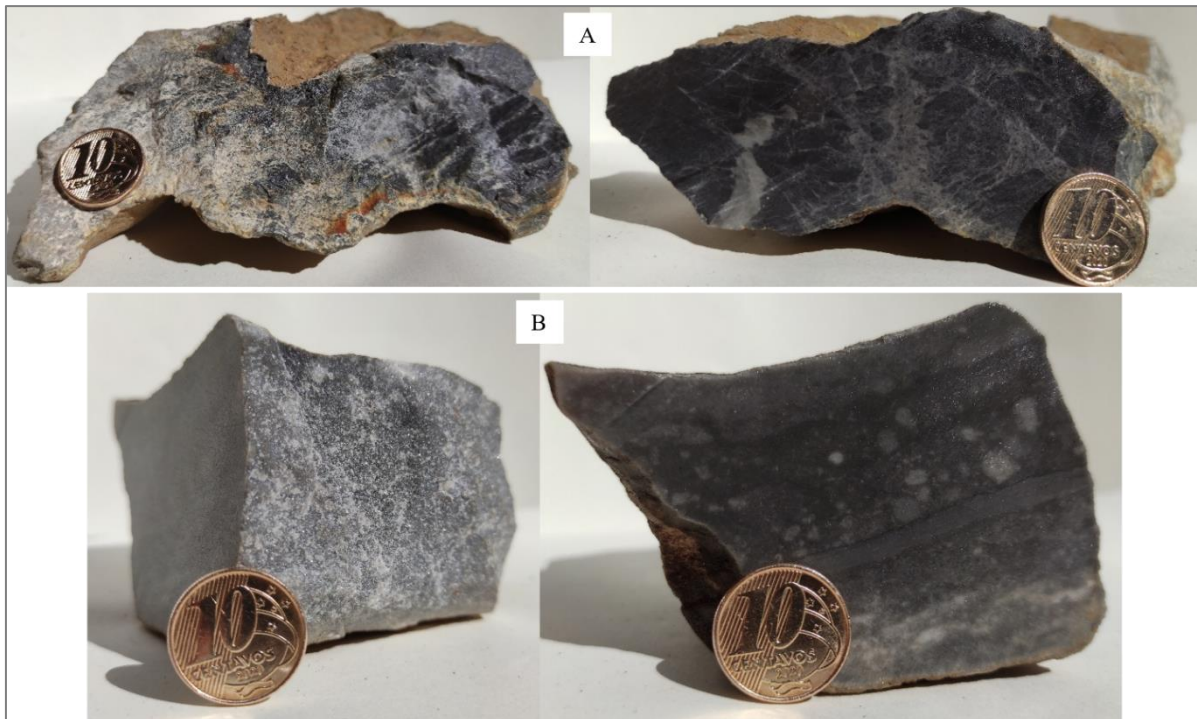


Figura 4. 31 - A) Amostra macroscópica 20-X-P117, com brechação bem marcada (291317 L/8147174 S) B) Amostra macroscópica 20-X-P04, com horizontes laminados (290457 L/8149185 S).

A partir da descrição macroscópica da amostra 20-X-117, a rocha apresenta coloração cinza escura quando não alterada e ocre quando alterada, com estrutura maciça, devido ao seu aspecto denso. É possível observar clastos escuros fraturados de dolomito de tamanho centimétrico, em meio a uma matriz cinza clara que preenche as fraturas, em função do processo de brechação.

A amostra 20-X-04 apresenta coloração cinza média quando não alterada e ocre quando alterada, estruturação maciça, com granulação fina a muito fina. Nesta amostra é possível observar domínios de pequenos clastos claros de dolomito de tamanho centimétrico, em meio a uma matriz cinza escura, alternados com laminações centimétricas escuras.

A partir da descrição microscópica da amostra 20-X-117 foi possível confirmar que a amostra é composta predominantemente por clastos de material carbonático de granulação fina (0,07 a 1 mm), dispostos em uma trama granoblástica (Figura 4.32A). A matriz é constituída também por

minerais carbonáticos de granulação muito fina (0,025 mm), em textura granoblástica (Figura 4.32B). Sendo assim, a rocha apresenta paragênese primária principal de carbonato ($\approx 100\%$), que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de uma rocha carbonática (Figura 4.32C) praticamente pura, com composição dolomítica na fácies xisto-verde muito baixo. Este fácies metamórfico é corroborado pelo fato desta rocha ser associada a filitos com quartzo, fengita e clorita.

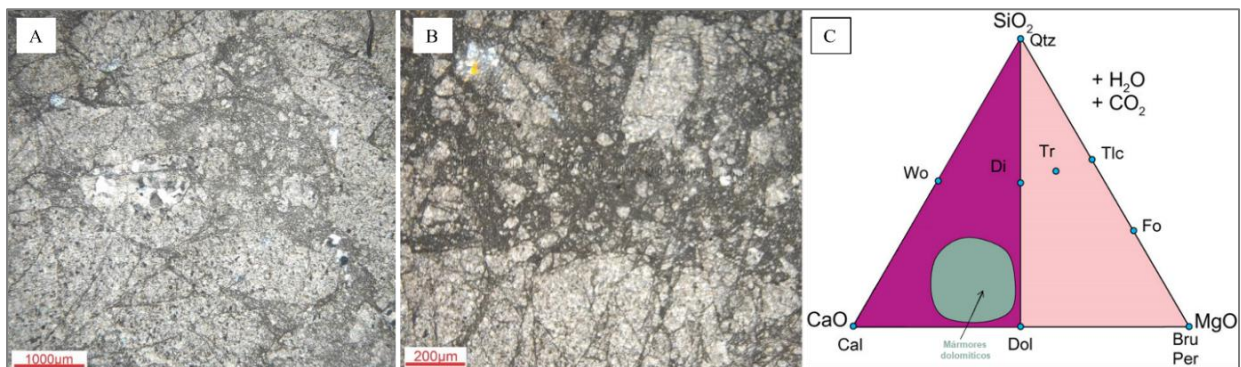


Figura 4. 32 - A) Clastos da amostra 20-X-177, com porções dissolvidas e reprecipitadas (nicóis cruzados). B) Aspecto geral da amostra 20-X-117 (nicóis cruzados). C) Diagrama composicional $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{MgO}$ indicando o campo de composição aproximado da amostra, um mármore dolomítico brechado.

Com a descrição microscópica da amostra 20-X-04 foi possível observar a predominância de clastos de carbonatos de granulação fina (0,3 mm), dispostos em uma trama granoblástica (Figura 4.33A). A matriz constituída também de minerais carbonáticos de granulação muito fina (0,07 mm), em textura granoblástica (Figura 4.33B). Portanto, a rocha também apresenta uma paragênese principal de dolomita que caracteriza uma associação típica de metamorfismo de uma rocha carbonática (Figura 4.33C) praticamente pura na fácies xisto-verde muito baixo.

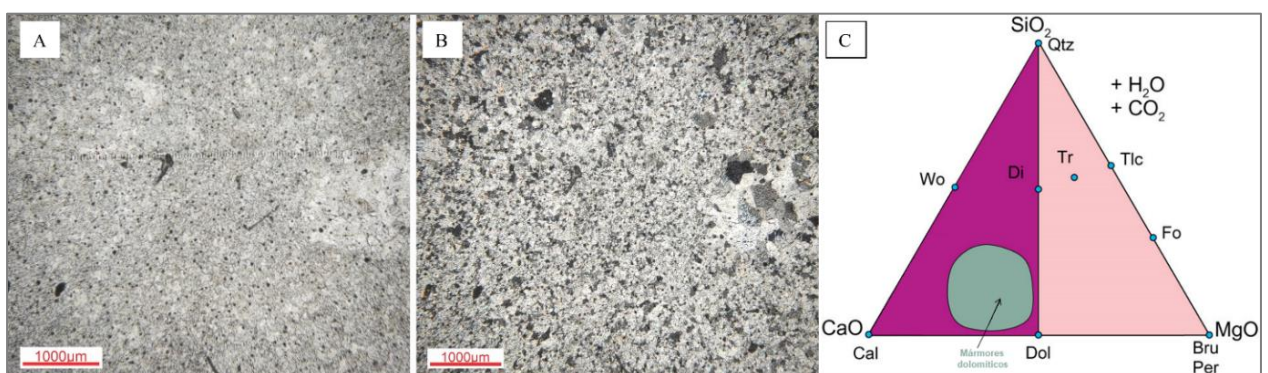


Figura 4. 33 - A) Trama granoblástica muito densa da matriz da amostra 20-X-04 (nicóis paralelos). B) Trama granoblástica muito densa com os clastos de granulação fina ressaltados (nicóis cruzados). C): Diagrama composicional $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{MgO}$ indicando o campo de composição aproximado da amostra, um mármore dolomítico.

4.6 Interpretações dos Paleoambientes e Discussões

As bacias nas quais os sedimentos estudados neste projeto foram acumulados são classificadas como do tipo intracratônicas, em que diferentes ciclos deposicionais foram associados a sucessão de bacias com substrato continental.

A Formação Quilombo se depositou em um sistema marinho profundo, onde a sedimentação é controlada por ciclos de deposição de correntes de turbidez submarinas, e também de sedimentos finos pelágicos. Nas seções estratigráficas “Drenagem” e “Trilha” é possível observar esses ciclos de correntes de turbidez, onde as camadas de pelitos laminados indicam o fim de um ciclo, pois são referentes aos sedimentos finos pelágicos depositados por suspensão.

Nesse contexto é possível subdividir o ambiente deposicional maior, em dois subambientes: sendo um mais proximal aos taludes, com deposição de conglomerados e arenitos imaturos grossos e grauvacas médias maciças, e um mais distal com relação ao pé do talude, com predominância de grauvacas finas, siltitos laminados e folhelhos (Figura 4.34).

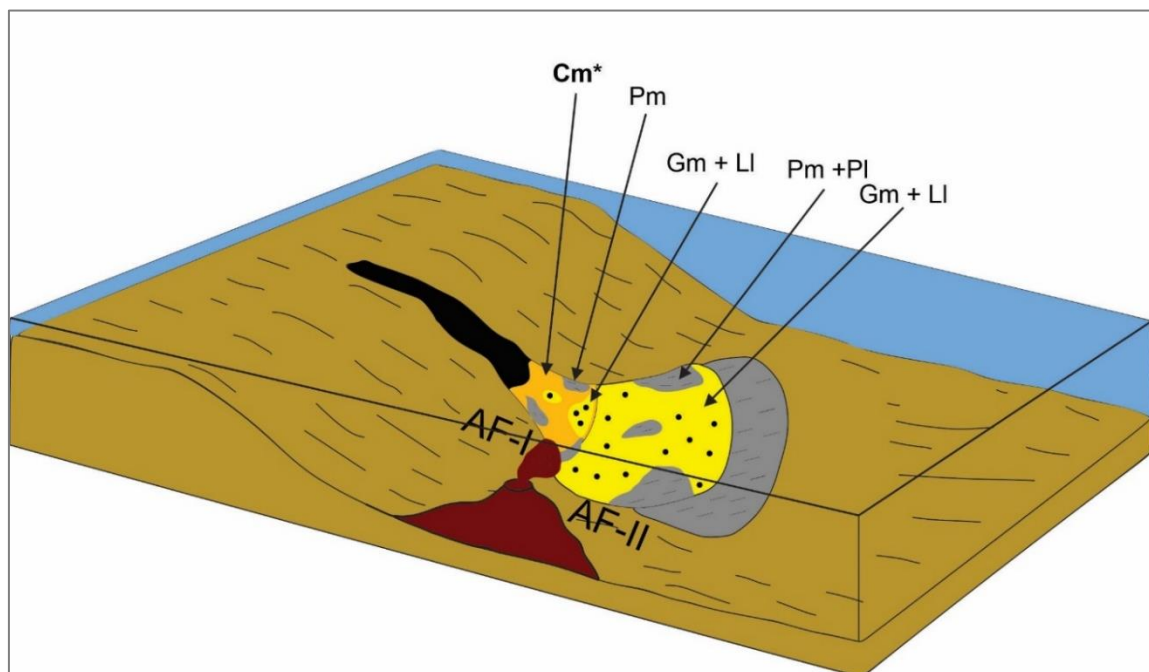


Figura 4.34 - Modelo deposicional da Formação Quilombo. *Fácies que não ocorrem na subárea XIV.

Após um hiato temporal, que pode ter alcançado até duas centenas de milhões de anos, a Formação Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá), depositou-se em sistema marinho raso, de águas quentes. Este novo ciclo corresponde à terceira sucessão tecno-estratigráfica do Grupo Paranoá, proposta por Seraine *et al.* (2021). A sedimentação dessa formação deu-se no contexto de plataforma mista (siliciclástica-carbonática) em que é possível subdividir três subambientes: plataformal proximal, plataformal restrito, plataformal distal (Figura 4.35).

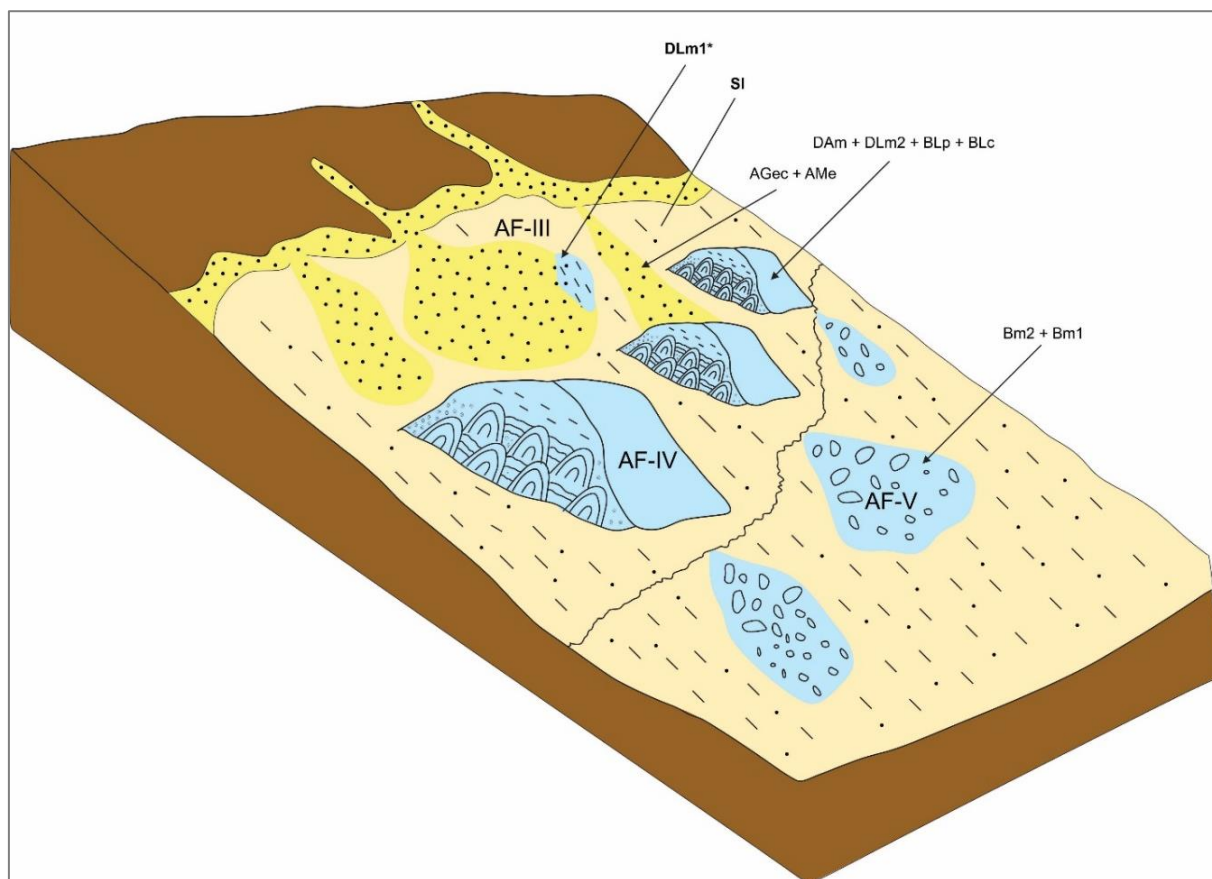


Figura 4. 35 - Modelo deposicional da Formação Córrego do Barreiro. *Fácies que não ocorrem na subárea XIV.

No subambiente plataformal proximal ocorre a sedimentação dominada pela ação das marés e influenciada por depósitos terrígenos continentais, representado pela associação de fácies AF-III.

No subambiente restrito tem-se a sedimentação dominada por atividade biológica com predominância de estromatólitos e outros carbonatos. Esse subambiente é protegido pela paleogeografia da influência de sedimentos terrígenos. O subambiente plataformal protegido, localmente, pode ser influenciado pela ação de ondas que são responsáveis pela formação de brechas carbonáticas controladas pelo retrabalhamento dos biohermas estromatolíticos com atuação de fluxo gravitacional dos sedimentos retrabalhados.

Na plataforma distal há deposição predominante de pelitos por processos suspensivos, com a deposição de siltitos laminados. Em condições de interface deste subambiente com os ambientes protegidos há deposição de margas pelíticas que representam sedimentação simultânea de terrígenos finos e carbonatos micríticos.

A dolomitização foi um processo que atuou de forma intensa em todos os carbonatos, independentemente de sua associação de fácies, causando a transformação dos calcários primários em dolomitos distribuídos por toda a área de mapeamento do Projeto Unai.

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

5.1 Introdução

Como já apresentado anteriormente, a área do Projeto Unai localiza-se na Província Tocantins (Dardenne, 2000), mais especificamente na zona externa da Faixa Brasília, porção centro-meridional. E embasado por dados adquiridos na campanha de campo do projeto, e na integração posterior destas informações, consolidam-se ainda mais os argumentos de que seria uma região com o estilo estrutural proposto por Uhlein *et al.* (2012), para zona externa da faixa, um ambiente tectônico compressivo, representado por um contexto de cinturão de dobras e cavalgamentos.

Pelo seu posicionamento, na porção marginal do orógeno pretérito, estruturas regionais como grandes falhas de cavalgamentos, falhas reversas de baixo ângulo e dobras de diversas naturezas basicamente mergulhantes para oeste (direção do núcleo orogênico) e vergentes para leste (em direção ao cráton) demonstram o encurtamento do terreno na forma de cunha. E além das estruturas presentes, o baixo grau metamórfico (em torno da fácies xisto verde baixa) de suas rochas de maneira geral, corrobora com um restrito confinamento litoestático, exibido por áreas de arquitetura epidérmica (*thin skinned*) (Uhlein *et al.*, 2012).

O produto principal do Projeto Unai representado pelo Mapa Geológico integrado, apresenta estruturas diretamente ligadas a este contexto (Figura 5.1 e Apêndice F), como por exemplo: três grandes falhas reversas, quatro dobras regionais, duas estruturas similares a *klippes*, diversas falhas de rasgamento, e uma foliação principal. Todas essas estruturas são orientadas basicamente na direção norte-sul a noroeste-sudeste, e vergentes para leste.

Além do mapa geológico, esse contexto tectônico também é evidenciado em seção sísmica (Figura 5.2). Nesse produto é possível observar três falhas reversas, uma falha de retroempurrão, camadas verticalizadas, como também camadas dobradas, indicando uma tectônica compressiva. A linha sísmica também permite inferir a orientação preferencial norte-sul e vergência para leste, além do descolamento estilo *thin skinned*, no qual o descolamento principal ocorre entre a Formação Quilombo e o Grupo Traíras, sem envolvimento do embasamento.

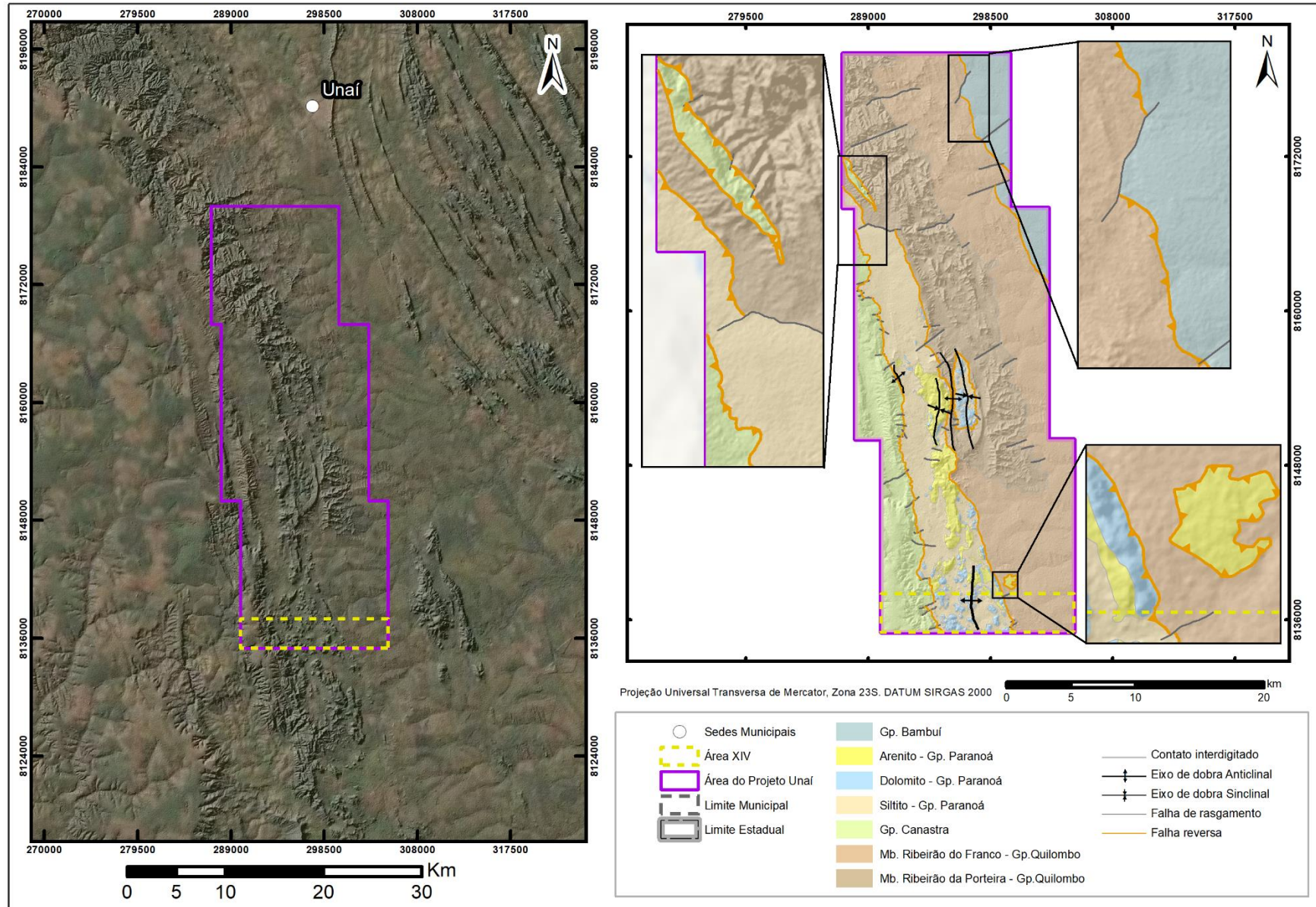


Figura 5.1 - Principais estruturas regionais da área do Projeto Unai.

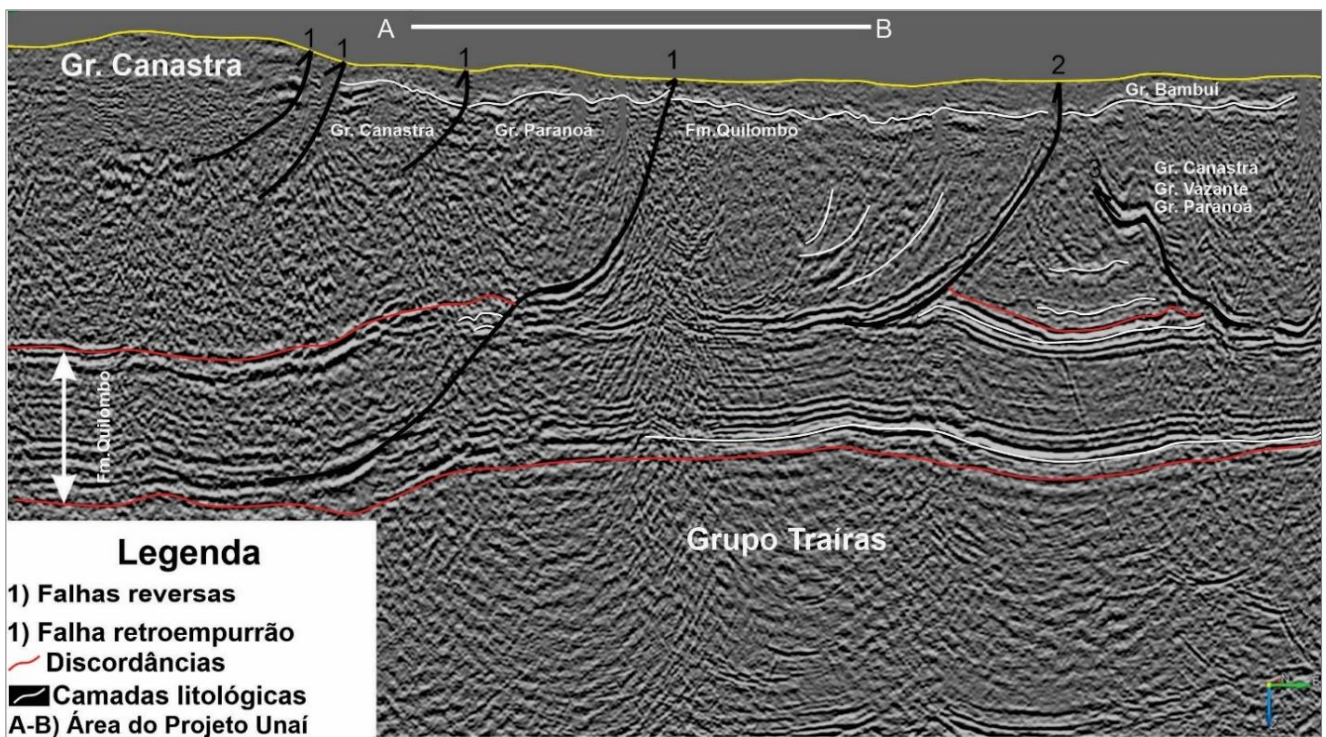


Figura 5. 2 - Linha sísmica "R0240_São_Francisco_045_PSTM" com enfoque na área do Projeto Unaí.

A partir dos registros de campo, é possível constatar que a unidade litoestratigráfica Canastra apresenta um comportamento reológico diferente do Grupo Paranoá e da Formação Quilombo. O Grupo Canastra é composto por rochas foliadas e com grau de metamorfismo maior que as demais, com preservação limitada de estruturas sedimentares. As rochas da Formação Quilombo e do Grupo Paranoá são mais densamente fraturadas, com dobras apertadas e com estruturas primárias mais preservadas.

O Mapa Geológico da subárea XIV (Apêndice G) e a seção geológica (Figura 5.3) retratam as ocorrências de estruturas em escala macroscópica de duas falhas reversas e uma dobra anticlinal suave de escala quilométrica. Em escala mesoscópica ocorre, na Formação Quilombo, acamamento inclinado com caimento para oeste, pares conjugados de fraturas, dobras abertas a fechadas assimétricas vergentes para leste, com foliação principal de plano axial de dobras e clivagem espaçada ou ardosiana, além de falhas reversas internas, que marcam o contato tectônico com o Grupo Paranoá (Figura 5.4). Em afloramento localizado na região de uma falha de rasgamento, que expõe os deslizamentos internos da unidade, mediu-se a lineação de deslizamento pelos *steps* de falha, e estas medidas indicaram cinemática transpressiva com topo para leste, com uma componente oblíqua ligeiramente sinistral. Portanto, transpressiva sinistral com topo para leste-sudeste.

Em escala de afloramento, observou-se no Grupo Paranoá acamamento (S0) inclinado (Figura 5.3; Figura 5.4B), a foliação principal, conforme a litologia, na forma de clivagem

espaçada, clivagem ardosiana ou fraturas de alívio de pressão/dissolução, e pares conjugados de fraturas. No Grupo Canastra, ocorrem duas foliações, sendo mais pervasiva e frequente a foliação principal da área (Sp), e uma foliação secundária (Ss) paralela ao acamamento (S0), a qual é menos frequentemente observada. Além disso, é possível inferir o seu contato tectônico com o Grupo Paranoá, através de uma falha reversa de baixo ângulo, pelas quebras de relevo e pelos lineamentos regionais (Figura 5.3; Figura 5.4A).

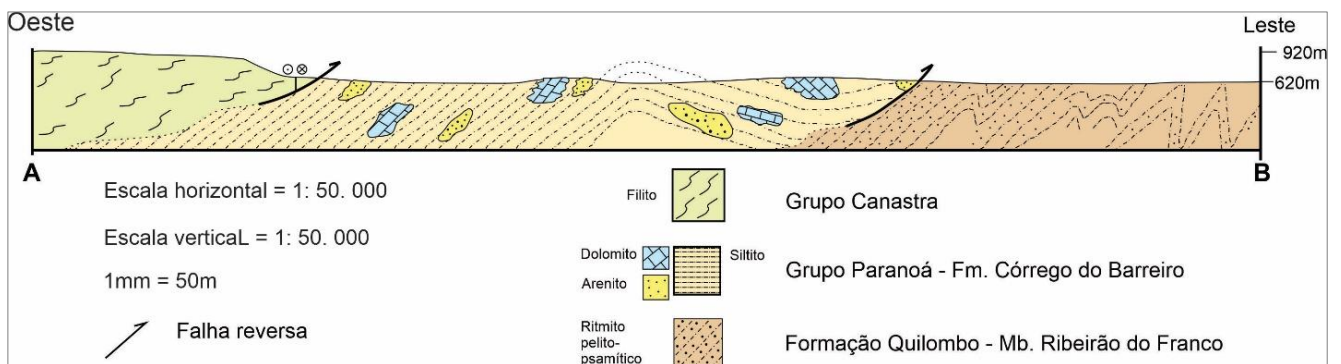


Figura 5. 3 - Seção geológica da subárea XIV.

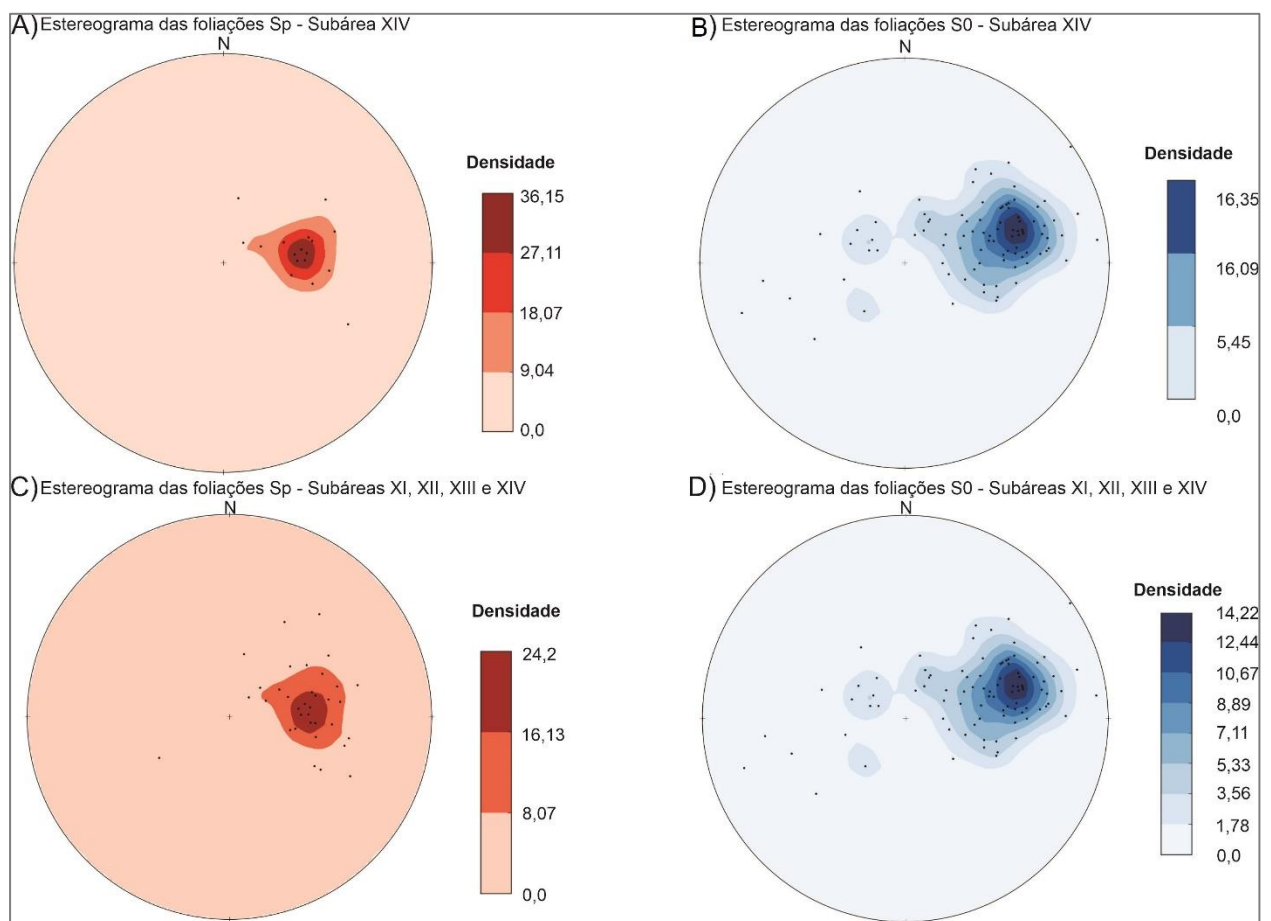


Figura 5. 4 - Estereogramas da subárea XIV(A e B) e estereograma integrado das áreas XI, XII, XIII e XIV (C e D) para a foliação principal (Sp) e para o acamamento (S0).

5.2 Arcabouço Estrutural

Dada a caracterização geral do sistema deformacional e do estilo de deformação, aliada às estruturas mencionadas, e visto que a deformação nessa região muito provavelmente ocorreu de maneira progressiva, ou seja, sem estruturas de diferentes fases deformacionais, compartimentou-se o arcabouço estrutural da área em arcabouço rúptil e arcabouço dúctil.

5.2.1 Estruturas de Caráter Dúctil

Uma dobra suave de escala quilométrica presente na Formação Córrego do Barreiro marca a o arcabouço dúctil regional da área XIV (Figura 5.3), assim como outras quatro dobras regionais abertas em outras subáreas do projeto (Figura 5.1). Já em escala de afloramento, além de dobras, a foliação principal é penetrativa em todas as unidades, as quais se manifestam de maneira diferente. As lineações são pouco observadas na área do projeto, assim como na área XIV, feição certamente vinculada ao baixo grau metamórfico ao qual o conjunto foi submetido.

4.2.1.1 Dobras

Em função do litotipo deformado, as dobras da região do Projeto Unai se expressam com diferentes geometrias. De maneira geral, no Grupo Canastra ocorrem dobras isoclinais, por vezes dobras abertas e crenulações. Na Formação Quilombo acontecem dobras abertas a fechadas, ocasionalmente isoclinais, com padrão em chevron, também podendo ser em caixa, e vergentes predominantemente para leste. No Grupo Paranoá as dobras ocorrem regionalmente com padrão suave a aberto, majoritariamente, com vergência para leste.

As medidas de acamamento (S_0) na Formação Córrego do Barreiro e Grupo Paranoá na área XIV possibilitaram a interpretação da dobra suave regional (Figura 5.5). Sendo assim, como na área XIII obteve-se o mesmo padrão de medidas na mesma região, interpretando-se uma única dobra regional suave com caimento para sul (Apêndice F).

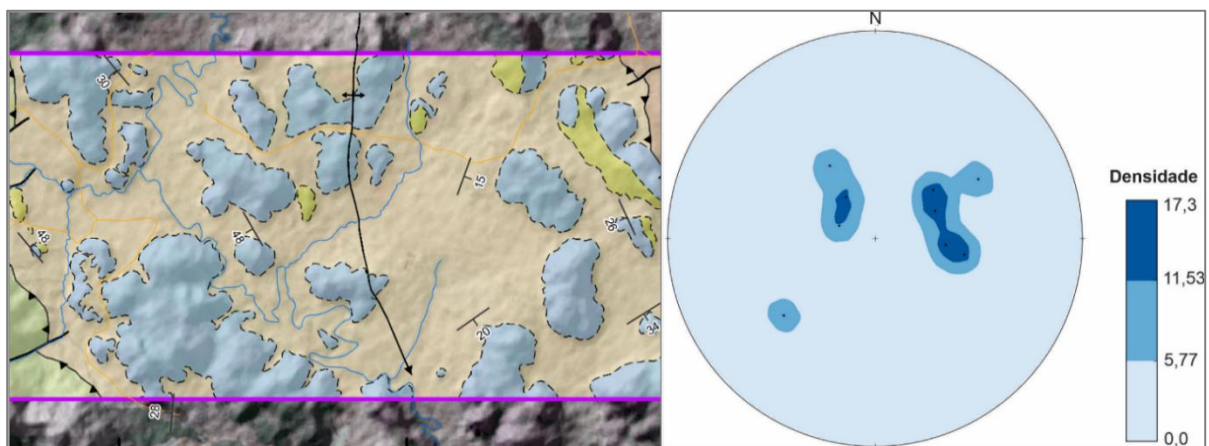


Figura 5. 5 - Dobra regional nas áreas XIV e XIII presente na faixa de exposição do Grupo Paranoá. O padrão regional da dobra é corroborado pelo eixo que pode ser construído no estereograma de medidas de acamamento.

Na área XIV foram localizadas dobras em escala de afloramento apenas no Membro Ribeirão do Franco, da Formação Quilombo. A primeira delas (Figura 5.6) seria uma dobra fechada, levemente assimétrica, moderadamente inclinada, e com o arco interno mais aberto que o externo, pertencendo então a classe 3, da classificação de Ramsay (1967).

Em outro afloramento da mesma unidade foi observada dobra aberta, assimétrica, moderadamente inclinada, e com os arcos de mesma curvatura. Classificada, portanto, como da classe 2 de Ramsay (1967). Apesar de estarem segmentados, os flancos indicam provavelmente vergência para leste (Figura 5.7).

Por fim, observou-se dobra aberta assimétrica indicando uma vergência para leste (Figura 5.8), de flanco rompido, moderadamente inclinada e com os arcos de mesma curvatura (Classe 2 de Ramsay, 1967).



Figura 5. 6 - Dobra fechada assimétrica em grauvaça lítica, ponto 20-XIV-19. As atitudes dos flancos medidos foram $245^{\circ}/54^{\circ}$ e $116^{\circ}/48^{\circ}$, com caimento da linha de charneira $174^{\circ}/21^{\circ}$.

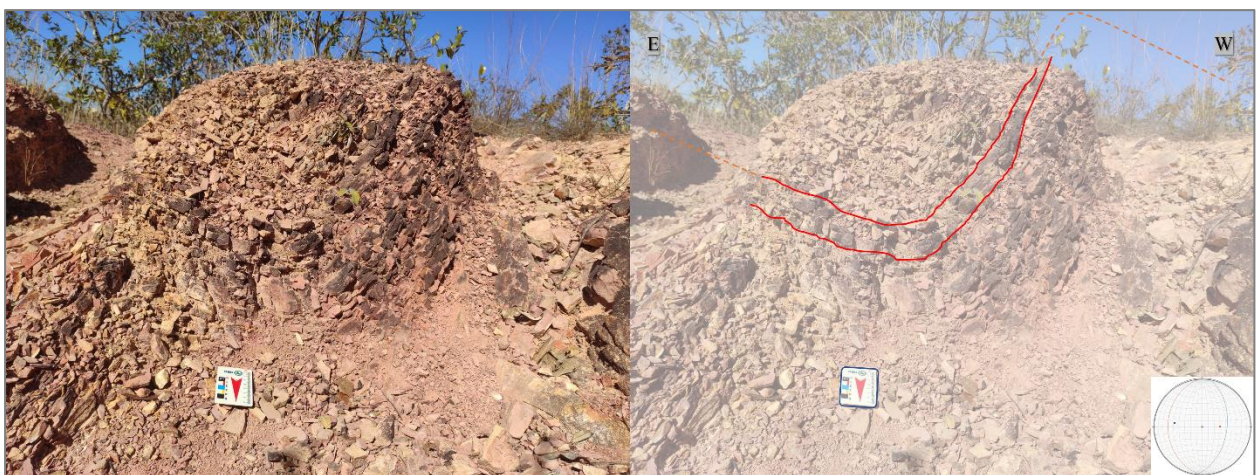


Figura 5. 7 - Afloramento de grauvaça lítica dobrado no ponto 20-XIV-77. As atitudes medidas nos flancos foram: $098^{\circ}/48^{\circ}$ para o flanco leste, e $269^{\circ}/30^{\circ}$ para o flanco oeste.

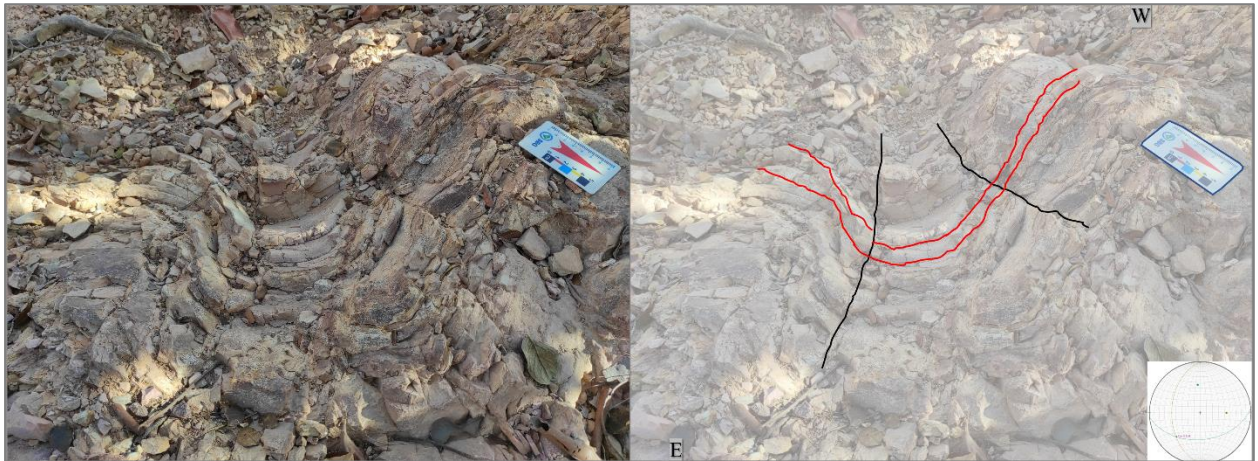


Figura 5. 8 - Dobra assimétrica em grauvaca lítica, ponto 20-XIV-89. As atitudes dos flancos medidos foram $270^{\circ}/43^{\circ}$ e $175^{\circ}/46^{\circ}$, com caimento da linha de charneira $216^{\circ}/44^{\circ}$.

Além das dobras centimétricas a decimétricas, foram medidas foliações verticalizadas próximas a zona da falha reversa, contato tectônico do Grupo Paranoá sobre a Formação Quilombo. Tal disposição provavelmente indica a zona de charneira de uma dobra hectométrica levemente assimétrica e vergente para leste (Figura 5.9). A geomorfologia dessa zona auxilia tal interpretação (Figura 5.10).



Figura 5. 9 - Foliação principal da área, disposta subverticalmente, provavelmente em zona de charneira.



Figura 5. 10 - Paisagem ao sul da área XIV onde é possível notar padrão de relevo de relevo distinto na zona próxima a falha reversa, contato da Formação Córrego do Barreiro com a Formação Quilombo, com morrotes assimétricos vergentes para leste.

5.2.1.2 Foliações

Assim como as dobras, as foliações são estruturas de uma deformação progressiva, e se manifestam de maneira distinta de acordo com a unidade e respectivos tipos petrográficos. A Tabela 5.1 sintetiza as foliações presentes na região do Projeto Unai e suas principais características.

Tabela 5. 1 - Foliações identificadas na área do Projeto Unai.

Foliação	Características	Características/Origem
Ss	Foliação paralela ao S0 (acamamento)	<ul style="list-style-type: none"> · Soterramento · Transporte inicial das <i>nappes</i>
Sp	Foliação Principal	<ul style="list-style-type: none"> · Foliação penetrativa · Plano axial de dobras (do acamamento)
Scr	Foliação de crenulação	<ul style="list-style-type: none"> · Mais comum em rochas pelíticas

A foliação Ss, de natureza filítica, se apresenta paralelizada ao acamamento (S0) sendo apenas no Grupo Canastra. Hipóteses para a sua origem são: o próprio transporte inicial quilométrico das *nappes* no cinturão de dobras e cavalgamentos, assim como pela orientação de filossilicatos pelo soterramento da unidade e metamorfismo em baixo grau da unidade.

A foliação principal (Sp) ocorre de forma penetrativa em todas as unidades presentes na região do projeto mergulhando para oeste de maneira geral, também marca e corrobora com o *trend* regional. Esta foliação ocorre cortando o acamamento (Figura 5.11) e está associada a

planos axiais de dobras (Figura 5.9), podendo aparecer como uma clivagem espaçada ou ardosina, conforme a litologia. Entre os planos de foliação Sp, no Grupo Canastra, se fazem comuns os *boudins* de quartzo estirados (Figura 5.12) ao longo aproximadamente da direção norte-sul, concordantes com a foliação mergulhante para oeste e alinhados a norte-sul. De forma oblíqua e cortando a foliação principal (Sp), pode ocorrer a foliação Scr, representada por uma crenulação, redobrando a Sp em litologias mais pelíticas. Pelo fato de ocorrer em rochas de comportamento mais dúctil, é encontrada mais comumente nos filitos do Grupo Canastra.



Figura 5. 11 - Foliação Sp ($283^{\circ}/36^{\circ}$) cortando o acamamento e foliação Ss ($S0/Ss = 193^{\circ}/26^{\circ}$) em filito do Grupo Canastra, em afloramento de drenagem no ponto 20-XIV-27 da área XIV.



Figura 5. 12 - *Boudin* de quartzo estirado alinhado aproximadamente a norte-sul, entre a foliação Sp em filito do Grupo Canastra, ponto 20-XIV-48.

5.2.1.3 Lineações

Dentre as estruturas lineares possíveis de serem observadas na região, estão as lineações em linhas de charneira de dobras, e lineações de deslizamento e de interseção (entre acamamento e foliação). Na área XIV foram medidas apenas lineações de charneira (Figura 5.6 e Figura 5.8) e lineações de deslizamento (Figura 5.13 B), em espelho de falha, que indicam a trajetória

cinemática da deformação.

As medidas obtidas no plano da falha reversa foram: no acamamento de $256^{\circ}/61^{\circ}$, e na lineação de deslizamento foi $296^{\circ}/55^{\circ}$, marcada pelo estiramento de quartzo que forma os *steps*. Essa indicação da movimentação dos blocos possibilitou a interpretação da cinemática: transpressiva com topo para sudeste.

5.2.2 Estruturas de Caráter Rúptil

Na subárea XIV ocorrem duas falhas reversas, uma a oeste entre a Formação Serra do Landim do Grupo Canastra, em contato com a Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. A outra falha, a leste, coloca em contato a Formação Córrego do Barreiro em contato com a Formação Quilombo. O arcabouço estrutural rúptil é mais desenvolvido na Formação Quilombo, onde ocorre pares conjugados de fraturas de cisalhamento, falhas de rasgamento e falha reversa. Todavia também ocorre na Formação Córrego do Barreiro, mais frequentemente por fraturas de alívio de pressão nas rochas carbonáticas, e mais raramente ocorre fraturas plumosas em siltitos.

5.2.2.1 Falhas

As duas falhas reversas que ocorrem na subárea XIV apresentam direção aproximadamente norte-sul, de escala quilométrica, semicontínuas, com plano mergulhando para sudoeste. A falha marca o contato tectônico das três unidades litoestratigráficas, onde todos os contatos estão encobertos. Associados a falha reversa que expõe a Formação Quilombo, ocorre falha de rasgamento de direção oeste-sudoeste/leste-nordeste, e nos afloramentos dessa falha são observados *slickenlines* em plano caracterizado por siltitos em que os *steps* indicam cinemática reversa com componente transcorrente. Por fim, a cinemática geral caracterizada pelas falhas reversas é do tipo transpressiva sinistral com topo para leste-sudeste (Figura 5.13).

5.2.2.2 Fraturas

Ocorrem dois tipos de fraturas na subárea XIV: par conjugado de fraturas de cisalhamento e fraturas de alívio de pressão. As fraturas de pares conjugados exibem orientação preferencialmente noroeste e nordeste (Figura 5.14 e Figura 5.15), enquanto as fraturas principais de alívio de pressão orientam-se conforme a foliação principal *Sp*, e as secundárias não mostram orientação preferencial, além de que são muito afetadas pelo intemperismo e pela dissolução das rochas carbonáticas. As fraturas de cisalhamento podem ocorrer com deformação puramente rúptil, mas também pode ocorrer associado a uma deformação rúptil-dúctil, evidenciada em afloramentos de siltito no Membro Ribeirão do Franco, na Formação Quilombo (Figura 5.14 e 5.15.)

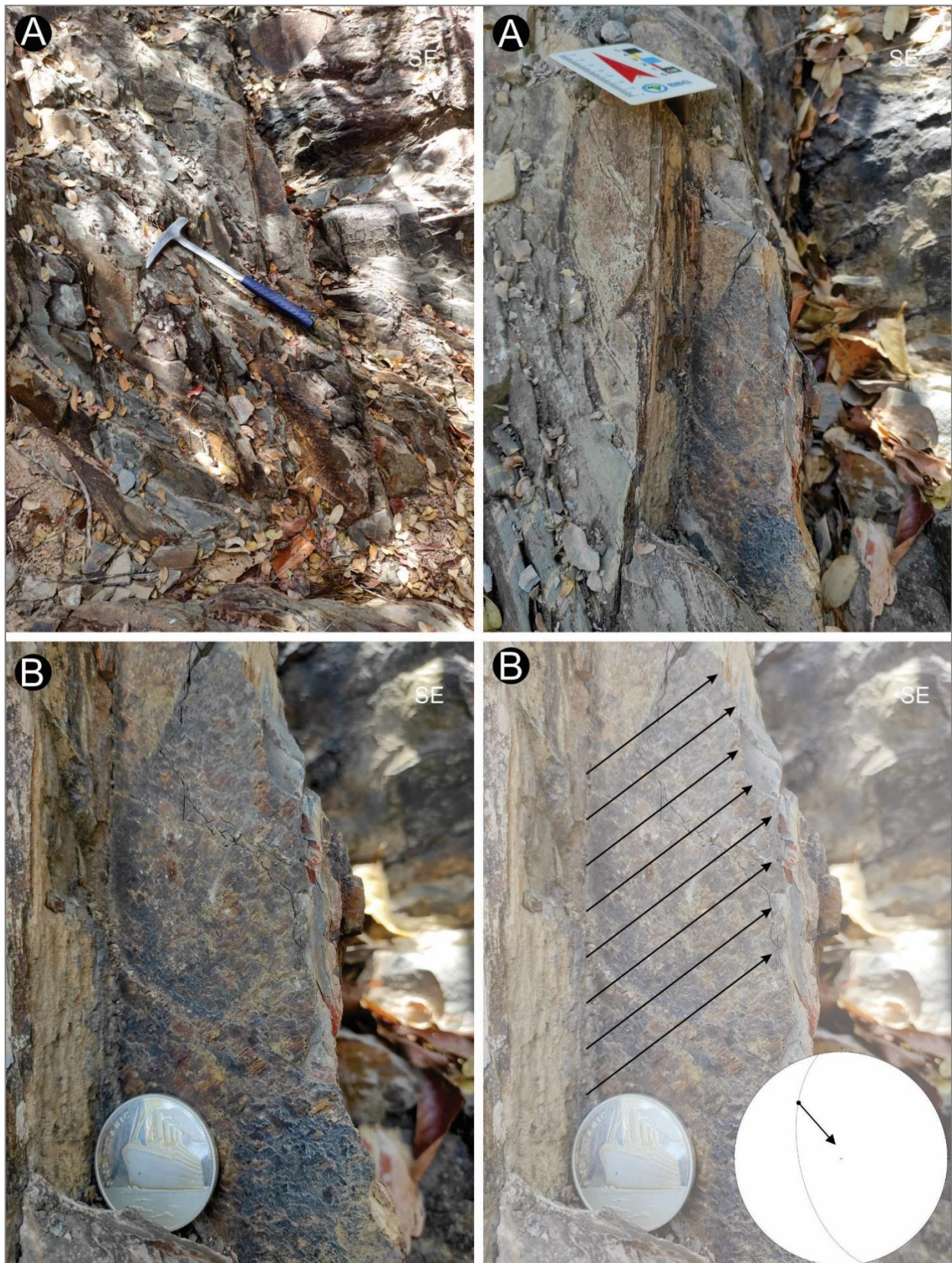


Figura 5.13 - A) Exposição na zona de falha reversa na Formação Quilombo. B) Espelho de falha ($S_0 = 256^\circ/61^\circ$) evidenciando a lineação de deslizamento ($L_x = 296^\circ/55^\circ$) através do estiramento de quartzo formando os steps, e indicando a direção da movimentação dos blocos (ponto 20-XIV-78).

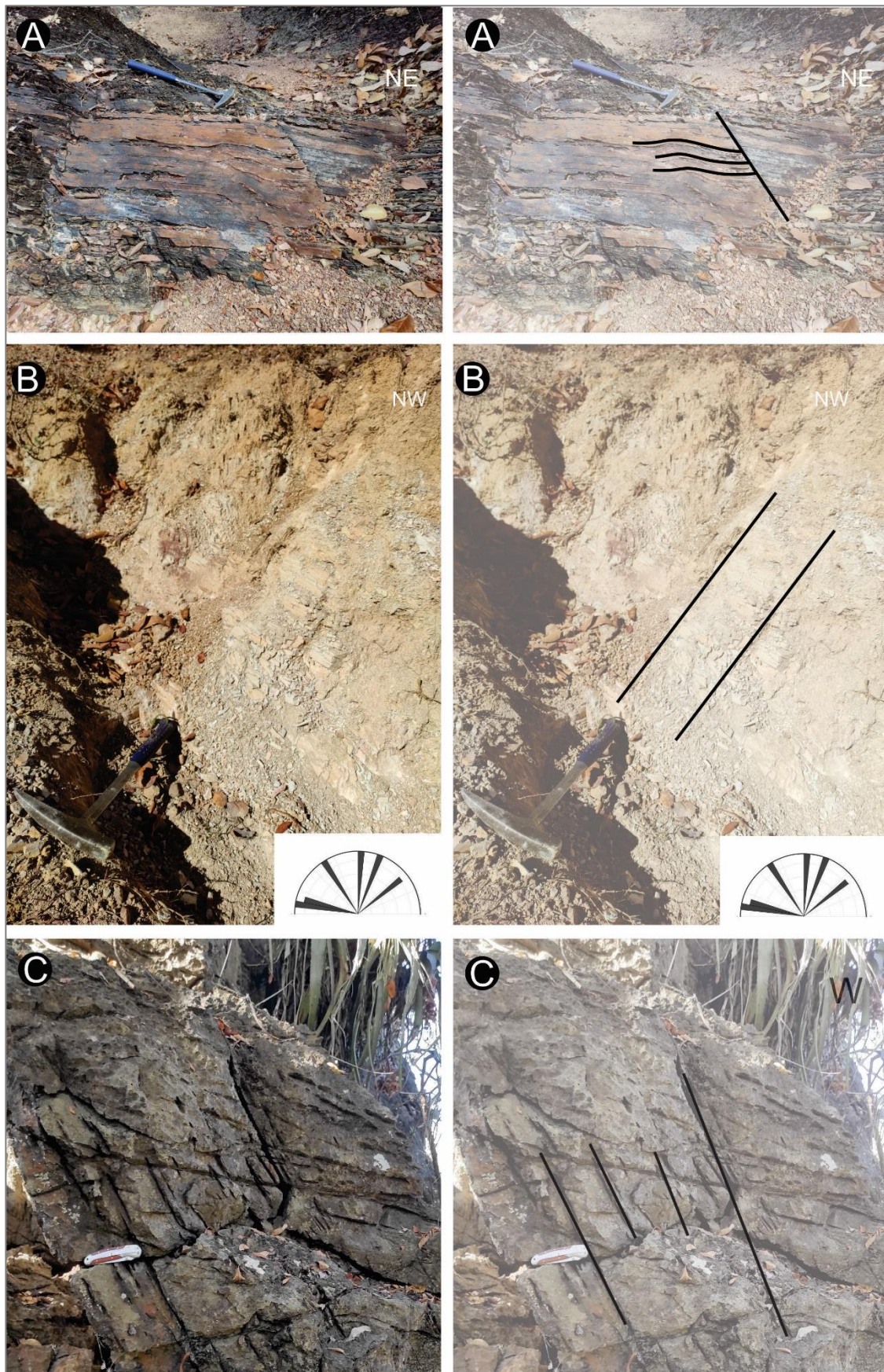


Figura 5. 14 - A) Fratura com comportamento rúptil dúctil no Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo. B) Fratura de cisalhamento nos siltitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. C) Fraturas de alívio de pressão nos carbonatos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, orientadas conforme a Sp.

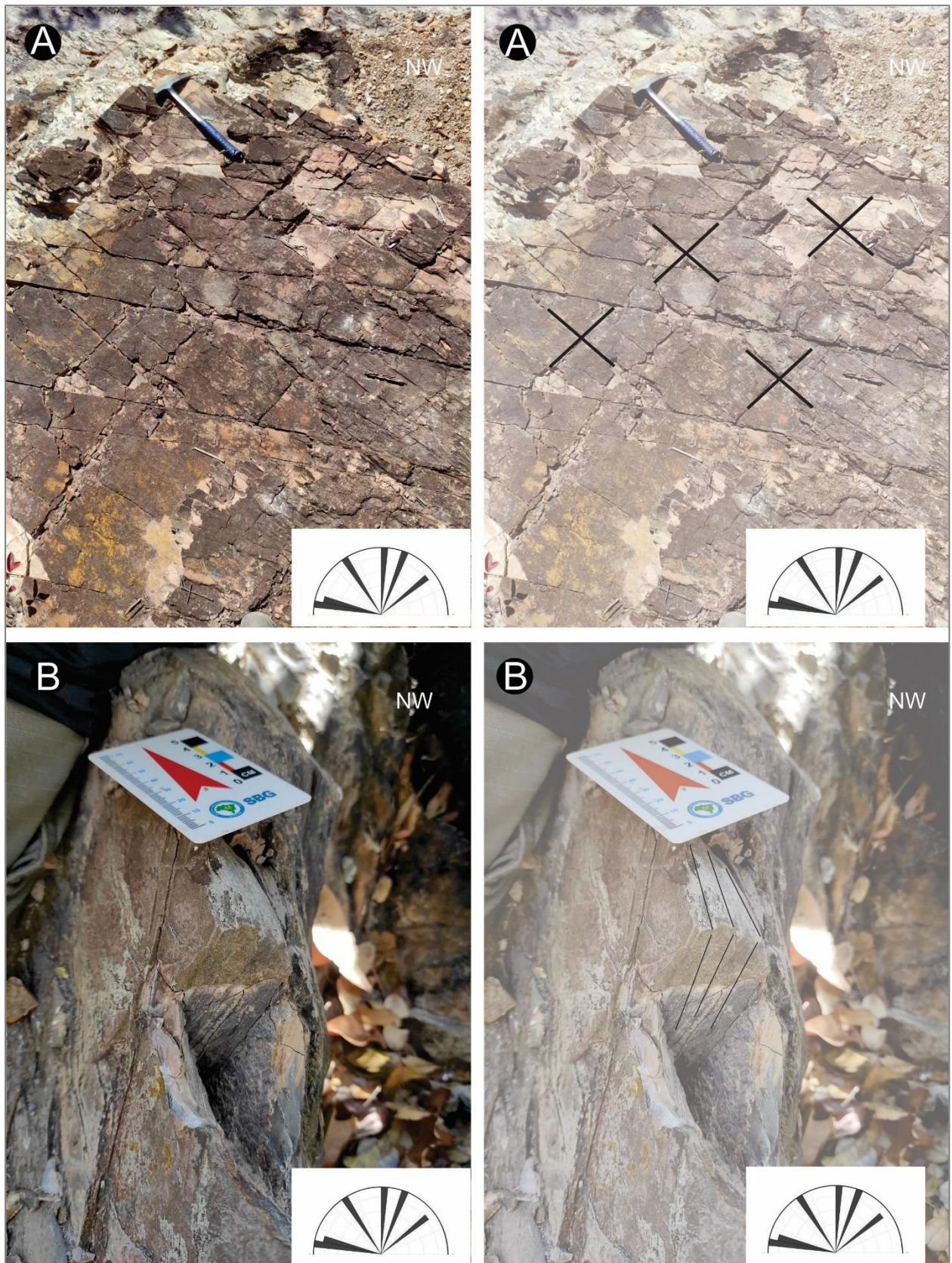


Figura 5. 15 - Par conjugado de fraturas de cisalhamento. A) Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo, em que foi levantada uma Seção Estratigráfica (Trilha). B) Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo, afloramento em uma drenagem.

5.3 Discussão

Segundo Fossen (2012), a definição de falha reversa seria qualquer falha em que a capa é soerguida em relação a lapa, e por isso, todas as falhas regionais que ocorrem na área do Projeto Unai são consideradas como falhas reversas, mesmo não invertendo a estratigrafia original. As falhas observadas não invertem a estratigrafia, e por isso não foram consideradas falhas de cavalgamento ou falhas de empurrão, pois, por definição esta modalidade de falha deve conter à inversão estratigráfica.

O Grupo Canastra ocorre em grau metamórfico mais elevado que as demais unidades litoestratigráficas, porém, como evidenciado na Figura 5.2, está inserido em um nível crustal mais raso. Portanto a aparente diferença de grau metamórfico seja provavelmente pelo protólito, em que o da Formação Serra do Landim é menos competente e mais favorável à recristalização em comparação com as rochas da Formação Quilombo e da Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá.

Além disso, toda a trama de natureza rúptil-dúctil da deformação, com diversas falhas reversas associadas diretamente a falhas de rasgamento e dobramentos, a predominância de dobras com eixos arredondados e flancos retos tendendo a dobras em chevron, dentre outras feições, indicam que as rochas mais competentes não foram submetidas a grandes esforços e temperaturas, ou seja, deformação em porções mais rasas.

Pela combinação e relação das estruturas existentes na área e pelo contexto regional, é bastante razoável concluir que o estilo de deformação foi um estilo progressivo incremental, em que provavelmente envolveu etapas sucessivas ou pulsos infinitesimais até atingir uma deformação finita. Portanto, tais estruturas se formaram simultaneamente à medida que deformavam as rochas durante um único grande evento, o Ciclo geodinâmico Brasileiro.

6. ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

6.1 Introdução

O objetivo desse capítulo foi realizar uma análise qualitativa do potencial hidrogeológico, bem como a compartimentação e caracterização geral dos principais aquíferos que ocorrem na área do projeto e na subárea XIV, sendo seu principal produto, o mapa de zoneamento hidrogeológico. Este produto cartográfico não representa um mapa hidrogeológico, em função da escassez de dados quantitativos, tais como: informações de poços tubulares, dados de ensaios de infiltração, resultados de testes de bombeamento etc. Uma etapa fundamental em qualquer estudo de águas subterrâneas é a definição e mapeamento das unidades aquíferas e confinantes (unidades hidroestratigráficas). Com o zoneamento dessas unidades, compartimenta-se o arcabouço geológico em função principalmente dos valores de permeabilidade e de espessura, procurando-se definir o sistema de fluxo (Machado, 2014).

O conceito de unidade litoestratigráfica evoluiu com o tempo, o primeiro a definir foi Maxey (1964): corpos de rocha com extensão lateral considerável compondo um arcabouço geológico que funciona razoavelmente como um sistema hidrológico distinto. Posteriormente, os trabalhos de Seaber (1982; 1986) discutiram acerca da definição, até que Seaber (1988) definiu unidades hidroestratigráficas como: um corpo rochoso distinto por sua porosidade e permeabilidade. Dessa forma, as unidades hidroestratigráficas respeitam o código de nomenclatura estratigráfica, o qual determina todas as unidades estratigráficas, independentes entre si. Sendo assim, a proposta da compartimentação dos aquíferos do Projeto Unai considera três diferentes domínios: Freático/Intergranular, representado pelas unidades hidrogeológicas (UH) FI1 e FI2; Fraturado profundo, pela FP1 e FP2; e o Fissuro-Cárstico, pela FC (Figura 6.1).

6.2 Unidades Hidroestratigráficas

A distinção das unidades hidroestratigráficas se embasou principalmente em duas bases de dados: Mapa Geológico do Projeto Unai (1:50.000) e Mapa Pedológico do IBGE (2021) em escala 1:250.000. O tratamento destes dados se deu através da reclassificação de acordo com os aspectos geológicos (estruturais e petrográficos) e reológicos, além de aspectos fisiográficos (relevo e declividade) e pedológicos. Também complementam o mapa de zoneamento hidrogeológico (Figura 6.1 e Apêndice H) os pontos das cavidades naturais (CECAV) da região, a localização dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS-CPRM), os lineamentos morfoestruturais juntamente com seu o diagrama de rosetas, a rede hidrográfica (IBGE, 2021), e as isoietas da pluviosidade média anual (CPRM).

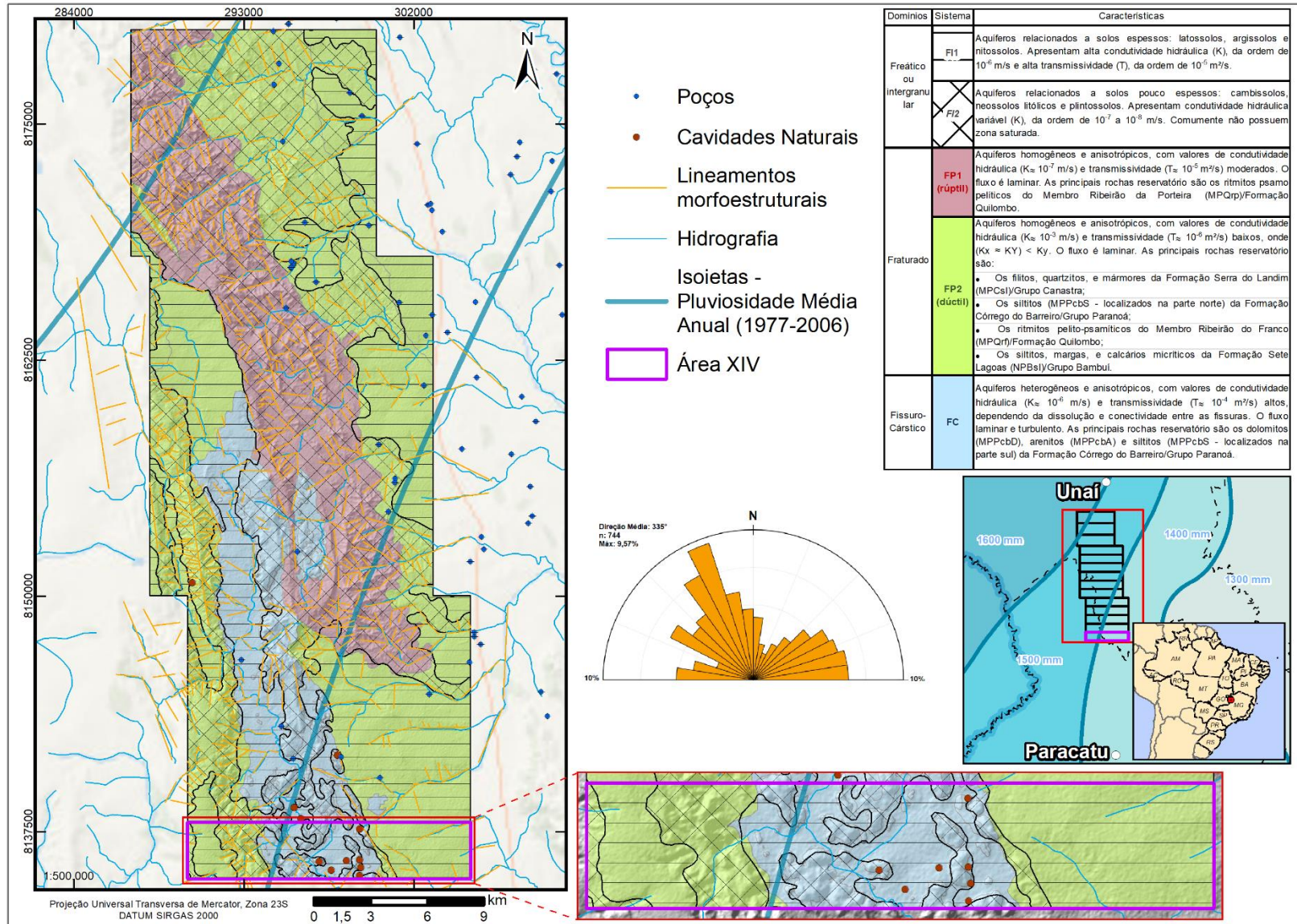


Figura 6. 1 - Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai, apresentando a compartimentação em domínios e suas subdivisões em sistemas/idades hidroestratigráficas. Na subárea XIV existe uma maior concentração de cavidades naturais, como salientado no zoom.

O domínio freático, classificado como intergranular quanto ao tipo de porosidade, é composto por duas unidades hidroestratigráficas ou sistemas hidrogeológicos: i) relativa aos solos espessos (Freático Intergranular 1 - FI1) e ii) relativa aos solos poucos espessos (Freático Intergranular 2 - FI2). Já a porção dos aquíferos profundos é dividida em dois domínios segundo a porosidade, o fraturado (FP) e o fissuro-cárstico (FC). O fraturado compõe-se de duas unidades hidroestratigráficas/sistemas hidrogeológicos: i) relativo aos contextos de rochas com comportamento reológico mais rúptil (Fraturado Profundo 1 - FP1), e ii) relativa à contexto de reologia mais dúctil (Fraturado Profundo 2 - FP2).

6.2.1 Domínio Aquífero Freático

Este domínio é classificado quanto a porosidade como do tipo intergranular, quanto a superfície potenciométrica como livre, e quanto ao tipo de material como inconsolidado. Portanto, a própria gênese do seu material implica na sua porosidade, que é primária. Em relação as propriedades físicas/hidráulicas a classificação é variável, uma vez que vários parâmetros controlam as características hidrodinâmicas, como os horizontes/espessuras do solo, condutividade hidráulica, porosidade efetiva, transmissividade etc. Assim, a divisão do domínio em duas unidades hidroestratigráficas principais se faz necessária, a fim de ser mais representativa destes aquíferos.

A primeira Unidade Hidroestratigráfica ocorre em aproximadamente 40% da área, sendo classificada com Freática Intergranular 1 (FI1). Essa unidade trata dos aquíferos relacionados aos solos espessos: latossolos, argissolos e nitossolos (Figura 6.2). São derivados dos mais variados tipos de rochas, contudo em áreas com padrão de relevo suave ondulado a plano. A rochas que pedogenizadas dão origem a esses solos são essencialmente: filitos da Formação Serra do Landim; siltitos, dolomitos e arenitos da Formação Córrego do Barreiro; ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco da Formação Quilombo; e siltitos, margas e calcários da Formação Sete Lagoas. Portanto, tal aquífero é homogêneo e isotrópico, apresentando valores de condutividade hidráulica (da ordem de 10^{-6} m/s) e transmissividade (da ordem de 10^{-5} m²/s) elevados, e o seu o potencial hídrico também é alto.

Se estendendo aproximadamente por 60% da área, a Unidade Hidroestratigráfica Freática Intergranular 2 (FI2), é a representante dos aquíferos relacionados aos solos pouco espessos. Os cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos (Figura 6.2) derivam-se dos mais variados tipos de rochas basicamente nas áreas de maior declividade. A rochas que originam esses solos são: rochas da Formação Serra do Landim; essencialmente os dolomitos e arenitos da Formação Córrego do Barreiro; rochas dos Membro Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira da Formação Quilombo. Sendo assim, este aquífero é anisotrópico e homogêneo, com valores de

condutividade hidráulica variável (da ordem de 10^{-7} a 10^{-8} m/s) e transmissividade muito baixa a nula, uma vez que comumente não apresentam zona de saturação. Sendo assim, o seu potencial hídrico é restrito, resultando em importância hidrogeológica relativa local baixa.

6.2.2 Domínio Aquífero Fraturado

Esse domínio aquífero é classificado como fraturado, tanto em relação a porosidade, quanto ao tipo de material. Portanto, a sua porosidade (fraturas) é gerada após a litificação do corpo rochoso, fato esse reforçado pela própria tectônica da região, um terreno de faixa de empurrões e dobramentos, em contexto geotectônico raso.

E como é possível observar no diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais (Figura 6.1 e Apêndice H), há duas modas principais, uma mais dominante aproximadamente na direção N-NW/S-SE e outra secundária aproximadamente na direção E-NE/W-SW. Esses lineamentos estão fortemente ligados ao *trend* geral da Faixa Brasília e onde se cruzam, são áreas de maior acúmulo hídrico em fraturas em profundidade. Além dos lineamentos morfoestruturais, numa escala local, a caracterização das fraturas se faz importante para auxiliar a determinação do potencial hídrico dos aquíferos.

Portanto, é razoável deduzir que esse aquífero, dentro dos limites de cada conjunto de rochas, seja homogêneo e anisotrópico em relação as propriedades físicas/hidráulicas. Contudo, do ponto de vista de comportamento reológico das rochas é passível uma subdivisão em duas unidades hidroestratigráficas.

A Unidade Hidroestratigráfica Fraturada Profunda 1 (FP1) ocorre em aproximadamente 25% da área, e é representada pelos aquíferos relacionados aos ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira (MPQrp) da Formação Quilombo. Tal aquífero é homogêneo e anisotrópico, com valores de condutividade hidráulica (da ordem de 10^{-7} m/s) e transmissividade (da ordem de 10^{-5} m²/s), considerados moderados. O seu fluxo é laminar em um meio mais rúptil, e o seu potencial hídrico moderado.

A Unidade Hidroestratigráfica Fraturada Profunda 2 (FP2) ocorre em aproximadamente 55% da área, e se trata dos aquíferos relacionados aos filitos, quartzitos, e mármores da Formação Serra do Landim (MPCsl) do Grupo Canastra; aos siltitos (MPPcbS - localizados na parte norte) da Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá; dos ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco (MPQrf) da Formação Quilombo; e aos siltitos, margas, e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas (NPBsl) do Grupo Bambuí. Esses aquíferos são considerados homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica (da ordem de 10^{-8} m/s) e transmissividade (da ordem de 10^{-6} m²/s) considerados baixos. O seu fluxo é laminar em um meio mais dúctil, onde $(K_x \approx K_y) < K_z$, portanto o seu potencial hídrico é baixo.

6.2.3 Domínio Aquífero Fissuro-Cárstico

Este domínio é composto de uma única unidade hidroestratigráfica/sistema, denominado de aquífero Fissuro-Cárstico (FC), e se estende por aproximadamente 20% da área. As suas principais rochas reservatório são os dolomitos (MPPcbD), arenitos (MPPcbA) e siltitos (MPPcbS - localizados na parte sul) da Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá (Figura 6.2). Tratam-se de aquíferos heterogêneos e fortemente anisotrópicos, e geralmente possuem valores de condutividade hidráulica (da ordem de 10^{-6} m/s) e transmissividade (da ordem de 10^{-4} m²/s) elevados, mas a dissolução e conectividade entre as fissuras é determinante. Portanto, apresenta fluxo laminar e turbulento, e o potencial hídrico moderado a elevado.

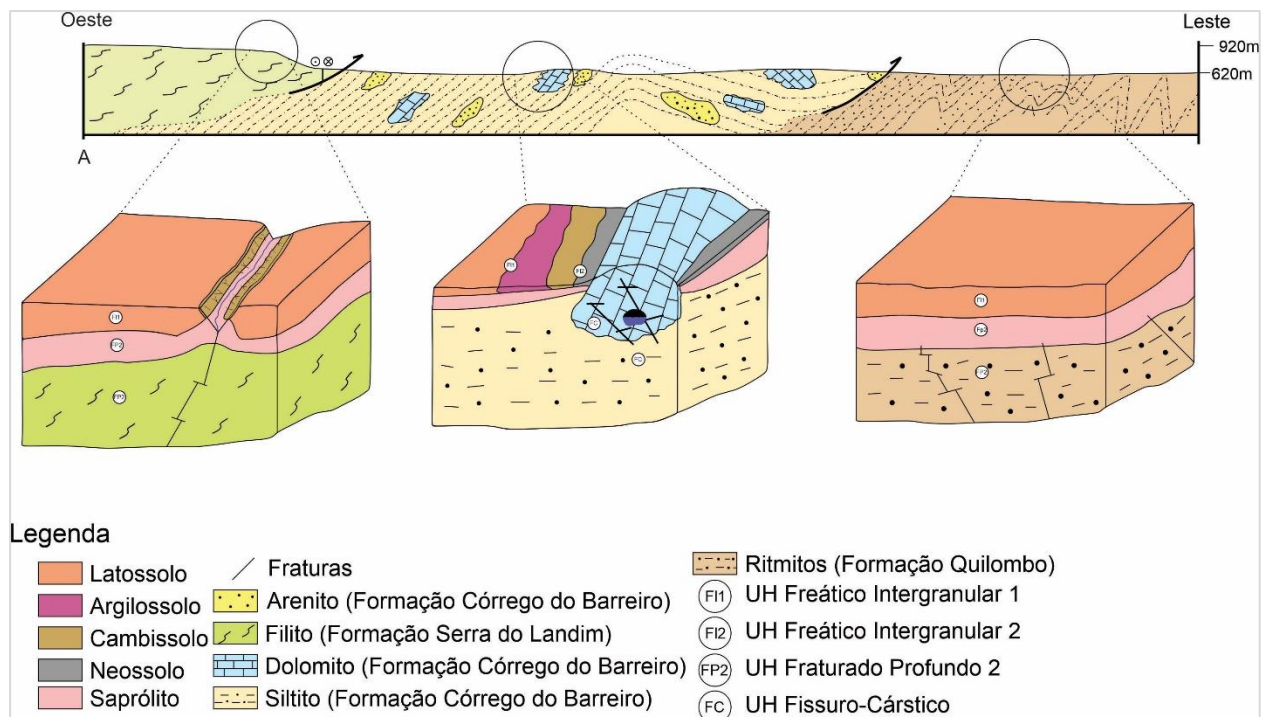


Figura 6. 2 - Modelo esquemático dos domínios e algumas das unidades/sistemas aquíferos. Na subárea XIV ocorrem as unidades F11 e F12 do domínio freático, a FP2 do fraturado profundo, e a FC do fissuro-cárstico. A quantidade de cavidades naturais a sul da área do projeto é maior, marcando bem o domínio fissuro-cárstico.

6.3 Discussões e Gestão dos Recursos Hídricos

Partindo apenas de avaliação preliminar dos dados de poços tubulares cadastrados e disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS-CPRM), já é possível notar a deficiência de informações (Tabela 6.1). Dos 29 poços tubulares localizados na área do Projeto Unai, poucos possuem só algumas das informações a respeito dos parâmetros hidráulicos do aquífero.

Tabela 6. 1 - Resumo dos dados cadastrais de alguns dos poços tubulares ocorrentes na região do Projeto Unai, disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, do Serviço Geológico do Brasil.

Domínio/Sistema	Profundidade final	Nome	Nível Dinâmico (m)	Nível Estático (m)	Vazão Específica (m ³ /h/m)	Vazão pós Estabilização (m ³ /h)	Uso da água	Diâmetro do tubo (pol)	Base	Nível de água (m)	Vazão (m ³ /h)
FC	52	UNA-249	0	0	0	0	Abastecimento doméstico	6	52	12,69	17,2
FC	66	UNA-247	0	0	0	0	Pecuária	6	66	33	5
FC	82	UNA-248	0	0	0	0	Abastecimento doméstico	6	82	14,76	12
FC	78	UNA-246	0	32	0	13		6	78	0	0
FP1	64	UNA-237	0	0	0	0	Irrigação	6	64	0	0
FP2	78	UNA-070	0	0	0	0	Abastecimento doméstico/animal	6	78	0	0
FP2	84	UNAI-09	24,95	12,1	1698	21,82		6	84	0	0
FP2	90	UNA-080	48	14	0,706	24	Abastecimento doméstico/animal	6	90	0	0
FP2	92	UNA-238	0	0	0	0	Abastecimento doméstico/animal	6	92	0	0
FP2	94	UNAI-08	28,14	11,54	1033	17,14		6	94	0	0
FP2	95		0	5,6	0	0		6	95	0	0
FP2	100	UNA-262	50	27	0,217	5	Abastecimento doméstico/animal	6	100	0	0
FP2	132	UNA-079	72	21	0,202	10,28	Abastecimento doméstico/animal	6	132	0	0
FP2	136	UNA-081	0	0	0	0	Abastecimento doméstico/animal	6	136	0	0
FP2	0	UNA-240	0	0	0	0	Abastecimento múltiplo	6	0	0	0
FP2	0	UNA-239	0	0	0	0	Abastecimento múltiplo	6	0	0	0

Como observado em campo e na Tabela 6.1, o uso dos recursos hídricos se faz principalmente para o abastecimento doméstico e animal, contudo o uso de maior proporção para irrigação e pecuária de corte se fazem presentes.

Considerando esses e outros aspectos observados durante o trabalho de campo, propõe-se aqui algumas medidas básicas de gestão dos recursos hídricos (subterrâneos e superficiais) a fim de mitigar os problemas verificados e promover o uso mais responsável, controlado e que evite ao máximo contaminações.

Proteção dos poços tubulares e locação mais eficiente: na maioria dos poços tubulares vistos em campo, a cimentação e a proteção eficiente da estrutura do poço não estavam presentes (Figura 6.3). Na construção de novos poços na região, no mínimo, seria interessante haver uma cimentação na parte superior do poço com o intuito de fazer o isolamento sanitário e vedar a infiltração de efluentes e produtos indesejados. A confecção de uma estrutura protetiva resistente (telas, cercas, manilhas ou muros etc.) em volta do poço é fundamental para evitar a presença de animais e pessoas e ampliar a segurança da captação.



Figura 6.3 - Poço tubular sem cimentação inativado, provavelmente porque possuía baixa vazão ou água de qualidade indesejada. Localizado na subárea XIV, não cadastrado no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

Outro aspecto notável com relação aos poços é relativo a sua locação, que em muitos casos é pouco eficiente. Dos 29 poços totais, 24 encontram-se na UH FP2, 1 na UH FP1, e 4 na UH FC. Como já discutido anteriormente, o potencial hídrico dos aquíferos seria na seguinte ordem: $FP2 < FP1 < FC$, portanto os poços não se concentram nas áreas com maior potencial com

relação aos recursos hídricos subterrâneos. Logicamente que existem questões logísticas e de limites das propriedades, assim como questões da qualidade da água (água dura), contudo uma avaliação mínima dos lineamentos morfoestruturais e seus cruzamentos já poderia evitar a construção de poços secos ou de baixa vazão que venham a ser inutilizados (Figura 6.3). A realização de testes de bombeamento, nos poços existentes e nos poços a serem construídos, a fim de obter os parâmetros hidráulicos dos aquíferos e os caracterizar melhor, também seria de bastante importância para os proprietários rurais e o meio científico.

Uso controlado dos recursos hídricos superficiais: como se pode observar pelas isoietas na Figura 6.1 e no Apêndice H, a média de pluviosidade anual na região varia de 1600 mm a 1400 mm. Apesar da sazonalidade, a disponibilidade hídrica é favorável, uma vez que existem muitos cursos d'água perenes na região (Ribeirão da Aldeia, Ribeirão Cangalha, Ribeirão do Franco, e o Ribeirão do Brejo etc.).

O Ribeirão da Aldeia por exemplo, estende-se da subárea VII a subárea XIV, e sua perenidade está ligada aos solos espessos, uma vez que eles absorvem e armazenam muita água durante o período de chuvas e transmitem a água durante a seca, sendo o principal provedor e regulador de água para as propriedades da região.

Contudo, o seu uso está fortemente ligado a atividades agropecuárias (Figura 6.4), e como tal uso requisita longos períodos de bombeamento é necessário além da captação regulada, a diversificação das fontes de água durante o ano: como poços tubulares profundos, cisternas e outros tipos de captações.



Figura 6. 4 - Bomba de captação de água no Ribeirão da Aldeia, localizado na subárea XIV. Uso para irrigação e pecuária de corte.

Projetos de recarga artificial e construção de cisternas nas propriedades: no entorno das benfeitorias nas sedes das propriedades geralmente o solo encontra-se compactado, seja por passagens de máquinas, ou trânsito de animais e pessoas. Essa compactação reduz a infiltração

de água nos solos, e permite maior escoamento de água, podendo inclusive implicar na geração de processos erosivos.

Para minimizar os efeitos negativos da compactação da superfície, medidas simples de recarga artificial como a construção de caixas de recarga acopladas às calhas das edificações (Figura 6.5) auxiliariam na infiltração e percolação das águas superficiais para o aquífero (Cadamuro & Campos, 2005).

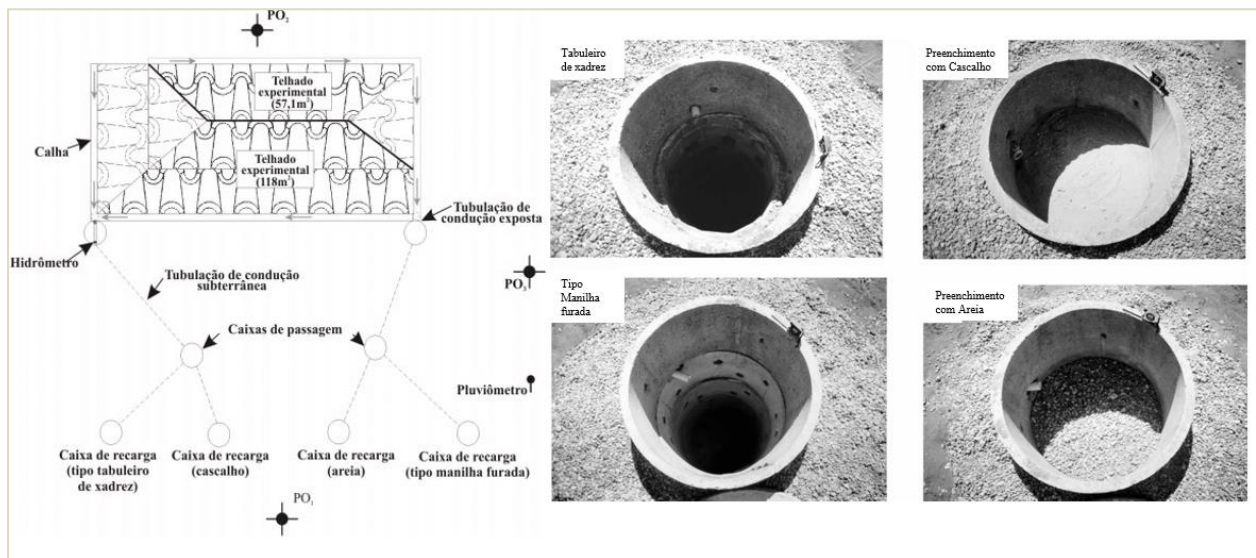


Figura 6.5 - Modelo do experimento de caixas de recarga para aquíferos fraturados, e os tipos de caixas de recarga (Cadamuro & Campos, 2005).

Por fim, como o uso de água subterrânea em propriedades rurais é de baixa demanda, a construção e uso de reservatórios poderá ser suficiente para suprir as necessidades domésticas e promover a diversificação da fonte de água, importante no período de estiagem. Esse tipo de captação é acoplada por sistema de calhas, em que a água passa por alguns tipos de filtros e é armazenada em um grande reservatório fechado que pode ser subterrâneo ou não.

7. POTENCIALIDADES ECONÔMICAS

7.1 Introdução

Por se localizar na borda leste do Orógeno Brasília, já no contexto de transição entre o cinturão de dobras de cavalgamento e a bacia de antepaís, a região em que compreende a área do Projeto Unaí apresenta características contrastantes com relação ao núcleo orogênico. Enquanto na porção central o magmatismo é bastante expressivo, com grau metamórfico mais elevado, e com predomínio de estruturas mais dúcteis, em geral envolvendo crosta inferior, nos cinturões metamórficos externos o grau metamórfico é menor, com falhas de cavalgamento mais rasas e até secundárias, menor confinamento e com magmatismo muito limitado.

Portanto, de maneira geral, essas características não resultam em feições favoráveis ao desenvolvimento de depósitos minerais, em grande parte pela ausência de circulação de fluidos de origem magmática, metamórfica ou tectônica. Contudo, mesmo com um potencial baixo, não há impossibilidade da formação de depósitos em casos mais específicos, com controles locais ou vinculação a rochas e processos específicos. Este fato é comprovado pela existência de depósitos de ouro, zinco, chumbo, fosfato etc. principalmente a sul da área da área do projeto, ao longo de uma estreita faixa alinhada. Esta faixa compõe um distrito mineiro em que são encontradas ocorrências, depósitos e minas ativas de ouro, fosfato, zinco, chumbo e zinco, pedreiras de dolomito e diamante. Todas essas ocorrências se encontram alinhadas, na denominada faixa Vazante ou Faixa Paracatu-Vazante (Figura 7.1).

7.2 Potencialidades Geoeconômicas Mineraiis e Não mineraiis

A seguir serão apresentadas as ocorrências minerais exploradas e os potenciais minerais e não minerais na região do Projeto Unaí. Neste item são levados em consideração o ambiente geotectônico, os tipos de rochas, possíveis controles tectônicos etc. para os municípios de Unaí, Paracatu, Vazante, e eventualmente Cristalina-GO, além de correlações com as regiões de Campos Belos-GO, e Arraias-TO.

7.2.1 Potencial de Ocorrência de Depósitos Mineraiis

Os depósitos/ocorrências minerais e seu interesse na região do Projeto Unaí são diversificados e numerosos, assim como em toda a Faixa Vazante (Figura 7.2). Analisando os processos minerários, acerca das suas substâncias e fases, é notável o interesse eminente nas mesmas substâncias que são exploradas em grandes depósitos a sul da região, seguindo a mesma tendência das faixas oeste e leste.

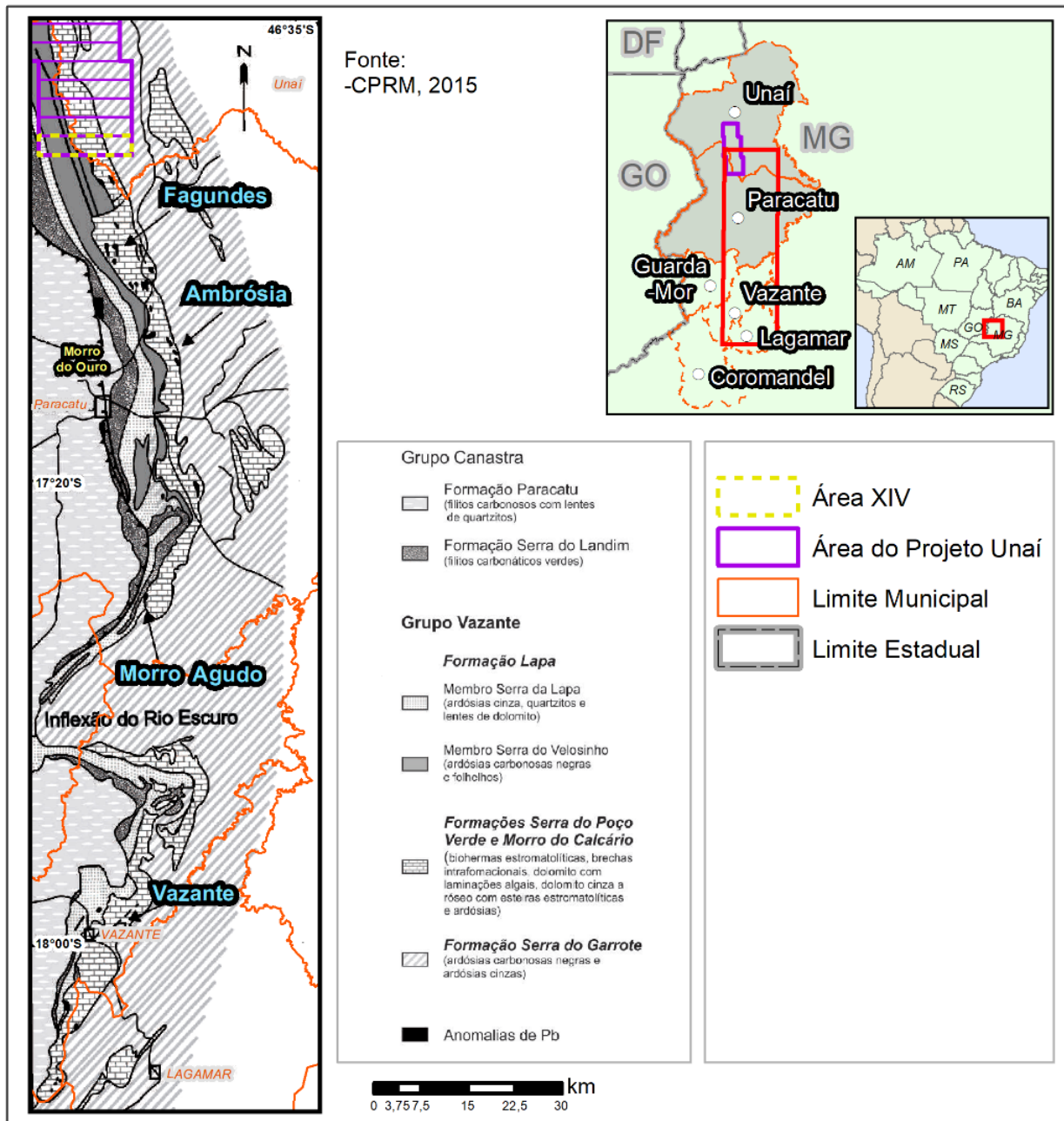


Figura 7.1 - Distrito mineiro a sul da área do Projeto Unai (Adaptado de Dias *et al.*, 2015).

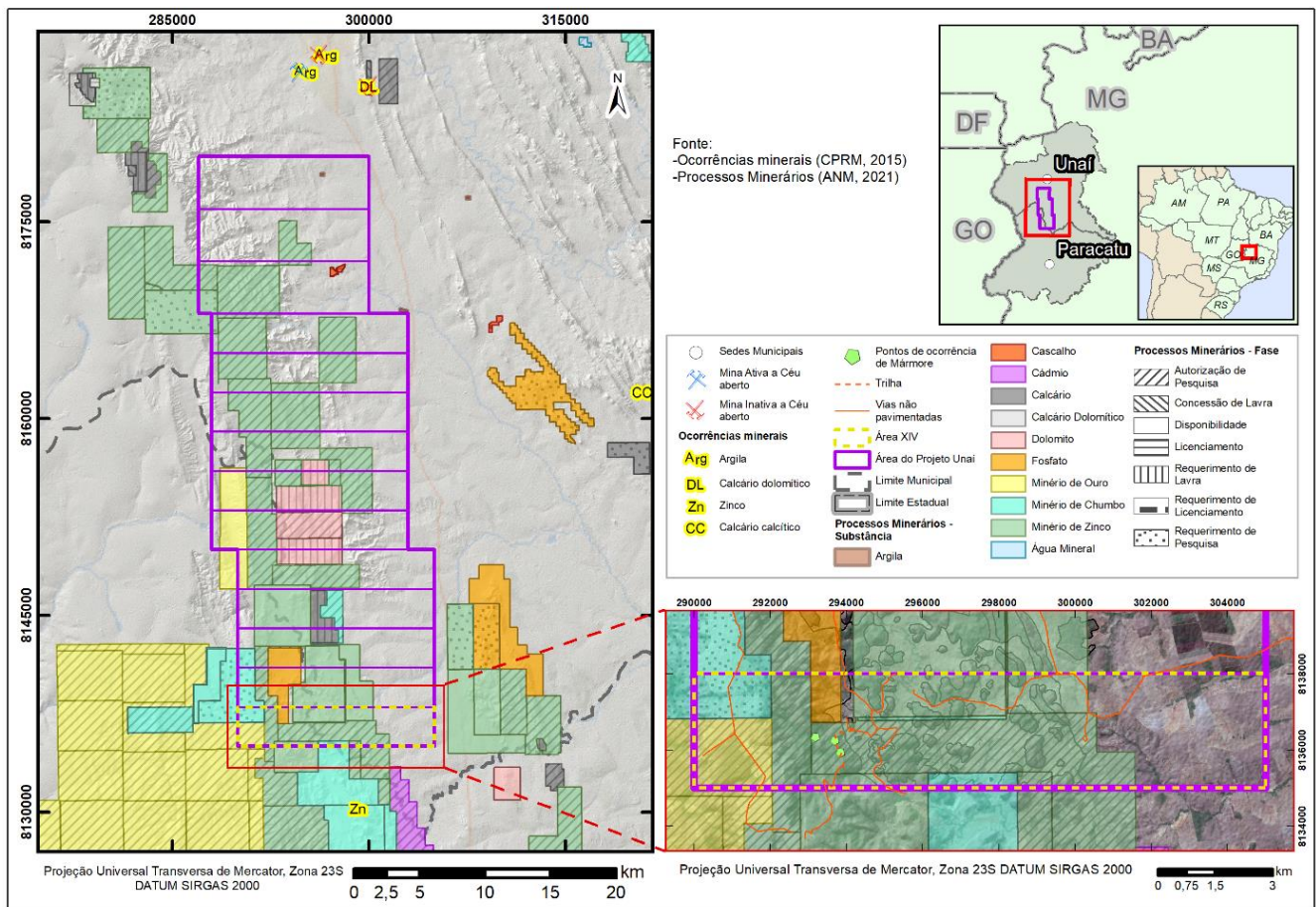


Figura 7.2 - Ocorrências minerais, minas, e processos minerários da região do Projeto Unai.

7.2.1.1 Ocorrências de Depósitos Metálicos

7.2.1.1.1 Potencial para Zinco e Chumbo ± Cobre

Depósitos associados com rochas dolomíticas, ocorrem quatro importantes depósitos a sul do Projeto Unai, representados por: Morro Agudo, Vazante, Ambrósia e Fagundes, que compreendem um dos mais importantes distritos de plumbo-zincíferos do Brasil. Estes depósitos estão relacionados aos estágios orogenéticos a tarde-orogenéticos evolutivos da Faixa Brasília, e apresentam algumas diferenças entre si (Neves, 2011).

Morro Agudo (também Fagundes e Ambrósia) apresentam associações de metais de Zn-Pb-(Cd) principalmente na forma de sulfetos de zinco (esfalerita) e chumbo (galena), secundariamente pirita e marcassita. Hospedados em espessos pacotes de brechas dolomíticas e dolarenitos (Figura 7.3A), mostram alterações hidrotermais de dolomitização e sulfetação intensas. Portanto, constituem depósitos de Zn-Pb muito provavelmente do tipo Mississippi Valley (MVT) (Neves, 2011).

Já o depósito de Vazante mostra a seguinte associação de metais: Zn-(Ag-As-Cd-Cu-Ni-Pb). Os minerais de interesse econômico ocorrem como silicatos de zinco (willemita) hospedados em dolomitos e com hematita, com alterações hidrotermais tipo dolomitização, hematização e silicificação. Assim sendo, por se tratar de um grande depósito de silicato de zinco

hospedado em espessas unidades de rochas carbonáticas (Figura 7.3B), provavelmente seria um depósito do tipo Mississippi Valley (MVT), em um contexto de fluidos mais carbonáticos e reduzidos, ou do tipo Sedimentar Exalativo (SEDEX), com contexto de fluidos menos reativos, em meio mais quartzo-arenítico (Dias *et al.*, 2015).

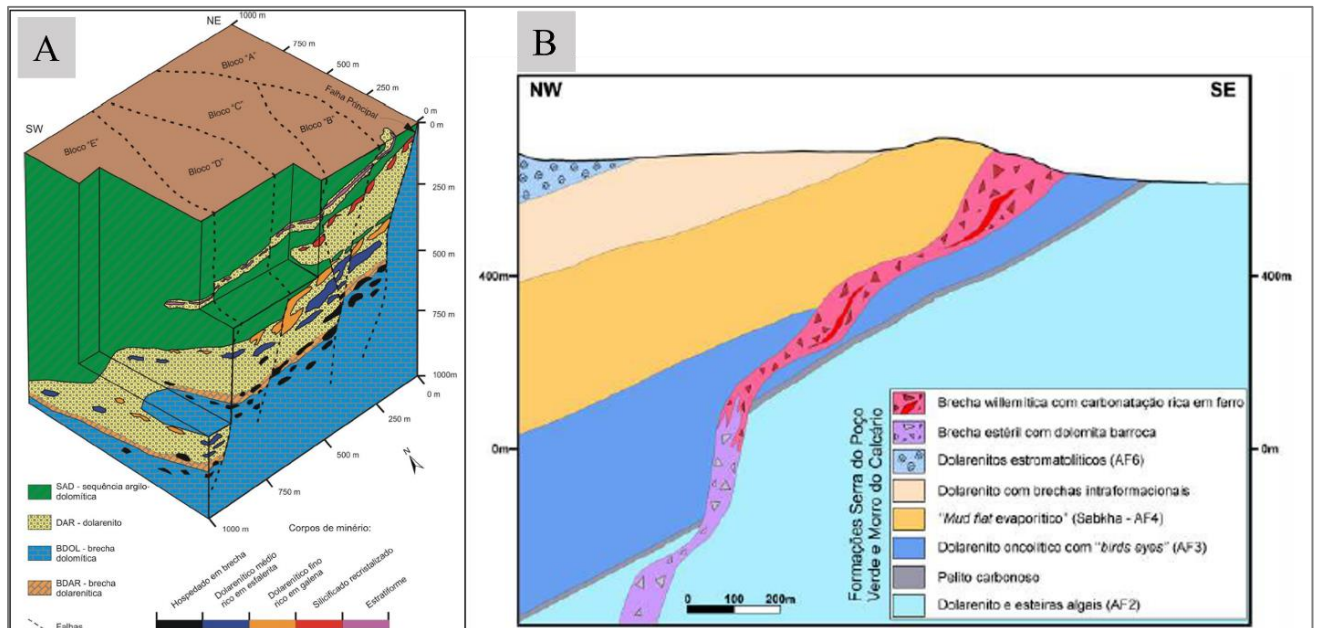


Figura 7.3 - A) Bloco diagrama do depósito de Morro Agudo (Neves, 2011). B) Seção geológica esquemática da Mina de Vazante (Dias *et al.*, 2015).

Contudo, tais depósitos estão hospedados em rochas carbonáticas mapeadas e descritas como do Grupo Vazante, em um contexto de margem passiva ou bacia de antepaís. A unidade carbonática do projeto está sendo tratada como pertencente a Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. As características descritivas e a forma que ocorre tal unidade, em morrotes relativamente pequenos e provavelmente pouco espessos, interdigitados com arenitos e siltitos, embasam tal perspectiva de interpretação, além das raras ocorrências minerais.

Mesmo assim, na região do povoado da Aldeia, área que o Projeto Unai aborda, existem muitos processos minerários relacionados a pesquisa principalmente para zinco, e alguns de chumbo. A maioria dos processos minerários para esses metais foram feitos pela Nexa Recursos S.A. como requerente, que explora Morro Agudo e Vazante, mas que pelo interesse já realizaram mapeamentos e alguns furos de sondagem na região do projeto.

Tais pesquisas, aparentemente sem resultados viáveis e/ou conclusivos, e a disponibilidade de algumas das áreas que já foram requeridas, reforçam a proposição de que a área do Projeto Unai se trataria do topo do Grupo Paranoá, com um potencial baixo para esses metais. Contudo, são necessários mais estudos a sul da área do projeto para o entendimento dessa possível relação de contato e transição dos Grupos Paranoá e Vazante.

7.2.1.1.2 Potencial para Ouro

As mineralizações de ouro que ocorrem nos filitos carbonosos do Membro Morro do Ouro, Formação Paracatu do Grupo Canastra (Silva, 2000) fazem do depósito do Morro do Ouro uma das maiores minas de ouro a céu aberto do mundo. Estando relacionadas aos estágios orogênicos a tarde-orogênicos de evolução do Orógeno Brasília, se classifica como do tipo ouro orogênico, mais especificamente *sediment hosted vein (SHV)* (Almeida, 2009).

Localizado a apenas 32 km a sul da área do projeto, ocorre em forma de veios de quartzo (*boundis*) concordantes hospedados em filitos carbonosos deformados, com associação mineral de pirita, arsenopirita e ouro (\pm pirita, esfalerita e galena). Com alterações hidrotermais de sericitização, carbonatização e sulfetação, constitui basicamente uma associação de metais de Au-(Ag-As-Pb-Zn-Bi) (Silva, 2000; Dardenne & Schobbenhaus, 2001; Almeida, 2009).

Nas imediações da área do projeto, existem diversos processos minerários em fases incipientes ligadas a pesquisa da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra. A maioria dos requerimentos são pela Kinross Brasil Mineração S.A., que já explora o depósito de Morro do Ouro.

Contudo, o potencial para esse metal nas proximidades do projeto se caracterizaria como baixo, uma vez que ali ocorrem rochas associadas à Formação Serra do Landim. O motivo de haver a mineralização de ouro relativamente próxima ao projeto seria ligação íntima com os filitos carbonosos do Membro Morro do Ouro (Formação Paracatu, Grupo Canastra), especificamente condicionada por uma estrutura principal (*megaboudin*) (Almeida, 2009).

7.2.1.2 Minerais e Rochas Industriais

7.2.1.2.1 Argila

A existência de duas minas de argila sobre a Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, a norte da área do projeto, além de três processos minerários já em fase de licenciamento, um na área e outros dois próximos, evidenciam um bom potencial para extração de argila na região (Figura 7.2).

Todas essas ocorrências estão relacionadas a áreas de solos hidromórficos ou em margem de drenagem. Portanto, pelo processo de pedogênese em ambientes hidromórficos, ou seja, solos com acúmulo sazonal de água, haveria a transformação das rochas para solos muito argilosos. As áreas com ocorrência de pelitos das formações Sete Lagoas e Córrego do Barreiro associadas aos ambientes hidromórficos seriam as mais propensas a formação desses depósitos, que teriam aplicações para fabricação de materiais refratários, cerâmica vermelha, para uso direto na construção civil etc.

7.2.1.2.2 Dolomito Agrícola e Agregados

Requerimentos de lavra ou autorização de pesquisa em áreas de dolomitos da Formação Córrego do Barreiro, aliadas a ocorrências de mármores dolomíticos da Formação Serra do Landim (Figura 7.2), propiciam possíveis explorações dessas rochas na área do projeto para calagem de solos, previamente ao plantio, e/ou para agregados (blocos e brita).

As regiões planas do projeto à volta dos morrotes dolomíticos, da Formação Córrego do Barreiro, de maneira geral, mostram boa malha de estradas, que facilitaria o escoamento de uma provável extração.

Na área XIV, as ocorrências de mármores dolomíticos em regiões suave onduladas a onduladas de um patamar dissecado de serra e que apresentam uma estrada desativada se interligando a estradas maiores, viabilizaria eventual exploração. Esses mármores dolomíticos não apresentam grande silicificação, facilitando a moagem, assim como a extração que atualmente ocorre na região do povoado São Bartolomeu, na BR-040 próximo ao rio homônimo, no município de Cristalina-GO.

7.2.1.2.3 Potencial para Fosfato

A oeste do projeto ocorrem, mais próximas, duas áreas requeridas para a pesquisa de fosfato na Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí (Figura 7.2). Associada a base dessa formação na região dos municípios de Campos Belos-GO e Arraias-TO ocorrem depósitos pequenos, mas com elevados teores, de fosfato, além de siltitos fosfatados, bastante aplicados para produção de fertilizantes para uso agrícola (Monteiro, 2009).

Contudo, não existem ocorrências de fosfatos nas rochas da região do projeto, e os registros significativos de rochas fosfáticas no Grupo Bambuí foram observados apenas nas regiões supracitadas. Tais locais apresentam características únicas, com deposição de fosforitos em paleo-canais irregulares e descontínuos sobre o embasamento granítico, com presença da Formação Jequitaiá. Caracterizando uma sedimentação fosfática restrita, influenciada por regime transgressivo, sob condições climáticas frias (Monteiro, 2009).

7.2.2 Potencial Geoeconômico Não Mineral

A região do projeto conta com recursos não minerais que podem ser desenvolvidos e explorados economicamente. Esses recursos seriam empregados basicamente em atividades relacionadas ao geoturismo e ao turismo de aventura, que além de estimular a conservação da geodiversidade, contribuiria com o um novo segmento para desenvolvimento econômico das pequenas comunidades rurais. Este tipo de atividade tem sido desenvolvido em inúmeras

localizadas no Brasil em que há potencial efetivo.

A presença de cavidades naturais relacionadas aos dolomitos do Grupo Paranoá, concentradas na porção sul do projeto (Figura 7.4), evidencia o grande potencial geoeconômico desse recurso. Além da beleza cênica, as cavidades têm importante interesse geológico, biológico e cultural. Estas estruturas podem abrigar sítios arqueológicos e sítios paleontológicos, enfatizando a sua relevância científica. Sendo assim, além do papel científico, a importância social/cultural pode ser aplicada no âmbito turístico e religioso, com visitas guiadas por profissionais que passariam informações detalhadas a respeito de todos os aspectos citados anteriormente.

Na área XIV também ocorre uma cachoeira associada aos quartzitos e mármores da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra (Figura 7.4). Tal recurso, além de ser uma boa fonte de água potável, possui potencial para maior visitação turística e para esportes associados a escarpa do local (Figura 7.5). O acesso de veículo é possível até 500 metros de distância da queda d'água, e é continuado por uma trilha aberta que possui infraestrutura para aproximação à principal piscina natural.

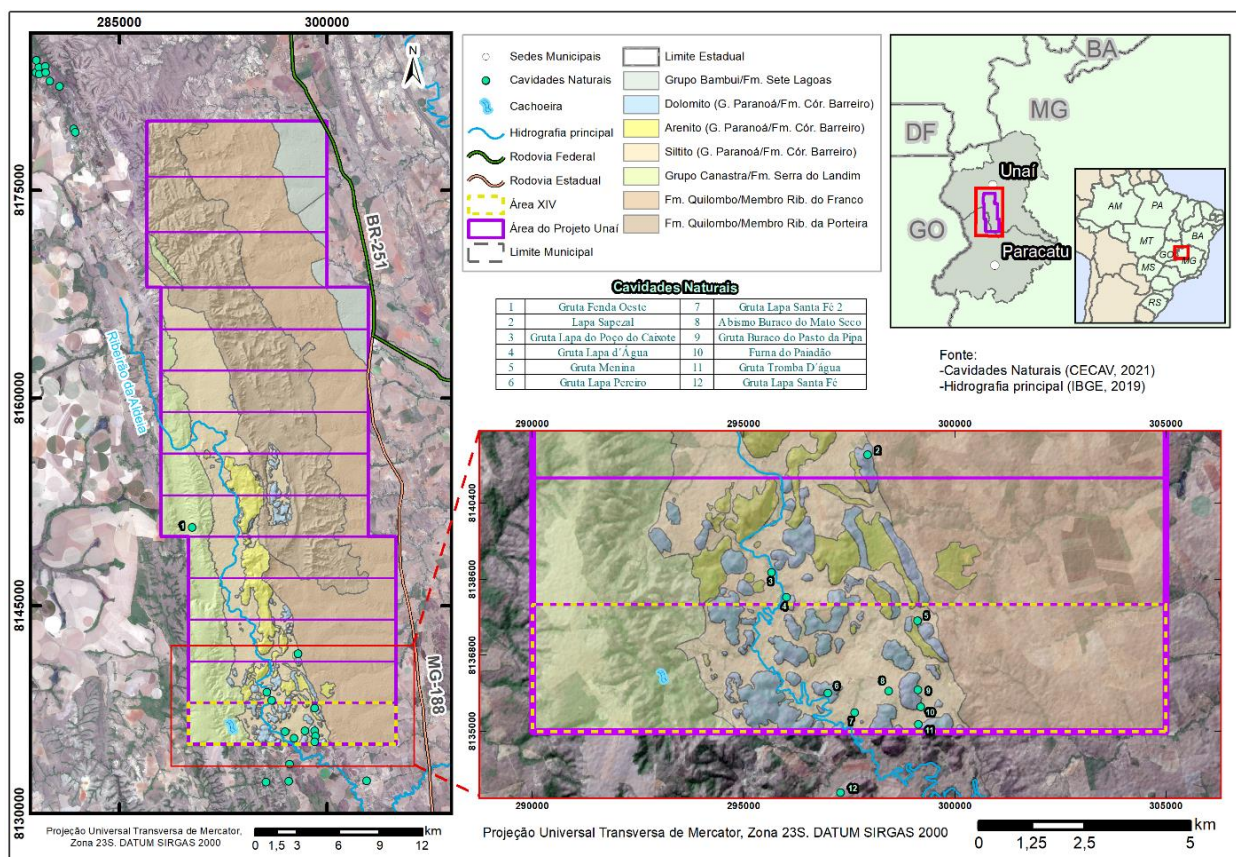


Figura 7.4 - Cavidades naturais, hidrografia principal e cachoeira ocorrentes na região do Projeto Unai. As cavidades encontram-se fortemente associadas aos dolomitos do Grupo Paranoá, enquanto a ocorrência no Grupo Canastra provavelmente estaria associada a mármore.



Figura 7.5 - A) Vista frontal da cachoeira (sentido sudoeste). B) Vista lateral da cachoeira (sentido sul-sudeste). Destaca-se a mangueira de captação de água do poço. (20-XIV-P87: 293092 L/ 8136314 S).

Do mesmo modo, é possível de se desenvolver e praticar esportes relacionados a corredeiras durante o período de cheia, no Ribeirão da Aldeia, curso d'água perene da região (Figura 7.6A). Atividades de escalada nas regiões de relevo montanhoso a escarpado dos morrotes dolomíticos, do Grupo Paranoá, também seriam viáveis pela facilidade de acesso aos locais e diversidade de tipos de paredões (Figura 7.6B).



Figura 7.6 - A) Ribeirão da Aldeia, próximo ao ponto 20-XIV-85 (295194 L/8136975 S). B) Escarpa de morrote dolomítico do Grupo Paranoá, próxima ao ponto 20-XIV-38 (299065 L/8135512 S).

8. EVOLUÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA

8.1 Introdução

Neste capítulo serão discutidos os modelos de evolução tectono-estratigráfica da área do Projeto Unai, desde o embasamento cristalino, estabilizado durante o Riáciano, até a deposição do Grupo Bambuí, durante o Ediacariano. Desta forma, este capítulo será organizado em duas partes, as relativas à evolução geológica das unidades aflorantes e das unidades não aflorantes na área do Projeto Unai. As unidades aflorantes incluem a Formação Quilombo e os grupos Paranoá, Canastra e Bambuí; e as unidades não aflorantes são representadas pelo embasamento cristalino e os grupos Espinhaço/Araí, Traíras e Vazante.

Antes de se iniciar a discussão sobre o modelo de evolução tectono-estratigráfica, dois comentários serão apresentados. O primeiro a respeito do uso do termo “Bacia do São Francisco” e o segundo, acerca da classificação da litoestratigrafia adotada para o Projeto Unai em contraste com a proposta anterior realizada por Pinho *et al.* (2017).

O termo “bacia sedimentar” possui duas definições, a depender da concepção em que for empregado. Quando baseado na concepção geográfica, é definido como uma região caracterizada pela acumulação de uma pilha espessa de sedimentos por um longo período no tempo geológico (Martins-Neto, 2006). Contudo, quando se baseia na concepção geodinâmica, é definido como: atuação de mecanismos de subsidência interligados, relativos ao mesmo regime tectônico ou evento tectono-termal, responsável pelo desenvolvimento de um ciclo de embaciamento de primeira ordem (Martins-Neto, 2006).

Neste capítulo considerou-se a definição de bacia sedimentar baseada na concepção geográfica, e por isso, serão consideradas na Bacia do São Francisco todas as unidades supracitadas, em diferentes fases de evolução dessa bacia. Para diferenciar essas fases então, se utilizou o termo de Supersequência (Vail *et al.*, 1977), que se refere a ciclos estratigráficos de duração entre 10 e 100 Ma. Essa nomenclatura foi adotada para evitar ambiguidades e dar maior enfoque na evolução tectono-estratigráfica.

A litoestratigrafia, uma das quatro unidades principais da estratigrafia, é por natureza independente das demais unidades estratigráficas (CBNE/SBG, 1986). Segundo o CBNE/SBG (1986), formação é a unidade fundamental da litoestratigrafia, e deve ser caracterizada com base nas características mineralógicas, sedimentares e paleontológicas somente.

A Formação Córrego do Barreiro proposta por Campos *et al.* (2013), foi descrita como depósitos principalmente de pelitos, com intercalações de rochas carbonáticas (*mudstones*; *grainstone*, *packstone* e *floatstones* intraclásticos e *boundstones* estromatólitos). Além disso, as

rochas carbonáticas estão interdidadas com camadas de arenitos a conglomerados, imaturos a submaturos. Comparando-se a descrição de Campos *et al.* (2013) com a unidade psamo-pelítica carbonática mapeada no Projeto Unaí, é notável a grande semelhança, mais do que quando comparada as descrições da Formação Serra do Poço Verde e do Membro Sumidouro (Formação Serra do Garrote), ambas do Grupo Vazante (Dardenne, 2000). Portanto, o Projeto Unaí propõe o tratamento dessa unidade como Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá.

Outra proposição seria a abordagem da unidade em que predominam clorita-fengita filitos como sendo pertencente a Formação Serra do Landim do Grupo Canastra, e não como sendo da Formação Serra da Lapa, Grupo Vazante (Pinho *et al.*, 2017).

Também foi adotada aqui a Formação Quilombo como composta pelas unidades de ritmitos pelito-psamíticos (Membro Ribeirão do Franco) e ritmitos psamo-pelíticos (Membro Ribeirão da Porteira). As descrições de Moura (2018) e de Campos *et al.* (2021) corroboram mais com as unidades mapeadas pelo Projeto Unaí do que com as descrições para a Membro Serra do Andrequicé (Formação Serra do Garrote) e para a Unidade B, não posicionada no Grupo Vazante (Pinho *et al.*, 2017).

Para uma unidade também sem posicionamento definido (Unidade A) no Grupo Vazante, propõe-se sua inclusão na Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. Além das descrições serem bastante similares, esse posicionamento em mapa e seção, é mais coerente no contexto geológico regional e com as próprias descrições de fácies.

8.2 Evolução das Unidades Não Aflorantes

8.2.1 Embasamento Cristalino

Não há exposições do embasamento da Bacia do São Francisco na área do Projeto Unaí, porém, a 20 km a norte da área, ocorre uma janela do embasamento, sendo classificada como granito tipo S, formado em ambiente de arco magmático e de idade de 2.14 Ga, datado pelo método U-Pb em zircões (Moura, 2017). Na linha sísmica que secciona a área do mapeamento, o embasamento é identificado por uma diferença de impedância positiva, na porção mais basal da sucessão. Além disso, é possível observar várias falhas normais, associadas à formação da Bacia do São Francisco (fase rifte) que cortam essa unidade basal da estratigrafia regional.

Os granitos supracitados são correlatos com outros tipos de embasamento da Faixa Brasília, sendo representados pelo Bloco Crustal Cavalcante-Natividade (ao norte) e pelos *Greenstone Belts* do Maciço de Goiás, no setor sul da faixa (Cordeiro & Oliveira., 2017; Fuck *et al.*, 2014). De maneira geral, pode-se considerar que o embasamento da Bacia do São Francisco é constituído de rochas ígneas e/ou metamórficas de idade arqueana a paleoproterozoica (Alkmim & Martins-Neto, 2012; Piuzana, 2003; Marques, 2009; Cordeiro, 2014; Fuck *et al.*, 2014).

8.2.2 Supersequência Rifte

A sequência rifte é caracterizada por subsidência mecânica e pela ascensão da astenosfera. Tal subsidência produziu a depressão em que se acumularam os sedimentos da Bacia do São Francisco (Fossen, 2012). Essa supersequência depositou-se sobre o embasamento (2.14 Ga) e subjacente a unidade aflorante, a Formação Quilombo (1.4 Ga). Assim, sua idade provável de evolução inclui o período entre 2.14 e 1.5 Ga.

A fase rifte se faz bastante evidente em seção sísmica, marcada por falhas normais de grandes rejeitos desde o embasamento. Esse estilo tectônico também explica a exposição do embasamento a norte da área do projeto, de forma que o rifte não seria necessariamente simétrico, e que apresenta altos de embasamento separando grandes depressões (Figura 8.1). Um exemplo disso mais conhecido, são os altos do embasamento que dividem as bacias da margem leste do Brasil, como a bacia de Santos delimitada a norte pelo alto de Cabo Frio e a Sul pelo alto de Florianópolis (Moreira *et al.*, 2007). Dessa forma, caso ocorresse uma tectônica compressiva da margem leste brasileira, os altos do embasamento poderiam ocorrer no mesmo nível crustal que as rochas sedimentares.

A fase rifte evidenciada na seção sísmica foi correlacionada ao Supergrupo Espinhaço e ao Grupo Araí. A equiparação ao Supergrupo Espinhaço se deu porque nos poços 1-BRSA-948-MG e 1-BRSA-871-MG, localizados a cerca de 70 km a sul da área do Projeto Unai, é interpretada a presença do Grupo Rio dos Remédios (Supergrupo Espinhaço) sotoposto ao Grupo Paranoá. Além disso, na borda leste da bacia do São Francisco, é possível observar na seção sísmica, que a fase rifte é aflorante, e essa região foi mapeada como Supergrupo Espinhaço (Figura 8.2) (Romeiro-Silva e Zalán, 2005).

O Supergrupo Espinhaço foi depositado durante a Tafrogênese Estateriana (1.75-1.50 Ga, Teixeira *et al.*, 2005), quando ocorreram vários eventos de tectônica distensiva em blocos crustais paleoproterozoicos ao redor do planeta, que culminaram na separação do Paleosupercontinente Atlântica (Neves, 2011).

A sequência rifte ocorre em toda porção basal da bacia do São Francisco, e na margem oeste da bacia, não há linhas sísmicas que evidenciem afloramentos dessa sequência. Contudo, existem afloramentos do Grupo Araí próximos a linhas sísmicas e devido a este fato, também se correlaciona esse grupo a fase rifte visível em interpretação da linha sísmica no presente trabalho, corroborando com os trabalhos anteriores (Zalan & Silva, 2007; Martins-Neto e Alkmim, 2001). O Grupo Araí apresenta idade de deposição de 1.77 Ga, e por isso também é correlacionado a Tafrogênese Estateriana (Marques, 2009).

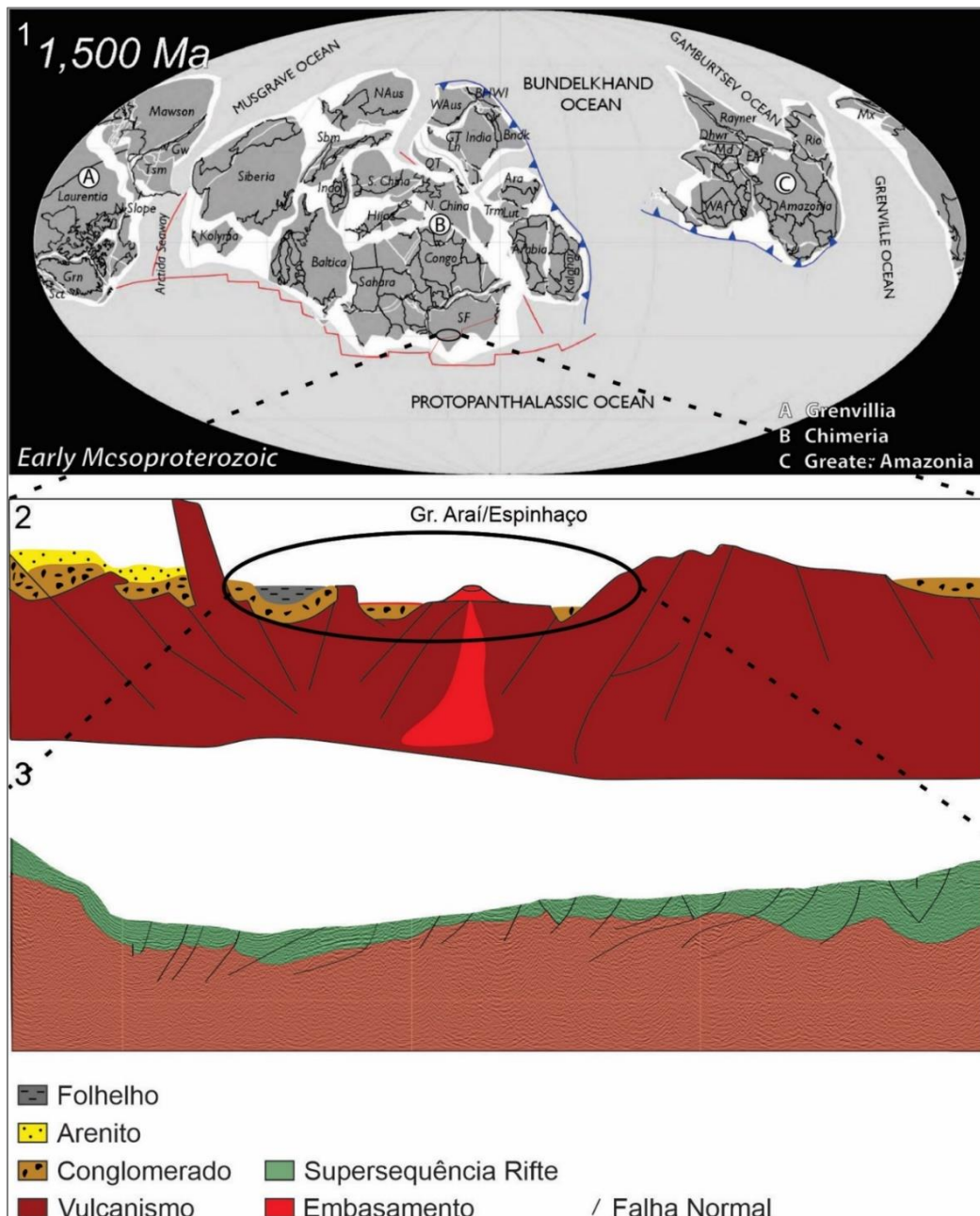


Figura 8.1 - 1) Paleogeografia global do Período Calimiano (adaptado de Scotese, 2018), com enfoque no Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo tectono-sedimentar da porção do Cráton São Francisco onde estaria localizada a região do Projeto Unai. 3) Interpretação sísmica da fase rifte na porção da área do Projeto Unai.

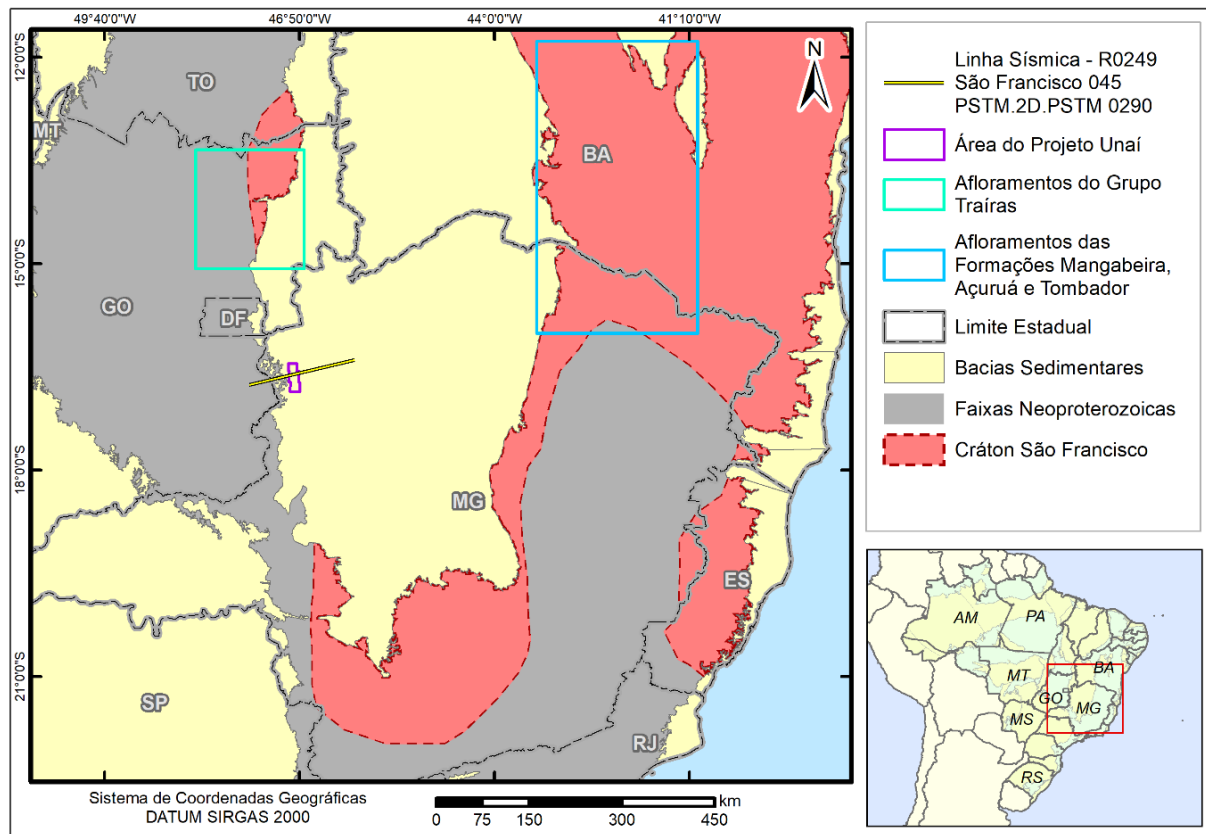


Figura 8. 2 - Afloramentos da fase rift/SAG do Supergrupo Espinhaço, porção Setentrional, e dos Grupos Araí, Traíras e Chapada Diamantina.

8.2.3 Supersequência SAG

Estratigraficamente acima do Supergrupo Espinhaço/Grupo Araí ocorre uma discordância, mas também ocorre tectônica distensiva, e assim essa supersequência foi correlacionada a fase SAG da bacia. A fase SAG, também chamada de Golfo e transicional, é a evolução tectônica do rift e se caracteriza quando a subsidência mecânica atinge um nível topográfico abaixo do nível do mar e com isso há a formação de ambientes sedimentares de mar raso.

Na área do Projeto também não é possível a observação de afloramentos dessa Supersequência. Entretanto, no sul do estado do Tocantins e nordeste do estado de Goiás ocorre o Grupo Traíras, interpretado como depósitos sedimentares do estágio SAG, e sobrepostos a esses depósitos, ocorre o Grupo Paranoá (Martins-Ferreira, 2017). O Grupo Traíras apresenta idade máxima de deposição de 1.543 ± 0.031 Ga, ou seja, depositou-se subsequentemente ao Grupo Araí e Espinhaço. Portanto, o Grupo Traíras foi correlacionado aos refletores sobrepostos discordantemente a fase rift (Figura 8.3).

Todavia, a noroeste da área em estudo na Chapada da Diamantina, também ocorrem registros do estágio SAG do rift do Espinhaço, de idade entre 1.53 e 1.398 Ga, representado litoestratigraficamente pelas seguintes formações, da base para o topo: Mangabeira, Açuruá e

Tombador, do Grupo Chapada Diamantina (Magalhães *et al.*, 2014). Entre as formações Mangabeira/Açuruá e Tombador ocorre uma discordância de cerca de 0.1 Ga. As Formações Mangabeira e Açuruá também podem estar correlacionadas aos refletores sobrepostos ao estágio rifte (correspondentes à fase SAG).

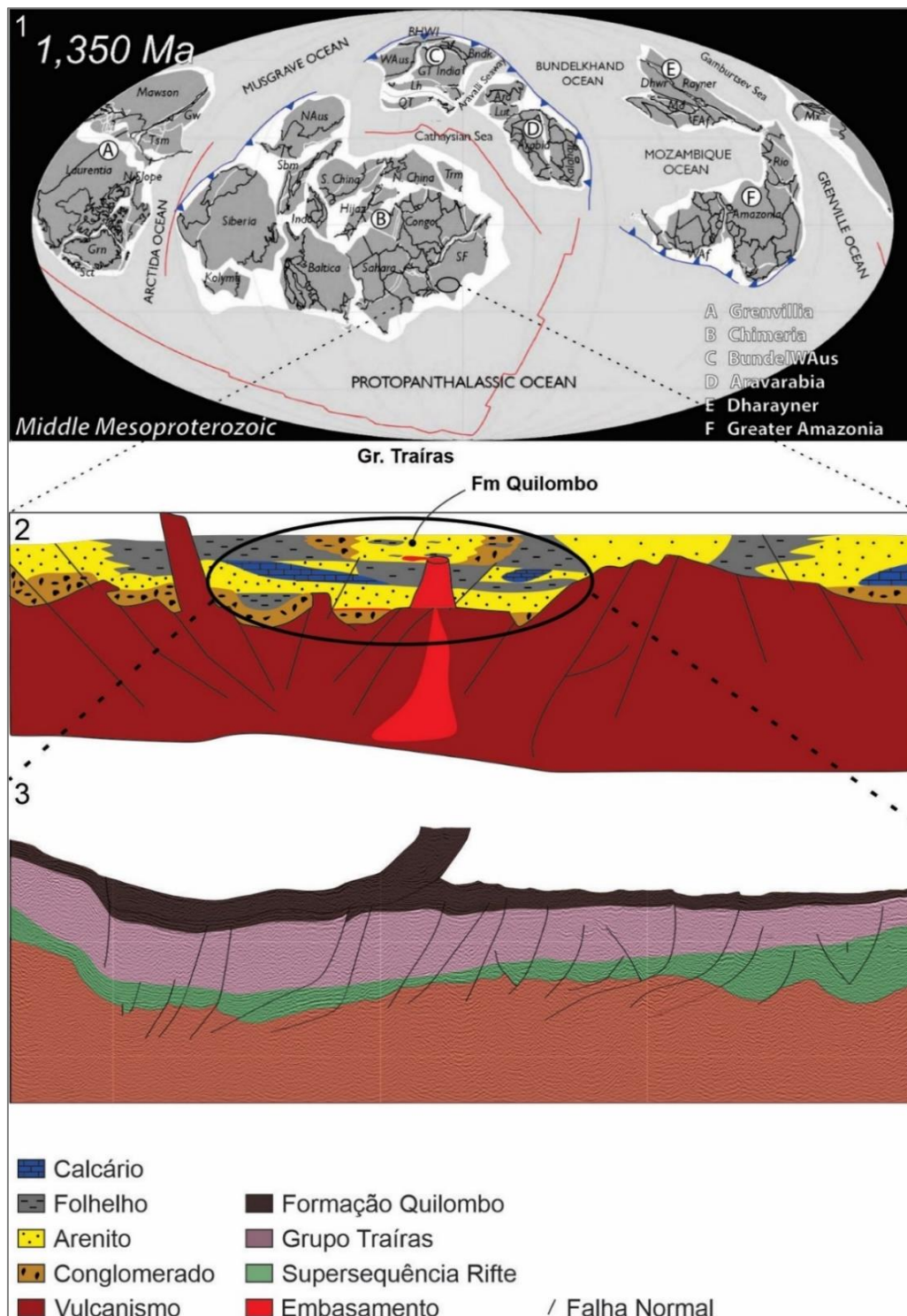


Figura 8.3 - 1) Disposição continental durante Período Ectasiano (adaptado de Scotese, 2018), focando no Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo durante a fase SAG no Cráton São Francisco. 3) Interpretação sísmica da fase SAG na porção da área do Projeto Unaí.

A Formação Mangabeira é caracterizada por depósitos de arenitos, sendo interpretados como ambiente de plataforma rasa. Já a Formação Aruçuaá, sobreposta a Formação Mangabeira, é caracterizada por depósitos de plataforma intermediária a profunda. Após a discordância de 0.1 Ga., ocorrem os depósitos de plataforma proximal da Formação Tombador (Magalhães, *et al.*, 2014). Essa variação ocorre devido a diferenças na paleogeografia e a mudanças relativas no nível do mar naquela porção do Cráton São Francisco (Magalhães, *et al.*, 2014).

8.3 Evolução das Unidades Aflorantes

8.3.1 Formação Quilombo

A Formação Quilombo, proposta por Campos *et al.* (2021), é caracterizada como o registro de depósitos de águas profundas associados a vulcanismo submarino, de idade 1.394 ± 0.0194 Ga. Essa unidade aflora na porção leste do Projeto Unai, através de uma falha reversa, também sendo evidente em seção sísmica. Por esse motivo, não é possível a observação, em afloramentos, dos contatos de topo e base dessa unidade litoestratigráfica. Contudo, na seção sísmica observa-se apenas que ela foi depositada sobre o Grupo Traíras. Além disso, possivelmente há uma discordância entre a deposição dessas duas unidades.

A Formação Quilombo seria cronocorrelata a Formação Tombador, também representaria uma paleogeografia mais profunda para essa região da Bacia do São Francisco durante o Neocalimiano. Duas hipóteses podem ter influenciado nas diferenças litológicas: 1) na borda oeste do Cráton São Francisco houve um rifteamento mais profundo que na borda leste. 2) A subsidência flexural na borda oeste do cráton aprofundou-se mais do que na borda leste. Essas diferenças paleoambientais explicariam as diferenças de litologia entre as formações Quilombo e Tombador.

Portanto, propõe-se aqui a correlação da Formação Quilombo a sequência de primeira ordem MEI-II, da fase SAG da Bacia do São Francisco e sugere-se que a Formação Quilombo seja considerada como o topo do Grupo Traíras. Em linha sísmica, interpretou-se um descolamento na base dessa unidade, que resultou na falha reversa, e também na base, ocorrem algumas falhas normais.

As falhas normais afetam somente a base da unidade supracitada, e por seguinte infere-se que o rifteamento foi abortado durante essa deposição basal, e então, se tornou um aulocógeno, com a subsidência controlada única e exclusivamente por isostasia local. Caso a evolução do rifte progredisse até a formação de uma margem passiva, teria se formado uma nova crosta oceânica e, não há nenhuma evidência desse tipo de crosta tanto nas linhas sísmicas, como em trabalhos de mapeamento geológico, referentes a esse intervalo de tempo.

8.3.2 Supersequência Intracratônica/Drifte

Durante o intervalo de tempo entre a Supersequência SAG e a Supersequência Intracratônica/Drifte, ocorreu um forte evento tectônico compressivo, resultando na formação do Paleosupercontinente Rondínia há cerca de 1.0 Ga (Scotese, 2018). O Rondínia começou a desmembrar-se durante a Tafrogênese Toniana (950 Ma), e devido a essa tectônica distensiva, iniciou-se o ciclo Intracratônico/Drifte na Bacia do São Francisco. A supersequência Intracratônica/Drifte apresenta diferenças consideráveis no estilo tectonossedimentar em comparação com o da margem leste e o da margem oeste do cráton.

Na margem oeste ocorreu a separação dos continentes, gerando a crosta oceânica e a sedimentação de margem passiva representada litoestratigraficamente pelo Grupo Macaúbas (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998). Já na margem oeste, não existem indícios da formação de uma margem passiva. Pelo motivo de que somente as unidades litoestratigráficas da margem oeste afloram na área de estudo, só será discutido sobre a evolução da margem oeste (Figura 8.4).

Três unidades litoestratigráficas depositaram-se durante esse ciclo: Paranoá, Canastra e Vazante. As bacias Vazante e Canastra são correlacionadas estratigraficamente por datações em zircões detríticos, com o topo do Grupo Paranoá, sendo estimada idade máxima de deposição de 1100 Ma para estes (Rodrigues, 2008 e Seraine *et al.*, 2021).

A sedimentação dos grupos Paranoá e Vazante é típica de plataformas mistas, ou seja, provavelmente a deposição desses grupos seria coeva, com pequenas diferenças na paleogeografia da plataforma na margem oeste do Cráton São Francisco (Figura 8.4). A respeito do Grupo Canastra, muitos autores citam como sendo formado em ambiente de margem passiva com base em duas justificativas: 1) fácies típicas de águas profundas e 2) zircões detríticos um pouco mais novos que os do Paranoá (1.0 Ga) (Dardenne, 2000; Rodrigues *et al.*, 2010; Martins-Ferreira, 2017 e Seraine *et al.*, 2021).

Todavia, as fácies típicas de águas profundas não são exclusivamente de margem passiva, podendo ocorrer em qualquer ambiente subaquático com altas taxas de acomodação. Mukhopadhyay & Chaudhuri (2003) registram ocorrência de depósitos de águas profundas em margem de cráton do Proterozoico. A segunda justificativa correlaciona o Grupo Canastra com a Tafrogênese Toniana (950 Ma). Contudo, durante a Tafrogênese Toniana também ocorrem depósitos em margem cratônica, e, portanto, somente essa datação não embasaria robustamente a dedução de um ambiente de margem passiva para o Grupo Canastra.

Para a caracterização do Grupo Canastra como depósitos de margem passiva, seriam necessárias evidências da ocorrência de um novo ciclo rifte/SAG em que ao final do ciclo seria formada uma nova crosta continental. Não há evidências destes fatos, tanto em afloramentos,

como na sísmica. Além disso, na seção sísmica é possível inferir que os movimentos relativos entre os grupos Canastra e Paranoá seriam menores em comparação aos descolamentos basais da Formação Quilombo. Dado o exposto, muito possivelmente, o Grupo Canastra na borda oeste do Cráton São Francisco teria se depositado sobre a Formação Quilombo.

As proposições aqui apresentadas interpretam a partir dos dados sísmicos, afloramentos do Projeto Unai e pelas datações obtidas da literatura (Seraine *et al.*, 2021) que o Grupo Canastra teria se depositado em condição bacinal mais profunda, e coeva, pelo menos em partes, as deposições dos grupos Paranoá e Vazante.

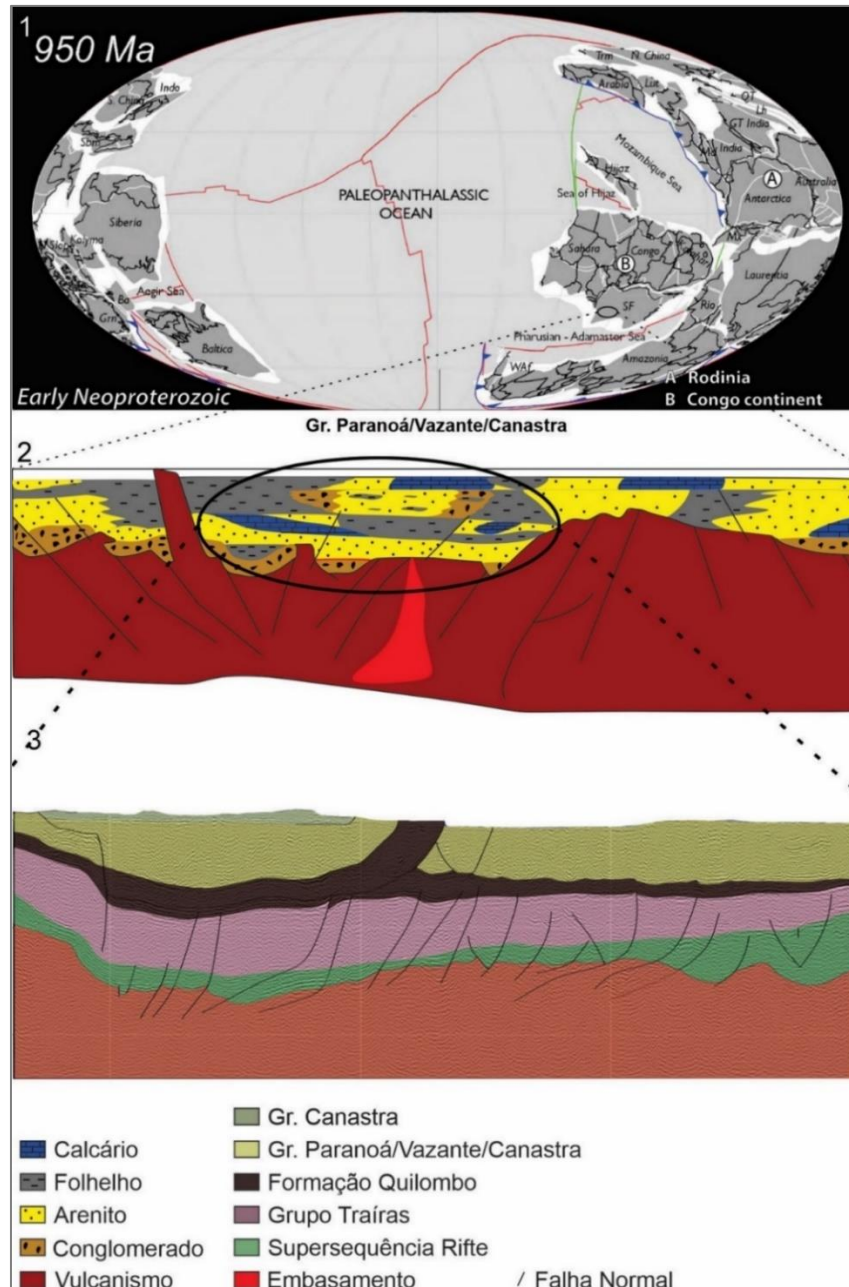


Figura 8. 4 - 1) Distribuição das massas continentais durante o Período Toniano (adaptado de Scotese, 2018), com detalhe para o Cráton São Francisco. 2) Modelo evolutivo durante a fase intracratônica/drifte da porção do Cráton São Francisco onde estaria localizada a região do Projeto Unai. 3) Interpretação sísmica da fase intracratônica/drifte na região da área do projeto.

8.3.3 Supersequência Antepaís

A supersequência de antepaís representa um ciclo de deposição desenvolvido após o início da tectônica compressiva da Orogênese Brasileira (640-570 Ma), sendo que a subsidência se dá por compensação isostática (Zalan & Silva, 2008). Essa fase da bacia é representada pelo Grupo Bambuí, considerado, por correlações bioestratigráficas (Denezine, 2018; Baptista, 2020), como depositado durante o Ediacariano (630 Ma). O Grupo Bambuí ocorre somente a nordeste da área do Projeto Unaí, especificamente na parte leste das áreas I a V. Quando aflorante encontra-se muito alterado impossibilitando maior detalhe na análise desta unidade (Figura 8.5).

8.4 Discussões

Portanto, propõe-se que a Formação Quilombo seja incluída no topo do Grupo Traíras, o que é uma sugestão preliminar a partir dos dados até então disponíveis. Tal alteração na litoestratigrafia demandaria estudos detalhados, com eventuais publicações de acordo com o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica.

Por discordar parcialmente com trabalhos anteriores (Dardenne, 2000; Rodrigues *et al.*, 2010; Martins-Ferreira, 2017 e Seraine *et al.*, 2021) sugere-se que, pelo menos a Formação Serra do Landim, do Grupo Canastra tenha se depositado nas porções mais profundas de uma bacia intracratônica, coevo aos grupos Paranoá e Vazante. Todavia, tal interpretação baseia-se apenas na análise do mapa geológico e de uma seção sísmica. Para a confirmação dessa hipótese são necessárias interpretações de mais linhas sísmicas da Bacia do São Francisco, aliadas a mapeamentos geológicos e análises geocronológicas.

Em maio do ano de 2021 a Agência Nacional do Petróleo (ANP) disponibilizou publicamente todos os dados das bacias sedimentares brasileiras, através do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP). Portanto, havendo a integração de dados de poços, dados de sísmica e dados de afloramentos, é possível alcançar maior entendimento da evolução do Cráton São Francisco e das bacias que se instalaram em suas margens.

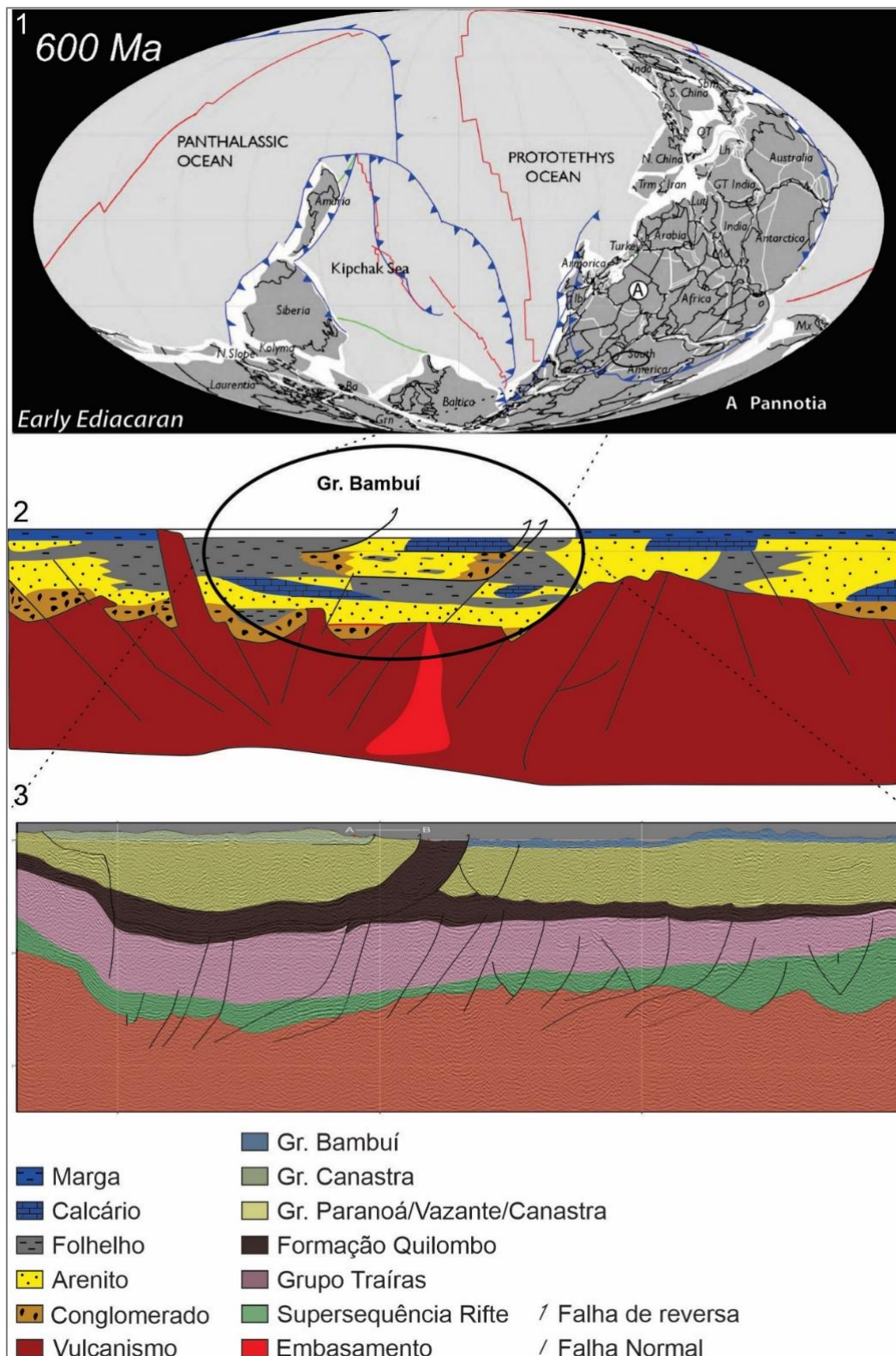


Figura 8.5 - 1) Paleogeografia continental durante o Período Ediacariano (adaptado Scotese, 2018). 2) Modelo de evolução tectônica durante a fase antepaís da porção do Cráton São Francisco com enfoque para a área onde estaria localizada a região do projeto. 3) Interpretação sísmica para a fase antepaís.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1 Principais Resultados

A respeito dos recursos utilizados para o auxílio à cartografia da área do projeto, em todas as etapas do trabalho, destacam-se dois fatos acerca dois produtos utilizados: provenientes dos processamentos das cenas de Sentinel-2/Sensor MSI, e oriundos do processamento dos dados aerogeofísicos.

As composições coloridas feitas a partir das bandas do visível das cenas MSI conferiram ao produto grande vantagem em relação aos demais, uma vez que se tratava de um produto prático e de alta qualidade. Além da observação direta de uma imagem recente da área com resolução de 10 metros, que possibilitava fácil localização, foi possível se realizar a extração da grande maioria das informações geológicas. A partir da utilização de cenas recentes do período da seca, onde a vegetação já se encontrava atenuada, foi possível a visualização imediata de diversas estruturas, elementos de relevo e drenagens. Além da identificação das estruturas geológicas, foi possível a distinção de regiões de carbonatos pelo critério de presença de matas mais secas em comparação com as matas presentes sobre arenitos.

No que se refere aos produtos aerogeofísicos, devido às próprias características da geologia da região, representada por rochas metassedimentares de baixo grau, eles não contribuíram de forma determinante. Isso se deu devido à ausência de lineamentos magnéticos, sendo que as respostas magnéticas e gamaespectrométricas foram mais diretamente associadas aos solos, havendo clara distinção entre as regiões de solos espessos e desenvolvidos pedogeneticamente, das regiões de solos poucos espessos e poucos desenvolvidos.

Por outro lado, o produto da seção sísmica de reflexão, mesmo que mostrando baixa resolução, mostrou-se essencial para interpretação da evolução tectono-estratigráfica. Tal evolução compreendeu um primeiro ciclo da Bacia do São Francisco, representada pela fase da bacia rifte, que evolui para um aulocógeno e posteriormente para a formação de uma bacia intracratônica. Nesse produto também foi possível se observar o descolamento basal da Formação Quilombo, corroborando com a tectônica de um cinturão de dobras e cavalgamentos, associado basicamente ao evento compressivo Brasileiro e nova subsidência tardia, pela compensação isostática, possibilitando a deposição do Grupo Bambuí (associado a uma bacia tipo *foreland* da orogênese).

Para as unidades tratadas como sedimentares, o presente trabalho definiu quinze fácies sedimentares e cinco associações de fácies e dois paleoambientes interpretados como condições de deposição das principais bacias da área do Projeto Unai. Os ambientes propostos foram:

ambiente em condições marinhas de águas profundas, para os membros da Formação Quilombo, possivelmente correlacionáveis ao topo do Grupo Traíras, e ambiente marinho plataformal misto para a Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá. Para a unidade tratada como metamórfica de baixo grau, as rochas foram compartimentadas em apenas três litotipos principais.

O sistema deformacional da região do projeto implicou em uma deformação progressiva, sendo assim, se julgou pertinente diferenciar o arcabouço tectônico quanto a estruturas dúcteis e rúpteis. A deformação dúctil manifesta-se de maneira mais penetrativa na Formação Serra do Landim, basicamente através da presença de duas foliações regionais: a Sp, foliação principal da área que é oblíqua ao acamamento; e a Ss, paralela ao acamamento. Na Formação Quilombo ocorrem principalmente dobras abertas a fechadas assimétricas vergentes para leste, na Formação Serra do Landim ocorrem predominantemente dobras isoclinais, e na Formação Córrego do Barreiro ocorrem dobras regionais de padrão suave a aberto. As falhas reversas marcam o arcabouço rúptil.

O zoneamento hidrogeológico da área do projeto propôs a compartimentação em diferentes de águas subterrâneas: domínios freático, fraturado e fissuro-cárstico. O Domínio Freático foi subdividido em dois sistemas, um relacionado a solos espessos e outro a solos pouco espessos. Enquanto o Domínio Fraturado foi segmentado em fraturado rúptil, relacionado a unidades com predominância de rochas psamíticas, e fraturado dúctil, associado a unidades com maior presença de rochas pelíticas.

No que se refere a potencialidade geoeconômica da área do projeto, foram apresentados recursos minerais e recursos não minerais com potencial para serem explorados. O potencial relacionado aos bens minerais, se destacam os minerais e rochas industriais com potencial para argila, dolomito para agricultura e agregados, enquanto nas ocorrências metálicas o potencial é restrito, sendo considerado: Zn-Pb ± Cu e Au. A potencialidade econômica relacionada aos recursos econômicos não minerais consiste no geoturismo e turismo de aventura, relacionado basicamente as cavidades naturais, trilhas, cachoeira e cursos d'água perenes.

A respeito da evolução geológica foram definidos quatro diferentes ciclos para a deposição na borda oeste Bacia do São Francisco: a fase rifte, representada pelo Grupo Araí (ou unidades correlatas); a fase SAG, representada pelo Grupo Traíras, incluindo possivelmente a Formação Quilombo; a fase intracratônica, representada pelos grupos Paranoá e Canastra; e a fase antepaís, representada pelo Grupo Bambuí. Os grupos Paranoá e Canastra apesar de serem, pelo menos em parte, correlacionáveis cronoestratigraficamente se depositaram em ambientes sedimentares diferentes.

9.2 Evolução do Conhecimento

A área do Projeto Unaí está inserida em duas folhas da carta geológica do Projeto Vazante-Paracatu (Pinho *et al.*, 2017), referente aos programas de levantamentos geológicos básicos do Serviço Geológico Brasileiro - CPRM. Estas Folhas incluem as cartas Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI) e Unaí (SE.23-V-A-III), cartografadas em 2015, e disponíveis em escala 1:100.000.

O Serviço Geológico optou pela interpretação da presença de duas unidades geológicas na área equivalente à do Projeto Unaí, incluindo os grupos Vazante e Bambuí. O Grupo Vazante seria representado pelas formações Serra da Lapa, Serra do Poço Verde, e Serra do Garrote, além de duas unidades sem posicionamento definido. Para o Grupo Bambuí propuseram a presença apenas da Formação Serra de Santa Helena (Figura 9.1).

O presente trabalho propõe um mapa geológico mais detalhado, na escala 1:50.000, com estratigrafia atualizada e sem a presença de coberturas detríticas e lateríticas. A seguir encontram-se listadas as principais atualizações em relação à proposta anterior (Figura 9.1):

- Identificação da Formação Quilombo como representante das unidades de ritmitos psamo-pelíticos (Membro Ribeirão da Porteira) e ritmitos pelito-psamíticos (Membro Ribeirão do Franco), antes interpretadas como, respectivamente, Membro Serra do Andrequicé (Formação Serra do Garrote - Grupo Vazante) e Unidade B (não posicionada no Grupo Vazante).
- Interpretação da unidade psamo-pelítica carbonática presente na área do projeto como Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá, e não como a definição de Formação Serra do Poço Verde e do Membro Sumidouro (Formação Serra do Garrote), Grupo Vazante. E com detalhamento das litologias dolomíticas e areníticas, focando nos contatos interdigitados entre elas e os siltitos.
- Abordagem da unidade metamórfica de baixo grau, constituída basicamente de filitos, como Formação Serra do Landim do Grupo Canastra, contrariamente a proposição como Formação Serra da Lapa do Grupo Vazante. E a inclusão da unidade sem posicionamento definido (Unidade A do Grupo Vazante), na Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí.
- Maior coerência cartográfica no que diz respeito ao contexto tectônico e estrutural da área, com a interpretação de estruturas e contatos mais compatíveis com o sistema deformacional e tipo de deformação regional. Essa adequação se deu através da representação de diversas falhas de rasgamento, falhas reversas, dobras regionais assimétricas vergentes para leste e estruturas similares a *klippes*.

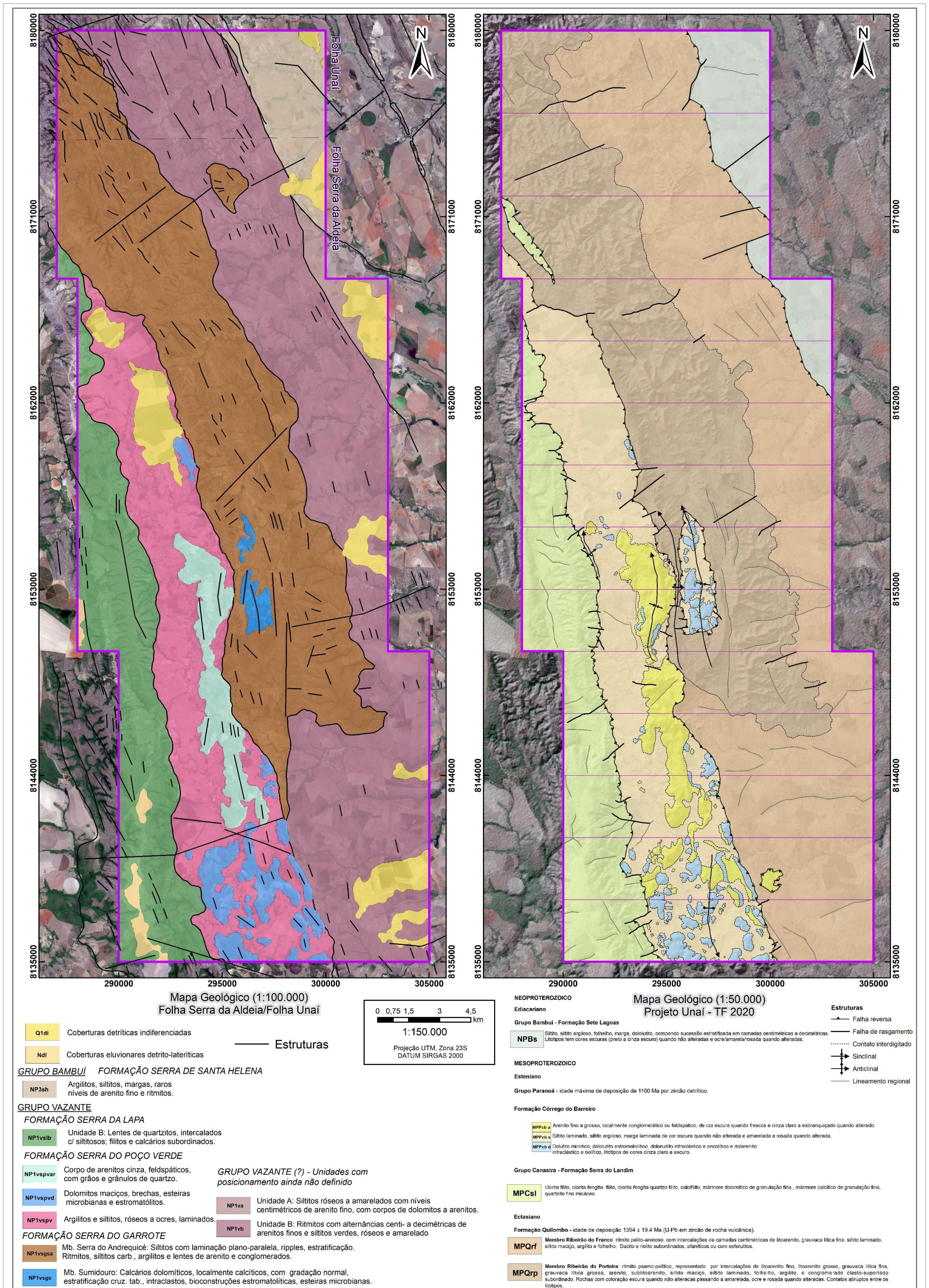


Figura 9.1 - Comparação (A3 - 1:150.000) das principais diferenças cartográficas entre as folhas 1:100.000 da CPRM (2015), Folha Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI) e Folha Unai (SE.23-V-A-III), com a proposição do Projeto Unai em 1:50.000

9.3 Recomendações

O presente trabalho associou a Formação Quilombo a depósitos marinhos profundos depositados durante a fase SAG que sucedeu ao rifte Araí, contudo, a sedimentação comum da fase SAG seria de depósitos marinhos rasos. Para maior entendimento dessa questão, recomenda-se estudos detalhados de estratigrafia de sequências acerca dessa unidade litoestratigráfica. Recomenda-se também o estudo dos dados sísmica públicos, do Banco de Dados de Exploração de Produção (BDEP), pertencente a ANP, além de maior detalhamento cartográfico.

Sugerem-se também estudos estratigráficos detalhados da Formação Quilombo, e também de seu conteúdo micropaleontológico, para maior entendimento no tocante ao ambiente de deposição e à idade de deposição, a fim da correlação com outras bacias do Proterozoico. A respeito da evolução da fase intracratônica/drifte, propõe-se a realização de um estudo detalhado que elucide esse aspecto, através da correlação de dados de afloramento, poços e sísmica 2D, semelhante ao realizado por Magalhães *et al.* (2014). Tal estudo contribuirá para maior compreensão de quais unidades se formaram em bacias intracratônicas, e quais as bacias se depositaram em um contexto de margem passiva.

Durante o mapeamento observou-se bastante silicificação relacionada aos carbonatos da Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá, entretanto, não há qualquer estudo específico a respeito da sua evolução diagenética na área do projeto. De maneira geral, a silicificação de carbonatos é um assunto muito controverso na literatura, e acredita-se que um estudo da diagênese poderia contribuir com a discussão desse processo.

O processamento com maior detalhe dos dados aerogeofísicos poderia ampliar a aplicabilidade desta ferramenta para a área em estudo. Dentre as possibilidades, propõe-se a realização de funções discriminantes com uso de equações em que se conduz a divisão de razões de K, U e Th a exemplo daquela aplicada para a determinação do potássio anômalo. Um mesmo tipo de abordagem pode ser considerado para refinamento dos dados sísmicos de forma a ser produzir uma seção mais refinada com melhor condição de interpretação.

As rochas vulcânicas associadas à Formação Quilombo também devem ter uma atenção especial. Neste sentido, sugere-se a realização de mais estudos petrográficos, mais geoquímica de elementos maiores, traços e terras raras para possibilitar a determinação dos ambientes geotectônicos associados.

Por fim, sugere-se a cartografia detalhada na área de ligação entre o que é tradicionalmente denominado de Grupo Vazante (desde a região de Morro Agudo) até o sul da área do Projeto Unai. Este estudo deverá subsidiar a confirmação e refinamento da correlação estratigráfica entre o topo do Grupo Paranoá e as unidades carbonáticas do Grupo Vazante.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto C.P. & Martins-Neto M.A. (eds). Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. SBG-MG, Belo Horizonte, p. 9-30.
- Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Noce, C.M., Cruz, S.C.P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, v. 15(1):25-43, 2007.
- Almeida, B. S. de. Geoquímica dos filitos carbonosos do depósito Morro do Ouro, Paracatu, Minas Gerais. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., & Fuck, R.A. (1977). Províncias Estruturais Brasileiras. Atlas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, (2):363-391.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 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*, 30(1):144-148.
- Alkmim, F.F. & Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33, 127–139.
- Alvarenga C.J.S., Dardenne M.A., Vieira L.C., Martinho C.T., Guimarães E.M., Santos R.V., Santana R.O. 2012. Estratigrafia da borda ocidental da bacia do São Francisco. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 20(1/2):145- 164.
- Alvarenga C., Oliveira G., Vieira L., Santos, R. V., Pinehiro E. B. B. 2019. Carbonate chemostratigraphy of the Vazante Group, Brazil: A probable Tonian age. *Precambrian Research*.
- Alvares C.A., Stape J.L., Sentelhas P.C., Gonçalves J.L.M.; Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Azmi R., Joshi D., Tiwari B., Joshi M., Mohan K. Srivastava, S. 2006. Age of the Vindhyan Supergroup of Central India: An exposition of biochronology vs radiochronology. In: *Micropaleontology: Application in Stratigraphy and Paleooceanography* (D. Sinha, ed.), pp. 29–62. Narosa Publishing House, New Delhi.
- Baptista, M. 2020. Fósseis do Grupo Bambuí (Ediacariano) no Norte de Minas Gerais e suas implicações bioestratigráficas e geocronológicas. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, DF.
- Barbosa O., Braun O.P.G., Dyer R.C., Cunha C.A.B.R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 140p. (Boletim 136).
- 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.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Fuck R.R. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and Orogenic collage. *Episodes*, v. 22 p. 155-166.
- Cadamuro, A.L.M. & Campos, J.E.G. 2005. Recarga Artificial de Aquíferos Fraturados no Distrito Federal: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos', *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 35, p. 89-98.

- 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. *Rev. Bras. Geociências* 43, 461–476. Doi: <https://doi.org/10.5327/Z2317-48892013000300004>.
- 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*. 108. 103226. [10.1016/j.jsames.2021.103226](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103226).
- Cloud P. & Dardenne, M. (1973). Proterozoic age of the Bambuí Group in Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, v. 84(5), p. 1673-1676.
- Comissão Especial de Nomenclatura Estratigráfica da SBG., 1986. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica - Guia de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* 16 (4): 370-415.
- Cordeiro P.F.O. 2014. Compartimentação geológica e geocronológica dos terrenos do embasamento norte da Faixa Brasília. 2014. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Brasília, Brasília.
- Cordeiro P.F and Oliveira C.G. 2017. The Goiás Massif: Implications for a pre- Columbia 2.2 to 2.0 Ga continent-wide amalgamation cycle in central Brazil, *Precambrian Research* (2017). Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.06.021>.
- Dardenne, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 30., 1978, Recife. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geociências, 1978. v. 2, p. 597-610.
- Dardenne, M. A. & Schobbenhaus, C. Metalogênese do Brasil. Brasília: UnB; CPRM, 2001. 392 p. ISBN 8523006478.
- Dardenne, M.A., 2000. The Brasília Fold Belt. In Cordani U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America, Brazil 2000*, 31th Intern. Geological Congress, Rio de Janeiro, p.231-263.
- Denezine, M. 2018. Microfósseis orgânicos da Formação Sete Lagoas, Município de Januária, Estado de Minas Gerais, Brasil: taxonomia e análise bioestratigráfica. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Dentith M.; Mudge S. T. *Geophysics for the mineral exploration geoscientist*. Cambridge University Press, 438p., 2014
- Dias P. H. A., Marinho M. S., Sotero M. P., Vilela, F. T., Marques, E. D., Matos, C. A. *Metalogenia das províncias minerais do Brasil: distrito zincífero de Vazante, MG*. Brasília: CPRM, 2015.
- Dickson B. L.; Scott K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, v. 17, p. 187-200, 1997. Australian government publishing service.
- Dunham R.J. 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham W.E. ed., *Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, p. 108– 122.
- EMBRAPA. ALOS - Advanced Land Observing Satellite. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- EMBRAPA. SENTINEL - Missão Sentinel. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- Faure, G. 1997. *Principles and applications of geochemistry*. Nova Iorque: Prentice Hall. 589p.
- Florenzano, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo: Oficina de Textos, 2a ed., 2007.
- Folk, R. L. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, EUA, Hemphill's, 1974. 182 p.
- Fossen, H. 2012. *Geologia Estrutural*. Oficina de Textos, São Paulo, 575 p.
- Fuck, R.A. Jardim de Sá, E.F., Pimentel, M.M., Dardenne, M.A., Pedrosa Soares, A.C., 1993, In: J.M.L. Dominguez, A. Misi (eds.) *O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq,

- p.161-185.
- Fuck, R.A. 1994. A Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: Simpósio de Geologia do Centro-oeste, 4, 1994, Brasília. Atas ... Brasília: SBG, p.184-187.
- Fuck, R., Pimentel, M., & D'el-Rey Silva, L. (1994). *Compartimentação Tectônica na Porção Oriental da Província Tocantins*.
- Fuck R.A., Pimentel M.M., Soares J.E., Dantas E.L. 2005. Compartimentação da Faixa Brasília. Em: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 9, Goiânia, Anais... Goiânia: SBG, p. 26-27.
- Fuck, R.A., Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Botelho, N.F., Armstrong, R., Laux, J.H., Junges, S.L., Soares, J.E., 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.
- IAEA. 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. Viena: Intern. Atomic Energy Agency. 179 p. IBGE, 200
- IBGE & CEMPRE. Relatório de Estatísticas do Cadastro Central de Empresas. Rio de Janeiro, 2011.
- IBGE. 2009. Manual Técnico de Geomorfologia. Série Manuais Técnicos em Geociências 5, 2ª edição revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª edição revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. Brasil/Minas Gerais: População. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- Kearey P., Brooks M., Hill I. 2009. Geofísica de exploração. Ed. Oficina de textos, 438 pg.
- Kuchenbecker M, Pedrosa-Soares AC. Babinski M, Fanning M. 2015. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. *Precambrian Research* 266: 12-26.
- Lasa Engenharia e Prospecções S.A. 2001. Relatório Final do Levantamento e Processamento dos Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos. Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 01. Projeto Unai-Vazante-Paracatu-Coromandel. Secretaria de Estado de Minas e Energia - SEME - Governo de Minas Gerais. 120p. Soares, P. C., & Fiori, A. P. 1976.
- Machado J.L.F. 2014. Unidades Hidroestratigráficas do Estado de Santa Catarina. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 1-20.
- Magalhães A.J.C., Scherer C.M.S., Raja Gabaglia G.P., Bállico M.B., Catuneanu O. 2014. Unincised fluvial and tide-dominated estuarine systems from the Mesoproterozoic Lower Tombador Formation, Chapada Diamantina basin, Brazil: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 56, p. 68–90. Doi: 10.1016/j.jsames.2014.07.010.
- Marques, G.C. 2009. Geologia dos Grupos Araí e Serra da Mesa e seu embasamento no sul do 77 Tocantins. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 122 p.
- Marini O.J., Fuck R.A., Danni J.C.M., Dardenne M.A. (1981). A evolução geotectônica da Faixa Brasília e do seu embasamento. An. Simp. Cráton São Francisco e suas Faixas Marginais, Salvador, SME-CBPM/SBG/NBA-SE, 100-115.
- Martins-Ferreira, M. A. C. (2017). Evolução tectônica das bacias Araí, Traíras e Paranoá na Faixa Brasília Norte. Dissertação de doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Martins-Ferreira M.A.C., Giorgioni M., Angelo T.V. Tectonic significance of abrupt immature sedimentation in a shallow cratonic margin basin: the Arkose Level, Mesoproterozoic Paranoá Group *J. S. Am. Earth Sci.*, 90 (2020), p. 102397
- Martins-Neto, M. A., 2006. Classificação de bacias sedimentares: uma revisão comentada. *Revista Brasileira de Geociências* 36 (1), 165-176.
- Matteini M., Dantas E.L., Pimentel M.M., Alvarenga C.J.S. & Dardenne M.A. 2012. U-Pb and Hf isotope study on detrital zircons from the Paranoá Group, Brasília Belt Brazil: constraints

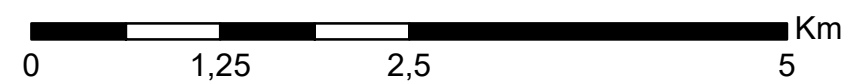
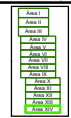
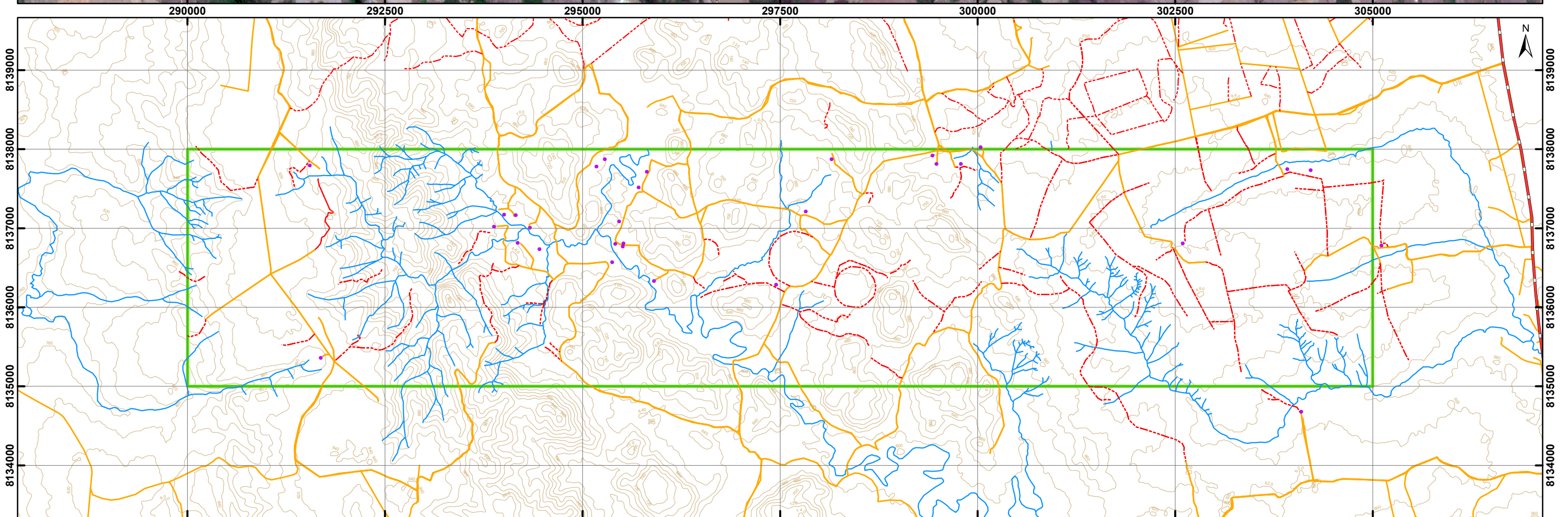
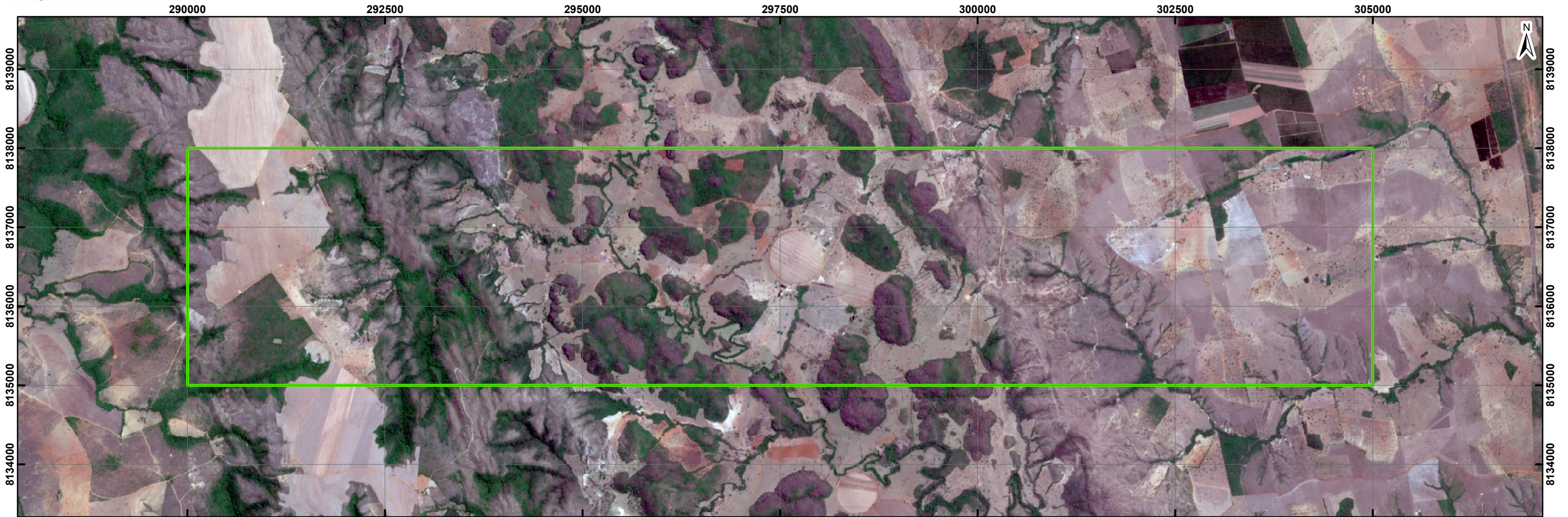
- on depositional age at Mesoproterozoic-Neoproterozoic transition and tectono-magmatic events in the São Francisco craton. *Precambrian Research*, 206-207:168-181.
- Maxey G.B. 1964. Hydrostratigraphic units. *Journal of Hydrology*, v.2, p.124-129.
- Miall A.D. A Review of the Braided River Depositional Environment. *Journal Earth Sci*, 13:1-62, 1977.
- Miller HG & Singh V. 1994. Potential Field Tilt - a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics*, 32: 213-217.
- Monteiro C. F. Fosforitos do Grupo Bambuí na região de Campos Belos (GO)/ Arraias (TO), na borda oeste do Cráton São Francisco. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)- Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- Moreira J. L. P., Madeira C. V., Gil, J. A., Machado M. A. P. 2007. Bacia de Santos. *Boletim da Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 15, 531-549
- Moura, F.G, Campos J.E.G. 2017. Petrografia, geoquímica e geocronologia das rochas do embasamento cristalino da região de Unaí-MG. *Anais do Simpósio de Geologia do Sudeste (Geosudeste)*. Diamantina-MG. Brasil.
- Moura F.D.G., 2018. Geologia do Grupo Quilombo e seu embasamento cristalino na região de Unaí-MG. Universidade de Brasília, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- Mukhopadhyay J., Choudhuri A.K. 2003. Shallow to deep water deposition in a cratonic basin; an example from the Proterozoic Penganga Group, Pranhita-Godavari Valley, India. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 613-622.
- Mutti, E. 1992. Turbidite sandstones. Milan, AGIP & I.G.U. Pr. 275p.
- 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.*, 20:733-755.
- 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.
- Neves, L. P. Características descritivas e genéticas do depósito de Zn-Pb Morro Agudo, Grupo Vazante. 2011. 89 f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- Pedrosa-Soares A.C., Vidal Ph., Leonardos O.H., Brito-Neves B.B. 1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo Orogen. *Geology*, 26: 519-522.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly
- Petri, S; Coimbra, A.M.; Amaral, G; Ojeda Y Ojeda, H; Fúlfaro, V.J. & Ponçano, W.L. 1986b. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16:372-376. *Precambrian Research*, v. 110, p. 307-323.
- 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, 2017. Escala 1:100.000.
- Piuzana, D., Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Armstrong, R. 2003. SHRIMP U–Pb and Sm–Nd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. *Precambrian Research*, 125(1), 139-160.
- Ramsay J.G. 1967. *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill, New York [reprinted 2004 Blackburn Press, Spanish edition 1977].
- Read J.F. 1985, Carbonate platform facies models: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 69, p. 1-21.
- Rodrigues J.B. 2008. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí –

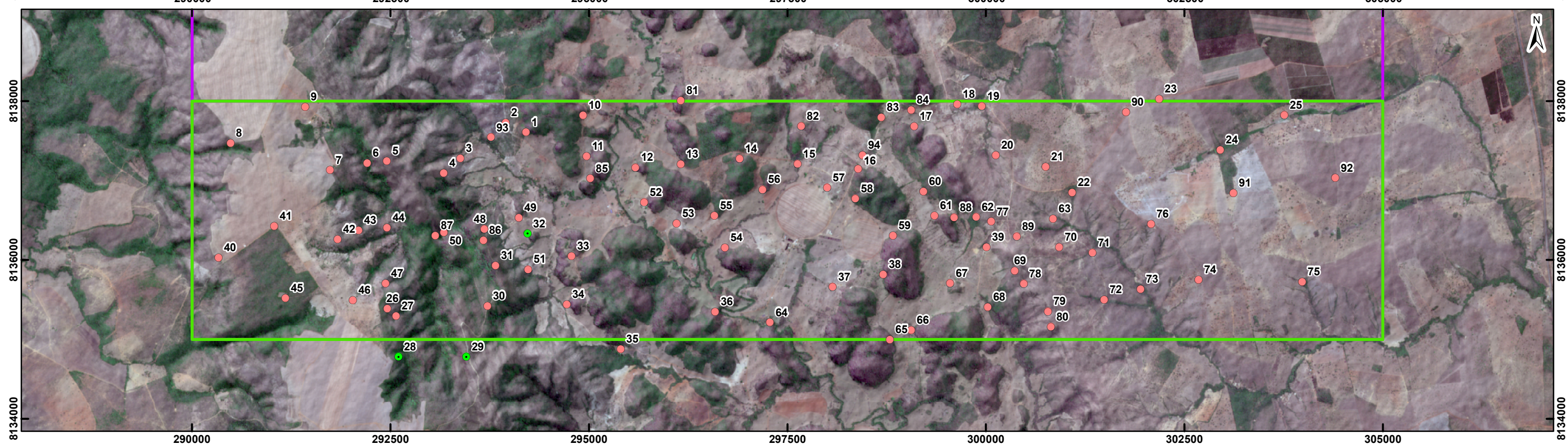
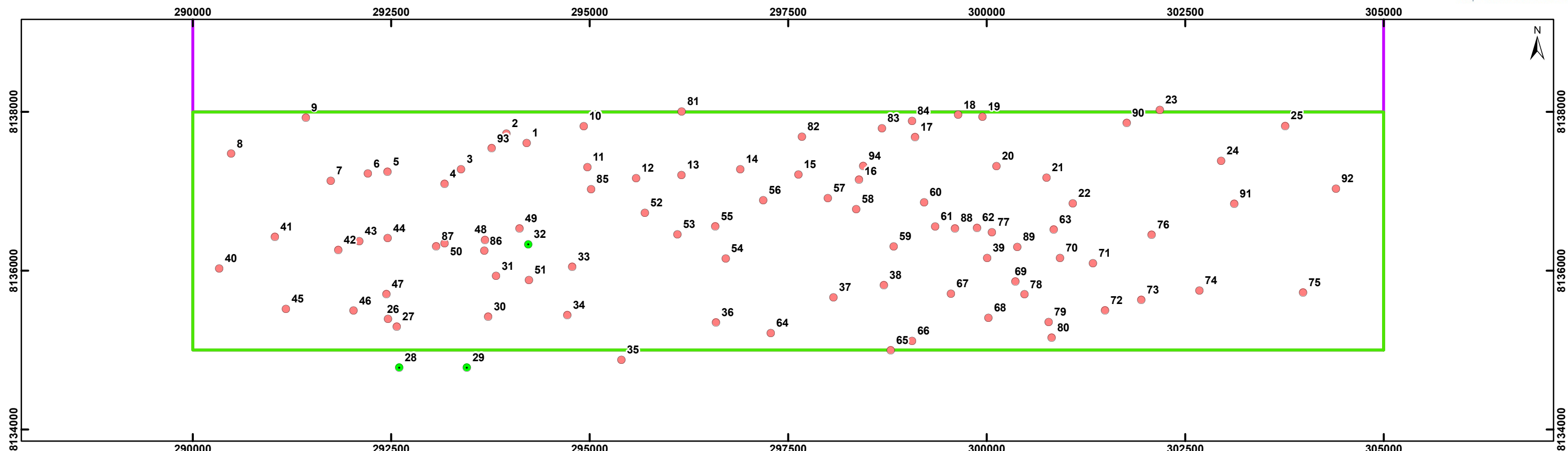
- Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd. Doctorate thesis, Universidade de Brasília.
- Rodrigues J.B., Pimentel, M.M., Dardenne M.A., Armstrong R.A. 2010. Age, provenance and tectonic setting of the Canastra and Ibiá groups (Brasília belt, Brazil): implications for the age of a Neoproterozoic glacial event in central Brazil. *JSA - Journal of South American Earth-Sciences*, 29: 512-521
- Romeiro-Silva P. C. Zalán, P. V. Contribuição da sísmica de reflexão na determinação do limite oeste do Cráton do São Francisco. In: Simpósio Sobre O Cráton Do São Francisco, 3., 2005, Salvador. Anais. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia. 2005. p. 44-47. Expanded abstract.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.
- Scotese, C.R., & Wright, N. (2018). PALEOMAP Paleodigital Elevation Models (PaleoDEMS) for the Phanerozoic, PALEOMAP Project. <https://www.earthbyte.org/paleodem-resource-scotese-and-wright-2018/>
- Seaber P.R. 1982. Definition of hydrostratigraphic units. 2nd Annual Symposium on Florida Hydrogeology, Northwest Florida Water Management District. Public Information Bulletin, v. 82 (3), p. 25-26.
- Seaber, P.R. 1986. Evolution of Classification and Nomenclature of Hydrogeologic Units. v. 67, (16), p. 28.
- Seaber, P.R. 1988. Hydrostratigraphic Units. In: ROSENSHEIN: J. S., SEABER P. R. (Eds.) Hydrogeology: the geology of North America. Boulder, CO.: W. Back/Geological Society of America. p. 9-14.
- 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.
- Silva, A., M. H. Modelagem geológica e estocástica da porção NE da Mina de Morro do Ouro, Paracatu (MG). 2000. 82p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287204>>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- Silva, C., Simões L.S., 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. *Geol. USP, Sér. cient., São Paulo*, 12(2), pp.83-98.
- Simm, R., & Bacon, M. (2014). Seismic amplitude An interpreter's handbook. UK: Cambridge University Press.
- Soares, P. C., & Fiori, A. P. 1976. Lógica e Sistemática na Análise Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. *Notícia Geomorfológica, Campinas*. 16: 17-104.
- Teixeira, L. B.; Novais, L. C. C.; Valeriano, C. M.; Almeida, J.; Aires, J. R.; Anjos, K. M.; Teixeira, M. Lineamentos transversais nas porções centro e norte da Bacia do Espírito Santo e na faixa proterozóica adjacente: influência na sedimentação e na compartimentação estrutural. In: Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos, 10., 2005, Curitiba. Resumos expandidos. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005
- Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. 1990. Applied geophysics. 2 ed. Nova Iorque: Univ. Cambridge. p. 770.
- Uhlein A., Fonseca M.A., Seer H.J., Dardenne M. A. 2012. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília - Setores Setentrional e Meridional. *Geonomos*, 20 (2): 01-14.
- Uhlein, G.J.; Uhlein, A.; Stevenson, R.; Halverson, G.P.; Caxito, F.A. & Cox, G.M. 2017. Early to Late Ediacaran conglomeratic wedges from a complete foreland basin cycle in the

- southwest São Francisco Craton, Bambuí Group, Brazil. *Precambrian Research*, 299:101-116. doi:10.1016/j.precamres.2017.07.020
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. Jr & Thompson, S. 1977 *Am. Ass. petrol. Geol. Mem.* 26, 83-97.
- Valeriano, C.M.; Dardenne, M.A.; Fonseca, M.A.; Simões, L.S.A.; Seer, H.J. 2004. A evolução tectônica da faixa Brasília. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, S.D.; Brito-Neves, B.B. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, pp. 575-592.
- Wollenberg, W.A., Goldstein, N.E. 1977. Evaluation of geothermal exploration techniques in Nevada: Energy and Mineral Resource Recovery, *Am. Nucl. Soc. Topical Meeting*, April, Technical Information Center, U. Department of Energy, CONF-770440, p. 551-561.
- Zalán, P. V. & Romeiro-Silva, P. C. 2007. Bacia do São Francisco. *Boletim de Geociências Petrobrás* 15(2): 561-571.

Apêndice A (A3)

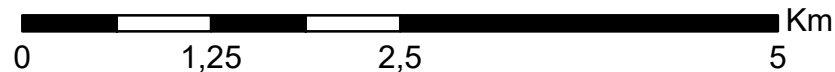
Mapa Base - Área XIV





- Pontos marcados em campo
- Pontos com amostras laminadas

- Área XIV
- Subáreas Projeto Unai



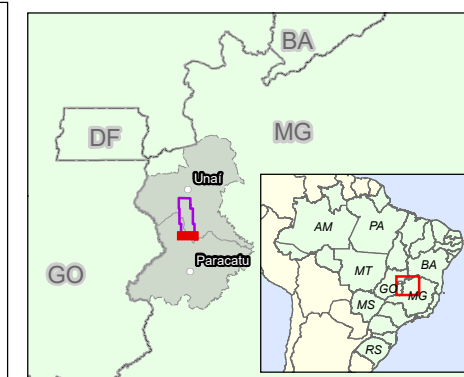
1:50.000
1 cm = 500 m

Projeção Universal Transversa de Mercator, Zona 23S
DATUM SIRGAS 2000

Área XIV:
Lívio Reily de Oliveira Gonçalves
Ricardo Avelino Costa

Orientador: José Eloi Guimarães Campos

- Área I
- Área II
- Área III
- Área IV
- Área V
- Área VI
- Área VII
- Área VIII
- Área IX
- Área X
- Área XI
- Área XII
- Área XIII
- Área XIV



Apêndice C (A4)

Pontos (20-XIV)	X - Longitude	Y - Latitude	Unidade	Litologia simplificada	Amostragem	Observação	Descrição geral
1	294234	8137614	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito maciço, com paredões e blocos soltos
2	293978	8137735	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito	Amostra(s) de mão		Corte de estrada de filito cinza claro
3	293407	8137286	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	
4	293198	8137102	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito c/ pirita	Amostra(s) de mão		Lajedo de filito cinza claro com porfiroblastos
5	292481	8137253	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	
6	292234	8137228	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito c/ pirita	Amostra(s) de mão		Lajedo e corte de drenagem de filito verde esbranquiçado com porfiroblastos
7	291766	8137138	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo/Plintossolo com plantação de sorgo
8	290512	8137480	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito	Amostra(s) de mão		Corte de drenagem com filito bastante alterado
9	291452	8137935	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo com plantação de sorgo
10	294952	8137828	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
11	294998	8137312	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
12	295613	8137171	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito com esteiras, com paredões e blocos soltos
13	296184	8137212	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
14	296925	8137282	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
15	297655	8137216	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro			Controle	
16	298420	8137154	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
17	299125	8137691	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos

Apêndice C (A4)

18	299667	8137969	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica			Corte de estrada com grauvaca alterada
19	299975	8137944	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica	Amostra(s) de mão		Corte de drenagem com grauvaca silicificada
20	300151	8137324	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica	Amostra(s) de mão		Lajedo com grauvaca laterizada
21	300780	8137179	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
22	301114	8136856	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
23	302209	8138031	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
24	302980	8137391	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Drenagem com acúmulo de colóides e óxidos/hidróxidos
25	303788	8137830	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
26	292488	8135396	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Plintossolo em cerrado ralo
27	292597	8135302	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito			Corte de drenagem com filito cinza claro quando fresco, e ocre quando alterado
28	292628	8134788	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito c/ pirita	Uma lâmina		Lajedo e blocos de filito com foliação penetrativa, com presença porfiroblastos de pirita
29	293481	8134788	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito c/ pirita	Uma lâmina		Corte de estrada e lajedos de filito com presença porfiroblastos de pirita
30	293749	8135428	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito carbonoso	Amostra(s) de mão		Lajedo de filito cinza muito escuro
31	293849	8135938	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Mármore	Amostra(s) de mão		Lajedos e blocos de mármore dolomítico maciço
32	294254	8136340	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	A-Dolomito e B-Arenito	Duas lâminas		A- Morrote de dolomito estromatolítico, com paredões e blocos soltos. B - Blocos de arenito fino a conglomerático.
33	294808	8136057	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito / Dolomito			Blocos de dolomito em pastagem sobre solos podzólicos
34	294747	8135448	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos

Apêndice C (A4)

35	295427	8134884	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito			Corte de estrada de siltito cinza esbranquiçado
36	296618	8135354	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
37	298098	8135668	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito	Amostra(s) de mão		Caixa de empréstimo de siltito cinza claro
38	298734	8135824	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
39	300034	8136168	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Quartzito lítico			Lajedo de quartzito lítico laterizado
40	290361	8136035	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo/Plintossolo com plantação de sorgo
41	291062	8136434	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo com plantação de sorgo
42	291861	8136269	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Quartzito			Blocos de quartzito ocre claro
43	292126	8136379	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito	Amostra(s) de mão		Filito calcífero cinza azulado com porfiroblastos de calcita alterados
44	292484	8136415	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito			Lajedo e blocos de quartzito laminado
45	291202	8135526	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo com pastagem
46	292053	8135502	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle	Latossolo com pastagem
47	292465	8135713	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito			Filito cinza em exposição de drenagem
48	293709	8136395	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito			Lajedo e corte de estrada expondo filito cinza escuro com boudins de quartzo
49	294143	8136540	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Arenito	Amostra(s) de mão		Morrote de arenito fino a conglomerático
50	293199	8136351	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Mármore	Amostra(s) de mão		Mármore maciço exposto em drenagem
51	294261	8135887	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito	Amostra(s) de mão		Cambissolo com fragmentos de filito cinza
52	295723	8136733	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos

Apêndice C (A4)

53	296133	8136464	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito / Dolomito			Corte de estrada expondo siltito laminado, com morrote dolomítico acima
54	296740	8136162	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito com blocos soltos
55	296609	8136565	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Arenito	Amostra(s) de mão		Morrote de arenito interdigitado com dolomito silicificado
56	297214	8136893	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Blocos soltos de dolomito interdigitados com arenitos conglomeráticos
57	298027	8136919	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito			Morrote e caixa de empréstimo de siltito laminado
58	298384	8136780	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito com blocos soltos, muito silicificados
59	298857	8136312	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredes e blocos soltos
60	299240	8136868	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Arenito			Morrote de arenito fino com blocos soltos
61	299380	8136563	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito com blocos soltos
62	299906	8136547	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica			Lajedo de grauvaca lítica rosada
63	300873	8136525	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Amostra(s) de mão		Exposição decamétrica de ritmito pelítico-psamítico em drenagem
64	297308	8135219	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredes e blocos soltos
65	298818	8135005	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredes e blocos soltos
66	299086	8135122	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredes e blocos soltos
67	299578	8135715	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito / Dolomito			Corte de estrada de siltito, sotoposto a morrote de dolomito com blocos soltos
68	300050	8135414	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro			Controle	
69	300390	8135872	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Arenito lítico			Morrote com lajedos de arenito líticos intercalados com grauvacas líticas
70	300952	8136167	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico			Lajedo de grauvaca lítica intercalada com arenito lítico

Apêndice C (A4)

71	301368	8136098	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico			Lajedo de grauvaca lítica intercalada com arenito lítico
72	301518	8135506	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico			Lajedo de grauvaca lítica intercalada com arenito lítico
73	301976	8135640	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Arenito lítico / Grauvaca lítica			Drenagem expondo arenitos líticos rosados intercalados com grauvacas líticas, muito silicificados
74	302708	8135756	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
75	304012	8135733	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
76	302107	8136459	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
77	300095	8136490	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico			Caixa de empréstimo de arenito lítico/grauvaca lítica dobrados
78	300504	8135708	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Arenito lítico	Amostra(s) de mão		Drenagem expondo arenitos líticos cinza escuros muito silicificados, com slickensides
79	300809	8135358	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica			Lajedo de grauvaca lítica rosada
80	300847	8135164	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica			Lajedo de grauvaca lítica rosada
81	296186	8138012	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito com blocos soltos
82	297701	8137693	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito silicificado com blocos soltos
83	298709	8137801	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito / Siltito	Amostra(s) de mão		Morrote de dolomito silicificado com blocos soltos
84	299086	8137893	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Arenito / Siltito			Morrote de arenito com blocos soltos
85	295044	8137032	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Dolomito			Morrote de dolomito, com paredões e blocos soltos
86	293700	8136256	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Mármore			Corte de estrada com mármore maciço dobrado
87	293092	8136314	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	Filito/Quartzito/Mármore		Cachoeira	

Apêndice C (A4)

88	299629	8136541	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Arenito			Morroto de arenito fino com blocos soltos
89	300415	8136304	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	Grauvaca lítica / Arenito lítico			Lajedo de arenito lítico intercalados com grauvaca lítica rosada
90	301792	8137867	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Entrada da Fazenda Paraíso	Latossolo
91	303146	8136850	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
92	304428	8137038	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco			Controle	Latossolo
93	293792	8137553	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim			Controle - Poço tubular desativado	
94	298474	8137325	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	Siltito			Corte de estrada com siltito cinza claro

Apêndice C (A4)

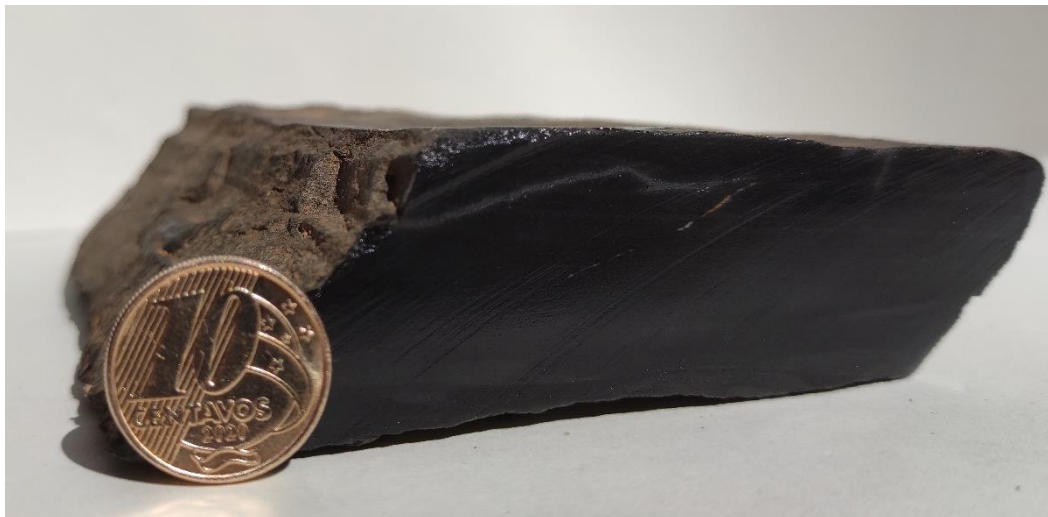
Ponto	X	Y	Litologia	Unidade	Azimute	Mergulho	Tipo	Azimute	Mergulho	Tipo	Azimute	Mergulho	Tipo	Flanco 1_Azimute	Flanco 1_Mergulho	Flanco 2_Azimute	Flanco 2_Mergulho
2	293978	8137735	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	260	31	S2	102	90	Fratura							
2	293978	8137735	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	268	29	S2	107	90	Fratura							
2	293978	8137735	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim				98	90	Fratura							
4	293198	8137102	Filito c/ piritita	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	296	56	S2										
10	294952	8137828	Carbonato	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	230	30	S0										
19	299975	8137944	Grauvaca lítica	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco							174	21	Eixo de dobra	245	54	116	48
27	292597	8135302	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	193	26	S0										
27	292597	8135302	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	283	36	S2										
29	293481	8134788	Filito c/ piritita	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	253	35	S2										
29	293481	8134788	Filito c/ piritita	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	256	36	S2										
30	293749	8135428	Filito carbonoso	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	263	28	S2										
30	293749	8135428	Filito carbonoso	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	274	42	S2										
32	294254	8136340	Carbonato	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	050	48	S0										
35	295427	8134884	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	275	28	S0										
37	298098	8135668	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	145	20	S0										
43	292126	8136379	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	246	16	S2										
43	292126	8136379	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	251	25	S2										
43	292126	8136379	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	280	27	S2										
43	292126	8136379	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	224	11	S2										
48	293709	8136395	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	268	32	S2										
48	293709	8136395	Filito	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	263	33	S2										
50	293199	8136351	Mármore	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	238	48	S2										
50	293199	8136351	Mármore	Grp. Canastra - Fm. Serra do Landim	254	46	S2										
53	296133	8136464	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	240	48	S0	005	56	Fratura							
53	296133	8136464	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	280	36	S0										
57	298027	8136919	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	110	15	S0										
61	299380	8136563	Carbonato	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	245	26	S0										
62	299906	8136547	Grauvaca lítica	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	254	65	S0										
63	300873	8136525	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	240	49	S0										
63	300873	8136525	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	125	50	S3										
67	299578	8135715	Silito	Grp. Paranoá - Fm. Córrego do Barreiro	148	34	S0										
69	300390	8135872	Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	192	43	S0										
71	301368	8136098	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	256	37	S0	150	90	Fratura							
71	301368	8136098	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	235	05	S0	185	90	Fratura							
71	301368	8136098	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	238	05	S0	87	90	Falha							
73	301976	8135640	Arenito lítico / Grauvaca lítica	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	272	45	S0										
77	300095	8136490	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco										098	48	269	30
77	300095	8136490	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco										095	50		
78	300504	8135708	Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	265	61	S0	205	90	Falha							
78	300504	8135708	Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	258	58	S0	215	90	Falha							
78	300504	8135708	Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	257	62	S0				320	40	Lx - Deslizamento				
78	300504	8135708	Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco	256	61	S0				296	55	Lx - Deslizamento				
89	300415	8136304	Grauvaca lítica / Arenito lítico	Fm. Quilombo - Mb. Ribeirão do Franco							216	44	Eixo de dobra	270	43	175	46

- Rocha detrítica | Formação Quilombo**I. Amostra 20-IX-42 (Grauvaca)**

Amostra de grauvacas líticas do Membro Ribeirão da Porteira, Mesoproterozoico, Bacia do São Francisco, Brasil Central. Coordenada: 297467 / 8153089.

II. Descrição Macroscópica

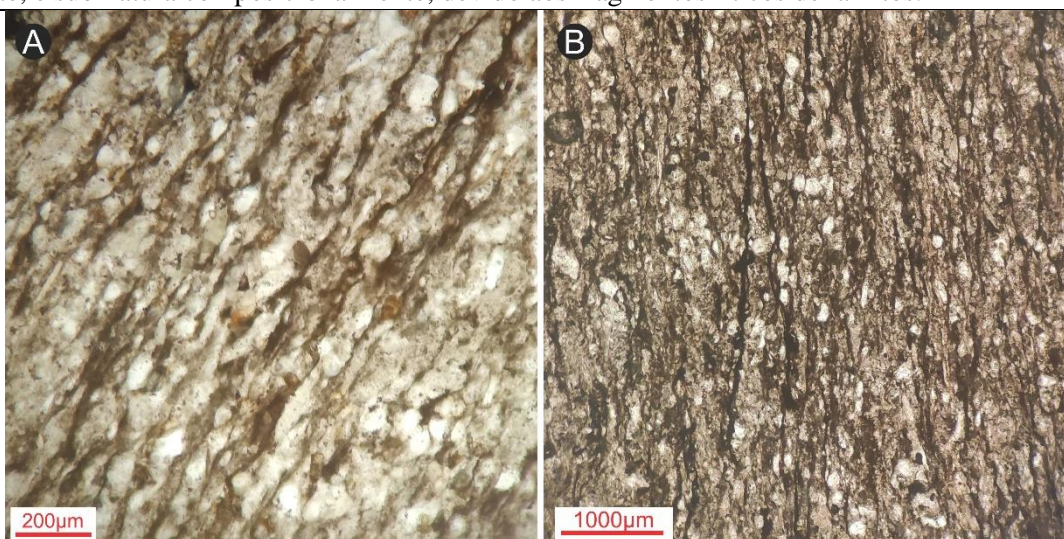
Rocha de coloração marrom escura quando não alterada e de cor marrom claro quando alterada. Possui laminação plano paralela. A granulometria principal do arcabouço é de tamanho lama, não sendo possível observar os grãos com lupa (30x).

**III. Descrição Microscópica**

Textura: A amostra é formada por grãos (65%) e por matriz (35%) e o seu suporte se dá pela matriz. Os grãos do arcabouço possuem uma distribuição monomodal e são bem selecionados, a distribuição modal é representada por grãos predominantemente de granulometria entre 0,07 e 0,1 mm (areia muito fina). Os grãos são predominantemente sub angulosos e moderada esfericidade. Poucas regiões da amostra os grãos se encostam, porém quando isso ocorre, os contatos são pontuais. Os grãos possuem uma orientação preferencial evidenciando a laminação da rocha.

Composição: Os componentes detríticos correspondem a 100% da rocha, sendo a composição dos grãos 82% quartzo, 60% monocristalino (plutônico) e 40% policristalino (metamórfico); 2% muscovita, 1% biotita e 15% fragmentos líticos.

Maturidade: A rocha possui textura com mais de 25% de matriz, por isso é considerada imatura texturalmente, e submatura composicionalmente, devido aos fragmentos líticos de lamitos.

**IV. Interpretação**

Devido ao formato subanguloso dos grãos e aos fragmentos líticos é possível inferir que a área fonte é relativamente próxima a área de deposição, além disso devido à grande porcentagem de matriz, também é possível inferir um fluxo de alta viscosidade.

V. Classificação: Grauvaca lítica.

Apêndice D (A4)

- Rocha detrítica | Formação Quilombo

I. Amostra 20-XI-116 (Arenito)

Amostra de arenito da Formação Quilombo, Membro Ribeirão do Franco, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 299113 / 8138547.

II. Descrição Macroscópica

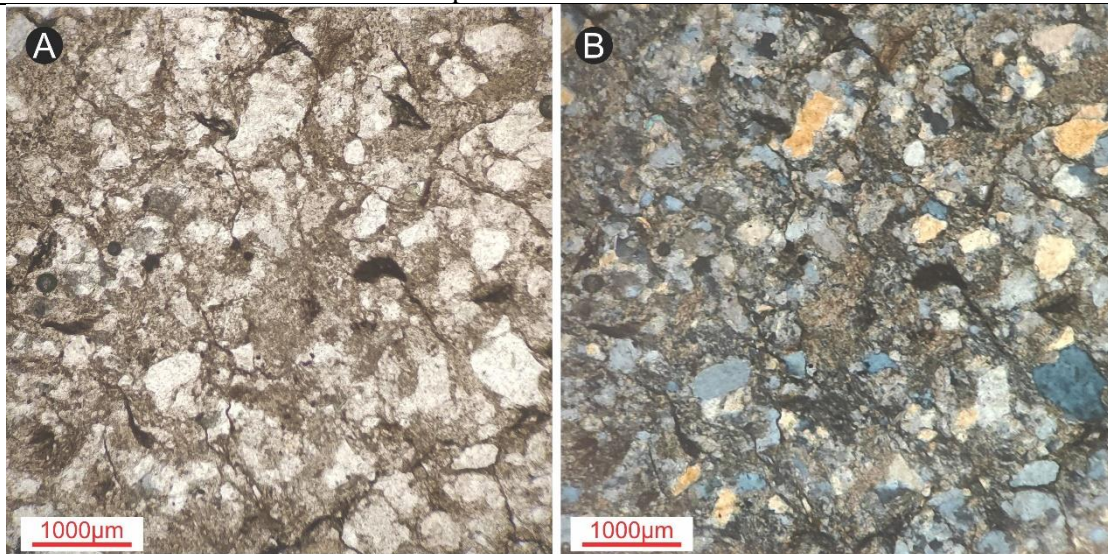
Rocha de textura clástica, maciça de coloração cinza escura quando não alterada, e bege creme quando alterada. O arcabouço é composto grãos de areia muito fina.



III. Descrição Microscópica

A rocha possui textura é bem selecionada, e possui uma distribuição monomodal, sendo ela representada por grãos de tamanho entre 0,13 e 0,3 mm (predominantemente grãos de areia fina). Os grãos são angulosos e possuem predominantemente baixa esfericidade. Arcabouço é fechado e homogêneo com grãos sem orientação preferencial. O contato entre os grãos é predominantemente planar seguido de côncavo-convexo.

A composição dos grãos são predominante quartzo 85% e fragmentos líticos de rochas pelíticas (15%). A textura é imatura texturalmente e submatura composicionalmente.



IV. Interpretação

O transporte está associado a altas energias devido aos fragmentos líticos.

V. Classificação: Arenito lítico.

Apêndice D (A4)

-Rocha Vulcânica | Formação Quilombo

Amostra 20-IV-16:

Amostra de rocha vulcânica da Formação Quilombo, Membro Ribeirão do Franco, Mesoproterozoico.

Coordenas: 300621 / 8167114.

Descrição Macroscópica (20-IV-16):

Rocha de coloração cinza esverdeada quando não alterada e cor avermelhada quando alterada. Rocha muito coesa e maciça, com textura afanítica, contudo em algumas partes é possível observar a textura esferulítica, e é possível ver microfenocristais de quartzo.



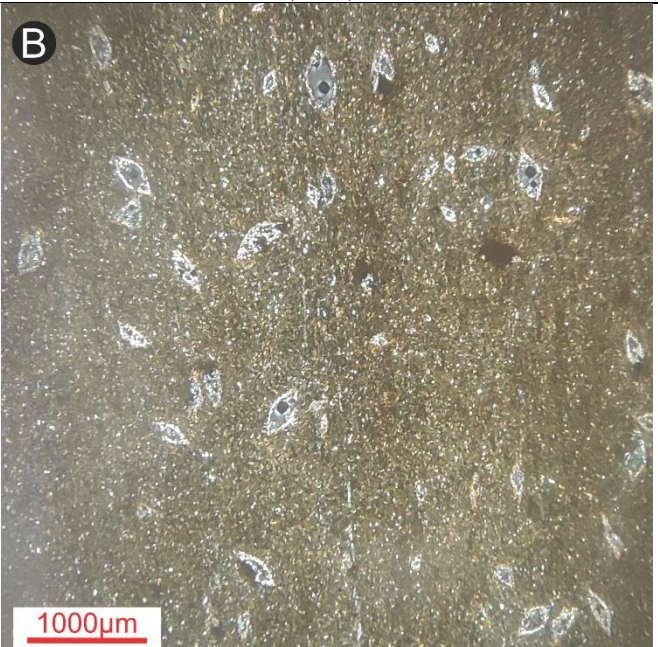
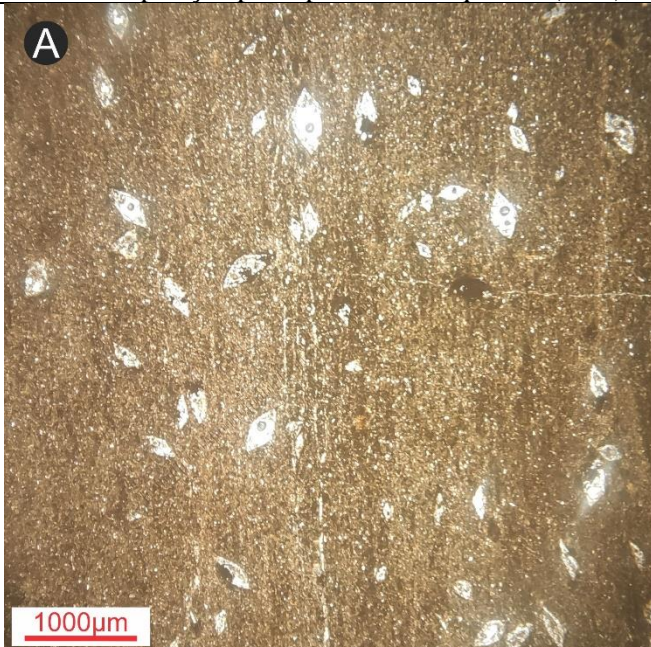
Amostra ESW-94:

As rochas vulcânicas ocorrem em camadas submétricas a decimétricas intercaladas aos sedimentos clásticos turbidíticos, ora em camadas tabulares maciças, ora como corpos oblados.

Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo.

Descrição Microscópica (ESW-94):

A rocha é composta principalmente por vidro (80%) e também por microfenocristais (20%). A textura mais comum de se observar é a textura “olho” e também criptocristalina. Rocha hipocristalina porfírica. Os microfenocristais possuem composição principalmente de quartzo (90%), mas ocorre também micas (10%).



Interpretação (ESW-94):

Os olhos se formam como microamídalas, onde os menores são completamente preenchidos por microcristais de quartzo e nos maiores, esses microcristais ficam restritos nas bordas. A textura criptocristalina é bastante comum em vulcanismos sub-aquosos.

Classificação (ESW-94):

Classificação mais precisa com análise química, e de acordo com o TAS.

Apêndice D (A4)

- Rocha detrítica | Formação Córrego do Barreiro- Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XIV-32A

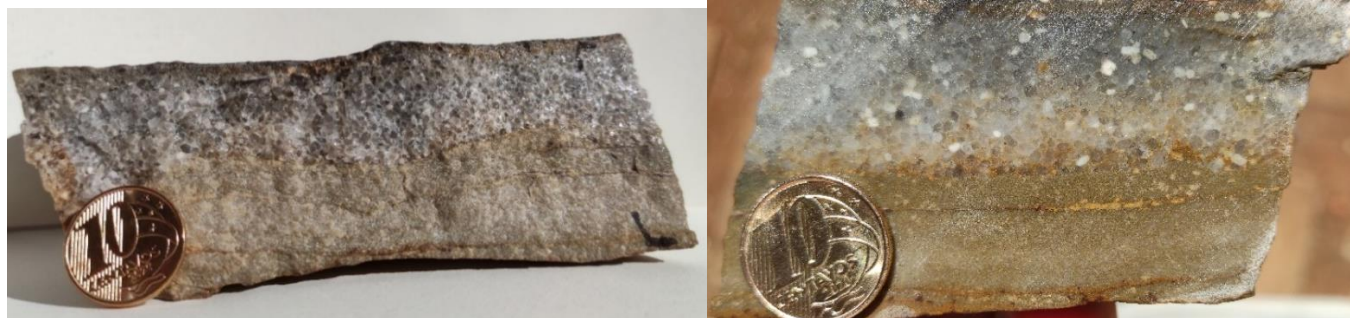
Amostra de arenito da Fm. Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 294254 / 8136340.

Camadas decimétricas a métricas de arenitos finos a grossos, interdigitados lateralmente com estromatólitos.

II. Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza clara quando fresca, e ocre clara quando intemperizada. O arcabouço é composto de dois domínios com granulometrias diferentes, um predominantemente de areia fina e outro de areia grossa. Os minerais ocorrentes são quartzo (92%), feldspato (7%) e mica/muscovita (1% - na forma de níveis, no domínio de areia fina). A amostra possui cimentação de sílica e estratificação truncada (camadas mais grossas cortando as mais finas). Classificação: Subarcósio.



III. Descrição Microscópica

A lâmina possui dois domínios com características distintas.

Textura: Os grãos da rocha possuem uma distribuição bimodal, sendo a moda 1 representada por grãos predominantemente de granulometria entre 1,2 a 1,6 mm (areia muito grossa). A moda 2 representada por grãos predominantemente de tamanho 0,08 a 0,12 mm (areia muito fina).

Os grãos da moda 1 são predominantemente sub-arredondados a arredondados, os grãos possuem predominantemente baixa a moderada esfericidade. Os grãos da moda 2 são predominantemente sub angulosos e moderada esfericidade.

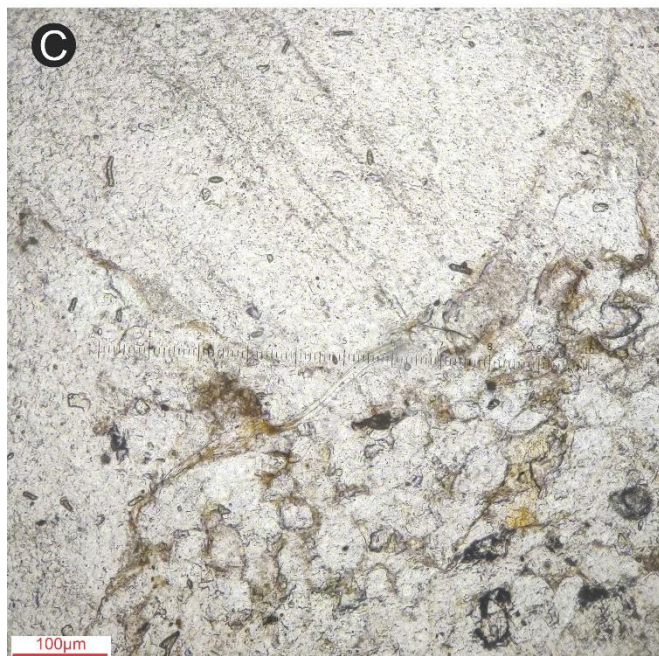
O arcabouço é fechado e homogêneo com grãos sem orientação preferencial, o contato entre os grãos é predominantemente côncavo-convexo, seguido de planar, e em menor proporção o contato suturado.

A porosidade primária é de difícil observação devido à alta compactação e elevada recristalização, enquanto a porosidade secundária é observável principalmente nas bordas de alguns grãos.

Composição: Os componentes detríticos correspondem a 92% da rocha, sendo a composição dos grãos 88% de quartzo (80% Plutônico, 20% Metamórfico), 10 % de microclínio e 2% de mica (muscovita - na forma de níveis, no domínio de areia muito fina e algumas poucas lamelas no domínio de areia muito grossa). A rocha possui 8% de componentes químicos, sendo 100% de cimento silicoso de sobrecrescimento. A maioria dos feldspatos se alteram para sericita.

Maturidade: O domínio de areia muito grossa é composto por grãos de quartzo e de feldspato de granulometria areia muito grossa a grânulo, portanto o domínio é moderadamente selecionado, submaturo texturalmente e mineralogicamente. O domínio de areia muito fina é bem selecionado, maturo texturalmente e mineralogicamente.

20-XIV-32A



IV. Interpretação

Pelas características descritas, interpreta-se que a área fonte seria relativamente próxima devido a presença de feldspatos e aos grãos sub-arredondados devido a um certo retrabalhamento. O seu transporte teria sido predominantemente junto a carga de fundo, indicando ambiente de alta energia.

A rocha apresenta uma fase de mesodiagênese indicada pela cimentação de sobrecrecimento e pelo contato suturado. A porosidade primária é de difícil observação devido à alta compactação e elevada recristalização, enquanto a porosidade secundária é observável principalmente nas bordas de alguns grãos.

V. Classificação: Subarcósio muito grosso silicoso e Subarcósio muito fino silicoso.

Apêndice D (A4)

- Rocha carbonática | Formação Córrego do Barreiro – Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XIV-32 B (Estromatolito cônico)

Amostra de boundstone estromatolítico do Grupo Paranoá, Fm. Córrego do Barreiro, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 295997/8139769.

Camadas métricas a decimétricas de estromatólitos, interdigitados lateralmente com arenitos finos a grossos.

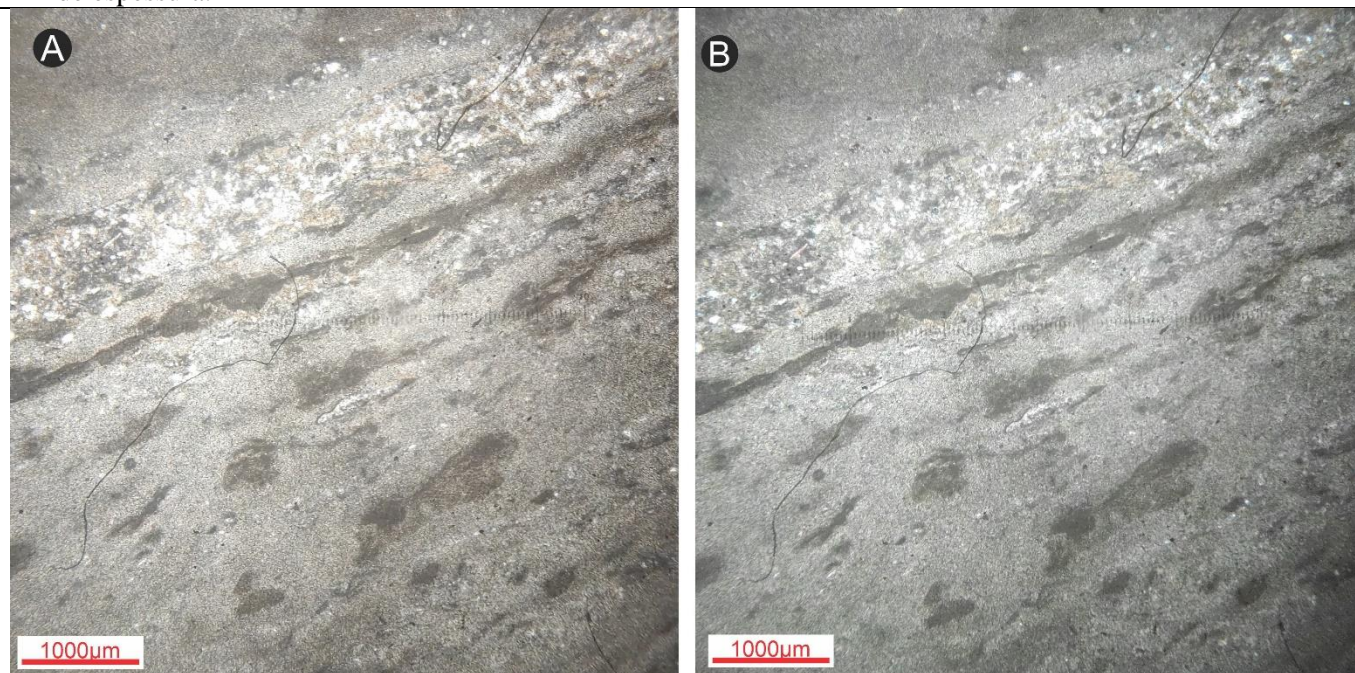
II. Descrição Macroscópica

Rocha carbonática de coloração cinza, com ocorrência de estromatólitos colunares, as colunas são formadas principalmente por micrita, mas também ocorrem alguns grãos aloquímicos de tamanho entre 0,2 a 0,5 mm. O material entre as colunas é composto principalmente por grãos aloquímicos de tamanhos similares aos intercolunares. A rocha reage pouco com HCl, evidenciando uma composição de dolomita.



III. Descrição Microscópica

A rocha é composta por 15% grãos aloquímicos (intraclastos) 80% de micrita (por vezes recristalizada) e 5% de cimento espático. Os grãos são predominantemente intraclastos e possuem tamanho variando entre 0,4 a 3,6 mm. A textura da rocha é de bioconstrução. As esteiras possuem formato cônico, e cada lâmina tem aproximadamente 6 mm de espessura.



IV. Interpretação

Devido a ocorrência, ao tamanho e a morfologia dos estromatólitos pode-se inferir que se tratava de um bound carbonático com uma baixa taxa de sedimentação, com bastante espaço de acomodação e um ambiente de baixa energia.

V. Classificação: Boundstone/Biodoluto.

Apêndice D (A4)

- Rocha carbonática | Formação Córrego do Barreiro – Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XIII-32 A (Brecha carbonática)

Amostra de brecha intraclástica do Grupo Paranoá, Fm. Córrego do Barreiro, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 293113/8138547

II. Descrição Macroscópica

Rocha carbonática de coloração cinza, é possível observar grão de intraclastos de tamanho variando entre 1 a 3 mm. Possui dois componentes que preenchem o espaço entre os grãos: micrita (50%) e cimento espático (25%). A rocha reage pouco com HCl, evidenciando uma substituição por dolomito.

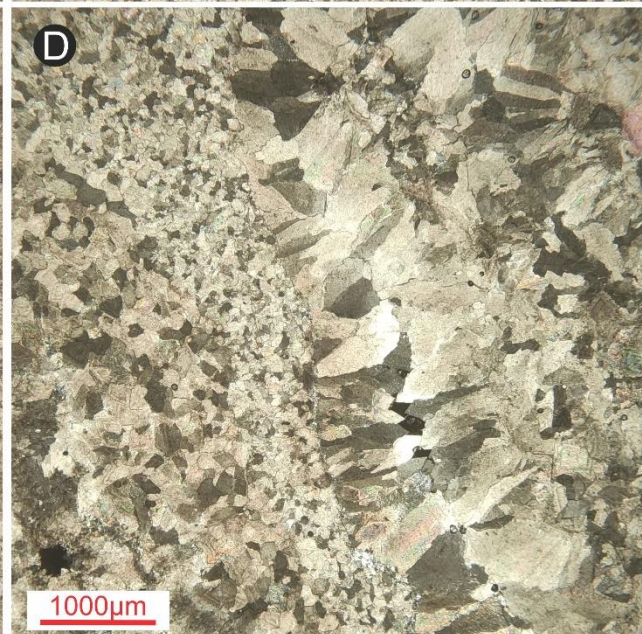
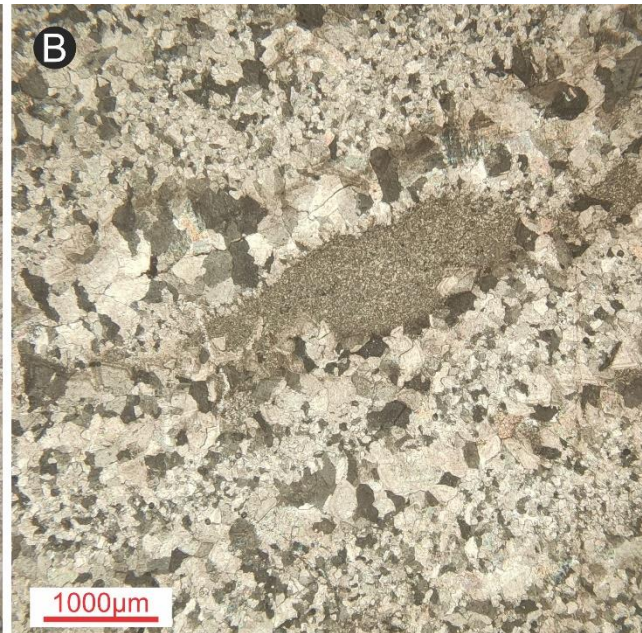


III. Descrição Microscópica

A rocha é composta por 15% grãos aloquímicos (intraclastos), 50% de micrita (recristalizada) e 35% de cimento espático. Os grãos são predominantemente intraclastos de calcilutito angulosos e possuem tamanho variando entre 0,4 a 2,6 mm. A micrita ocorre recristalizada, com grãos de tamanho variando 0,1 a 0,4 mm. O cimento espático ocorre preenchendo principalmente espaços vazios. Em algumas zonas da lâmina é possível observar cristais romboédricos, evidenciando a substituição da calcita por dolomita.

Apêndice D (A4)

20-XIII-32 A



IV. Interpretação

A rocha foi formada em ambientes de baixíssima energia, devido à alta porcentagem de micrita (matriz carbonática). Os intraclastos retrabalhos provavelmente se depositavam pela ação da gravidade.

V. Classificação: Wackestone/ Intradolmicrorudito.

Apêndice D (A4)

- Rocha carbonática | Formação Córrego do Barreiro – Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XIII-32B (dolarenito)

Amostra de dolarenito do Grupo Paranoá, Fm. Córrego do Barreiro, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 296055/8145404.

II. Descrição Macroscópica

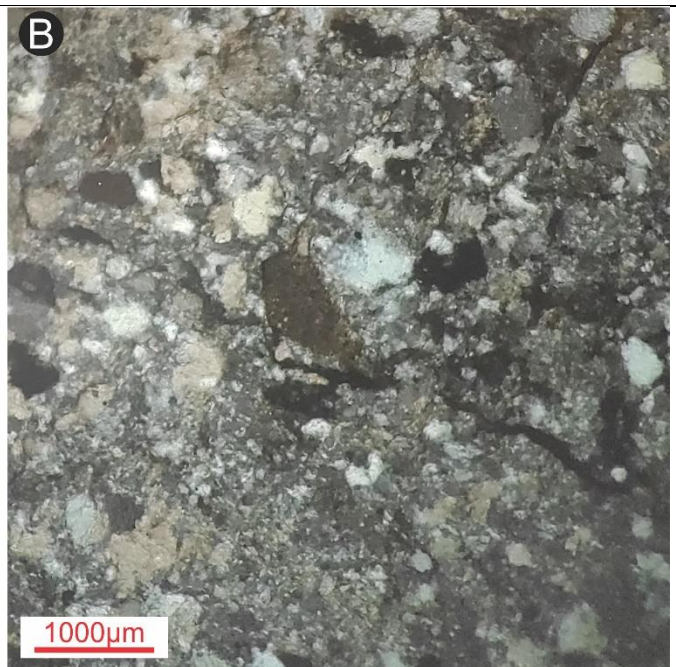
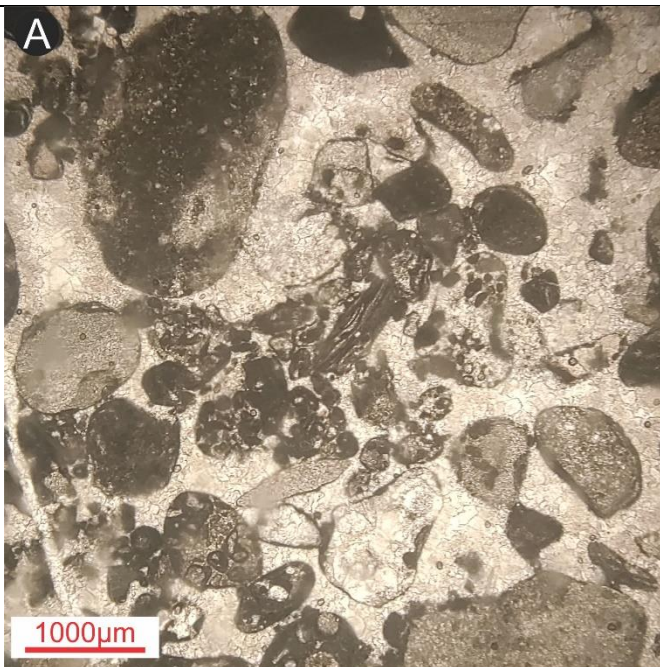
Rocha carbonática com grãos aloquímicos de granulometria areia grossa, cimento espático entre os grãos, reage pouco com HCl evidenciando substituição por dolomito.



III. Descrição Microscópica

A rocha é composta por 45% grãos aloquímicos, 45% de intraclastos e 40% de cimento espático. Os intraclastos são principalmntec calcilito (60%), de tamanho entre 1 e 2mm; seguidos de calcarenito de oncólitos aglomerados, de tamanho 0,8 a 1,4 mm. Os intraclastos possuem tamanho entre 0,8 e 2 mm.

A textura é grão suportado (60 %), com cimento espático (40%). Os cristais de cimento possuem tamanho entre 0,05 e 0,1 mm.



IV. Interpretação

Devido aos intraclastos de calcilito e calcarenito pode-se inferir que ocorreu uma variação de energia, em altas energias se formava os calcarenitos, e em baixa energia os calcilitos, após isso tudo foi retrabalhado.

V. Importância Econômica: Pode ser utilizado para britas, ou também usado para correção de solo na agricultura.

VI. Classificação: Packstone com cimento espático/ intradolrudito fino espático.

Apêndice D (A4)

-Rocha carbonática | Formação Córrego do Barreiro – Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XIII-32C (Estromatólito)

Amostra de estromatólito da Fm. Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 294254 / 8136340.

II. Descrição Macroscópica

Rocha carbonática de cor cinza, textura bioconstruída, constituída de estromatólitos colunares decimétricos, com material intercolunar clástico composto por oncólitos de granulometria areia média. A rocha apresenta-se dolomitizada.

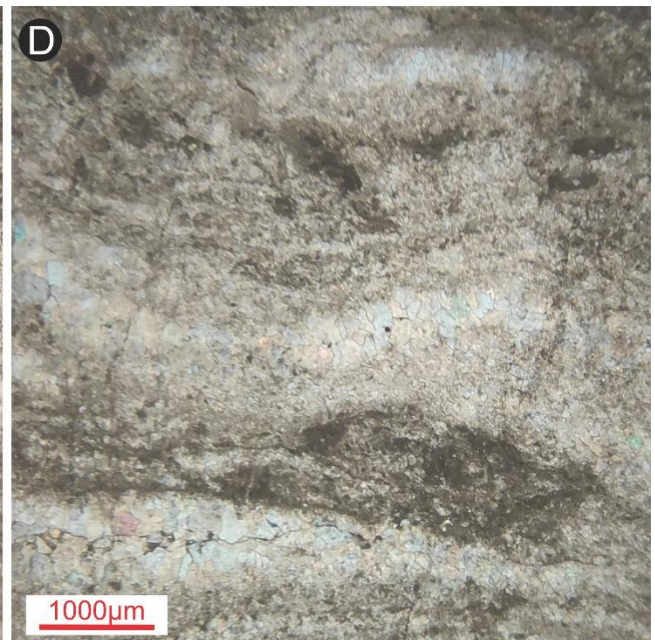
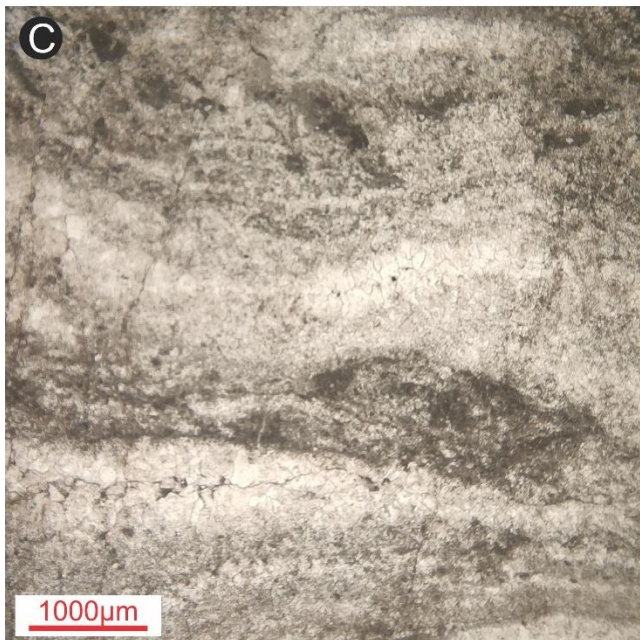
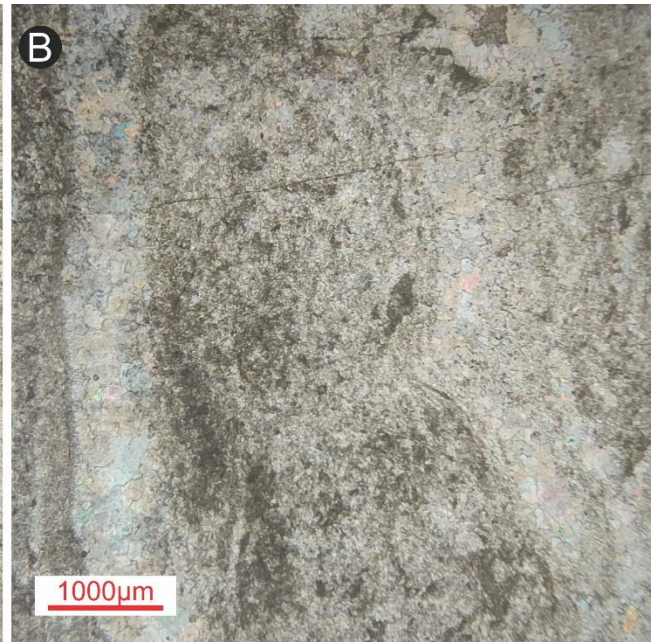
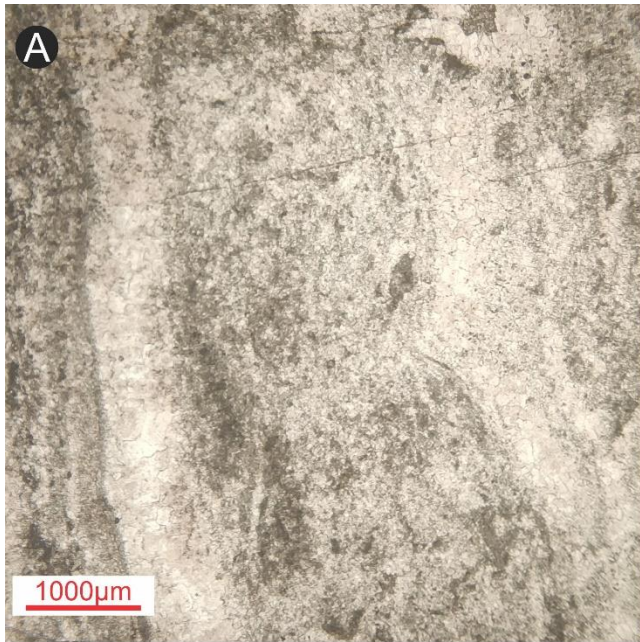


III Descrição microscópica

A rocha é composta por 10% grãos aloquímicos (intraclastos) 70% de micrita (por vezes recristalizada) e 20% de cimento espático. Os grãos são predominantemente intraclastos e possuem tamanho variando entre 0,6 e 1,4 mm. A textura da rocha é de bioconstrução. As esteiras possuem formato predominante mente plano-planares, por vez dômicas, . As esteiras tem aproximadamente a espessura de 2 mm.

Apêndice D (A4)

20-XIII-32C



IV. Interpretação

Devido a ocorrência, ao tamanho e a morfologia dos estromatólitos pode-se inferir que se tratava de um bound carbonático com uma alta taxa de sedimentação, pouco espaço para acomodação e um ambiente debaixo energia.

V. Classificação: Boundstone/Biodoluto.

Apêndice D (A4)

- Rocha carbonática | Formação Córrego do Barreiro – Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XI-125 (dolomito com extraclastos)

Amostra de dolarenito do Grupo Paranoá, Fm. Córrego do Barreiro, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 296055/8145404.

II. Descrição Macroscópica

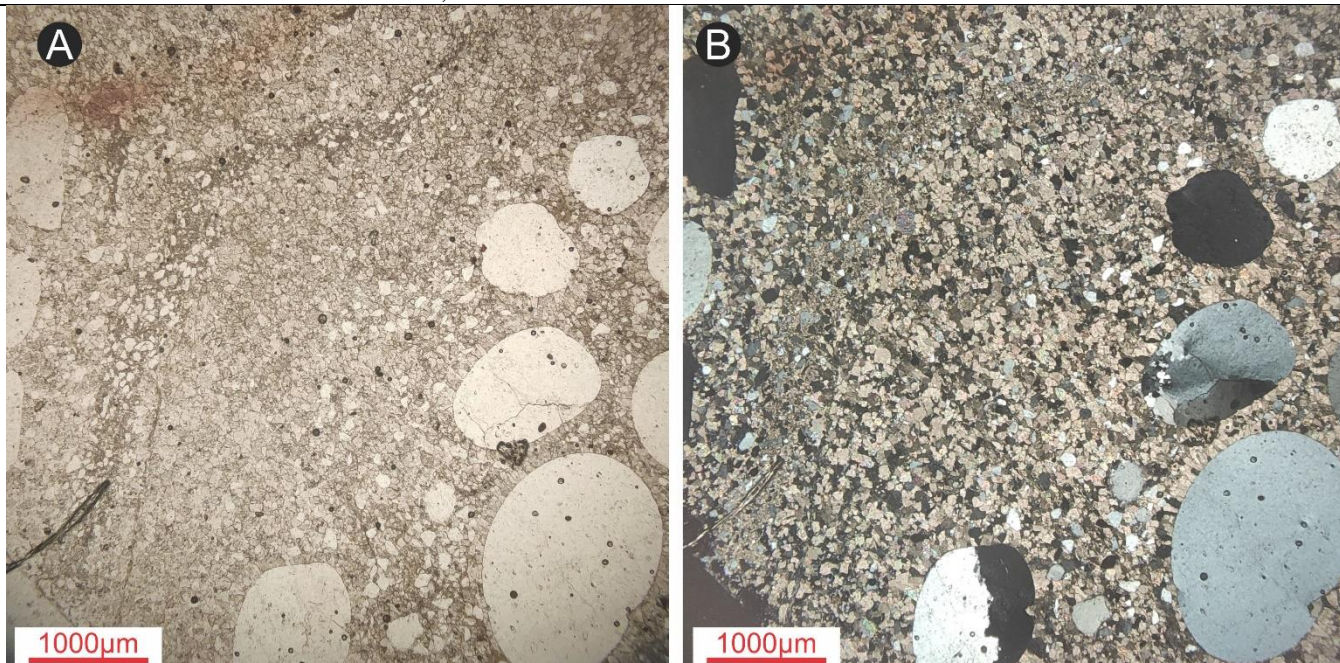
Rocha carbonática de coloração cinza amarronzada, de granulometria muito fina, não observável com auxílio da lupa de 20x, com extra clastos (cerca de 30%), sendo a composição de quartzo, de tamanho variando areia muito grossa até grânulos, os grãos são arredondados e esféricos. A amostra reage pouco com HCl evidenciando a composição de dolomito.



III. Descrição Microscópica

A rocha é composta por 70% cristais espáticos e 30% de extraclastos. Os grãos de extraclasto possuem tamanho variando entre 1 a 1,6 mm (areia muito grossa), porém alguns extraclastos chegam até em 2,3 mm (grânulos). Os extraclastos possuem composição de quartzo plutônico (70%) e metamórfico (30%), são predominantemente arredondados e com alta esfericidade. Os extraclastos possuem maturidade textural e composicional. Os cristais espáticos possuem 0,04 a 0,1 mm.

A textura da rocha é cristalina, os extraclastos ocorrem formando estruturas laminares.



IV. Interpretação

Devido ao tamanho e a maturidade dos extraclastos e também a estrutura laminar da rocha é possível inferir uma corrente episódicas de alta energia, em um ambiente sedimentação distal da área fonte do extra-clastos.

V. Classificação: Dolocristalino fino/ Dolespatilito com extraclastos.

Apêndice D (A4)

- Rocha detrítica | Formação Córrego do Barreiro- Grupo Paranoá

I. Amostra 20-XII- 54

Amostra de arenito da Fm. Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 292997 / 8142507.

II. Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza clara quando fresca, e marrom clara/avermelhada quando intemperizada. O arcabouço é composto de areia grossa e com alguns grânulos, com quartzo (90%), feldspato (8%) e pirita (2%). A amostra é bastante maciça/homogênea e recristalizada, com o empacotamento muito fechado. Classificação: Subarcósio.



III. Descrição Microscópica

Textura: Os grãos da rocha possuem predominantemente tamanho entre 1,0 a 1,4 mm (areia muito grossa), mas é comum a ocorrência de grânulos (até 3,1 mm).

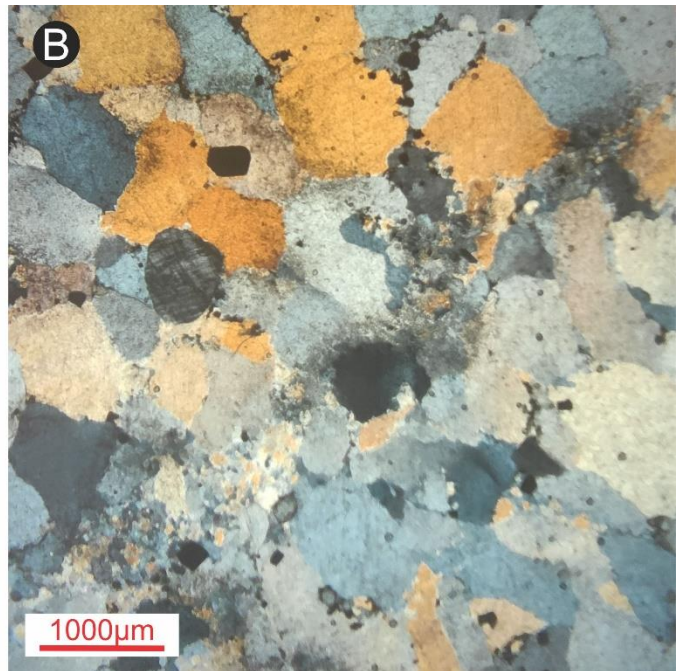
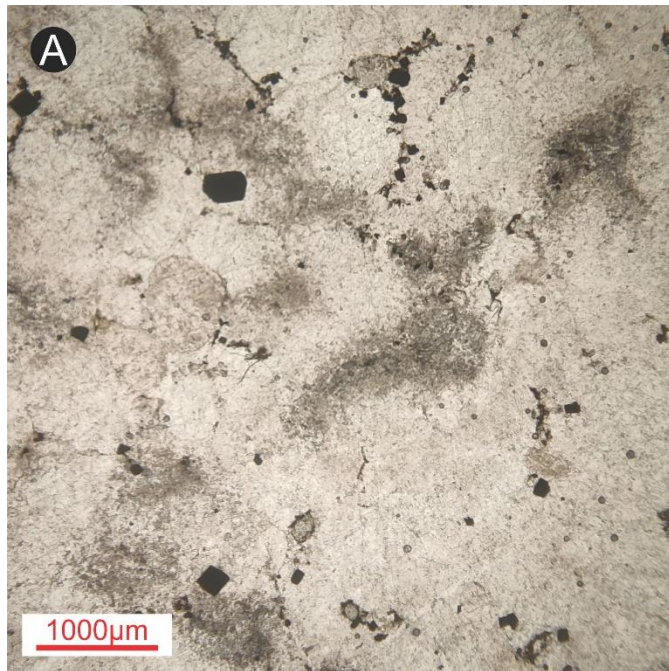
Os grãos são predominantemente angulosos a sub-angulosos, e possuem predominantemente baixa esfericidade.

O arcabouço é fechado e homogêneo, os grãos mais alongados apresentam orientação preferencial, o contato entre os grãos é predominantemente côncavo-convexo, seguido de suturado, e em menor proporção o contato planar. A porosidade primária é praticamente ausente, devido à alta compactação e elevada recristalização, enquanto a porosidade secundária não é observada.

Composição: Os componentes detríticos correspondem a 98% da rocha, sendo a composição dos grãos 85% de quartzo (90% Plutônico, 10% Metamórfico), 12% de microclínio e 3% de pirita. A rocha possui 2% de componentes químicos, sendo 100% de cimento silicoso de sobrecrecimento. Alguns dos feldspatos apresentam sericitização incipiente.

Maturidade: Como predomina a fração de areia muito grossa, composta essencialmente por grãos de quartzo e de feldspato, caracteriza-se como bem selecionado, maduro texturalmente e submaturo mineralogicamente.

20-XII- 54



IV. Interpretação

Pelas características descritas, interpreta-se que a área fonte seria relativamente próxima devido a presença de feldspatos e aos grãos angulosos a sub-angulos. O seu transporte teria sido predominantemente junto a carga de fundo, indicando ambiente de alta energia.

A rocha apresenta uma fase de mesodiagênese indicada pela cimentação de sobrecrecimento e pelo contatos côncavo-convexos e suturados. A porosidade primária é de difícil observação devido à alta compactação e elevada recristalização, enquanto a porosidade secundária não é observada.

V. Classificação: Subarcósio muito grosso silicoso com grânulos.

Apêndice D (A4)

-Rocha metamórfica (baixo grau) | Formação Serra do Landim-Grupo Canastra

Amostra 20-XIV-28

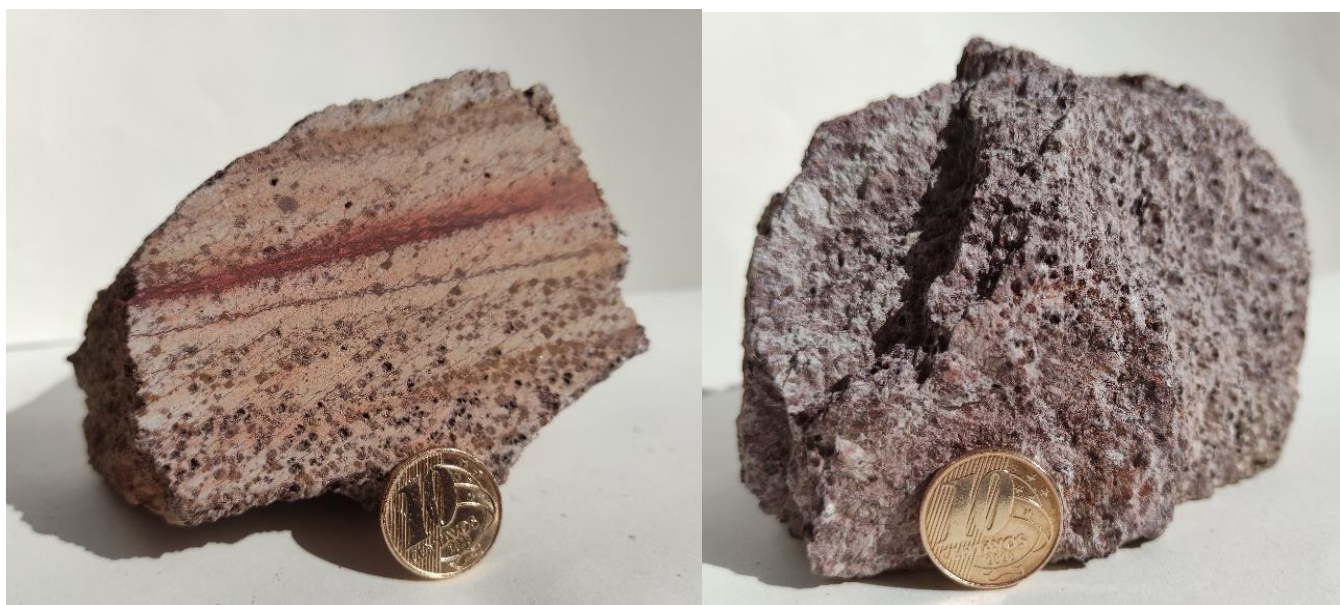
Amostra de filito da Fm. Serra do Landim, Grupo Canastra, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 292628 / 8134788.

Lajedo em estrada.

Descrição macroscópica

A rocha apresenta uma coloração cinza arrocheada, rugosa ao tato e de estruturação maciça marcada pela presença de uma foliação provavelmente proveniente de minerais micáceos claros que formam uma matriz fina juntamente com quartzo. Em meio a esta trama fina encontra-se porfiroblastos de minerais de granulação fina (0,5 a 1 mm) a média (2 mm), em sua maior parte são cúbicos, sua coloração é marrom avermelhada.

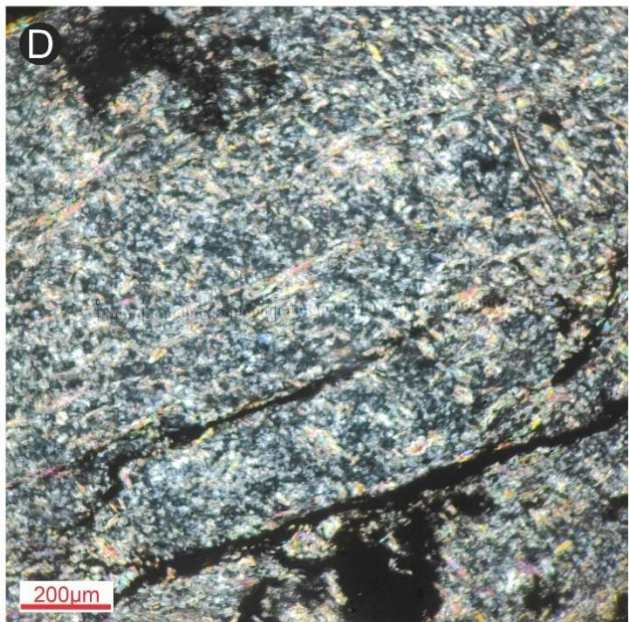
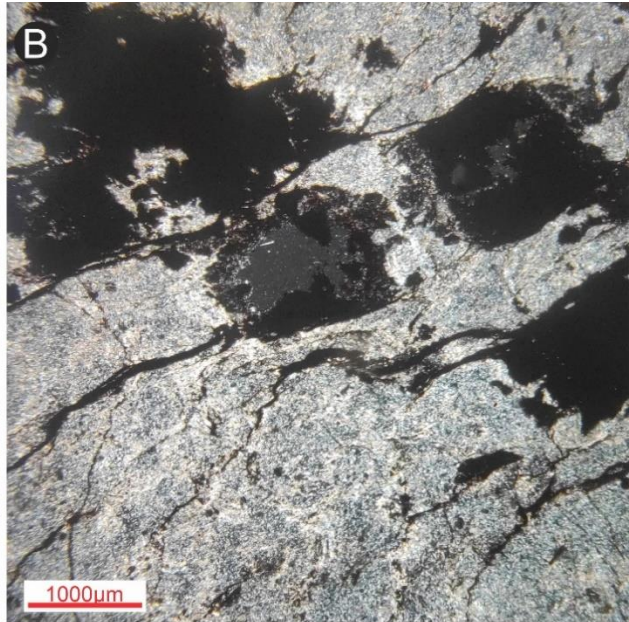
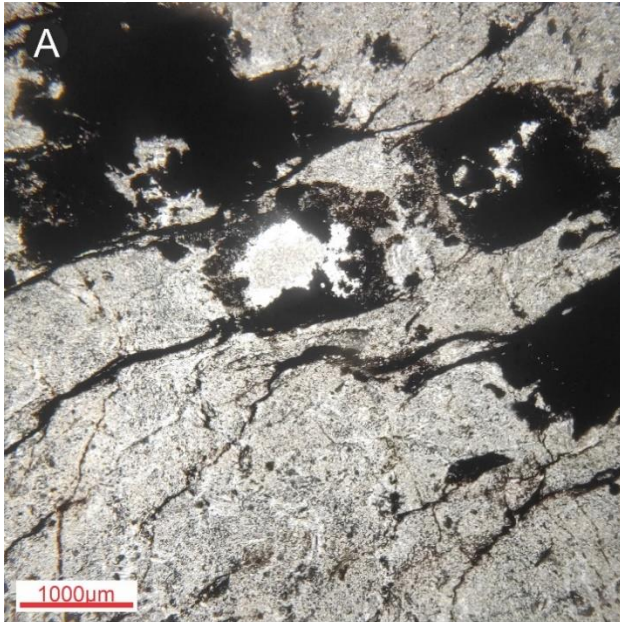


Descrição microscópica

<i>Composição modal</i>	<i>%</i>
Fengita + Clorita + Quartzo	78 %
Pirita	2 %
Óxido (Limonita)	20 %

Apêndice D (A4)

20-XIV-28



Texturas:		Paragênese:
Granolepidoblástica; Lepidoblástica; Porfiroblástica		1) Fengita+Clorita+Quartzo
Descrição:		Diagrama composicional:
<p>Lâmina predominantemente composta por uma matriz de mineiras micáceos (fengita e clorita) de granulação fina (0,075 a 0,05 mm) dispostos sub-paralelamente, definindo uma trama lepidoblástica responsável pela foliação. Observa-se ainda alguns domínios mais ricos em quartzo de granulação mais grossa e de menor ocorrência de filossilicatos, definindo uma trama granolepidoblástica. Em meio a esta matriz fina existem porfiroblastos cúbicos a arredondados de granulação média 1,4 a 2,6 mm, que foram interpretados como limonita e pirita.</p>		
Discussão:		
<p>A rocha apresenta uma paragênese primária principal de clorita, fengita, e quartzo, que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de um protólito pelítico na fácies xisto-verde baixo (zona da clorita).</p>		
Protólito:	Rocha Pelítica	Classificação:
Fáceis metamórfica:	Xisto-Verde baixo (zona da clorita)	Clorita-fengita-filito.

Apêndice D (A4)

-Rocha metamórfica (baixo grau) | Formação Serra do Landim-Grupo Canastra

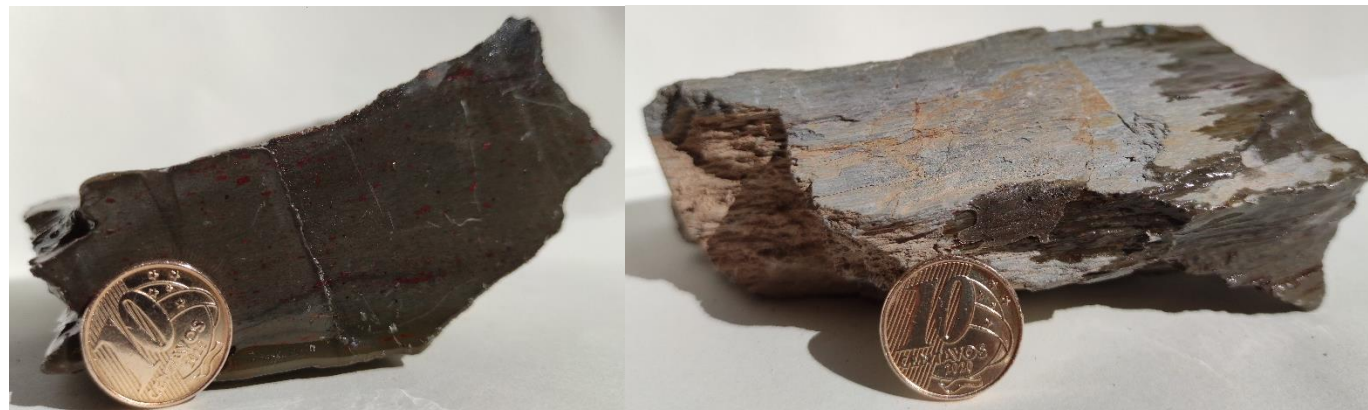
Amostra 20-XIII-33

Amostra de filito da Fm. Serra do Landim, Grupo Canastra, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 291812 / 8138942.

Descrição macroscópica

A rocha apresenta uma coloração cinza claro prateada e com pontos avermelhados de oxidação, rugosa ao tato e de estruturação maciça marcada pela presença de uma foliação provavelmente proveniente de minerais micáceos claros que formam uma matriz fina, em uma trama lepidoblástica.

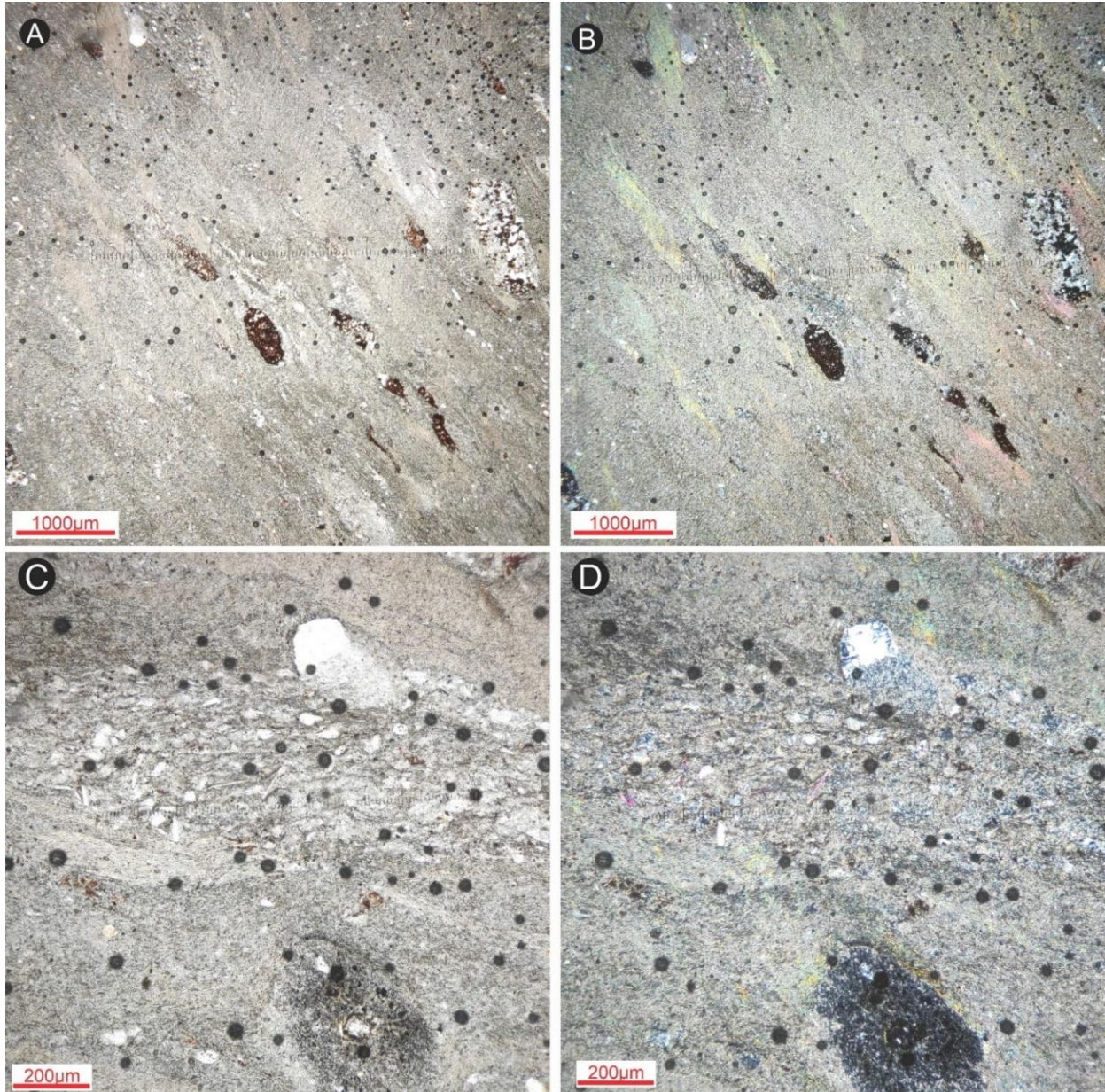


Descrição microscópica

<i>Composição modal</i>	<i>%</i>
Micas (Fengita + Clorita)	93 %
Feldspato	2 %
Quartzo	2,5 %
Óxidos	2 %
Opacos	0,5 %

Apêndice D (A4)

20-XIII-33



Texturas:		Paragênese:
Lepidoblástica; Porfiroblástica		1) Fengita+Clorita+Feldspato+Quartzo
Descrição:		Diagrama composicional:
<p>Lâmina predominantemente composta por uma matriz de minerais micáceos (fengita e clorita) de granulação fina dispostos sub-paralelamente, definindo uma trama lepidoblástica responsável pela foliação, e apresenta alguns grãos de quartzo de granulação ainda mais fina (até 0,08 mm) em meio a matriz.</p> <p>Em meio a esta matriz fina existem porfiroblastos arredondados de feldspato sob sericitização, de granulação média (até 0,2 mm).</p> <p>Também ocorrem porfiroblastos alongados de granulação média (até 1,55 mm), provavelmente seriam de um protólito do que foi um fragmento lítico. Esses porfiroblastos possuem grãos de quartzo e micas, e outros também possuem óxidos.</p>		
Discussão:		
<p>A rocha apresenta uma paragênese primária principal de clorita, fengita, feldspato e quartzo, que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de um protólito pelítico a grauvaqueano na fácies xisto-verde muito baixo (zona da clorita).</p>		
Protólito:	Rocha pelítica a grauvaqueana	Classificação:
Fáceis metamórfica:	Xisto-Verde baixo (zona da clorita)	Clorita-fengita-filito.

Apêndice D (A4)

-Rocha metamórfica (baixo grau) | Formação Serra do Landim-Grupo Canastra

Amostra 20-XIV-29

Amostra de metasiltito/metarenito da Fm. Serra do Landim, Grupo Canastra, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 293481 / 8134788.

Camadas decimétricas a métricas em corte de estrada.

Descrição macroscópica

A rocha apresenta uma coloração bege clara quando são e bege escura quando alterada, macia ao tato e de estruturação laminada marcada pela alternância de cores claras e escuras. Nas laminações mais escuras é possível de se observar grãos de quartzo de granulometria areia muito fina, enquanto nos domínios mais claros a granulometria seria de silte a areia fina. Existem alguns pequenos veios de quartzo que deslocam levemente as laminações.

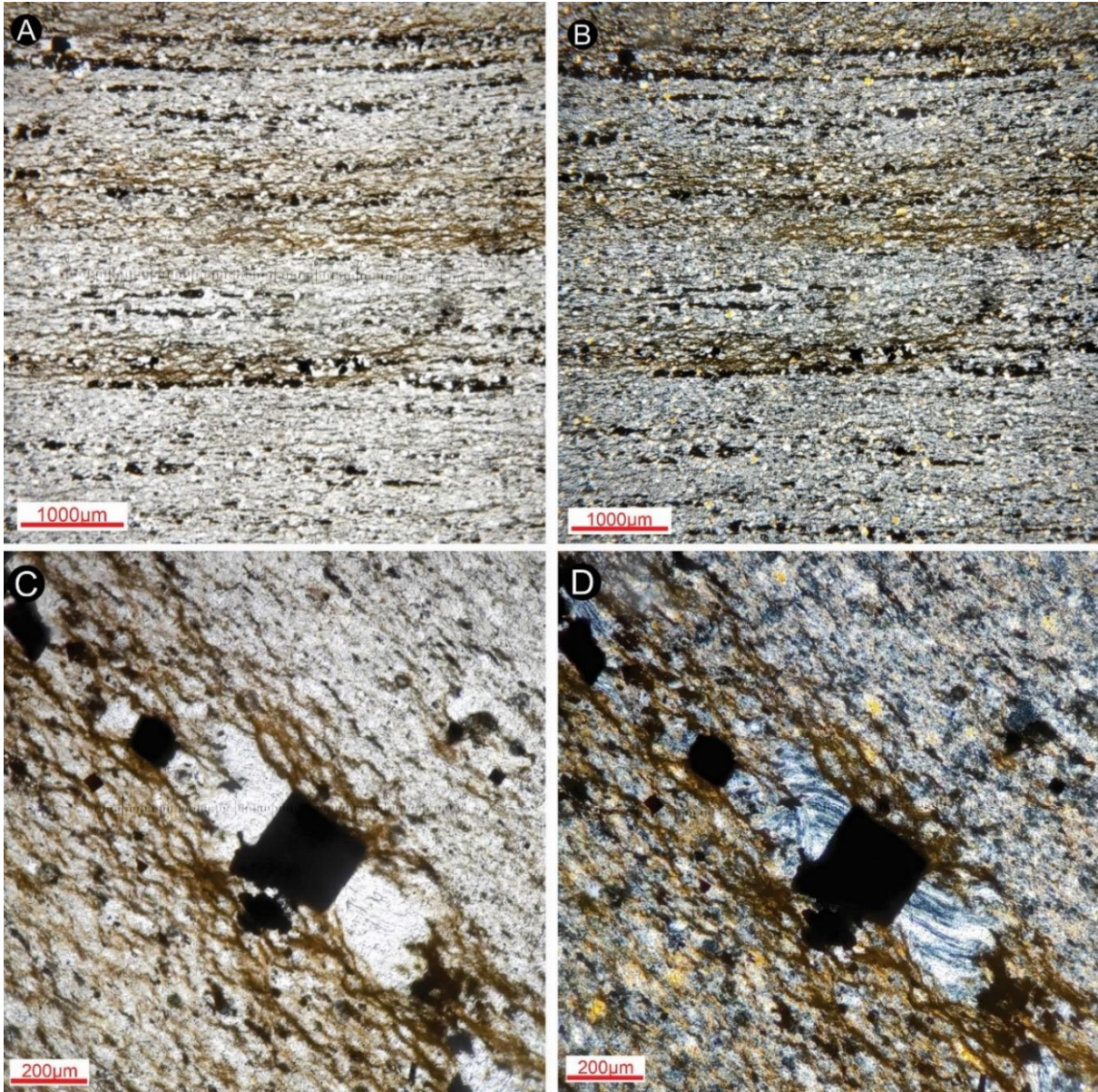


Descrição microscópica

<i>Composição modal</i>	<i>%</i>
Quartzo	80%
Mica (fengita e clorita)	15 %
Opacos	1 %
Óxido/hidróxido	4%

Apêndice D (A4)

20-XIV-29



Texturas:		Paragênese:
Granolepidoblástica; Porfiroblástica		1) Quartzo+Fengita+Clorita
Descrição:		Diagrama composicional:
<p>Seção com laminações milimétricas, marcadas pela diferença de tonalidades. Os domínios mais claros apresentam cristais de quartzo de até 0,05 mm e cristais finos de até 0,1 mm, além de filossilicatos finos (fengita e clorita) de até 0,035 mm, em uma trama granolepidoblástica. Já os domínios mais escuros, marcados por minerais opacos e óxidos/hidróxidos, apresentam grãos de quartzo em granulometria de até 0,23 mm e micas finas em lamelas de até 0,05 mm, em uma trama granolepidoblástica.</p> <p>Nos domínios escuros, marcados pelos óxidos/hidróxidos, existem porfiroblastos cúbicos (provavelmente pirita) de granulometria até 0,24 mm, com sombras de pressão associadas à acumulação de filossilicatos orientados (fengita e clorita).</p>		
Discussão:		
<p>A rocha apresenta uma paragênese primária principal de quartzo, fengita, e clorita, que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de um protolito psamo-pélfico na fácies xisto-verde muito baixo (zona da clorita).</p>		
Protolito:	Rocha Psamo-pélfica	Classificação:
Fáceis metamórfica:	Xisto-Verde baixo (zona da clorita)	Metarenito fino/Metasiltito.

Apêndice D (A4)

-Rocha metamórfica (baixo grau) | Formação Serra do Landim-Grupo Canastra

Amostra 20-X-117

Amostra de mármore da Fm. Serra do Landim, Grupo Canastra, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 291317/8147174.

Descrição macroscópica

A rocha apresenta uma coloração cinza escura quando são e ocre quando alterada, rugosa ao tato e maciça, devido ao seu aspecto denso. É possível observar clastos escuros fraturados de dolomito de tamanho centimétrico, em meio a uma matriz cinza clara que preenche as fraturas, devido a brechagem.

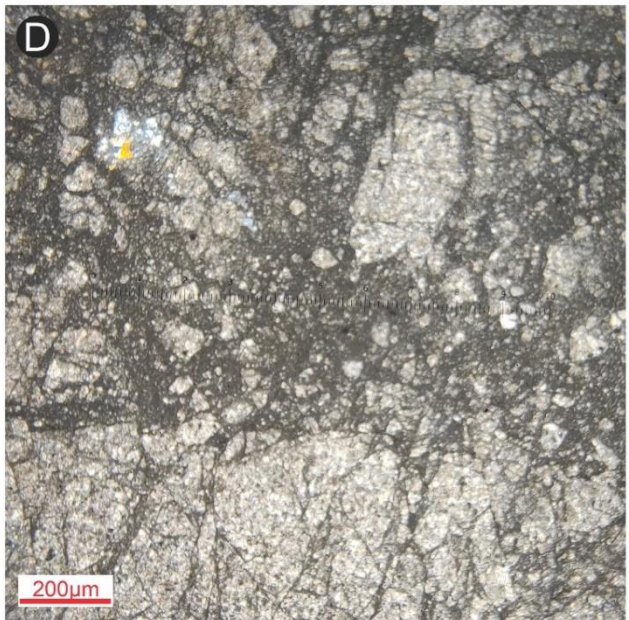
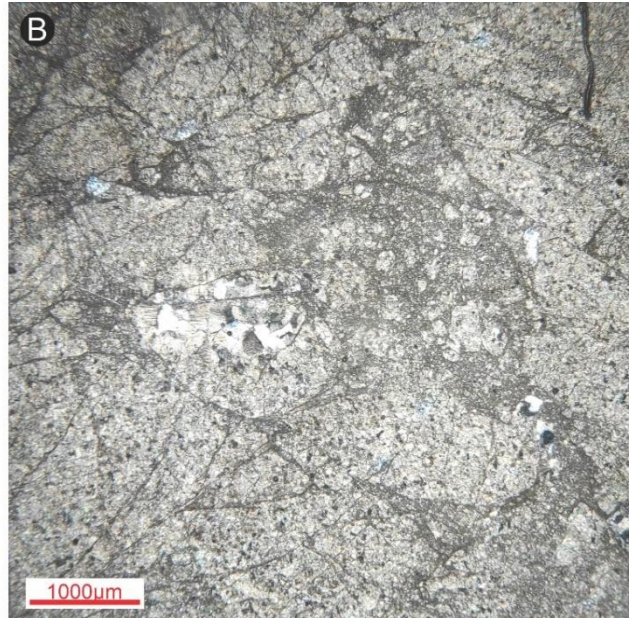
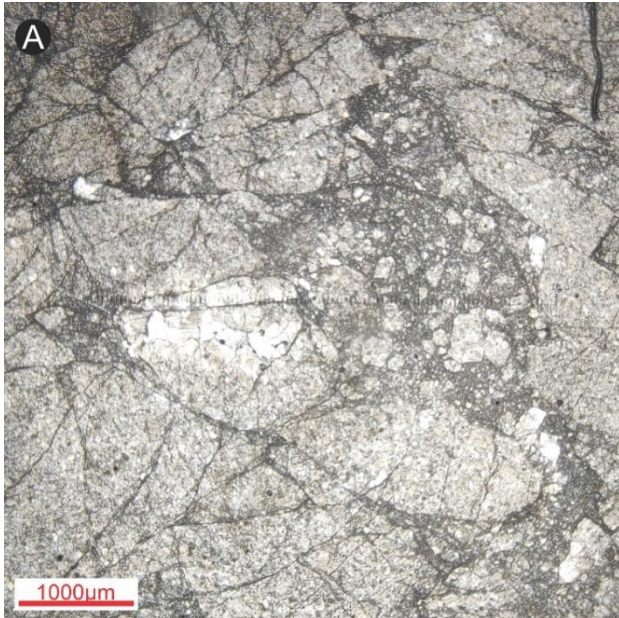


Descrição microscópica

<i>Composição modal</i>	<i>%</i>
Carbonato (Dolomita)	100 %

Apêndice D (A4)

20-X-117



Texturas:		Paragênese:
Granoblástica		1) Carbonato
Descrição:		Diagrama composicional:
<p>Lâmina composta predominantemente clastos de minerais carbonáticos de granulação fina (0,07 a 1 mm), dispostos em uma trama granoblástica.</p> <p>E a matriz constituída também de minerais carbonáticos de granulação muito fina (0,025 mm), em textura granoblástica.</p>		
Discussão:		
<p>A rocha apresenta uma paragênese primária principal de carbonato, que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de uma rocha carbonática praticamente pura (dolomito) na fácies xisto-verde muito baixo.</p>		
Protólito:	Rocha carbonática (quase) pura → Dolomito	Classificação:
Fáceis metamórfica:	Xisto-Verde baixo	Mármore dolomítico brechado.

Apêndice D (A4)

-Rocha metamórfica (baixo grau) | Formação Serra do Landim-Grupo Canastra

Amostra 20-X-04

Amostra de mármore da Fm. Serra do Landim, Grupo Canastra, Mesoproterozoico.

Região da zona rural da Aldeia, Paracatu-MG. Coordenada: 290457 / 8149185.

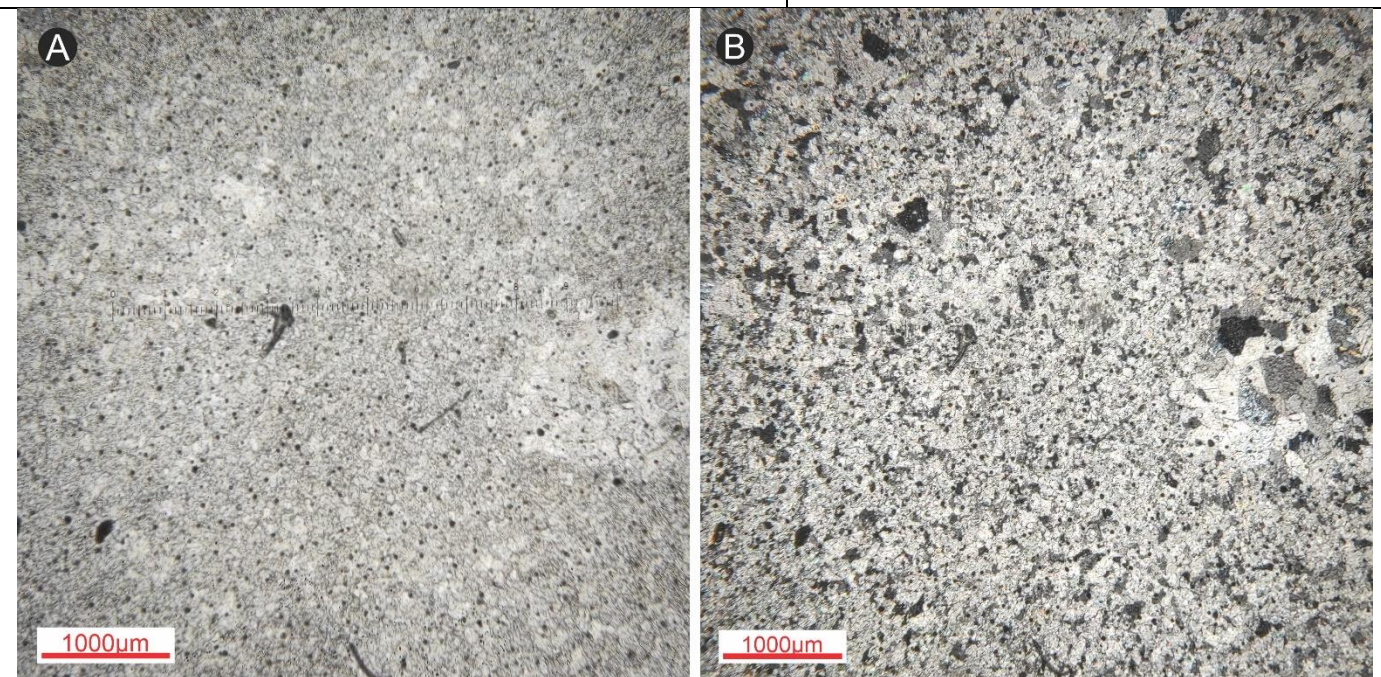
Descrição macroscópica

A rocha apresenta uma coloração cinza escuro quando são e ocre quando alterada, rugosa ao tato e maciça, com uma granulação fina a muito fina. É possível observar domínios de pequenos clastos claros de dolomito de tamanho centimétrico, em meio a uma matriz cinza escura, alternados com laminações centimétricas escuras.



Descrição microscópica

<i>Composição modal</i>	<i>%</i>
Carbonato (Dolomita)	100 %

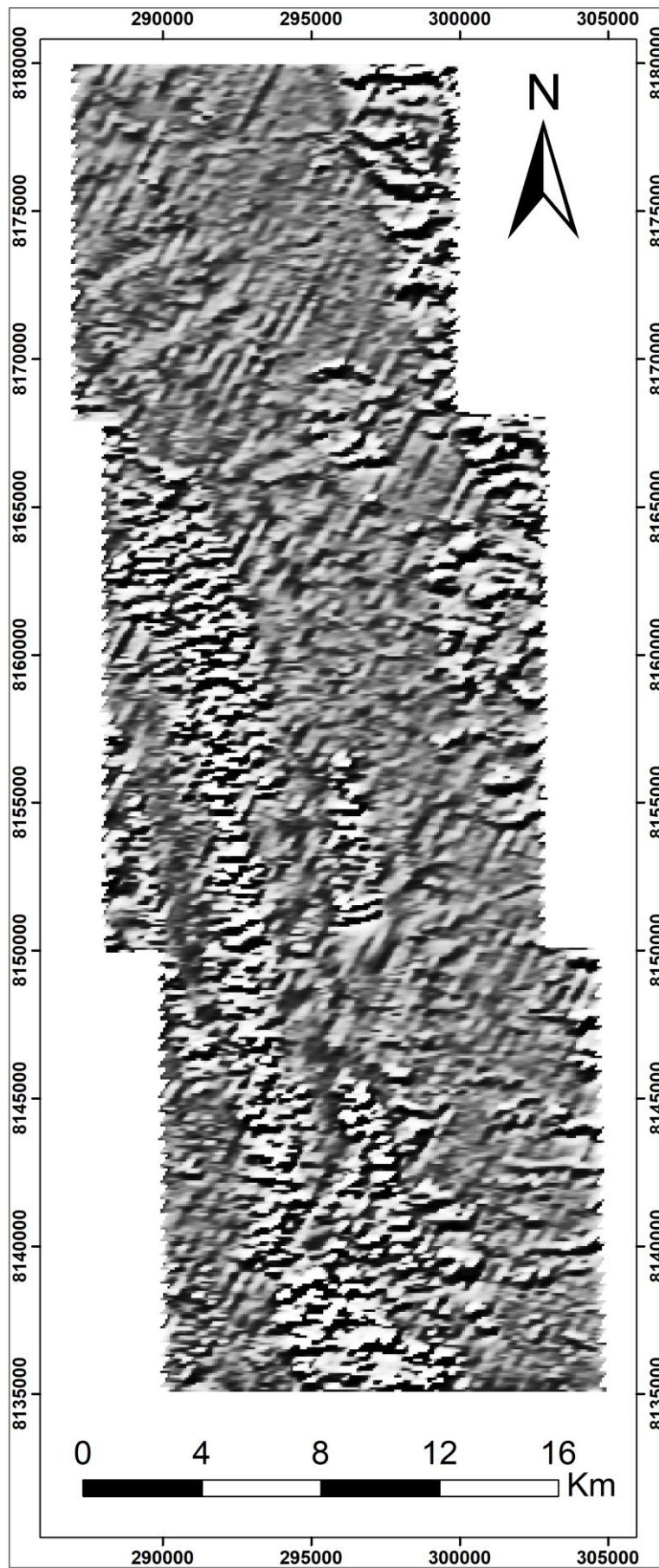


Texturas: Granoblástica.	Paragênese: 1) Carbonato
-----------------------------	-----------------------------

Apêndice D (A4)

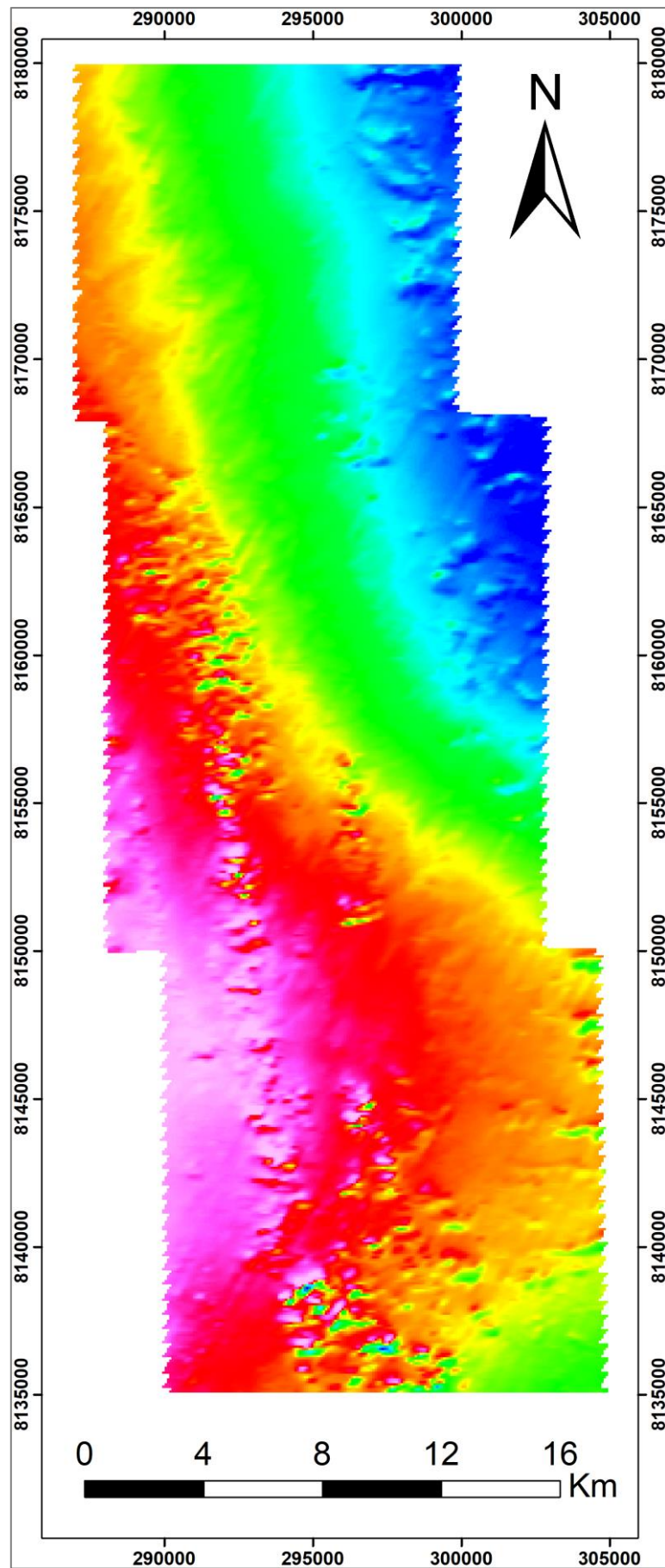
20-X-04		
Descrição:		Diagrama composicional:
<p>Lâmina composta predominantemente clastos de minerais carbonáticos de granulação fina (0,3 mm), dispostos em uma trama granoblástica.</p> <p>E a matriz constituída também de minerais carbonáticos de granulação muito fina (0,07 mm), em textura granoblástica.</p>		
Discussão:		
<p>A rocha apresenta uma paragênese primária principal de carbonato, que caracteriza uma associação de minerais provenientes do metamorfismo de uma rocha carbonática praticamente pura (dolomito) na fácies xisto-verde muito baixo.</p>		
Protólito:	Rocha carbonática (quase) pura	Classificação:
Fáceis metamórfica:	Xisto-Verde baixo	Mármore dolomítico.

Apêndice E (A4)



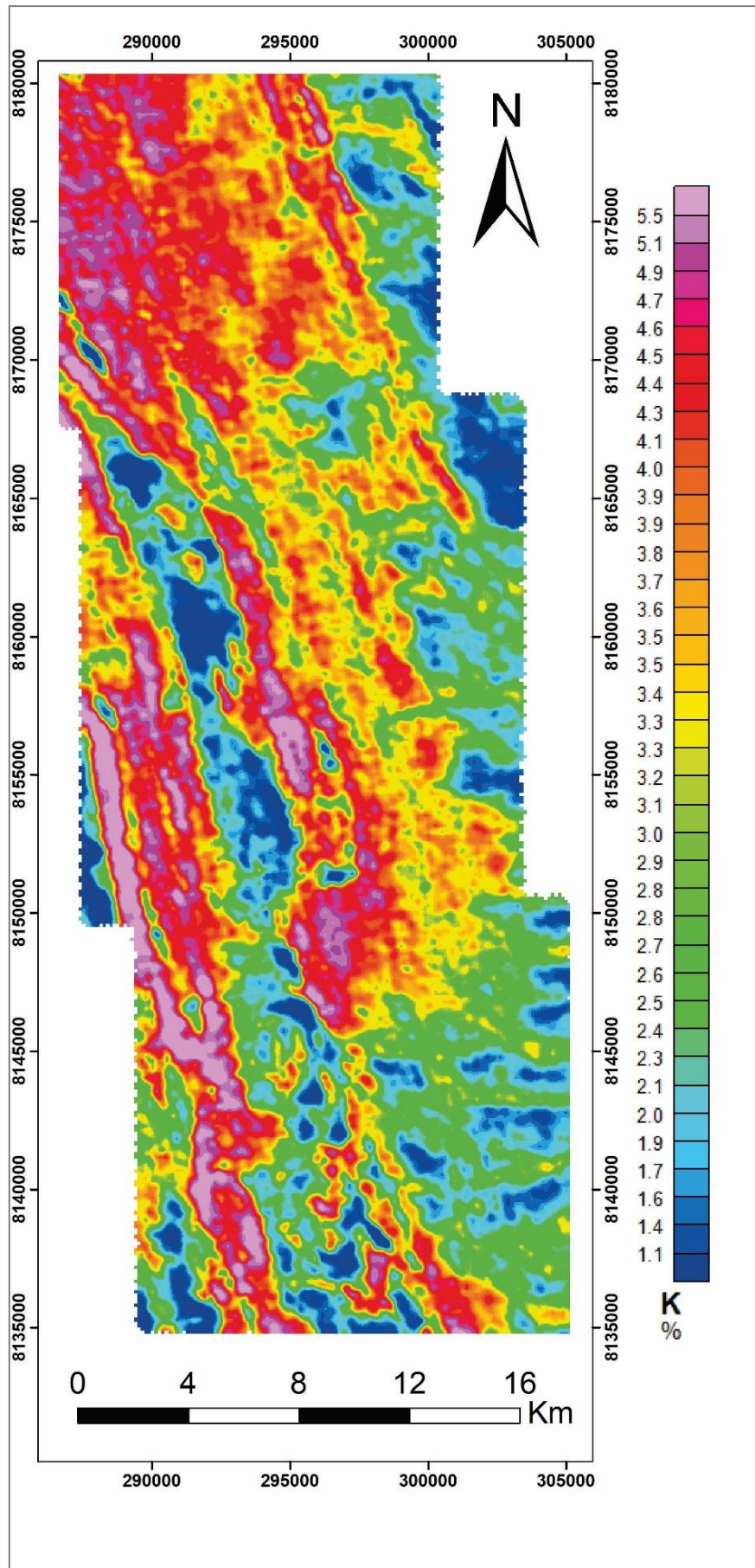
Mapa de Magnetometria, correção derivada vertical.

Apêndice E (A4)



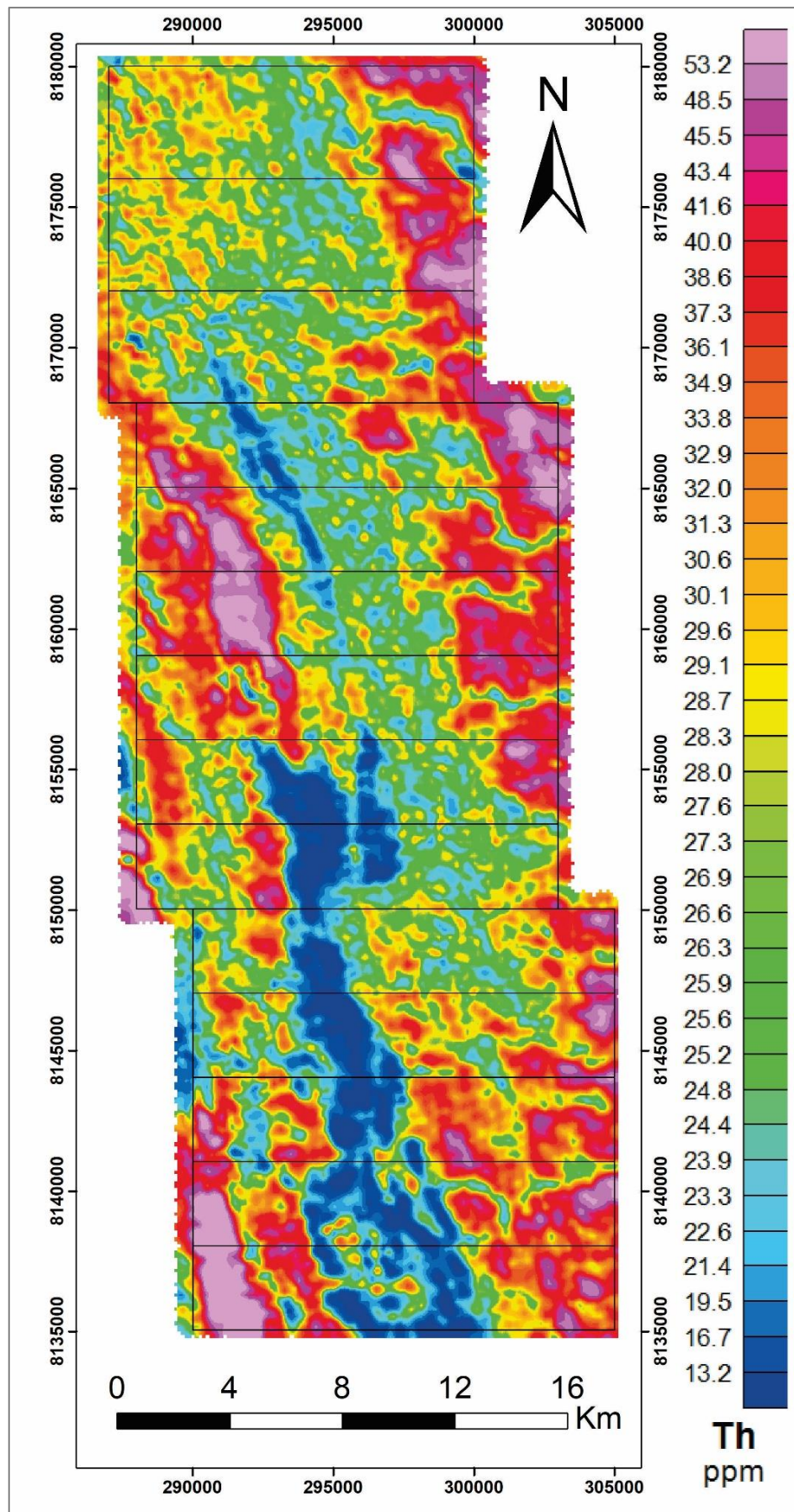
Mapa magnetométrico de campo magnético anômalo (CMA).

Apêndice E (A4)



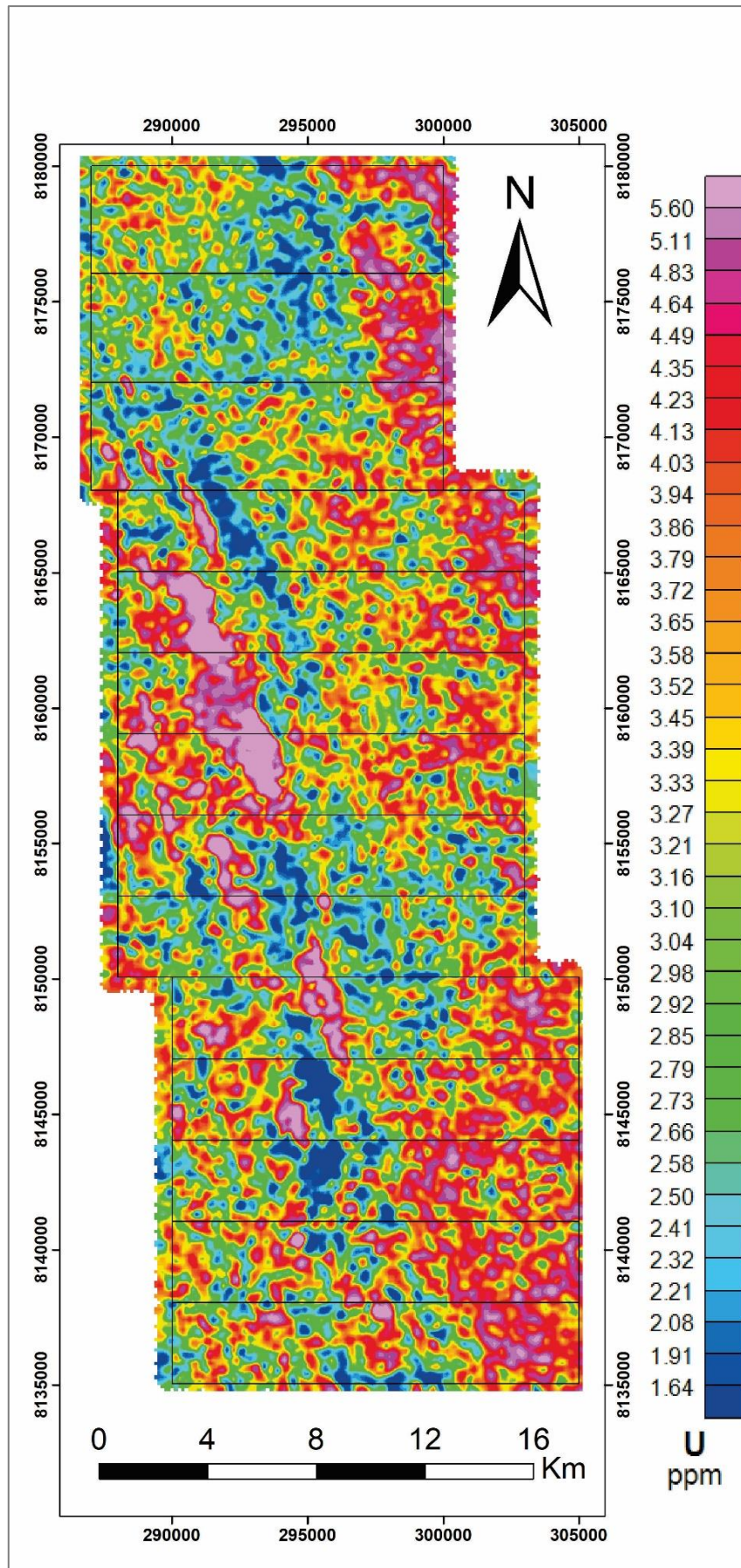
Mapa gamaespectrométrico da porcentagem do Potássio.

Apêndice E (A4)

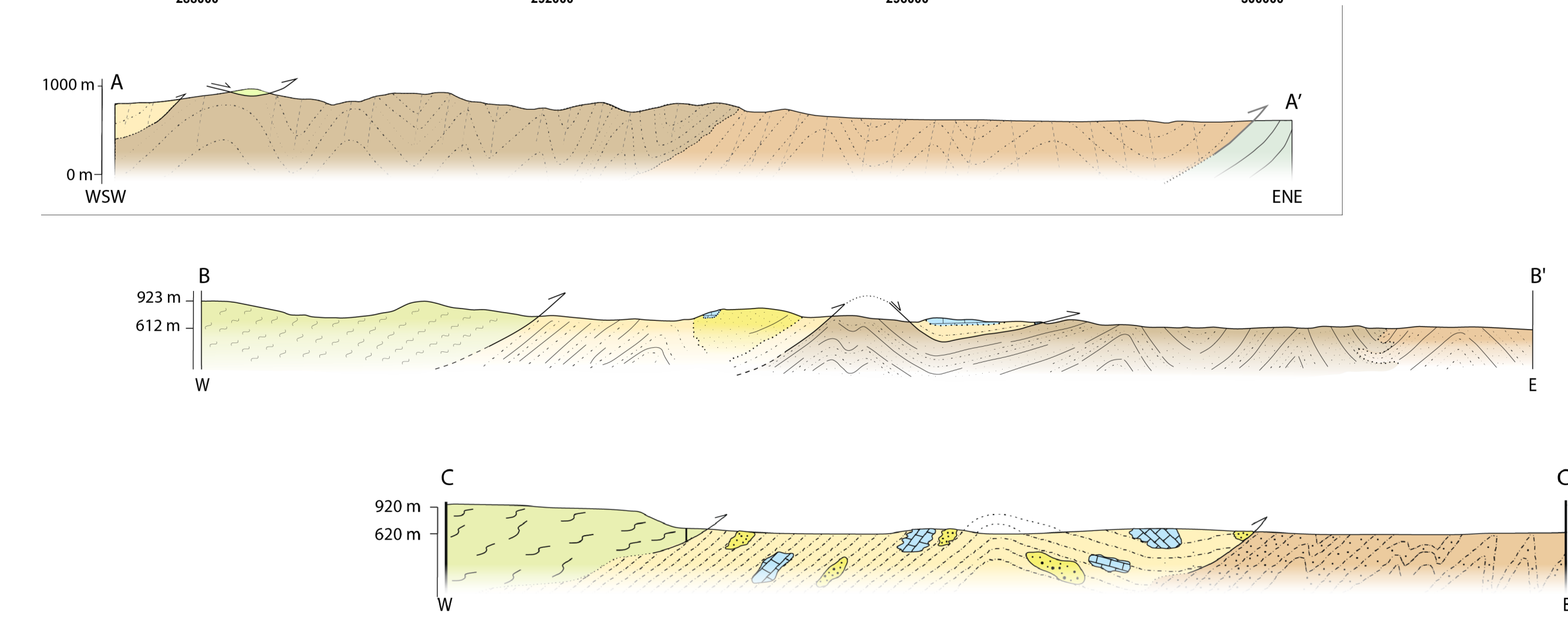
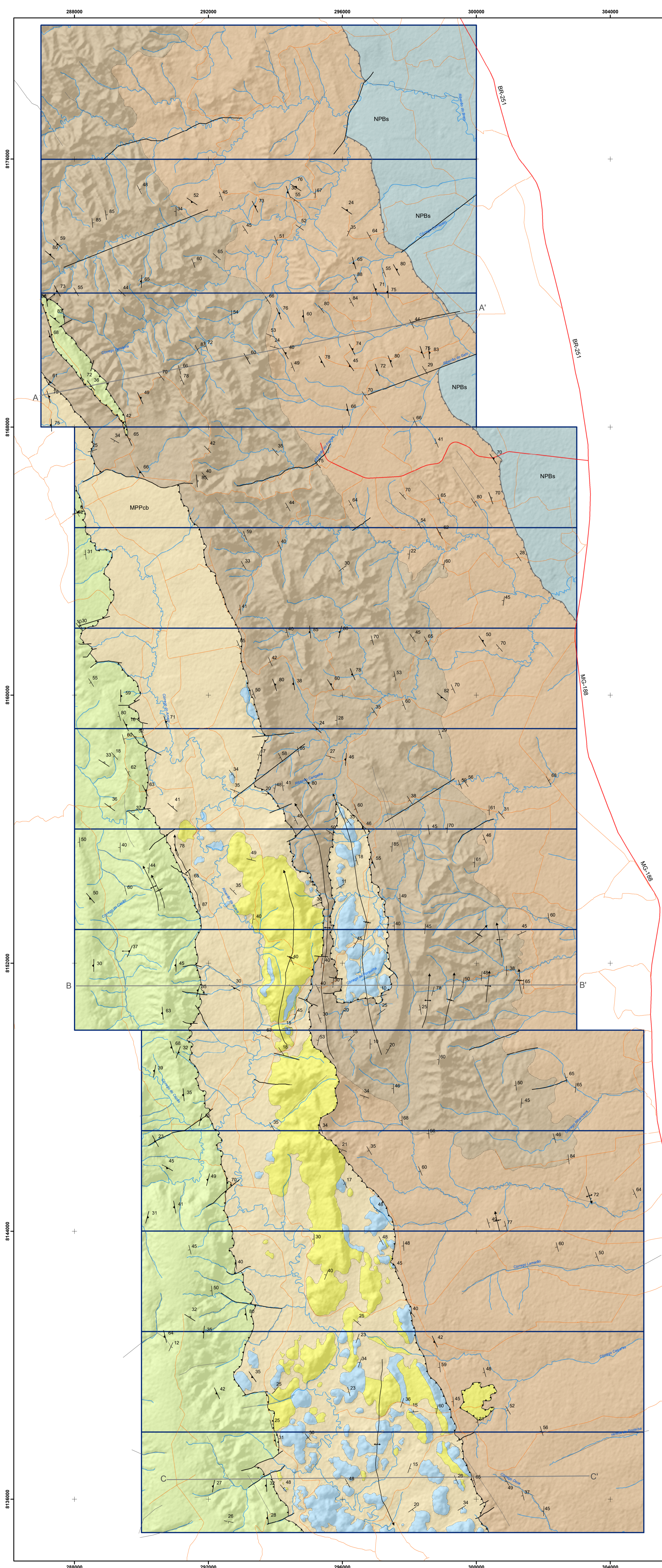


Mapa gamaespectrométrico da porcentagem do Tório.

Apêndice E (A4)



Mapa gamaespectrométrico da porcentagem do Urânio.



Escala horizontal: 1:50000
Escala vertical: 1:50000
1mm = 50m

UNIDADES GEOLÓGICAS

NEOPROTEROZOICO

Ediacariano

Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

NPBs

Siltito, siltito argiloso, folhelho, marg, dololuto, composto 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, marg, laminação de cor escura quando não alterada e amarelada a rosada quando alterada.
Doluito micrítico, 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 ± 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, afaníticos ou com esterulitos.

MPQrp

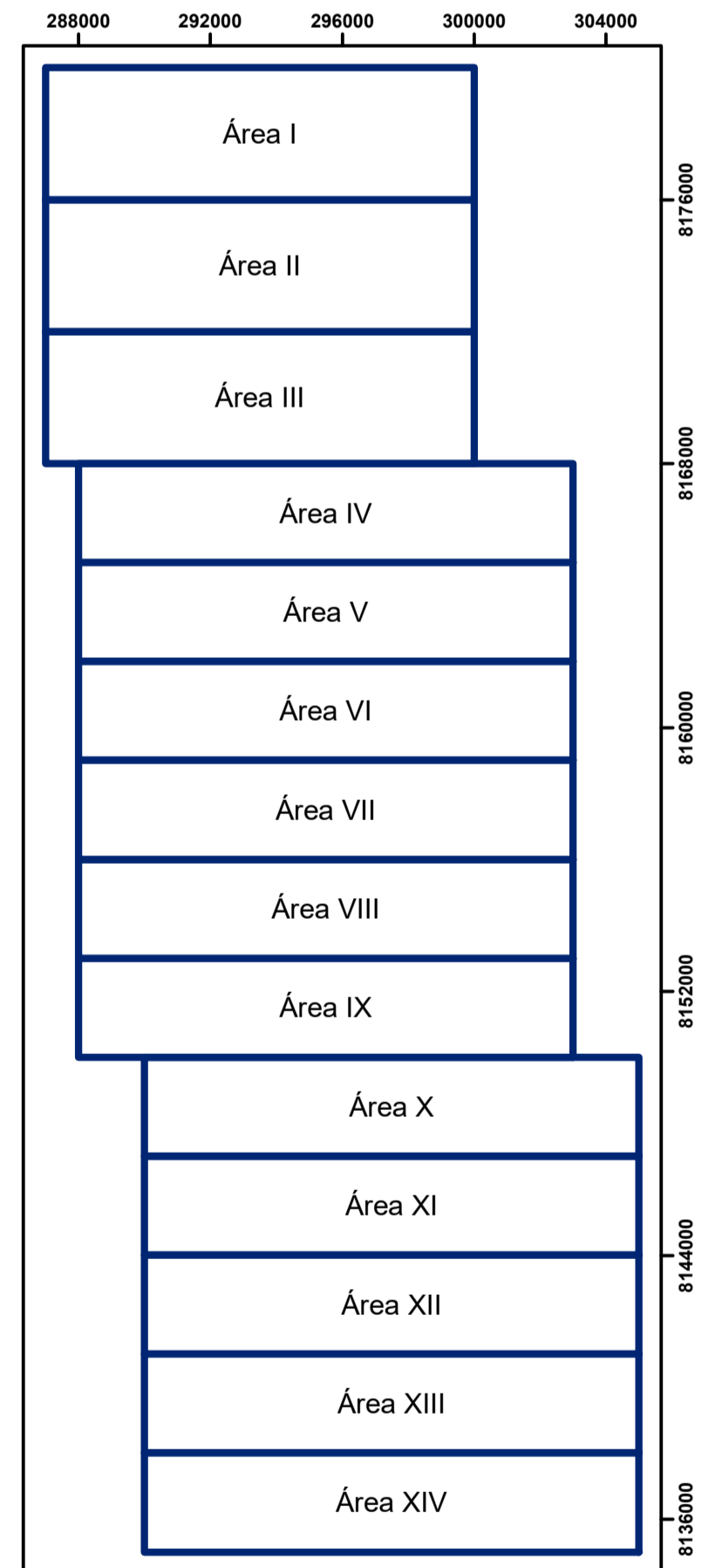
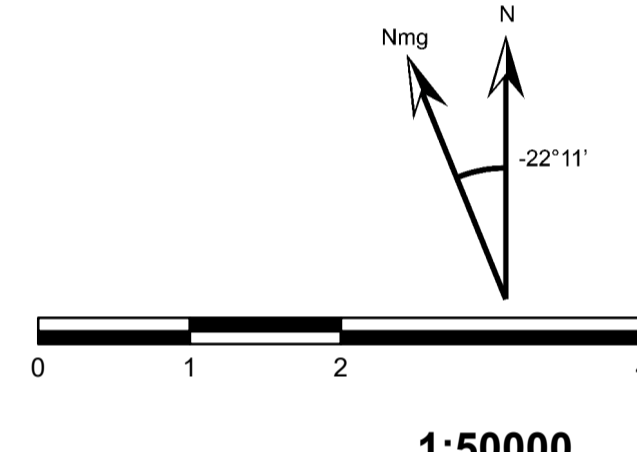
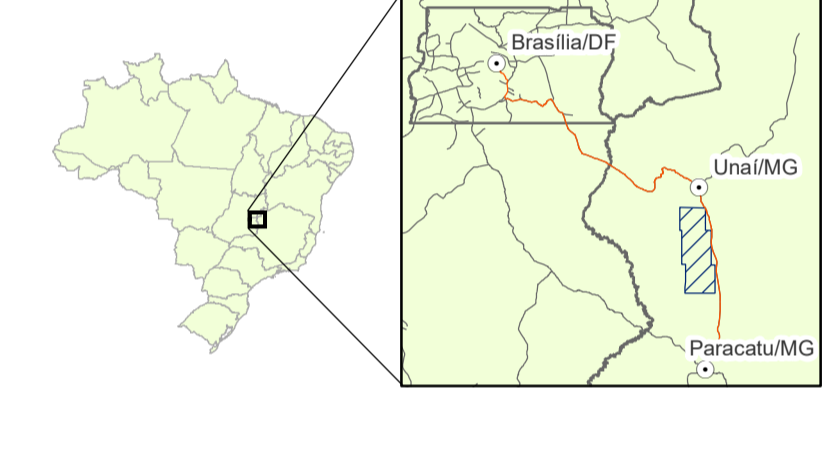
Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvaça litica fina, grauvaça litica grossa, arenito, subitarenito, siltito maciço, siltito laminado, folhelho, argilito, e conglomerado clasto-suportado subordinado. Rochas 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

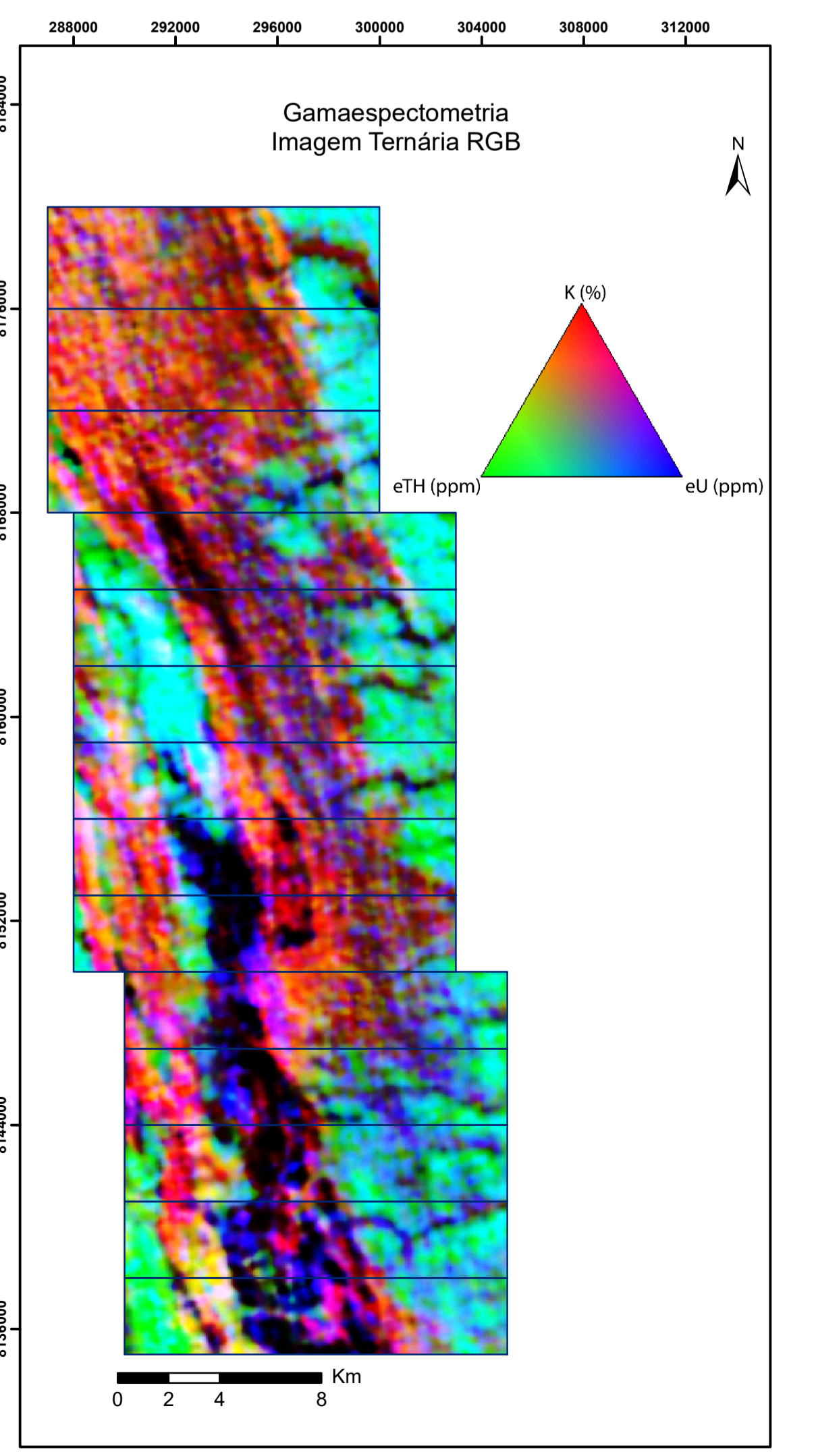
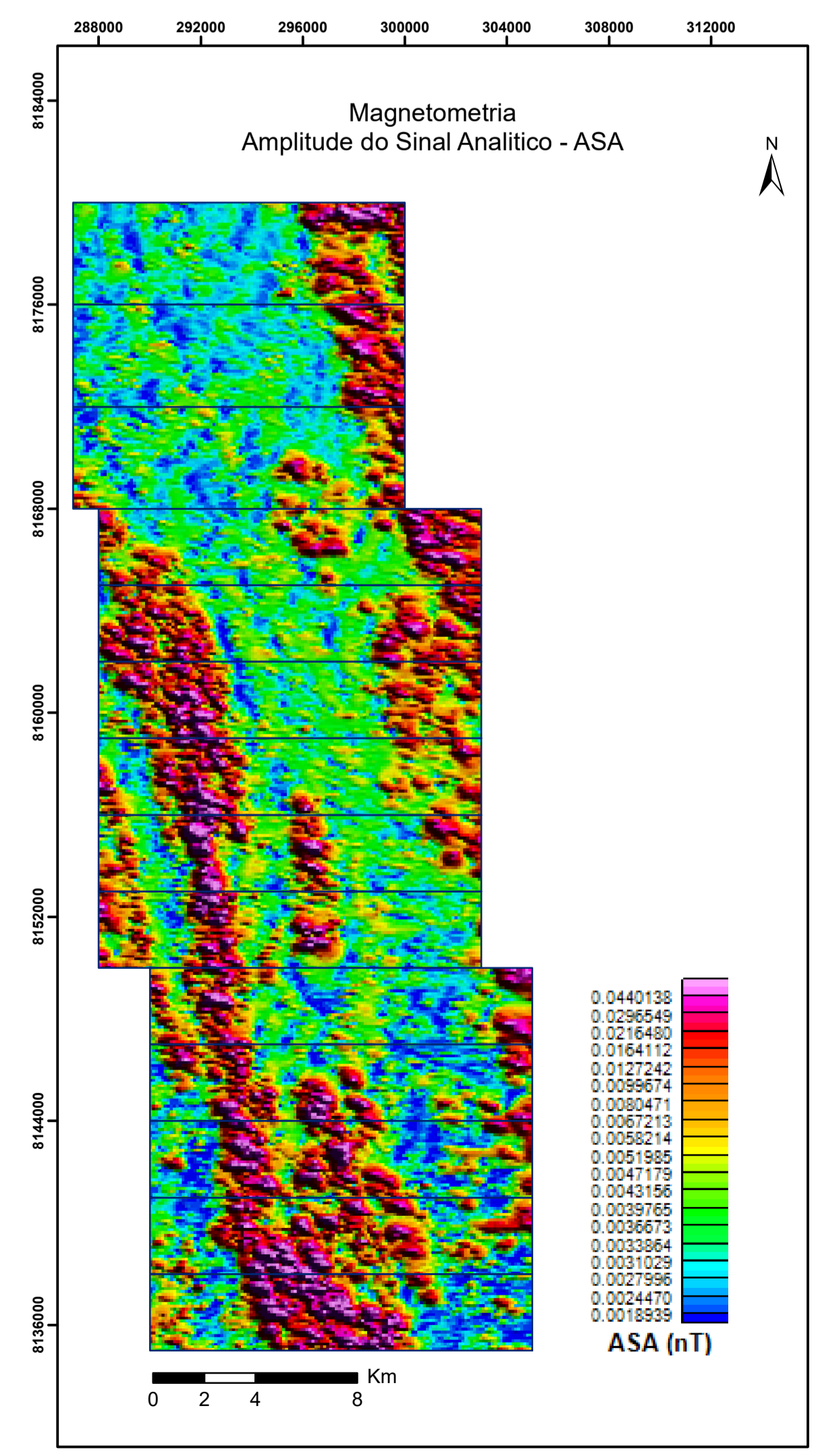
Prof. Dr. Martino Giorgioni
Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

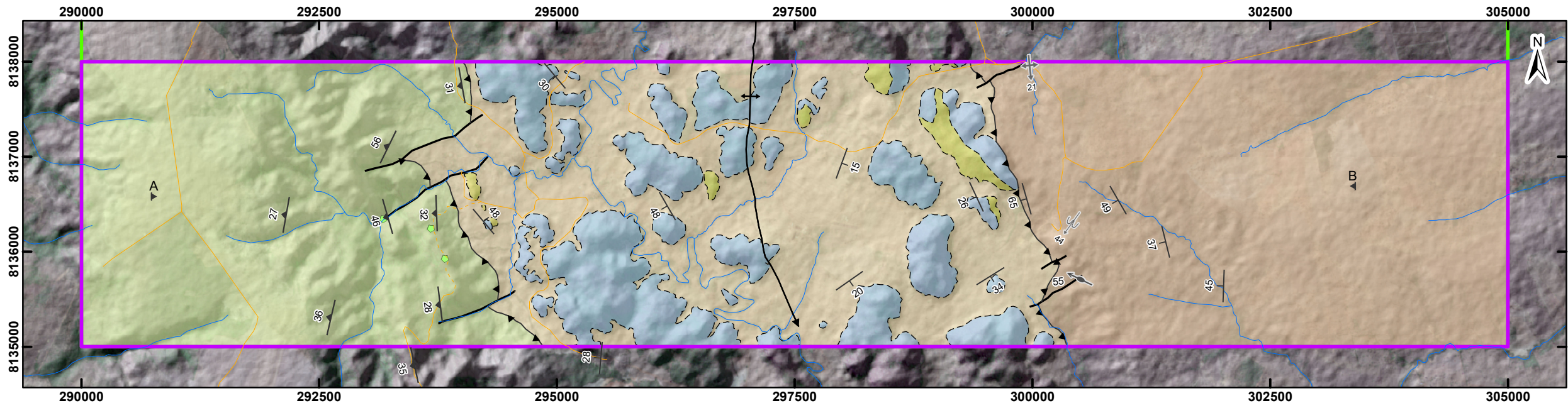
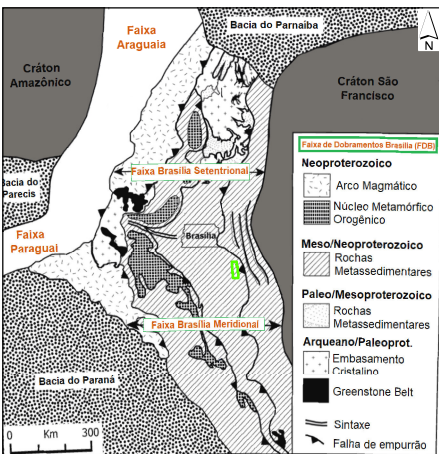
Orientador Colaborador

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
- Área XIV: Lívia Reily de Oliveira Gonçalves, Ricardo Avelino Costa

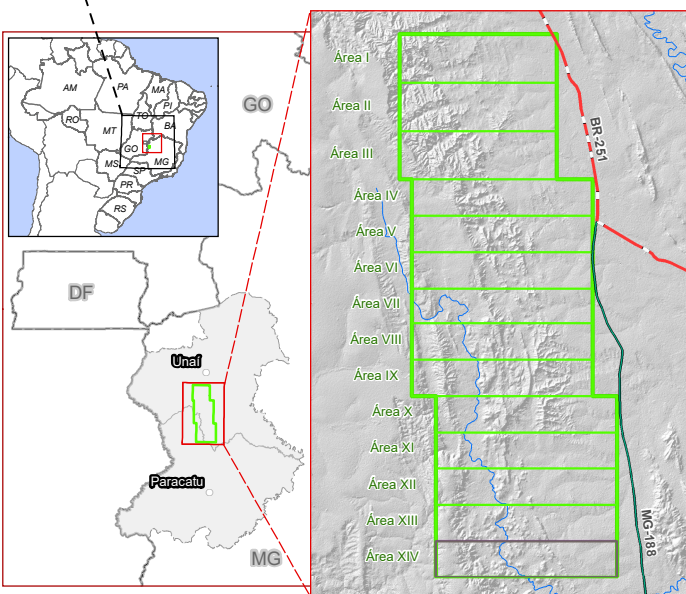
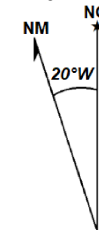




Projeção Universal Transversa de Mercator, Zona 23S
DATUM SIRGAS 2000

1:50.000
1 cm = 500 m

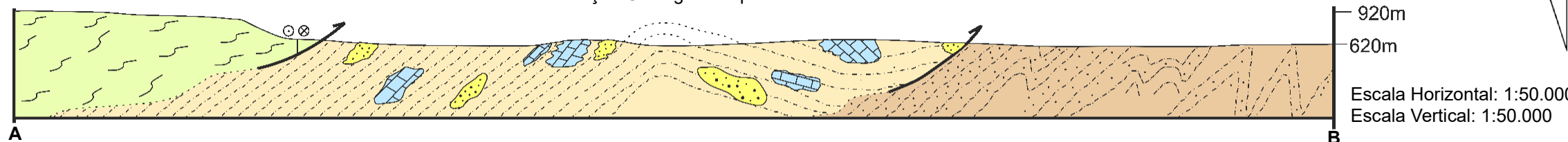
Declinação Magnética



Oeste

Seção Geológica Esquemática

Leste



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- | | | | | | |
|--|------------------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------------------|
| | Dobra local antiforme com caimento | | Lineação de deslizamento | | Contato interdigitado |
| | Dobra local sinforme com caimento | | S0 - Acamamento | | Falha Reversa |
| | Pontos de ocorrência de Mármore | | Sp - Foliação Principal | | Falha transcorrente ou de rasgamento |

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Trilha
- Vias não pavimentadas
- Rodovia Estadual/Distrital
- Rodovia Federal
- Hidrografia
- Área XIV
- Áreas do Projeto Unai - TF 2020

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

MESOPROTEROZOICO

Esteniano

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

Formação Córrego do Barreiro

- MPPcb** Arenito fino a grosso, localmente conglomerático ou feldspático, de cor escura quando fresco e cinza claro a esbranquiçado quando alterado.
- Siltito laminado, siltito argiloso, margam laminada de cor escura quando não alterada e amarelada a rosada quando alterada.
- Doluito micrítico, dololuto estromatolítico, dolerudito intraclástico e oncolítico e dolarenito intraclástico e oolítico, litotipos de cores cinza claro a escuro.

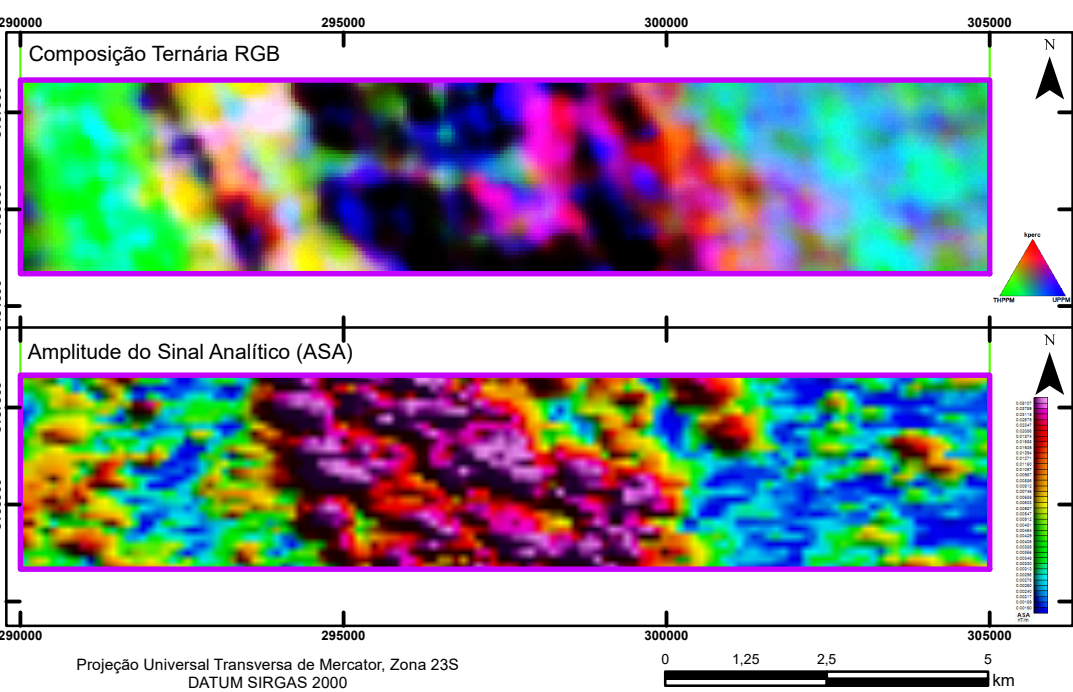
Grupo Canastra - Formação Serra do Landim

MPCsl clorita filito, clorita-fengita-filito, clorita-fengita-quartzito filito, calcifilito, mármore dolomítico de granulação fina, mármore calcítico de granulação fina, quartzito fino micáceo.

Ectasiano

Formação Quilombo - idade de deposição 1394 ± 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 lítica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaníticos ou com esferulitos.



Projeção Universal Transversa de Mercator, Zona 23S
DATUM SIRGAS 2000

0 1,25 2,5 5 km

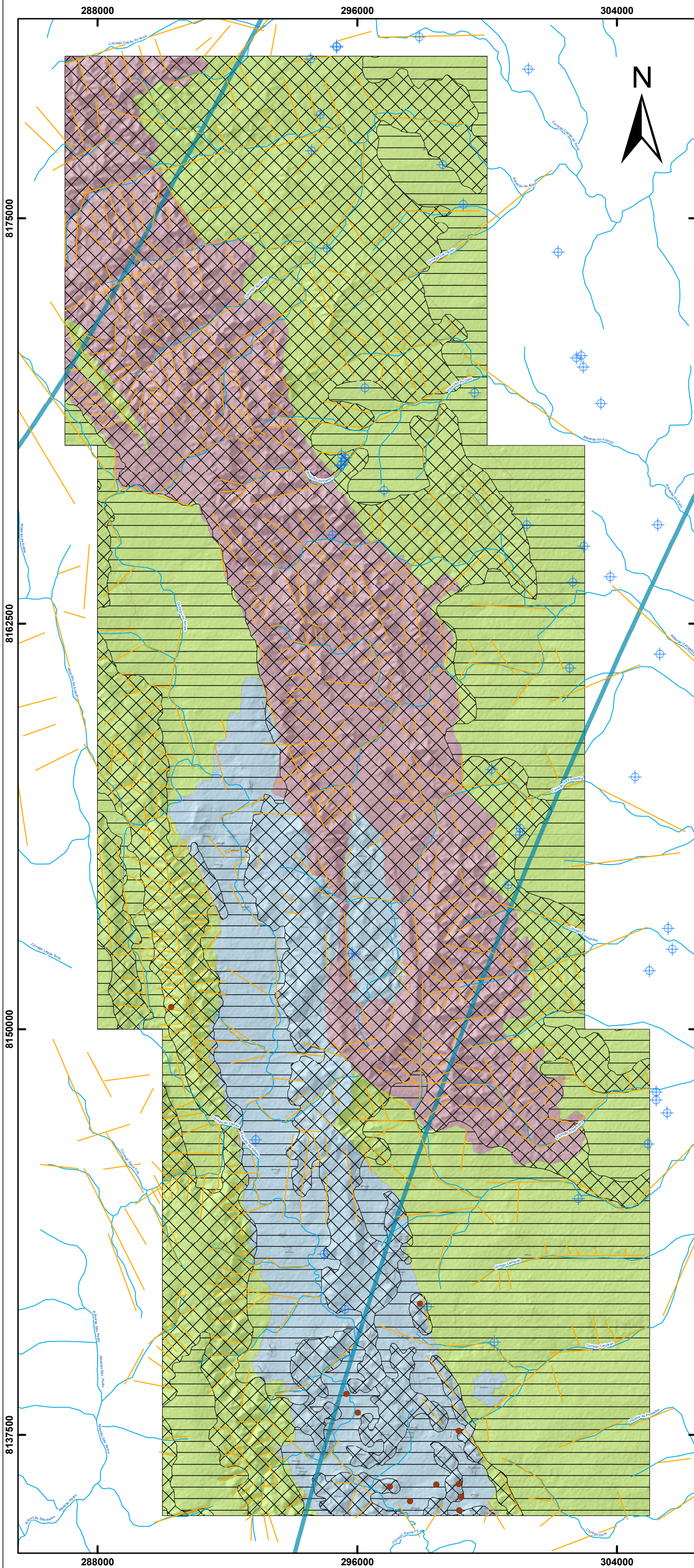


Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

Trabalho Final de Graduação - 2020
Projeto Unai
Área XIV

Orientadores:
Dr. José Eloi Guimarães Campos (Coordenador)
Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto
Dr. Martino Giorgioni
Msc. Lucas Santana Batista Teles

Autores:
Lívio Reily de Oliveira Gonçalves
Ricardo Avelino Costa



- 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 ² /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 ² /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 ² /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"> • Os filitos, quartzitos, e mármores da Formação Serra do Landim (MPCsl)/Grupo Canastra; • Os siltitos (MPPcbS - localizados na parte norte) da Formação Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá; • Os ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco (MPQrf)/Formação Quilombo; • Os siltitos, margas, e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas (NPBsl)/Grupo Bambuí.
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 ² /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 amarela, ocre e rosada quando alteradas. Contatos bruscos entre as camadas individuais.

Diagrama de Rosetas dos Lineamentos Morfoestruturais Projeto Unai

