UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Trabalho de Mapeamento Geológico Final

Projeto Arenópolis - TF 2023

ÁREA VIII

Gustavo Moreira Bianchi – 170012000

Ycles Campos Mesquita – 170064301

Brasília - DF

2023

Relatório de Trabalho de Mapeamento Geológico Final – 2023

Projeto Arenópolis

Área VIII

Autores:

Gustavo Moreira Bianchi

Ycles Campos Mesquita

Corpo Docente:

Prof.ª. Dra. Natalia Hauser (Coordenadora)

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas (Co-coordenador)

Prof. Dr. Luis Gustavo Ferreira Viegas (Co-coordenador)

Prof. Dr. Caio Arthur Santos

Prof.ª. Dra. Julia Barbosa Curto Ma

Prof. Dr. Henrique Llacer Roig

Banca examinadora:

Dr. Ítalo Lopes de Oliveira

Prof. Dr. Luis Gustavo Ferreira Viegas (orientador)

Prof. Dr. Valmir da Silva Souza

Brasília, dezembro de 2023



“Sonhos. Acredite neles. ”

- V. I. Lênin

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tanta luz e orientação. Me sinto realizado e honrado em trilhar a vida que escolheu para mim. Farei sempre o meu melhor para contar a história do nosso pequeno ponto azul.

Em seguida, tenho minha família, em especial Cintya, Carlos e Larissa, a agradecer por sempre me apoiarem nos meus objetivos com honestidade, amor e carinho. Sem vocês, não conseguiria chegar até aqui. Amo vocês!

Aos meus amigos de longa data que carrego comigo sempre: Sarah, Dani, Luly, Lara, Brunão, Franjinha e Xamps. Obrigado pelo companheirismo e por me aguentarem esses anos todos falando de rocha e indo à campo. Vocês sempre foram um porto seguro para mim. Sou muito grato pelo carinho de todos. Amo vocês!

Às amizades que a Geologia me proporcionou, em especial, pessoas as quais levarei para a vida toda: Heli e Cátia. Crescemos tanto juntos. Obrigado por sempre estarem ali para conversas sinceras – seja sobre a vida ou sobre a Geologia. Essa etapa da minha vida não teria sido a mesma sem vocês aqui. Amo vocês!

Ao meu grande parceiro de graduação, do primeiro ao último semestre batalhando juntos, Ycles Campos. Um dos melhores estruturalistas e uma das pessoas mais engraçadas e confiáveis que conheço. Sem dúvida, a melhor dupla que eu poderia ter tido ao longo dessa fase das nossas vidas. Vejo muito sucesso na tua caminhada. Amo você!

À toda comunidade do Instituto de Geociências, docentes, motoristas e técnicos. Obrigado por ajudarem a fazer o IG-UnB ser o que é – uma referência geocientífica da América Latina! Sou muito grato pelas histórias e por tantos ensinamentos que recebi ao longo dos últimos anos.

Às “Piranhas de Arenópolis”, obrigado por fazerem um TF sensacional! Avisto o sucesso de vocês no horizonte.

Gustavo Moreira Bianchi

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir que chegasse até aqui, por rotas que não esperava, mas que no fim eram as certas, e principalmente por se fazer presente através de pessoas incríveis que tem um enorme papel em minha vida.

Aos meus pais, Selcy e Dione, minha irmã Bárbara e demais membros de minha família que sempre me apoiaram desde o início, sendo minha base e principais motivadores para que eu sempre esteja no caminho certo para realizar meus sonhos. Farei de tudo para honrar toda a fé que depositam em mim.

Agradeço a todos os envolvidos no Projeto Arenópolis. Aos professores pelos ensinamentos, experiência e cumplicidade ao longo desse ano. Aos colegas por terem sido parte de um grupo que conseguiu realizar um ótimo trabalho, elogiado até por quem já tropeçou nas mesmas rochas. Ao grupo de servidores do IG-UnB que, apesar das dificuldades, consegue formar profissionais excelentes. Ao meu amigo e dupla de mapeamento Gustavo Bianchi por ter compartilhado esse caminho árduo ao longo da graduação, pelas conversas, bom humor e confiança, estando presente nos melhores e piores momentos desde as primeiras semanas de UnB, tenho orgulho do profissional que se tornou e espero que sua bússola sempre aponte para o sucesso.

Aos meus amigos Lucas, Gisele, Marcelo, Henrique, Cecília, Gustavo(s), Rita, e colegas que sempre estiveram presentes ao longo dos últimos anos, com todas as conversas jogadas fora, dramas e ensinamentos que de uma forma ou de outra deixaram essa caminhada mais leve.

Por fim gostaria de agradecer ao garoto que em 2013 descobriu o caminho das pedras e que apesar de tudo decidiu pisar firme e não sair dele, você conseguiu chegar lá.

Ycles Campos Mesquita

RESUMO

O presente volume compreende um dos dez relatórios totais produzidos no Projeto Arenópolis, que representa o trabalho final de graduação em Geologia da Universidade de Brasília em 2023. O projeto abrangeu o mapeamento geológico na escala 1:25.000 de uma área de 902km² no sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. Esta área foi dividida em dez sub-áreas entre 80km² e 114,5km². O projeto está localizado em uma região onde foram mapeadas rochas do Arco Magmático de Goiás (AMG) e da Bacia do Paraná. As rochas do AMG incluem ortognaisses, granitos e rochas da sequência metavolcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Ao longo de 2023, foram compiladas referências bibliográficas, dados e produtos geofísicos, processadas imagens de satélite que auxiliaram nos trabalhos de campo, que por sua vez forneceram informações petrográficas e estruturais para que um mapa geológico detalhado fosse gerado como produto final. Um dos principais objectivos foi o de refinar a geologia previamente cartografada, trazendo uma abordagem atual e integrada à evolução tectono-estrutural da região. Entre as principais contribuições, destacam-se a evidenciação de um sistema de falhas de deslizamento dominantemente sinistral em toda a área; a cartografia e descrição das rochas alcalinas da Província Alcalina de Goiás (PAGO); a delimitação das rochas vulcânicas da Unidade Córrego do Horácio e o maior detalhamento dos contatos e limites entre as unidades. A interpretação de todos os produtos permitiu reafirmar que a área mapeada foi formada pela colisão dos Crátons São Francisco, Amazonas e Paranapanema. A evolução tectônica proposta compreende etapas de arco intra-oceânico, colisão arco-continente, tectônica colisional a pós-colisional, tectônica extensional, bem como a formação da PAGO. Tais considerações são relevantes no detalhamento de uma porção do AMG, contribuindo para o entendimento geral da evolução geológica do Brasil Central.

Palavras-Chave: Faixa Brasília; Arco Magmático de Arenópolis; Sequência metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas; Neoproterozoico.

ABSTRACT

The present volume comprises of one of ten total reports produced in the Arenópolis Project, which represents the final undergraduate work in Geology at the University of Brasília in 2023. The project embraced geological mapping on a 1:25.000 scale of a 902km² area in southwestern Goiás State, Brazil. This area was divided into ten sub-areas between 80km² and 114.5km². The project is located in a region where rocks from the Goiás Magmatic Arc (GMA) and the Paraná Basin were mapped. The GMA rocks include orthogneisses, granites and rocks of the Arenópolis-Piranhas metavolcanosedimentary sequence. A compilation of geological information available in literature, combined with processed geophysical data and satellite imagery were utilized during field work. This integration in turn provided petrographic and structural information so that a detailed geological map was created as a final product. One of the main objectives was to refine previously mapped geology, bringing a current and integrated approach to the tectono-structural evolution of the region. Among main contributions were evidence of a system of dominantly sinistral strike-slip faults across the area; cartography and description of alkaline rocks of the Goiás Alkaline Province (GAP); delimitation of volcanic rocks of the Córrego do Horácio Unit as well as greater detail of contacts and limits between units. The interpretation of all products allowed us to reaffirm that the mapped area was formed by the collision of the São Francisco, Amazonas and Paranapanema Cratons. The proposed tectonic evolution comprises stages of intra-oceanic arc, arc-continent collision, collisional to post-collisional, extensional tectonics, as well as the formation of the GAP. Such considerations are relevant in detailing a portion of the GMA, contributing to the general understanding of the geological evolution of Central Brazil.

Keywords: Brasília Belt; Arenópolis Magmatic Arc; Arenópolis-Piranhas metavolcanosedimentary sequence; Neoproterozoic.

Índice de Figuras

FIGURA 1.1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO DO PROJETO ARENÓPOLIS. 18
FIGURA 1.2: MAPA PEDOLÓGICO COM DESTAQUE PARA A ÁREA ALVO DO PROJETO ARENÓPOLIS. (ADAPTADO DO MAPA DE SOLOS EM ESCALA 1:250.000. FONTE: SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO (SIEG), ACESSO EM 04/09/2023). 21
FIGURA 1.3: BLOCO DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE SEÇÃO S-N MOSTRANDO A RELAÇÃO ENTRE O PLANALTO DO CAIAPÔNIA E A PENEPLANÍCIE DO ALTO ARAGUAIA (BLOCO-DIAGRAMA ELABORADO PELOS AUTORES). 22
FIGURA 3.1: ENCARTE TECTÔNICO DA FAIXA BRASÍLIA, COM DESTAQUE EM VERMELHO PARA A ÁREA COMPREENDIDA PELO PROJETO ARENÓPOLIS (ADAPTADO DE PIMENTEL, 2016). 30
FIGURA 3.2: UNIDADES TECTÔNICAS COM DESTAQUE AO ARCO MAGMÁTICO DE ARENÓPOLIS. 33
FIGURA 3.3: MODELAGEM NUMÉRICA PARA EMPLACEMENT DE MAGMAS ALCALINOS EM RELAÇÃO AO EMBASAMENTO E A BACIA DO PARANÁ, DE MODO QUE A REGIÃO DE ESTUDO DO PROJETO ARENÓPOLIS SE INSERE NO PRIMEIRO CENÁRIO, DESTACADO EM VERMELHO À ESQUERDA (EXTRAÍDO DE JUNQUEIRA-BROD ET AL., 2002)..... 39
FIGURA 3.4: COLUNA ESTRATIGRÁFICA ADAPTADA COM UNIDADES ABARCADAS PELO PROJETO ARENÓPOLIS..... 40
FIGURA 4.1: FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO DE DADOS AEROGEOFÍSICOS, REALIZADOS NO PROJETO ARENÓPOLIS. 43
FIGURA 4.2: MAPAS DE DOMÍNIOS MAGNETOMÉTRICOS DA ÁREA VIII DO PROJETO ARENÓPOLIS. EM A, MAPA DE DOMÍNIOS TRAÇADOS COM BASE NO CMA; EM B, MAPA DE DOMÍNIOS GERADOS A PARTIR DE FILTRO ASA/GT DO CMA. 45
FIGURA 4.3: ILUSTRAÇÕES ESQUEMÁTICAS MOSTRANDO REALCE DE CADA FILTRO. DESTAQUE PARA DESENHO 'D) ' E ‘E)’ EXEMPLIFICANDO FILTROS 1DV E GHT, RESPECTIVAMENTE. 46
FIGURA 4.4: MAPA REGIONAL DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS TRAÇADOS A PARTIR DE IMAGEM GHT. 47
FIGURA 4.5: MAPA REGIONAL DE LINEAMENTO MAGNÉTICOS TRAÇADOS A PARTIR DE IMAGEM 1DV. 49
FIGURA 4.6: MAPA TERNÁRIO DE GAMAESPECTROMETRIA ABARCANDO AS ÁREAS QUE COMPÕEM O PROJETO ARENÓPOLIS. 52
FIGURA 4.7: MAPA DE DOMÍNIOS GAMAESPECTROMÉTRICOS, COM BASE NA CONTAGEM TOTAL, DO PROJETO ARENÓPOLIS. 54
FIGURA 4.8. A) COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB RESULTANTE DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DO CBERS 04A. B) IMAGEM TANDEM-X EM RELEVO SOMBREADO NAS IMEDIAÇÕES DAS ÁREAS DO PROJETO ARENÓPOLIS..... 56
FIGURA 4.9. MAPA BASE DA ÁREA VIII USADO NOS TRABALHOS DE CAMPO. 58
FIGURA 5.1. FEIÇÕES DE DEFORMAÇÃO NO GNAISSE RIBEIRÃO, OBSERVADAS NO AFLORAMENTO-TIPO, INSERIDO NA ÁREA VIII (COORDENADAS: 22S 434053 E 8173182 N). EM A, FOLIAÇÃO ANASTOMOSADA, TRUNCADA POR FRATURAS; EM B, LEUCOSSOMAS ROMPIDOS; EM C, FOLIAÇÃO S-C, ONDE AS LINHAS AMARELAS REPRESENTAM O PLANO S, AO PASSO QUE AS LINHAS EM VERMELHO REPRESENTAM O PLANO C; JÁ EM D, MEGAPORFIROBLASTO DE QUARTZO ROTACIONADO, EVIDENCIANDO CINEMÁTICA SINISTRAL; EM E, MIGMATITO COM LEUCOSSOMAS CONCORDANTES À FOLIAÇÃO, RECORTADOS POR DIQUE LEUCOCRÁTICO DE QUARTZO E FELDSPATO; E EM F, LEUCOSSOMAS EM MIGMATITO EXIBINDO PINCH-AND-SWELL INCIPIENTE. 60
FIGURA 5.2. (A) ROCHA ALTERADA DE COLORAÇÃO VERMELHA-AMARELADA E GRANULAÇÃO MÉDIA A GROSSA, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, FOLIAÇÃO DO TIPO XISTOSIDADE. COMPOSTA POR QUARTZO, MUSCOVITA, GRANADA E PSEUDOMORFOS DE ESTAUROLITA DE HÁBITO PRISMÁTICO QUE DEFORMA A XISTOSIDADE: TF23-X-106 430682E 8166457S. (B) AFLORAMENTO IN SITU EVIDENCIANDO FOLIAÇÃO: TF23-X-181 428702E 81680537S..... 62
FIGURA 5.3. AFLORAMENTO TIPO DE ANFIBOLITO DO CÓRREGO DA ONÇA EXIBINDO FOLIAÇÃO SUBVERTICAL DE DIREÇÃO N-S. ÁREA VI, PONTO 187 (X: 434722,9973; Y: 8181581,737)..... 63
FIGURA 5.4. ÁREA VI, PONTO 120 (X:431498,7736; Y: 8182539,859). AFLORAMENTO EM LAJEDO MOSTRANDO GNAISSES CALCISSILICÁTICOS AFETADOS PELA ZONA DE CISALHAMENTO RIBEIRÃO. 64
FIGURA 5.5. (A) TF23-X-12 432984E 8166649S: ASPECTO DE AFLORAMENTO DA UNIDADE GABRO MORRO DO BAÚ NO CORPO ARREDONDADO. (B) TF23-X-12 432984E 8166649S: DETALHE DO GABRO DEFORMADO COM BANDAMENTO CENTIMÉTRICO E VEIOS LEUCOCRÁTICOS DISCORDANTES. (C) TF23-X-13 433304E 8166548S: GABRO MORRO DO BAÚ COM TEXTURA CUMULÁTICA. 65

FIGURA 5.6. ÁREA III - TF23-AIII-P106 (COORDENADAS X: 434953,57; Y: 8193673,35). A - AFLORAMENTO EM LAJEDO NO LEITO DO CÓRREGO DA AREIA COMPOSTO POR GNAISSE TONALÍTICO MILONITIZADO. B - DETALHE DA FOLIAÇÃO MILONÍTICA APRESENTADA PELA UNIDADE. 66
FIGURA 5.7. (A) PORFIROCLASTO SIGMOIDAL DE FELDSPATO ALCALINO, EXIBINDO ROTAÇÃO SINISTRAL (DESTACADA POR SETAS AMARELAS) EM MEIO A TEXTURA MILONÍTICA DO BIOTITA-GRANITO MILONITIZADO. ÁREA VI, PONTO 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) AFLORAMENTO EM LAJEDO DE BIOTITA GRANITO MILONITIZADO DO GRANITO SERRA DO TATU. ÁREA VI, PONTO 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (C) ÁREA VII - TF23-VII-79 (X: 437028; Y: 8179502). AFLORAMENTO EM BLOCOS ROLADOS E EM LAJEDO DE BIOTITA GRANITO..... 68
FIGURA 5.8. AFLORAMENTOS DO GRANITO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA. (A) MATACÃO DE ROCHA COM BANDAMENTO GNÁISSICO E COMPOSIÇÃO GRANÍTICA COM EVIDÊNCIAS DE FUSÃO PARCIAL - MIGMATITOS. (B) AFLORAMENTO EM LAJEDOS, MUITO COMUM NOS AFLORAMENTOS DA ÁREA III. (C) FÁCIES GRANÍTICA ISOTRÓPICA, COM GRANULAÇÃO GROSSA, CLASSIFICADO COMO PEGMATÍTICA. (D) FÁCIES DE COMPOSIÇÃO GRANODIORÍTICA FOLIADA E OCASIONALMENTE BANDADA. 69
FIGURA 5.9. (A) AFLORAMENTO EM BLOCO DO GRANITO SERRA DO IRAN, OS BLOCOS PODEM ALCANÇAR 2 METROS DE ALTURA COMO NA FIGURA, MUITO COMUM NAS PROXIMIDADES DA SERRA DA MARGARIDA. (B) AMOSTRA DE MÃO REPRESENTATIVA DA FÁCIES DO GRANITO SERRA DO IRAN DE GRANULAÇÃO GROSSA E ARRANJO EQUIGRANULAR. (C - D) FEIÇÕES DE MINGLING EM AFLORAMENTO EM BLOCOS MÉTRICOS DA UNIDADE GRANITO SERRA DO IRAN NO PONTO (TF23-AV-P141, COORDENADAS: 431309E 8187001S). 71
FIGURA 5.10. TF23-AIII-P15 (COORDENADAS X: 439660,33; Y: 8195281,30) - (A) LAJEDO DE DIMENSÃO MÉTRICA DO GRANITO RIO CAIAPÓ. (B) DETALHE PARA A FÁCIES INEQUIGRANULAR SERIADA COM MEGACRISTAIS DE FELDSPATO POTÁSSICO, CLASSIFICADA COMO GRANITO PORFIRÍTICO, E FRATURAS DE DIREÇÃO NW-SE. 72
FIGURA 5.11. DIQUES SIN-PLUTÔNICOS AO TONALITO, HOSPEDADOS PELA FÁCIES GRANITO PORFIRÍTICO GROSSO, OBSERVADOS NO PONTO TF23-II-27 (COORDENADAS X: 432888; Y: 8199463). 72
FIGURA 5.12. DIQUES RIOLÍTICOS CARACTERÍSTICOS DA UNIDADE, COM AFLORAMENTO-TIPO (A E B) LOCALIZADO NA ÁREA VII (COORDENADAS: 22S 434487 E 8177659 N). (A) DERRAME RIOLÍTICO AVERMELHADO, SOB ANFIBOLITO FINO COM ENCLAVES DO MESMO. ALÉM DISSO, É POSSÍVEL OBSERVAR NO DETALHE, AMOSTRA DE RIOLITO DE COLORAÇÃO BEGE DE TEXTURA GLOMEROPORFIRÍTICA DE QUARTZO E FELDSPATO. (B) CLASTO ROTACIONADO AO SER INCORPORADO NO FLUXO RIOLÍTICO, COM ESFERULITOS VISÍVEIS NA PORÇÃO SUPERIOR DA IMAGEM. (C) (COORDENADAS: 22S 435676 E 8177906 N), DIQUES DECIMÉTRICOS DE RIOLITO CORTANDO TONALITO MILONITIZADO DO GRANITO SERRA DO TATU. EM D (COORDENADAS: 22S 437572 E 8176637 N), AFLORAMENTO DE RIOLITO ALTERADO PARA CAULINITA, COM TEXTURAS PRIMÁRIAS DE FLUXO FRACAMENTE PRESERVADAS. 73
FIGURA 5.13. *(A) VISTA PANORÂMICA DA BACIA DO PARANÁ E DA SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR CÓRREGO SANTO ANTÔNIO NA ÁREA X. (B) ARENITO CONGLOMERÁTICO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA (PONTO TF23-X-67 437339E 8166225N). (C) ARENITO FINO COM ESTRUTURA DO TIPO FLASER (PONTO TF23-X-79 431804E 8164059N).* 74
FIGURA 5.14. *EM A, BLOCOS SUBMÉTRICOS A MÉTRICOS ALINHADOS DE BASANITO EM PASTO, INDICANDO A PRESENÇA DE DIQUE ALCALINO NA ÁREA VII (COORDENADAS X: 431410; Y:8177514). EM B, DIQUE ALCALINO CORTANDO ANFIBOLITOS MÁFICOS DA UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA (COORDENADAS: 22S 434922 E 8177863 N).* 75
FIGURA 5.15. *(A) FOTO PANORÂMICA DESTACANDO O RELEVO ENCONTRADO NO COMPLEXO ARENÓPOLIS. OS MELHORES AFLORAMENTOS ENCONTRAM-SE NOS MORROS, ENQUANTO QUE A PORÇÃO ARRASADA É DOMINADA POR PASTO E PLANTAÇÕES COM PERFIS DE SOLO AVERMELHADO. (B) AFLORAMENTO COM ESFOLIAÇÃO ESFEROIDAL EM NEFELINITO (TF23-AIII-P8 COORDENADAS X: 440273,5; Y: 8194759,3). (C) VEIO CARBONATÍTICO ALOJADO EM MELTEIJITO. (D) FEIÇÕES DE BRECHAS COM CLASTOS DE CLINOPIROXENITOS EM MEIO A CIMENTAÇÃO DE MATRIZ FINA DE COMPOSIÇÃO FÉLSICA RICA EM FELDSPATÓIDES.* 76
FIGURA 6.1. MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA VIII 78
FIGURA 6.2. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA NA ÁREA VIII. 79
FIGURA 6.3. ROCHAS DO GRANITO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA. A) MATACÕES DE GRANITO COM DETALHE PARA ROCHA FRESCA COM LEVE FOLIAÇÃO. B) FÁCIES GRANITO PORFIRÍTICA FOLIADA EM DRENAGEM. C) DETALHE DE ROCHA FRESCA REFERENTE À FIGURA B. D) GNAISSE DO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA, TRAÇOS AMARELOS EVIDENCIANDO O PADRÃO DO BANDAMENTO. COORDENADAS: 22S 420706 E 8175350 N. 80
FIGURA 6.4. MICROGRAFIAS DA FÁCIES GRANÍTICA PERALUMINOSA DO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA. EM A OS MINERAIS PRESENTES NA LÂMINA A NICÓIS DESCRUZADOS. EM B, A NICÓIS CRUZADOS, FEIÇÕES MICROESTRUTURAIS NO

quartzo (quadro 1) como grãos estirados com extinção ondulante. Coordenadas: 22S 420706 E 8175350 N. 81
Figura 6.5. Localização da Unidade Córrego do Santo Antônio na Área VIII. O quadrado preto à oeste na Unidade representa ocorrências de gondito. 81
Figura 6.6. Vista de paisagem da unidade Córrego do Santo Antônio, com Granito Serra do Tatu ao fundo, representado pela serra. É possível observar relevo suave ondulado e vegetação arbórea esparsa, típica da unidade. 82
Figura 6.7. Em A, anfibolito bandado, com destaque para vista em perfil da região ressaltada em planta. Em B, afloramento de skarn com elevado mergulho e intensamente dobrado. Coordenadas de A: 22S 430218 E 8174632 N. Coordenadas de B: 22S 428192 E 8173595 N. 83
Figura 6.8. Em A, observa-se a amostra TF23-VIII-03A, sob nicois paralelos, evidenciando feição de mingling presente no metagabro. É possível observar cristais grossos e finos de hornblenda e plagioclásio, configurando textura diablástica a granoblástica. Subordinadamente, há notável presença de epidoto e clorita, com quartzo, marcando a segunda assembleia mineral da rocha. Por fim, observa-se um veio tardio de calcita, registrando deformação rúptil na litologia. Em B, mesma seção de A, sob nicois cruzados. Em C, amostras de mão de metagabro, mostrando domínios de mistura física de magma, discriminados pelo traçado vermelho, sendo evidenciado pelo contraste de granulação. Coordenadas: 22S 427854 E 8175445 N. 84
Figura 6.9. Em A e B, seção evidenciando forte foliação marcada por textura nematoblástica, sob nicois paralelos e cruzados, respectivamente. Nestas seções, bem como em D, é notável a presença de óxidos vermelhos dispersos, com hábito prismático euédrico a anédrico, provisoriamente identificado como cuprita. Em C, marcante presença de titanita granular, paralela à foliação, compondo cerca de 10% da lâmina. Coordenadas: 22S 420866 E 8175757 N. 85
Figura 6.10. Em A, fotomicrografia de gnaisse calcissilicático, onde é possível observar, sob nicois paralelos porfiroblastos de granada com inclusões de diopsídio. Em B, mesma seção, sob nicois cruzados, evidenciando bandamento gnaissico, marcado por bandas de granulação fina e grossa com cristais de diopsídio e wollastonita. Em C, cristais grossos de wollastonita prismáticos, associados à porfiroblasto de granada. Em D, mesma seção de C, porém, sob nicois cruzados.Coordenadas: 22S 428192 E 8173595 N. 86
Figura 6.11. Vista em planta de xisto metassedimentar avermelhado dobrado e crenulado da unidade Córrego do Santo Antônio. Os flancos das dobras estão representados pelos traçados amarelos contínuos, ao passo que o traçado amarelo pontilhado representa os flancos da crenulação. 87
Figura 6.12. Localização da Unidade Gnaisse Arenópolis na Área VIII. 88
Figura 6.13. Gnaisse Arenópolis. A) Afloramento em leito de rio. B e C) Bandamento gnáissico típico do Gnaisse Arenópolis. 88
Figura 6.14. Localização da Unidade Gnaisse Ribeirão na Área VIII. 89
Figura 6.15. Afloramento do gnaisse Ribeirão, mostrando feições de migmatização, onde a relação entre a deformação e geração dos neossomas não se expressa de maneira evidente. Assim, a deformação pode ou não ser síncrona à geração dos neossomas 90
Figura 6.16. Feições de deformação no gnaisse Ribeirão. Em A, foliação anastomosada, truncada por fraturas; em B, leucossomas rompidos; em C, foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas em vermelho representam o plano C; por fim, em D, megaporfiroblasto de quartzo rotacionado, evidenciando cinemática sinistral. 91
Figura 6.17. Fotomicrografia do Gnaisse Ribeirão. A) A nicóis descruzados, disposição geral dos minerais, com a biotita fortemente orientada definindo a foliação. B) A nicóis cruzados, trama mineralógica mostrando cristais com contatos retos, curvos e serrilhados, é possível ver cristais de quartzo com extinção ondulante. Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N. 92
Figura 6.18. Localização da Unidade Córrego da Onça na Área VIII. O quadrado vermelho indica a localização de granito subordinado. 92
Figura 6.19. Afloramento em lajedo de metagrauvaca com sulfetos, com foliação ressaltada em amarelo. 94

FIGURA 6.20. FOTOMICROGRAFIAS DE ANFIBOLITOS PRESENTES NA UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA NA ÁREA VIII. A E B) A NICÓIS PARALELOS (A) E CRUZADOS (B), DISTRIBUIÇÃO DE CRISTAIS GROSSOS DE HBL EM MATRIZ FINA DE PL E EP. EM C E D(NICÓIS PARALELOS E CRUZADOS, RESPECTIVAMENTE) ANFIBOLITO FINO COM ACTINOLITA, PLAGIOCLÁSIO, EPIDOTO E TITANITA, INTENSAMENTE FOLIADO. COORDENADAS A E B (TF23-VIII-115B): 22S 438016 E 8173649 N. COORDENADAS C E D (TF23-VIII-35A): 22S 434364 E 8173325 N. 95
FIGURA 6.21. *XISTO METASSEDIMENTAR MÉDIO AVERMELHADO, COM DESTAQUE PARA DOBRAS EM CHEVRON DE MESOESCALA EM A. EM B, AMOSTRA DE MÃO, COM VISTA ORTOGONAL À FOLIAÇÃO, EVIDENCIANDO GRANULAÇÃO MÉDIA A GROSSA DA LITOLOGIA.*..... 96
FIGURA 6.22. ROCHAS DA UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA. A) ANFIBOLITO GROSSO COM FOLIAÇÃO ANASTOMOSADA E BANDAMENTO ENTRE PORÇÕES DE ANFIBÓLIO COM DIFERENTES GRANULAÇÕES. NA IMAGEM, É POSSÍVEL OBSERVAR UM VEIO PEGMATÍTICO CORTANDO A FOLIAÇÃO. B) RELAÇÃO DE CAMPO ENTRE ANFIBOLITOS DE DIFERENTES GRANULAÇÕES; NO DETALHE É POSSÍVEL VER FEIÇÕES DE CONTATO QUENTE ENTRE AS DUAS ROCHAS. C) METAGRAUVACA SULFETADA, DETALHE MOSTRANDO CRISTAIS DE PIRITA NA FOLIAÇÃO. D) AMOSTRA DE MÃO DE GRANITO MILONITIZADO. 97
FIGURA 6.23. FOTOMICROGRAFIAS DO GRANITO ENCONTRADO NA UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA. FIGURAS A E B (NICÓIS DESCRUZADOS E CRUZADOS, RESPECTIVAMENTE) MOSTRAM A DISPOSIÇÃO GERAL DOS MINERAIS, COM PORFIROCLASTOS DE KFS EM MATRIZ RECRISTALIZADA DE QUARTZO, PLAGIOCLÁSIO, BIOTITA E MUSCOVITA. COORDENADAS: 22S 434549 E 8173500 N. 98
FIGURA 6.24. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE SERRA DO TATU NA ÁREA VIII. 98
FIGURA 6.25. GRANITOS DA SERRA DO TATU. A) GRANITO ACINZENTADO FOLIADO. B) GRANITO EXIBINDO FORTE FOLIAÇÃO MILONÍTICA MARCADA PELOS CRISTAIS DE BIOTITA. 99
FIGURA 6.26. MICROGRAFIAS DA PORÇÃO MILONITIZADA DO GRANITO SERRA DO TATU. A E B) A NICÓIS PARALELOS E CRUZADOS, RESPECTIVAMENTE, TEMOS O ASPECTO GERAL DA FOLIAÇÃO MILONÍTICA SC SENDO CORTADA POR VEIO DE HBL. C) A NICÓIS CRUZADOS TEMOS CRISTAIS RECRISTALIZADOS DE QZ E PL, CRISTAIS DE MS COM GRANULOMETRIA MUITO FINA E HBL NA FOLIAÇÃO. D) MACRO DA AMOSTRA LAMINADA. COORDENADAS DE TF23-VIII-128A: 22S 437579 E 8176390 N. 100
FIGURA 6.27. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE CÓRREGO DO HORÁCIO NA ÁREA VIII. 100
FIGURA 6.28. DERRAMES RIOLÍTICOS CARACTERÍSTICOS DA UNIDADE. EM A, DERRAME RIOLÍTICO AVERMELHADO, SOB ANFIBOLITO FINO COM ENCLAVES DO MESMO. ALÉM DISSO, É POSSÍVEL OBSERVAR NO DETALHE, AMOSTRA DE RIOLITO DE COLORAÇÃO BEGE DE TEXTURA GLOMEROPORFIRÍTICA DE QUARTZO E FELDSPATO. EM B, CLASTO ROTACIONADO AO SER INCORPORADO NO FLUXO RIOLÍTICO, COM ESFERULITOS VISÍVEIS NA PORÇÃO SUPERIOR DA IMAGEM. EM C, DIQUES DECIMÉTRICOS DE RIOLITO CORTANDO TONALITO MILONITIZADO DO GRANITO SERRA DO TATU. EM D, AFLORAMENTO DE RIOLITO ALTERADO PARA CAULINITA, COM TEXTURAS PRIMÁRIAS DE FLUXO FRACAMENTE PRESERVADAS 101
FIGURA 6.29. EM A, VISTA GERAL DE RIOLITO COM TEXTURA GLOMEROPORFIRÍTICA, COM QUARTZO E FELDSPATO, SOB NICOIS PARALELOS. EM B, FOTOMICROGRAFIA DA MATRIZ DE QUARTZO, FELDSPATO, ANFIBÓLIO E MICA MUITO FINOS, COM ESFERULITO AO CENTRO, SOB NICOIS CRUZADOS. COORDENADAS: 22S 434488 E 8177655 N. 102
FIGURA 6.30. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA ÁREA VIII. 102
FIGURA 6.31. PAISAGEM MOSTRANDO CONTATO ENTRE PORÇÃO ISOLADA DA BACIA DO PARANÁ COM GRANITO SERRA DO TATU, EVIDENCIADO PELA MARCAÇÃO EM AMARELO. EM PRIMEIRO PLANO, A UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA. EM DESTAQUE NO CANTO INFERIOR DIREITO, AFLORAMENTO TÍPICO DE ARENITO SILTOSO DA FM. FURNAS, COM ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA. 103
FIGURA 6.32. EM A, BLOCOS DE BASANITO ALINHADOS AO LONGO DE PASTO, INDICANDO PRESENÇA DE DIQUE. EM B, DIQUE DE BASANITO IN SITU, RECORTANDO ENCAIXANTE NO CÓRREGO DO ONÇA. É POSSÍVEL OBSERVAR A PRESENÇA DE BORDA DE RESFRIAMENTO, DE TEXTURA AFANÍTICA, COM DOMÍNIO PORFIRÍTICO, O QUAL MARCA A REGIÃO CENTRAL DA INTRUSÃO. TAIS DOMÍNIOS SÃO SEPARADOS PELA LINHA PONTILHADA PRÓXIMA À MARRETA. 104
FIGURA 6.33. FOTOMICROGRAFIAS DE BASANITOS ENCONTRADOS NA ÁREA VIII. EM A, AMOSTRA ARE 29B (22K 434472 E 8177670 N) SOB NICOIS PARALELOS, MOSTRANDO FENOCRISTAIS DE OLIVINA, TITANOAUGITA E FLOGOPITA IMERSOS EM MATRIZ AFANÍTICA, COMPOSTA POR NEFELINA, PLAGIOCLÁSIO, FELDSPATO POTÁSSICO E MAGNETITA. EM B, MESMA SEÇÃO DE A, SOB NICOIS CRUZADOS. EM C, AMOSTRA ARE 29A (22K 434472 E 8177670 N) SOB NICOIS PARALELOS, MOSTRANDO ZONAÇÃO EM FENOCRISTAL DE TITANOAUGITA. EM D,

mesma seção de C, sob nicois cruzados. Aqui é possível observar mais claramente a zonação presente no fenocristal. 105
Figura 6.34. *Fotomicrografias evidenciando processos secundários atuantes sob os basanitos da Província Alcalina de Goiás, presentes na área VIII. Em A, amostra ARE 31B (22K 437816 E 8177920 N) mostrando amígdala composta por calcita e zeólitas. Em B, mesma seção de A, sob nicois cruzados. Em C, amostra ARE 29B (22K 434472 E 8177670 N) com fenocristal de nefelina alterado. Em D, mesma seção de C, sob nicois cruzados.* 106
Figura 7.1 Mapa da porção oeste do Arco Magmático de Goiás com destaque aos Lineamentos Transbrasiliano e Moiporá-Novo Brasil. Fonte: elaborado pelo autor (2023). 107
Figura 7.2. Mapa integrado de domínios estruturais do Projeto Arenópolis. 109
Figura 7.3. Estereogramas com foliações e lineações referentes aos domínios Piranhas e Caiapônia na Área VIII. 110
Figura 7.4. Mapa estrutural da Área VIII 111
Figura 7.5. Estereograma com 171 medidas de foliações aferidas na Área VIII. O padrão dos contornos mostra um trend NNW-SSE com mergulho predominantemente alto para ENE e WSW. 112
Figura 7.6. Foliações encontradas em campo. A) Crenulação em Ms-xisto da unidade Córrego da Onça, foliação de crenulação Scren associada com Sn+1. B) Tonalito milonitizado com foliação S-C exibindo cinemática sinistral. C) Veio de quartzo dobrado, o plano axial das dobras define a foliação Sn+1. D) Foliação principal Sn em granito da Serra do Tatu. 113
Figura 7.7. Bloco diagrama compilando a trama principal reconhecida no Projeto Arenópolis. 114
Figura 7.8. Padrão de lineações encontradas na Área VIII. Vemos uma direção preferencial NNW com mergulho baixo, ainda há algumas medidas mergulhando para NE e SE com mergulho moderado. 114
Figura 7.9. Lineações minerais. A) Lineação mineral definida pela orientação de cristais de anfibólio. B) Lineação mineral definida pela orientação e estiramento de cristais de quartzo. 115
Figura 7.10. Dobras na Área VIII. A) Dobras parasíticas em mármore da unidade Córrego Santo Antônio. B) Dobras apertadas de escala centimétrica em gnaisse. C) Dobras apertadas em mármore. D) Dinâmica de dobra em escala métrica em Ms-xisto da unidade Córrego da Onça, possui assimetria e vergência para W. E) Classificação de Ramsay para dobras (1967). 116
Figura 7.11. Feições encontradas em zonas de cisalhamento. A e B) Dobra apertada encontrada em gnaisse de zona de cisalhamento, o plano axial e vergência indicam a direção do cisalhamento e cinemática sinistral. C) Veio de quartzo com feições de transposição (rompimento e dobramento). 118
Figura 7.12. Mapas evidenciando falhas. A, B e C) Falha transcorrente na Unidade Ribeirão Água Limpa em relação aos produtos geofísicos. A figura "A" mostra um mapa ternário RGB; a figura "B" mostra um mapa de eTh; a figura "C" mostra um mapa de Derivada Vertical. D) Relação do relevo com conjunto de falhas. 120
Figura 7.13. Diagrama de rosetas da Área VIII. Observam-se duas direções preferenciais: NE-SW e E-W. 120
Figura 7.14. Fraturas de cisalhamento. A) Fraturas de cisalhamento sinistrais na unidade Córrego do Horácio. B) Fratura de cisalhamento dextral com rejeito milimétrico cortando veio de quartzo. C) Tension gashes exibindo cinemática sinistral 121
Figura 7.15. Conjunto de veios. A) Veios de espessura milimétrica cortando anfibolito. B) Veio pegmatítico em Gnaisse. C) Veios concordante à foliação exibindo feição de Pinch and Swell. D) Veio pegmatítico discordante em anfibolito grosso. 122
Figura 7.16. Microestruturas. A) Subgrãos nas sombras de clasto de maior dimensão. B) Cristais exibindo estiramento com extinção ondulante. C) Domínio cataclástico definido pelas linhas brancas. D) Formação de subgrãos em clastos com contatos lobados 123
Figura 8.1. *Mapa de Recursos Minerais do Projeto Oeste de Goiás, com destaque para a área de estudo do Projeto Arenópolis. Modificado de Lacerda et al. (2021).* 126
Figura 8.2. *Mapa de processos minerários por substância na área do Projeto Arenópolis (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro/2023).* 127

FIGURA 9.1. FECHAMENTO DO OCEANO GOIÁS-FARUSIANO COM DESENVOLVIMENTO DAS PRIMEIRAS ASSEMBLEIAS DE ARCOS INTRA-OCEÂNICOS (CERCA DE 900 A 770 MILHÕES DE ANOS). ADAPTADO DE MARQUES (2017)..... 136
FIGURA 9.2. DIAGRAMA TERNÁRIO DE PEARCE (1996) PARA CLASSIFICAÇÃO DOS ANFIBOLITOS DAS UNIDADES CÓRREGO DA ONÇA E CÓRREGO SANTO ANTÔNIO. FONTE: SGB-CPRM (2021)..... 138
FIGURA 9.3. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO DE ARCO INTRA-OCEÂNICO NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO ET AL. (2021)..... 139
FIGURA 9.4. DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE SHAND (ALUMINA-SATURAÇÃO) À ESQUERDA E DIAGRAMA TAS PARA TODAS AS UNIDADES PLUTÔNICAS E METAPLUTÔNICAS DO PROJETO ARENÓPOLIS À DIREITA. FONTE: SGB-CPRM (2021). 140
FIGURA 9.5. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO DE ARCO CONTINENTAL NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO ET AL. (2021)..... 141
FIGURA 9.6. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO PÓS-COLISIONAL NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO *ET AL*. (2021). 144
FIGURA 9.7. MODELO PROPOSTO POR FERREIRA ET AL. (2022) PARA A EVOLUÇÃO DA LITOSFERA FACILITANDO A COLOCAÇÃO DOS MAGMAS TOLEÍTICOS E ALCALINOS DE APROXIMADAMENTE 130 MILHÕES E 80 MILHÕES DE ANOS. ADAPTADO DE FERREIRA ET AL. (2022)..... 146
FIGURA 9.8. (A) AFLORAMENTO DE ANFIBOLITO DOBRADO PERTENCENTE A UNIDADE CÓRREGO DO SANTO ANTÔNIO (416244 E /8190590 S), EVIDENCIANDO (B) O PADRÃO DE INTERFERÊNCIA DE DOBRA F_2 COM DOBRA F_1 E AS RELAÇÕES DE SOBREPOSIÇÃO DAS GERAÇÕES DE FOLIAÇÕES. A FOLIAÇÃO PLANO-AXIAL S_2 COMPÕE A FOLIAÇÃO PREDOMINANTE NA ÁREA DO PROJETO, ENQUANTO A FOLIAÇÃO S_1 SE MOSTRA TRANSPOSTA E INCLUÍDA NOS PLANOS DE F_2. (C) ESTEREOGRAMA MOSTRANDO OS PÓLOS DOS FLANCOS DA DOBRA F_2, BEM COMO O SEU PERFIL E SUPERFÍCIE AXIAL, ALÉM DO EIXO. 147
FIGURA 9.9. MODELO PROPOSTO PARA A REGIÃO DO PROJETO ARENÓPOLIS. DESTACA-SE O CISALHAMENTO REGIONAL SINISTRAL COM FALHAS ANTITÉTICAS E SINTÉTICAS E AS RESPECTIVAS DIREÇÕES DE ENCURTAMENTO E ESTIRAMENTO. 149
FIGURA 10.1. MODELO ESQUEMÁTICO DA COLOCAÇÃO DE DIQUES EM UM SISTEMA TRANSCORRENTE DEVIDO À OCORRÊNCIA DE ZONAS TRANSTRATIVAS. 152
FIGURA 10.2. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO PROJETO PIRANHAS (1973) COM AS ÁREAS DO PROJETO ARENÓPOLIS (2023) DESTACADAS PELOS POLÍGONOS PRETOS. TAIS ÁREAS ABARCADAS VÃO DESDE A METADE DA ÁREA I A NORTE ATÉ A ÁREA X AO SUL..... 153
FIGURA 10.3. MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE PIRANHAS-ARENÓPOLIS, CARTOGRAFADO POR PIMENTEL (1985). 155
FIGURA 10.4. MAPA GEOLÓGICO DO PROJETO GEOLOGIA E METALOGENIA DO OESTE DE GOIÁS COM LIMITE DAS ÁREAS DO PROJETO ARENÓPOLIS EM PRETO..... 156
FIGURA 10.5. EVOLUÇÃO CARTOGRÁFICA GEOLÓGICA DA ÁREA ABARCADA PELA ÁREA VIII DO PROJETO ARENÓPOLIS, EVIDENCIANDO MUDANÇA NA GEOMETRIA DOS CONTATOS E MAIOR DETALHAMENTO DE DESCRIÇÕES LITOLÓGICAS PRESENTES. 158

Índice de Quadros

QUADRO 2.1. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS AO LONGO DO PROJETO ARENÓPOLIS. 24
QUADRO 2.2. AMOSTRAS DA ÁREA VIII ENCAMINHADAS À LAMINAÇÃO, CUJAS DESCRIÇÕES DETALHADAS CONSTAM COMO ANEXO AO PRESENTE RELATÓRIO..... 26
QUADRO 4.1. RESUMO DE CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DOS SENSORES USADOS NO PROJETO ARENÓPOLIS. 57
QUADRO 9.1. ESTÁGIOS DE EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO ARCO MAGMÁTICO DE ARENÓPOLIS REFERENTE ÀS UNIDADES DO PROJETO ARENÓPOLIS. 134

Sumário

1 Introdução 17
1.1 Considerações iniciais 17
1.2 Objetivos 17
1.3 Localização e vias de acesso 18
1.4 Aspectos fisiográficos 19
1.4.1 Clima 19
1.4.2 Vegetação 19
1.4.3 Solo 19
1.4.4 Geomorfologia 22
1.4.5 Hidrografia 22
2 Materiais e Métodos 24
2.1 Etapa pré-campo 24
2.1 Etapa campo 25
2.3 Etapa pós-campo 25
3 Geologia Regional 27
3.1 Província Tocantins e o Orógeno Brasília 27
3.2 Arco Magmático de Goiás 31
3.3 Segmento Arenópolis 33
3.4 Unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis 34
4 Geofísica e sensoriamento remoto 41
4.1 Geofísica 41
4.1.1. Magnetometria 43
4.1.2. Gamaespectrometria 50
4.2. Sensoriamento Remoto 55
5 Geologia do Projeto Arenópolis 59
5.1 Embasamento 59
5.2 Arco Magmático de Goiás 61
5.3 Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas 61
5.3.1 Unidade Córrego do Santo Antônio 61
5.3.2 Unidade Córrego da Onça 63
5.4 Gabro Morro do Baú 64
5.5 Gnaisse Arenópolis 66
5.6 Intrusões sin-tectônicas 66
5.6.1 Granito Serra do Tatu 67
5.6.2 Granito Ribeirão Água Limpa 68
5.7 Intrusões tardiopsídiotectônicas 69
5.7.1 Granito Serra do Iran 70

5.7.2 Granito Rio Caiapó 71
5.8 Vulcânicas Córrego do Horácio 73
5.9 Bacia do Paraná 74
5.10 Província Alcalina de Goiás 75
5.10.1 Rochas subvulcânicas 75
5.10.2 Complexo Alcalino Plutônico de Arenópolis 75
6 Geologia Local 77
6.1 Granito Ribeirão Água Limpa 79
6.2 Unidade Córrego do Santo Antônio 81
6.3 Gnaisse Arenópolis 88
6.4 Gnaisse Ribeirão 89
6.5 Unidade Córrego da Onça 92
6.6 Granito Serra do Tatu 98
6.7 Vulcânicas Córrego do Horácio 100
6.8 Bacia do Paraná 102
6.9 Diques Alcalinos 103
7 Geologia Estrutural 107
7.1 Quadro estrutural regional 107
7.2 Domínios estruturais 108
7.3 Elementos de trama dúctil 112
7.3.1 Foliações 112
7.3.2 Lineações 114
7.3.3 Dobras 115
7.3.4 Zonas de Cisalhamento 116
7.4 Elementos de trama rúptil 118
7.4.1 Falhas 118
7.4.2 Fraturas 120
7.4.3 Veios e diques 121
7.5 Microestruturas 122
8 Geologia Econômica 124
8.1 Potencial metalogenético do Arco Magmático de Arenópolis 124
8.2 Potencial econômico do Projeto Arenópolis 124
8.3 Sistema Magmático-Hidrotermal 128
8.4 Sistema Hidrotermal 128
8.5 Sistema associado ao magmatismo alcalino 129
8.6 Minerais e rochas industriais 130
8.6.1 Mármore 130
8.6.2 Talco 130

8.6.3 Areias e seixos 131
8.6.4 Argilas 131
8.6.5 Rochas ornamentais e de revestimento 131
8.7 Recursos minerais da Área VIII 132
9 Evolução Tectônica do Projeto Arenópolis 133
9.1 Estágio de Arco Intra-Oceânico 136
9.2 Estágio Arco Continental - Colisão Continente-Continente 139
9.3 Estágio Pós Colisional: magmatismo bimodal em ambiente transicional 142
9.4 Estágio Extensional 144
9.5 Magmatismo alcalino 145
9.6 Fases de deformação e metamorfismo 146
10 Conclusão 150
10.1 Discussão 150
10.2 Evolução do Conhecimento 152
10.3 Recomendações 159
11 Referências bibliográficas 161
12 Anexos 166

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Este trabalho refere-se ao relatório final da Área VIII do Projeto Arenópolis e apresenta os resultados obtidos com o mapeamento geológico de detalhe na região entre Piranhas e Arenópolis (GO), e está vinculado ao trabalho final de graduação dos estudantes de Geologia da Universidade de Brasília no ano de 2023.

O Projeto foi realizado em escala 1:25.000 em uma área total de 902km² compartimentada em seis áreas de 80km², três áreas de 102,5km² e uma área de 114,5km². 21 alunos foram responsáveis pela execução do trabalho, sendo nove duplas e um trio. A área VIII possui 80 km², sendo 20km de comprimento e 4km de largura. O trabalho foi desenvolvido sob a orientação da Coordenadora do Projeto Natalia Hauser, Co-coordenadores Elton Luiz Dantas e Luis Gustavo Ferreira Viegas e dos professores Caio Arthur Santos, Julia Barbosa Curto Ma, Eliza Nunes Peixoto, Henrique Llacer Roig e do Dr. Ítalo Lopes de Oliveira. Houve também a colaboração de cinco servidores do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília no âmbito de transporte e logística: Antônio Mendes de Carvalho, Marco Marcilo Sobral, Sérgio Paulo Ferreira de Brito, Jean Moreira Barbosa e William Gervazio Mariano.

O mapeamento foi realizado no contexto do Arco Magmático de Arenópolis, segmento sul do Arco Magmático de Goiás, oferecendo dados atualizados e fomentando o conhecimento da evolução da Faixa Brasília.

1.2 Objetivos

O Projeto Arenópolis teve como objetivo central o mapeamento geológico de detalhe em escala a fim de consolidar e integrar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação em Geologia da Universidade de Brasília, reavaliando conceitos de diversas áreas como geoprocessamento, sensoriamento remoto, geofísica, mapeamento estrutural, reconhecimento e classificação petrográfica, análise de potencial econômico e evolução tectono-estrutural. Além disso, por se tratar de uma área previamente mapeada em 1973 (Projeto Piranhas - UnB, 1:50.000), 1985 (mestrado de Márcio Martins Pimentel, 1:25.000) e 2021 (Projeto Geologia e Metalogenia do Oeste de Goiás – SGB/CPRM, 1:100.000), um dos objetivos do Projeto Arenópolis é avaliar a

evolução do conhecimento e interpretação geológica com recursos e técnicas recentes, refinando e complementando os estudos acerca do Arco Magmático de Arenópolis.

Os principais produtos do Projeto são o mapa geológico em escala 1:25.000 dividido em 10 áreas e um relatório detalhado de cada uma das áreas presentes.

1.3 Localização e vias de acesso

As áreas do Projeto Arenópolis (Figura 1.1) estão localizadas na região oeste do estado de Goiás, entre os municípios de Piranhas, Arenópolis e Diorama, como um todo ocupam 575km² do município de Piranhas, 310km² do município de Arenópolis e 5km² do município de Diorama. Estão situadas a 321km da capital estadual Goiânia e 529km da capital federal, Brasília.

O acesso às áreas, partindo de Brasília, ocorre através da BR-060, percorrendo 208km até Goiânia, seguido por mais 321km pela GO-060 até Piranhas. As principais vias que dão acesso às áreas são as GO-060, GO-472, GO-475, GO-188 e BR-158. O acesso à Área VIII ocorreu pela BR-158, GO-060, GO-472, bem como por estradas rurais não pavimentadas.

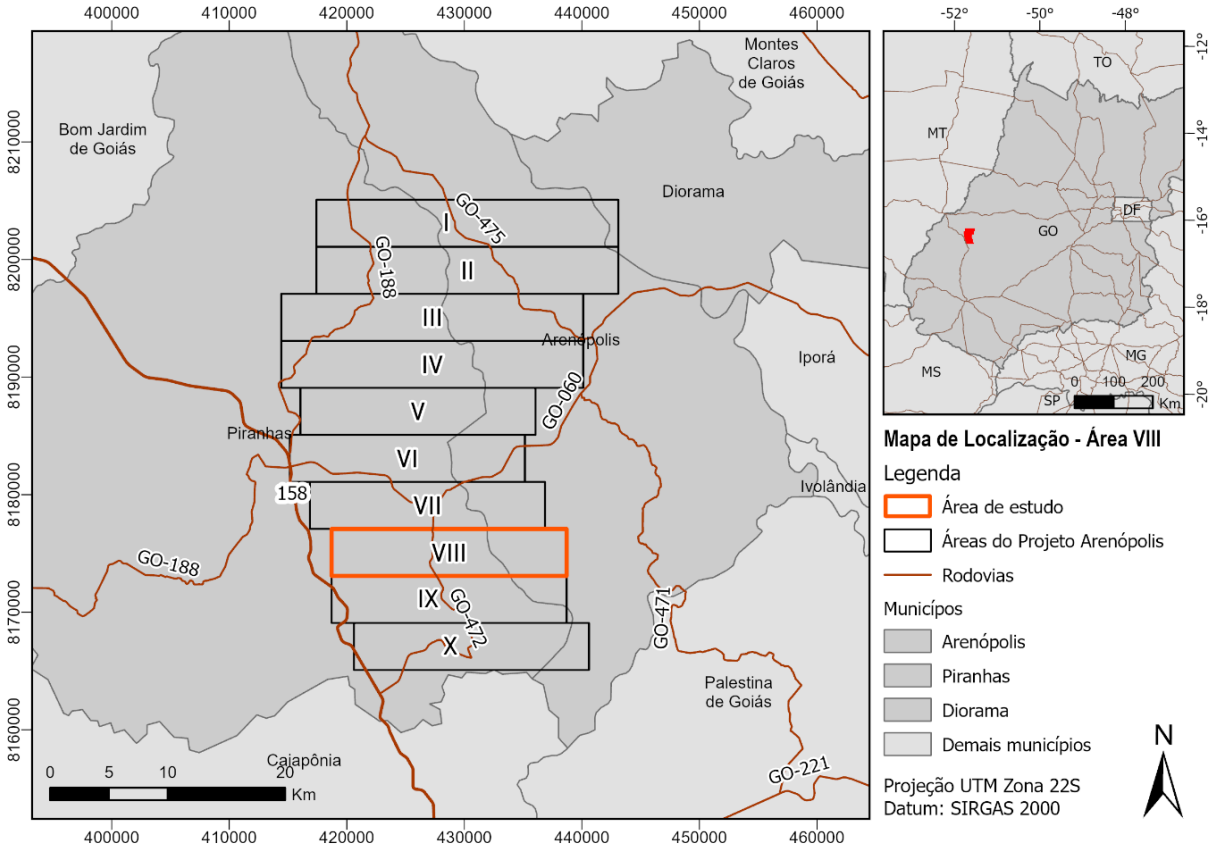


Figura 1.1: Mapa de Localização e vias de acesso do Projeto Arenópolis.

1.4 Aspectos fisiográficos

1.4.1 Clima

O clima em Piranhas é Aw, segundo a classificação de Koppen, que denota uma estação mais seca no inverno e mais chuvosa no verão. Ao longo do ano o clima é predominantemente quente com temperaturas que variam entre 17°C a 34°C, em que a estação quente vai de agosto a outubro sendo este o mês mais quente do ano, já a estação fresca vai de dezembro a julho com temperatura máxima diária abaixo dos 30°C, julho é o mês mais frio com mínimas de 17°C, em média.

A precipitação varia consideravelmente ao longo do ano, a época com maior precipitação tem duração de 6 meses indo de outubro a abril, sendo que dezembro é o mês com mais dias chuvosos. A seca tem duração de 6 meses, indo de abril a outubro sendo julho o mês com menor precipitação. Os dados foram obtidos através da análise retrospectiva da área por satélite MERRA-2 da NASA.

1.4.2 Vegetação

A área está inserida no bioma Cerrado, a vegetação é composta por cerrados, campos e mata de galerias. As regiões com matas densas são aquelas encontradas relacionadas com os corpos máfico-ultramáficos e maciços graníticos.

Atualmente parte da vegetação nativa foi alterada antropicamente, sendo substituída por pastagens e culturas.

1.4.3 Solo

Em relação aos solos existentes no domínio mapeado, segundo a base de dados em escala 1:250.000 do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) provenientes do Projeto RADAMBRASIL e refinado por EMBRAPA e IBGE usando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), sumarizam-se em: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico/eutrófico, Cambissolo Háplico distrófico/eutrófico, Latossolos Vermelho ácrico/distrófico/distrófico férrico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Nitossolo Vermelho eutrófico férrico.

No município de Piranhas, há a predominância de Latossolo Vermelho (60%) seguido por Cambissolo Háplico (20%) e Argissolo Vermelho-Amarelo (15%), já em Arenópolis a predominância é de Argissolo Vermelho-Amarelo (48%), Latossolo Vermelho com 32% e Cambissolo Háplico com 12%.

Nas áreas do Projeto Arenópolis, há a predominância de Argissolos na porção centro-sul; Latossolos na porção centro-norte; e ocorrências de Cambissolo nos limites norte e em algumas regiões ao sul da área, conforme pode ser observado abaixo (Figura 1.2).

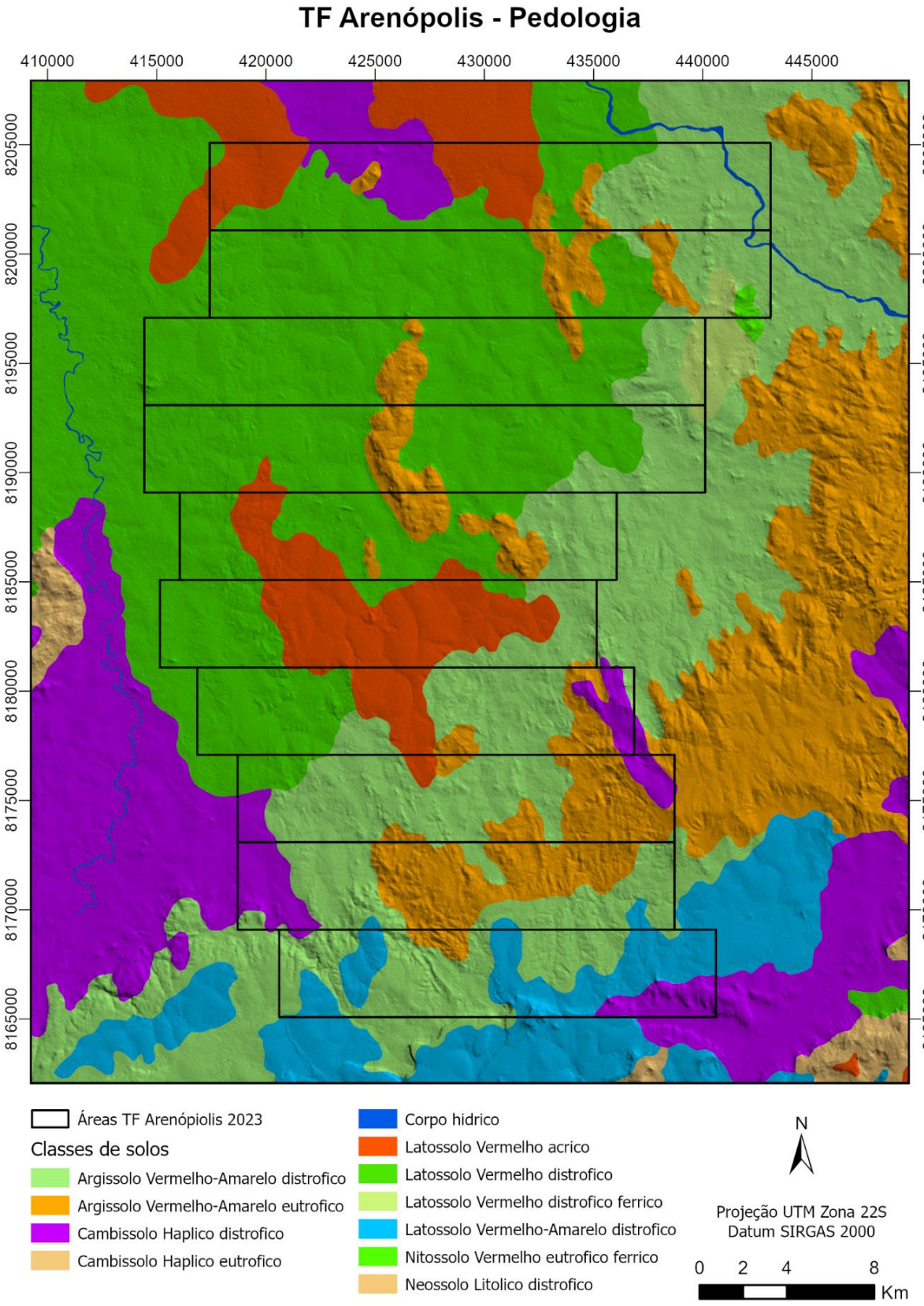


Figura 1.2: Mapa pedológico com destaque para a área alvo do Projeto Arenópolis. (Adaptado do Mapa de Solos em escala 1:250.000. Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG), acesso em 04/09/2023).

1.4.4 Geomorfologia

O relevo atual é derivado do soerguimento continental que deu início a um ciclo denudacional durante o Mesozóico. Segundo Ab'Saber e Costa Jr. (1950), o soerguimento regional foi resultado de epirogenia positiva derivada da orogênese Andina. Subsequente à elevação crustal, ocorreu a dissecação do relevo, gerando uma região de circundesnudação periférica, que, segundo Ab'Saber (1949), trata-se da formação de patamares de erosão na borda de bacias sedimentares.

A área mapeada está situada ao norte da Bacia do Paraná, na Depressão do Araguaia sendo que a *Cuesta* do Caiapó - pertencente à Bacia do Paraná – está localizada na porção sul da área. De acordo com Nascimento (1992), se divide a região da Peneplanície do Alto Araguaia, ao norte, do Planalto de Caiapônia, ao sul (Figura 1.3). O Planalto de Caiapônia por sua vez possui relevo predominantemente plano com mergulho leve - entre 3° e 5° para SE - das camadas sedimentares (Souza, 2006). Os relevos da Peneplanície do Alto Araguaia são predominantemente aplainados a suave-ondulados e controlados por rochas cristalinas pré-cambrianas fraturadas e falhadas. Apresentam cotas entre 400 e 600 metros, em média, e possuem as maiores elevações relacionadas às intrusões graníticas como o Granito Serra do Iran, Serra do Tatu, Serra Negra, etc.

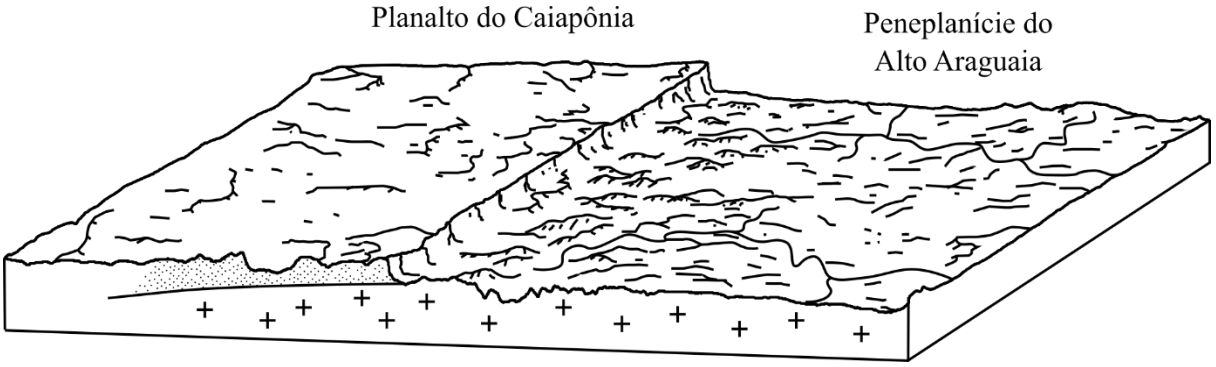


Figura 1.3: Bloco diagrama esquemático de seção S-N mostrando a relação entre o Planalto do Caiapônia e a Peneplanície do Alto Araguaia (bloco-diagrama elaborado pelos autores).

1.4.5 Hidrografia

A hidrografia da área de estudo pertence à Bacia do Araguaia-Tocantins, sendo formada por vários rios e ribeirões, dos quais o Rio Caiapó é o principal, desaguando no Rio Araguaia. Este, em escala regional, se trata de um dos principais rios da Bacia, porém não intercepta as áreas do TF Arenópolis. Outros rios relevantes nos limites do Projeto são o Rio Piranhas, Córrego da Areia, Córrego Sucuri, Córrego Santo Antônio e Ribeirão Ribeirão, que estão estruturados principalmente em direção NNW, encaixando-se em feições estruturais regionais como falhas ou

zonas de cisalhamento. De modo geral, o padrão de drenagem nas imediações da área é sub-dendrítico (Arcanjo, 2011), com rios principais no sentido NNW e N-S e afluentes em sentido N-S e E-W.

2 Materiais e Métodos

O desenvolvimento das atividades do Projeto Arenópolis foi dividido em três etapas principais. Conforme pode ser observado abaixo, no quadro 2.1, o cronograma de atividades realizadas ao longo do Projeto.

Quadro 2.1. Cronograma de atividades desenvolvidas ao longo do Projeto Arenópolis.

ETAPA	ENTREGA	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pré-campo	Revisão Bibliográfica										
	Mapa Base										
	Cap. Geologia Regional										
	Cap. Geofísica e Sensor. Remoto										
	Mapa Geo. Preliminar										
Campo	Mapeamento										
	Confecção do mapa										
Pós-campo	Cap. Introdução										
	Cap. Metodologia										
	Cap. Geo. Local										
	Cap. Geo Estrutural										
	Mapa Geo. Integrado										
	Cap. Potencial Econômico										
	Cap. Evolução Tectônica										
	Defesa do Projeto										

2.1 Etapa pré-campo

A primeira etapa do projeto teve início em 28/03/2023, no primeiro dia de aula do semestre letivo de 2023/1, com a divisão das áreas entre as duplas e uma apresentação geral do cronograma que foi aqui desenvolvido. Nas semanas seguintes, foram confeccionados diversos mapas, como: mapa base, mapa geológico preliminar – concomitante com o processamento de imagens de satélite e dados aerogeofísicos. Com os produtos gerados, foi possível realizar interpretações da geologia local e extração de informações de interesse para a etapa seguinte. Destacam-se aqui principalmente a hipsometria com imagens de satélite, bem como a extração de lineamentos magnéticos e discriminação de domínios magnéticos e gamaespectrométricos. As informações extraídas foram então integradas com o intuito de confeccionar o mapa geológico preliminar (Anexo 1) e o mapa base da Área VIII (Figura 4.9).

De maneira concomitante à confecção dos produtos supracitados, foi realizado um ciclo de palestras, tratando da geologia regional e local da área do projeto. Objetivou-se promover discussão entre os integrantes a respeito da evolução histórica do conhecimento geológico da região, tratado a partir de trabalhos anteriores (TF 1973 - Projeto Piranhas; Pimentel, 1985; Lacerda Filho *et al.*, 2021).

2.1 Etapa campo

A segunda etapa do Projeto Arenópolis foi realizada entre os dias 16/07/2023 e 01/08/2023 na região dos municípios de Piranhas e Arenópolis (GO). Em cada dia, foram realizados caminhamentos orientados de maneira ortogonal às grandes estruturas observadas na etapa anterior. Os caminhamentos foram realizados deste modo com o intuito de se observar a maior variedade de litologias e estruturas.

A adoção de técnicas de mapeamento sistemático resultou, no caso específico da área VIII, na realização de 11 caminhamentos, orientados preferencialmente segundo E-W, em função da geologia regional apresentar orientação N-S a NNW-SSE. A definição de cada perfil a ser desenvolvido ocorria com base nas estruturas e demais feições de interesse, observadas em pré-campo, bem como se buscava recobrir o máximo da área possível.

Nesta etapa, lançou-se mão de mapa base físico e digital, juntamente com mapas geofísicos de aeromagnetometria e aerogamaespectrometria e imagens de satélite para traçado de contatos geológicos e planejamento logístico de caminhamentos entre as áreas. Além disso, a equipe teve ao seu dispor, bússolas modelo Clar e Brunton, lupa, ímã e aplicativo para celular *Avenza* (versão 5.0.2) para registro de coordenadas geográficas. Ademais, vale comentar que foi adotada a notação *dip direction/dip* para o registro de atitudes das estruturas observadas.

Ao todo, foram descritos 137 pontos, sendo 56 pontos com amostras coletadas, juntamente com 48 pontos de controle na área VIII. No Anexo 2, pode ser observado a distribuição geográfica dos pontos realizados, com destaque aos pontos com coleta de amostras. Em cada ponto, as informações litológicas, estruturais e de toponímia foram anotadas em caderneta, juntamente com o registro fotográfico do afloramento e amostras porventura coletadas.

Próximo ao final dessa etapa, os dados adquiridos em campo foram compilados e integrados com as demais áreas, gerando um mapa geológico em escala 1:25.000. Aliado a isso, foram selecionadas 139 amostras para laminação, englobando todas as áreas do Projeto - sendo 16 coletadas no interior da área VIII.

2.3 Etapa pós-campo

A última etapa teve início no primeiro dia letivo do segundo semestre (2023/2) em 25/08/2023, com o envio das amostras para laminação. Sua conclusão se deu entre os dias 13/12/2023 e 15/12/2023, com a defesa dos trabalhos realizados pelas equipes de cada área.

As lâminas para descrição petrográfica foram enviadas para o Laboratório de Laminação da Universidade de Brasília (IG-UnB) e para a Geolab - Soluções em Geologia, em Recife (PE). As descrições das seções delgadas produzidas se deram por meio de microscópio petrográfico de luz transmitida, com o intuito de refinar o entendimento a respeito das litologias cartografadas. A combinação de descrição macroscópica em campo, aliado à descrição microscópica em laboratório, possibilitou o refino dos contatos geológicos no mapa final, juntamente com melhor entendimento da evolução geológica de cada litologia analisada. No quadro abaixo, pode-se observar o código identificador das lâminas confeccionadas para a área VIII e a respectiva litologia descrita em campo.

Quadro 2.2. Amostras da área VIII encaminhadas à laminação, cujas descrições detalhadas constam como anexo ao presente relatório.

Unidade	Código	Litologia
Córrego do Horácio	APA 33A	Riolito
Gnaisse Ribeirão	TF23-VIII-31A	Bt-tonalito gnaisse
Ribeirão Água Limpa	TF23-VIII-28A	Granito
Gnaisse Arenópolis	APA 12	Gnaisse granítico
Gnaisse Arenópolis	APA 15	Gnaisse tonalítico
Córrego da Onça	TF23-VIII-35A	Anfibolito
Córrego da Onça	TF23-VIII-115B	Anfibolito
Córrego da Onça	TF23-VIII-36A	Granito
Córrego do Santo Antônio	TF23-VIII-03A	Metagabro
Córrego do Santo Antônio	TF23-VIII-27A	Anfibolito
Córrego do Santo Antônio	TF23-VIII-43A	Calcissilicática
Serra do Tatu	TF23-VIII-64A	Tonalito milonitizado
Serra do Tatu	TF23-VIII-128A	Tonalito milonitizado
Serra do Tatu	TF23-VIII-127A	Basanito fonolítico
Diques Alcalinos	ARE 31B	Basanito
Diques Alcalinos	ARE 29A	Basanito
Diques Alcalinos	ARE 29B	Basanito
Diques Alcalinos	ARE 28A	Basanito
Diques Alcalinos	ARE 30	Basalto

Nesta etapa, os dados estruturais coletados em campo foram compilados e interpretados através de diagramas de contorno e rosetas. Assim, ao serem integrados com a análise petrográfica das amostras selecionadas, culminaram no desenvolvimento do exposto nos capítulos seguintes do presente relatório. Desta maneira, foi possível compreender melhor a evolução geológica e tectônica da região, conforme proposto no capítulo 9, Evolução Tectônica, do presente relatório.

3 Geologia Regional

3.1 Província Tocantins e o Orógeno Brasília

A região de estudo do projeto Arenópolis está localizada no oeste do Estado de Goiás, na região Centro-oeste. Em termos geotectônicos, está situada no interior do Escudo Brasileiro Central, mais especificamente no interior da Província Tocantins - uma das dez grandes províncias estruturais definidas por Almeida *et al.* (1977, 1981).

A Província Tocantins consiste em um conjunto de três faixas de dobramentos neoproterozoicas, localizadas no Brasil central. A origem dos orógenos está inserida no contexto de amalgamação do Gondwana ocidental, sendo originada pela colisão dos crátons Amazônico a oeste; São Francisco a leste; e o bloco Paranapanema ao sul (Fuck *et al.*, 2017). Os orógenos foram nomeados como Araguaia, ao norte; Paraguai, ao oeste; e Brasília, no centro-leste da província Tocantins (Hasui, 2012). Este último se configura como o maior e mais bem estudado orógeno dentre os três (Dardenne, 2000).

A Faixa Brasília compreende um complexo sistema orogênico na porção central do Brasil, se estendendo por mais de 1000 km na direção N-S, com mais de 300 km de extensão E-W (Bizzi *et al*., 2003). Ao longo do orógeno, é possível observar um conjunto de rochas metassedimentares, representantes de bacias de margem passiva, metamorfizadas em baixo grau e deformadas, gerando um cinturão de dobras e cavalgamentos na extremidade oriental da Faixa. Ademais, a oeste, são descritas rochas metassedimentares de mar profundo, metamorfizadas sob fácies anfibolito, rochas ígneas do arco magmático, bem como os granulitos ortoderivados no núcleo do orógeno. O orógeno apresenta vergência em direção ao cráton São Francisco, de modo que a acomodação tectônica dos terrenos acrescidos ao longo da margem oeste do cráton - este que atuou como indentador tectônico (Valeriano *et al.*, 2008). Além disso, é possível observar o aumento do grau metamórfico em direção a oeste (Dardenne, 2000). Ademais, é possível observar a mudança na orientação regional de estruturas de NE-SW ao norte para NW-SE ao sul da região de Pirenópolis (GO), próximo ao paralelo 16° S (Almeida *et al.*, 1981). Essa região concentra um conjunto de dobras e falhas com orientação preferencial E-W, sendo denominada de Sintaxe ou Megaflexura dos Pirineus (Araújo Filho, 2000).

Após a definição das diferentes províncias estruturais, diversos autores propuseram maneiras distintas de dividir as zonas do orógeno Brasília. A compartimentação mais atual foi proposta por Fuck *et al.* (1994; 2017) e apresentada também por Pimentel (2016). Aqui, para os

autores, a faixa Brasília pode ser dividida em Zona Cratônica, Zona Externa, Zona Interna, Arco Magmático de Goiás e Maciço de Goiás (Figura 3.1).

A Zona Cratônica é marcada por rochas sedimentares dobradas com vergência para leste, envolvendo os Grupos Paranoá e Bambuí, juntamente com a Formação Jequitaí.

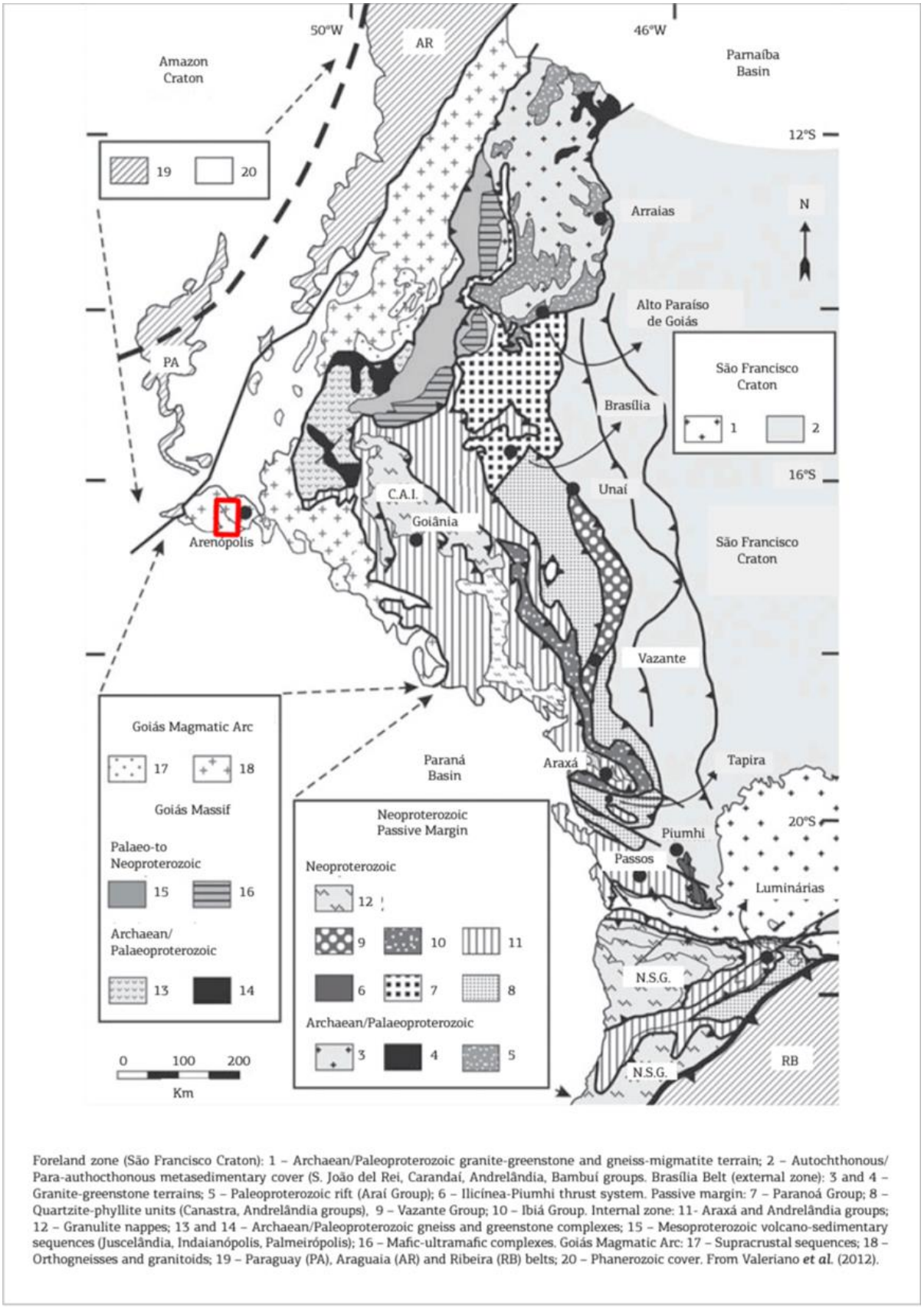
A Zona Externa abarca os grupos Ibiá e Vazante, os quais estão localizados no leste da faixa. É composta por uma série de grupos de rochas metassedimentares, depositadas em margem passiva, igualmente às rochas da zona cratônica. Aqui, as diferentes bacias que constituem essa porção da faixa Brasília representam condições plataformais de deposição, com zircões detríticos com distintos picos de idade de proveniência. Segundo Dardenne (2000) e Carneiro *et al.* (2021), essas rochas apresentam pico metamórfico em condições anquimetamórficas, levando à preservação de estruturas primárias, como estratificações cruzadas e laminações plano-paralelas. Ademais, é importante comentar a presença de rochas do Supergrupo Veadeiros, associadas à intrusões graniticas anorogênicas (Marini & Botelho, 1982 *apud* Carneiro *et al.*, 2021).

A Zona Interna é composta por rochas metassedimentares, depositadas em contexto de fundo oceânico principalmente, e posteriormente metamorfizadas sob pico em fácies anfibolito (Dardenne, 2000; Pimentel, 2016). Além disso, esta zona também compreende as unidades tectônicas do Arco Magmático de Goiás, bem como o Maciço de Goiás. Esta zona é composta pelos grupos Araxá, Araí e Serra da Mesa - o qual recobre a porção norte do Maciço de Goiás. Ademais, na região nordeste de Anápolis, há a presença de um complexo granulítico Anápolis-Itauçu, interpretado como *core complex* metamórfico do orógeno Brasília (Moraes *et al.*, 2013).

O Maciço de Goiás é um terreno arqueano-paleoproterozoico composto por diversos domínios, separados com base em critérios petrográficos, geoquímicos, tectônicos e geocronológicos (Cordeiro *et al.*, 2014). Seguindo de oeste para leste, são descritos os domínios Crixás-Goiás, Campinorte, Cavalcante-Arraias e Almas-Conceição do Tocantins. Aqui, estão presentes um conjunto de complexos TTG, como complexos Uvá, Caiçara, Anta, Caiamar e Hidrolina, juntamente com o bloco de ortognaisses Moquém (Blum *et al.*, 2003). Estes terrenos de rochas ortoderivadas separam entre si os 5 *greenstone belts* de Goiás - Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás, Faina e Serra de Santa Rita, os quais hospedam importantes depósitos auríferos (Valeriano *et al.*, 2004; Carneiro *et al.*, 2021). Além disso, também compõem o Maciço de Goiás, os complexos máfico-ultramáficos Niquelândia, Barro Alto e Canabrava - juntamente com suas sequências metavulcanossedimentares mesoproterozoicas associadas - Juscelândia, Palmeirópolis e Indaianópolis (Ferreira Filho *et al.*, 1994). Atualmente, existem duas teorias sobre a natureza do Maciço e sua relação com o orógeno Brasília. De acordo com Jost *et al.* (2013), o Maciço

representa um microcontinente acrescido durante a orogenia brasiliana, sendo posteriormente intrudido pelos complexos máfico-ultramáficos supracitados. Já para Cordeiro *et al.* (2014; 2017), o Maciço representaria uma extensão periférica do paleocontinente São Francisco.

Por fim, o Arco Magmático de Goiás consiste em um conjunto de rochas ígneas formadas no Neoproterozoico, dividido em segmentos norte e sul, Mara Rosa e Arenópolis, respectivamente, pelo Maciço de Goiás. A descrição mais bem desenvolvida desta unidade do orógeno Brasília segue no próximo tópico deste capítulo.



Foreland zone (São Francisco Craton): 1 – Archaean/Paleoproterozoic granite-greenstone and gneiss-migmatite terrain; 2 – Autochthonous/ Para-authocthonous metasedimentary cover (S. João del Rei, Carandaí, Andrelândia, Bambuí groups. Brasília Belt (external zone): 3 and 4 – Granite-greenstone terrains; 5 – Paleoproterozoic rift (Araí Group); 6 – Ilicínea-Piumhi thrust system. Passive margin: 7 – Paranoá Group; 8 – Quartzite-phyllite units (Canastra, Andrelândia groups), 9 – Vazante Group; 10 – Ibiá Group. Internal zone: 11- Araxá and Andrelândia groups; 12 – Granulite nappes; 13 and 14 – Archaean/Paleoproterozoic gneiss and greenstone complexes; 15 – Mesoproterozoic volcano-sedimentary sequences (Juscelândia, Indaianópolis, Palmeirópolis); 16 – Mafic-ultramafic complexes. Goiás Magmatic Arc: 17 – Supracrustal sequences; 18 – Orthogneisses and granitoids; 19 – Paraguay (PA), Araguaia (AR) and Ribeira (RB) belts; 20 – Phanerozoic cover. From Valeriano *et al.* (2012).

Figura 3.1: Encarte tectônico da Faixa Brasília, com destaque em vermelho para a área compreendida pelo Projeto Arenópolis (adaptado de Pimentel, 2016).

A figura acima (Figura 3.1) representa um panorama geral do Orógeno Brasília, mostrando as diversas unidades, separadas por idades e dispostas espacialmente de leste para oeste. Tal disposição representa, de modo geral, aumento das idades das unidades, bem como aumento de grau metamórfico. Ademais, ressalta-se pelo polígono em vermelho na imagem acima (Figura 3.1), a aŕea de estudo competente ao Projeto Arenópolis.

3.2 Arco Magmático de Goiás

As unidades estudadas no Projeto estão contidas no Arco Magmático de Goiás (AMG), que se localiza na região oeste da Faixa de Dobramentos Brasília, sendo limitado pelo Lineamento Transbrasiliano (Seer, 1985; Curto *et al*., 2014). O AMG é dividido em Arco Magmático de Mara Rosa na porção norte, com trend NE-SW e idade de 900 Ma a 600 Ma e Arco Magmático de Arenópolis na porção sul com trend principal E-W, sendo que o Arco de Arenópolis pode ser dividido em um segmento mais antigo a oeste (900 a 800 Ma) e outro mais jovem a leste (650 Ma), de modo que o limite entre segmentos distintos deste arco segue em disputa. Jost *et al.* (2013) defendem a zona de cisalhamento Messianópolis-Fazenda Nova como limite. Por outro lado, Marques *et al.*, (2017), juntamente com Martins & Vidotti (2021) defendem a separação entre os segmentos pela zona de cisalhamento Moiporá-Novo Brasil. Tal divisão entre segmentos distintos do Arco de Arenópolis se deve à robustos dados geofísicos - principalmente magnetometria e gravimetria - que demonstram diferenças substanciais entre as porções ocidental e oriental do arco.

Para Martins & Vidotti (2021), anomalias Bouguer de distintas intensidades geram na modelagem, crostas continentais com distintas espessuras e manto litosférico heterogêneo entre si. Segundo as autoras, a presença de manto litosférico não retrabalhado seria responsável pela geração de magmas alcalinos, correspondentes Província Alcalina de Goiás (PAGO) - os quais se localizam apenas na porção ocidental do Arco de Arenópolis. O limite abrupto entre a presença ou não de rochas da Província Alcalina estaria então associado à zona de cisalhamento Moiporá-Novo Brasil, sendo esta a sutura entre dois blocos menores, com distinta evolução geotectônica durante o Neoproterozoico. Além das diferenças apresentadas pela modelagem, as autoras defendem que na porção oriental do Arco de Arenópolis, haveria ocorrido delaminação do manto litosférico, ocasionando na exumação de crosta continental inferior. Desta maneira, Martins & Vidotti (2021) interpretam a crosta continental inferior exumada sendo representada pelo Complexo Anápolis-Itauçu e a modificação na estrutura tectono-termal da litosfera, impossibilitando a geração de magmas alcalinos, como responsável pela ausência de rochas da Província Alcalina de Goiás na região.

Inicialmente, o Arco Magmático de Goiás era interpretado como sendo de idade arqueana-paleoproterozoica retrabalhado (Carneiro *et al.,* 2021). Tal associação se dava em função principalmente da escassez de dados geocronológicos na região, bem como a presença de depósitos cupro-auríferos, uma vez que se associava imediatamente a presença de depósitos dessa natureza ao Arqueano e Paleoproterozoico. Com o avanço de estudos geoquímicos e geocronológicos, foi possível descartar a hipótese anterior, confirmando que a região, de fato, se trata de um arco magmático, fruto da colisão entre os crátons Amazônico, São Francisco e Paranapanema (Marini *et al.,* 1984; Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel *et al.,* 2000; Pimentel, 2016; Fuck *et al.*, 2017).

As rochas que compõem o AMG são predominantemente ortognaisses, de afinidade cálcico a calcialcalinos, que se cristalizaram em dois grandes eventos. O mais antigo representa rochas com idades entre 890 Ma e 800 Ma, associados ao estágio de arco de ilhas; ao passo que o mais novo, de idade entre 670 Ma e 620 Ma, já relacionados ao estágio de arco continental e fechamento de oceano (Laux *et al.,* 2005). Além disso, são descritos granitos milonitizados, de caráter metaluminoso a levemente peraluminosos, com idades U-Pb entre 860 e 610 Ma. Por fim, um conjunto de sequências metavulcanossedimentares, com trend NNW e NNE, dispostas entre as faixas de ortognaisses. No Arco de Mara Rosa, estão presentes as sequências Mara Rosa e Santa Teresinha, ao passo que no Arco de Arenópolis, estão as sequências Bom Jardim de Goiás, Arenópolis-Piranhas, Iporá-Amorinópolis, Adelândia, Jaupaci e Anicuns-Itaberaí. Essas sequências, de maneira geral, são compostas por metabasaltos, metatufos, metagrauvacas, micaxistos, metacherts e ultramáficas, as quais são datadas entre 890 Ma e 630 Ma. Ademais, são descritos magmatismo granítico e máfico-ultramáfico tardio a pós-orogênico em que corpos máfico-ultramáficos, gabro-dioríticos e graníticos se alojaram durante o último evento de deformação do ciclo Brasiliano com idade de 600 Ma.

Segundo Pimentel *et al.* (2004), entre 890-800 Ma, houve a formação de arcos de ilhas, com vulcânicas calcialcalinas e corpos plutônicos tonalíticos a dioríticos. Tais rochas, em cerca de 800 Ma, foram intrudidas pelos complexos máfico-ultramáficos de Niquelândia, Barro Alto e Canabrava, com seu ambiente de formação sendo interpretado segundo um *back-arc* em rifte continental. Em seguida, entre 770 e 760 Ma, foi registrado metamorfismo de alto grau devido à colisão entre a porção norte do AMG e o cráton São Francisco, principalmente nos três complexos citados anteriormente. Já entre 670 e 600 Ma, houve um período de intensa atividade ígnea com o alojamento de corpos máfico-ultramáficos, graníticos, granodioríticos e tonalíticos. De 630 a

600 Ma, foi registrado o pico do metamorfismo Brasiliano na Faixa Brasília, de modo que, a partir de 600 Ma, há um soerguimento regional, com registro de magmatismo pós-orogênico bimodal.

3.3 Segmento Arenópolis

O segmento Arenópolis consiste na porção sul do AMG, indo de oeste desde Bom Jardim de Goiás até as proximidades da região de Anicuns a leste (Figura 3.2), abarcando rochas ortoderivadas de afinidade cálcica a calcialcalina e sequências metavulcanossedimentares associadas.

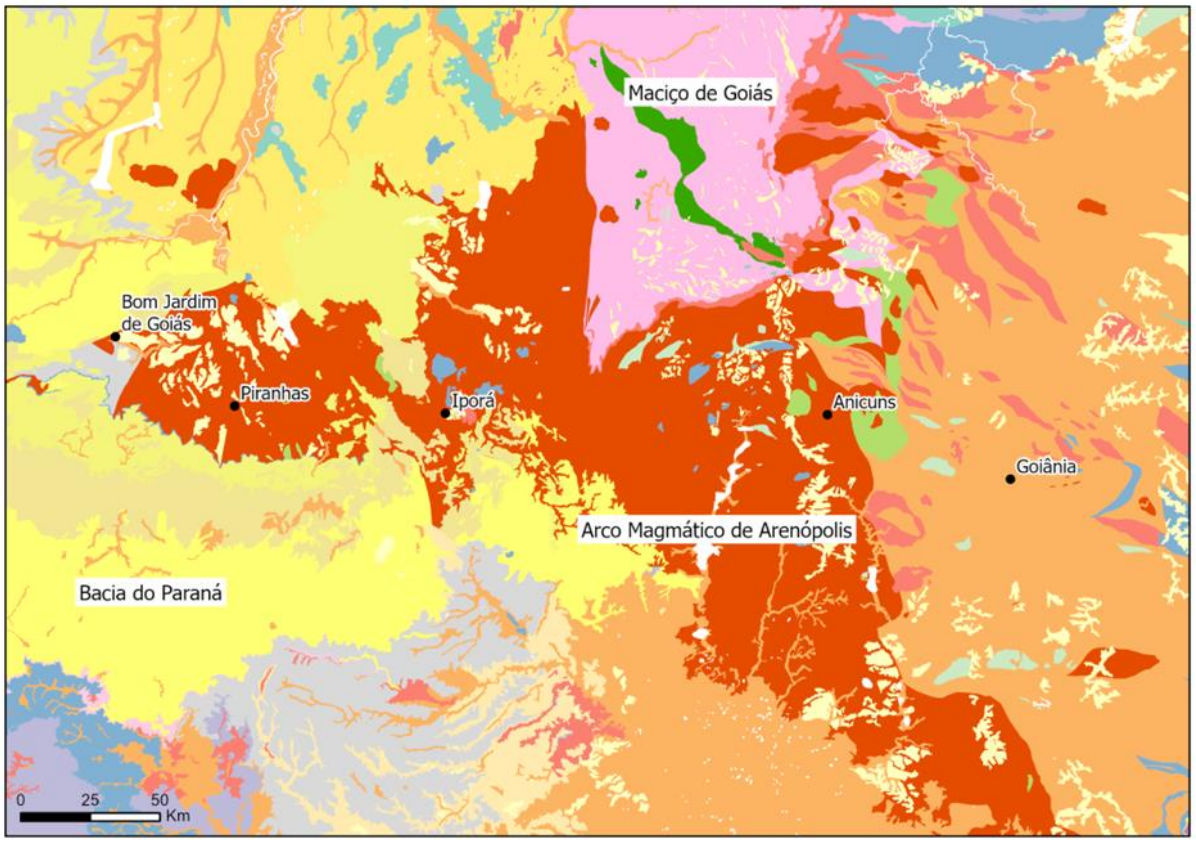


Figura 3.2: Unidades tectônicas com destaque ao Arco Magmático de Arenópolis.

Os gnaisses pertencentes ao Arco Magmático de Arenópolis (AMA), metamorfizados em fácies xisto verde superior a anfibolito, têm idades entre 899 e 630 Ma (Dardenne, 2000; Laux *et al.*, 2005; Fuck *et al.*, 2017). As rochas ortoderivadas incluem os gnaisses Arenópolis, com composição tonalítica a granodiorítica e idade U-Pb de 899 ± 8 Ma; gnaisse Iporá, de idade U-Pb de 804 ± 6 Ma, sendo este um gnaisse bandado podendo ter porfiroclastos de feldspato potássico deformados; o gnaisse Matrinxã com composição tonalítica a granítica e idade U-Pb de 669 ± 3 Ma; gnaisse Sanclerlândia variando entre um gnaisse diorítico a granodiorítico com idade U-Pb de 820 ± 7 Ma; gnaisse Firminópolis representado por Hbl-Bt-gnaisses com composição tonalítica a diorítica e idade U-Pb de 634 ±8 Ma; o gnaisse Turvânia é um Bt-gnaisse bandado com idade

U-Pb de 630 ± 5 Ma; por fim o gnaisse Palminópolis é composicionalmente semelhante aos gnaisses Turvânia e Firminópolis e possui idade U-Pb de 637 ±20 Ma.

Os ortognaisses presentes no segmento Arenópolis apresentam, em geral, caráter metaluminoso, texturas e estruturas primárias preservadas, como enclaves máficos e textura porfirítica (Rodrigues *et al.*, 1999). Segundo os autores, essas rochas também apresentam valores baixos de álcalis e são relativamente enriquecidos em CaO, P_2O_5, MgO e Al_2O_3. Ademais, os autores afirmam que "(...) os baixos valores de Rb/Sr, Zr, Nb, Y, Ce e Ga dos gnaisses de Arenópolis e Sanclerlândia são semelhantes aos de granitóides do tipo M de suítes plutônicas de arcos de ilha imaturos, enquanto que os ortognaisses Matrinxã mostram características geoquímicas intermediárias entre granitóides dos tipos M e I (Pimentel & Fuck 1992b). "

As sequências metavulcanossedimentares incluem as sequências Anicuns-Itaberaí e Mossâmedes na porção leste do AMA e contém basaltos e andesitos como representantes das metavulcânicas e quartzitos, micaxistos, metacherts e metacalcários representando as rochas metassedimentares. Já na porção oeste do AMA afloram as sequências Jaupaci e Iporá-Amorinópolis com metabasaltos e metatufos, sequências Arenópolis-Piranhas e Bom Jardim de Goiás com micaxistos, quartzitos e rochas máfica-ultramáficas.

Durante e após o último evento de deformação do ciclo Brasiliano (600 Ma), corpos máfico-ultramáficos e gabro-dioríticos foram intrudidos, como os complexos de Americano do Brasil e Lajeado. Por fim, afloram rochas provenientes de um magmatismo bimodal pós-orogênico com dois episódios distintos após o último evento Brasiliano: um evento antigo ocorrido entre 590 e 560 Ma e um mais jovem entre 508 e 485 Ma (Pimentel *et al.*, 1999). Ambos os eventos geraram produtos metaluminosos e transicionais entre as séries cálcio-alcalinas de alto K e shoshonítica (*e.g.* Granito Serra do Iran, Caiapó, Serra Negra, Israelândia e Serra do Impertinente) (Pimentel *et al.* 1999, 2004).

3.4 Unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis

Uma vez exposto o contexto regional no qual o Projeto Arenópolis se insere, trata-se agora das unidades litológicas localmente presentes na região do mapeamento. Com base nas unidades cartografadas nas folhas Piranhas e Caiapônia (Carneiro *et al.*, 2021), no Arco Magmático de Arenópolis - segmento oeste, serão apresentadas a seguir descrições breves sobre os litotipos presentes na região.

Seguindo o ordenamento cronológico das unidades, da mais antiga para a mais nova, pode-se organizar as litologias abarcadas pelo Projeto conforme disposto a seguir. Analisando as idades,

é possível dividir a geologia do Projeto em 3 estágios. São estes: embasamento e início da formação do arco de ilhas, envolvendo todas as rochas de idades tonianas a mais antigas; rochas de idades criogenianas a ediacaranas, envolvendo aquelas unidades formadas associadas ao arco continental e fechamento do oceano; finalmente, são sucedidas pelas rochas sedimentares do Paleozoico na Bacia do Paraná. Associadas a estas, também estão presentes diques e soleiras de basanitos principalmente e tefritos (I. L. Oliveira – comunicação oral), pertencentes à Província Alcalina de Goiás, de idade cretácea.

O primeiro estágio de evolução da região é marcado por rochas paleoproterozoicas e tonianas (1.800-800 Ma).

Gnaisse Ribeirão (Rb-Sr 1816 ± 110 Ma): rocha metamórfica bandada com composição Biotita-diorítica a Biotita-tonalítica, com porções granodioríticas, foliação fortemente desenvolvida, associada com múltiplos eventos deformacionais. Esta litologia separa as duas unidades da sequência metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, de idade toniana. Apresenta idades modelo em 2,8 e 3,2 Ga, com ε_{Nd} bastante negativo (Pimentel, 1992 *apud* Lacerda Filho, 2021).

A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas é composta por duas grandes unidades - Córrego do Santo Antônio (U-Pb 874 ± 4Ma) e Córrego da Onça (U-Pb 900 Ma). A primeira é caracterizada por uma ampla variedade de micaxistos, com mármores, granada-diopsídio-gnaisses, ocasionais piroxenitos, anfibolitos máficos e corpos ultramáficos associados. Segundo Rodrigues *et al.* (1999) e Carneiro *et al.* (2021), trata-se de um prisma acrescionário, junto a lascas ofiolíticas, metamorfizado em fácies anfibolito. Já a segunda unidade é composta essencialmente por anfibolitos máficos, preservando estruturas primárias na forma de *pillow-lavas*, metatufos dacíticos a riodacíticos e rochas máficas-ultramáficas metamorfizadas de granulação grossa.

Gabro Morro do Baú (U-Pb 890 ± 8 Ma): intrusivo na sequência metavulcanossedimentar, composta por gabro de granulação grossa e isotrópico, com enclaves de anfibolitos finos (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Segundo Pimentel *et al.* (2003), a assinatura isotópica de Nd apresenta forte contaminação de material siálico, de idade arqueana e idade modelo em 2,8 Ga e ε_{Nd} igual a -9,7. Lacerda Filho *et al.* (2021) comentam que a presença de Ti-biotita é marcante, tendo em vista que, quando parcialmente alteradas para clorita, também apresentam Titanita nas bordas, evidenciando a grande concentração de Ti nessa litologia.

Gnaisse Arenópolis (U-Pb 899 ± 8 Ma): leucotonalito, tonalito, granodiorito e monzonitos com metadioritos. Apresenta variações de hornblenda e biotita e de intensidade deformacional, a qual varia de nula (corpos isotrópicos) a milonitizados com bandamentos. Além disso, apresenta enclaves máficos estirados, juntamente com hidrotermalitos. Lacerda Filho *et al.* (2021) afirmam que é possível observar a presença de enclaves de actinolita-xistos e estão correlacionados aos gnaisses Matrinxã e Sanclerlândia (Pimentel *et al.*, 1991 *apud* Lacerda Filho *et al.*, 2021).

As unidades que marcam o segundo estágio de evolução, com idades criogenianas e ediacaranas (700-540 Ma), do segmento Arenópolis do Arco Magmático de Goiás, com rochas graníticas sin-tectônicas e tardi a pós tectônicos.

O granito Serra do Tatu (Rb-Sr 692 ± 110 Ma), inicialmente discriminado como unidade à parte do Complexo Basal (Pena & Figueiredo, 1972; Pena *et al.*, 1975; Faria *et al.*, 1975; Ianhez *et al.*, 1984 *apud* Lacerda Filho *et al.*, 2021) por Pimentel (1985). Esta unidade é representada por biotita-granitos a granodioritos milonitizados, com enclaves máficos, gerando gnaisses do tipo *Augen*. Pimentel (1985) apresenta a idade Rb-Sr acima mencionada, com razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ de 0,7062.

Granito Ribeirão Água Limpa (U-Pb 638 ± 3 Ma): hornblenda-biotita-metadioritos a tonalitos e biotita-granito milonitizado com xenólitos de metandesito. Apresentam textura porfirítica ocasionalmente, sendo presente fenocristais de feldspato alcalino e apresentam zircão, apatita, titanita e allanita como minerais acessórios. Fortemente alterados e deformados por zonas de cisalhamento com diques de diabásio associados (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

Rochas vulcânicas Córrego do Horácio: tufos ácidos, finos e isotrópicos, com cristais de feldspato na matriz. Foram inicialmente descritas por Pimentel (1985), sendo interpretadas como topo da sequência metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, porém, discriminadas como unidade à parte posteriormente, apesar da carência de dados geocronológicos (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

Granito Rio Caiapó (Rb-Sr 587 ± 17 Ma): representado por duas fácies principais, de modo que a primeira é composta por Biotita-monzogranitos a sienogranitos porfiríticos e isotrópicos, com hornblenda-biotita-granodioritos a quartzo-monzodioritos porfiríticos. A segunda fácies subordinada é caracterizada por monzonitos e sienitos, cortados por diques máficos. Intrude o gnaisse Arenópolis, a oeste, de modo que o plúton posteriormente foi intrudido pelo Complexo Alcalino Arenópolis (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Apresenta razão isotópica inicial de $87Sr/^{86}Sr$ igual a 0,7058 (Pimentel & Fuck, 1992).

Granito Serra do Iran (Rb-Sr 588 ± 19 Ma): Biotita-granodioritos e álcali-feldspato granitos, com porções de quartzo-diorito e biotita-tonalitos; isotrópicos e comumente com textura porfirítica; localmente apresenta xenólitos ultramáficos associados. Apresenta textura *rapakivi*, sendo classificado como granito anorogênico por Sá & Marques (1986 *apud* Lacerda Filho *et al.*, 2021). A intrusão deste plúton gerou metamorfismo de contato, aliado a metassomatismo por alteração magmático-hidrotermal do tipo *skarn* em rochas encaixantes carbonáticas da unidade Córrego do Santo Antônio (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Apresentam também razão inicial de $^{87}Sr/^{86}Sr$ igual a 0,7044 (Rodrigues *et al.*, 1999).

Suíte Serra Negra, representada pelo granito Serra Negra (U-Pb 538 ± 17 Ma): Biotita-monzogranito a biotita-tonalitos com deformação rúptil, com biotita-granito equigranular isotrópico e xenólitos máficos. É constituído essencialmente por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita subordinada, com assembleia mineral, fruto de alteração hidrotermal, composta por clorita, sericita, epidoto e carbonatos (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Além disso, são recortados ocasionalmente por diques de diabásio, com razão isotópica inicial de $^{87}Sr/^{86}Sr$ igual a 0,7057 (Rodrigues *et al.*, 1999).

As rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná estão presentes de modo restrito no extremo sul da área de estudo do Projeto. Atualmente, 3 unidades são reconhecidas na região. São elas: Formação Vila Maria (Rb-Sr 436 ± 8 Ma, idade estimada em rocha total em siltitos por Mizusaki *et al.*, 2002), do grupo Rio Ivaí, caracterizada por folhelhos e siltitos fossilíferos com arenitos e siltitos ferruginosos, também fossilíferos; Formação Furnas (Grupo Paraná), caracterizada por arenitos arcoseanos médios a grossos com caulinita, mostrando estratificações cruzadas e acanaladas, juntamente à níveis conglomeráticos; por fim, a Formação Ponta Grossa (Grupo Paraná) é caracterizada por intercalações de folhelhos e arenitos finos com micas, feldspatos e estratificações finas.

A formação Vila Maria (Ordoviciano-Siluriano), pertencente à Supersequência Rio Ivaí, foi inicialmente descrita por Faria (1982 *apud* Milani *et al.*, 2007) como a totalidade de sedimentos cratônicos sotopostos à Formação Furnas, sendo representado por diamictitos basais e intercalações pelíticas no topo (Alvarenga *et al.*, 1998). Posteriormente, Assine *et al.* (1994 *apud* Milani *et al.*, 2007), redefiniu a Formação Vila Maria como apenas a porção pelítica, que grada para arenitos, de topo, relegando os diamictitos à Formação Iapó. Segundo Milani *et al.* (2007), os folhelhos são avermelhados, micáceos e com aspecto ferruginoso, sendo bastante fossilíferos. De acordo com os autores, os siltitos e arenitos ocasionalmente exibem estratificação cruzada, do

tipo *hummocky*, com eventuais gretas de contração no topo. Interpreta-se a sucessão como parte de um evento marinho regressivo (Assine *et al.* 1994 *apud* Lacerda Filho *et al.,* 2021).

A Formação Furnas e Formação Ponta Grossa (Devoniano), pertencentes à Supersequência Paraná, são constituídos por um pacote arenoso inferior e outro pelítico superior, respectivamente (Milani *et al.,* 2007).

A Formação Furnas é caracterizada por arenitos quartzosos brancos, com lentes de conglomerado próximos à base e apresentam granodecrescência ascendente para o topo, com arenitos muito finos e siltitos, junto a folhelhos com muscovita (Milani *et al.,* 2007; Lacerda Filho *et al.,* 2021). São descritas estratificações cruzadas do tipo espinha de peixe na porção intermediária, juntamente com estratificações cruzadas do tipo *hummocky* nos arenitos finos do topo (Milani *et al.,* 2007). Por fim, interpreta-se seu ambiente deposicional como flúvio-deltaico, marcado por rios entrelaçados em deltas dominados por marés, em função do aumento de sedimentos marinhos, com estratificações *flaser,* cruzadas e plano-paralelas próximas ao topo da Formação (Lacerda Filho *et al.,* 2021).

A Formação Ponta Grossa apresenta contato concordante e gradacional com a Formação Furnas subjacente, evidenciadas por um conjunto de fácies granodecrescentes, denominadas por "camadas de transição" (Petri, 1948 *apud* Milani *et al.,* 2007; Lacerda Filho *et al.* 2021). É sobreposta pela Formação Aquidauana no topo por contato erosivo (Lacerda Filho *et al.* 2021). A Formação Ponta Grossa é caracterizada por folhelhos e siltitos, com lentes de arenitos finos com estratificações retrabalhadas por ondas (Milani *et al.,* 2007). Interpreta-se então que se trata de um afogamento do ambiente da porção superior da Formação Furnas, marcando um evento transgressivo, implementando ambiente marinho raso (Milani *et al.,* 2007; Lacerda Filho *et al.* 2021). Além disso, são descritos arenitos finos, com feldspatos e micas (Membro Tibagi), representando a porção intermediária da Formação Ponta Grossa. Entende-se, então, se tratar de uma breve progradação deltaica, refletindo um contexto regressivo na bacia, seguido de nova transgressão marinha, gerando sedimentação pelítica novamente (Milani *et al.,* 2007; Lacerda Filho *et al.* 2021).

Ademais, é essencial comentar a presença de diques e soleiras de rochas alcalinas na região, bem como do Complexo Alcalino Arenópolis, possivelmente associadas ao Lineamento Azimute 125 (Lacerda Filho *et al.* 2021). Em contraposição, propõe-se também que tais rochas alcalinas teriam sua petrogênese relacionadas à fusão de manto metassomatizado, contemporaneamente com o magmatismo toleítico da Formação Serra Geral (Ferreira *et al.*, 2022). Estas são expressão local da Província Alcalina de Goiás, sendo representada

principalmente por basanitos porfiríticos, com fenocristais de olivina, Cr-diopsídio, Ti-augita e flogopita (Junqueira-Brod, *et al.,* 2002). Tais rochas alcalinas ultramáficas apresentam grande contraste de densidade em relação às rochas sedimentares da bacia, e de modo menos significativo com o embasamento gnáissico (Figura 3.3). Dessa maneira, tendem a aflorar na forma de blocos por diques e *sills* no contato entre a base da bacia e o embasamento (Junqueira-Brod *et al.*, 2002). Além disso, é importante ressaltar que diversas ocorrências dessas litologias foram equivocadamente descritas como piroxenitos e metaperidotitos, em função da presença marcante de fenocristais de olivina e clinopiroxênio, por Carneiro *et al.* (2021).

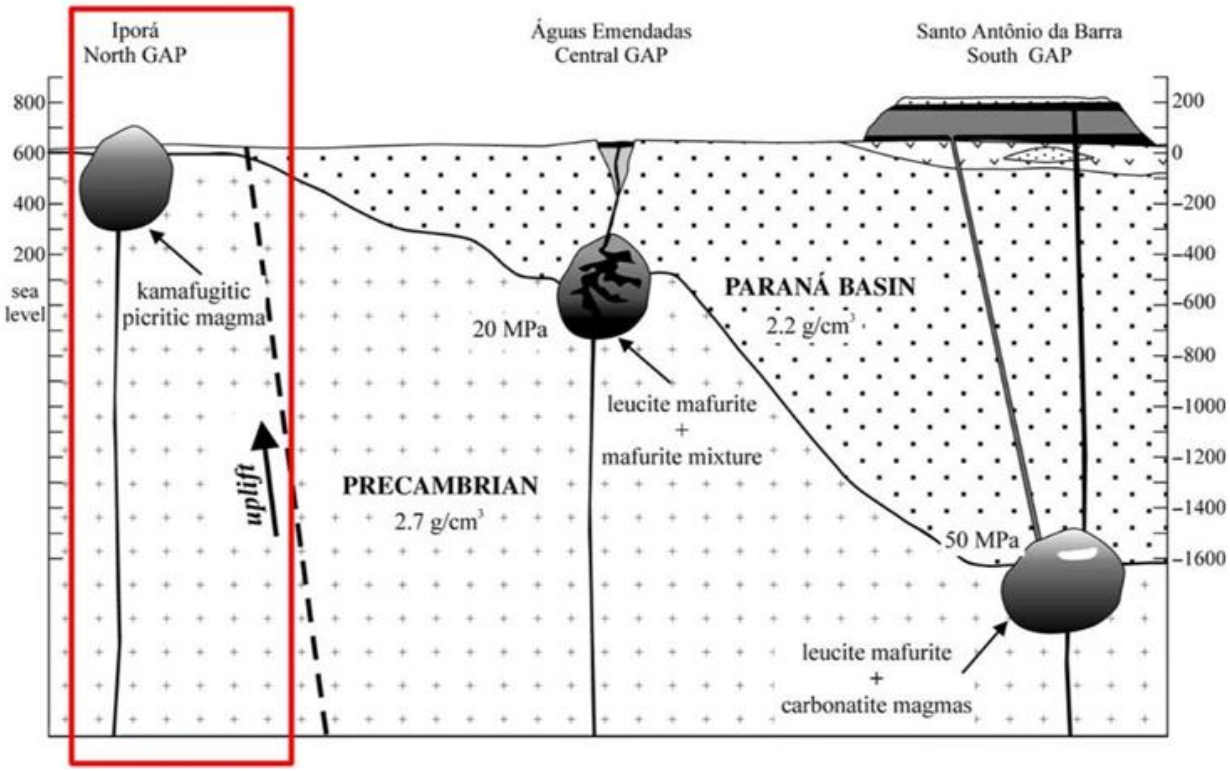


Figura 3.3: Modelagem numérica para emplacement de magmas alcalinos em relação ao embasamento e a Bacia do Paraná, de modo que a região de estudo do Projeto Arenópolis se insere no primeiro cenário, destacado em vermelho à esquerda (Extraído de Junqueira-Brod et al., 2002)

Abaixo, na figura 3.4, é possível observar a coluna estratigráfica adaptada, contendo as unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis. Aqui, o código das unidades e suas respectivas cores seguem o apresentado pela cartas geológico-geofísicas de Piranhas e Caiapônia, confeccionadas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM).

Ademais, vale ressaltar que a unidade vulcânica Córrego do Horácio não apresenta idade radiométrica, não sendo possível determinar sua posição estratigráfica correta. Tendo isso em vista, a posição desta unidade na coluna segue apenas o apresentado pelo Serviço Geológico, não sendo possível determinar sua localização relativa às demais unidades.

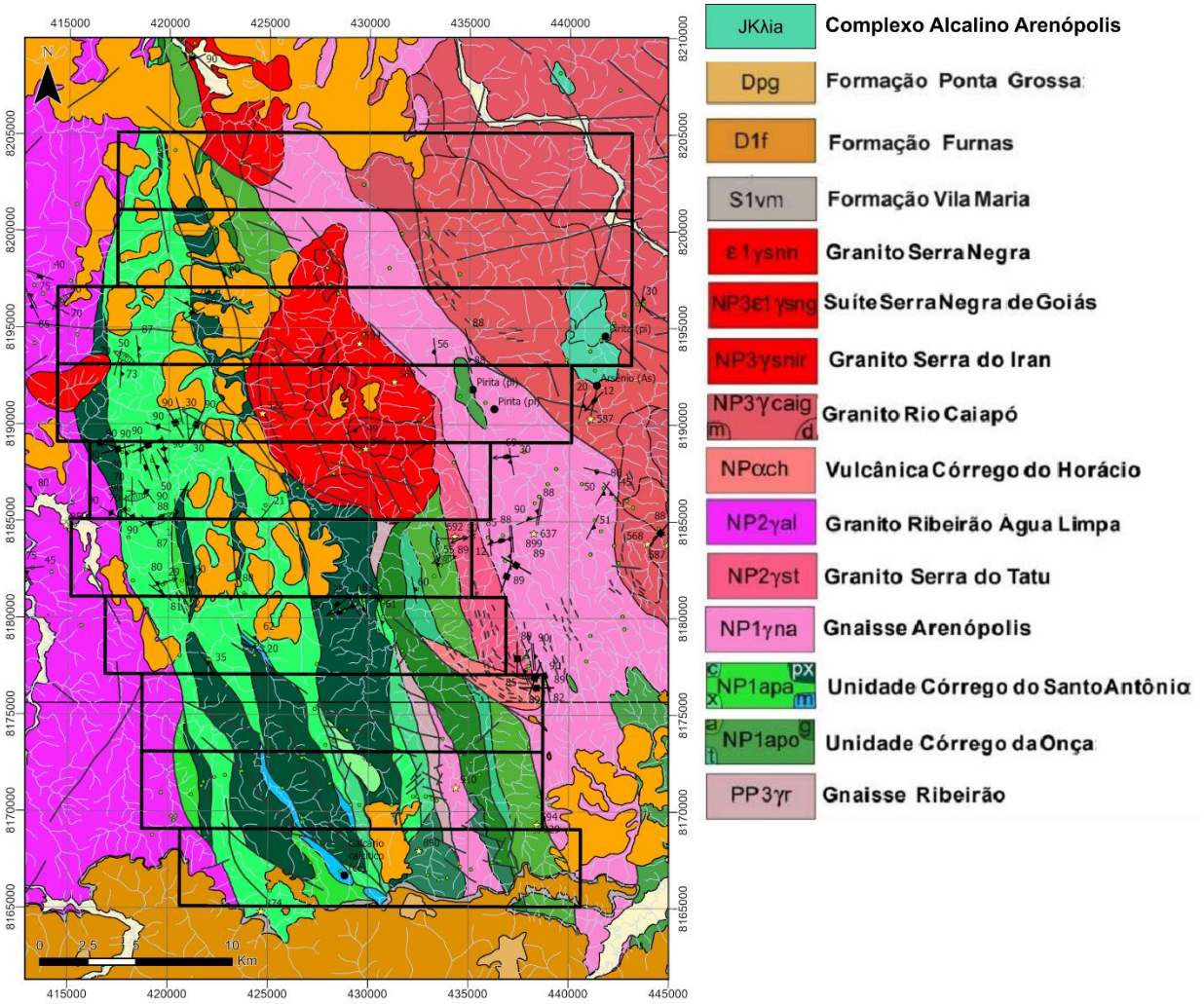


Figura 3.4: Coluna estratigráfica adaptada com unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis.

4 Geofísica e sensoriamento remoto

No presente relatório, serão apresentados produtos de geofísica e sensoriamento remoto utilizados como insumos para extração de informações a respeito da geologia da área do projeto Arenópolis.

4.1 Geofísica

Em relação à Geofísica, lançou-se mão de dados aerolevantados de magnetometria e gamaespectrometria, originados a partir do projeto 3009. Tal levantamento cobriu grande extensão do Arco Magmático de Goiás, sendo realizado pela Lasa Engenharia e Prospecções S/A. Conforme a identificação, a série 3000 de dados aerogeofísicos estão sob tutela do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) como parte dos levantamentos realizados por empresas privadas, de modo que posteriormente à aquisição, os dados foram entregues ao Serviço Geológico para se tornarem domínio público.

O aerolevantamento realizado pela Lasa Engenharia e Prospecções S/A computou ao todo 135.756,53 km de extensão em linha reta, recobrindo 58.835 km^2 voada, com espaçamento de linhas de voo em 500 metros e linhas de controle espaçadas em 5.000 metros. A direção das linhas de voo e controle foram segundo N-S e E-W, respectivamente. A altura média de voo, mensurada pelo altímetro das aeronaves, Piper Navajo-PA31 e Cessna Titan 404, foi de 100 metros. Ademais, vale comentar que o período de aquisição de dados para o Arco de Arenópolis - Sequência Juscelândia foi realizado entre os dias 19/06/2004 e 24/11/2004.

Para aquisição dos dados de magnetometria, foram utilizados dois magnetômetros, um magnetômetro para cada aeronave usada. No Cessna Titan 404, usou-se um Scintrex CS-2 (vapor de Césio), ao passo que na Piper Navajo-PA31, usou-se o magnetômetro Geometrics G-822 (vapor de Césio). O tempo de aquisição entre duas leituras consecutivas foi de 0,1 segundos e os equipamentos tiveram os dados adquiridos corrigidos para a variação diária do campo magnético terrestre com base em magnetômetros terrestres fixados nas cidades de Goiânia (GO) e Barra do Garças (MT).

Já para a aquisição de dados gamaespectrométricos, foi utilizado um gamaespectrômetro Exploranium GR-820 em ambas as aeronaves, com tempo de aquisição entre leituras consecutivas foi de 1,0 segundos. Além disso, foram utilizados conjuntos de cristais de NaI, de maneira que 3 cristais (total de 2.560 pol^3) estavam voltados para nadir (*downward looking*) e 2 cristais (total de 512 pol^3) estavam voltados segundo o azimute (*upward looking*), ou seja, o topo da aeronave. A

orientação dos cristais detectores *upward looking* reside no fato de haver grande interferência de radiação dita cósmica – toda aquela com energia acima de 3,0 MeV e de radiação advinda de ^{222}Rn, contribuindo para diminuição da razão sinal/ruído, caso não seja corrigida no processamento.

O processamento dos dados foi realizado através do *software* Oasis Montaj (versão 9.10) em duas etapas. Primeiramente, os dados de aeromagnetometria foram processados por meio do método de interpolação Bidirecional Linear (BIGRID), visando gerar menos erros de interpolação e, consequentemente, na interpretação. A escolha por tal método se deu principalmente em função da natureza dipolar do campo magnético e forma de aquisição no levantamento (Seequent, 2023).

Em seguida, para o processamento de dados aerogamaespectrométricos, o interpolador escolhido foi Curvatura Mínima. Este método é comumente o mais adequado para o processamento de dados dessa natureza, uma vez que gera uma superfície plana e elástica que minimiza variações entre dados vizinhos, tendo em vista o grande intervalo entre medições consecutivas. Com isso, a interpolação se torna mais fidedigna ao observado na geologia aflorante local (Seequent, 2023).

Assim, a etapa de processamento foi realizada com *pixel* de 125 metros e recortando a totalidade do banco de dados para uma área de maior interesse do Projeto Arenópolis. Essa área se estende cerca de 10 km em quatro direções para além dos limites das áreas mapeadas, servindo como uma espécie de *buffer*. Abaixo (Figura 4.1), apresenta-se o fluxograma de trabalho adotado e respectivos produtos gerados na etapa de processamento.

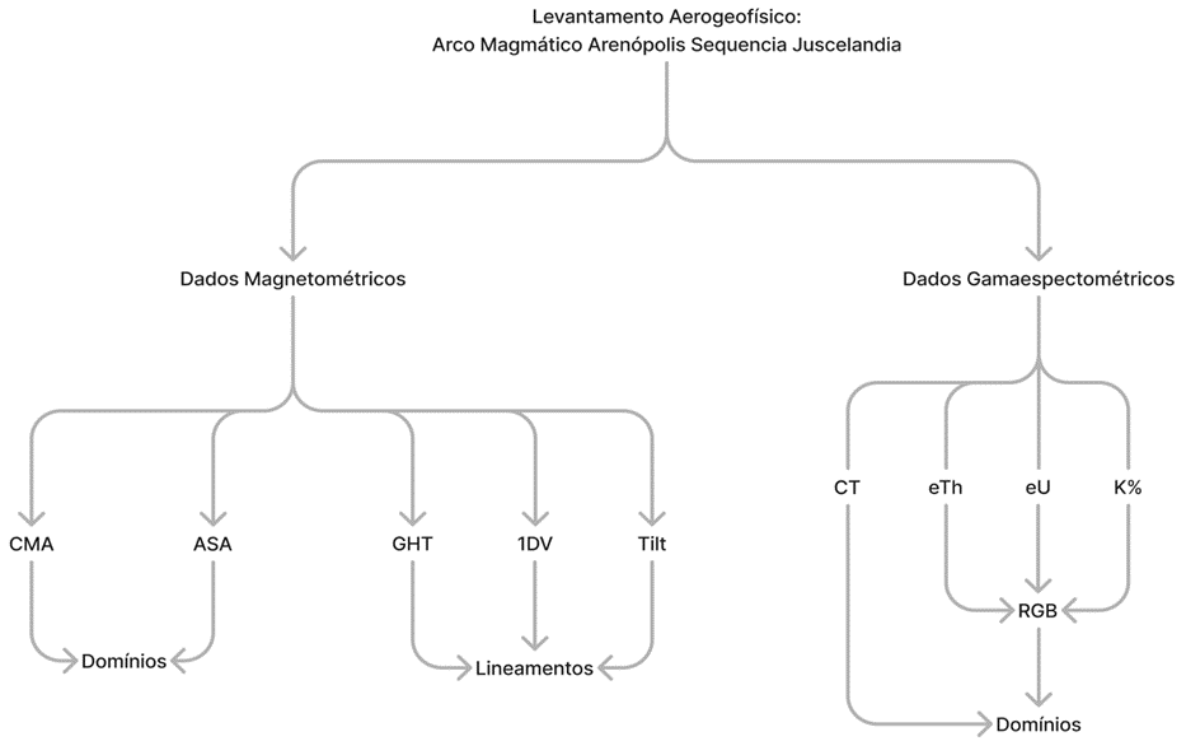


Figura 4.1: Fluxograma de processamento de dados aerogeofísicos, realizados no Projeto Arenópolis.

4.1.1. Magnetometria

O método magnetométrico tem seu referencial teórico baseado nas leis de Gauss e Maxwell, de modo que se busca aproveitar uma propriedade física das rochas, a susceptibilidade magnética, para investigar o meio. A susceptibilidade magnética é uma propriedade física que controla a magnitude de magnetização que uma rocha pode adquirir. A magnetização é dada pelo produto M = K*H, onde M representa a magnetização da rocha, K a permeabilidade magnética do meio e H representa a referida susceptibilidade magnética.

Este método se mostra especialmente eficaz na identificação de corpos de rochas alcalinas, em função do alto teor de magnetita comumente presente em suas paragêneses, tal qual na discriminação de estruturas rúpteis e dúcteis, como falhas e zonas de cisalhamento. A observação de estruturas geológicas através do método magnetométrico está relacionado ao fato da deformação ser capaz de concentrar minerais de resposta magnética, como magnetita, maghemita e pirrotita, através de recristalização dinâmica em ambientes com maior fugacidade de oxigênio (fO_2) e precipitação de ferro a partir de fluidos que percolam o espaço gerado pela deformação (Dentith & Mudge, 2014).

Para a interpretação e discriminação de domínios magnéticos, foram utilizados principalmente dois produtos de processamento: Campo Magnético Anômalo (CMA) e Gradiente Total, também conhecido como Amplitude do Sinal Analítico (GT/ASA). Por outro lado, para a definição de lineamentos, foram usados produtos como Gradiente Horizontal Total (GHT), Primeira Derivada Vertical (1Dz ou 1Dv) e Derivada TILT.

Na figura 4.2 pode-se observar os mapas de domínios magnetométricos da área VIII. Na figura 4.2A, o mapa diz respeito aos domínios discriminados com base no Campo Magnético Anômalo (CMA).

Aqui, foi possível separar um total de 3 domínios distintos, com base na intensidade da magnetização aferida, bem como presença de dipolos. O domínio 1 abarca a maior parte da área VIII (oeste e leste), sendo caracterizado por relevo magnético rugoso, com valores elevados de magnetização. A presença de dipolos é pouco evidente. O domínio 2, localizado em duas faixas principais no centro-oeste e centro-leste da área, assim como nos extremos oeste e leste da mesma. É caracterizado por valores baixos a intermediários, representados pela tonalidade esverdeada, relevo magnético liso e sem presença evidente de dipolos magnéticos. Por fim, o domínio 3, ocorre como faixa na região central da área VIII, com altos valores de magnetização, semelhantes ao observado no domínio 1. Todavia, a presença de dipolos magnéticos aqui é bastante notável, justificando a diferenciação deste domínio em relação aos demais.

Tratando do mapa de domínio magnetométricos com aplicação do filtro ASA/GT (Amplitude do Sinal Analítico/Gradiente Total), foi possível distinguir ao todo 3 domínios. Conforme observado na figura 4.1.2B, a distribuição e extensão espacial de cada domínio se assemelha ao notado no mapa em A.

O domínio 1 na figura 4.1.2B é caracterizado por valores intermediários a altos predominantemente, com relevo magnético rugoso, indicando corpos de resposta magnética elevada em certas porções do domínio. Já o domínio 2 é caracterizado por valores baixos a intermediários, evidenciados por relevo magnético liso, com raros corpos de mais elevada resposta magnética. Finalmente, o domínio 3 é caracterizado por valores bastante elevados de magnetização, gerando relevo magnético pouco rugoso. De modo análogo ao observado na mesma região no mapa 4.1.2A, pode-se relacionar os grandes dipolos presentes no domínio 3, com o relevo magnético gerado pelo mesmo domínio em 4.1.2B.

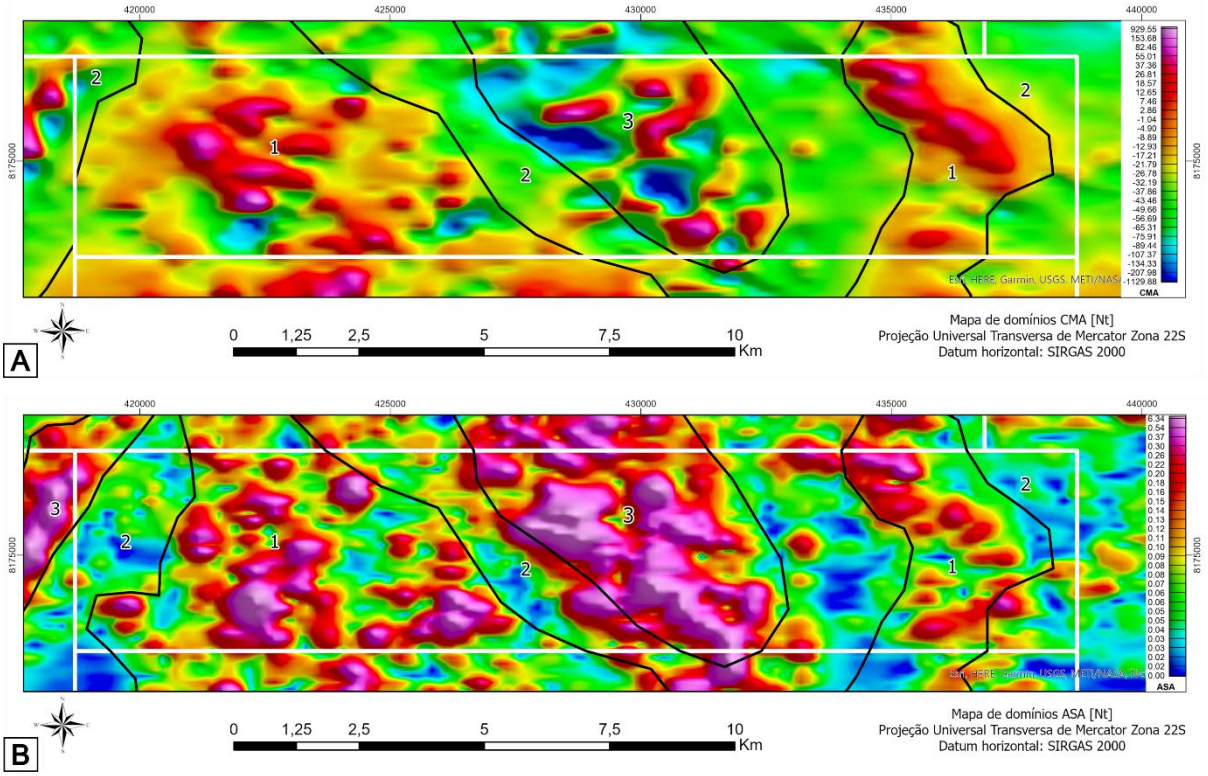


Figura 4.2: Mapas de domínios magnetométricos da área VIII do Projeto Arenópolis. Em A, mapa de domínios traçados com base no CMA; em B, mapa de domínios gerados a partir de filtro ASA/GT do CMA.

Além da definição de domínios magnéticos da área VIII, foram gerados também mapas regionais de lineamentos magnéticos abarcando toda a extensão do Projeto Arenópolis. Os lineamentos traçados manualmente foram realizados a partir de imagens Gradiente Horizontal Total (GHT) e Primeira Derivada Vertical (1Dz ou 1Dv). Vale ressaltar que lineamentos magnéticos também foram traçados para imagem de Derivada TILT, contudo, o produto final se assemelha bastante ao produto gerado a partir da imagem de 1Dz, por isso não foi incluído no corpo do texto deste relatório.

A derivada Gradiente Horizontal Total consiste em uma operação matemática, a qual é definida como sendo a soma vetorial dos gradientes horizontais nos eixos X e Y (Dentith & Mudge, 2014). É definida matematicamente pela equação 1:

$$\frac{\partial P}{\partial r}(x_n, y_{n\square}) = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

Dentith e Mudge (2014) definem o gradiente horizontal total como gradiente máximo na vizinhança do ponto mensurado, sendo, portanto, ortogonal aos contornos do parâmetro medido - neste caso, a magnetização no meio geológico.

Na figura 4.3 abaixo, pode-se observar uma série de desenhos esquemáticos para ilustrar os realces que cada filtro aplicado nos dados busca mostrar com mais clareza.

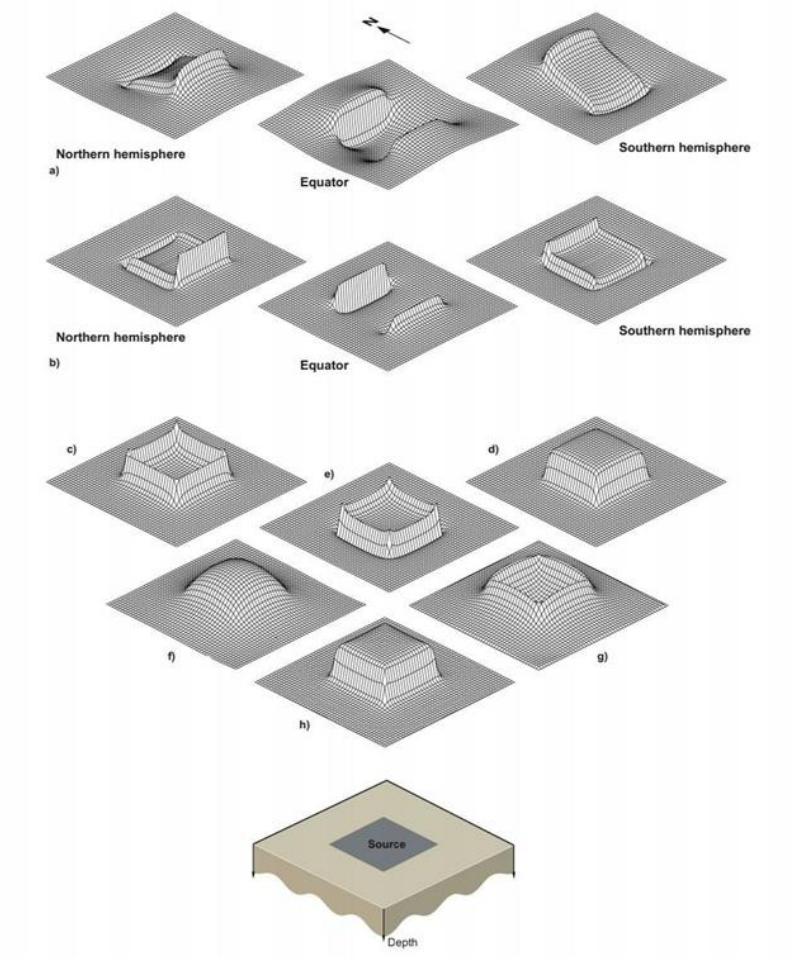


Figura 4.3: Ilustrações esquemáticas mostrando realce de cada filtro. Destaque para desenho 'd) ' e 'e)' exemplificando filtros 1Dv e GHT, respectivamente.

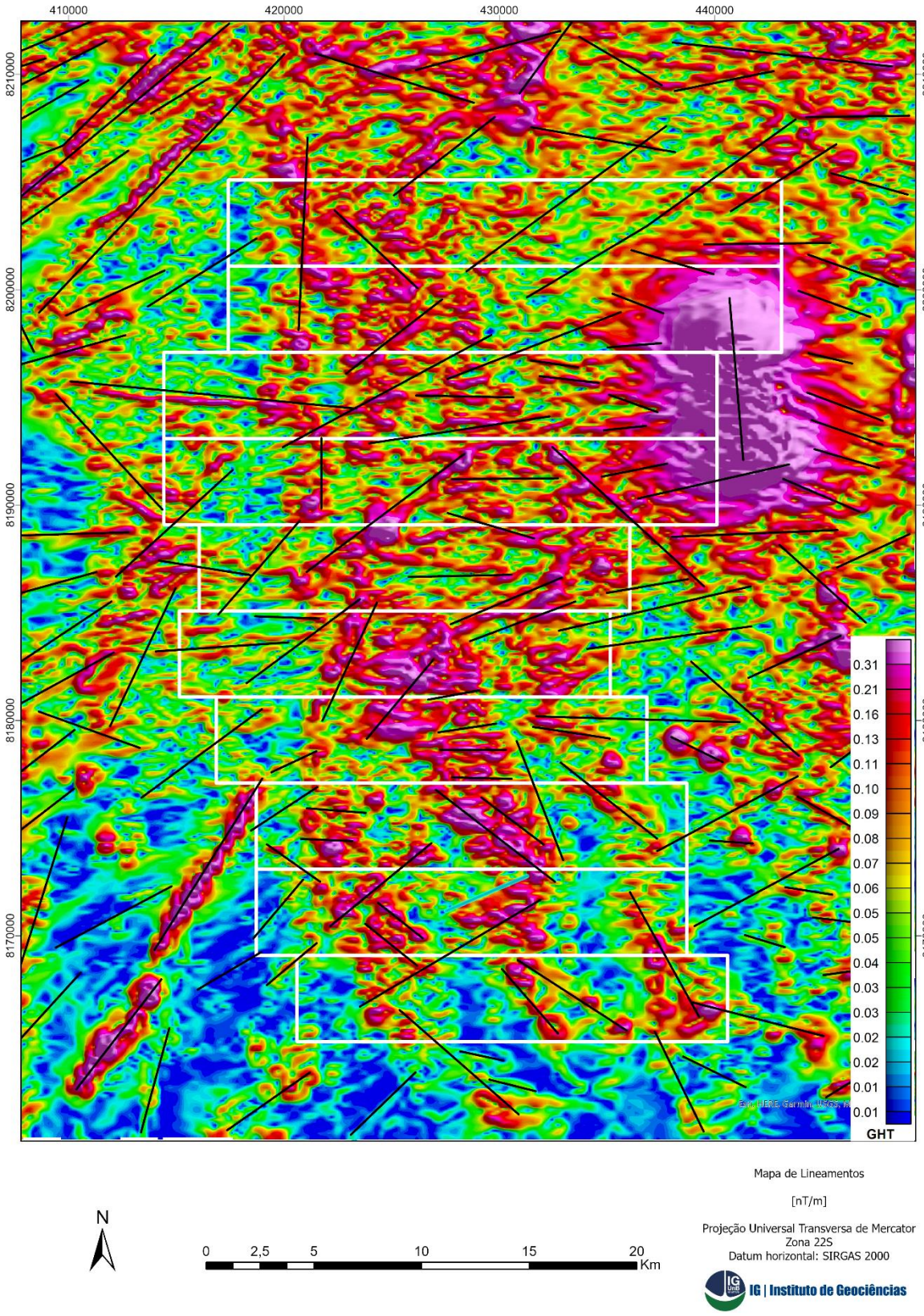


Figura 4.4: Mapa regional de lineamentos magnéticos traçados a partir de imagem GHT.

O mapa acima (figura 4.4) mostra uma sequência de grandes lineamentos magnéticos, orientados preferencialmente NE-SW, e lineamentos de menor comprimento com forte orientação E-W subordinados. Ademais, é possível observar uma família de lineamentos magnéticos grandes, com orientação NW-SE, a qual é cortada pelas famílias das outras orientações. Essa terceira família, pelas relações de corte, se comporta como par conjugado da primeira família, com orientação NE-SW, de forma que é possível observar que, ora um lineamento corta outro de orientação distinta. Além disso, os lineamentos E-W subordinados perpassam todas as áreas, cortando ambas as famílias de lineamentos.

Tratando da primeira derivada vertical, é possível afirmar que esta tem sua aplicação principal na observação da continuidade vertical de corpos e estruturas. Segundo Dentith & Mudge (2014), o gradiente vertical pode ser compreendido como a diferença entre respostas magnéticas com continuação ascendente e descendente em localizações correspondentes, normalizadas pela diferença de profundidade entre as duas respostas de continuação.

Os autores afirmam também que gradientes, seja vertical ou horizontal são sensíveis às bordas de corpos e rapidamente diminuem a razão sinal/ruído, por isso tem aplicação no delineamento de corpos. A análise em conjunto das bordas horizontais com a extensão máxima em profundidade se configura como uma ferramenta potente na interpretação de corpos e estruturas geológicas ao longo do projeto de mapeamento geológico.

Aqui, é importante exemplificar novamente como o realce do filtro aplicado (neste caso, Primeira Derivada Vertical) atua sob as anomalias presentes na região de estudo. Por isso, o desenho “d) ” da figura 4.3 serve como ilustração de interesse, de modo que o prisma desenhado, representa o realce à extensão vertical da anomalia, em detrimento de suas bordas horizontais. O oposto ocorre com o filtro de Gradiente Horizontal Total, realçando as bordas horizontais do corpo ou estrutura em detrimento de sua extensão em profundidade.

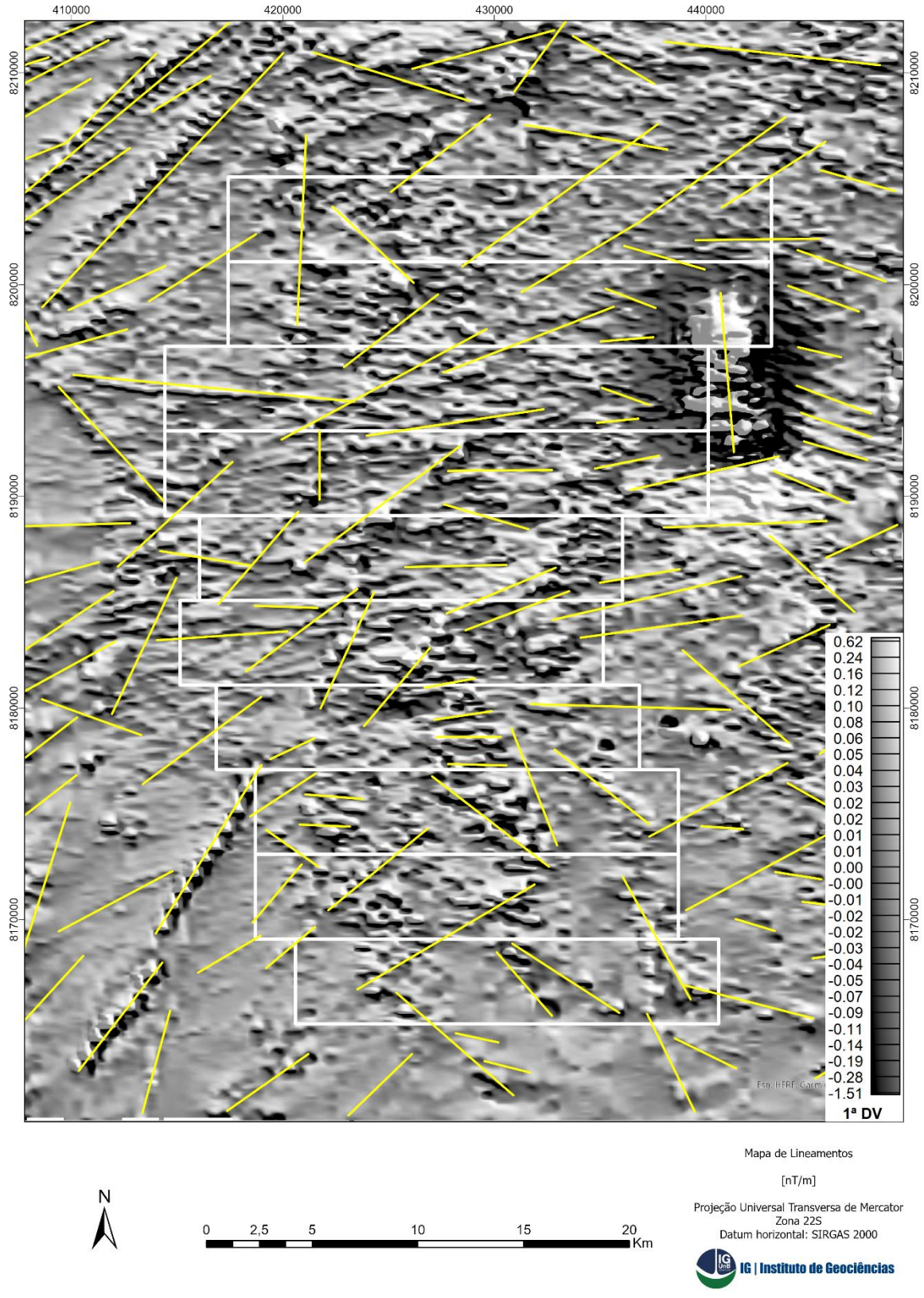


Figura 4.5: Mapa regional de lineamento magnéticos traçados a partir de imagem 1Dv.

No mapa acima (figura 4.5), é possível observar um padrão similar ao observado no mapa anterior (figura 4.4). Há predominância de grandes lineamentos orientados segundo NE-SW, com

lineamentos E-W subordinados, presentes ao longo de todas as áreas do Projeto Arenópolis. Aqui, porém, é interessante ressaltar que a família de grandes lineamentos NW-SE não está presente na mesma frequência como verificado anteriormente.

Tendo essa vista essa diferença entre os produtos e a natureza do realce de cada um: GHT é capaz de realçar bordas de corpos, principalmente aqueles de alta frequência, ao passo que 1Dv é propício para realçar principalmente o centro de corpos de mais baixa frequência em profundidade. Pode-se inferir, a partir da interpretação conjunta, que os corpos geradores dos lineamentos NW-SE no mapa GHT estão localizados em baixas profundidades, podendo representar falhas ou diques de rochas alcalinas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás (PAGO).

4.1.2. Gamaespectrometria

O método gamaespectrométrico baseia-se na detecção de fontes de radiação gama na superfície terrestre a partir de isótopos radioativos no meio físico. As fontes principais de radiação gama detectadas provém de elementos presentes na composição química da maioria das rochas. São eles: Potássio (^{40}K) e os elementos equivalentes do Urânio (^{238}U) e do Tório (^{232}Th) (Telford *et al*., 1990). As estimativas de teores de Urânio e Tório foram expressas em termos de Urânio equivalente (eU) e Tório equivalente (eTh), pois os isótopos ^{238}U e ^{232}Th não emitem radiação gama em níveis de fácil registro dos fotopicos no espectrômetro. Sendo assim, são usados os fotopicos decorrentes de outros elementos que compõem as suas cadeias de decaimento: Bismuto (^{214}Bi) para o Urânio e Tálio (^{208}Tl) para o Tório (Dentith & Mudge, 2014).

Os dados obtidos pelo levantamento aerogamaespectrométrico tiveram como produtos mapas de contagem total e das concentrações de K (%), U (ppm) e Th (ppm). Além disso, as concentrações dos três elementos citados anteriormente foram combinadas em uma composição ternária. Tal mapa associa uma determinada cor a um radioelemento específico, considerando o padrão de cor escolhido (RGB ou CMY), de modo a verificar possíveis relações entre as concentrações de radioelementos na superfície e sua relação com a geologia local. O padrão RGB utilizado associa a cor vermelha ao Potássio, verde ao Tório e azul ao Urânio. O padrão RGB é um padrão aditivo, o que significa que a cor branca representa altas contagens dos três elementos, enquanto a cor preta é associada às baixas contagens (Ribeiro *et al.*, 2014).

As aplicações da gamaespectrometria incluem estudo de assinatura radiométrica de intrusões ígneas aflorantes (Ribeiro *et al.*, 2013), prospecção mineral (Carrino *et al.*, 2007),

determinação dos limites geológicos de grandes estruturas (Ribeiro e Mantovani, 2012), caracterização de áreas com alteração hidrotermal (Biondi *et al*., 2001), entre outras.

Ao observar a composição ternária RGB das áreas que compõem o Projeto Arenópolis, foi possível definir um total de 15 domínios, conforme pode ser observado na figura abaixo. A discriminação entre domínios ocorreu com base em cor predominante na área observada e sua textura.

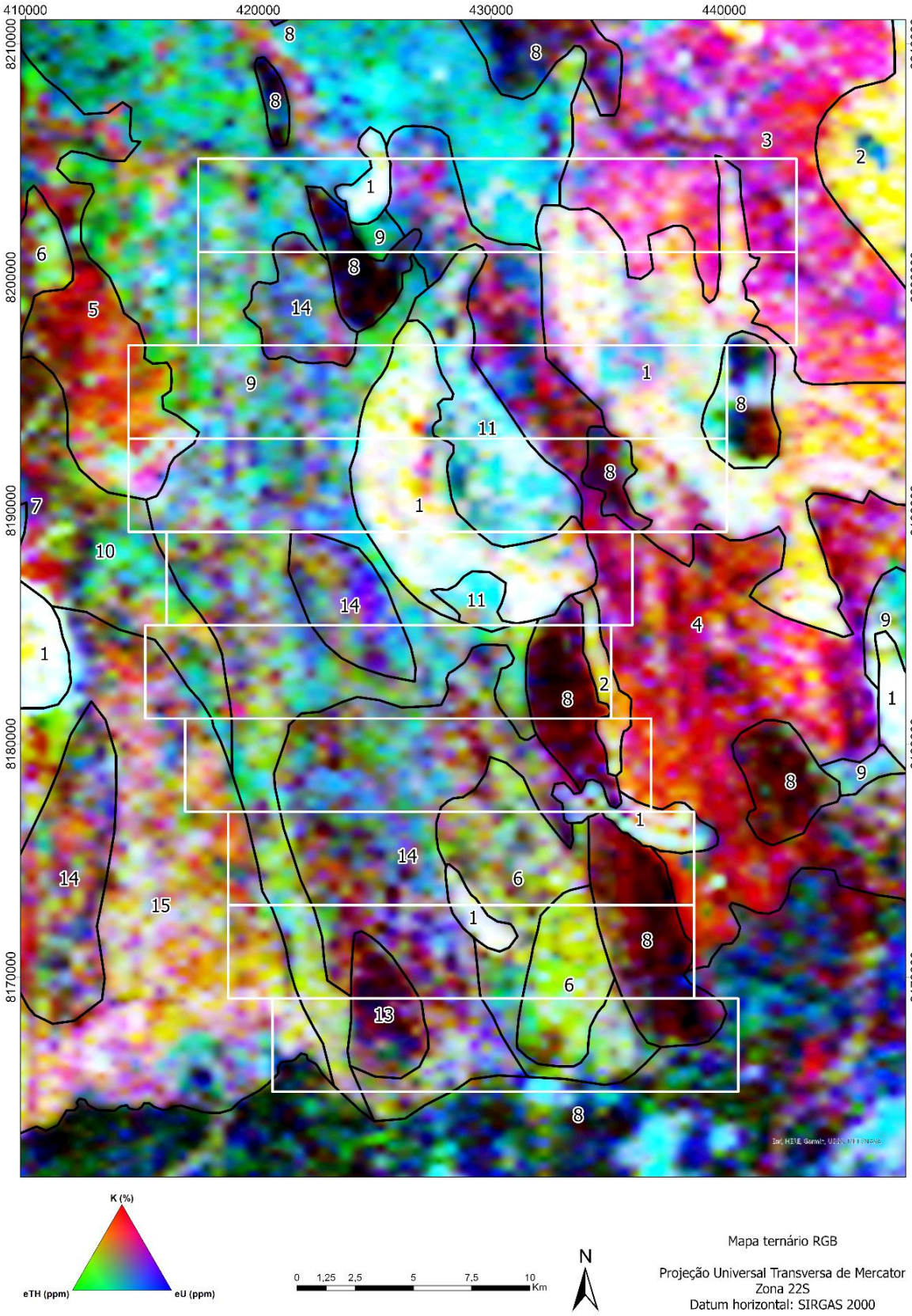


Figura 4.6: Mapa ternário de gamaespectrometria abarcando as áreas que compõem o Projeto Arenópolis.

Ao observar o mapa acima (Figura 4.6) com enfoque na área VIII, foram reconhecidos um total de 7 domínios distintos. São eles: 1, 4, 6, 8, 9, 14 e 15.

O domínio 1 é caracterizado por coloração branca e homogênea, com porções amarelas, correspondendo a altas respostas nos 3 canais; apresenta também ocorrência restrita no centro-sul da área VIII. O domínio 4 está localizado no extremo leste da área e é caracterizado por uma textura rugosa com coloração vermelha forte. Já o domínio 6 situa-se a oeste do último domínio, apresentando coloração esverdeada difusa e textura rugosa, semelhante ao domínio 4. O domínio 8, localizado entre os domínios 4 e 6, é caracterizado por coloração preta predominante, com porções avermelhadas restritas. Já o domínio 9 é contínuo ao longo de todas as áreas do Projeto, mas ocorre de modo restrito no oeste da área VIII; apresenta coloração verde-azulada difusa, sendo mais rugosa nas áreas ao norte. Em seguida, o domínio 14 ocupa a maior porção da área VIII, situando-se no centro da mesma; apresenta coloração azul-avermelhada com textura rugosa. Por fim, o domínio 15 está localizado no extremo oeste da área VIII, apresentando coloração branco-avermelhada difusa, tendo maior expressão fora das áreas do Projeto.

Outro produto gerado a partir da gamaespectrometria é o mapa de domínios utilizando a contagem total. A contagem total registra toda a radiação gama na faixa de 0,1 MeV até 3,0 MeV - faixa acima da qual está atribuída para a radiação cósmica de fundo. Dessa maneira, não são apenas os fotopicos relacionados aos radioelementos de K, Th e U que são registrados. Assim, toda a radiação gama emitida pela geologia local é aferida.

Com isso, através da interpolação dos dados adquiridos, foi possível gerar um mapa que contempla toda a extensão do Projeto Arenópolis. Desse modo, ao interpretar o mapa abaixo (Figura 4.7), discrimina-se domínios com características semelhantes. O intuito dessa etapa, assim como na interpretação e descrição dos domínios na imagem ternária RGB (Figura 4.6), é tentar correlacionar domínios semelhantes entre si com a geologia aflorante da região de estudo.

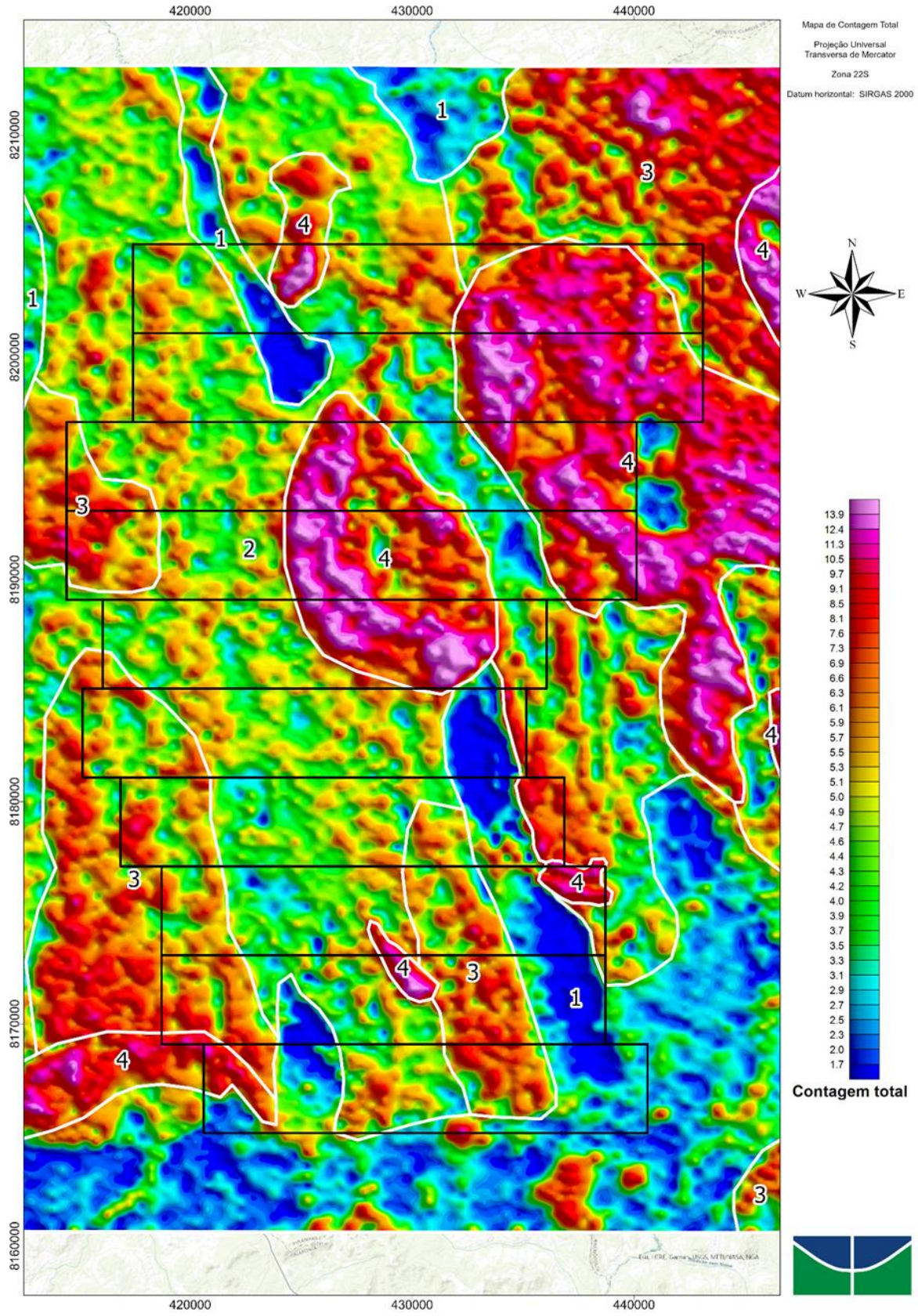


Figura 4.7: Mapa de domínios gamaespectrométricos, com base na contagem total, do Projeto Arenópolis.

Ao observar o mapa de domínios baseados na contagem total, foi possível discriminar ao todo 4 domínios distintos, baseando-se na intensidade do sinal medido. A classificação com base na intensidade do sinal é representada de tal sorte que valores mais elevados são representados por cores quentes, ao passo que valores menores medidos são representados por cores frias. Além do critério de intensidade do sinal aferido, usou-se também a textura gerada pela interpolação dos dados para discriminar domínios. Observando a área VIII em específico, todos os 4 domínios estão presentes em maior ou menor abrangência.

O domínio 1 é caracterizado pelos valores menos intensos da área de estudo, representados pelas cores frias, com textura lisa a pouco rugosa e está localizado no extremo leste da área VIII. O domínio 2 é caracterizado por valores baixos a intermediários, como evidenciado pelas cores de tonalidade esverdeada; apresenta textura rugosa e abarca a maior porção da área VIII. Já o domínio 3 está localizado no extremo oeste, extremo nordeste e centro leste da área VIII e é caracterizado por valores intermediários a elevados (tonalidade avermelhada) e textura rugosa. Finalmente, o domínio 4, o qual está localizado de modo restrito no centro sul da área VIII, apresenta os maiores valores, representados por vermelhos rosados e textura bastante rugosa.

4.2. Sensoriamento Remoto

Além da utilização de dados aerogeofísicos, foram utilizadas também imagens aéreas, geradas por sensores remotos. Para a realização do Projeto Arenópolis, lançou-se mão dos sensores CBERS 04A, ALOS Palsar e TanDEM-X. Os dados foram obtidos a partir da plataforma digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o *Alaska Satellite Facility - ASF* que pertence ao instituto geofísico da University of Alaska Fairbanks.

O CBERS 04A oferece um pacote de cinco bandas, sendo elas as bandas referentes aos comprimentos de onda do vermelho, verde, azul, infravermelho próximo (todas com 8 metros de resolução espacial) e uma banda pancromática com 2 metros de resolução espacial. Foi gerado uma imagem colorida com composição RGB (cor real) e esta posteriormente fundida com a banda pancromática gerando uma imagem de composição colorida com resolução espacial de 2 metros (Figura 4.8A). A composição colorida usada foi a RGB com as bandas 1, 2 e 3, adotando a configuração R1G2B3. Tal sensor foi utilizado na confecção do mapa base através da fotoleitura, auxiliando na extração manual de drenagens, vias de acesso e localização de propriedades e, posteriormente, auxiliou no traçado de contatos ao final da etapa de campo com base em características geomorfológicas e texturais.

Os produtos do sensor ALOS Palsar tiveram como foco a extração de dados altimétricos para a confecção das curvas de nível, presentes nos mapas base e geológico final, através do *software ArcGis Pro* (versão 3.1.1). As curvas de nível ficaram classificadas como curvas mestras de 100 metros e intermediárias com 25 metros de intervalo. Tal intervalo foi escolhido devido à resolução espacial do dado (12,5 metros) e o nível de detalhe do mapeamento aliado às cotas máximas e mínimas das áreas de estudo.

A imagem do sensor TanDEM-X (Figura 4.8B) foi utilizada como relevo sombreado sob os demais produtos de modo a criar texturas para auxiliar na delimitação de zonas, contatos e lineamentos. Foi concedida por Manfred Gottwald - físico, astrônomo e especialista em imagens do sensor TanDEM-X. Tal escolha se deu em função da natureza do produto gerado, sendo menos ruidoso que o MDE gerado pelos dados do ALOS Palsar. A imagem foi processada com azimute solar 270° (o azimute se refere à posição escolhida para incidência da luz solar) e ângulo de elevação 45° (ângulo entre a fonte de luz e a superfície terrestre).

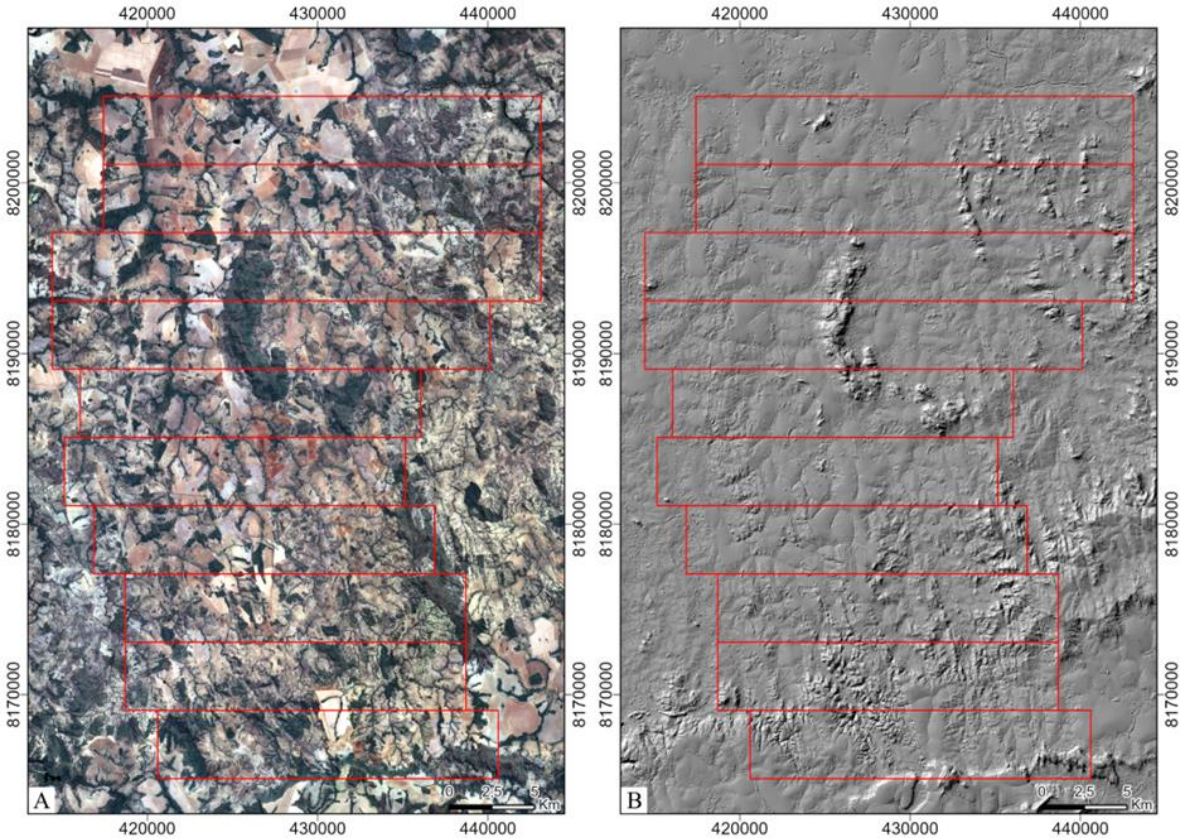


Figura 4.8. A) Composição colorida RGB resultante do processamento das imagens do CBERS 04A. B) Imagem TanDEM-X em relevo sombreado nas imediações das áreas do Projeto Arenópolis.

No quadro abaixo (Quadro 4.1), pode-se observar um resumo de algumas das características ópticas de cada sensor utilizado no âmbito do Projeto Arenópolis.

Quadro 4.1. Resumo de características ópticas dos sensores usados no Projeto Arenópolis.

CBERS 04A	
Bandas Espectrais (µm)	P: 0,45 - 0,90 (Pancrom.)
	B1: 0,45 - 0,52 (B)
	B2: 0,52 - 0,59 (G)
	B3: 0,63 - 0,69 (R)
	B4: 0,77 - 0,89 (NIR)
Largura de Faixa Imageada	92 km
Resolução radiométrica	10 bits
Resolução espacial	2 m (pancr.)
	8 m (multiespec.)
Tempo de revisita	31 dias

ALOS Palsar	
Banda (frequência)	L (1,27 GHz)
Tamanho de pixel	12,5 m
Largura de varredura	70 km

TanDEM-X	
Tamanho de pixel	12 m
Acurácia vertical	2-4 m

De posse de todos os produtos foi então possível confeccionar o mapa base a ser usado em campo (Figura 4.9). Foi utilizada uma visualização puramente cartográfica, onde os pontos e contatos seriam marcados, e uma visualização com a imagem de composição colorida (RGB) com alguns elementos cartográficos (estradas, drenagens, propriedades rurais) para orientação e localização em campo.

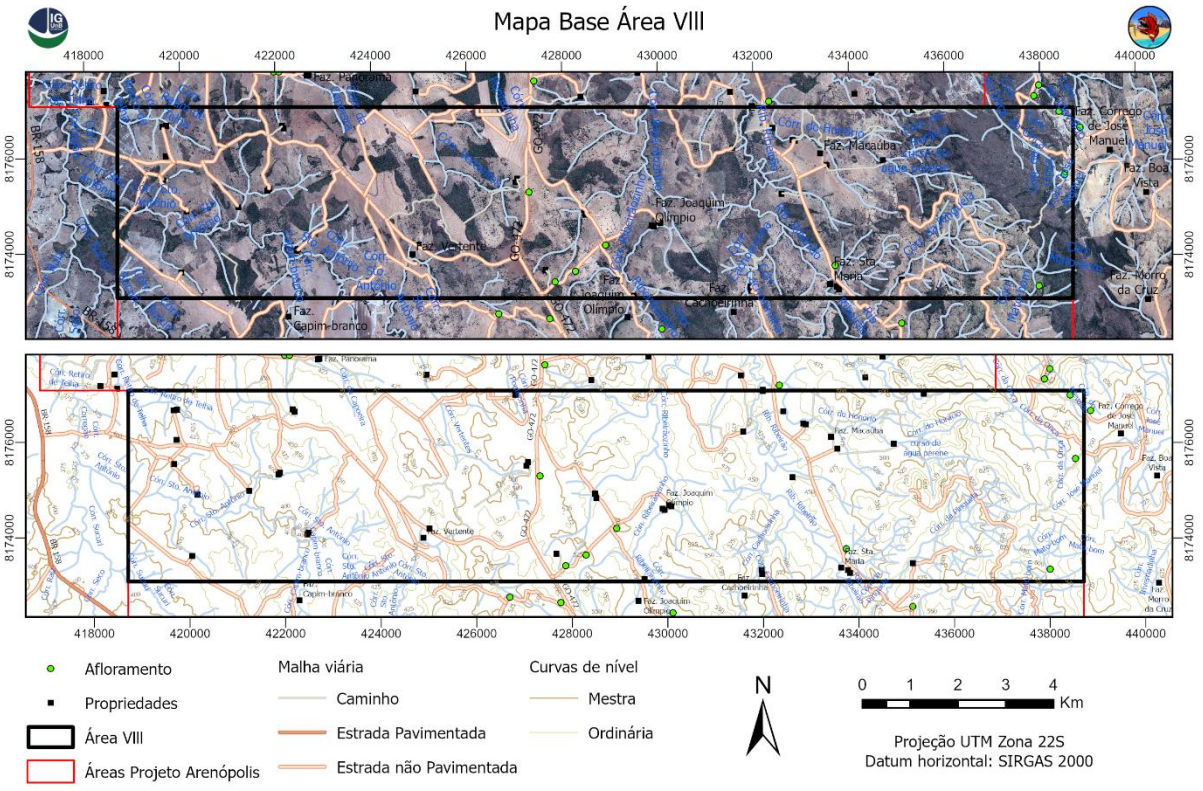


Figura 4.9. Mapa base da Área VIII usado nos trabalhos de campo.

5 Geologia do Projeto Arenópolis

Neste capítulo, serão brevemente apresentadas descrições de todas as unidades cartografadas pelo Projeto Arenópolis. Discussões mais aprofundadas a respeito de geologia presente no âmbito da Área VIII, juntamente com informações petrográficas, serão tratadas no próximo capítulo (capítulo 6, Geologia Local).

O Projeto Arenópolis (2023), através do mapeamento de uma área aproximada de 902km² em escala 1:25.000, permitiu a identificação de unidades cuja formação, deformação e metamorfismo são atrelados à evolução da Orogênese Brasiliana durante o Neoproterozóico (Pimentel, 2016). Foram identificadas principalmente rochas neoproterozóicas do Arco Magmático de Goiás; mas também rochas paleoproterozóicas, representadas pelo Gnaisse Ribeirão; além de rochas sedimentares paleozóicas, da Bacia do Paraná; e rochas plutônicas e subvulcânicas mesozóicas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás (PAGO). A estruturação é caracterizada por foliações normalmente subverticais, com uma direção preferencial NNW-SSE a N-S. Foram também compartimentadas, de oeste para leste, 3 sistemas de zonas de cisalhamento transcorrentes, de cinemática sinistral - sendo elas denominadas, respectivamente: Zona de Cisalhamento Piranhas, Zona de Cisalhamento Ribeirão e Zona de Cisalhamento Córrego da Areia. O mapa geológico integrado do Projeto Arenópolis pode ser encontrado no Anexo 4.

5.1 Embasamento

A unidade representativa do embasamento é denominada de Gnaisse Ribeirão (Pimentel, 1992). Idades isócronas Rb-Sr e Pb-Pb indicaram uma idade aproximada de 1,8 Ga (Pimentel, 1990). Não obstante, métodos mais precisos e acurados devem ser aplicados para determinar com precisão a verdadeira idade desta unidade. O Gnaisse Ribeirão apresenta-se em contato com as unidades Córrego da Onça, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, à leste, e com o Gnaisse Arenópolis à oeste, ambos através de zonas de cisalhamento com cinemática sinistral relacionados com a Zona de Cisalhamento Ribeirão. O Gnaisse Ribeirão aflora em porções restritas nas áreas VI, e aparece de forma contínua nas áreas VIII, IX e X. As melhores exposições encontram-se na área VIII.

Esta unidade consiste em biotita-tonalitos, intensamente deformados e foliados, com presença local de migmatitos – o qual evidencia a existência de processos de fusão parcial. A, Apresenta assembleia mineral composta por quartzo, plagioclásio (andesina, An_{37}) e como mineral máfico, biotita. A feição que mais destaca é o bandamento gnáissico de granulação

grossa, e de granulação fina - marcados por concentrações modais variáveis de biotita. Ademais, foi possível identificar feições deformacionais, como foliação anastomosada, foliação S-C, leucossomas rompidos e porfiroblastos de quartzo em concordância com a cinemática sinistral regional, conforme pode ser observado na figura abaixo (Fig. 5.1).

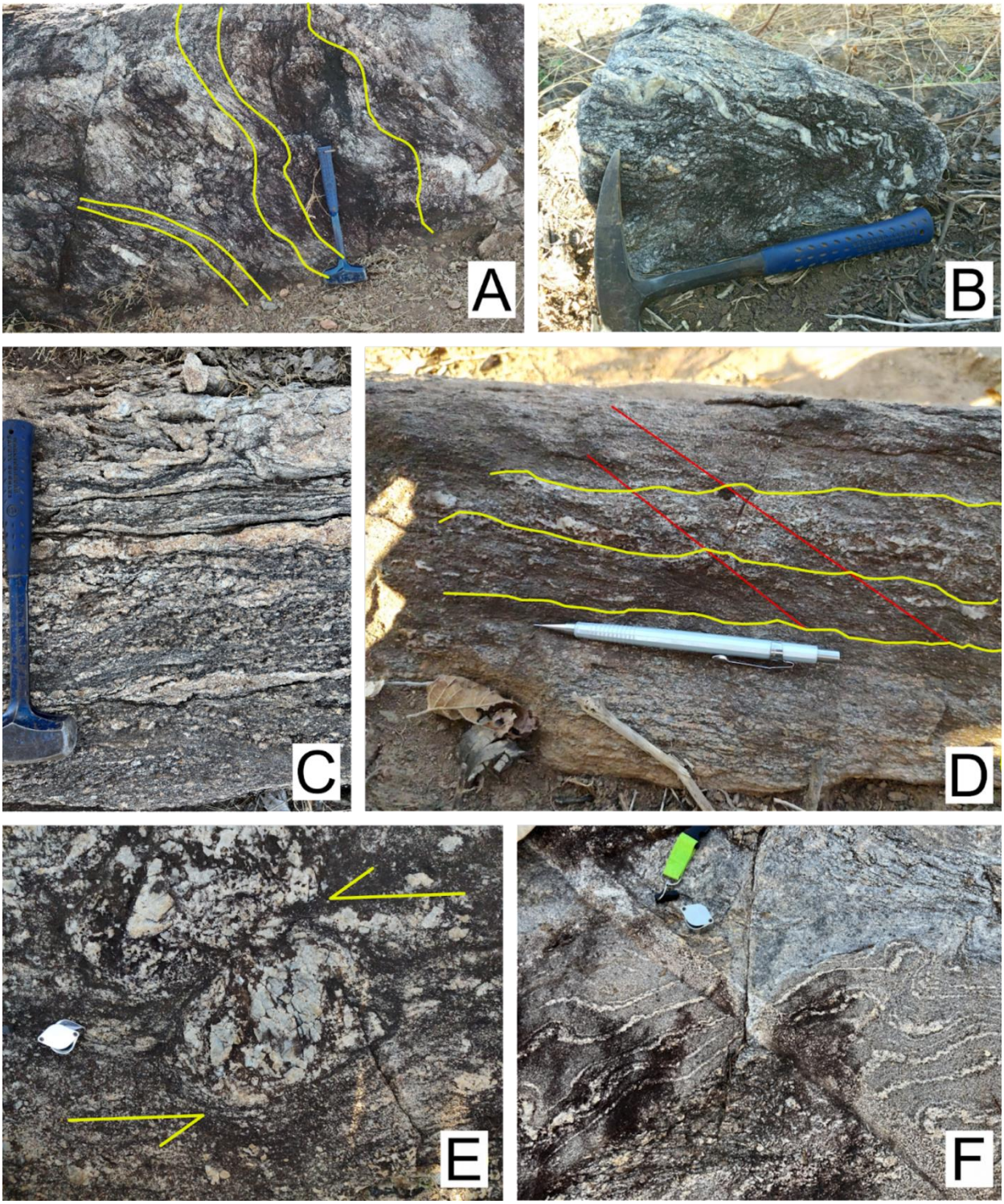


Figura 5.1. Feições de deformação no gnaisse Ribeirão, observadas no afloramento-tipo, inserido na área VIII (Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N). Em A, foliação anastomosada, truncada por fraturas; em B, leucossomas rompidos; em C, foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas

em vermelho representam o plano C; já em D, megaporfiroblasto de quartzo rotacionado, evidenciando cinemática sinistral; em E, migmatito com leucossomas concordantes à foliação, recortados por dique leucocrático de quartzo e feldspato; e em F, leucossomas em migmatito exibindo pinch-and-swell incipiente.

5.2 Arco Magmático de Goiás

O Arco Magmático Goiás-Segmento Arenópolis corresponde a cerca de 97% de toda a área do Projeto Arenópolis mapeada. É representado pela associação de rochas graníticas com composição variando entre dioritos e tonalitos com metamorfismo em fácies xisto-verde a anfibolito correspondentes ao estágio de Arco de Ilha; rochas metavulcânicas e metassedimentares das bacias laterais; e intrusões graníticas de caráter cálcio-alcalino dos estágios vulcânico e colisional. Estudos geocronológicos mostram uma variação nas idades entre cerca de 900 Ma (Sequência MVS Arenópolis-Piranhas) e 587 Ma (Granito Rio Caiapó). As unidades pertencentes ao Arco são estruturadas conforme uma orientação principal NW-SE em um sistema dominantemente transcorrente, sobre o qual foram gerados sistemas de zonas de cisalhamento, com cinemática sinistral.

5.3 Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

Entre as sequências metavulcanossedimentares dos segmentos Arenópolis e Anicuns-Itaberaí, a Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis-Piranhas representa as exposições de rochas supracrustais mais antigas (Carneiro, 2019). Na área do Projeto Arenópolis, esta sequência tem contato tectônico, através da Zona de Cisalhamento Piranhas, com a unidade do Granito Ribeirão Água Limpa a oeste e através da Zona de Cisalhamento Ribeirão com o Gnaisse Arenópolis (Áreas I e II) e Granito Serra do Tatu (Áreas V até X) a leste. Esta sequência é intrudida pelo Granito da Serra do Iran, de aproximadamente 588 Ma (Pimentel *et al.*, 1996) e por rochas dioríticas a graníticas indiferenciadas (e.g. Área IX). Para o sul (Área X), se encontra encoberto em discordância angular pelos arenitos da Formação Furnas (Devoniano) da Bacia do Paraná. A seguir, serão descritas as duas unidades que compõem a sequência.

5.3.1 Unidade Córrego do Santo Antônio

A Unidade Córrego do Santo Antônio compreende uma intercalação de rochas metassedimentares (siliciclásticas e químicas), anfibolitos e rochas metaultramáficas. Seu limite

oeste e leste se dão por zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais, sendo elas, respectivamente, a Zona de Cisalhamento Piranhas e a Zona de Cisalhamento Ribeirão.

As rochas são estruturadas com direção preferencial NNW-SSE e mergulho subvertical. Mostrando o mesmo comportamento, são observadas zonas de cisalhamento transcorrentes e empurrões que cortam as rochas dentro de seu domínio.

A unidade metassedimentar é representada principalmente por xistos metapelíticos, metamorfizados sob pico em fácies anfibolito, com retrometamorfismo em fácies xisto verde. São observados também ocasionalmente lentes de metachert, mármore, quartzito e gondito. Os xistos são representados por micaxistos e biotita-xistos, com ocasionais porfiroblastos de granada e estaurolita. Os porfiroblastos de estaurolita e granada estão rotacionados e evidenciam cinemática sinistral. Intercalados aos xistos, ocorrem anfibolitos e rochas metaultramáficas, as quais formam faixas e lentes de dimensões variáveis. No extremo leste da unidade, ocorre uma espessa faixa contínua de direção NNW-SSE composta por anfibolitos, os quais apresentam paragênese de hornblenda verde, plagioclásio (An_{35} - andesina), epidoto e ocasionalmente titanita, o que indica metamorfismo de fácies anfibolito. A fácies metaultramáfica é composta por talco-clorita-tremolita serpentinitos.

Além disso, é interessante comentar que as as rochas metaultramáficas afloram preferencialmente associadas à porção metapelítica, a oeste; ao passo que os anfibolitos afloram predominantemente na porção leste da unidade.

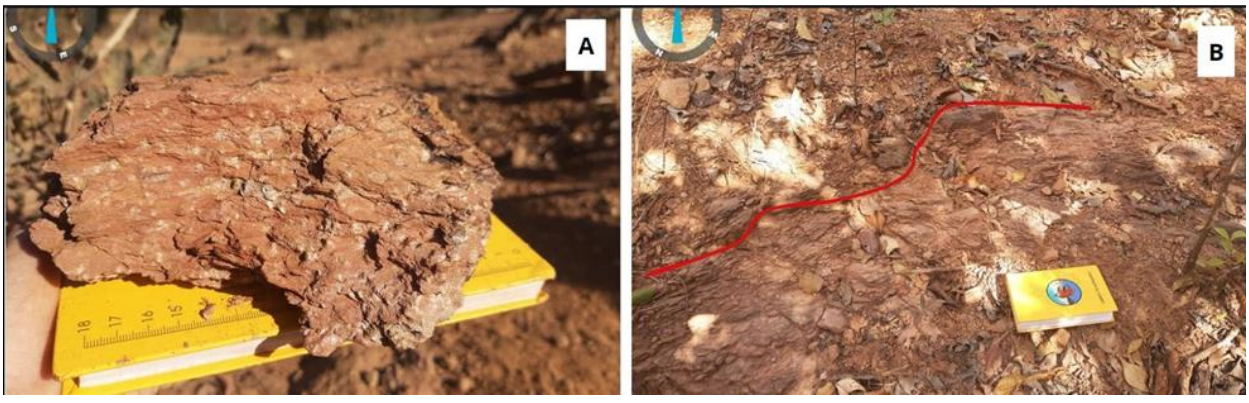


Figura 5.2. (A) Rocha alterada de coloração vermelha-amarelada e granulação média a grossa, textura lepidoblástica, foliação do tipo xistosidade. Composta por quartzo, muscovita, granada e pseudomorfos de estaurolita de hábito prismático que deforma a xistosidade: TF23-X-106 430682E 8166457S. (B) Afloramento in situ evidenciando foliação: TF23-X-181 428702E 81680537S.

5.3.2 Unidade Córrego da Onça

A Unidade Córrego da Onça ocorre entre as áreas I a II e nas áreas V a X, sendo caracterizada por rochas metassedimentares, anfibolitos (Figura 5.3), rochas ultramáficas e gnaisses calcissilicáticos. A unidade é limitada a oeste pela Zona de Cisalhamento Ribeirão e a leste pela Zona de Cisalhamento Córrego da Areia. As rochas apresentam estruturação N-S a NNW-SSE com mergulhos subverticais. Também foi possível identificar fitas de quartzo estirado, foliação S-C, milonitos e estruturas do tipo dominó com cinemática sinistral, concordantes com a cinemática regional.

As rochas metassedimentares são representadas por quartzitos micáceos e muscovita xistos, por vezes, contendo grafita. Os anfibolitos apresentam textura nematoblástica, sendo constituídos por plagioclásio (An_{34} - andesina), hornblenda e quartzo, sendo ocasionalmente observado clinopiroxênio em equilíbrio. De maneira subordinada, principalmente nas proximidades com zonas de cisalhamento, são observados anfibolitos hidrotermalizados, com presença de epidoto, biotita, clorita e actinolita.



Figura 5.3. Afloramento tipo de anfibolito do Córrego da Onça exibindo foliação subvertical de direção N-S. Área VI, ponto 187 (X: 434722,9973; Y: 8181581,737).

São observadas também rochas calcissilicáticas, com trama dúctil, localizadas a sul do Granito Serra do Iran, na Área VI. Estas foram classificadas como gnaisses calcissilicáticos, uma

vez que exibem bandamento gnáissico e uma mineralogia indicativa de que a rocha passou por alteração hidrotermal calcissilicática. Esta assembleia é marcada por minerais ricos em Si, Ca e Mg, com anfibólio, quartzo, epidoto, clorita, biotita, calcita e titanita. Esse domínio, o qual foi associado à unidade Córrego da Onça, faz contato a oeste com o Gnaisse Ribeirão e a leste com anfibolitos da unidade da sequência MVS. Os contatos se dão por zona de cisalhamento transcorrente (Zona de Cisalhamento Ribeirão), com alguns indicadores de cinemática sinistral, sendo observados mergulhos subverticais e dobras fechadas a isoclinais de eixos e planos axiais subverticais (Figura 5.4).



Figura 5.4. Área VI, ponto 120 (X:431498,7736; Y: 8182539,859). Afloramento em lajedo mostrando gnaisses calcissilicáticos afetados pela Zona de Cisalhamento Ribeirão.

5.4 Gabro Morro do Baú

A Unidade Morro do Baú corresponde a gabros intrusivos à Sequência Metavulcanosedimentar Arenópolis-Piranhas, principalmente na Área X e parte na Área IX. Se apresenta em dois domínios, um corpo oval e de maior tamanho para oeste e um corpo alongado

na direção NNW-SSE para leste. Apresenta foliação predominante no sentido NNW-SSE e NNE-SSW, com mergulhos moderados a altos para oeste e leste, resultado de deformação dúctil. O corpo oeste é cortado por uma zona de cisalhamento na direção NNW-SSE.

O afloramento-tipo encontra-se no corpo oval da Área X. Esta unidade é composta por gabros de textura granular média a grossa (Figura 5.5). A mineralogia principal inclui plagioclásio e hornblenda, e minerais opacos como acessórios. Evidências de alteração, como cloritização nos cristais de hornblenda, saussuritização nas bordas dos cristais de plagioclásio e sericitização na matriz, são observadas. Por vezes, a unidade aparece com sua mineralogia e textura originais preservadas, com textura cumulática.

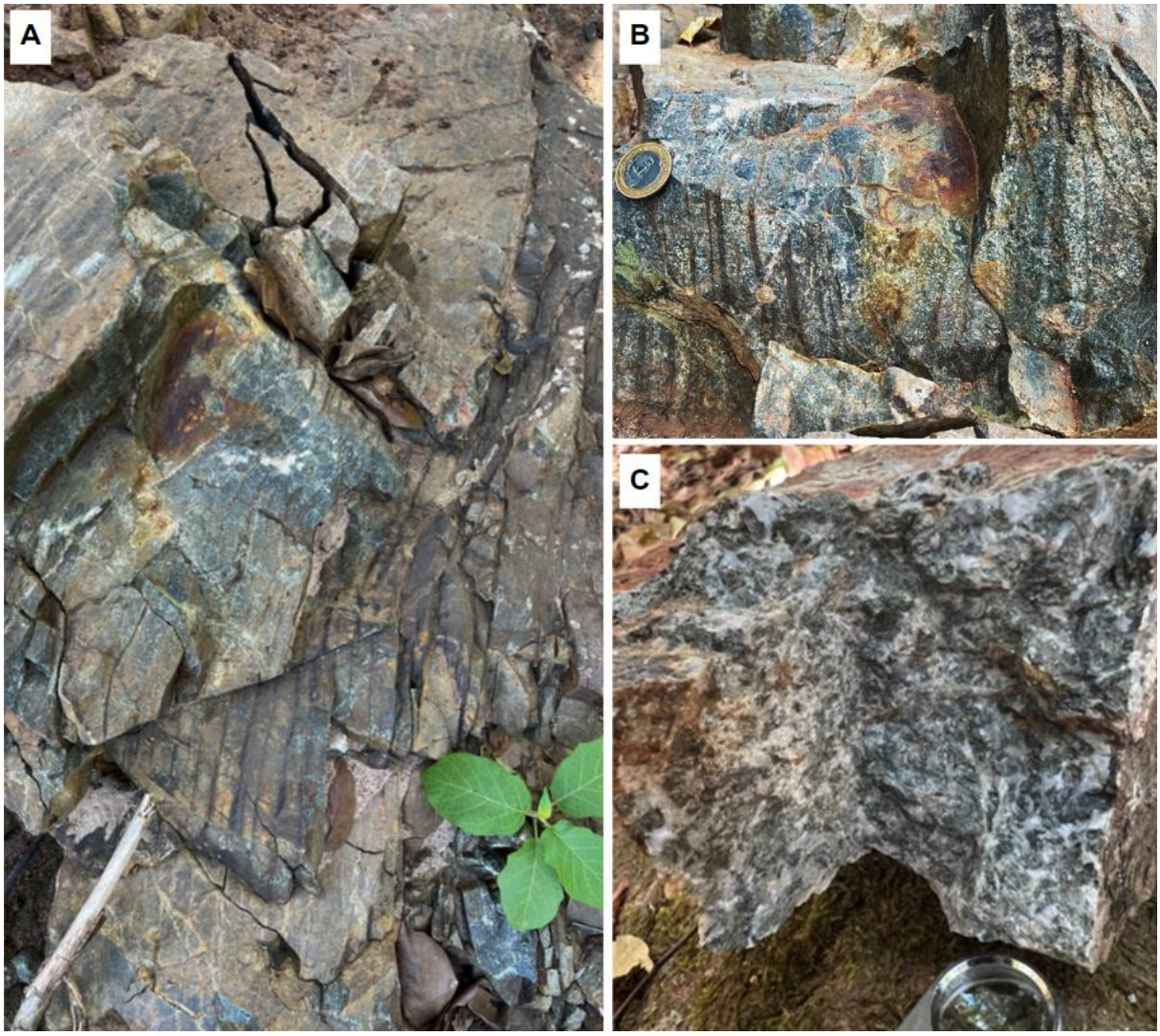


Figura 5.5. (A) TF23-X-12 432984E 8166649S: Aspecto de afloramento da unidade Gabro Morro do Baú no corpo arredondado. (B) TF23-X-12 432984E 8166649S: Detalhe do gabro deformado com bandamento centimétrico e veios leucocráticos discordantes. (C) TF23-X-13 433304E 8166548S: Gabro Morro do Baú com textura cumulática.

5.5 Gnaisse Arenópolis

Na região do Projeto Arenópolis, o Gnaisse Arenópolis é encontrado entre o Granito Serra do Iran a oeste e a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas a leste, nas áreas I até IV. Ao sul, nas áreas VIII à X, ele se encontra em contato com os anfibolitos da Unidade Córrego do Santo Antônio para oeste e com Gnaisse Riberião para leste.

Trata-se de gnaisses tonalíticos a graníticos com fácies anfibolíticas subordinadas que ocorrem como blocos e lajedos métricos. Bandamento gnáissico com direção NW-SE representa a foliação predominante. Mergulhos subverticais, e uma lineação de estiramento mineral paralela ao bandamento, com baixo caimento na direção NW. A foliação milonítica, caracterizada por porfiroclastos de plagioclásio envoltos por lamelas de biotita, é encontrada principalmente perto do contato entre o Gnaisse Arenópolis e o Granito Rio Caiapó (Áreas III e IV). Ao longo das áreas do projeto, percebe-se uma variação composicional em membros tonalíticos predominando nas áreas mais ao norte, e membros mais félsicos mais ao sul. Na área V, lentes ultramáficas associadas ao Gnaisse Arenópolis ocorrem em pequenos morrotes que se sobressaem na topografia, compondo afloramentos de blocos métricos *in situ.* São encontrados serpentinitos, cloritítos e xistos ultramáficos.

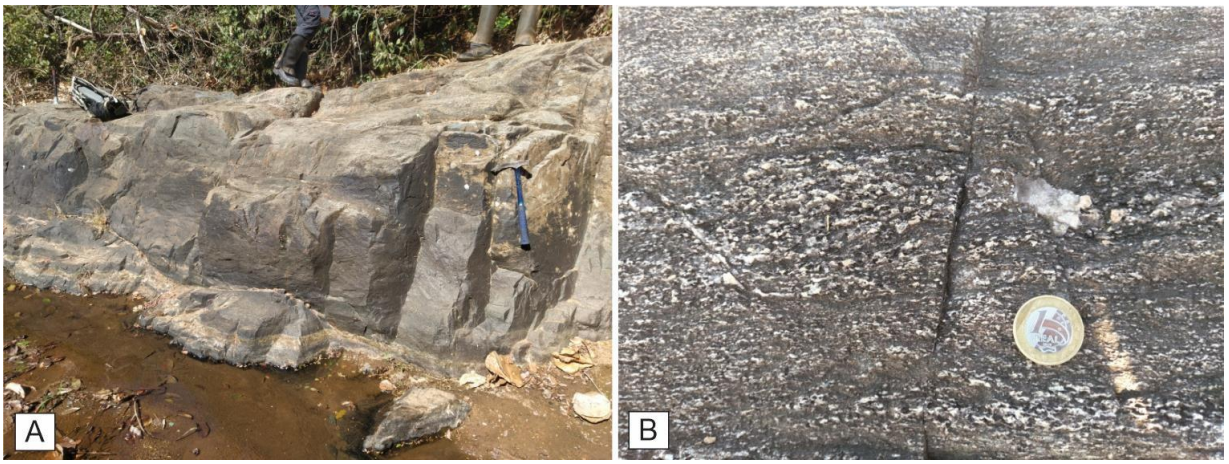


Figura 5.6. Área III - TF23-AIII-P106 (Coordenadas X: 434953,57; Y: 8193673,35). A - Afloramento em lajedo no leito do Córrego da Areia composto por gnaisse tonalítico milonitizado. B - Detalhe da foliação milonítica apresentada pela unidade.

5.6 Intrusões sin-tectônicas

Na área do Projeto Arenópolis, ocorrem duas unidades inseridas no contexto de intrusões sin-tectônicas: Granito Serra do Tatu e Granito Ribeirão Água Limpa. Essa classificação se deu através de observações de campo, em macroescala e em microescala

através de identificação de microestruturas. Ambas as unidades se apresentam deformadas, com foliação bem pronunciada nas bordas e no centro dos corpos, além ocorrer uma série de zonas de cisalhamentos associadas a um sistema anastomosado de direção preferencialmente NE-SW e NW-SE no Granito Serra do Tatu e Granito Ribeirão Água Limpa, respectivamente. Em termos de microestruturas, foram identificados mecanismos de recristalização dinâmica de baixa a média temperatura, além de estruturas como *ribbons*, fraturas e rotação de porfiroclastos.

5.6.1 Granito Serra do Tatu

A unidade Granito Serra do Tatu ocorre na porção leste da área do projeto, estendido em direção NNW-SSE nas Áreas V até X e com largura de aproximadamente de 2 km. Sua ocorrência está relacionada à Serra do Tatu, que deu nome a unidade. É limitada a leste e oeste pelas unidades Gnaisse Arenópolis e Córrego da Onça respectivamente, sendo que o contato em ambos os casos ocorre por zonas de cisalhamento transcorrente sinistral. São observados afloramentos em lajedo (Fig. 5.7B) e em blocos soltos.

As rochas desta unidade são leucocráticas e compostas por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita, além de minerais opacos, titanita, epidoto e apatita como minerais acessórios. A textura observada é marcadamente milonítica, exibindo porfiroclastos de feldspato alcalino envolvidos por biotita. A foliação milonítica é em geral subvertical, enquanto os porfiroclastos mostram-se estirados de maneira sub-horizontal e direção NNW-SSE, com cinemática sinistral (Fig. 5.7A). O quartzo mostra-se recristalizado em regime de rotação de subgrãos, o que indica que a deformação impressa sob a rocha atingiu temperaturas entre 350 a 550 °C.

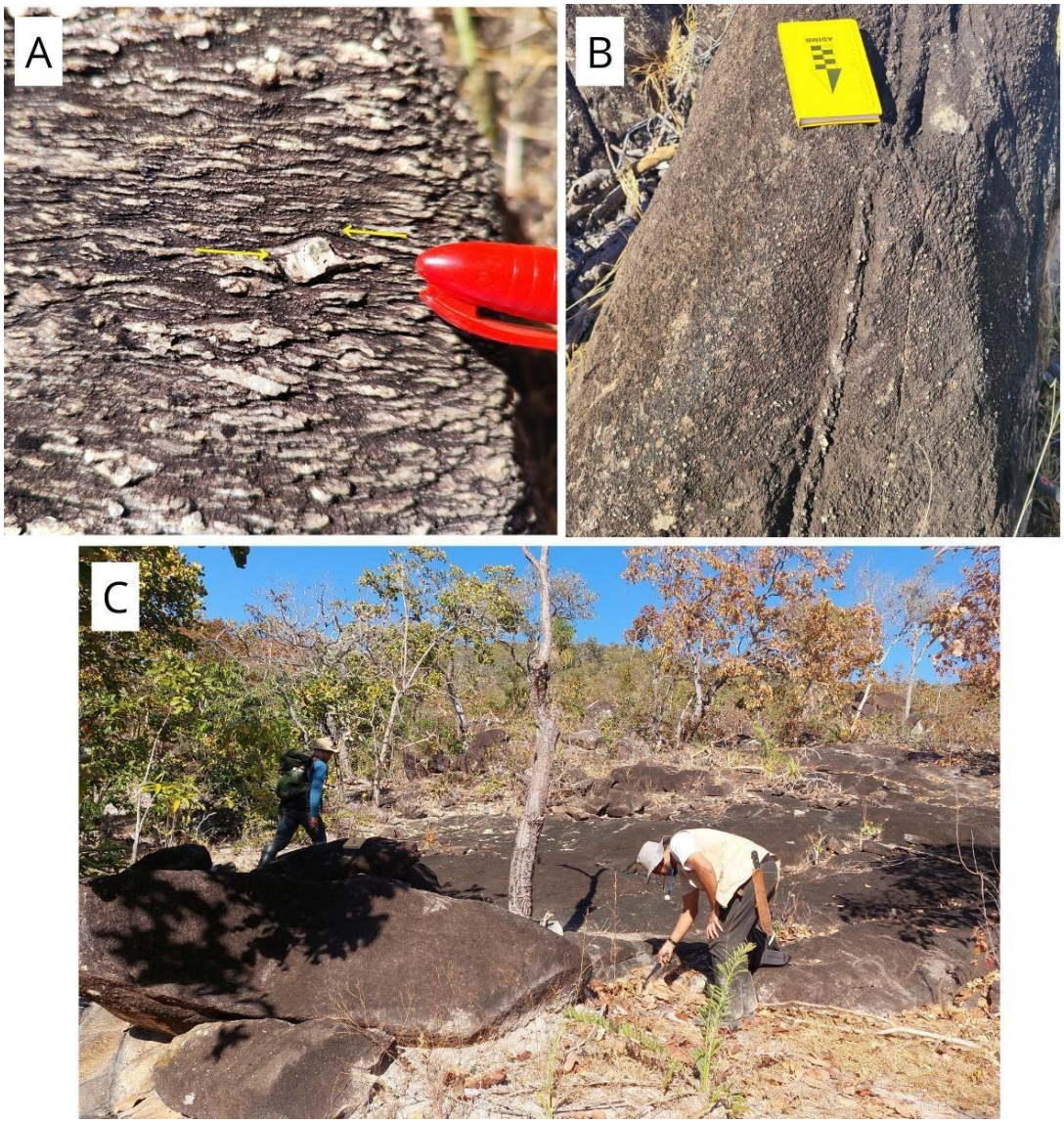


Figura 5.7. (A) Porfiroclasto sigmoidal de feldspato alcalino, exibindo rotação sinistral (destacada por setas amarelas) em meio a textura milonítica do biotita-granito milonitizado. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) Afloramento em lajedo de biotita granito milonitizado do Granito Serra do Tatu. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (C) Área VII - TF23-VII-79 (X: 437028; Y: 8179502). Afloramento em blocos rolados e em lajedo de biotita granito.

5.6.2 Granito Ribeirão Água Limpa

O Granito Ribeirão Água Limpa aflora no extremo oeste das áreas II a X do Projeto Arenópolis. Foram descritas rochas leucocráticas, de coloração róseo-esverdeadas, e composições granodioríticas e graníticas, granulação variável de fina a grossa e texturas primárias porfiríticas e equigranulares, as quais se mostram frequentemente milonitizadas. Em geral, é observada biotita subordinada e, em menor abundância, há presença de muscovita primária. Mais raramente, ainda foram descritas rochas com hornblenda e rochas com granada

sin-tectônica. A deformação milonítica é mais intensa conforme maior a proximidade em relação à Zona de Cisalhamento Piranhas, que marca o contato leste da unidade com a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Ocasionalmente é observado bandamento gnáissico. Ocasionalmente, na Área III, foram observadas estruturas indicativas de fusão parcial, classificadas como migmatitos (Figura 5.8A). Essa grande heterogeneidade composicional e textural das rochas abarcadas pela unidade indica a possível existência de variadas fontes magmáticas durante o período colisional.

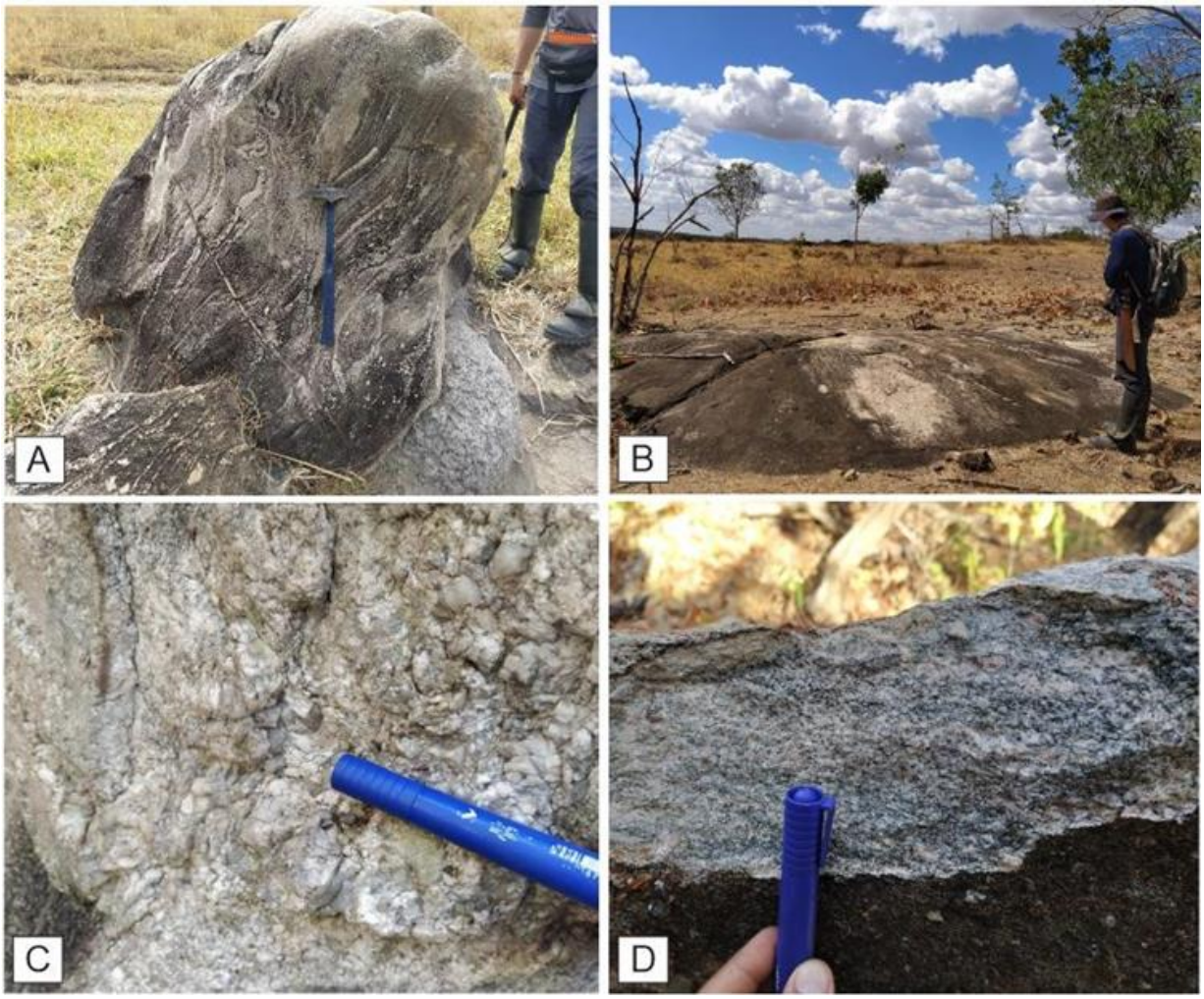


Figura 5.8. Afloramentos do Granito Ribeirão Água Limpa. (A) Matacão de rocha com bandamento gnáissico e composição granítica com evidências de fusão parcial - migmatitos. (B) Afloramento em lajedos, muito comum nos afloramentos da Área III. (C) Fácies granítica isotrópica, com granulação grossa, classificado como pegmatítica. (D) Fácies de composição granodiorítica foliada e ocasionalmente bandada.

5.7 Intrusões tardiopsídiotectônicas

As unidades que representam intrusões *tardiopsídio*tectônicas incluem os Granitos Serra do Iran e Rio Caiapó, de aproximadamente 588 Ma (Pimentel *et al.*, 1996). São corpos

limitados por zonas de cisalhamentos, com foliação milonítica subordinada nas bordas e núcleos com feições ígneas bem preservadas no centro. As características estruturais identificadas em campo corroboram com as idades sugeridas para as unidades, que indicam um contexto pós-orogênico para o alojamento dos plútons.

5.7.1 Granito Serra do Iran

O Granito Serra do Iran ocorre como um corpo intrusivo *tardiopsídio*tectônico situado na porção central da área abarcada do projeto, de aproximadamente 15 km de extensão e 7.5 km de largura, com exposições nas áreas I até VI. Intrude as rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio (a oeste) e Unidade Córrego da Onça, Granito Serra do Tatu e Gnaisse Arenópolis (para leste). Este granito sobressai na topografia, resultando em relevos variando de fortemente a levemente ondulados, formando as Serras da Margarida e da Cruz, notáveis por sua cobertura densa de vegetação arbórea. Os afloramentos do Granito Serra do Iran assumem formas como lajedos (Fig. 5.9A), blocos *in situ*, em leitos de drenagem e matacões. Enquanto as bordas do corpo exibem leve deformação e fraturamento, o centro permanece preservado e isotrópico.

Diferentes fácies foram definidas dentro da Unidade Granito Serra do Iran, entre elas: 1) fácies félsicas: sienogranitos de granulação grossa (Fig. 5.9B) e fina, monzogranitos; 2) fácies intermediárias: tonalitos, quartzo-dioritos e granodioritos; 3) fácies máficas: gabros e dioritos; 4) fácies subvulcânicas: dacitos e riodacitos. A partir desta variação composicional, foram observadas também evidências de mistura magmática, *mixing-mingling*. Em escala de afloramento, foi observado *mingling* com a presença de dois extremos composicionais (Fig. 5.9C e 5.9D).

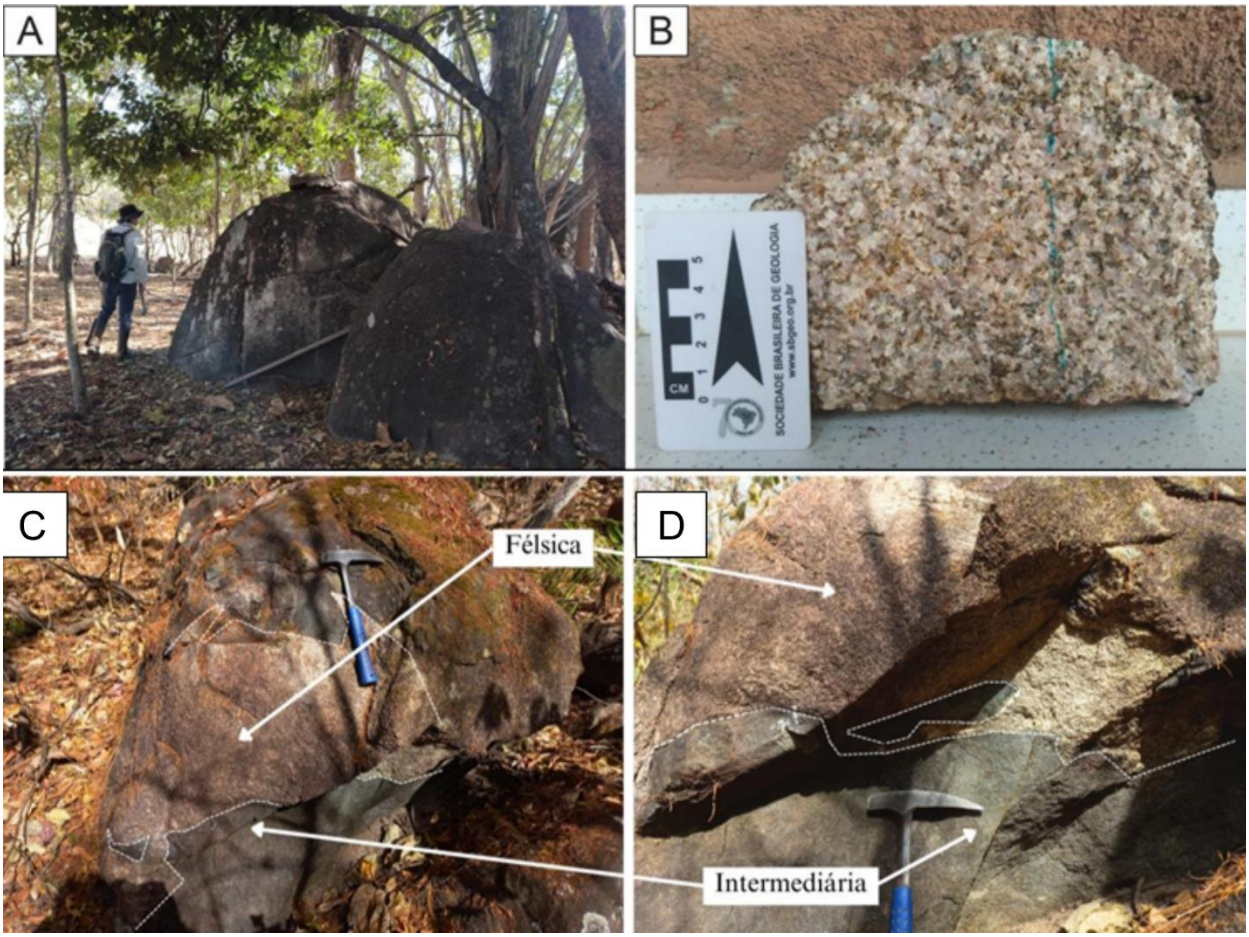


Figura 5.9. (A) Afloramento em bloco do Granito Serra do Iran, os blocos podem alcançar 2 metros de altura como na figura, muito comum nas proximidades da Serra da Margarida. (B) Amostra de mão representativa da fácies do Granito Serra do Iran de granulação grossa e arranjo equigranular. (C - D) Feições de mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran no ponto (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S).

5.7.2 Granito Rio Caiapó

O Granito Rio Caiapó ocorre na porção nordeste do Projeto Arenópolis, e limita-se a oeste com o Gnaisse Arenópolis e a leste com o Corpo Arenópolis da Província Alcalina de Goiás. É dividido em dois domínios geomorfológicos com base, princpalmente, na granulação das rochas, além de incluir uma fácies granodiorítica. Os afloramentos são caracterizados predominantemente por grandes blocos isolados e lajedos associados à Serra do Retiro Velho. O outro domínio, compreendido pela fácies granítica fina apresenta um relevo aplainado e afloramentos mais restritos.

A unidade compreende uma variedade composicional de rochas graníticas, incluindo sienogranitos, em maior parte, e granodioritos com algumas variações texturais e

granulométricas. A principal textura identificada na unidade é a porfirítica, marcada por megacristais de feldspato potássico que, ocasionalmente, apresentam texturas perlíticas e *rapakivi*. Essa fácies porfirítica ocorre, de maneira restrita, associada à diques sin-plutônicos de composição tonalítica. Por vezes, as rochas da unidade apresentam foliação bem definida pela orientação dos grãos lamelares de biotita e estiramento de feldspatos, indicando uma deformação influenciada por zonas de cisalhamentos.



Figura 5.10. TF23-AIII-P15 (Coordenadas X: 439660,33; Y: 8195281,30) - (A) Lajedo de dimensão métrica do Granito Rio Caiapó. (B) Detalhe para a fácies inequigranular seriada com megacristais de feldspato potássico, classificada como granito porfirítico, e fraturas de direção NW-SE.

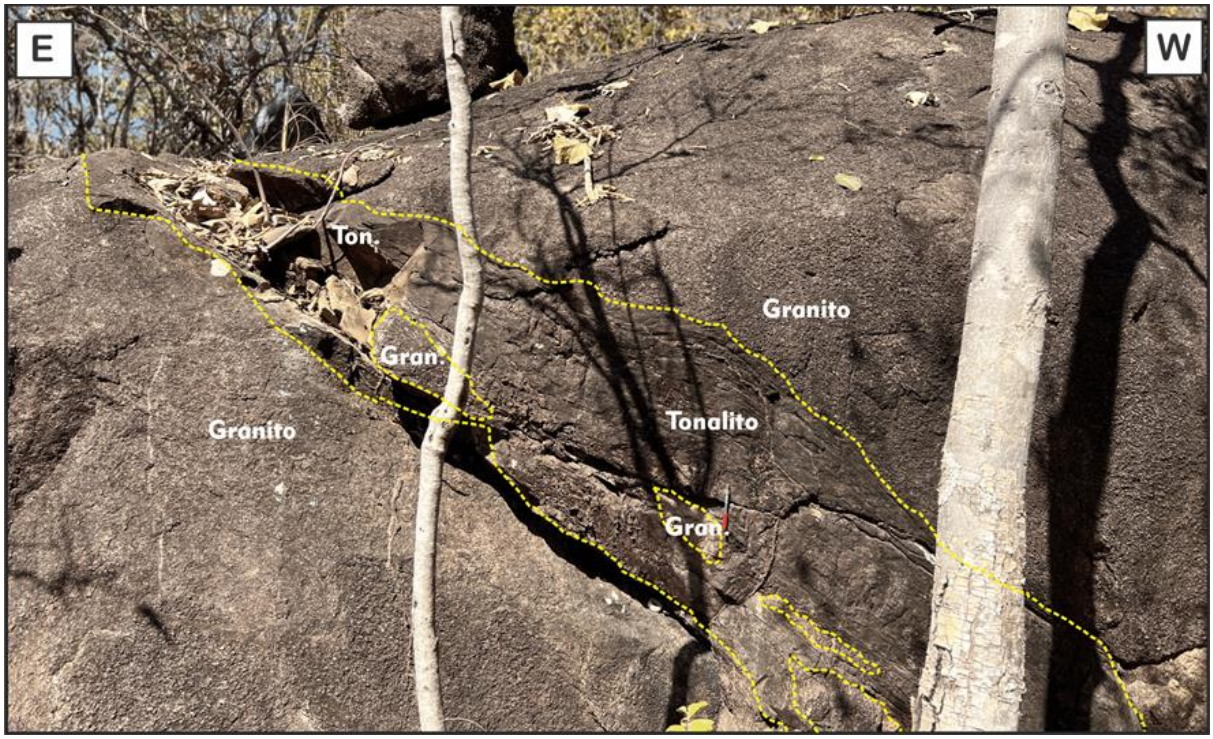


Figura 5.11. Diques sin-plutônicos ao tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).

5.8 Vulcânicas Córrego do Horácio

Ao longo dos extremos sudeste da área VII e nordeste da área VIII, ocorrem uma série de diques riolíticos alongados segundo trend NW-SE. Esses diques intrudem os anfibolitos da unidade Córrego da Onça e o Granito Serra do Tatu. Apresentam foliação subvertical, dobras e fraturas de cisalhamento. Sua distribuição, de modo geral, está associada à zona de cisalhamento ao longo do Granito Serra do Tatu, possivelmente havendo correlação entre o alojamento do plúton com as intrusões ácidas.

São rochas de composição riolítica, de coloração avermelhada a bege claro apresentam bandamento de fluxo e evidências de devitrificação de alta temperatura, como esferulitos. Apresentam textura afanítica a porfirítica/glomeroporfirítica, composta por quartzo e feldspato potássico.

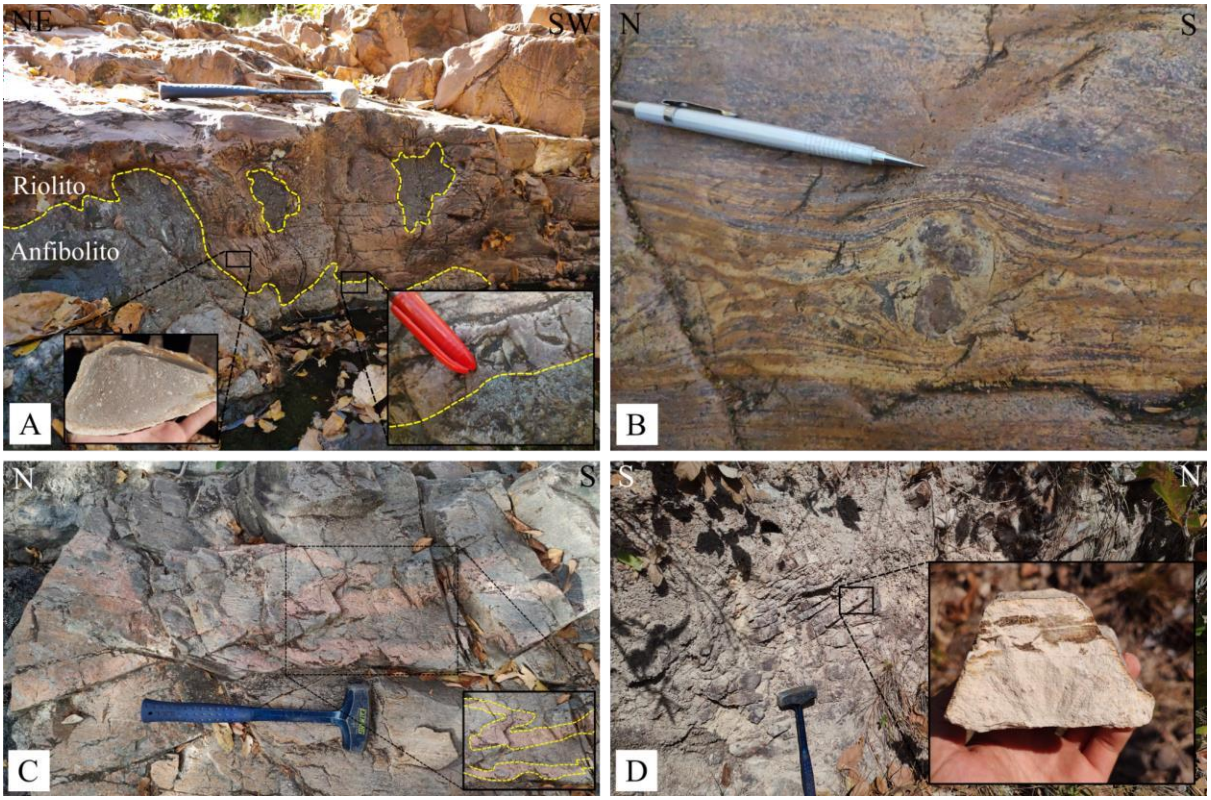


Figura 5.12. Diques riolíticos característicos da unidade, com afloramento-tipo (A e B) localizado na área VII (Coordenadas: 22S 434487 E 8177659 N). (A) Derrame riolítico avermelhado, sob anfibolito fino com enclaves do mesmo. Além disso, é possível observar no detalhe, amostra de riolito de coloração bege de textura glomeroporfirítica de quartzo e feldspato. (B) Clasto rotacionado ao ser incorporado no fluxo riolítico, com esferulitos visíveis na porção superior da imagem. (C) (Coordenadas: 22S 435676 E 8177906 N), diques decimétricos de riolito cortando tonalito milonitizado do Granito Serra do Tatu. Em D (Coordenadas: 22S 437572 E 8176637 N), afloramento de riolito alterado para caulinita, com texturas primárias de fluxo fracamente preservadas.

5.9 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná abrange a totalidade da porção sul da Área X (Figura 5.13) e se manifesta de forma pontual na Área VIII. O grupo geológico predominante nessa região é o Grupo Paraná, que é representado pelas formações Furnas e Ponta Grossa.

A Formação Furnas prevalece na área do Projeto Arenópolis e cobre integralmente a extremidade sul da Área X, abrangendo parte das unidades mencionadas anteriormente. Essa formação exibe um relevo de escarpa com uma orientação aproximada E-W e altitude variando entre 620 metros e 740 metros. Ela é composta principalmente por arenitos de tonalidade esbranquiçada, intercalados com arenitos conglomeráticos e siltito micáceo. Caracteriza-se por apresentar estruturas de estratificação cruzada tabular, acanalada e plano-paralela.

Quanto à Formação Ponta Grossa, ela está restrita à porção centro-sul da área, especificamente no Morro da Mesa. Essa formação é composta por arenitos de coloração esbranquiçada e ferruginosa, alternando-se com camadas argilosas.

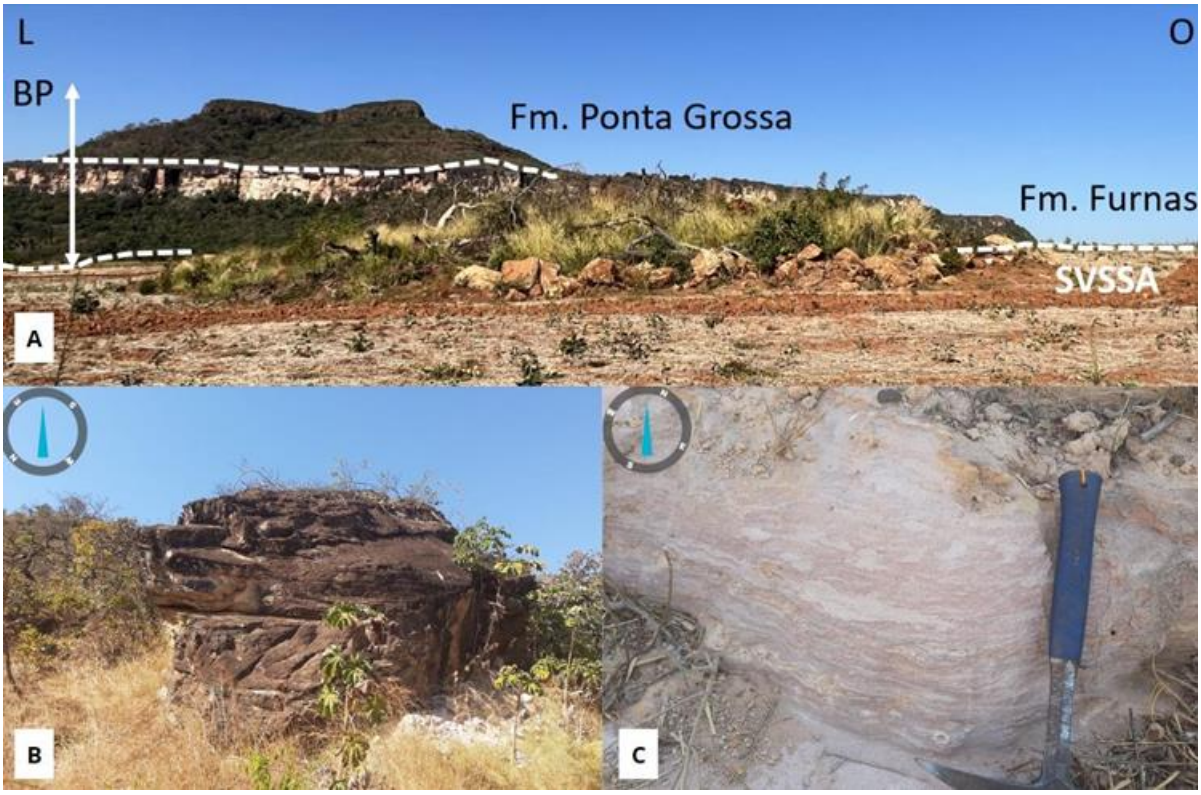


Figura 5.13. *(A) Vista panorâmica da Bacia do Paraná e da Sequência Metavulcanossedimentar Córrego Santo Antônio na área X. (B) Arenito conglomerático com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-67 437339E 8166225N). (C) Arenito fino com estrutura do tipo flaser (Ponto TF23-X-79 431804E 8164059N).*

5.10 Província Alcalina de Goiás

As rochas da Província Alcalina de Goiás (PAGO), identificadas na área do Projeto Arenópolis, correspondem a: 1) conjunto de diques de basanito e basanito fonolítico sem uma direção preferencial intrudidos nas diferentes unidades e 2) um corpo plutônico denominado de Complexo Alcalino Plutônico de Arenópolis intrudido no Granito Rio Caiapó.

5.10.1 Rochas subvulcânicas

De modo geral, são encontrados na forma de blocos escuros alinhados ou ao longo do leito de drenagens. São rochas de elevada resposta magnética, em função da presença abundante de magnetita na matriz. Podem apresentar textura afanítica ou porfirítica, sendo possível identificar fenocristais de olivina, clinopiroxênio e, ocasionalmente, flogopita, nefelina ou leucita.

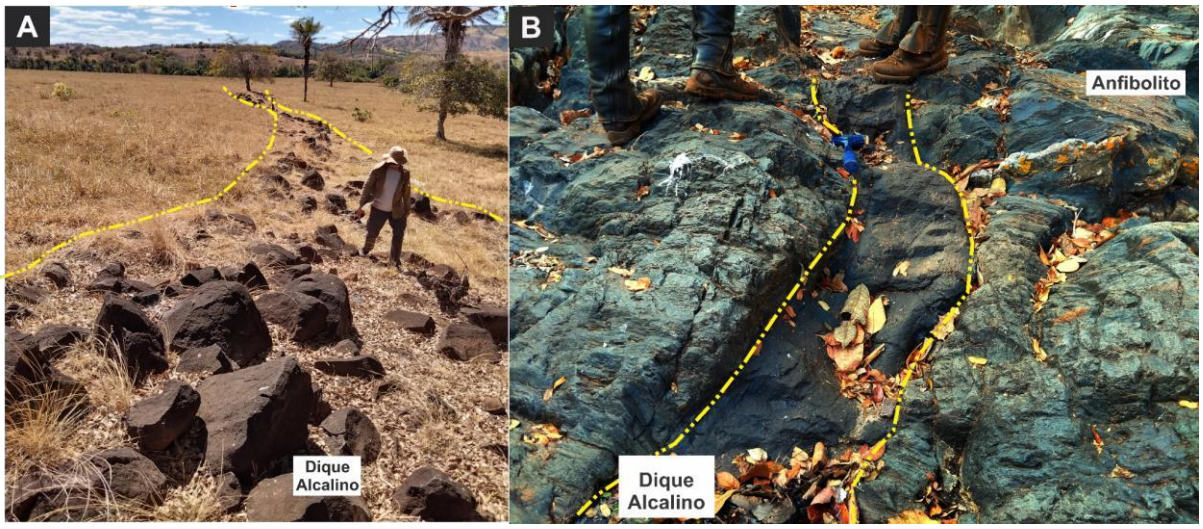


Figura 5.14. *Em A, blocos submétricos a métricos alinhados de basanito em pasto, indicando a presença de dique alcalino na Área VII (Coordenadas X: 431410; Y:8177514). Em B, dique alcalino cortando anfibolitos máficos da Unidade Córrego da Onça (Coordenadas: 22S 434922 E 8177863 N).*

5.10.2 Complexo Alcalino Plutônico de Arenópolis

As rochas intrusivas do Complexo Arenópolis, ocorrem no extremo leste da Área III, onde encontram-se intrudidas no Granito Rio Caiapó e compreendem uma associação de rochas ultramáficas (clinopiroxenitos), gabros, e sienitos nefelínicos e nefelinolitos. A nefelina representa o feldspatóide comum em todas as rochas do complexo, juntamente com a flogopita. Além disso, foram encontrados veios carbonatíticos (Fig. 5.14C) e brechas magmáticas (Fig. 5.14D).

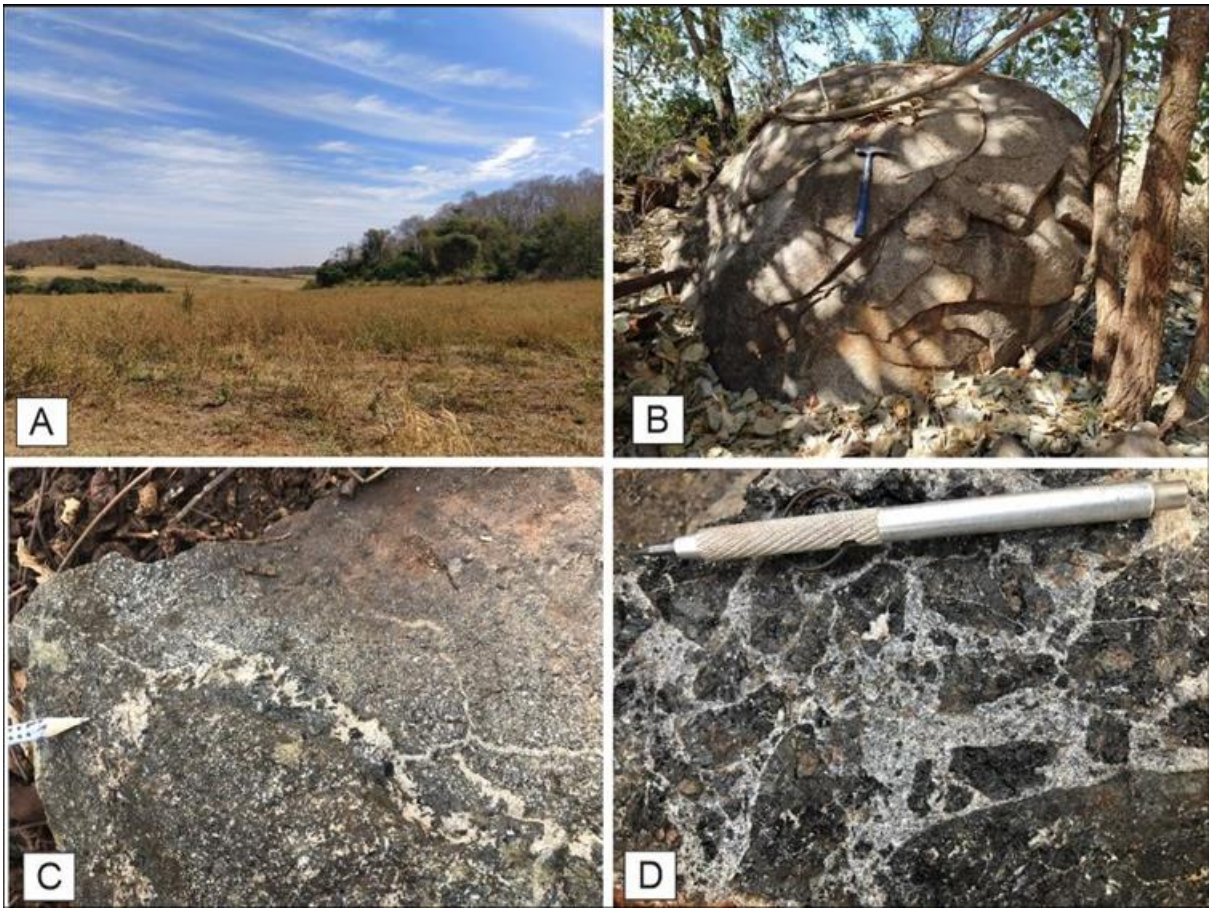


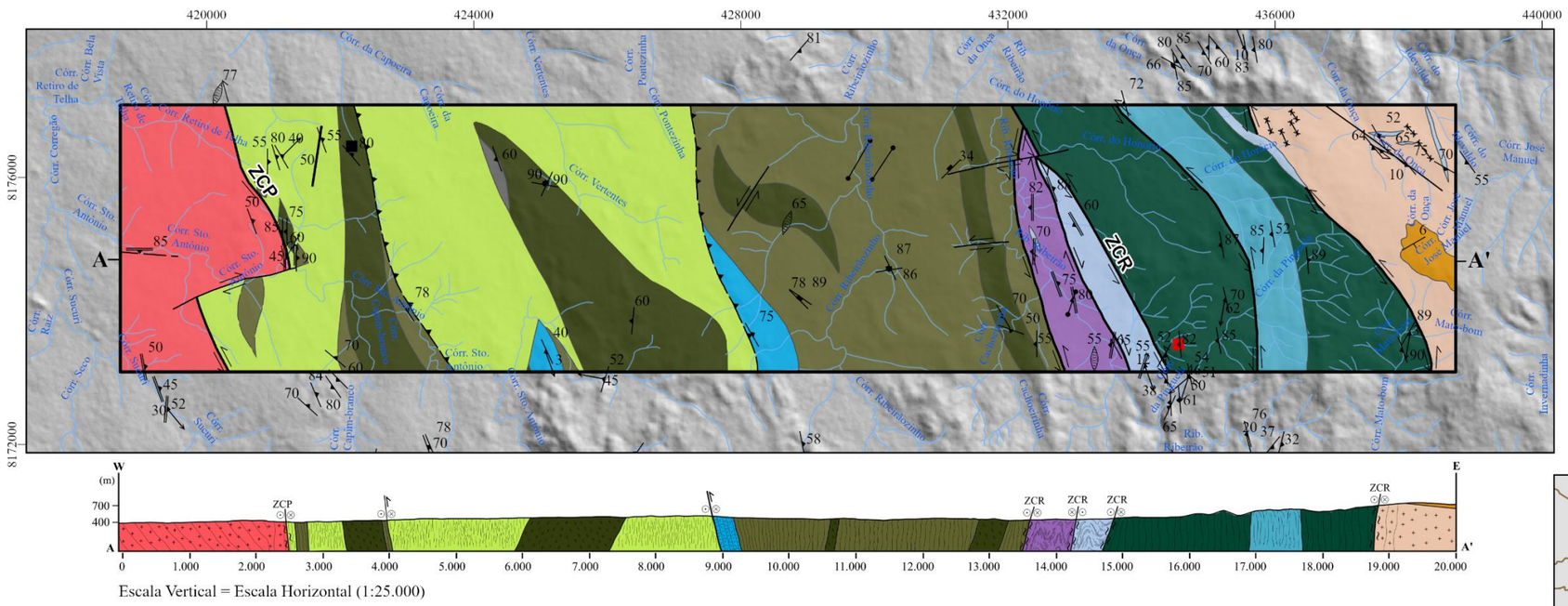
Figura 5.15. *(A) Foto panorâmica destacando o relevo encontrado no Complexo Arenópolis. Os melhores afloramentos encontram-se nos morros, enquanto que a porção arrasada é dominada por pasto e plantações com perfis de solo avermelhado. (B) Afloramento com esfoliação esferoidal em nefelinito (TF23-AIII-P8 Coordenadas X: 440273,5; Y: 8194759,3). (C) Veio carbonatítico alojado em Melteijito. (D) Feições de brechas com clastos de clinopiroxenitos em meio a cimentação de matriz fina de composição félsica rica em feldspatóides.*

6 Geologia Local

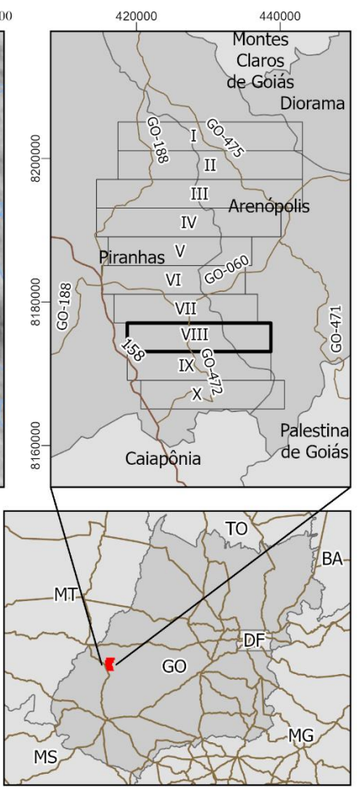
A partir das informações coletadas em campo, como descrição petrográfica macroscópica, análise de estruturas rúpteis e dúcteis, combinado com a integração dos dados gerados em pré-campo, foi possível cartografar ao todo 10 unidades. Tais unidades constituem as litologias presentes na Área VIII do Projeto Arenópolis. O presente capítulo trata das unidades aflorantes na área, juntamente com as descrições petrográficas de 19 seções delgadas (Anexo 6). Vale ressaltar que as abreviações minerais presentes nas fotomicrografias seguem o proposto por Warr (2021).

As unidades e litologias mapeadas na Área VIII, bem como suas relações de campo estão compiladas no mapa simplificado da Figura 6.1 e descritas posteriormente. O mapa geológico detalhado da área VIII encontra-se no Anexo 3.

Mapa Geológico Área VIII - Projeto Arenópolis



Escala Vertical = Escala Horizontal (1:25.000)



Unidades Geológicas

Bacia do Paraná
- Formação Furnas - Arenitos intercalados com siltitos

Córrego do Horácio
- Vulcânicas Córrego do Horácio - Diques e derrames riolíticos.

Ribeirão Água Limpa
- Monzogranito peraluminoso e granitos milonitizados.

Serra do Tatu
- Monzogranito com foliação milonítica localizada

Gnaisse Arenópolis
- Gnaisse Granítico a Tonalítico.

Córrego do Santo Antônio
- Anfibolito
- Metaultramáfica
- Xisto
- Chert
- Mármore

Córrego da Onça
- Anfibolito
- Xisto

Gnaisse Ribeirão
- Biotita Gnaisse Tonalítico

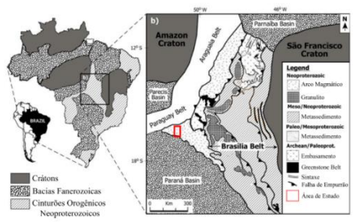
Convenções Geológicas

Estruturas
- Contato Definido
- Contato Aproximado
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- Zona de Cisalhamento Compressiva Obliqua
- Falha Transcorrente Sinistral
- Falha Transcorrente Dextral
- Falha ou Fratura Definida
- Falha ou Fratura Encoberta
- Dique Alcalino
- Dique de Riolito
- Acamamento
- Foliação
- Foliação milonítica
- Fratura
- Lineação
- Eixo de Dobra
- Veio

Ocorrências
- Ocorrência de Gondito
- Ocorrência de Granito

Convenções Cartográficas

- Áreas Projeto Arenópolis
- Área VIII
- Rodovias Estaduais
- Rodovias Federais



IG | Instituto de Geociências

Mapeamento Geológico Final - Projeto Arenópolis
Mapa Geológico Área VIII
1:25.000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Declinação Magnética: 20° W (2023)

Autores: Gustavo Moreira Bianchi,
Ycles Campos Mesquita

Novembro de 2023

N

0 1 2 3 4 Km

Figura 6.1. Mapa Geológico da área VIII

6.1 Granito Ribeirão Água Limpa

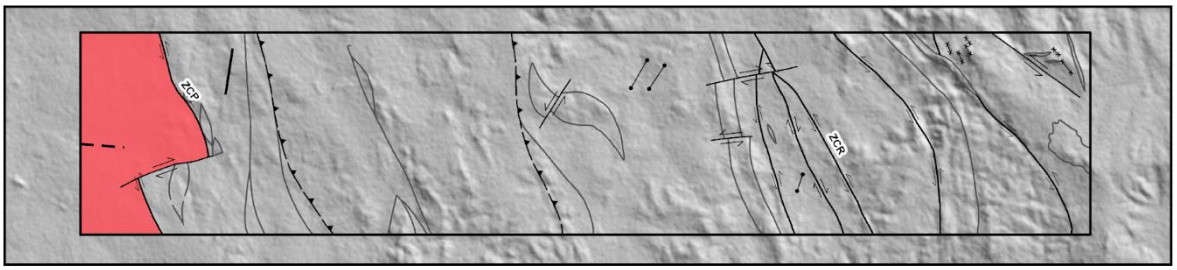


Figura 6.2. Localização da Unidade Ribeirão Água Limpa na Área VIII.

Esta unidade constitui o extremo oeste da área VIII (Figura 6.2), com relevo suave ondulado e vegetação arbórea baixa e extensas áreas de pasto. Os litotipos afloram como blocos submétricos a métricos e pequenos lajedos, concentrados ao longo das drenagens ou em altos topográficos locais.

O Granito Ribeirão Água Limpa é representado ao longo da Área VIII por granitos com duas micas e granitos porfiríticos. Em relação à estruturação, podem ser representados por gnaisses graníticos milonitizados, granitos levemente foliados e isotrópicos. As porções com maior incidência de deformação foram encontradas próximas aos limites entre unidades.

Foi confeccionada uma lâmina delgada desta unidade na Área VIII, trata-de da lâmina TF23-VIII-28A, referente ao granito da Figura 6.3A, através da petrografia microscópica foi evidenciado que tratava-se de um monzogranito composto por ±40% de quartzo; ±25% de plagioclásio - sendo este oligoclásio (An_{26}) e exibindo alteração para sericita; ±15% de feldspato potássico; e ±20% de micas, sendo aproximadamente 12% de muscovita e 8% de biotita.

Foram classificadas 4 fácies na Unidade Granito Ribeirão Água Limpa, sendo 2 delas presentes na área VIII: fácies granítica peraluminosa, evidenciada pela presença de biotita e muscovita, à leste da unidade e fácies granítica porfirítica à oeste. Na Figura 6.3A mostra uma das fácies presentes na área, exemplificando granitos duas micas, de trama isotrópica. Ademais, é possível observar, nas figuras 6.3B e 6.C, a segunda fácies. Neste caso, se trata de um ultramilonito com matriz composta de quartzo e plagioclásio e grãos centimétricos de feldspato potássico.



Figura 6.3. Rochas do Granito Ribeirão Água Limpa. A) Matacões de granito com detalhe para rocha fresca com leve foliação. B) Fácies granito porfirítica foliada em drenagem. C) Detalhe de rocha fresca referente à Figura B. D) Gnaisse do Ribeirão Água Limpa, traços amarelos evidenciando o padrão do bandamento. Coordenadas: 22S 420706 E 8175350 N.

Microestruturas são preferencialmente observadas nos cristais de quartzo, na figura 6.4A e B, é possível ver que a trama de agregados de quartzo apresenta evidências de recristalização e deformação como quartzo estirado. Além disso, alguns grãos exibem feições como extinção ondulante e migração de borda de grão.

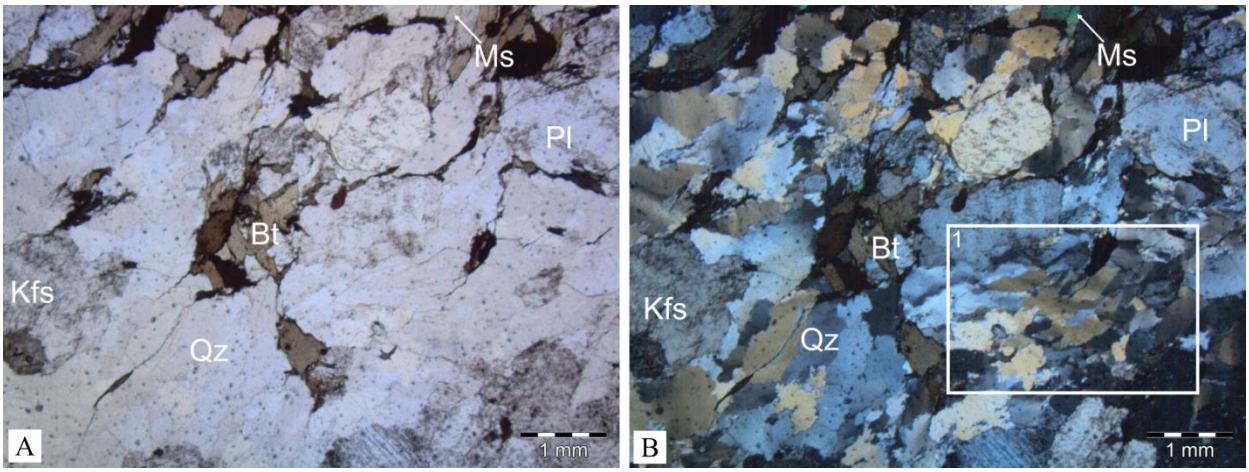


Figura 6.4. Micrografias da fácies granítica peraluminosa do Ribeirão Água Limpa. Em A os minerais presentes na lâmina a nicóis descruzados. Em B, a nicóis cruzados, feições microestruturais no quartzo (quadro 1) como grãos estirados com extinção ondulante. Coordenadas: 22S 420706 E 8175350 N.

6.2 Unidade Córrego do Santo Antônio

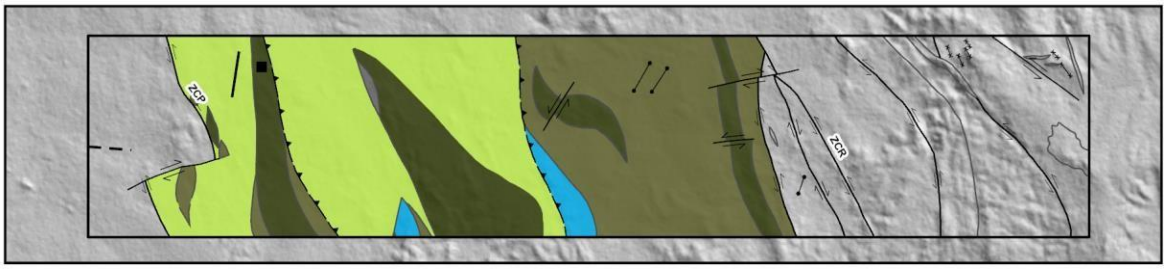


Figura 6.5. Localização da Unidade Córrego do Santo Antônio na Área VIII. O quadrado preto à oeste na Unidade representa ocorrências de gondito.

Esta unidade recobre a maior extensão da área VIII, compreendendo a porção centro-oeste (Figura 6.5). De modo geral, a região é representada por morros suaves e porções aplainadas, marcadas pela presença intensa de pastos e plantações (Figura 6.6). A atuação antrópica na região, de modo geral, reduz a presença de grandes afloramentos.



Figura 6.6. Vista de paisagem da unidade Córrego do Santo Antônio, com Granito Serra do Tatu ao fundo, representado pela serra. É possível observar relevo suave ondulado e vegetação arbórea esparsa, típica da unidade.

São descritos anfibolitos de granulação fina a grossa, metagabros, xistos metassedimentares avermelhados, compostos por muscovita e quartzo, metachert, *skarns* e rochas metaultramáficas diversas. Esta unidade pode ser subdividida em dois domínios principais, onde a oeste predominam xistos metassedimentares e a leste, anfibolitos e metaultramáficas.

Os anfibolitos afloram principalmente como blocos submétricos a métricos e pequenos lajedos, ao longo de áreas de pasto e ao longo de drenagens. Apresentam bandamento centimétrico ocasionalmente, como evidenciado pela figura 6.7A abaixo.

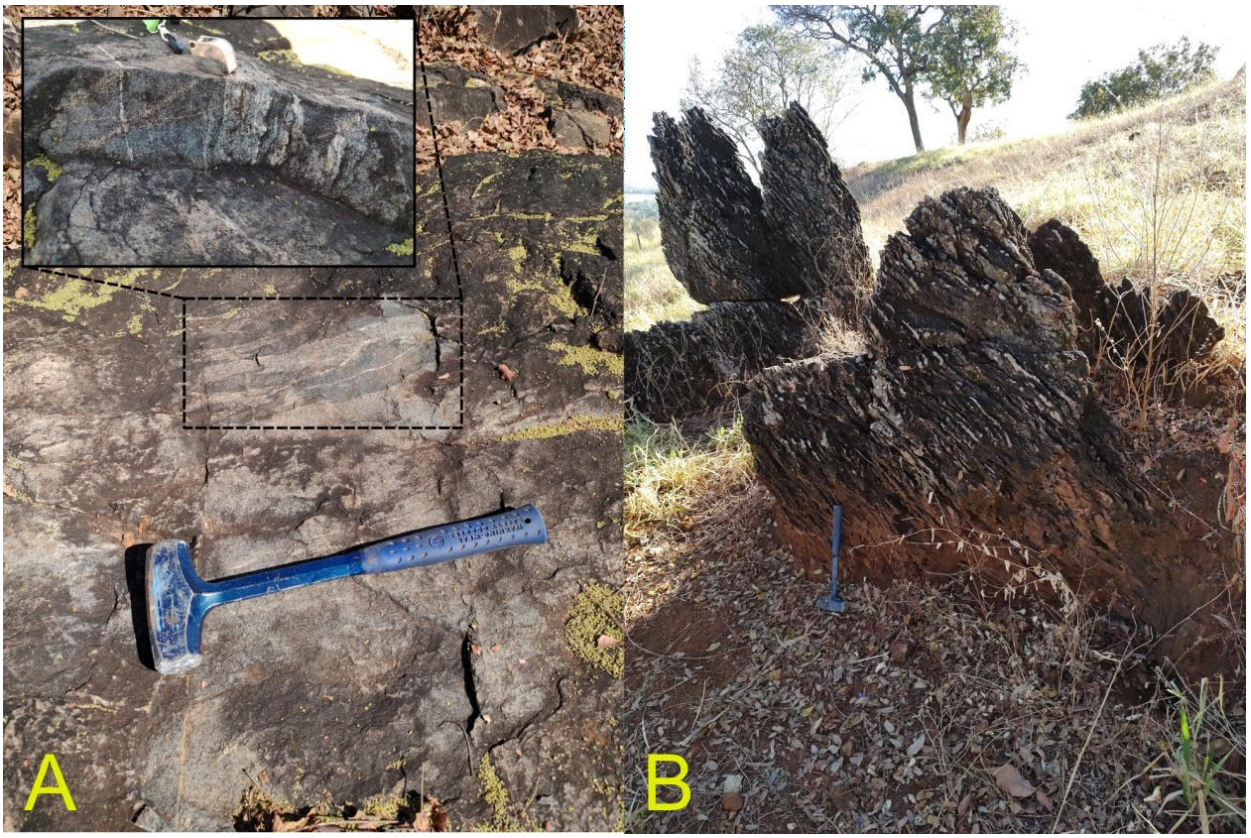


Figura 6.7. Em A, anfibolito bandado, com destaque para vista em perfil da região ressaltada em planta. Em B, afloramento de skarn com elevado mergulho e intensamente dobrado. Coordenadas de A: 22S 430218 E 8174632 N. Coordenadas de B: 22S 428192 E 8173595 N.

Ao observar a petrografia dessas amostras, é possível verificar a presença de domínios diablásticos de granulação contrastantes, preservando feições de *mingling*, conforme pode ser observado na figura abaixo (figura 6.8).

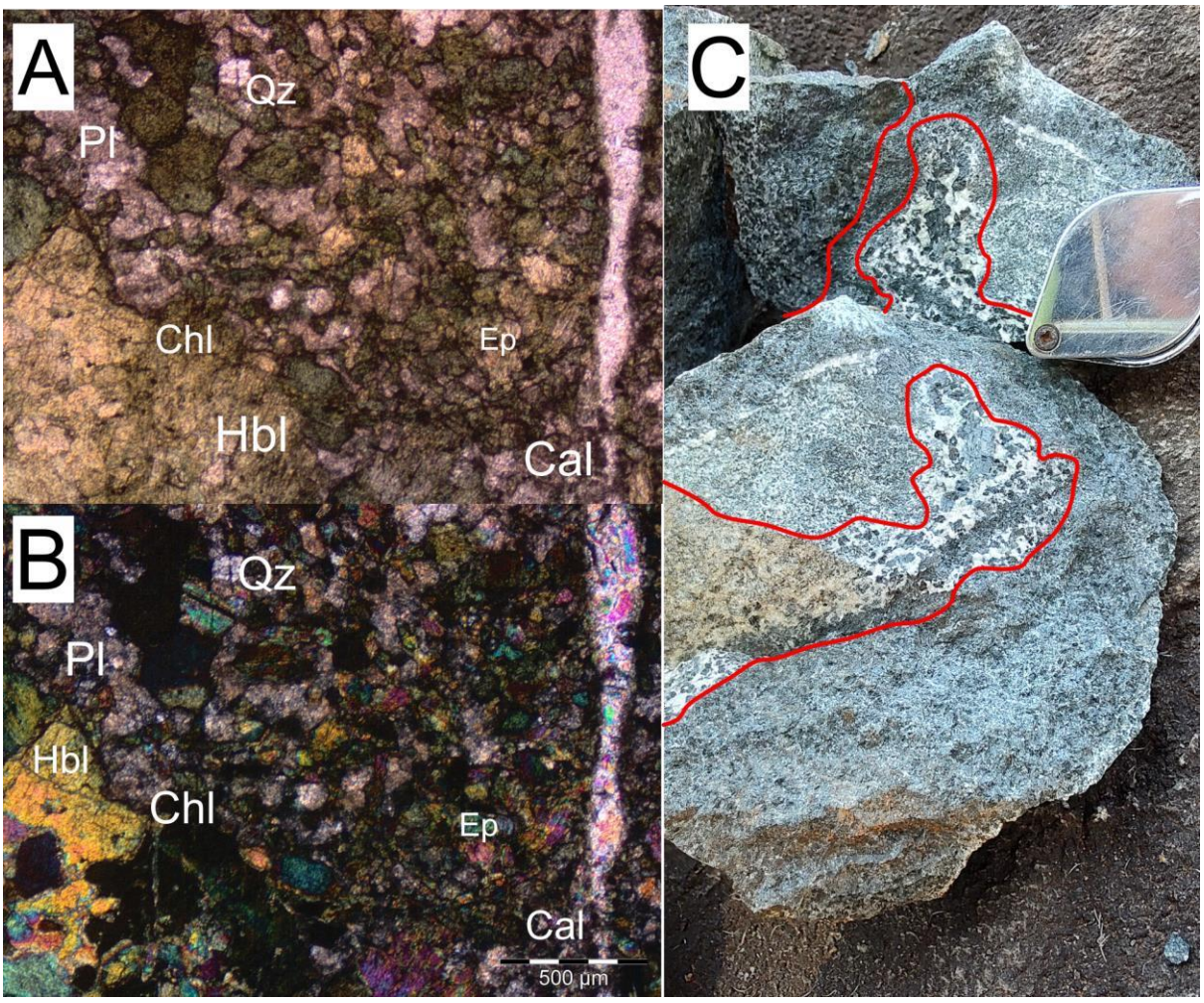


Figura 6.8. Em A, observa-se a amostra TF23-VIII-03A, sob nicois paralelos, evidenciando feição de mingling presente no metagabro. É possível observar cristais grossos e finos de hornblenda e plagioclásio, configurando textura diablástica a granoblástica. Subordinadamente, há notável presença de epidoto e clorita, com quartzo, marcando a segunda assembleia mineral da rocha. Por fim, observa-se um veio tardio de calcita, registrando deformação rúptil na litologia. Em B, mesma seção de A, sob nicois cruzados. Em C, amostras de mão de metagabro, mostrando domínios de mistura física de magma, discriminados pelo traçado vermelho, sendo evidenciado pelo contraste de granulação. Coordenadas: 22S 427854 E 8175445 N.

Em lâmina, observa-se que a amostra apresenta a mesma composição mineralógica de hornblenda, plagioclásio e quartzo subordinado, com o domínio de *mingling* sendo representado pelos cristais de granulação grossa. Desta maneira, entende-se que o pico metamórfico da rocha atingiu fácies anfibolito e que presença de minerais como epidoto e clorita, principalmente, são indicativos de retrometamorfismo em fácies xisto verde. Associado a isso, é possível observar o registro de deformação rúptil posterior com a presença de vênulas de calcita, recortando ambos os domínios.

Ademais, os anfibolitos presentes na unidade também encontram-se intensamente foliados, compostos essencialmente por hornblenda, plagioclásio e titanita e textura

nematoblástica marcante.

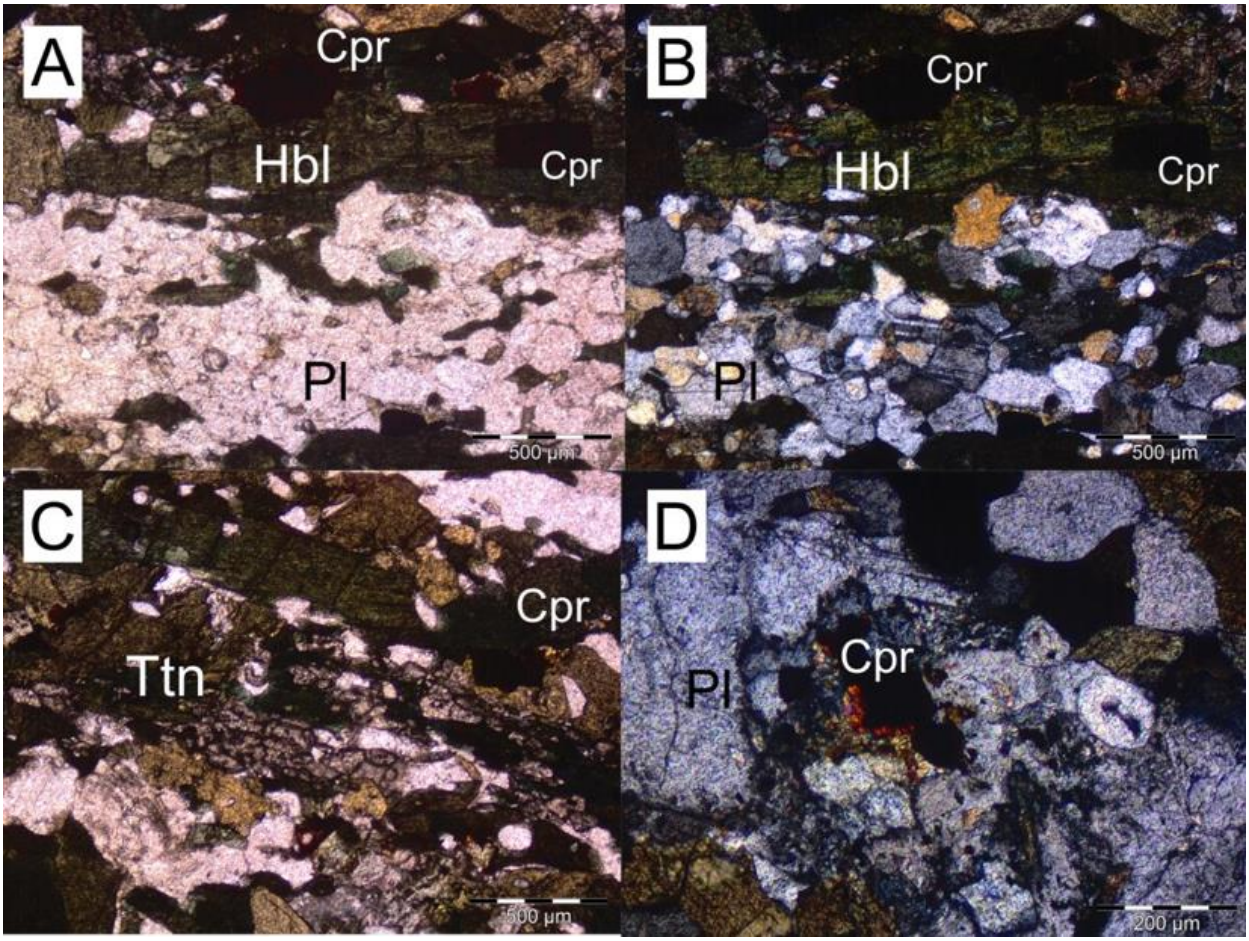


Figura 6.9. Em A e B, seção evidenciando forte foliação marcada por textura nematoblástica, sob nicois paralelos e cruzados, respectivamente. Nestas seções, bem como em D, é notável a presença de óxidos vermelhos dispersos, com hábito prismático euédrico a anédrico, provisoriamente identificado como cuprita. Em C, marcante presença de titanita granular, paralela à foliação, compondo cerca de 10% da lâmina. Coordenadas: 22S 420866 E 8175757 N.

O gnaisse calcissilicático presente na área VIII aflora como blocos métricos em pasto. Apresenta granulação média a grossa, de coloração verde claro e porfiroblastos de granada. Ademais, observa-se que a litologia se apresenta intensamente deformada, com dobras recumbentes fechadas a isoclinais e alto mergulho.

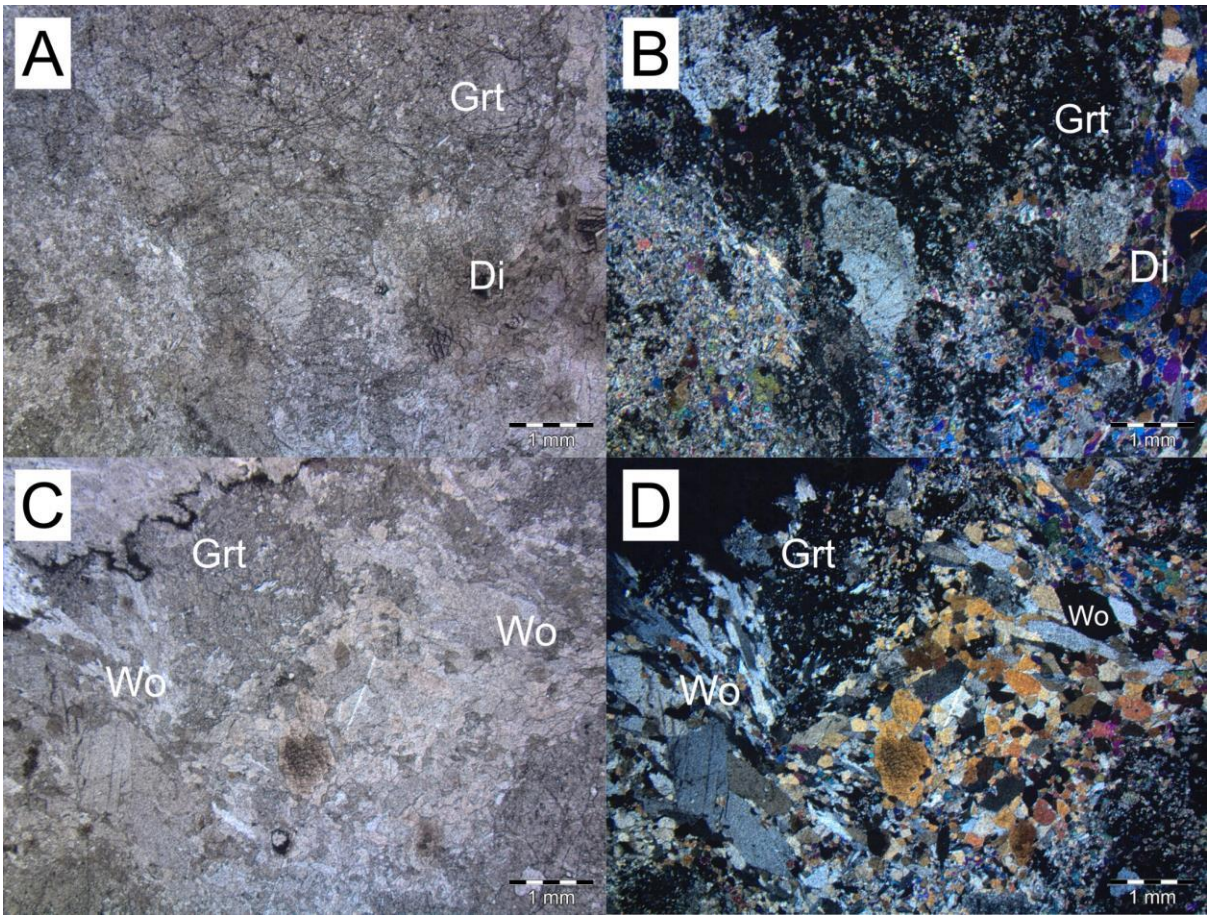


Figura 6.10. Em A, fotomicrografia de gnaisse calcissilicático, onde é possível observar, sob nicois paralelos porfiroblastos de granada com inclusões de diopsídio. Em B, mesma seção, sob nicois cruzados, evidenciando bandamento gnaissico, marcado por bandas de granulação fina e grossa com cristais de diopsídio e wollastonita. Em C, cristais grossos de wollastonita prismáticos, associados à porfiroblasto de granada. Em D, mesma seção de C, porém, sob nicois cruzados.Coordenadas: 22S 428192 E 8173595 N.

Na figura acima, observa-se fotomicrografias de gnaisse calcissilicático, onde é possível observar porfiroblastos de granada com inclusões de diopsídio; calcita intersticial, diopsídio e wollastonita granulares a prismáticos, orientados, formando textura nematoblástica. Ademais, vale ressaltar que a amostra pode ser classificada como um gnaisse calcissilicático, tendo em vista a presença de bandamento, com cerca de 1,5 a 2 cm de espessura. Tal bandamento gnáissico se torna evidenciado pelo contraste de granulação grossa e fina entre os cristais de diopsídio e wollastonita.

Os xistos metassedimentares apresentam coloração avermelhada e afloram ao longo de toda unidade, com predomínio na porção oeste. Restringem-se principalmente a porções mais escavadas do relevo, aflorando na forma de lajedos (figura 6.11) ao longo de vias não pavimentadas e como blocos decimétricos espalhados pela superfície.

Apresentam granulação fina a média, sendo compostos por quartzo e muscovita. A coloração avermelhada foi atribuída à presença de óxidos de ferro dispersos ao longo da foliação.



Figura 6.11. Vista em planta de xisto metassedimentar avermelhado dobrado e crenulado da unidade Córrego do Santo Antônio. Os flancos das dobras estão representados pelos traçados amarelos contínuos, ao passo que o traçado amarelo pontilhado representa os flancos da crenulação.

As rochas metaultramáficas afloram de modo restrito a altos topográficos locais, na forma de blocos métricos. São representados principalmente hornblenditos, tremolititos, clorita-xistos e ocasionais metawebsteritos de granulação grossa, predominantemente. Ocasionalmente, é possível observar cristais acessórios de titanita e espinélio.

6.3 Gnaisse Arenópolis

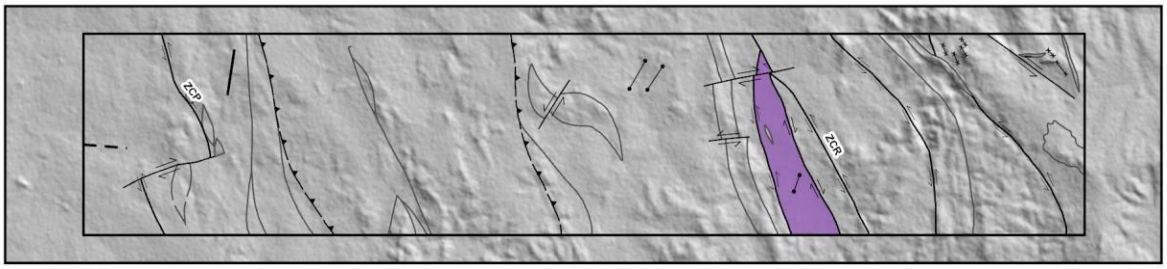


Figura 6.12. Localização da Unidade Gnaisse Arenópolis na Área VIII.

Este litotipo tem ocorrência majoritária na porção centro-leste das áreas ao norte do Projeto Arenópolis em *trend* NW-SE (Figura 6.12). Nas áreas ao sul, apresenta-se como um corpo alongado em *trend* NNW-SSE de menor dimensão. Aflora preferencialmente como blocos de escala submétrica a métrica, bem como lajedos em drenagens (Figura 6.13A), com evidente bandamento gnáissico e forte foliação milonítica (Figuras 6.13B e 6.13C). As rochas apresentam coloração cinza escuro e bandas de feldspato potássico e quartzo, juntamente com bandas compostas por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e muscovita primária.

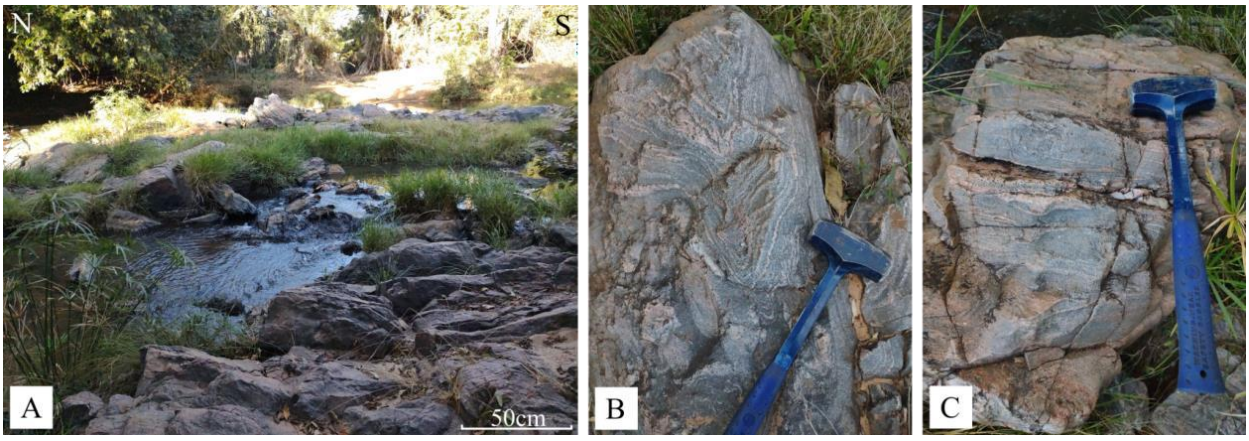


Figura 6.13. Gnaisse Arenópolis. A) Afloramento em leito de rio. B e C) Bandamento gnáissico típico do Gnaisse Arenópolis.

Esta unidade apresenta duas fácies aflorantes na área VIII. A primeira, já retratada na figura 6.13 acima, representa a fácies de composição granítica, intensamente deformada, com bandamento gnássico bem desenvolvido. De modo subordinado, foi possível identificar fácies de composição tonalítica (quartzo, plagioclásio e hornblenda), com bandamento incipiente, próximo ao contato com o gnaisse Ribeirão.

6.4 Gnaisse Ribeirão

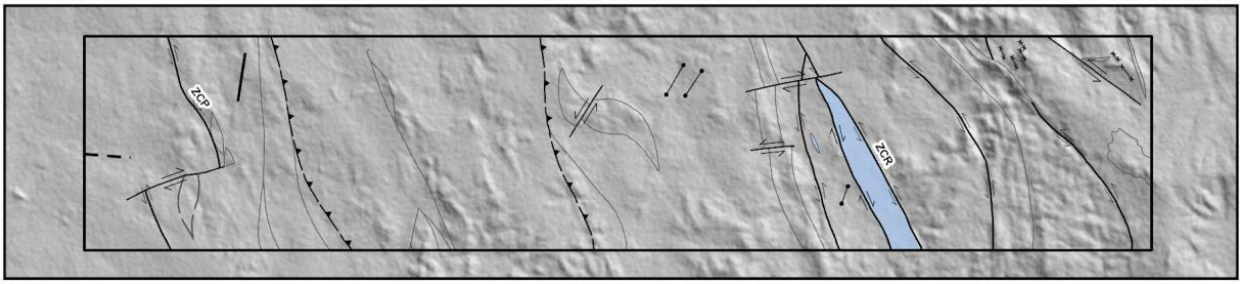


Figura 6.14. Localização da Unidade Gnaisse Ribeirão na Área VIII.

Esta unidade está restrita à porção centro-leste da área VIII, adjacente ao leste da unidade Gnaisse Arenópolis (Figura 6.14). O corpo aflora por 15 km ao longo de um *trend* NNW-SSE na forma de blocos métricos e lajedos.

O relevo é constituído principalmente por morrotes suaves a íngremes, sendo mais acidentado ao se comparar com a unidade Córrego do Santo Antônio. A vegetação predominante consiste em gramíneas de grande porte e árvores de pequeno a médio porte.

A litologia consiste em biotita-tonalito, com associação mineral típica de quartzo, plagioclásio (An_{30} - Andesina), com biotita e cristais acessórios de zircão. É possível observar domínios com forte bandamento gnaissico, assim como porções de bandamento gnaissico fino, ambos marcados por concentrações variáveis de biotita.

Além disso, foram observadas porções migmatizadas, conforme pode ser visto na figura abaixo. Estas feições, juntamente com a mineralogia típica, auxiliaram na distinção entre os dois corpos gnáissicos justapostos.

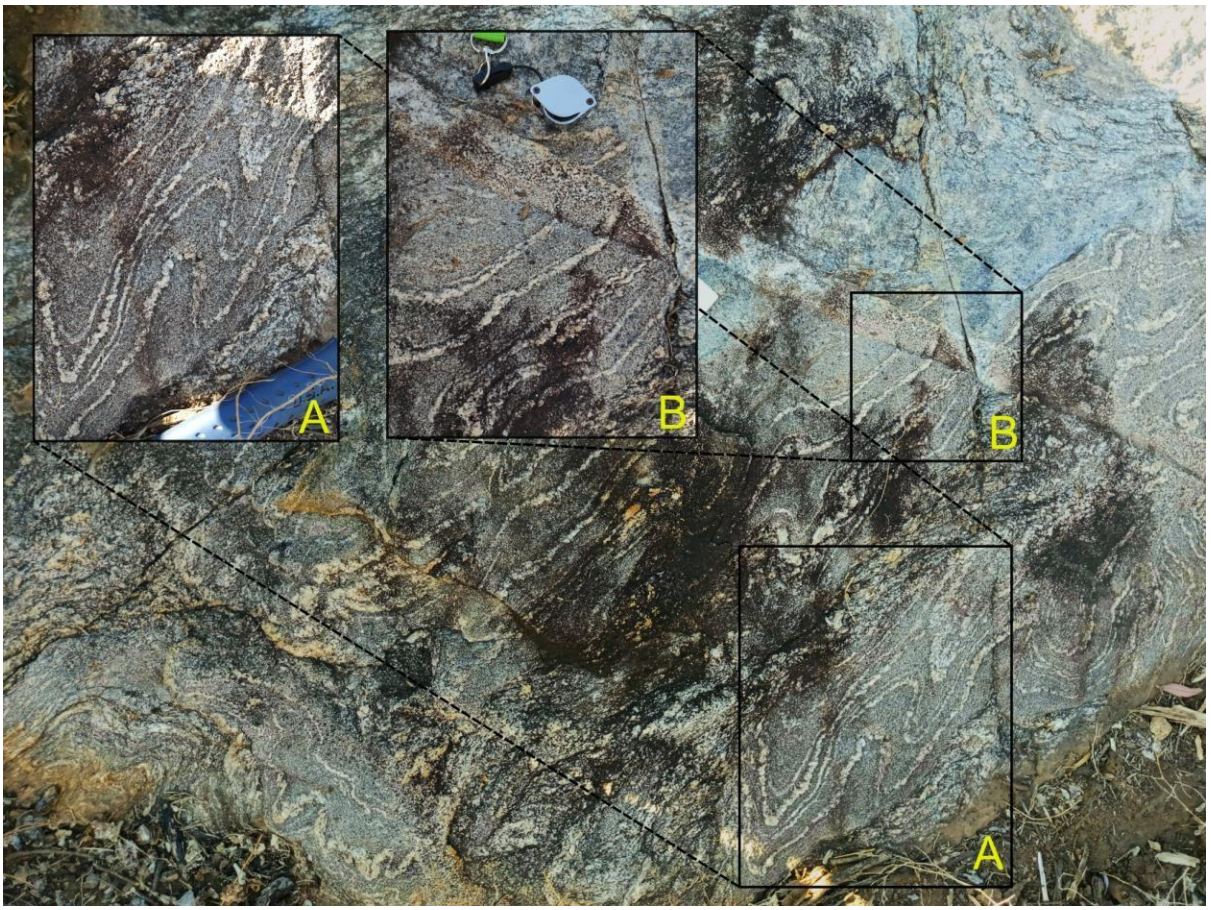


Figura 6.15. Afloramento *do gnaisse Ribeirão, mostrando feições de migmatização, onde a relação entre a deformação e geração dos neossomas não se expressa de maneira evidente. Assim, a deformação pode ou não ser síncrona à geração dos neossomas*

É importante ressaltar que, apesar desta unidade possuir uma assembleia mineral simples, apresenta diversas fases deformacionais, como redobramento em escala mesoscópica, fraturas preenchidas em múltiplas direções e a clara dificuldade em identificar diferentes foliações.

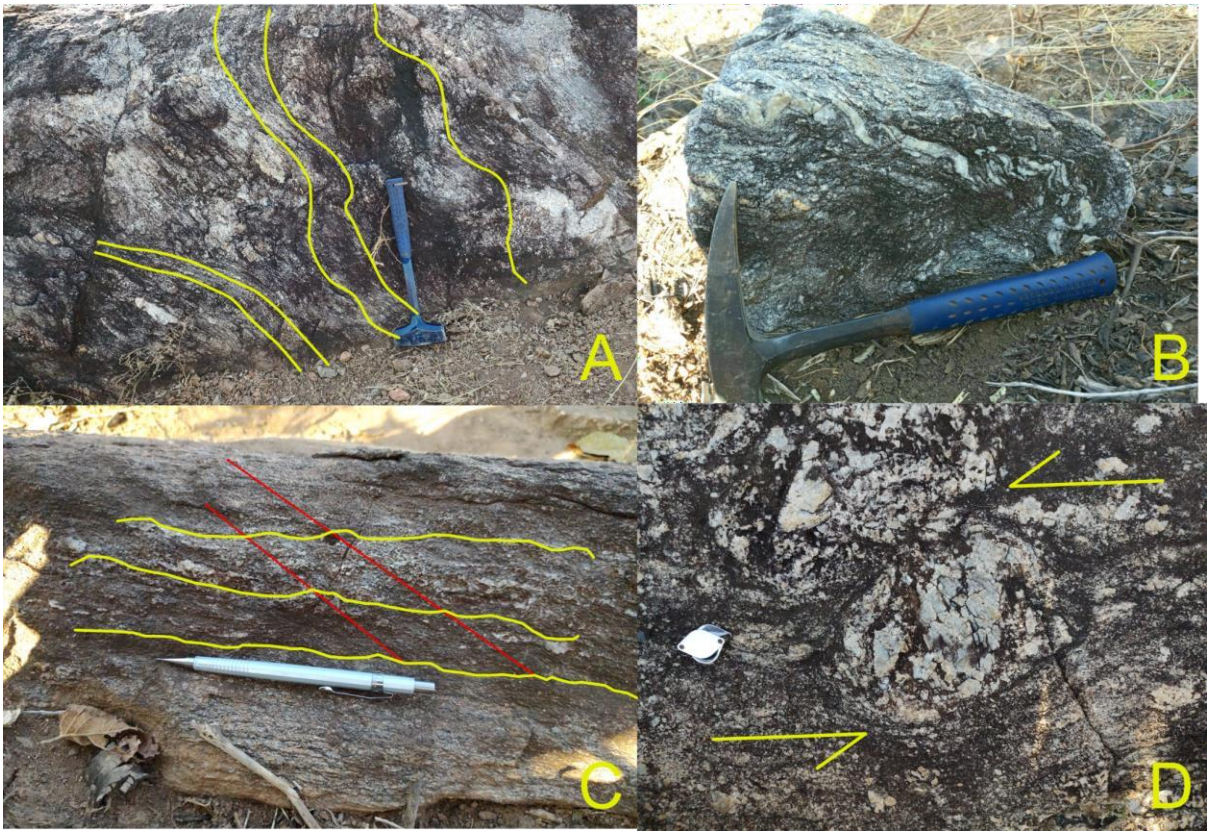


Figura 6.16. Feições de deformação no gnaisse Ribeirão. Em A, foliação anastomosada, truncada por fraturas; em B, leucossomas rompidos; em C, foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas em vermelho representam o plano C; por fim, em D, megaporfiroblasto de quartzo rotacionado, evidenciando cinemática sinistral.

Na Área VIII, foi confeccionada uma lâmina delgada (TF23-VIII-31A) e a partir dela, foi possível constatar que a mineralogia é simples, sendo composta de 50% de quartzo, 35% de plagioclásio, 14% de biotita e 1% de zircão como acessório. A granulação varia entre fina e média (0,1 mm a 2 mm nos maiores grãos), sendo que a foliação estava definida pela orientação de cristais de biotita, como mostrado na figura 6.17A. Foram vistas feições microestruturais como plagioclásio com maclamento por tensão e quartzo com extinção ondulante.

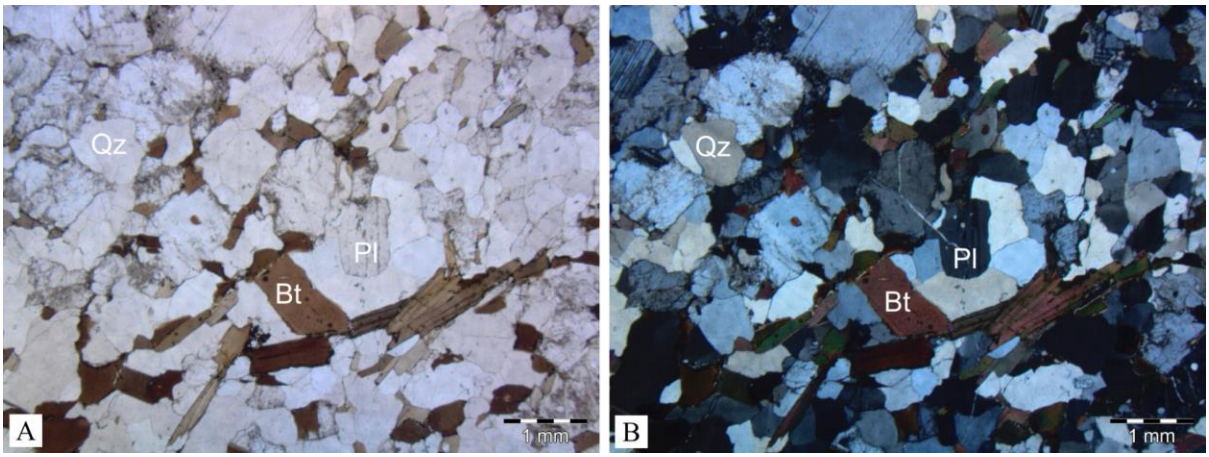


Figura 6.17. Fotomicrografia do Gnaisse Ribeirão. A) A nicóis descruzados, disposição geral dos minerais, com a biotita fortemente orientada definindo a foliação. B) A nicóis cruzados, trama mineralógica mostrando cristais com contatos retos, curvos e serrilhados, é possível ver cristais de quartzo com extinção ondulante. Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N.

6.5 Unidade Córrego da Onça

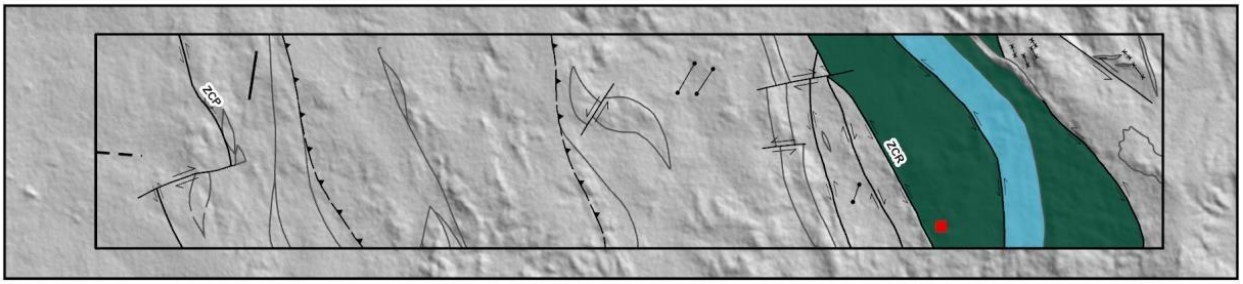


Figura 6.18. Localização da Unidade Córrego da Onça na Área VIII. O quadrado vermelho indica a localização de granito subordinado.

A Unidade Córrego da Onça está localizada na porção leste nas áreas do Projeto Arenópolis, na Área VIII encontra-se limitada por falhas, entre o Gnaisse Ribeirão e o Granito Serra do Tatu (Figura 6.18).

O relevo nesta unidade é fortemente ondulado, constituído por morros com vales fechados a encaixados. A vegetação é composta por árvores de médio porte, onde predominam pastos e gramíneas. O padrão de drenagem é dendrítico, com densidade moderada, podendo destacar-se o Córrego da Pinguela em função da grande ocorrência de afloramentos.

Em escala regional, apresenta-se como uma faixa de direção NNW, sendo composta por anfibolitos grossos foliados. A rocha tem coloração cinza escura, contém cristais de plagioclásio (20% modal) estirados e subédricos de até 5 mm.

Além disso, foram descritos anfibolitos grossos com bandamento anastomosado entre os cristais de anfibólio e plagioclásio. Possui alta porcentagem de minerais félsicos

(aproximadamente 65%). Ademais, a rocha apresenta forte foliação, com mergulho alto, onde algumas porções exibem bandamento de granulações distintas, com relação aos cristais de anfibólio (Figura 6.20A).

Em lâmina (Figura 6.20A e 6.20B), é possível observar cristais grossos de hornblenda, ocasionalmente brechados, associados a cristais finos a médios de plagioclásio e epidoto. A textura predominante observada é granoblástica a nematoblástica discreta, com uma foliação incipiente, mais facilmente observada em escala mesoscópica e de afloramento. Além disso, os cristais finos e granulares de epidoto apresentam orientação difusa, de modo que se assemelham à direção de fluxo de fluido, conforme observado em escala de afloramento. Por fim, são observados veios de calcita que recortam a litologia, representando deformação rúptil tardia na unidade.

Ademais, foram descritos ao longo da unidade, anfibolitos finos foliados com plagioclásio (aproximadamente 37% modal). Esta litologia se apresentava com coloração cinza-escura a preta, sendo vistas em campo, relações de mistura de magmas com feição de contato quente entre o anfibolito fino e anfibolito grosso (Figura 6.22B).

Foi possível cartografar também a presença de uma litologia classificada como metagrauvaca, esta litologia possui coloração cinza, composta de hornblenda, plagioclásio, quartzo, sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita) concordantes à foliação (Figura 6.19 e 6.22C). Podem apresentar magnetismo, em função da presença de pirrotita.



Figura 6.19. Afloramento em lajedo de metagrauvaca com sulfetos, com foliação ressaltada em amarelo.

Foram confeccionadas, na Área VIII, duas lâminas delgadas dos anfibolitos desta unidade, cada uma representando uma fácies: TF23-VIII-35A representando os anfibolitos

finos foliados e TF23-VIII-115B representando os anfibolitos grossos foliados, como mostrado na figura 6.20 abaixo.

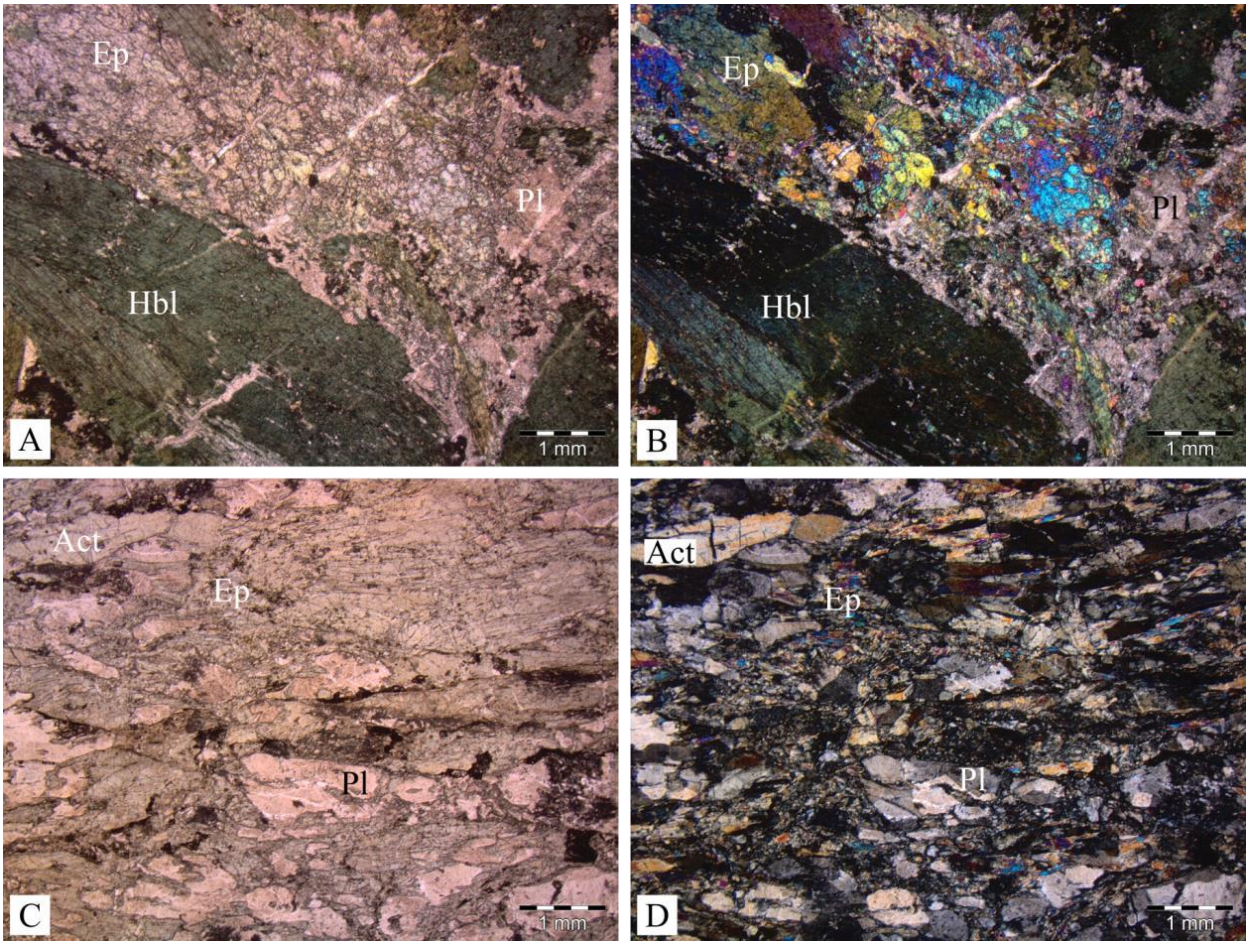


Figura 6.20. Fotomicrografias de anfibolitos presentes na unidade Córrego da Onça na Área VIII. A e B) A nicóis paralelos (A) e cruzados (B), distribuição de cristais grossos de Hbl em matriz fina de Pl e Ep. Em C e D (nicóis paralelos e cruzados, respectivamente) anfibolito fino com actinolita, plagioclásio, epidoto e titanita, intensamente foliado. Coordenadas A e B (TF23-VIII-115B): 22S 438016 E 8173649 N. Coordenadas C e D (TF23-VIII-35A): 22S 434364 E 8173325 N.

Ademais, foram identificados xistos metassedimentares avermelhados, similares ao observado na unidade Córrego do Santo Antônio. Foram cartografados muscovita-quartzo-xistos e muscovita quartzitos, de granulação média a grossa, dobrados e com mergulho de alto grau (figura 6.21). Vale comentar que esta litologia aflora ao longo de uma estreita faixa, fortemente estruturada e alongada segundo N-S, conforme pode ser visto no mapa geológico da área VIII (figura 6.1).

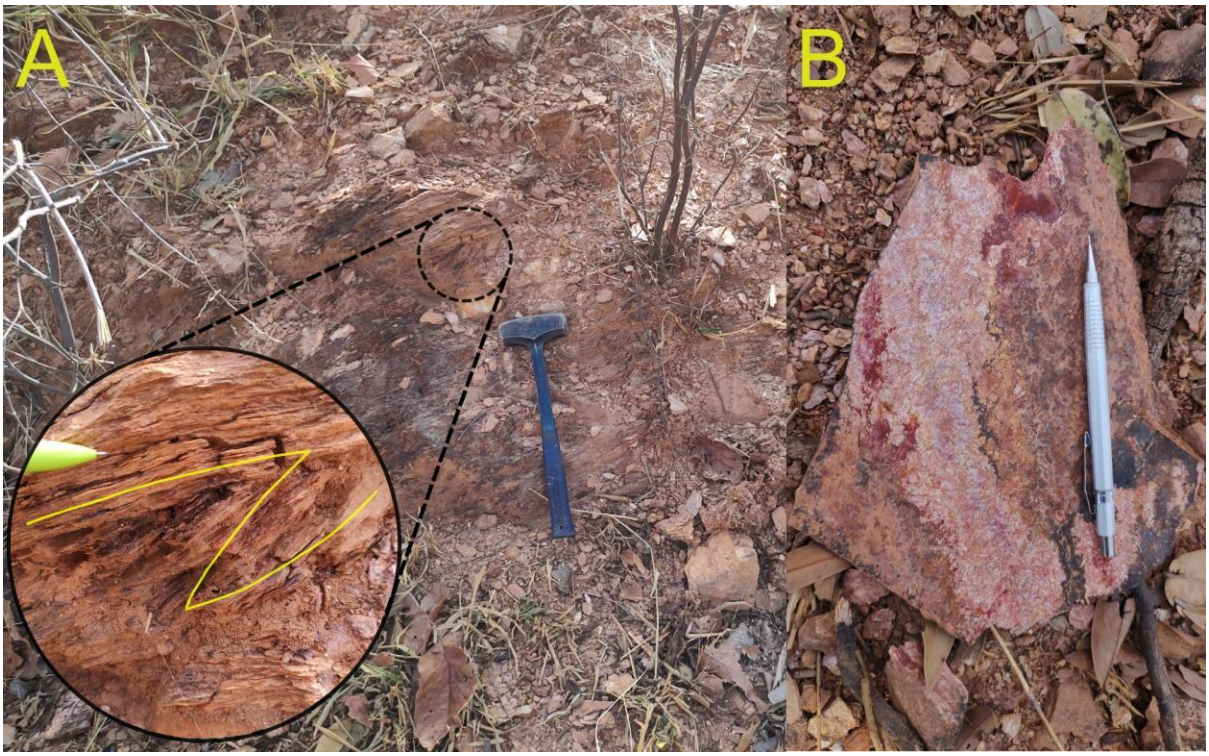


Figura 6.21. *Xisto metassedimentar médio avermelhado, com destaque para dobras em chevron de mesoescala em A. Em B, amostra de mão, com vista ortogonal à foliação, evidenciando granulação média a grossa da litologia.*



Figura 6.22. Rochas da Unidade Córrego da Onça. A) Anfibolito grosso com foliação anastomosada e bandamento entre porções de anfibólio com diferentes granulações. Na imagem, é possível observar um veio pegmatítico cortando a foliação. B) Relação de campo entre anfibolitos de diferentes granulações; no detalhe é possível ver feições de contato quente entre as duas rochas. C) Metagrauvaca sulfetada, detalhe mostrando cristais de pirita na foliação. D) Amostra de mão de g*ranito milonitizado.*

Por fim, foram observados também granitos milonitizados subordinados que intrudem os anfibolitos adjacentes (Figura 6.22D). De forma geral, as rochas mostram forte foliação N-S e NNW com mergulho alto (>60°). A rocha apresenta porfiroclastos de feldspato potássico em matriz fortemente recristalizada, configurando um milonito. Além disso, a descrição petrográfica também permitiu observar que a amostra apresenta feições de deformação rúptil, na forma de veios de quartzo. Observa-se abaixo, fotomicrografias desta amostra.

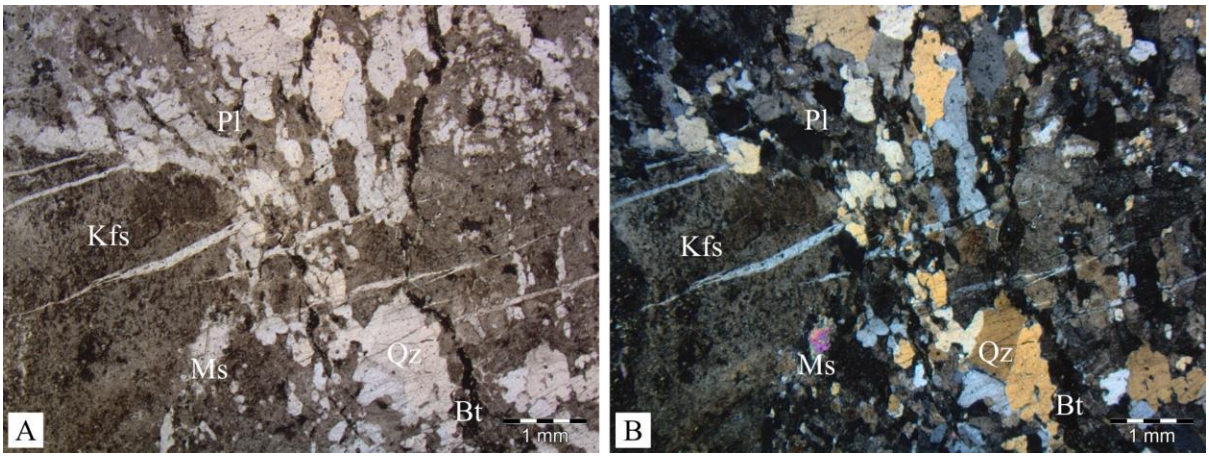


Figura 6.23. Fotomicrografias do granito encontrado na Unidade Córrego da Onça. Figuras A e B (nicóis descruzados e cruzados, respectivamente) mostram a disposição geral dos minerais, com porfiroclastos de Kfs em matriz recristalizada de quartzo, plagioclásio, biotita e muscovita. Coordenadas: 22S 434549 E 8173500 N.

A lâmina delgada deste granito mostrou que a rocha tem elevado grau de alteração dos feldspatos para sericita, além de conter biotita moderadamente alterada para clorita - sendo estes, concentrados na foliação anastomosada presente na rocha. A muscovita está presente em escassas seções, sempre na matriz cataclasada. A rocha contém 38% de quartzo, 35% de plagioclásio, 15% de feldspato potássico (sendo que os feldspatos exibem sericitização), 10% de biotita e 2% de muscovita. A composição modal indica tratar-se de um granodiorito milonitizado.

6.6 Granito Serra do Tatu

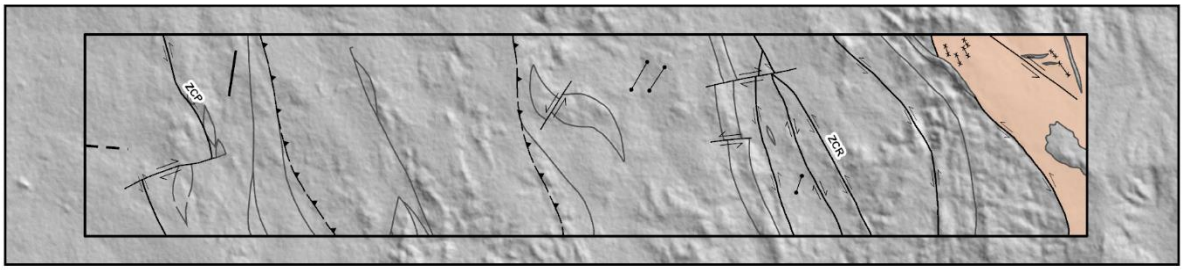


Figura 6.24. Localização da Unidade Serra do Tatu na Área VIII.

O Granito Serra do Tatu apresenta-se como um corpo alongado de 17 km de extensão na direção NNW no extremo leste das áreas mapeadas (Figura 6.24). O relevo é acidentado e ondulado, a vegetação é densa e composta de árvores de médio a alto porte. Aflora como uma serra de aproximadamente 100 metros de desnível, estando entre as rochas da Unidade Córrego da Onça a oeste e o Gnaisse Arenópolis a leste. Além disso, rochas sedimentares da Bacia do Paraná afloram sobre pequenas porções do granito.

Trata-se de granitos acinzentados a rosados (Figura 6.25) com foliação incipiente a milonítica em sentido NNW e NW, a mineralogia é composta de quartzo (±40%), plagioclásio (An_{37} – Andesina, ±28%), feldspato potássico (±25%), biotita (±5%) e hornblenda (±2%).

A Serra do Tatu encontra-se com uma falha sentido NW-SE, ao longo desta zona o granito apresenta forte foliação milonítica (Figura 6.25B), marcada por cristais de biotita. Apesar da forte foliação, ainda é possível identificar cristais euédricos de feldspato potássico em meio a cristais menores que sofreram cataclase.



Figura 6.25. Granitos da serra do Tatu. A) Granito acinzentado foliado. B) Granito exibindo forte foliação milonítica marcada pelos cristais de biotita.

Há a presença de uma falha transcorrente sinistral na Serra do Tatu, uma amostra das rochas ao longo desta falha foi laminada (Figura 6.26D), permitindo aferir que trata-se de um tonalito milonitizado. Se configura como uma rocha de granulação muito fina a fina, composta de quartzo, plagioclásio e escassos cristais de muscovita e hornblenda ao longo dos planos de foliação. A hornblenda também é encontrada em fraturas preenchidas, em que fluidos percolaram. Nas figuras 6.26A e 6.26B, observa-se a trama da foliação milonítica fortemente orientada. Na figura 6.26C é possível visualizar, a nicóis descruzados, cristais de muscovita e hornblenda na foliação, de modo que também é possível ver cristais de quartzo com extinção ondulante e geometria sigmoidal sinistral.

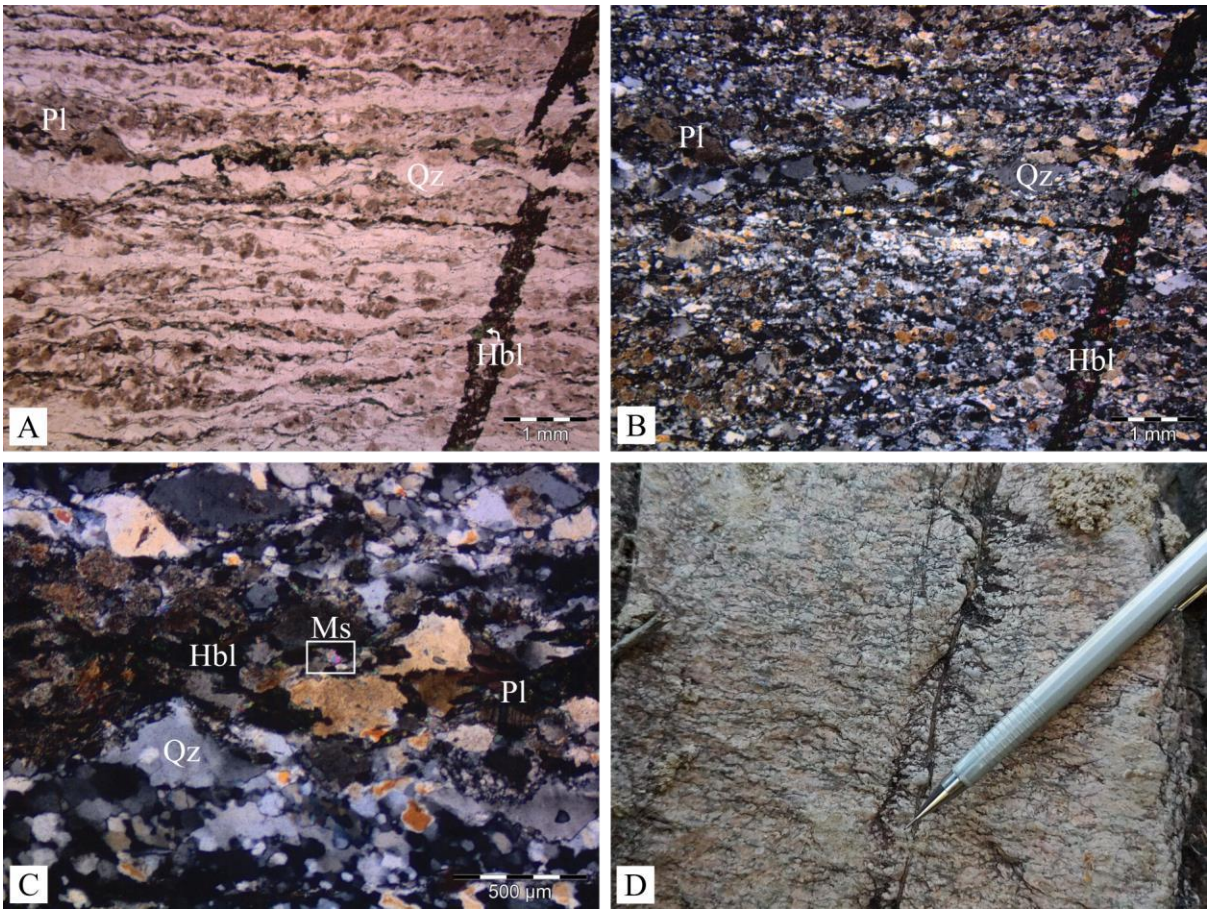


Figura 6.26. Micrografias da porção milonitizada do Granito Serra do Tatu. A e B) A nicóis paralelos e cruzados, respectivamente, temos o aspecto geral da foliação milonítica SC sendo cortada por veio de Hbl. C) a nicóis cruzados temos cristais recristalizados de Qz e Pl, cristais de Ms com granulometria muito fina e Hbl na foliação. D) Macro da amostra laminada. Coordenadas de TF23-VIII-128A: 22S 437579 E 8176390 N.

6.7 Vulcânicas Córrego do Horácio

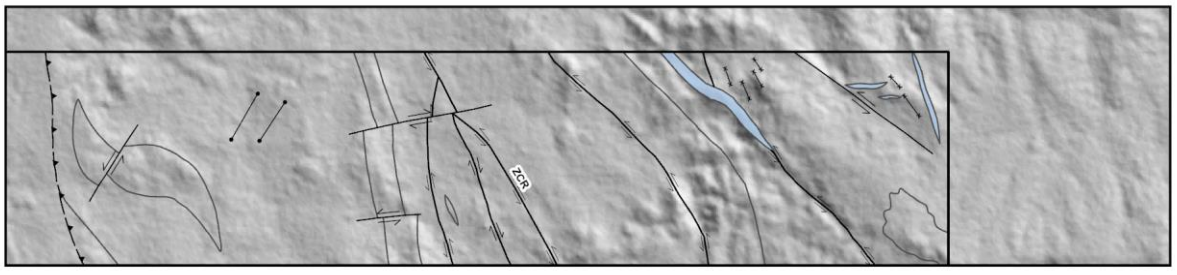


Figura 6.27. Localização da Unidade Córrego do Horácio na Área VIII.

As rochas vulcânicas da unidade Córrego do Horácio (CH) estão localizadas nas imediações dos limites entre a Unidade Córrego da Onça e o Granito Serra do Tatu (Figura 6.27), em imagens remotas aparecem como corpos alongados e extensos (decamétricos a

quilométricos) com *trend* NW-SE e W-E. Têm ótima exposição ao longo do Córrego da Onça (córrego homônimo à unidade da Sequência Metavulcanossedimentar Piranhas-Arenópolis), a forma de lajedos ao longo de seu leito. Foram encontradas serras alongadas que foram correlacionadas com o CH sobre o Granito Serra do Tatu. Tais serras apresentavam solo arenoso, branco, vegetação com árvores esparsas de médio porte e gramíneas. De modo geral, as rochas vulcânicas desta unidade estão localizadas dentro do feixe de Zonas de Cisalhamento Ribeirão que está localizada nas Unidades Córrego da Onça e do Granito Serra do Tatu, de maneira que tal feixe de zonas possa ser responsável pela colocação deste enxame de diques.

A unidade Córrego do Horácio abrange riolitos de coloração bege a avermelhados, textura afanítica a porfirítica/glomeroporfirítica, ocasionalmente apresentam esferulitos. Ademais, estão fortemente orientados segundo o *trend* regional e apresentam feições de deformação como forte foliação com mergulho subvertical, dobras, falhas e fraturas de cisalhamento.

Em campo, foi possível observar relações de assimilação dos riolitos com anfibolitos (Figura 6.28A), estruturas de fluxo (Figura 6.28B e 6.28C) e tonalitos milonitizados (Figura 6.28C).

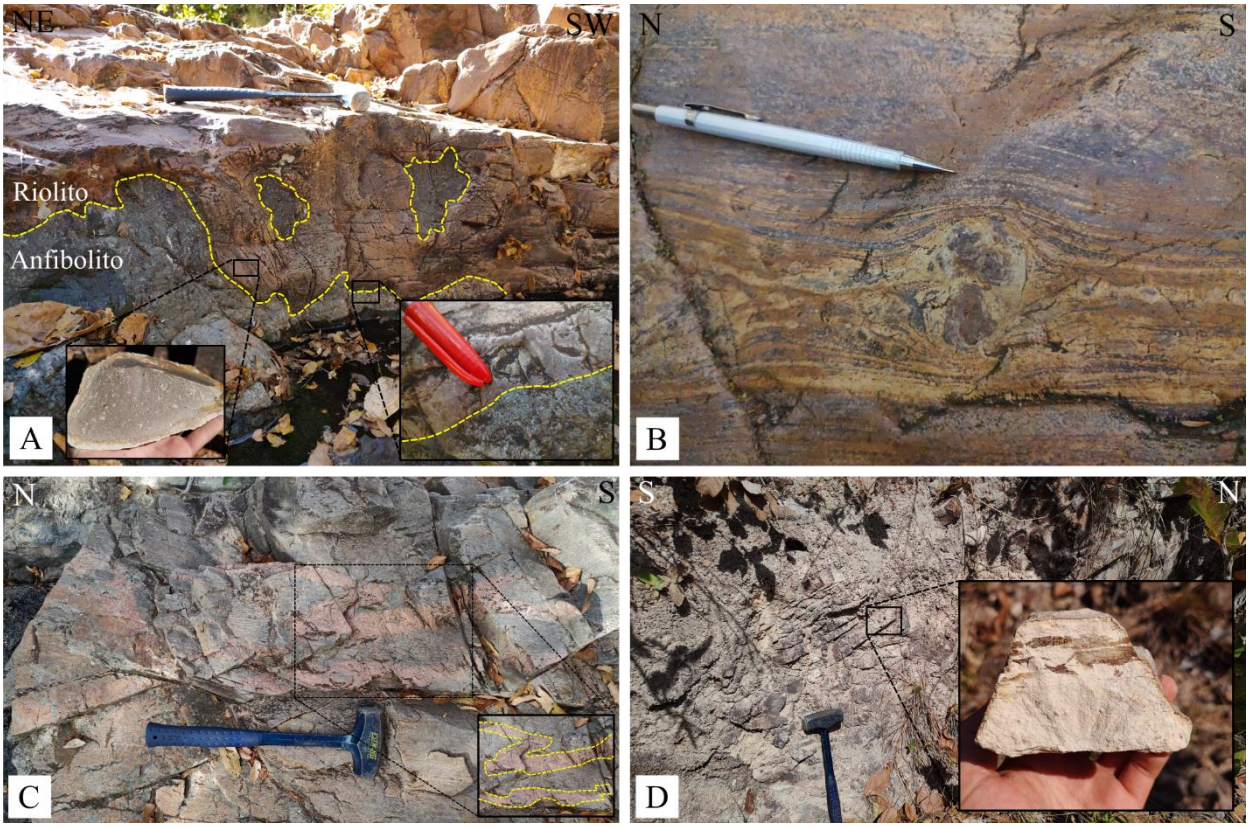


Figura 6.28. Derrames riolíticos característicos da unidade. Em A, derrame riolítico avermelhado, sob anfibolito fino com enclaves do mesmo. Além disso, é possível observar no detalhe, amostra de riolito de coloração bege de textura

glomeroporfirítica de quartzo e feldspato. Em B, clasto rotacionado ao ser incorporado no fluxo riolítico, com esferulitos visíveis na porção superior da imagem. Em C, diques decimétricos de riolito cortando tonalito milonitizado do Granito Serra do Tatu. Em D, afloramento de riolito alterado para caulinita, com texturas primárias de fluxo fracamente preservadas

Na figura abaixo (figura 6.29), é possível observar em seção delgada, riolitos avermelhados da unidade Córrego do Horácio, com esferulitos ocasionais. Além disso, é possível observar na matriz, foliação por fluxo difusa, marcada pela orientação de cristais muito finos de anfibólio e mica (figura 6.29B).

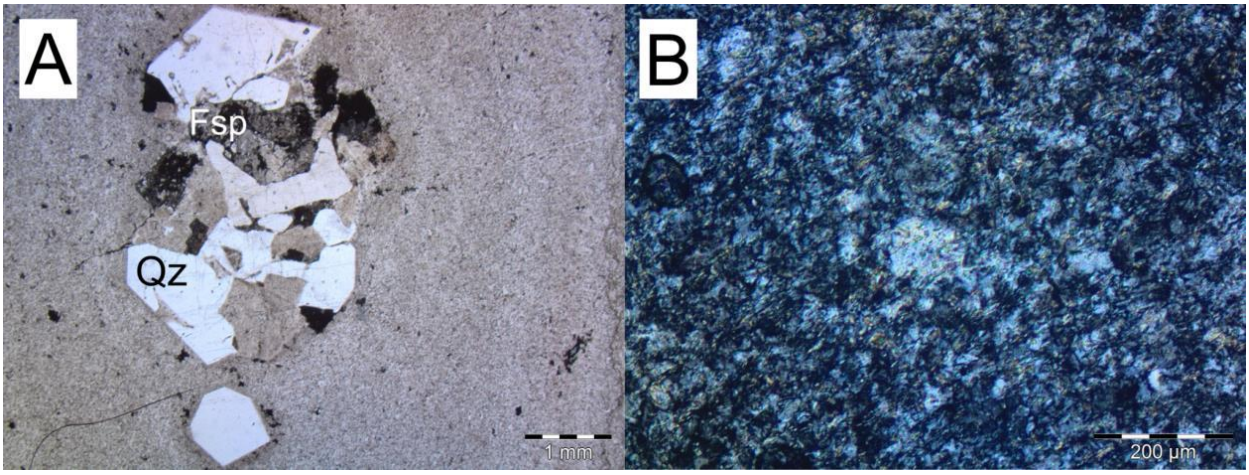


Figura 6.29. Em A, vista geral de riolito com textura glomeroporfirítica, com quartzo e feldspato, sob nicois paralelos. Em B, fotomicrografia da matriz de quartzo, feldspato, anfibólio e mica muito finos, com esferulito ao centro, sob nicois cruzados. Coordenadas: 22S 434488 E 8177655 N.

6.8 Bacia do Paraná

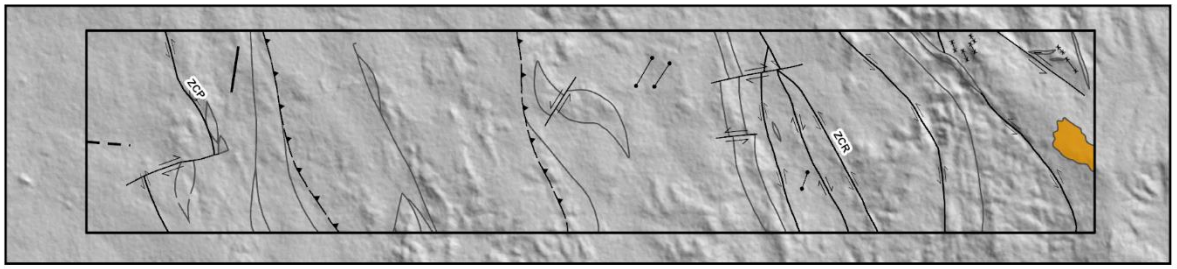


Figura 6.30. Localização da Bacia do Paraná na Área VIII.

As rochas sedimentares, atribuídas à Bacia do Paraná, constituem a menor porção da área VIII. Afloram nas regiões mais elevadas da unidade Serra do Tatu (Figura 6.30 e 6.31).



Figura 6.31. Paisagem mostrando contato entre porção isolada da Bacia do Paraná com Granito Serra do Tatu, evidenciado pela marcação em amarelo. Em primeiro plano, a unidade Córrego da Onça. Em destaque no canto inferior direito, afloramento típico de arenito siltoso da Fm. Furnas, com estratificação plano-paralela.

A vegetação é representada por pequenos arbustos e árvores de pequeno porte e baixa densidade. O solo é arenoso, sendo produto de pedogênese do arenito da Fm. Furnas.

Tanto o arenito, quanto o siltito afloram como lajedos e blocos *in situ*, e apresentam mergulho subhorizontal, com direção de mergulho variável.

O arenito fino siltoso encontrado tem coloração bege clara a lilás, moderadamente bem selecionado, tendo em vista a grande presença de silte na amostra. Apresenta micas detríticas psamíticas Além disso, apresenta estratificação plano-paralela delgada. Vale ressaltar que as amostras são bastante friáveis. Atribuiu-se esta unidade à Formação Furnas.

Já o siltito arenoso apresenta coloração roxo-lilás, moderadamente bem selecionado, tendo em vista a presença subordinada de grãos de areia fina com micas detríticas. Atribuiu-se esta litologia à Formação Vila Maria.

6.9 Diques Alcalinos

Ao longo de toda a área do Projeto Arenópolis, foi possível encontrar blocos e diques de rochas alcalinas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás (PAGO). Os diques são compostos essencialmente por basanitos e basanitos fonolíticos, apresentando textura

porfirítica, com fenocristais de olivina, diopsídio, augita e flogopita de aproximadamente 1 cm, ou então, de textura afanítica.

Os blocos ocorrem preferencialmente ao longo do leito de drenagens, mas nos casos onde há rochas da Bacia do Paraná, é possível encontrar tais rochas como *sills* no contato da bacia com o embasamento gnaissico. Ao longo da área VIII, ambos os casos ocorrem, uma vez que foram observados diversos blocos de basanitos ao longo do perfil que atravessa a porção da Bacia na área, bem como ao longo das drenagens nas demais unidades.

Por vezes, é possível inferir a direção do dique com base no alinhamento de blocos, conforme pode ser observado na figura 6.32 abaixo.

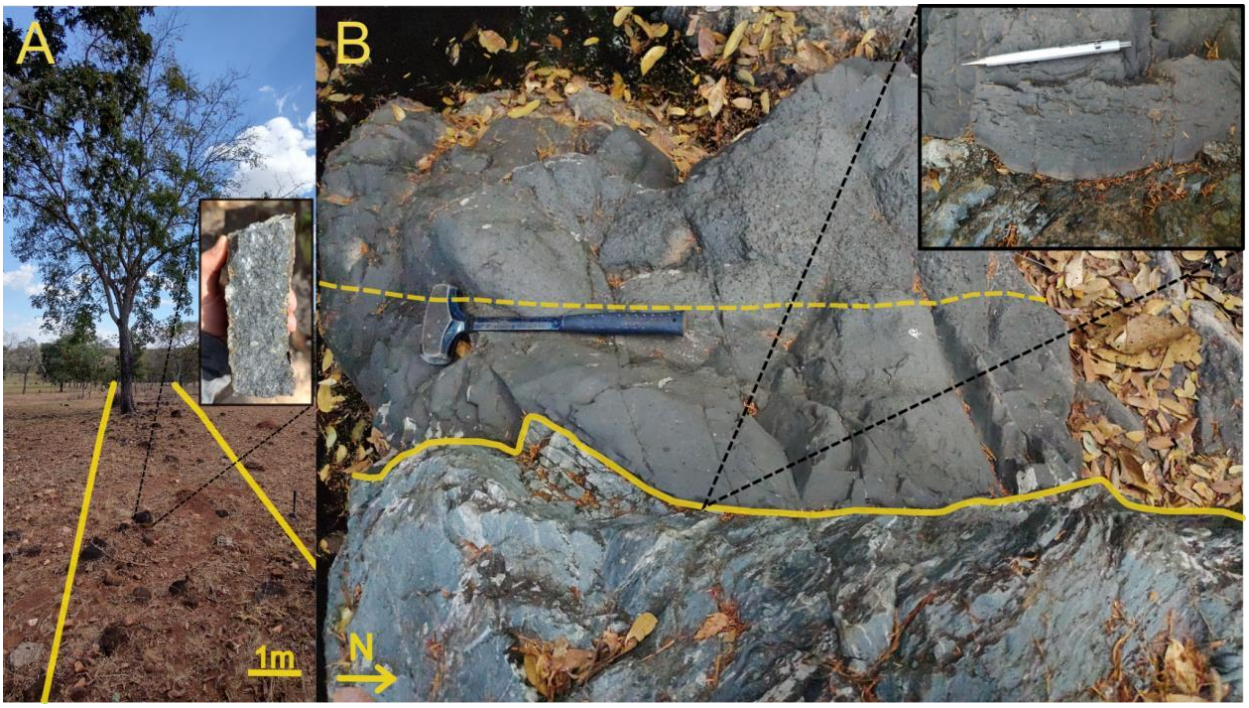


Figura 6.32. Em A, blocos de basanito alinhados ao longo de pasto, indicando presença de dique. Em B, dique de basanito in situ, recortando encaixante no Córrego do Onça. É possível observar a presença de borda de resfriamento, de textura afanítica, com domínio porfirítico, o qual marca a região central da intrusão. Tais domínios são separados pela linha pontilhada próxima à marreta.

Em lâmina, é possível observar que as amostras apresentam textura porfirítica marcante, com fenocristais de olivina e titanoaugita zonada, com matriz afanítica, marcada pela presença de nefelina e plagioclásio. Além disso, observa-se na amostra TF23-VIII-127A, xenocristal de quartzo, envolvido por cristais de piroxênio e plagioclásio finos, caracterizando textura coronítica. Ademais, são observados ocasionalmente amígdalas, compostas por calcita e zeólitas, conforme pode ser observado adiante (figura 6.33).

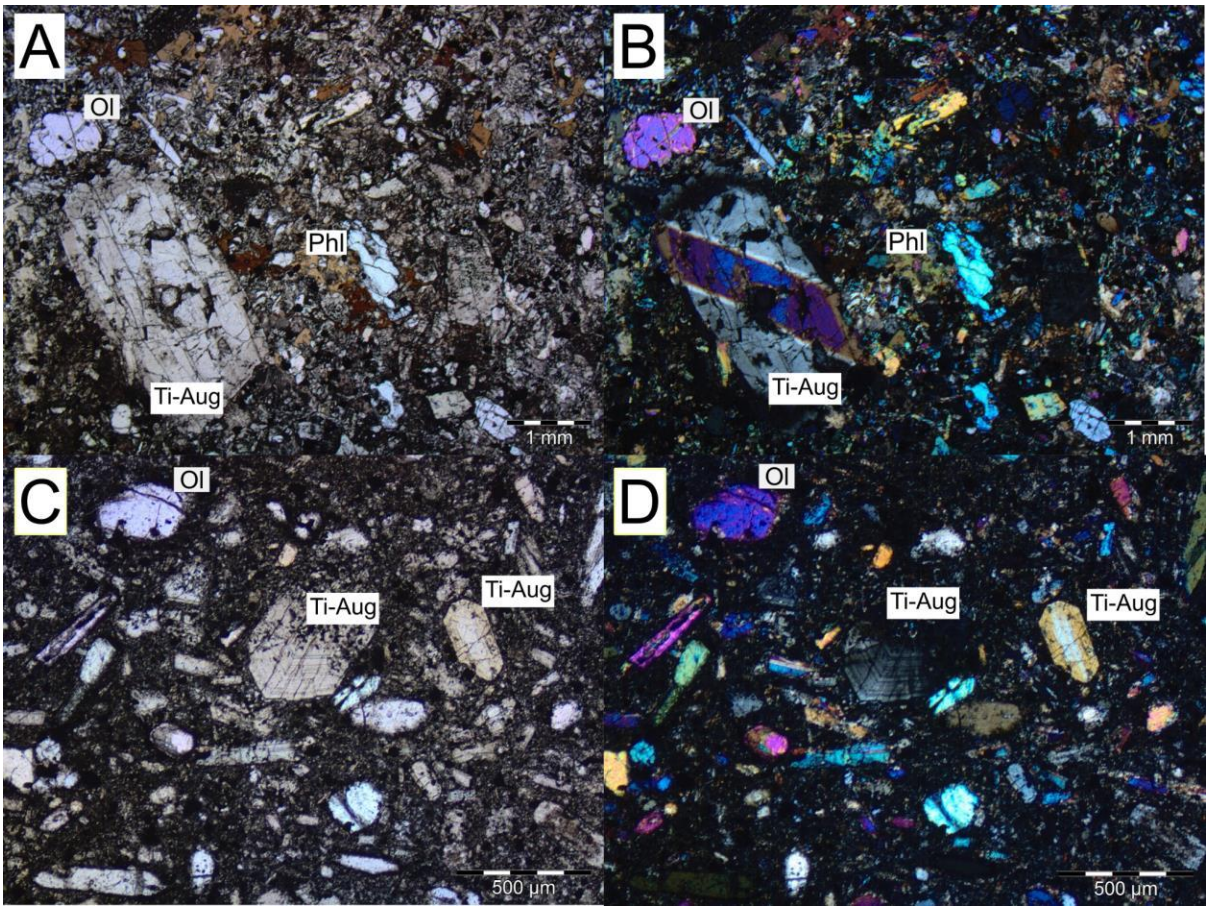


Figura 6.33. Fotomicrografias de basanitos encontrados na área VIII. Em A, amostra ARE 29B (22K 434472 E 8177670 N) sob nicois paralelos, mostrando fenocristais de olivina, titanoaugita e flogopita imersos em matriz afanítica, composta por nefelina, plagioclásio, feldspato potássico e magnetita. Em B, mesma seção de A, sob nicois cruzados. Em C, amostra ARE 29A (22K 434472 E 8177670 N) sob nicois paralelos, mostrando zonação em fenocristal de titanoaugita. Em D, mesma seção de C, sob nicois cruzados. Aqui é possível observar mais claramente a zonação presente no fenocristal.

Na figura acima (figura 6.33), pode-se observar fotomicrografias de duas amostras, representando a assembleia mineral e textural típica dos basanitos presentes na área VIII do Projeto Arenópolis. São descritos fenocristais de olivina e titanoaugita - a qual está frequentemente geminada e zonada, conforme pode ser visto nas figuras 6.33B e 6.33D, respectivamente. Por vezes, a zonação torna-se tão evidente, que é possível ser observada a nicois paralelos, conforme a 6.33C.

Além disso, processos secundários ocasionaram a formação de amígdalas de calcita e zeólitas, juntamente com a alteração de fenocristais. A alteração dos fenocristais se restringe principalmente à nefelina e olivina, onde são alteradas para calcita e natrolita fibrosa (figura 6.34) e serpentina, respectivamente.

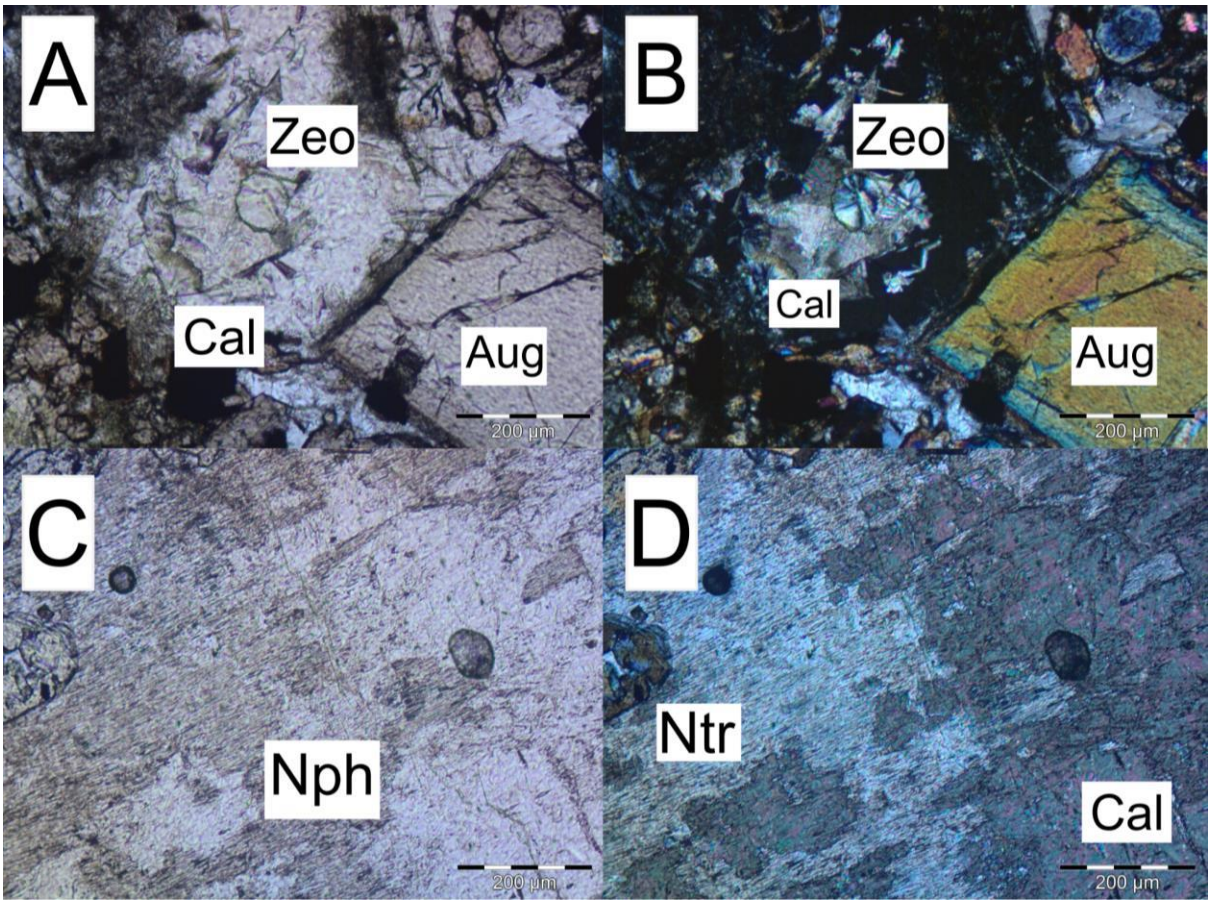


Figura 6.34. *Fotomicrografias evidenciando processos secundários atuantes sob os basanitos da Província Alcalina de Goiás, presentes na área VIII. Em A, amostra ARE 31B (22K 437816 E 8177920 N) mostrando amígdala composta por calcita e zeólitas. Em B, mesma seção de A, sob nicois cruzados. Em C, amostra ARE 29B (22K 434472 E 8177670 N) com fenocristal de nefelina alterado. Em D, mesma seção de C, sob nicois cruzados.*

7 Geologia Estrutural

7.1 Quadro estrutural regional

A área de estudo está inserida na porção oeste da Faixa Brasília, no domínio do Arco Magmático de Arenópolis. De posse da compartimentação tectono-estrutural regional, é possível ver que a sequência metavulcanossedimentar estudada está situada à leste do Lineamento Transbrasiliano: uma zona de cisalhamento regional de cinemática dextral e direção NE-SW; e a oeste do Lineamento Moiporá-Novo Brasil: uma zona de cisalhamento regional de segunda ordem e direção N-S (Figura 7.1).

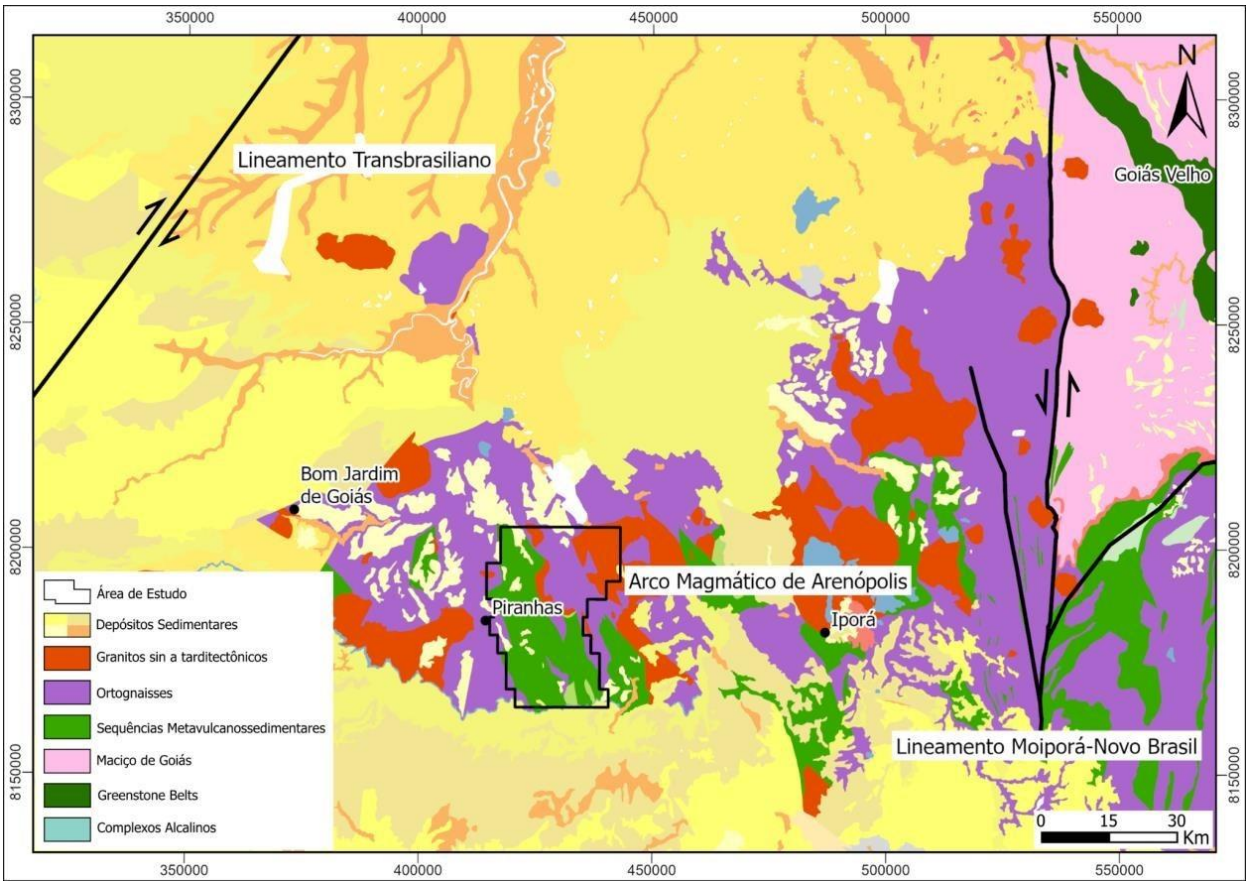


Figura 7.1 Mapa da porção oeste do Arco Magmático de Goiás com destaque aos Lineamentos Transbrasiliano e Moiporá-Novo Brasil. Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Importante citar que as áreas mapeadas estão localizadas no Domínio Rio Caiapó, de cinemática sinistral e direção NW-SE. Desse modo, o esperado em campo eram estruturas que tinham influência desses principais lineamentos, a forte estruturação aferida em campo corrobora este pressuposto, sendo as diferentes litologias orientadas em um *trend* NNW.

7.2 Domínios estruturais

As áreas do Projeto Arenópolis foram divididas em três domínios estruturais distintos, com base no padrão das direções das estruturas e características geométricas e cinemáticas das mesmas (Figura 7.2 e Anexo 5). O domínio localizado no extremo oeste foi denominado de Domínio Piranhas e engloba o Granito Ribeirão Água Limpa, sendo caracterizado por porções com baixa anisotropia nas porções centrais e porções fortemente estruturadas no contato com o domínio adjacente a leste. Possui trend NNE com mergulhos moderados a altos (50°-90°) e lineações oblíquas e direcionais.

O segundo domínio, Caiapônia, engloba as unidades Córrego Santo Antônio, Córrego da Onça, Gnaisse Ribeirão, Gnaisse Arenópolis e Morro do Baú. É caracterizado principalmente por forte estruturação N-S com lineações indicando movimento transcorrente nas porções marginais do domínio; e um subdomínio na porção central que se caracteriza pela estruturação mais difusa que nas bordas. Tal subdomínio possui trend NNW com lineações oblíquas e por vezes frontais em xistos metassedimentares, a baixa exposição de afloramentos estruturados nessa porção indica que a forte estruturação cisalhante não a afetou de forma tão significativa quanto no contato entre os domínios.

O terceiro domínio é o Domínio Arenópolis e engloba os granitos Caiapó e Serra do Iran, possuem forte estruturação nas bordas mas com o interior exibindo anisotropia considerável, possuindo foliação magmática em áreas interiores do plúton.

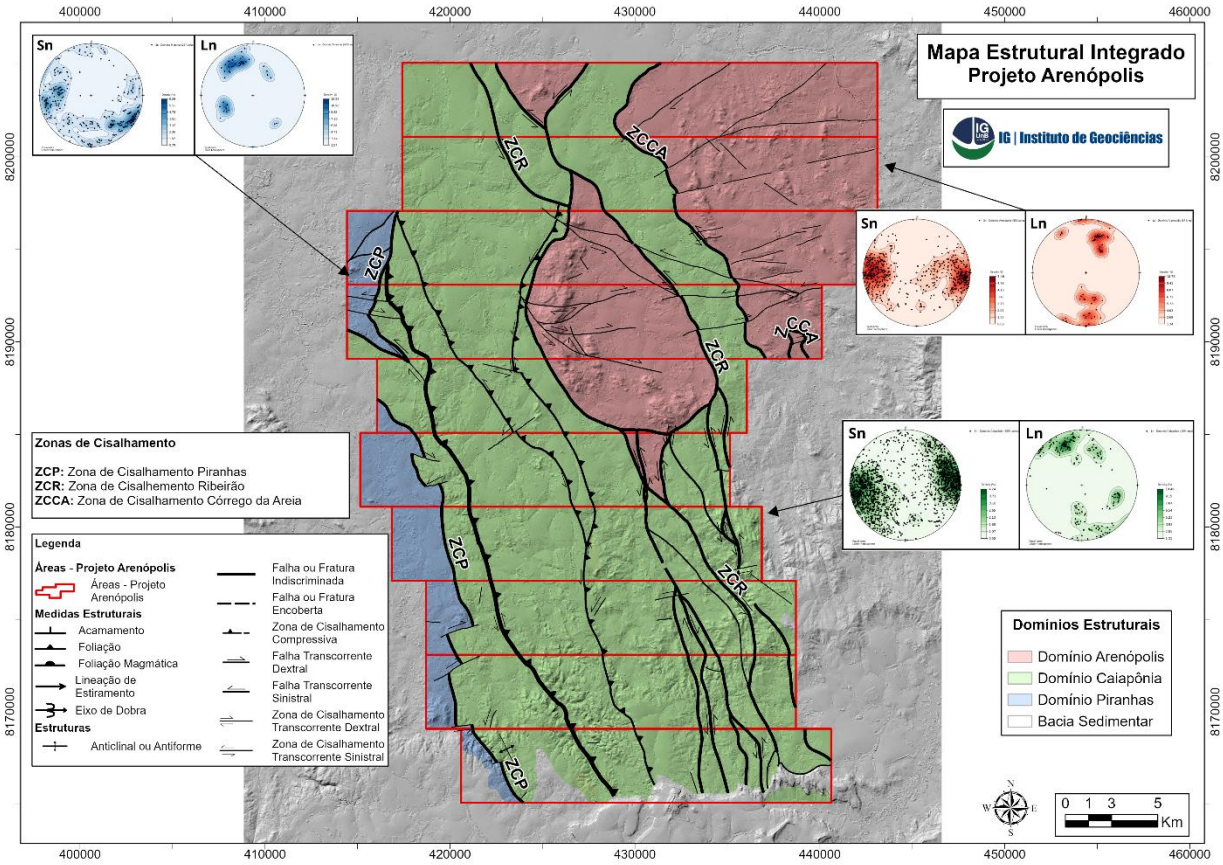


Figura 7.2. Mapa integrado de domínios estruturais do Projeto Arenópolis.

A Área VIII está inclusa nos Domínios Piranhas e Caiapônia. A figura 7.3 mostra os diagramas de contorno de foliações e lineações referentes a esses domínios através de medidas coletadas na área em questão. As foliações referentes ao Domínio Piranhas mostram *trend* N-S com mergulho moderado a alto (60°-80°) para leste, as lineações mostram mergulho moderado (~35°) para NE, indicando um transporte tectônico oblíquo nesta porção da área. A cinemática observada em campo indica movimento sinistral.

Em relação ao Domínio Caiapônia e sua expressão na área VIII, é notável a existência de foliações com mergulho moderado a alto. Apresenta orientação segundo *trend* NNW, com vergência para WSW. Ademais, as lineações apresentam mergulho baixo a subhorizontal, dispostas ao longo do *strike* da foliação do domínio. Desta maneira, caracteriza-se transporte tectônico transcorrente, com cinemática sinistral.

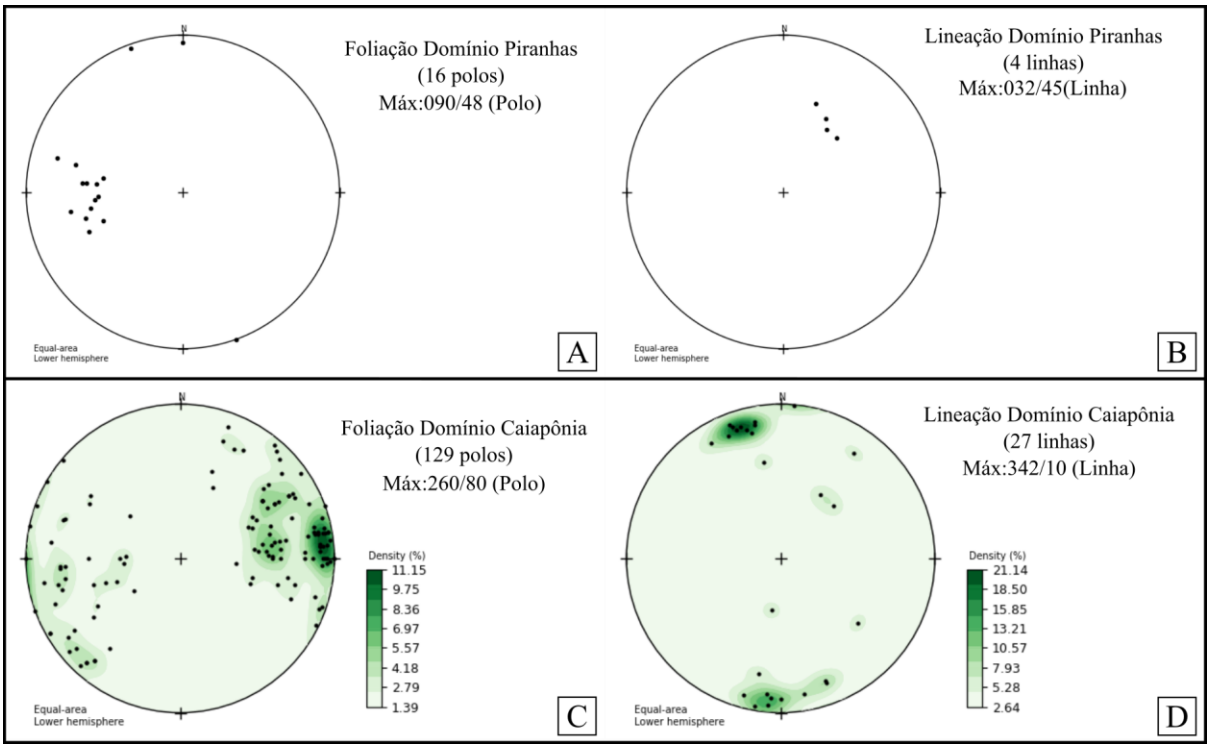


Figura 7.3. Estereogramas com foliações e lineações referentes aos domínios Piranhas e Caiapônia na Área VIII.

A figura 7.4 mostra o mapa estrutural da área VIII, onde observam-se zonas de cisalhamento sinistrais, separando unidades nas porções centro-leste, leste (Zona de Cisalhamento Ribeirão) e extremo oeste (Zona de Cisalhamento Piranhas). Há também a presença de falhas de rasgamento dentro de unidades, de forma que tais falhas possuem orientação NE-SW, N-S ou E-W. As feições encontradas em campo que permitiram a construção deste mapa estão descritas e detalhadas a seguir.

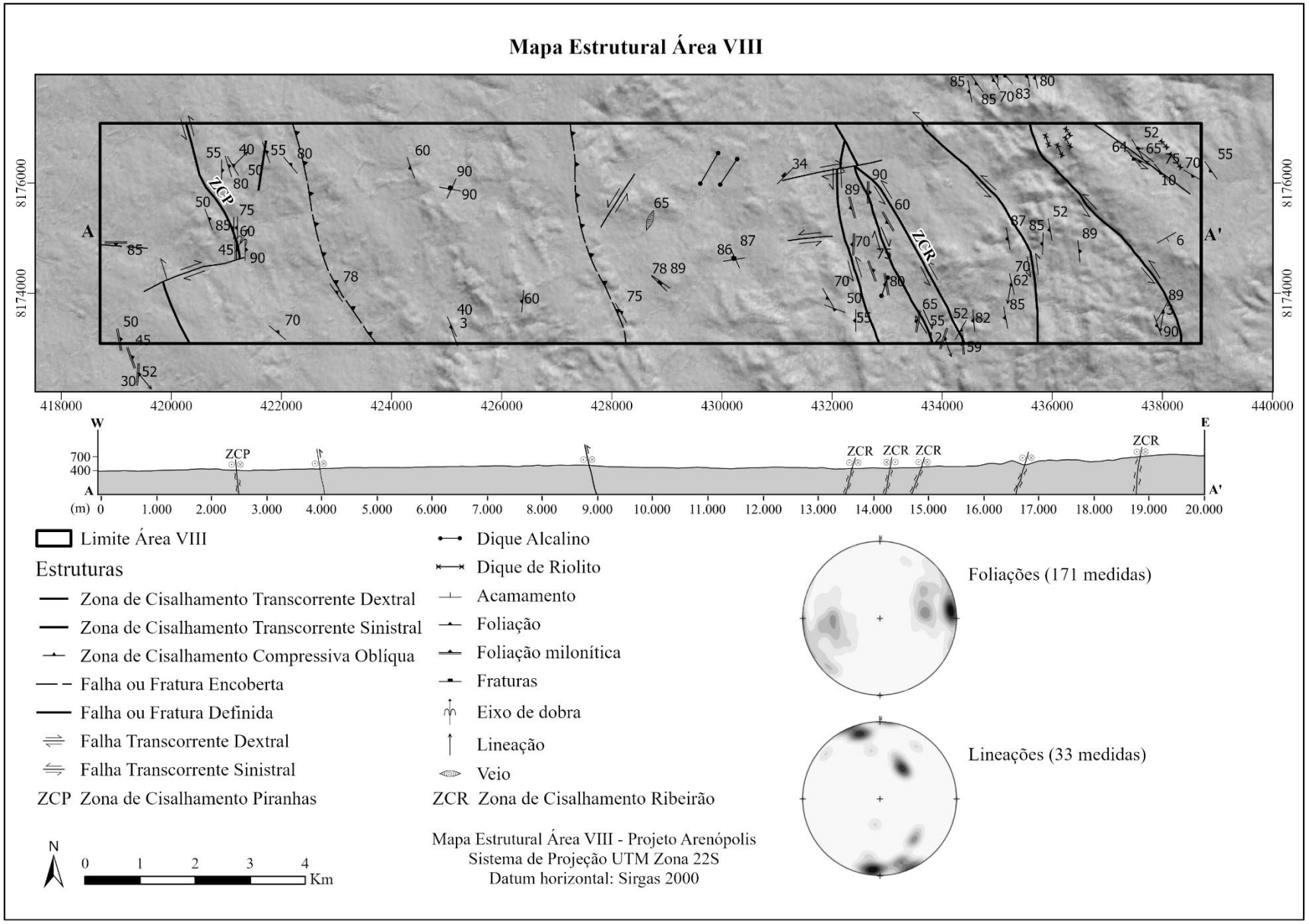


Figura 7.4. Mapa estrutural da Área VIII

7.3 Elementos de trama dúctil

7.3.1 Foliações

O Projeto Arenópolis apresenta uma área fortemente estruturada. Este fato foi aferido ao longo de todas as áreas do projeto, que mostraram medidas de foliações em sentido principal NNW. As foliações presentes na Área VIII foram divididas em três classes e classificadas como S_n e S_{n+1} e S_{n+2}, sendo que possuem *trend* principal NNW com mergulho alto (>60°) tanto para ENE quanto WSW (Figura 7.5).

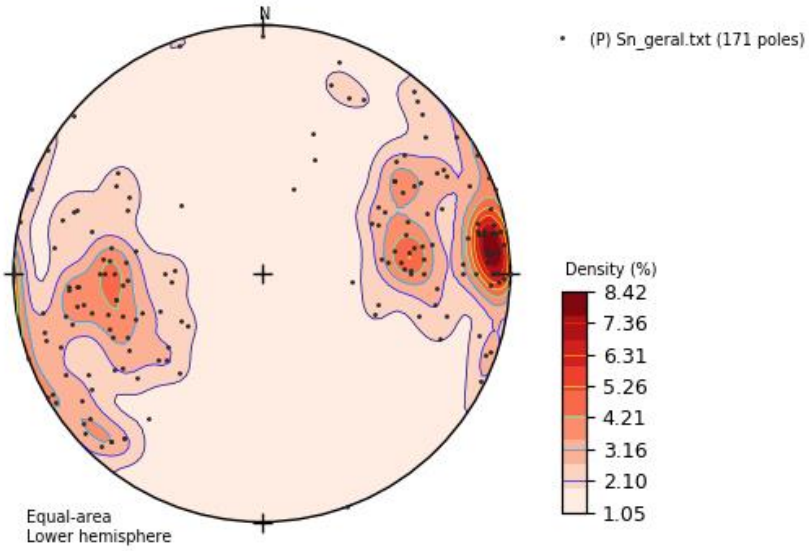


Figura 7.5. Estereograma com 171 medidas de foliações aferidas na Área VIII. O padrão dos contornos mostra um trend NNW-SSE com mergulho predominantemente alto para ENE e WSW.

A foliação S_n corresponde à foliação principal aferida no Projeto. Tem mergulho alto (predominantemente maior que 60°) e direção predominante segundo NNW, com algumas direções N-S, NE e NW subordinadas. Foram coletadas medidas em todas as unidades abarcadas no projeto, com exceção de algumas porções em granitos *tardiopsídio*tectônicos. A direção de caimento das foliações varia entre ENE e WNW, de modo que na Área VIII tem-se a direção ENE como preferencial da maioria das direções de mergulho.

Esta foliação é definida pela orientação de minerais micáceos e prismáticos, *i.e.* micas e anfibólios. O espaçamento entre os domínios foliados varia entre ~0,5 mm a 3 mm em anfibolitos, 2 mm a 5mm em granitos e 3mm até poucos centímetros em gnaisses, mármores e calcissilicáticas (Figura 7.6B e D).

A foliação S_{n+1} é caracterizada pela clivagem de crenulação e clivagem plano-axial em dobras nos xistos, gnaisses e rochas calcissilicáticas (Figura 7.6A e C). São, em sua maioria, paralelas à S_n, exibindo mergulho alto em direção NNW.

A foliação S_{n+2} está relacionada à foliação milonítica encontrada em zonas de cisalhamento ao longo das áreas do Projeto. Na Área VIII, os melhores exemplares eram foliações encontradas em zonas de cisalhamento que delimitavam unidades. Apresentavam mergulho alto (>60°) e lineação de estiramento associada com direção próxima ao *strike* da foliação e por vezes oblíqua. A forte orientação das foliações encontradas nessas estruturas e seu caráter direcional as diferenciam das foliações principais S_n.

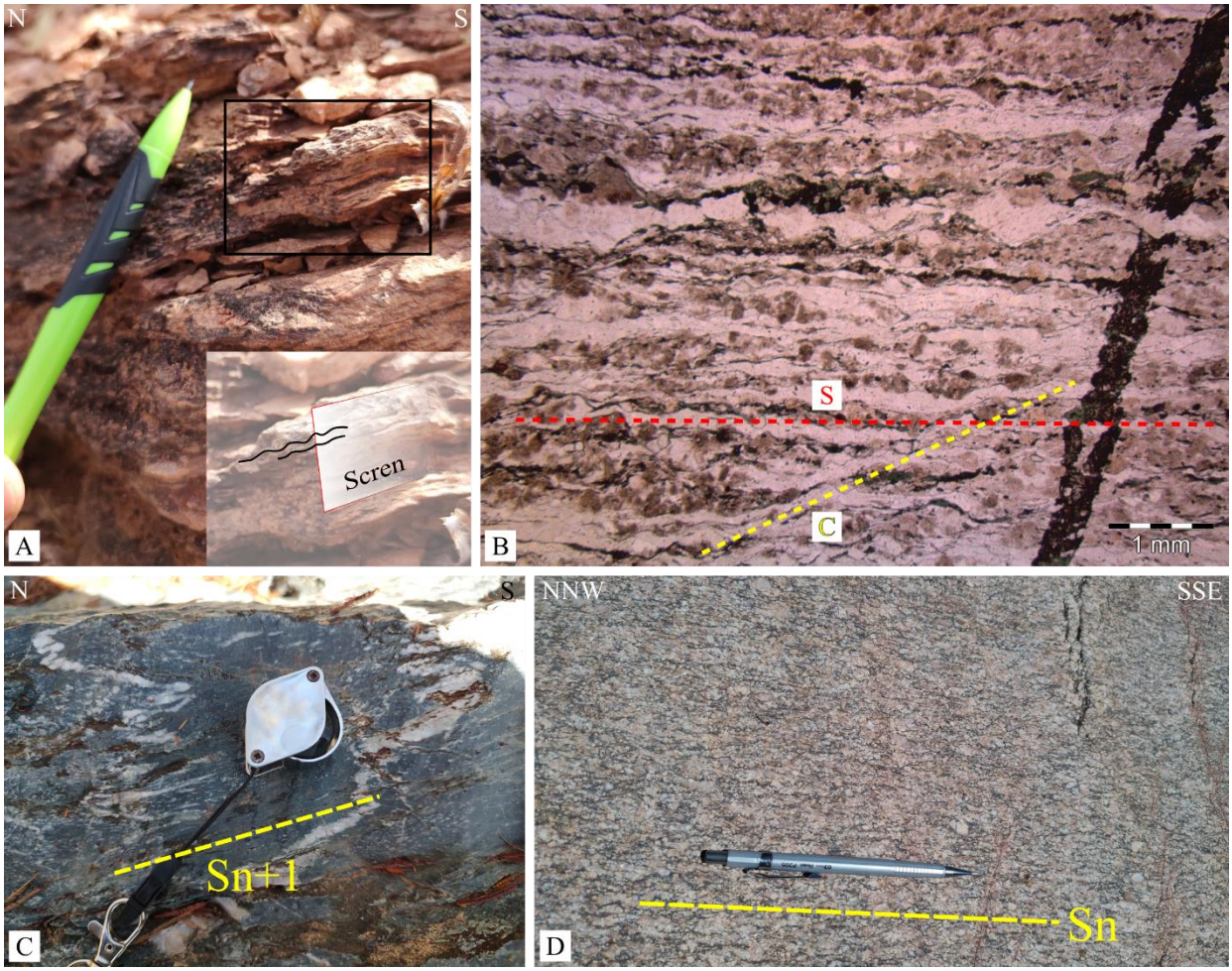


Figura 7.6. Foliações encontradas em campo. A) Crenulação em Ms-xisto da unidade Córrego da Onça, foliação de crenulação Scren associada com Sn+1. B) Tonalito milonitizado com foliação S-C exibindo cinemática sinistral. C) Veio de quartzo dobrado, o plano axial das dobras define a foliação Sn+1. D) Foliação principal Sn em granito da Serra do Tatu.

Por fim, foi as relações de trama entre as foliações, bem como a disposição da cinemática principal foi compilada no bloco diagrama esquemático da Figura 7.7.

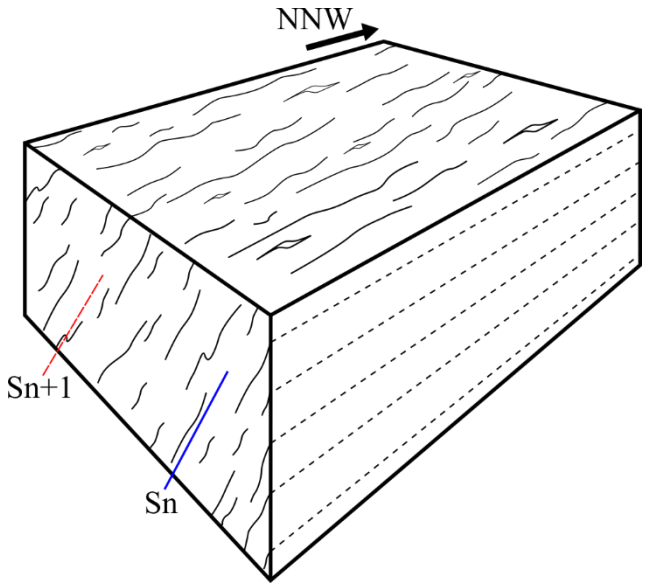


Figura 7.7. Bloco diagrama compilando a trama principal reconhecida no Projeto Arenópolis.

7.3.2 Lineações

As feições lineares presentes na área de estudo são definidas como: lineação de deslizamento (slickenlines), lineação de estiramento mineral, lineação de interseção e lineação de crenulação. Possuem predominantemente ângulo baixo e direção N e NNW. Há ainda algumas atitudes subordinadas com ângulo até 40° e direção de mergulho para NE e SE, indicando dinâmica oblíqua em relação às suas respectivas foliações (Figura 7.7).

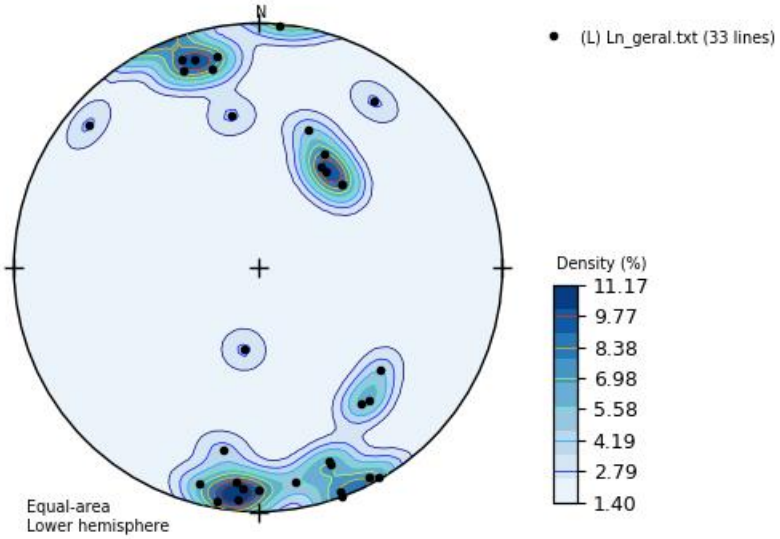


Figura 7.8. Padrão de lineações encontradas na Área VIII. Vemos uma direção preferencial NNW com mergulho baixo, ainda há algumas medidas mergulhando para NE e SE com mergulho moderado.

Os *slickenlines* e *slickensides* foram aferidos em planos de falha de anfibolitos,

mármores e riolitos e era definida nos planos de falha com quartzo recristalizado e estriado.

As lineações de estiramento mineral eram marcadas pelo estiramento de cristais de quartzo (Figura 7.8B) e minerais prismáticos como anfibólios (Figura 7.8A). Possuíam direção de mergulho predominantemente N-S e mergulho subhorizontal. Estas feições estão marcadas em gnaisses, e anfibolitos grossos.

Lineações de crenulação foram encontradas em alguns xistos da unidade Córrego da Onça e possuíam direção de mergulho para N e mergulho baixo (até 20°). A escassez de afloramentos preservados de xistos na unidade Córrego Santo Antônio nos limites da Área VIII prejudicou a obtenção de medidas de lineações representativas.

As lineações de interseção foram obtidas no Gnaisse Ribeirão, sendo definidas pela geometria prolata de cristais de quartzo estirados. A dinâmica estrutural deste Gnaisse não obedece aos eventos comuns das rochas do Projeto Arenópolis, sendo assim não fica claro à qual foliação subordinada a foliação principal faz interseção.

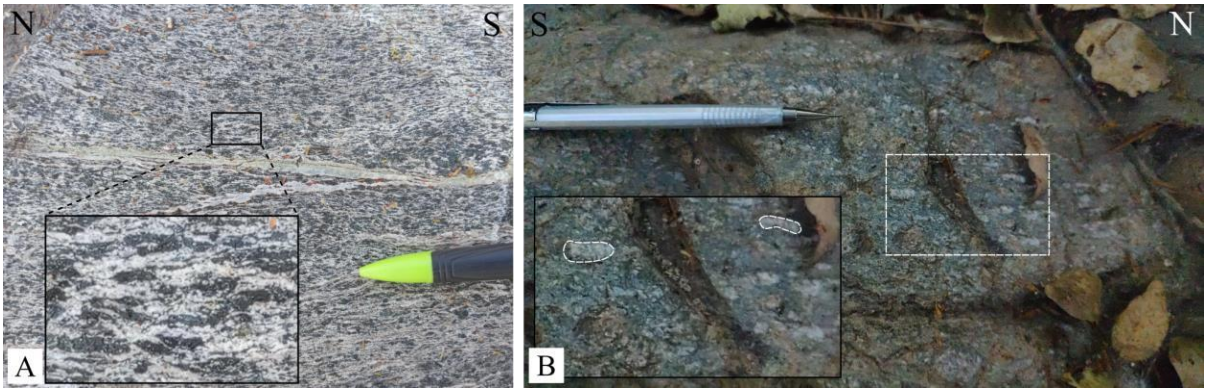


Figura 7.9. Lineações minerais. A) Lineação mineral definida pela orientação de cristais de anfibólio. B) Lineação mineral definida pela orientação e estiramento de cristais de quartzo.

7.3.3 Dobras

As dobras vistas ao longo da área de estudo estão associadas à rochas reologicamente menos competentes, como mármores (Figura 7.9A e C), calcissilicáticas e xistos metassedimentares (Figura 7.9D) das unidades Córrego Santo Antônio e Córrego da Onça.

São dobras de comprimento de onda decimétrica a métrica, fechadas (ângulo interflancos de 30° a 50°) com plano axial associado à S_{n+1} com mergulho subvertical. Segundo a classificação de Ramsay (1967), as dobras observadas podem ser classificadas como 1C e 1B (Figura 7.9E). Possuem leve vergência para oeste como visto em xistos da unidade Córrego da

Onça (Figura 7.9D).

Dentre as dobras descritas em campo, uma pequena parte está relacionada à gnaisses deformados em zonas de cisalhamento (Figura 7.9B), são dobras isoclinais com comprimento de onda centimétrico, plano axial e vergência paralelo à direção do cisalhamento. São dobras consideradas passivas por se formarem em resposta a um esforço gerado em uma zona de cisalhamento. O caráter passivo está também atrelado à geometria da dobra, sendo assim, estas dobras são classificadas como de classe 2, obedecendo à classificação de Ramsay (1967).

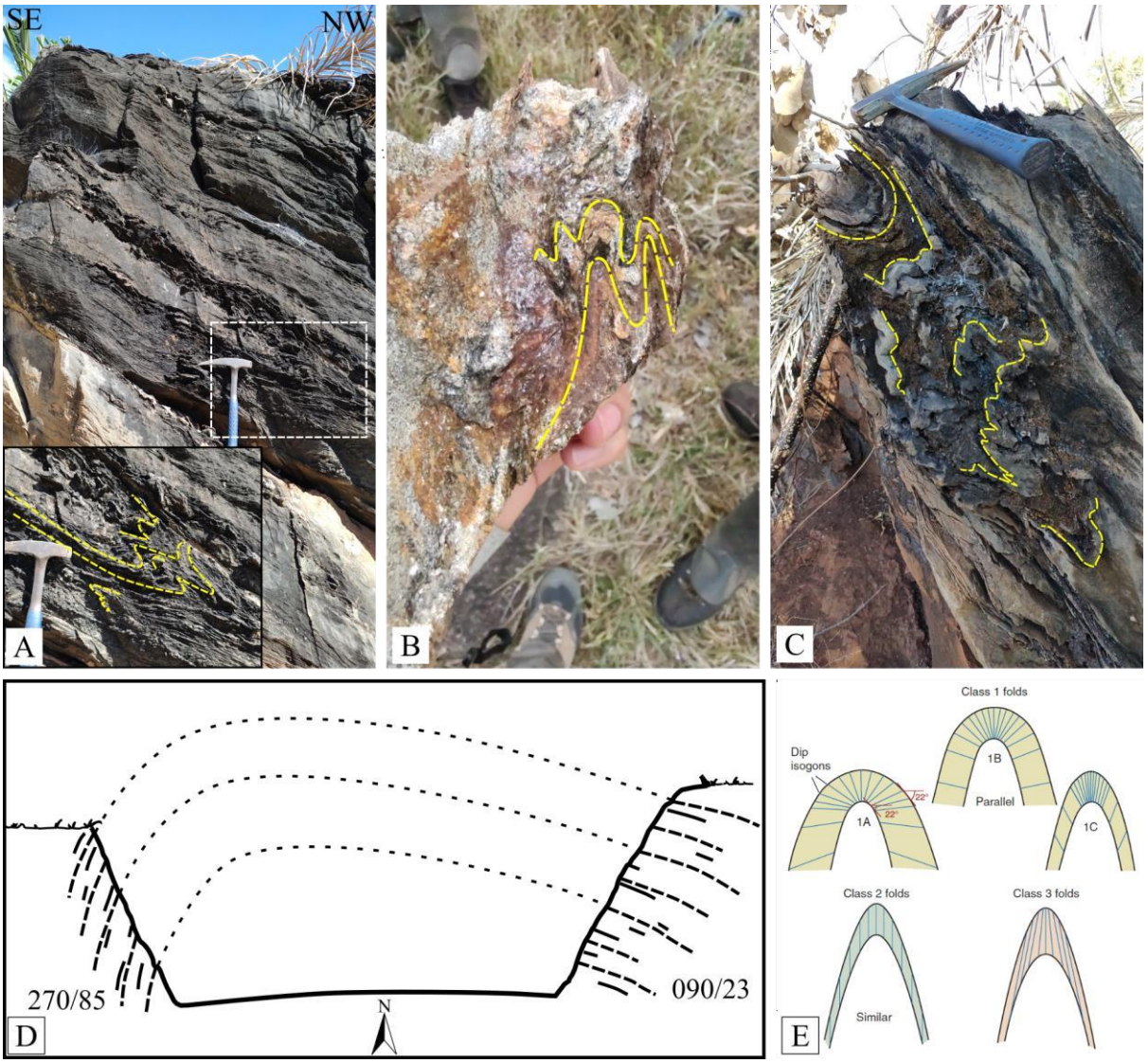


Figura 7.10. Dobras na Área VIII. A) Dobras parasíticas em mármore da unidade Córrego Santo Antônio. B) Dobras apertadas de escala centimétrica em gnaisse. C) Dobras apertadas em mármore. D) Dinâmica de dobra em escala métrica em Ms-xisto da unidade Córrego da Onça, possui assimetria e vergência para W. E) Classificação de Ramsay para dobras (1967).

7.3.4 Zonas de Cisalhamento

A relação de campo entre as foliações e lineações mostrou que há predominância de um caráter transcorrente e oblíquo em relação ao transporte tectônico. Os contatos entre diferentes unidades estão delimitados por zonas de cisalhamento, que, por sua vez, respeitam o *trend* regional NNW. As zonas de cisalhamento (ZC) que delimitam unidades têm espessura variável, de maneira que não foi possível delimitar com exatidão devido à baixa exposição de rochas *in-situ* ao longo dessas zonas. Porém, os altos mergulhos nas áreas adjacentes aos contatos permitem inferir que a espessura pode chegar à escala decamétrica.

Uma relação de campo representativa está relacionada à Zona de Cisalhamento Piranhas, que separa as unidades Granito Ribeirão Água Limpa e o Córrego Santo Antônio. O Granito Ribeirão Água Limpa apresenta rochas com leve foliação relacionada a S_n até rochas intensamente foliadas relacionadas à S_{n+2} (Figura 7.10A e B). Essas foliações podem então ser classificadas como foliações miloníticas por estarem relacionadas ao processo de milonitização em uma zona de cisalhamento. Rochas com esta característica foram encontradas em contato com anfibolitos do Córrego Santo Antônio, de modo que tais litologias possuíam também intensa foliação, com mergulho vertical e direção NNW. A lineação vista nesses pontos era oblíqua a transcorrente. A Unidade Córrego da Onça está delimitada pelo Gnaisse Ribeirão a oeste e pelo Granito Serra do Tatu a leste, ambos sendo margeados pela Zona de Cisalhamento Ribeirão (um feixe de zonas de cisalhamento sinistrais), possui forte estruturação N-S com lineações próximas ao *strike* da foliação pela influência do cisalhamento atuante nas bordas da unidade. Tal feixe de zonas de cisalhamento está localizada à sul do Granito Serra do Iran, que por sua vez possui formato simoidal devido à sua colocação sin a pós cinemática, sendo assim a Zona de Cisalhamento Ribeirão está lozalizada na "cauda" deste grande sigmoide, e é responsável por criar zonas de transpressão e transtração afetando as sequências Córrego do Santo Antônio, Córrego da Onça e o Granito Serra do Tatu. Um modelo de transtração ao longo desta zona de deformação foi considerada responsável pela colocação das rochas vulcânicas da Unidade Córrego do Horácio, a discussão detalhada sobre tal modelo encontra-se na discussão do Capítulo 10.

Feições de transposição como dobras e veios com flancos rompidos, dobras isoclinais e foliação S-C foram vistas em porções do Gnaisse Ribeirão (Figura 7.10C).

A cinemática foi determinada através da relação de campo entre clastos com geometria sigmoidal, *tension gashes* e a disposição de *slickenlines* e *slickensides*. Foram observados sigmoides de cinemática predominantemente sinistral, assim como observado em grande parte

das grandes estruturas presentes no Projeto Arenópolis. Além disso, também foram vistas zonas de cisalhamento dextrais subordinadas.

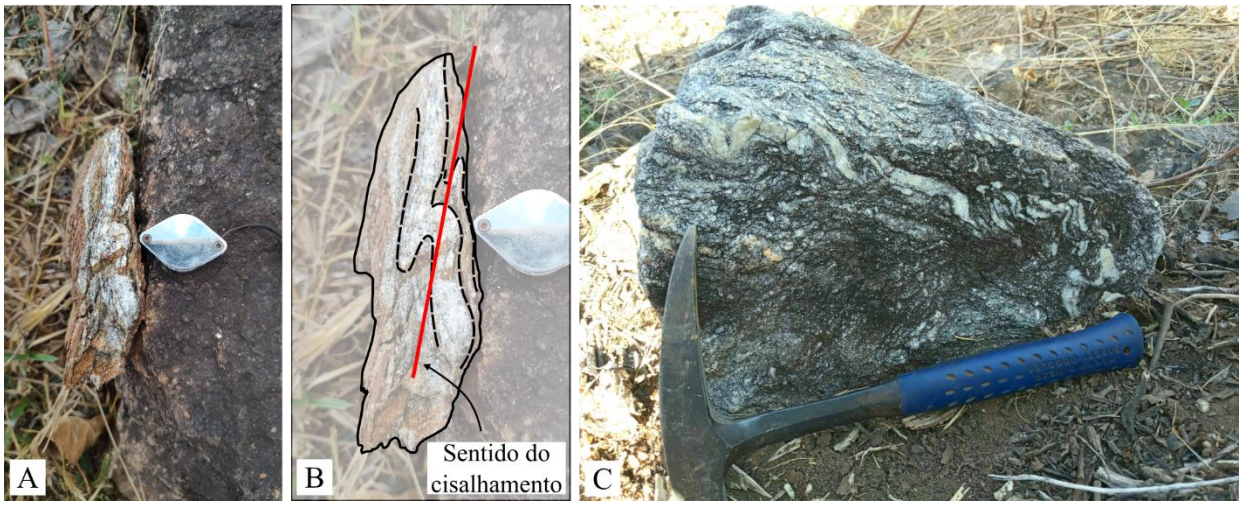


Figura 7.11. Feições encontradas em zonas de cisalhamento. A e B) Dobra apertada encontrada em gnaisse de zona de cisalhamento, o plano axial e vergência indicam a direção do cisalhamento e cinemática sinistral. C) Veio de quartzo com feições de transposição (rompimento e dobramento).

7.4 Elementos de trama rúptil

7.4.1 Falhas

As principais falhas encontradas na Área VIII são falhas oblíquas e transcorrentes. Estas falhas foram identificadas através de medidas estruturais (foliações defletidas), avistamento em campo de veios e blocos de quartzo associados à falhas e com o auxílio de imagens de satélite e produtos geofísicos (Figura 7.11).

No contato das Unidades Ribeirão Água Limpa e Córrego do Santo Antônio ocorre uma falha transcorrente dextral, tal falha foi inferida com base nas relações de campo (pontos amostrados e *trend* da foliação) e com base em produtos geofísicos de gamaespectrometria (Figura 7.11A e B) e Magnetometria (Figura 7.11C). Tais produtos mostram um lineamento de direção NW na porção SW da área seguido de um lineamento ENE-WSW na porção centro-sul, tal lineamento foi considerado o plano da falha, que por sua vez possui rejeito de aproximadamente 1 km, fortemente mostrada com o mapa de eTh e Derivada Vertical.

Também foi identificada no Granito Serra do Tatu uma falha transcorrente com plano de falha quilométrico, imagens de satélite mostravam o batólito sendo dividido por um vale,

pontos de campo nesse vale mostraram que se tratava de uma zona de falha com cinemática sinistral, evidenciada por sigmóides sinistrais na foliação milonítica de de alto ângulo presente na zona.

Falhas transcorrentes foram observadas na Unidade Córrego do Santo Antônio, apresentavam dimensões de centenas de metros, onde, por imagens de satélite, é possível observar o rejeito gerado. A figura 7.11D mostra (em amarelo) as cristas das serras que não mostram continuidade, tal descontinuidade é aproveitada por drenagens que, por sua vez, possuem forte orientação ENE-WSW nas imediações das serras destacadas. De posse dessas informações as falhas foram inseridas no mapa estrutural.

As falhas oblíquas foram inferidas de modo regional com base no trend das foliações e relações de campo como a obliquidade entre as lineações e foliações aferidas, assim como eixos de dobras com caimento (característico de movimentação com componentes compressivas e direcionais). De modo geral as falhas oblíquas estão interligadas mostrando um padrão anastomosado ao longo das áreas do Projeto Arenópolis, seguindo o *trend* principal NNW.

Em alguns afloramentos relacionados à falhas oblíquas e zonas de cisalhamento foram vistos indicadores cinemáticos indicando movimento normal, tais feições podem indicar que o sistema de falhas anastomosado do Projeto possui zonas com predominância de movimentos oblíquos normais e oblíquos reversos, indicando se tratarem de zonas de transpressão e transtração, sendo dominantes as zonas de transpressão.

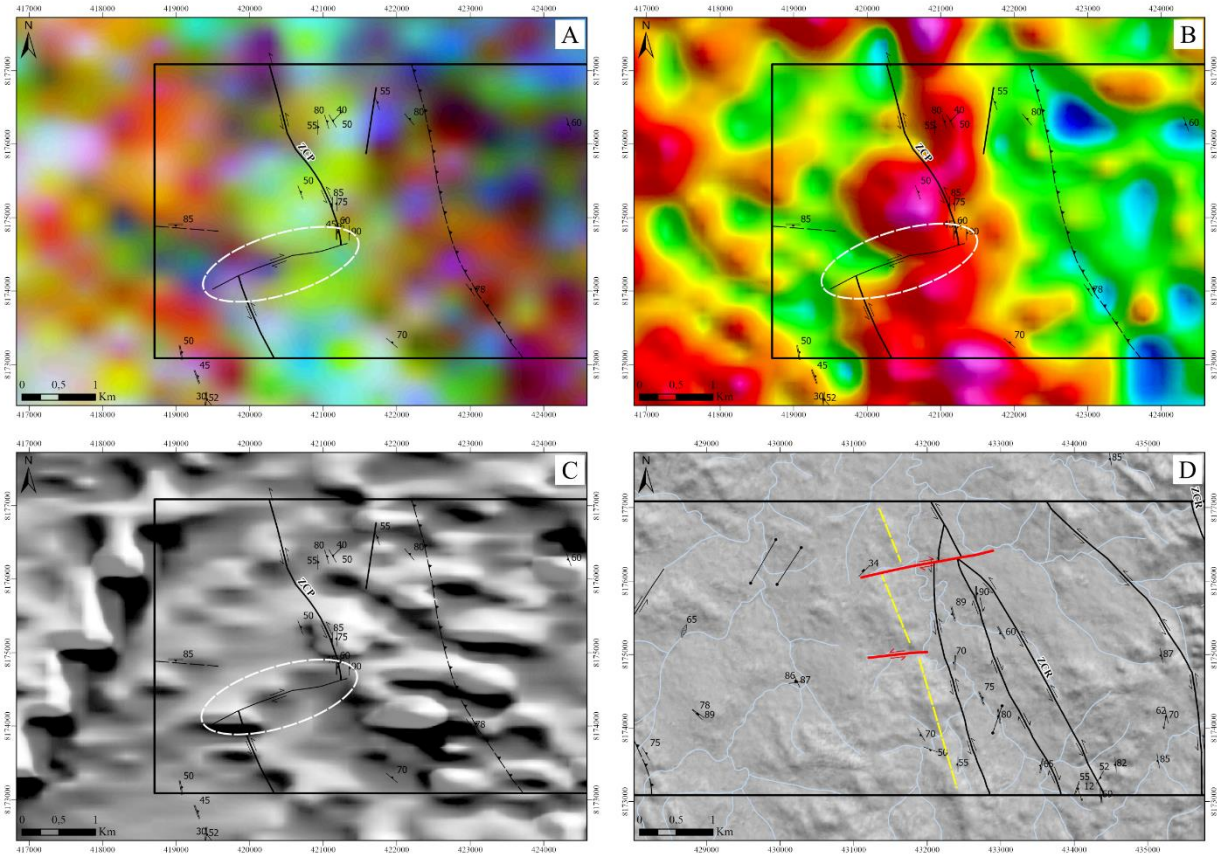


Figura 7.12. Mapas evidenciando falhas. A, B e C) Falha transcorrente na Unidade Ribeirão Água Limpa em relação aos produtos geofísicos. A figura "A" mostra um mapa ternário RGB; a figura "B" mostra um mapa de eTh; a figura "C" mostra um mapa de Derivada Vertical. D) Relação do relevo com conjunto de falhas.

7.4.2 Fraturas

Foram identificadas diversas fraturas ao longo das diferentes unidades mapeadas, que obedeciam a uma direção preferencial NE e uma secundária E–W, como visto no diagrama de rosetas da figura 7.12.

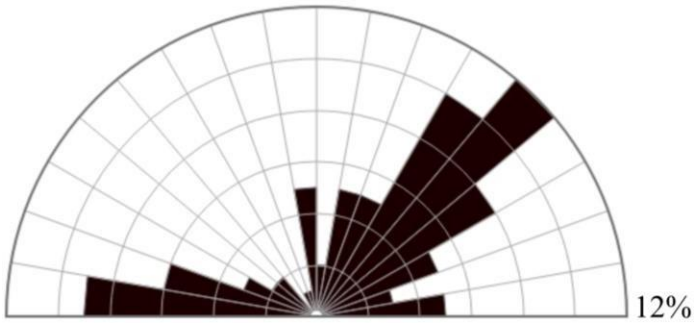


Figura 7.13. Diagrama de rosetas da Área VIII. Observam-se duas direções preferenciais: NE-SW e E-W.

Pares conjugados de direção N-S e NE-SW foram identificadas em vários anfibolitos e gabros da unidade Córrego Santo Antônio. Fraturas de cisalhamento foram amplamente

observadas, apresentando rejeito centimétrico e foram associadas à deformação rúptil-dúctil. Isso se dá pelo fato de haverem exemplares onde tanto apresentavam um plano de falha bem definido e sem deflexão na foliação (Figura 7.13A e B), quanto exemplares em que a zona de fraturamento estava defletida. Ademais, foi possível observar em alguns casos a formação de *tension gashes* (Figura 7.13C) que não continham um plano de falha bem definido, mas sim, uma zona de falha com espessura centimétrica.

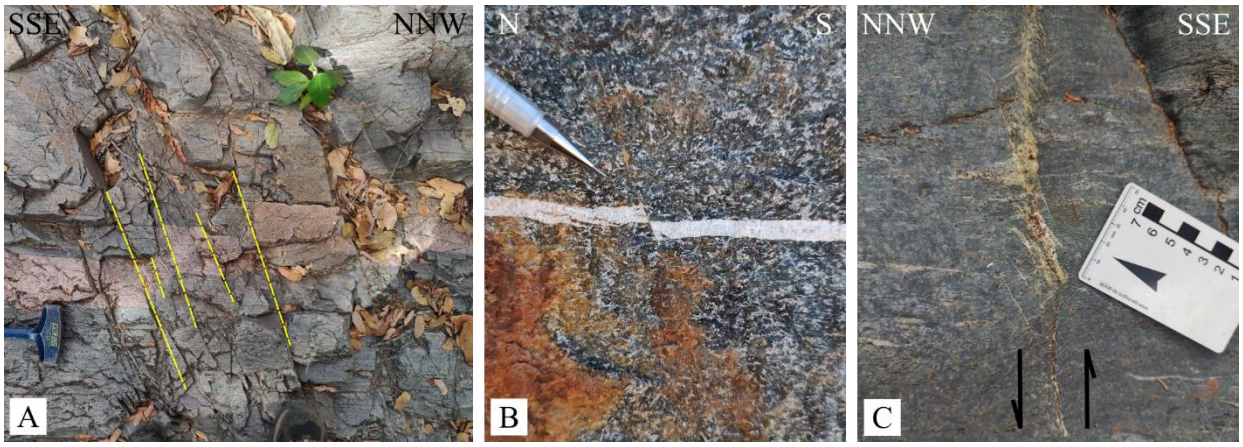


Figura 7.14. Fraturas de cisalhamento. A) Fraturas de cisalhamento sinistrais na unidade Córrego do Horácio. B) Fratura de cisalhamento dextral com rejeito milimétrico cortando veio de quartzo. C) Tension gashes exibindo cinemática sinistral.

7.4.3 Veios e diques

Ao longo da Área VIII foram identificadas duas famílias principais de veios: uma delas concordante à foliação principal S_n, representada por veios de quartzo de espessura milimétrica a centimétrica, frequentemente exibindo feições como boudinagem. Esta feição provavelmente está relacionada à progressão do cisalhamento regional (Figura 7.14C). A segunda família é discordante da foliação, apresenta orientação preferencial NE e N-S, e apresentavam espessura milimétrica, raramente ultrapassando 6 mm. São compostos de quartzo e em alguns casos havia a presença de sulfetos milimétricos estirados ao longo dos veios (Figura 7.14A). Também foram encontrados majoritariamente veios pegmatíticos (Figura 7.14B e D).

Todos os diques encontrados em campo eram diques alcalinos (descritos na seção 5.9). Tinham orientação preferencial NE-SW e espessura decimétrica a métrica. Não estavam restritos a nenhuma unidade em particular por se tratarem de uma injeção tardia relacionada a eventos distensivos jovens.

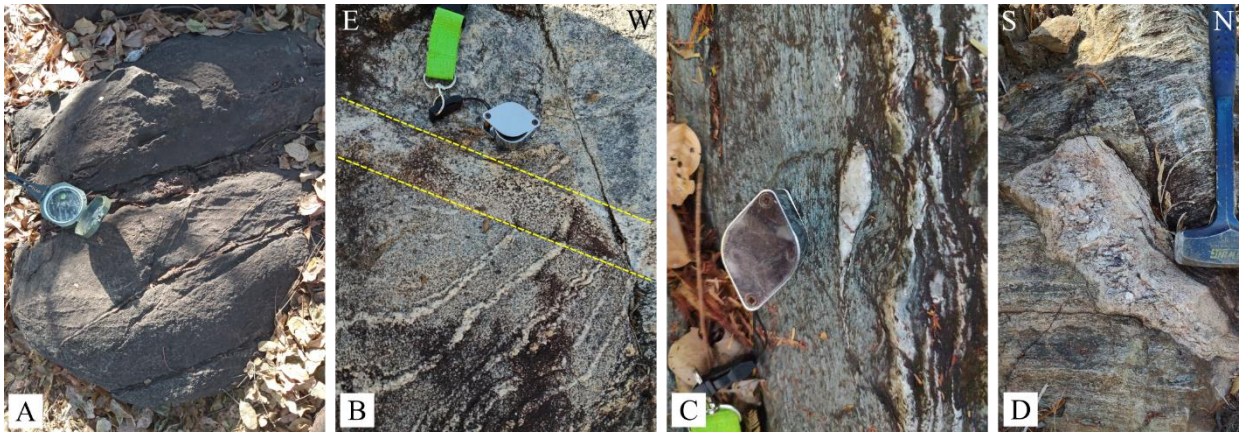


Figura 7.15. Conjunto de veios. A) Veios de espessura milimétrica cortando anfibolito. B) Veio pegmatítico em Gnaisse. C) Veios concordante à foliação exibindo feição de Pinch and Swell. D) Veio pegmatítico discordante em anfibolito grosso.

7.5 Microestruturas

As feições microestruturais identificadas com o auxílio de lâminas delgadas foram amplamente visualizadas em granitóides, principalmente nos cristais de quartzo, já que o quartzo é um bom marcador de eventos deformacionais de natureza rúptil e dúctil.

O quartzo exibe feições como *Bulging*, Extinção ondulante, *Grain Boundary Migration* (GBM), *Subgrain Rotation* (SGR) e formação de subgrãos em domínios intensamente foliados e de granulometria fina. A formação de *Bulging* está associada às diferenças de densidade de deslocamento interno. Neste caso, o limite do grão pode adentrar ao grão com mais deslocamentos, sendo, portanto, mais deformado. Esta é uma feição relacionada à deformação em baixa temperatura. A extinção ondulante está ligada a deslocamentos internos na estrutura do cristal, de modo que a "linha de charneira" das ondulações criadas é perpendicular à direção do esforço. A formação de SGR e GBM está relacionada à recristalização dinâmica em média e alta temperatura, respectivamente. Com a deformação progressiva, os limites de grãos rotacionam e se recristalizam acomodando a deformação (Passchier & Trouw, 2005; Fossen, 2016).

Na figura 7.15A, destacado no quadro 1, observa-se a formação de subgrãos na sombra de um cristal maior, indicando que houve um mecanismo de rotação de subgrãos como um agente da recristalização. Feições similares podem ser vistas na figura 7.15D (quadro 3) em que há a formação de subgrãos em grãos com contatos lobados, indicando a recristalização em

altas temperaturas, entre 500°C e 600°C (Fossen, 2016). Na figura 7.15B podem ser visualizadas no quadro 2, domínios com cristais estirados de quartzo com contatos lobados, feições dessa natureza indicam que o processo de recristalização teve uma componente cinemática atuante na rocha, ou seja, um processo de recristalização dinâmica.

Também foram vistas feições de deformação em cristais de plagioclásio, principalmente por meio de maclamento por tensão.

Feições cataclásticas em anfibolito também foram vistas em alguns domínios como mostrado na figura 7.15C, sendo associadas a um regime crustal rúptil e raso.

Por fim, vale citar a morfologia dos contatos entre grãos. Os grãos analisados foram preferencialmente quartzo e plagioclásio. Majoritariamente exibiam contatos curvos e lobados em cristais de granulação fina; domínios com contatos retilíneos estavam associados a agregados de granulação média; e subordinadamente eram vistos contatos serrilhados e denteados envolvendo cristais de plagioclásio e máficos.

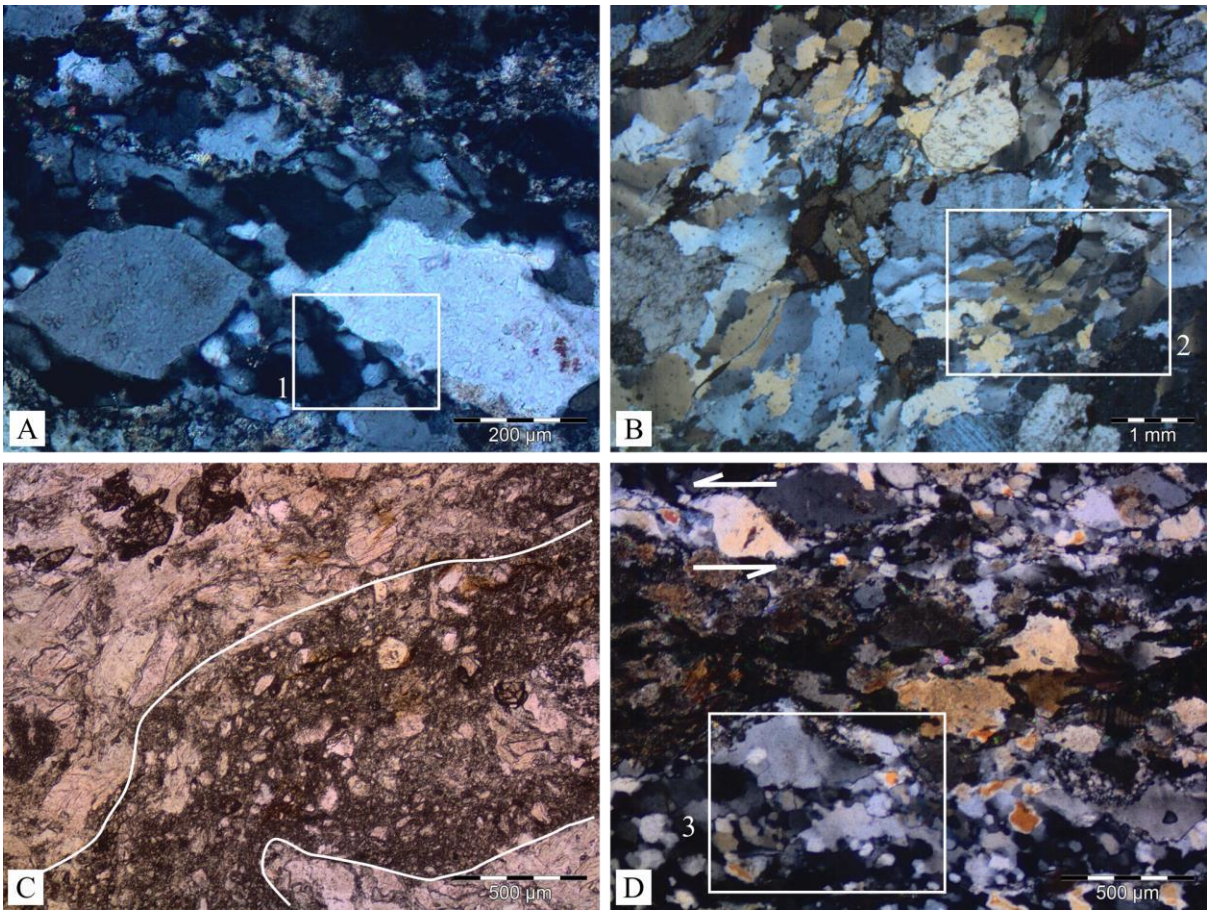


Figura 7.16. Microestruturas. A) Subgrãos nas sombras de clasto de maior dimensão. B) Cristais exibindo estiramento com extinção ondulante. C) Domínio cataclástico definido pelas linhas brancas. D) Formação de subgrãos em clastos com contatos lobados.

8 Geologia Econômica

O presente capítulo trata das evidências de possíveis sistemas minerais presentes na área abarcada pelo Projeto Arenópolis. À luz de características observadas em campo, serão discutidas o potencial metalogenético do Arco Magmático de Goiás, segmento Arenópolis, bem como o observado na área VIII.

8.1 Potencial metalogenético do Arco Magmático de Arenópolis

O Arco Magmático de Arenópolis (AMA) é limitado pela Lineamento Transbrasiliano à oeste e contém grandes estruturas secundárias como o Lineamento Moiporá-Novo Brasil. Tais estruturas profundas estão relacionadas à mineralizações de cobre e ouro no AMA (Silva, 2021), já que atuam como condutos para fluidos hidrotermais e magma, gerando depósitos minerais economicamente viáveis. Alguns depósitos minerais localizados no AMA são os depósitos de cobre em Bom Jardim (GO), ouro em Fazenda Nova (GO), juntamente com níquel e cobre em Americano do Brasil (GO).

De acordo com Silva (2021), as sequências metavulcanossedimentares localizadas na porção oeste do AMA apresentam assinaturas gravimétricas semelhantes, porém, a sequência Arenópolis-Piranhas não apresenta significativos depósitos minerais se comparado às sequências Bom Jardim de Goiás e Jaupaci, que por sua vez estão localizadas nas adjacências de zonas de cisalhamento profundas que fazem conexão com o manto.

Além disso, vale acrescentar o exposto por Sun *et al.* (2011), em que demonstram que magmas adakíticos comumente apresentam valores anômalos elevados de Cu-Au. Segundo os autores, o metassomatismo mantélico necessário se dá por meio de subducção de baixo ângulo, onde fluidos provenientes da placa subductante transportam Cu e Au pela cunha mantélica, sendo posteriormente alojados na crosta. Um exemplo de depósito Cu-Au associado a magmas de afinidade adakítica é o depósito do tipo pórfiro de Chapada (Oliveira *et al.*, 2015). Ademais, estudos recentes buscam caracterizar melhor alguns dos depósitos e sistemas minerais presentes no Arco Magmático de Arenópolis (Guimarães, 2007; Oliveira *et al.*, 2015; Marques, 2017; Coelho, 2021).

8.2 Potencial econômico do Projeto Arenópolis

Com base no potencial metalogenético do Arco Magmático de Goiás apresentado na seção anterior, é de se esperar que a área do Projeto Arenópolis apresente ocorrências minerais

de interesse econômico e potencialidades para depósitos de natureza metálica e minerais e rochas industriais. Nessa seção, serão abordados os potenciais sistemas mineralizantes que ocorrem na área do Projeto Arenópolis através de evidências adquiridas em trabalho de campo e auxílio de produtos geofísicos.

Conforme exposto por Pimentel (1985), na década de 1980, houve uma campanha de pesquisa mineral na área do Projeto Arenópolis, mais especificamente na área ocupada pela Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Os trabalhos de prospecção foram realizados pela B.P Mineração e ocorreram através da análise de sedimentos de corrente com foco em Cu, Zn, Pb, Ni, Cr e Au. Como resultados, destacam-se os valores anômalos em Cu e Zn nos cursos do Córrego da Onça. As anomalias de Zn apresentaram os valores mais elevados, comumente acima de 39 ppm, com *background* de 23 ppm, além de uma forte correlação com as anomalias de cobre.

No relatório do Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás, Lacerda *et al.* (2021) compilaram informações a respeito de recursos minerais e do potencial metalogenético da porção oeste do Estado de Goiás. A Figura 8.1 traz um recorte do mapa de recursos minerais levantado pelos autores, para a região do Projeto Arenópolis.

No produto, são destacadas áreas com predominância de diferentes tipos de alteração hidrotermal, sendo possível perceber a epidotização em diversos locais. Observa-se tremolitização principalmente associada às rochas ultramáficas da unidade Córrego do Santo Antônio e a expressão de áreas hidrotermalizadas, com presença de sulfeto associadas principalmente às unidades Gnaisse Arenópolis e Córrego da Onça. Também foram traçadas linhas de diferentes cores que demonstram distintas anomalias geoquímicas advindas de análises de sedimento de corrente ou de concentrados de bateia, as quais mostram que há anomalias de Cu, Pb, Cr e U no contexto do projeto. Por fim, são apresentadas algumas áreas potenciais para: IIb - Níquel, Cobalto, Cromo e vermiculita; IIc - Níquel, Cobalto, Cromo e Cobre; V - Manganês; VIII - Diamante e Ouro; XI - Calcário e XIV - Rocha Ornamental.

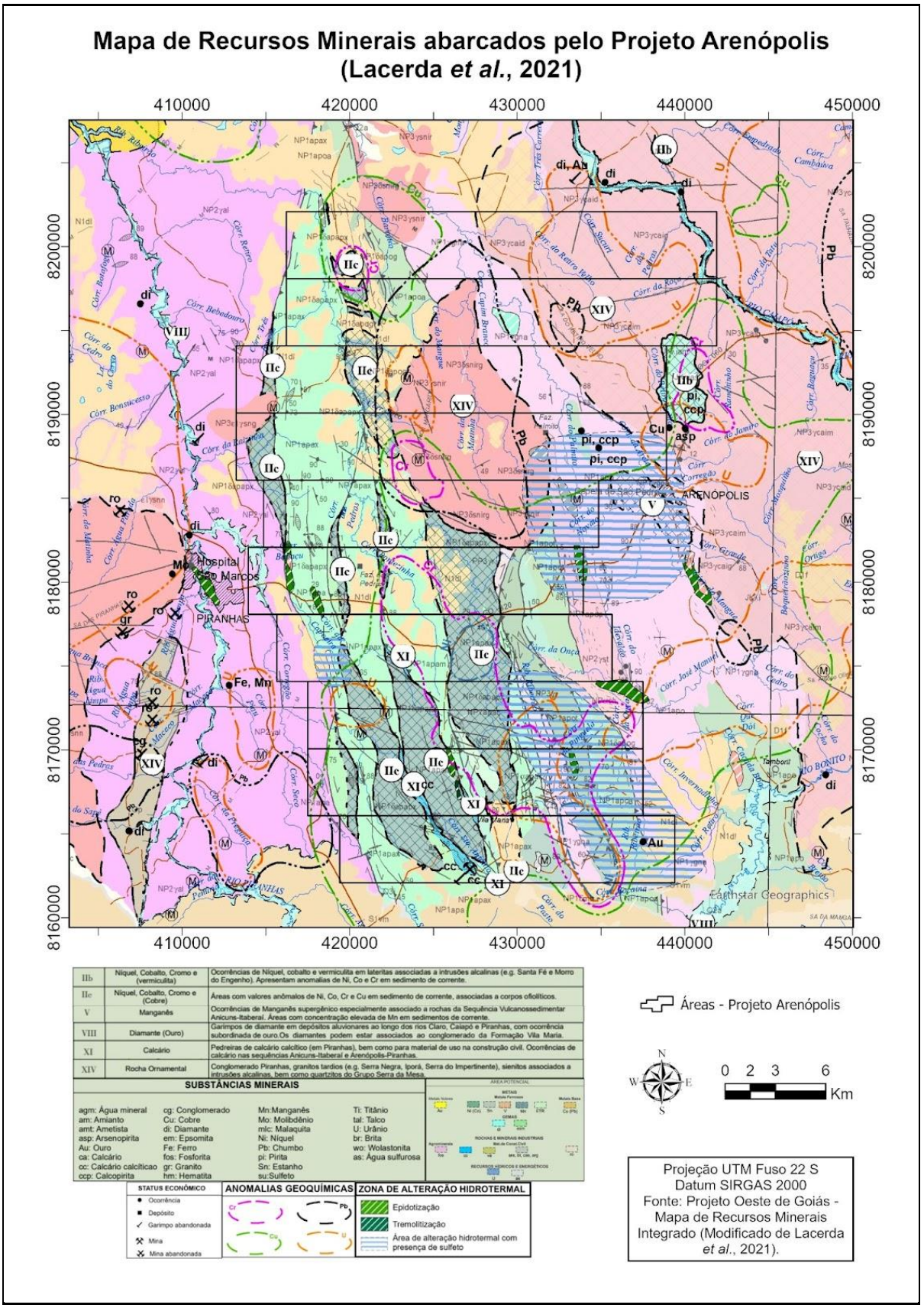


Figura 8.1. *Mapa de Recursos Minerais do Projeto Oeste de Goiás, com destaque para a área de estudo do Projeto Arenópolis. Modificado de Lacerda et al. (2021).*

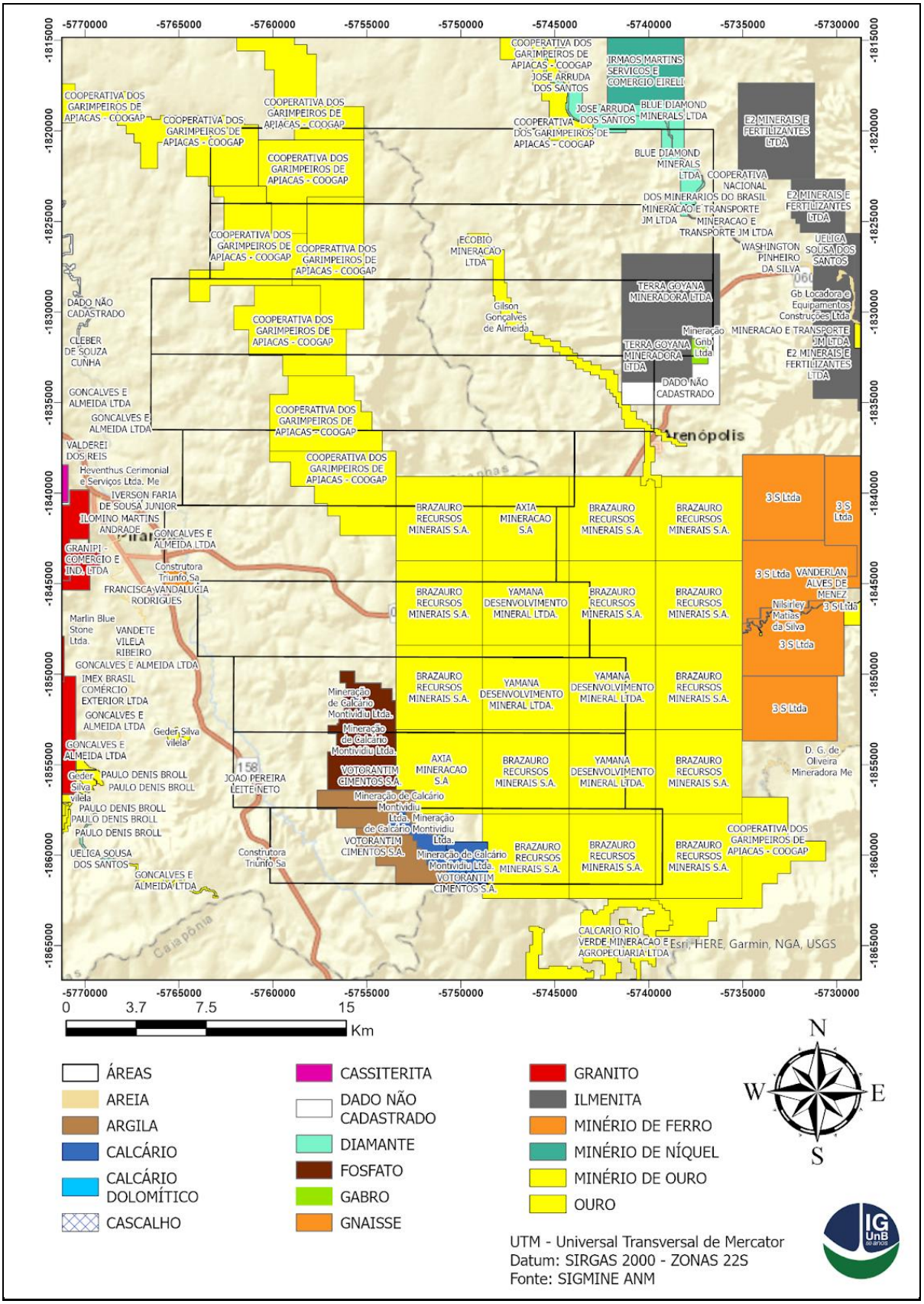


Figura 8.2. *Mapa de processos minerários por substância na área do Projeto Arenópolis (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro/2023).*

O conceito de sistema mineral compreende os processos mineralizantes através do entendimento da compartimentação geológica local e regional. A importância de se entender os sistemas mineralizantes é cada vez maior, principalmente na indústria mineira, a fim de aumentar a capacidade exploratória de determinada área. Dessa forma, os sistemas minerais serão abordados conforme as afinidades metalogenéticas das ocorrências identificadas, de acordo com a classificação de Robb (2005), em modelos magmático-hidrotermais, hidrotermais (Sistema Aurífero Orogênico e Vulcanogênico) e sistema associado ao magmatismo alcalino.

8.3 Sistema Magmático-Hidrotermal

De acordo com Robb (2008), a palavra "*skarn*" é um antigo termo sueco que originalmente se referia às rochas compostas predominantemente por minerais calcissilicáticos, com granada rica em cálcio, piroxênio, anfibólio e epidoto que identificam as associações de alteração bastante incomuns. Atualmente, é amplamente utilizada para se referir à substituição metassomática de rochas carbonáticas (calcário e dolomito) por associações minerais calcissilicáticas durante processos metamórficos de contato ou regionais. Depósitos minerais relacionados a associações mineralógicas do tipo são denominados depósitos de skarn e são tipicamente o resultado de metamorfismo de contato e metassomatismo associados à intrusão de granito em rochas carbonáticas.

No Projeto Arenópolis, foi reconhecida uma associação de rochas calcisssilicáticas na extremidade sul do Granito Serra do Iran. Vale ressaltar que a intrusão ocorreu na Sequência MVS Arenópolis-Piranhas, a qual apresenta lentes de mármore em diversas porções. O domínio calcissilicático compreende gnaisses constituídos por uma assembleia mineralógica de alteração hidrotermal com anfibólio, quartzo, epidoto, clorita, biotita, titanita e calcita. Essa mineralogia se assemelha à observada no estágio de alteração retrógrada em sistemas skarníferos, onde o resfriamento do plúton associado e o influxo de fluidos meteóricos geralmente é acompanhado da precipitação de metais. Embora não tenha sido observada mineralização relacionada ao sistema, nas Áreas II e III ocorrem *skarns* com veios de quartzo associados, que podem representar importantes vetores prospectivos para a região mineralizada.

8.4 Sistema Hidrotermal

O Sistema Aurífero Orogênico é caracterizado por mineralização de Au, comumente acompanhado de Ag, associada à sulfetação em estruturas de segunda ou terceira ordem (geralmente na forma de veios) em relação a zonas de cisalhamento. São sistemas epigenéticos,

isto é, cuja metalogênese ocorre em contexto posterior à formação da rocha, como o próprio nome sugere, em deformação relacionada à orogênese. O metamorfismo relacionado a esses sistemas em geral é de fácies xisto verde a anfibolito, em condições mesocrustais entre 5 e 20 km de profundidade. A área do Projeto Arenópolis é composta por três sistemas anastomosados de zonas de cisalhamento que, em produtos geofísicos, apresentam continuidade em profundidade. Assim, a ocorrência de veios de quartzo conectados a essas estruturas podem constituir importantes vetores prospectivos para a descoberta de depósitos desse tipo no projeto.

Outro sistema hidrotermal identificado na área do Projeto Arenópolis refere-se a ocorrência de sulfetos de cobre e malaquita nas rochas máficas da Unidade Córrego do Santo Antônio da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Tais ocorrências foram identificadas com maior frequência na Área IX. Sulfetos de ferro como pirita e pirrotita foram identificados na unidade Córrego da Onça, associados a rochas metavulcânicas. Essas ocorrências são classificadas como um sistema vulcanogênico do tipo VMS (*volcanogenic massive sulfide*). Segundo Robb (2005), esse sistema geralmente está relacionado com a precipitação de metais a partir de soluções hidrotermais circulantes em ambientes submarinos vulcanicamente ativos.

8.5 Sistema associado ao magmatismo alcalino

O Corpo Arenópolis compreende uma associação de rochas alcalinas com afinidade sódica da série ijolítica. Sabe-se que é comum a ocorrência de carbonatitos como parte de um complexo intrusivo alcalino, onde estão associados com sequências de rochas alcalinas silicáticas, incluindo uma variedade expressiva de rochas ultramáficas a félsicas que ocorrem em áreas geologicamente estáveis, em contexto tectônico intraplaca, normalmente associados a movimentação de plumas mantélicas (Nascimento, 2018).

Atualmente, a área ocupada pelo Corpo Arenópolis está em processo de solicitação de lavra em análise para substância ilmenita (Figura 8.2) pela *Terra Goyana Mineradora*. A ilmenita está entre os minerais mais comuns em complexos alcalino-carbonatíticos,

juntamente com carbonatos, apatita, magnetita, pirocloro, flogopita, monazita, barita e sulfetos (pirita, pirrotita e calcopirita).

8.6 Minerais e rochas industriais

Conforme Ciminelli (2007), minerais e rochas industriais é um termo que engloba todas as rochas e minerais predominantemente não-metálicos, naturais ou sintéticos, aplicados em produtos e processos industriais, como matérias primas, insumos ou aditivos, em diversos segmentos industriais. No qual estes minerais e rochas são altamente aplicados nas indústrias

de cerâmicas, vidrarias, fertilizantes, alimentos, siderúrgicas, indústrias químicas e construção civil.

8.6.1 Mármore

Na área do Projeto Arenópolis há ocorrências de mármores, principalmente na porção meridional associada à unidade Santo Antônio da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Os mármores observados possuem faixas centimétricas avermelhadas e esbranquiçadas, expressando a presença de calcita e quartzo. Observa-se ainda, faixas milimétricas de coloração cinza, com presença de quartzo, calcita, epidoto e anfibólio.

O mármore possui várias aplicações industriais, entre elas, destacam-se o uso na construção civil, usado como matéria-prima na produção de cimento, concreto e argamassa. Além disso, o mármore tem destaque no ramo do agronegócio, sendo uma fonte essencial de cálcio e magnésio para as plantas e usado para neutralizar a acidez do solo, equilibrando o pH. Atualmente, na região do Projeto Arenópolis, esta *commodity* é explorada pela Mineração de Calcário Montividiu que possui concessão de lavra para exploração de calcário e a Votorantim Cimentos está em fase de pesquisa, ambos na Área X do projeto (figura 8.1).

8.6.2 Talco

Em algumas Áreas do Projeto Arenópolis, mais especificamente nas Áreas I, V, VI, IX e X, há ocorrências de talco associadas às rochas metaultramáficas das unidade Córrego do Santo Antônio e Córrego da Onça, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Segundo Luz & Lins (2008), o talco possui diversas aplicações no setor industrial,

em destaque para indústrias de cerâmicas, refratários, de produtos asfálticos, plásticos e entre outras que utilizam deste filossilicato como matéria prima devido suas características cristaloquímicas.

8.6.3 Areias e seixos

Ao longo de todas as áreas do Projeto Arenópolis foi observado terraços aluvionares de areias e seixos presentes nas drenagens locais. Estes terraços estão localizados nas margens do Córrego da Areia, Córrego Ribeirão e Córrego da Onça. A extração de areia e seixos possui aplicações na forma de agregados para construção civil e produção industrial para fabricação de vidros e cerâmicas.

8.6.4 Argilas

A região do Projeto Arenópolis apresenta potencial para extração de argilas, já que apresenta regiões de baixa declividade e próximas a drenagens (várzeas) que possibilitaram o acúmulo de material argiloso. A extração de argila é importante para produção de cerâmica vermelha (telhas e tijolos) e para fabricação de cimento Portland a partir de argilas pozolânicas.

8.6.5 Rochas ornamentais e de revestimento

Segundo a NBR 15012:2003, rocha ornamental é definida como material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento ou afeiçoamento (bruta, aparelhada, apicoada, esculpida ou polida) utilizado para exercer uma função estética e a mesma norma define rocha de revestimento como rocha natural que, submetida a processos e graus variados de desdobramento e beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos e fachadas, e em obras de construção civil. Conforme Sossai (2006), o Brasil possui forte atuação no setor de produção de rochas ornamentais e/ou revestimentos no mercado mundial, certa prática que tem uma ótima aceitação das matérias primas brasileiras no mercado internacional, especialmente os granitos.

A cerca de 15km de Piranhas (GO), encontra-se a Pedreira Marlin Blue Stone Ltda que possui a finalidade da extração de blocos do Conglomerado Piranhas conhecido comercialmente como Verde Piranhas para fins ornamentais. Atualmente não há empresas explorando as rochas da área do projeto com este fins ornamentais e/ou de revestimento,

contudo há potenciais litotipos que se encaixam nos requisitos devido a sua coloração (estética) e seu baixo grau de fraturamento: Granito Serra do Iran localizado no centro das cinco primeiras áreas do projeto, Granito Ribeirão Água Limpa cortando praticamente todas áreas do projeto no extremo ocidente e o Conglomerado Piranhas restrito a Área 6, litologia no qual já possui exploração com finalidade ornamental em outra região dentro do limites de Piranhas no qual a rocha é conhecida como Verde Piranhas.

8.7 Recursos minerais da Área VIII

Nas imediações da Área VIII foram considerados três alvos prospectivos considerando tanto seu potencial exploratório imediato quanto a presença de feições favoráveis à formação de depósitos economicamente viáveis. Tais alvos são discutidos a seguir.

O primeiro alvo prospectivo está relacionado ao Granito Serra do Tatu como rocha ornamental, a granulação média a grossa, coloração branca a rosada com presença de porções com foliação milonítica são feições que podem ser aproveitadas pela indústria na confecção de revestimentos e pisos. A localização e fácil exposição com perfil de solo raso auxiliam na exploração e transporte.

Já o segundo alvo prospectivo se trata de evidências preliminares da existência de depósito do tipo ouro orogênico. Ao longo das unidades Córrego do Santo Antônio e Córrego da Onça, foram descritos blocos de chert médio a grosso, com presença de pirita e calcopirita fina disseminada. Além disso, foi possível observar uma capa de alteração dos sulfetos, de coloração vermelho-amarelado e ocre.

Em razão do contexto regional e da presença bastante marcante de veios, sugere-se então, a existência de sistema mineral de ouro orogênico, de modo que há presença de zonas de cisalhamento de diversas ordens, servindo como condutos para percolação e precipitação de fluidos. Como conduto de primeira ordem, há o Lineamento Transbrasiliano; de segunda ordem, o Lineamento Moiporá-Novo Brasil; e as grandes zonas de cisalhamento do Projeto Arenópolis servem então como condutos de terceira ordem, propícios para precipitação de metais.

Por fim, o último alvo se trata de um possível *skarn* gerado por metamorfismo de contato entre um granito localizado na porção centro-norte da área IX com rochas calcissilicáticas da área VIII, localizada na Unidade Córrego do Santo Antônio.

Depósitos do tipo *Skarn* também possuem diversas classificações e podem gerar mineralizações de ferro, wolfrâmio, scheelita, molibdênio, cassiterita, ouro e outros minérios.

É importante ressaltar que poucas características foram observadas em campo, de modo que os alvos aqui descritos requerem mais estudos, sob ótica da exploração mineral, para definição do sistema mineral presente ou não, juntamente com sua eventual viabilidade e exploração.

9 Evolução Tectônica do Projeto Arenópolis

O propósito deste capítulo é introduzir as fases de evolução tectônica das unidades mapeadas no Projeto Arenópolis, utilizando modelos propostos na literatura, em conjunto com os dados estruturais e petrográficos coletados durante a execução do projeto. O enquadramento geotectônico do Projeto Arenópolis está situado na Província Tocantins, no Orógeno Brasília. Essa área tem sua estruturação influenciada pela colisão entre os Crátons São Francisco, Amazônico e Paranapanema, com o desenvolvimento do Lineamento Transbrasiliano (Almeida *et al.*, 1977; Hasui & Almeida, 1970). O desenvolvimento do Orógeno Brasília abrange a evolução do Arco Magmático de Goiás durante o neoproterozóico. Essa evolução inclui estágios de arco intra-oceânico, colisão arco-continente, colisional a pós-colisional e extensional, conforme o modelo proposto por Lacerda Filho *et al.* (2021).

A evolução do Arco Magmático de Goiás é descrita nos segmentos Mara Rosa e Arenópolis através de dois principais eventos magmáticos: o primeiro, em um ambiente de arco intra-oceânico com a geração de magmatismo com idade entre 920 e 800 Ma; e mais tarde, um magmatismo em ambiente de arco continental que ocorreu entre 660 e 630 Ma (Pimentel *et al.*, 2000; Brito Neves *et al.*, 2014).

A evolução tectônica do Projeto Arenópolis (Tabela 9.1) pretende contribuir com entendimento da geodinâmica da região entre Piranhas e Arenópolis, levando em consideração o modelo inicialmente proposto por Pimentel (1985) e posteriormente por Lacerda Filho *et al.* (2021). As interpretações foram realizadas através das observações de campo, análises petrográficas do Projeto Arenópolis, e dados geoquímicos disponíveis no relatório do Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (2021) do SGB-CPRM.

Quadro 9.1. Estágios de evolução tectônica do Arco Magmático de Arenópolis referente às unidades do Projeto Arenópolis.

Estágio Tectônico	Fase Evolutiva	Evidência	Unidade
Paleoproterozóico (2300-2000 Ma)	Bloco Alóctone	Dados isotópicos Rb-Sr e TDM Sm-Nd.	Gnaisse Ribeirão (1816 ± 110 - Rb-Sr)
Arco Intra-Oceânico **Neoproterozóico - Toniano (900-800 Ma)**	Arco Vulcânico ou Bacia de Forearc	Geoquímica - Anomalia de Sr e Ba (Hattingh, 2020).	Unidade Córrego da Onça (900 ± 8 - U-Pb)
	Prisma de acresção	Rochas típicas de assoalho oceânico (metamorfizadas), justapostas por rochas sedimentares químicas e siliciclásticas (Carneiro et al. 2021; TF 2023).	Unidade Cór. Santo Antônio - Idade máxima de sedimentação ~900Ma
	Equivalente plutônico da SMVS Arenópolis-Piranhas - Edifício de arco de ilhas.	Geoquímica - granitos não-fracionados formados em ambientes pré-colisão de placas com evidência de enriquecimento por subducção (Hattingh, 2020).	Gnaisse Arenópolis (899 ± 7 - U-Pb)
	Contemporâneo ao Gnaisse Arenópolis. Intrudiu o Gnaisse Ribeirão	Geoquímica - Contaminação com crosta continental arqueana (Pimentel et al. 2003).	Gabro Morro do Baú (890 ± 6 - U-Pb)
Arco Continental - Colisional **Neoproterozóico - Criogeniano (670-600 Ma)**	Arco vulcânico ao estágio colisional	Sistemas de ZC (TF 23); Heterogeneidade isotópica pode indicar contaminação de granitogênese pós tectônica (Pimentel et al. 1985).	Granito Serra do Tatu (692 ± 110 - Rb-Sr)
		Assinatura geoquímica de adakitos; geração de magmas a partir da fusão de crosta oceânica (alto Nb/Yb e Th/Yb) e alojamento em crosta continental (altas razões Th/Yb)	Granito Ribeirão Água Limpa (639 ± 3 - U-Pb)
	Final do estágio colisional	Geoquímica - razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ de 0.70382 (Pimentel & Fuck, 1987) e	Granito Rio Caiapó (587 ± 20 - U-Pb)

Colisional a Pós-Colisional **Neoproterozóico - Ediacarano (590-560 Ma)**		εNd(t) entre -4,2 e +1,5 (Hattingh, 2020). Dados sugerem origem mantélica e crustal.	
	Pós-Colisional	Geoquímica - εNd(t) de -2.7 a +2.0 (Hattingh, 2019); Caráter bimodal do magmatismo e sem deformação no centro do plúton (TF 23).	Granito Serra do Iran (564 ± 5 - Rb-Sr)
Extensional **(Paleozóico - Cambriano)**	Bacia Intracratônica	Formação Furnas e Ponta Grossa; Conglomerado Piranhas (TF 23).	Grupo Paraná
Intraplaca **Mesozóico - Cretáceo (135-63 Ma)**	Pluma ou soerguimento do manto	Datação - idades entre 94 ± 5 e 74.3 ± 1.6 Ma (Sonoki and Garda, 1988). Complexo alcalino carbonatítico Arenópolis (Danni, 1976; TF 23)	Complexo Arenópolis (94 ± 5 - K-Ar)

9.1 Estágio de Arco Intra-Oceânico

A formação do Arco Magmático Goiás é marcada pelo fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (Kröner & Cordani, 2003; Caby, 1994; Valeriano et al., 2004). Enquanto a formação do segmento Mara Rosa é iniciada pela aproximação dos Crátons Amazônico e São Francisco, a geração do segmento Arenópolis é iniciada a partir do movimento convergente entre os Crátons Paranapanema e São Francisco, conforme o modelo de Marques (2017) e detalhado na Figura 9.1.

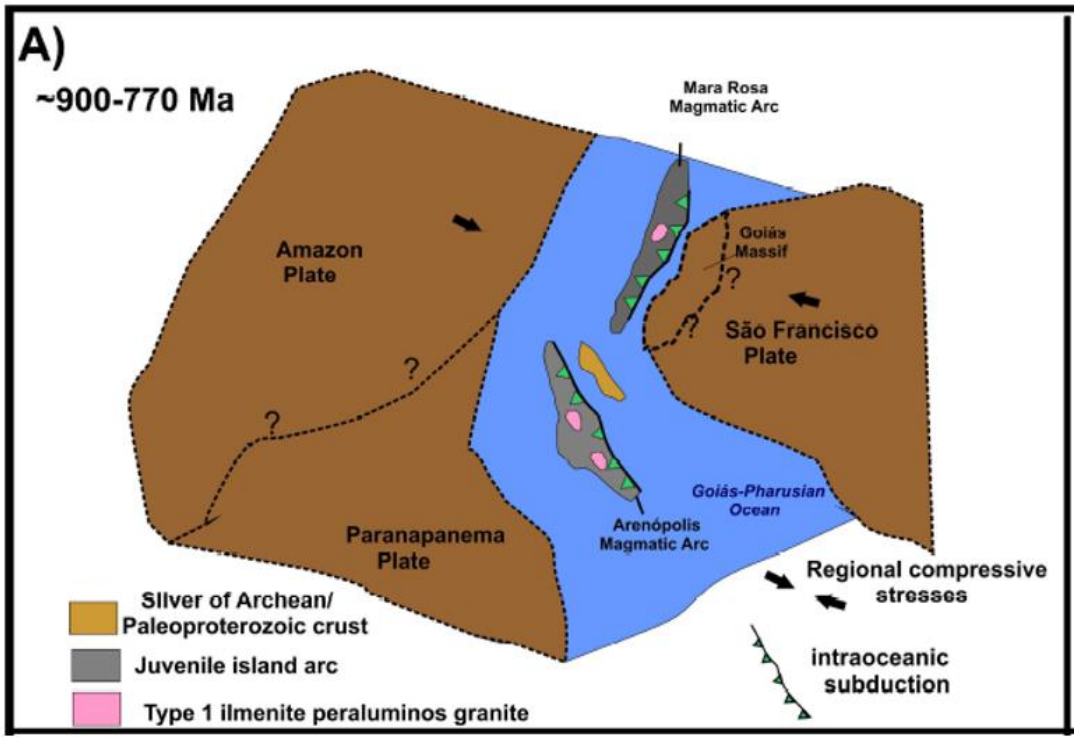


Figura 9.1. Fechamento do Oceano Goiás-Farusiano com desenvolvimento das primeiras assembleias de arcos intra-oceânicos (cerca de 900 a 770 milhões de anos). Adaptado de Marques (2017).

De acordo com Laux *et al.* (2005), a história evolutiva do Arco Magmático Goiás se inicia com a geração de arcos intra-oceânicos, o qual é representado por rochas metamáficas com idades entre 890 e 815 Ma e ortognaisses e granitóides com idades entre 821 e 782 Ma. Nesse período, se formaram inicialmente, o arco de Arenópolis-Piranhas, seguido pelo arco de Anicuns-Itaberaí. Associadas a estes arcos, houve o desenvolvimento de bacias do tipo *forearc*, *backarc* e zonas de trincheira, com sedimentação e derrames de rochas vulcânicas.

No cenário do Projeto Arenópolis, o estágio de arco intra-oceânico é representado pelo Gnaisse Arenópolis, o qual foi descrito como ortognaisse metaluminoso de composição tonalítica. A idade de 899±7 Ma (Pimentel *et al.*, 1991) indica que estaria relacionado aos

primeiros eventos de formação do arco. Concomitantemente, mais para oeste (na posição atual), havia sedimentação na zona de trincheira (Carneiro *et al.*, 2021) a qual daria lugar à Unidade Córrego Santo Antônio, da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Os anfibolitos da Unidade Córrego da Onça poderiam ter sido formados no próprio arco de ilhas (Pimentel, 1985) ou em uma bacia de *forearc*. A obducção de parte dessa crosta oceânica, junto com os sedimentos de trincheira, gerariam mais tarde a superposição de lascas de rochas máficas e ultramáficas ao lado de rochas carbonáticas pertencentes a uma provável plataforma carbonática (Figura 9.3).

Além disso, dados litogeoquímicos apontam para magmas de série calci-alcalina, com granitos formados em ambiente pré colisão, com evidências de enriquecimento por subducção (Hattingh, 2020). Ademais, Rodrigues *et al.* (1999) mostram que diferentes ortognaisses do Segmento Arenópolis, apresentam caráter metaluminoso (Pimentel & Fuck 1992b, Viana et al. 1995). Na Figura 9.4 evidencia-se tal caráter do Gnaisse Arenópolis.

O modelo proposto pelo Projeto Arenópolis inclui as rochas da Unidade Córrego da Onça em um ambiente de bacia de *forearc*, uma vez que foram mapeadas rochas metavulcânicas máficas e intermediárias intercaladas com rochas metassedimentares. O diagrama de Pearce (1996) permite a classificação dos protólitos de anfibolitos, pertencentes às unidades da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas, como basaltos toleíticos (Figura 9.2).

O fato de haverem sequências de trincheiras, junto com espessa sequência de basaltos intercalados com rochas sedimentares, principalmente químicas, atentam para um modelo de *Shallow "Benioff Style Subduction"* (Chelle-Michou *et al.*, 2022). Os autores defendem que a placa oceânica entra em subducção com ângulo aproximado de 45°. Essa interpretação corrobora com o modelo inicialmente proposto por Pimentel (1985) e posteriormente por Carneiro *et al.* (2021).

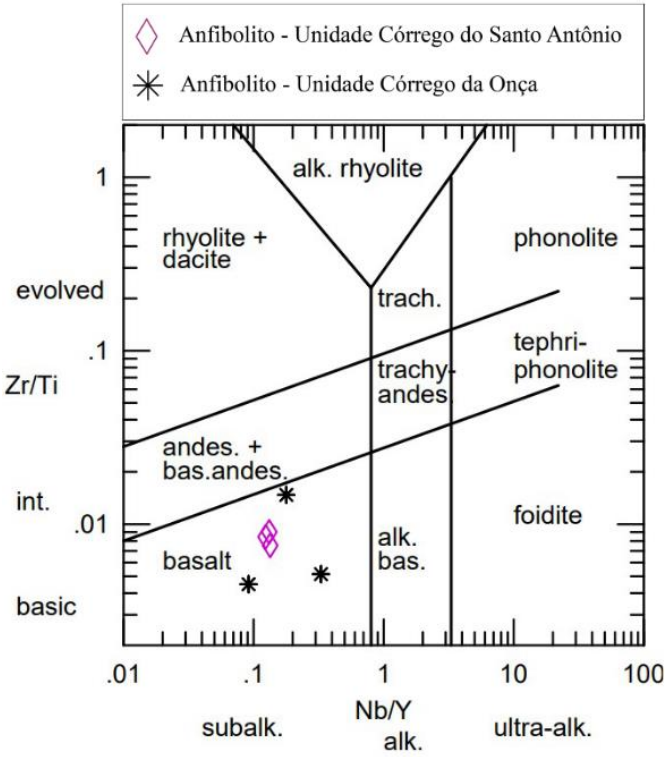


Figura 9.2. Diagrama ternário de Pearce (1996) para classificação dos anfibolitos das unidades Córrego da Onça e Córrego Santo Antônio. Fonte: SGB-CPRM (2021).

O Gabro Morro do Baú tem uma idade de cristalização de 890 ± 6 Ma (Pimentel *et al.*, 2003). A idade indica que esta intrusão é contemporânea, ou um pouco mais jovem que as rochas vulcânicas da Unidade Córrego da Onça. No Projeto Arenópolis, o Gabro Morro do Baú aflora na Área X, em aparente contato intrusivo com o Gnaisse Ribeirão e Gnaisse Arenópolis a leste e com a Unidade Córrego Santo Antônio a oeste.

A composição isotópica de Nd do Gabro do Morro do Baú, T_{DM} de 2.8 Ga e εNd negativo de –9.7, indica forte contaminação com material siálico arqueano (Pimentel *et al.* 2003). No Projeto Arenópolis, o Gabro Morro do Baú foi mapeado em contato com o Gnaisse Ribeirão e com a Unidade Córrego Santo Antônio. Dessa forma, considerando a idade de 1816 ± 110 (Pimentel *et al.*, 1992) no modelo proposto (Figura 9.3), o Gnaisse Ribeirão é uma das unidades encaixantes do Gabro Morro do Baú e pode ser a origem da fonte de contaminação observada através dos dados Sm-Nd.

Considerando todas as informações mencionadas, é proposto, assim como Lacerda Filho *et al.* (2021), uma subducção no estágio de arco intra-oceânico com mergulho para leste. Pimentel (1985) propõe a mesma polaridade de subducção, com base em metamorfismo

crescente em direção à oeste na Unidade Córrego Santo Antônio. As unidades Córrego Santo Antônio e Córrego da Onça representam a zona de trincheira e bacia *forearc*, respectivamente. O Gabro Morro do Baú, representa um corpo plutônico intrudido e associado a este estágio, enquanto o Gnaisse Arenópolis representa o próprio edifício vulcânico. É interessante destacar que o Gnaisse Arenópolis também foi identificado a oeste do Gnaisse Ribeirão. Até o momento não existem idades mais acuradas e geoquímica destes dois gnaisses para colocá-los em um contexto mais preciso dentro desta evolução.

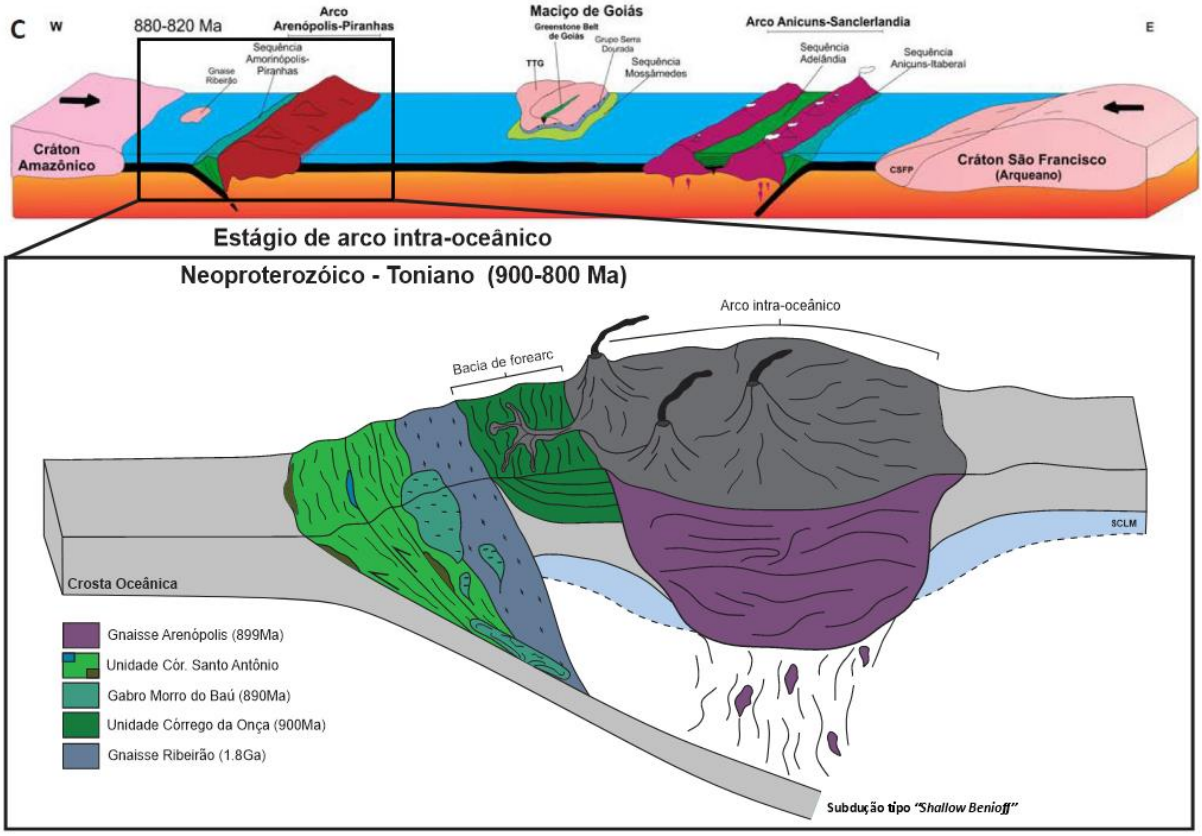


Figura 9.3. Modelo evolutivo do estágio de arco intra-oceânico na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).

9.2 Estágio Arco Continental - Colisão Continente-Continente

O estágio Arco continental-Colisão Continente-Continente é caracterizado por magmatismo misto de fontes juvenis e crustais por volta de 670 a 600 Ma. Nessa fase de acresção do AMG, observa-se aumento de magmas calci-alcalinos, peraluminosos, com aumento de SiO_2 e K_2O, além de diagramas multielementares e padrões de ETR condizentes

com contaminação crustal, sendo também obtidos valores de ε_{Nd} cada vez mais negativos (Frasca, 2015).

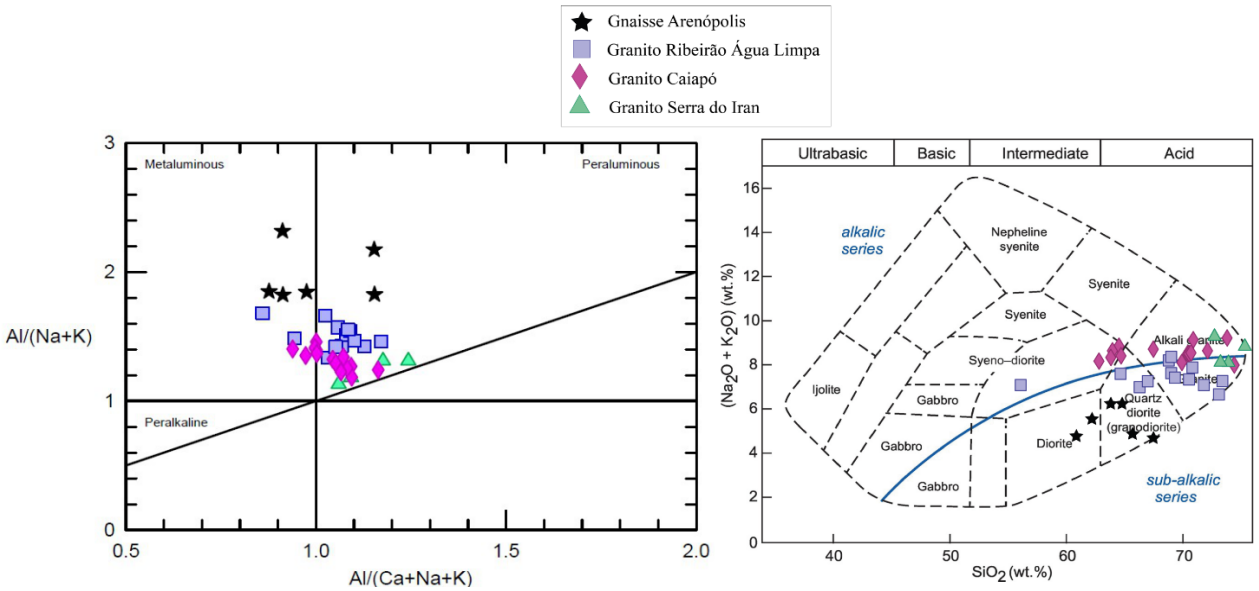


Figura 9.4. Diagrama de classificação do índice de Shand (alumina-saturação) à esquerda e diagrama TAS para todas as unidades plutônicas e metaplutônicas do Projeto Arenópolis à direita. Fonte: SGB-CPRM (2021).

No contexto do Projeto Arenópolis, as unidades que representam o magmatismo relacionado a esse estágio são o Granito Serra do Tatu, o Granito Ribeirão Água Limpa e o Granito Rio Caiapó, conforme mostra o modelo proposto na Figura 9.5. O Granito Serra do Tatu representa um granito tipo-S de caráter peraluminoso, com uma idade de 690 ± 110 Ma, obtido pelo método Rb-Sr por Pimentel (1985). É caracterizado por se apresentar fortemente milonitizado. Já o Granito Ribeirão Água Limpa constitui rochas metaplutônicas graníticas a tonalíticas milonitizadas. Hattingh *et al*. (2021) obtiveram, pelo método U-Pb, idade de 692 ± 3 Ma para a unidade. Os resultados geoquímicos indicam que são rochas calci-alcalinas e peraluminosas, com padrão de ETR e razão K_2O/Na_2O que permitem classificá-las como adakitos de alto K, além de apresentarem baixas concentrações de HFSE em padrões ETR normalizados para condrito. Essas características foram consideradas pelos autores para interpretar que o Granito Ribeirão Água Limpa tem uma fonte profunda mantélica, em contexto de extremo espessamento crustal e consequente fusão parcial da quilha eclogítica delaminada. O entendimento dos autores contribui com o modelo proposto pelo Projeto Arenópolis, permitindo estabelecer a formação da unidade em uma fase avançada de subducção em ambiente de arco continental.

Seguindo o modelo apresentado por Lacerda Filho *et al.* (2021), o Granito Ribeirão Água Limpa representaria o Arco Continental do Arco Bom Jardim, localizado a oeste. Fica ainda a esclarecer, em função da idade, se o Granito Serra do Tatu é um dos representantes deste estágio no Arco de Arenópolis-Piranhas. Diversos corpos gabro-dioríticos e graníticos com e sem deformação foram encontrados durante o mapeamento. Possivelmente eles estejam relacionados com este momento da evolução, mas não existem até o presente dado isotópicos e geoquímicos para fazer essa correlação. Não obstante, o estágio de Arco Continental parece ter sido muito restringido no tempo para o Arco Arenópolis-Piranhas.

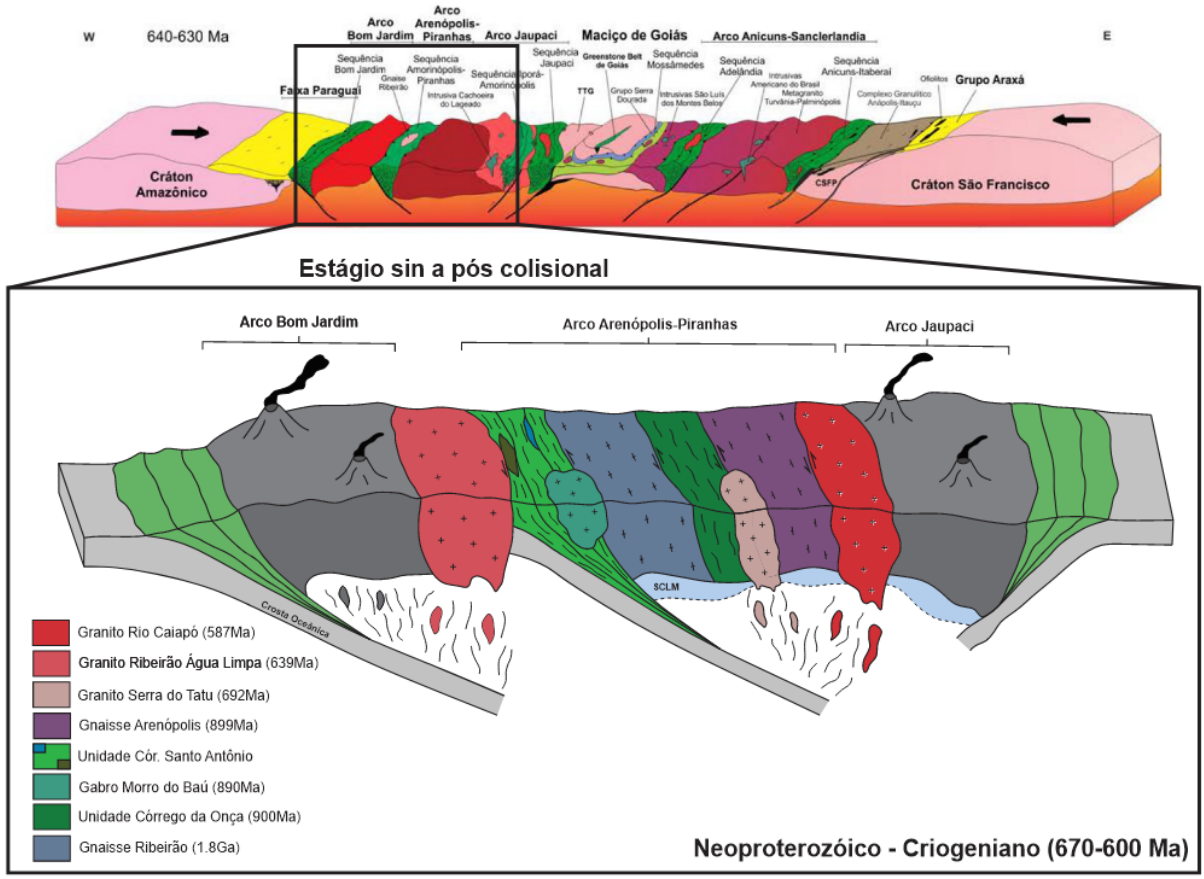


Figura 9.5. Modelo evolutivo do estágio de arco continental na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).

No presente modelo (Figura 9.5), o Granito Rio Caiapó foi colocado no estágio final da colisão continente-continente. Ele tem uma idade de 587±17 Ma (Pimentel & Fuck 1994) e características geoquímicas de granitos tipo-I, típicas de arco. Não obstante, a idade, o erro analítico poderia indicar que este granito é mais antigo, descartando a sua relação o

magmatismo granítico bimodal pós-Brasiliano mais antigo (entre ca. 590 a 560 Ma, Pimentel *et al.*, 1987b, 1996b e 1999). As evidências de campo, como zonas de cisalhamento, foliação e evidências de deformação em microestruturas em amostras tanto das bordas quanto no centro do corpo, corroboram a hipótese de que o mesmo estaria relacionado aos estágios finais da colisão continente-continente e não ao ambiente pós-colisional.

9.3 Estágio Pós Colisional: magmatismo bimodal em ambiente transicional

A evolução do Arco Magmático Goiás se deu através do fechamento do Oceano Goiás-Farusiano e está correlacionada com a amalgamação do continente Gondwana. Este então, é seguido pelo desenvolvimento de mega-cisalhamento denominado Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus, 1975), o qual é composto por diversas zonas de cisalhamentos que se estendem até a base da litosfera (*sub-continental lithospheric mantle* - SCLM). O Lineamento, então, atua como uma série de condutos para a ascensão, estocagem e posteriormente, anatexia. Com isso, se dá origem ao magmatismo bimodal e granitos do tipo-A (Vauchez & Tommasi, 2003; Pirajno, 2010).

Segundo Pimentel *et al*. (1987b, 1996b e 1999), o magmatismo granítico bimodal pós-Brasiliano pode ser resumido em dois eventos distintos: (i) um mais antigo entre *ca.* 590 a 560 Ma e (ii) um mais recente entre *ca.* 508 a 485 Ma. Ambos os episódios apresentam grupos de granitóides metaluminosos, contendo razões $K_2O/Na_2O > 1$, bem como afinidades transicionais entre calci-alcalinas a calci-alcalinas de alto-K. O grupo de granitóides de idades mais antigas são similares a granitos do tipo-I, ao passo que os mais jovens seriam comparáveis a granitos do tipo-A. Além disso, ambos os grupos apresentam razões isotópicas de Sr e Nd com razões iniciais de Sr entre 0.703-0.710 e ε_{Nd} (T) entre -4.6 a +3.0, compatíveis com fusão de granitóides e rochas metavulcânicas de arco mais antigo. Ainda, Pimentel *et al*. (1999) atribuem a origem deste magmatismo bimodal a fusão crustal acarretada por intensa produção de calor, possivelmente relacionada a um episódio de *underplating* de magmas mantélicos na base da crosta continental. No modelo tectônico proposto (Figura 9.6), tal evento seria promovido por um mecanismo de *slab-breakoff* (Davies & Blanckenburg, 1995; Atherton & Ghani, 2002), após os últimos estágios da Orogenia Brasiliana. Este mecanismo de *slab-breakoff* é responsável pelas denominadas "janelas astenosféricas", ou seja, a subida do manto astenosférico, descompressão, fusão parcial e *underplating* e magmas na base da crosta.

As unidades que estão inseridas nesses contextos e presentes no Projeto Arenópolis corresponde ao Granito Serra do Iran. Vale ressaltar que, embora o Granito Rio Caiapó (587 ± 17 Ma, Pimentel & Fuck 1994) e o Granito Serra do Iran (588 ± 17 Ma, Pimentel & Fuck 1994) tenham idades próximas, o erro analítico, a geoquímica e as relações de campo observadas durante o mapeamento permite interpretar que os dois corpos não foram alojados no mesmo momento da evolução no estágio *tardi* a pós tectônico.

Enquanto o Granito Rio Caiapó apresenta zonas de cisalhamento, foliação e evidências de deformação em microestruturas em amostras, tanto das bordas, quanto no centro do corpo, o Granito Serra do Iran se mostra com características predominantemente isotrópicas no centro do corpo. Dessa forma, as zonas de cisalhamento desenvolvidas apenas nas bordas indicam alojamento do plúton nos últimos estágios da etapa colisional. Conforme Pimentel et al. (1985), o Granito Serra do Iran se destaca pelo caráter isótropo da trama, ao contrário do Granito Rio Caiapó, e constitui um pequeno plúton no qual se desenvolveu uma auréola termal na sequência xistosa encaixante.

Por fim, ao longo dos estágios finais de transpressão sinistral ao longo da região, entende-se que houve a nucleação de um domínio transtrativo de mesma cinemática. A atuação de tectônica distensiva geraria então, ao longo da Unidade Córrego da Onça e do Granito Serra do Tatu, o equivalente a uma bacia do tipo *pull-apart* com rampas extensionais com direção E-W a WNW-ESE em um cisalhamento NNW-SSE. Tal deformação seria então responsável pela geração e principalmente, intrusão de diques riolíticos, paralelos ao cisalhamento NNW-SSE. De maneira subordinada, ao longo dos sítios extensionais nesta bacia, houve a colocação de diques riolíticos de menor escala, com direção E-W. Desse modo, compreende-se que a extensão E-W gerada atuou como sistema de encanamento para ascensão de magma ácido. Sendo assim, pela ausência de deformação presente ao longo dos diques, é possível afirmar que a unidade Córrego do Horácio foi gerada no final do evento deformacional transpressivo. Isto se dá em função da presença apenas de estruturas de fluxo localizadas e domínios não deformados relacionados a um resfriamento tardio.

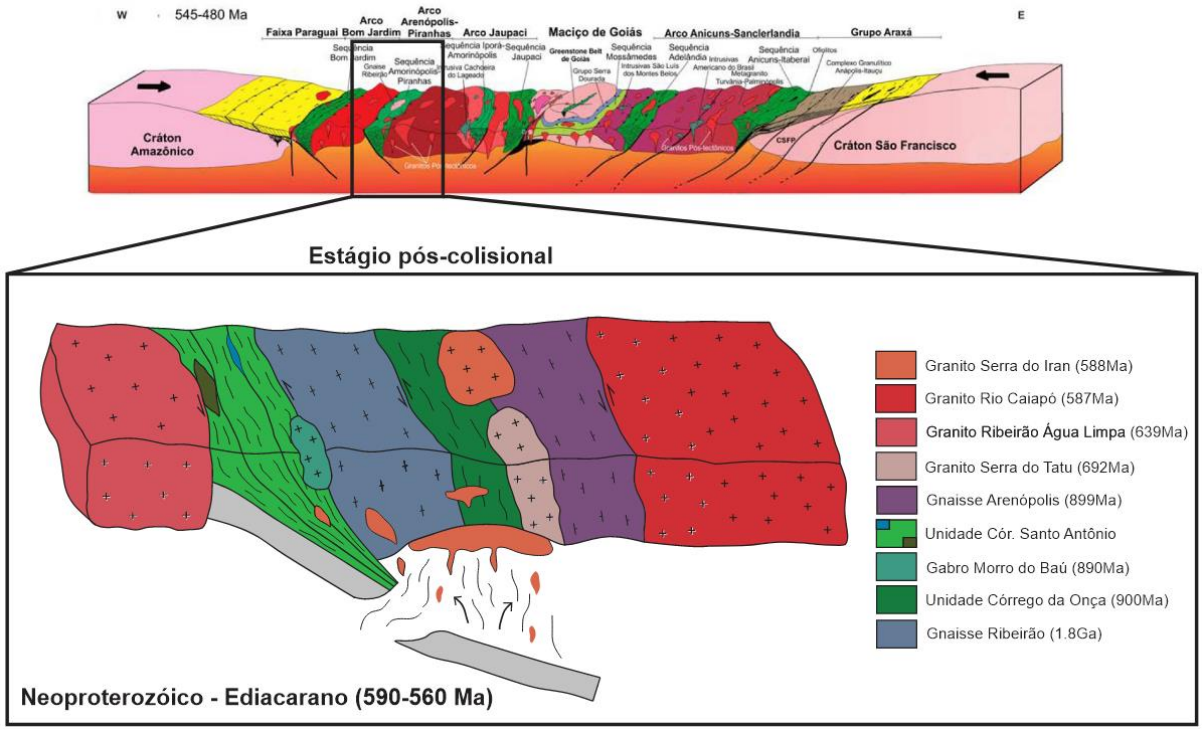


Figura 9.6. Modelo evolutivo do estágio pós-colisional na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho *et al.* (2021).

9.4 Estágio Extensional

O estágio extensional se trata do mais recente evento na área de estudo, de idade fanerozóica, tendo ocorrido após o estágio compressivo e o soerguimento do orógeno. Nesse estágio, há o predomínio de falhas e juntas, que ocorrem a partir de reativações de estruturas mais antigas, do embasamento, em direção preferencial aproximadamente N-S, o que gerou feições como *grabens* e bacias marginais (Lacerda Filho *et al.* 2021). Esse estágio inicial de graben, com o aporte de material oriundo do Arco Magmático de Goiás, foi o que deu origem à Formação Piranhas (Pimentel, 2016). Esta formação é representada no presente projeto pelo Conglomerado Piranhas, que aflora em uma estreita faixa de direção N-S em um *graben* inserido no Granito Ribeirão Água Limpa. A sua gênese está relacionada à deposição molássica em decorrência de um aulacógeno ordoviciano (Faria *et al*., 1975).

A deposição da Bacia do Paraná também está relacionada a esse estágio, tendo ocorrido durante o Ordoviciano-Siluriano, em que as reativações de estruturas do embasamento gerou depressões alongadas, que controlaram a deposição dos sedimentos da Bacia do Paraná. Inicialmente, com os sedimentos do Grupos Rio Ivaí, e depois dos arenitos da Formação Furnas

e transição gradual para os sedimentos mais finos da Formação Ponta Grossa (Devoniano) em ciclos transgressivo-regressivo, ambas presentes no sul da área do Projeto Arenópolis (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

Em relação às estruturas rúpteis presentes na área de estudo, elas podem ser correlacionadas ao Lineamento Az 125°. Essas estruturas foram o lugar de ascensão de magmas básicos relacionados a Pluma Trindade há cerca de 90 Ma, que é o evento responsável pelos corpos alcalinos da Suíte Alcalina Iporá, presentes na área de estudo (Crough *et al.*, 1980; Gibson *et al.*, 1995b, 1997b; Thompson *et al.*, 1998).

9.5 Magmatismo alcalino

Uma das teorias sugeridas na petrogênese do magmatismo alcalino cretáceo no Brasil decorre do modelo de plumas mantélicas, apoiando-se em evidências geofísicas (e.g Gibson *et al.*, 1999). De acordo com este modelo, a Província Alcalina de Goiás representa um local com intrusões alcalinas ao longo de uma trilha direcionada para sudeste, também chamada de Lineamento Azimute 125. Nesta interpretação, a pluma foi desviada para sul em direção à litosfera mais fina, onde gerou a Província Serra do Mar entre 85 e 55 milhões de anos (Thompson *et al.*, 1998).

Entretanto, novos modelos sugerem a origem de magmas alcalinos a partir do soerguimento do manto litosférico subcontinental metassomatizado em processo de rifteamento. De acordo com Ferreira *et al.* (2022), a fusão derivada do manto pode ser consequência de episódios de rifteamento e células convectivas do manto, ou seja, a incidência de um ponto quente ou um ponto de fusão do manto não seria necessária. Os autores propõem que a extensão litosférica pode ser o modelo mecânico mais aplicável para a geração do magmatismo alcalino e toleítico do Mesozóico na América do Sul. Esse mecanismo inclui a reativação de estruturas profundas herdadas da colagem orogênica do Neoproterozóico, atuando assim como condutos de magma ou reservatórios temporários, conforme o modelo proposto pelos autores na Figura 9.7. A colocação das províncias alcalinas em terrenos formados por processos anteriores de subducção e colagem orogênica, teriam enriquecido o manto de forma mais eficiente em CO_2, H_2O e elementos incompatíveis (Ferreira *et al.* 2022).

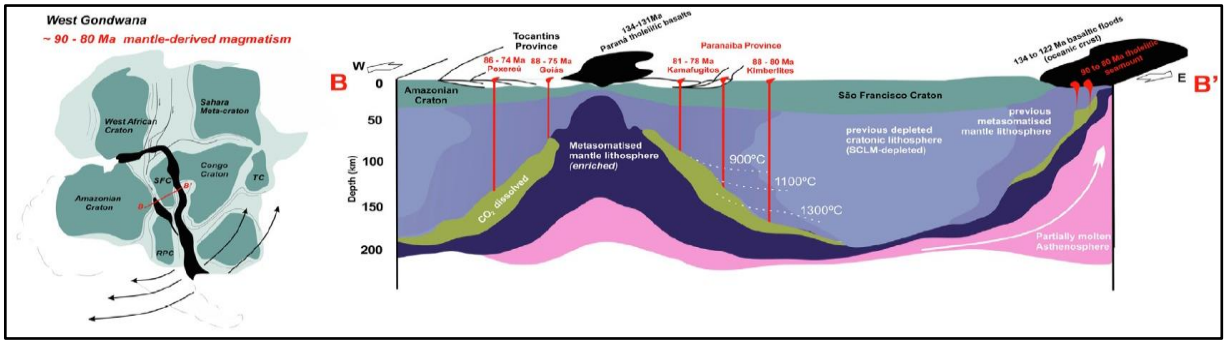


Figura 9.7. Modelo proposto por Ferreira et al. (2022) para a evolução da litosfera facilitando a colocação dos magmas toleíticos e alcalinos de aproximadamente 130 milhões e 80 milhões de anos. Adaptado de Ferreira et al. (2022).

9.6 Fases de deformação e metamorfismo

Um dos aspectos que ficaram evidentes durante o trabalho de campo do Projeto Arenópolis diz respeito a natureza polideformada da região, envolvendo feições estruturais complexas, como sobreposições, estilos de dobramentos variados, distintas gerações de foliações, lineações e fraturas. Deste modo, por meio da integração das informações de campo, foi possível construir uma concepção de eventos metamórficos e deformacionais e, logo, relacioná-los com as fases da evolução tectônica na escala do mapeamento.

O estágio de Arco Intra-oceânico (Figura. 9.3) é vislumbrado a partir de uma fase (D_{n-1}) de natureza compressional e orientação geral E-W, responsável por gerar sistemas de empurrões, falhas oblíquas e dobramentos através do surgimento das primeiras zonas de subducção. Este cenário é estabelecido em um regime dúctil-rúptil sob condições metamórficas de fácies xisto-verde. Além disso, as superfícies iniciais (S_0) de deposição das camadas vulcanossedimentares e edifícios vulcânicos experienciaram um primeiro evento ou fase de dobramentos (F_1), gerando foliações plano-axiais (S_1). Estas são então redobradas por um segunda fase de dobramentos (F_2) que transpõe e paralelizam as superfícies S_0 e S_1. Os elementos desta primeira fase de deformação são de difícil identificação em campo, porém em alguns casos é possível abstraí-los pela exibição de dobras apertadas, recumbentes, com eixos horizontais, se manifestando entre planos dos dobramentos F_2 (Figura 9.9).

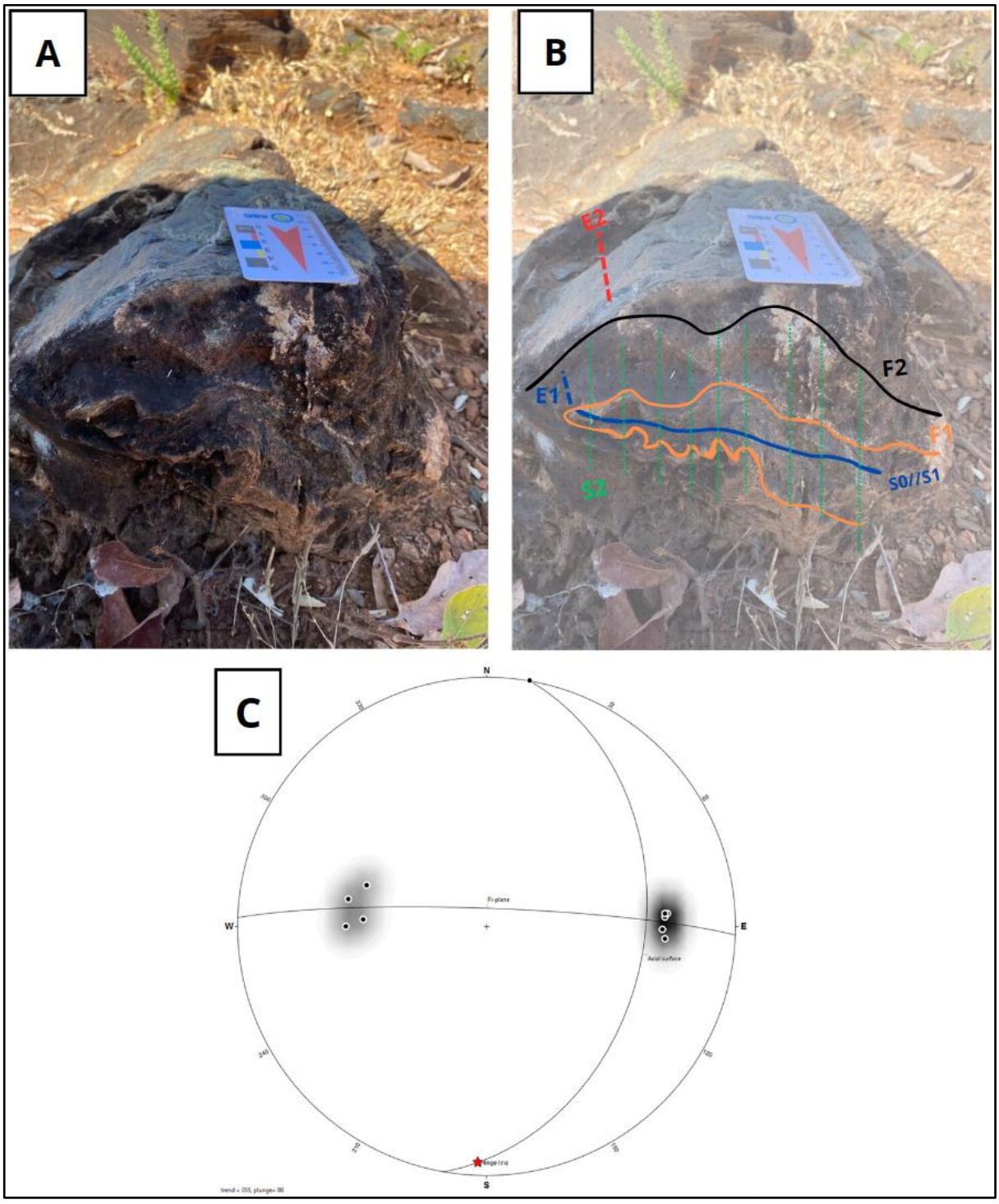


Figura 9.8. (A) Afloramento de anfibolito dobrado pertencente a Unidade Córrego do Santo Antônio (416244 E /8190590 S), evidenciando (B) o padrão de interferência de dobra F_2 com dobra F_1 e as relações de sobreposição das gerações de foliações. A Foliação plano-axial S_2 compõe a foliação predominante na área do projeto, enquanto a foliação S_1 se mostra transposta e incluída nos planos de F_2. (C) Estereograma mostrando os pólos dos flancos da dobra F_2, bem como o seu perfil e superfície axial, além do eixo.

Ainda na fase de deformação D_{n-1}, ocorreria a amalgamação de outros sistemas de arcos intra-oceânicos e a eventual instalação de um ambiente de arco vulcânico, aqui retratado como

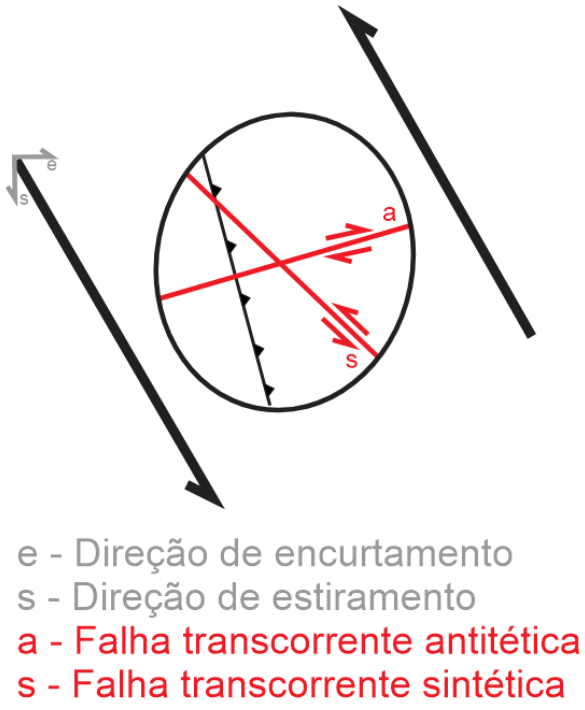
estágio de arco continental (Figura 9.5). As condições metamórficas neste cenário conteriam padrões Barrovianos mais distribuídos, com condições de facies xisto-verde a xisto-verde transicional nas frentes de subducção, podendo atingir fácies anfibolito nas porções sob as raízes do arco continental.

Em termos estruturais, este estágio também é caracterizado pela transposição da foliação S_1 a partir da interferência da fase de dobramentos ou redobramentos F_2 anteriormente mencionada. Sistemas de empurrões e falhas oblíquas continuam a se manifestar devido à permanência dos esforços compressionais de direção E-W advindos das zonas de subducção em evolução. Os elementos deformacionais típicos dessa fase de dobramentos são caracterizados pela presença de foliações plano-axiais S_2, lineações em planos de falhas (*slickensides*) de caráter frontal ou oblíquo, dobras assimétricas fechadas a abertas com planos axiais normais a inclinados e eixos horizontais a fortemente inclinados. Vale ressaltar que grande parte dos estilos de dobramentos evidenciados em campo são referentes a esta fase.

Ao estágio colisional é creditado o pico metamórfico da região, onde as condições de fácies anfibolito se tornam predominantes. Tal cenário é condizente com o principal evento tectono-metamórfico do Ciclo Brasiliano ao redor de *ca*. 630 Ma (Pimentel *et al*., 1991a; Pimentel *et al*., 1999) interpretado como resultante dos episódios colisionais entre o Cráton Amazônico e o Cráton do São Francisco, que a esta altura já estaria soldado ao Bloco Paraná. Além disso, esta etapa inaugura eventos transcorrentes de direção NW-SE com a implantação da fase de deformação D_n em um regime de caráter mais dúctil. A trama NW-SE é referente a principal estruturação da área do Projeto Arenópolis, onde ocorre a superposição e aproveitamento dos planos de falhamentos das fases F_1 e F_2 por extensas zonas de cisalhamento de caráter transcorrente associadas ao Lineamento Transbrasiliano a oeste (Lacerda-Filho et al., 2021; Curto, 2015). Deste modo, as zonas de cisalhamento Piranhas, Ribeirão e Córrego da Areia seriam nucleadas neste evento. Os elementos atribuídos a esta etapa são foliações miloníticas (S_3), dobras apertadas a isoclinais com flancos rompidos, lineações de estiramento mineral e transposição das foliações S_1 e S_2.

Ao final do estágio colisional, mais precisamente na etapa de transição para o pós-colisional (Figura 9.6), se inicia um regime de natureza tardiopsídiotectônica, com a fase de deformação D_{n+1}, caracterizada pelo início do arrefecimento termal e, consequentemente, a incidência de um retro-metamorfismo de fácies xisto-verde. Neste período, as zonas de cisalhamento principais iniciam a nucleação de fraturas de cisalhamento transcorrentes

sintéticas e antitéticas (R e R'). Estas fraturas de cisalhamento ou falhas transcorrentes são responsáveis por imprimir a estruturação subsidiária E-W evidenciada na área do Projeto Arenópolis. Além disso, dobramentos tardios na forma de crenulações com eixos de direção aproximada NNE, afetam os planos de foliação S_2 e S_3.



e - Direção de encurtamento
s - Direção de estiramento
a - Falha transcorrente antitética
s - Falha transcorrente sintética

Figura 9.9. Modelo proposto para a região do Projeto Arenópolis. Destaca-se o cisalhamento regional sinistral com falhas antitéticas e sintéticas e as respectivas direções de encurtamento e estiramento.

Por fim, ao final do estágio pós-orogênico ocorreria um regime rúptil extensional D_{n+2}, com episódios de soerguimento e erosão, além da instalação da Bacia do Paraná. Neste estágio são nucleadas falhas normais e falhas direcionais.

10 Conclusão

10.1 Discussão

A partir do mapeamento de detalhe em escala 1:25.000, o Projeto Arenópolis foi bem-sucedido em refinar contatos importantes e detalhar litologias no âmbito de sua área de estudo. De maneira geral, foram identificadas rochas pertencentes a 3 grandes unidades: Arco Magmático de Goiás, Bacia do Paraná e Província Alcalina de Goiás (PAGO). Com a integração de dados de diversas naturezas, apresenta-se uma contribuição à compreensão da complexa história geológica da região.

A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, inicialmente separada em duas grandes unidades por Pimentel (1985), recobre a maior parte da área do Projeto. As Unidades Córrego do Santo Antônio e Córrego da Onça apresentam diversos litotipos semelhantes entre si, como xistos metassedimentares, anfibolitos máficos, metaultramáficas e gonditos e metachert. Lançando mão de informações petrográficas, associadas a dados estruturais e microtectônicos, foi possível diferenciar as unidades.

A Unidade Córrego do Santo Antônio representa uma extensa faixa de rochas deformadas em regime transpressivo, com intercalação intensa de anfibolitos ricos em Ti (evidenciado pela presença marcante de titanita), metagabros e serpentinitos com xistos metassedimentares, mármores e gonditos. No caso dos anfibolitos, observa-se foliação intensa, refletindo textura nematoblástica predominante. Ao integrar as informações geradas, foi possível afirmar que a unidade representa um prisma acrescionário, depositado em bacia do tipo *trench*, metamorfisado sob pico em fácies anfibolito.

Por outro lado, na Unidade Córrego da Onça, é marcante a presença de anfibolitos máficos com metaultramáficas subordinadas, metagrauvacas, xistos metassedimentares. Os anfibolitos apresentam foliação marcante, com textura nematoblástica a granoblástica, por vezes exibindo cataclase. Ademais, em oposição ao previamente defendido por Lacerda Filho *et al.* (2021), interpretou-se esta unidade como sendo uma bacia de *forearc*, metamorfizada sob pico em fácies anfibolito.

Ao integrar dados gamaespectrométricos com informações de campo, observa-se uma relação na escala do projeto de um complexo grão-cauda, que ocorre entre o Granito Serra do

Iran e a unidade Córrego da Onça. Esta relação se torna explícita por regiões de baixa resposta gamaespetrométrica, localizadas nas sombras de pressão do Granito, já cisalhado com cinemática sinistral. Nestas regiões, são marcantes a presença de gnaisses calcissilicáticos, como presente na Área VI. Além disso, é notável a presença de rochas hidrotermais, ricas em epidoto e feldspato potássico, aflorantes na porção leste do Projeto Arenópolis. Tais rochas se encontram associadas à Zona de Cisalhamento Ribeirão, com camadas métricas de clorita-xistos nas proximidades da zona, apresentando alteração hidrotermal cálcica. Essa alteração se torna clara quando se observa os anfibolitos da unidade Córrego da Onça, uma vez que apresentam epidoto como fase acessória cálcica, e não titanita, como observado na unidade Córrego do Santo Antônio.

Outra contribuição marcante do presente projeto foi a cartografia de rochas associadas à Província Alcalina de Goiás. Produtos magnetométricos evidenciam uma anomalia na porção leste da área III, onde está localizado o corpo alcalino principal, com esses produtos também foi possível identificar lineamentos radiais que foram associados a diques alcalinos. O mapa geológico produzido pelo Projeto Piranhas exibe a orientação de diversos diques que foram localizados em todas as áreas do projeto, aliado a isso temos a descrição petrográfica de cada área sobre essas rochas, enriquecendo o conhecimento cartográfico e petrológico acerca da PAGO.

Apresentamos também um modelo de colocação de diques riolíticos da Unidade Córrego do Horácio. A disposição dessas rochas vulcânicas foi interpretada como sendo associada à extensão relacionada ao cisalhamento sinistral vinculada à cauda de deformação do Granito Serra do Iran. Tal zona de deformação corresponde a um sistema de zonas de cisalhamento em que a direção principal é NNW-SSE com zonas secundárias de direção NW-SE. Este padrão geraria regiões com prevalência transtrativa, facilitando a colocação de rochas magmáticas, tanto da direção do cisalhamento principal quanto em direções secundárias relacionadas à extensão em uma bacia tipo *pull-apart*. Na figura 10.1 é evidenciado as grandes zonas de cisalhamento com direção sinistral e o sentido e direção da extensão. Os diques que cortam as Unidades Córrego da Onça e Granito Serra do Tatu seguem as direções NW-SE, NNW-SSE e E-W. Em função da ausência de deformação metamórfica nos riolitos mapeados, pode-se inferir que o *timing* de colocação dos diques foi no fim do cisalhamento regional, onde os diques provavelmente se resfriaram tardiamente preservando apenas feições de fluxo magmático.

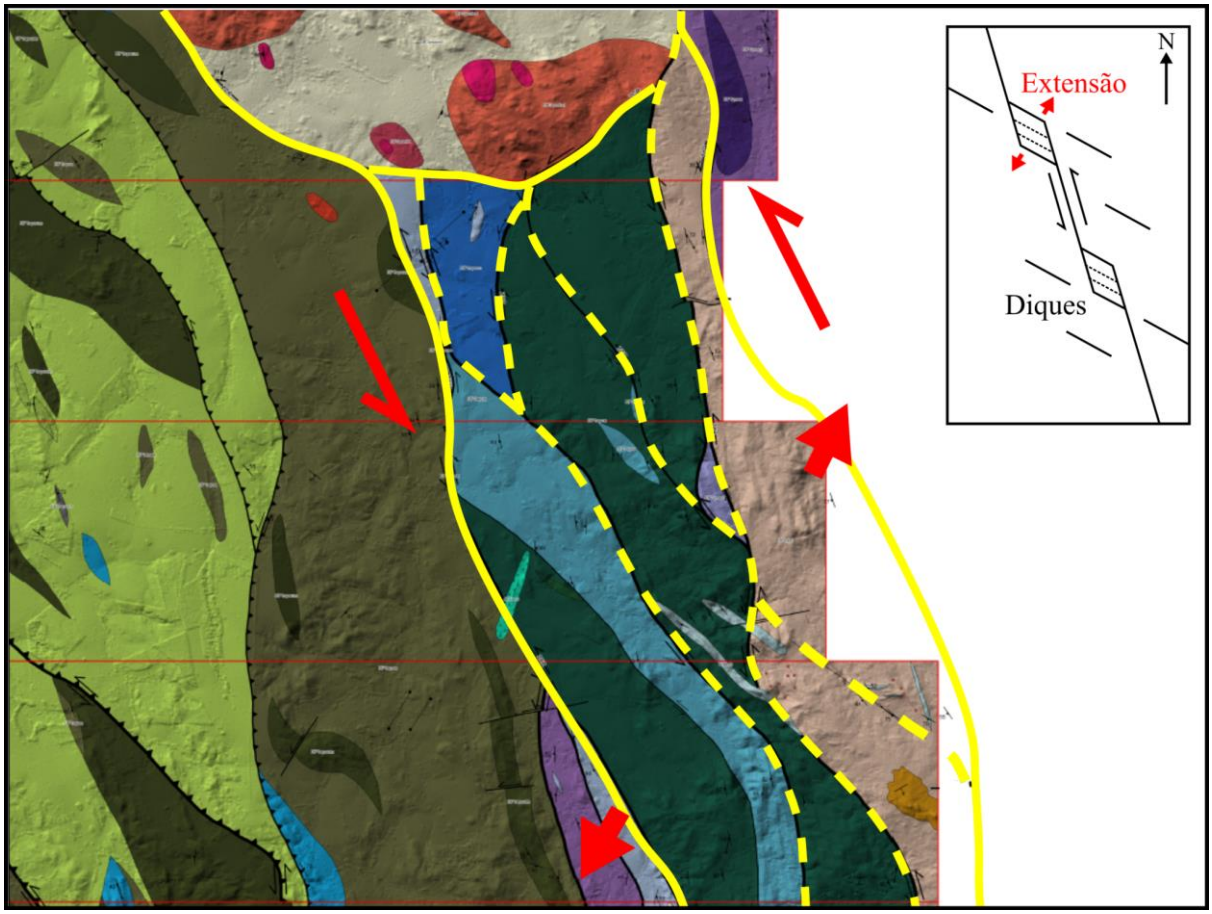


Figura 10.1. Modelo esquemático da colocação de diques em um sistema transcorrente devido à ocorrência de zonas transtrativas.

Por fim temos a descrição de corpos intrusivos não cartografados anteriormente, incluindo intrusões gabroicas e graníticas em diferentes unidades do Projeto. Dentro dos limites da Área VIII foi identificado a ocorrência de um granodiorito milonitizado na porção sudoeste da Unidade Córrego da Onça, pelo afloramento não possuir dimensões para ser cartografado na escala do trabalho, sua localização foi plotada no mapa geológico da Área VIII apenas como uma ocorrência. A composição e deformação mostravam-se diferentes das vistas tanto no Granito Serra do Tatu e Gnaisse Ribeirão (corpos félsicos que limitam a Unidade Córrego da Onça), logo foi inicialmente descartada a ideia de ser um pequeno fragmento de algum desses corpos. Tal descoberta, juntamente com outras intrusões encontradas na área, sugerem que possam haver diversas intrusões menores indiferenciadas que estão associadas à colisão e formação da Faixa de Dobramentos Brasília.

10.2 Evolução do Conhecimento

A seguir, será apresentado uma sequência de mapas da mesma região que compete ao Projeto Arenópolis. O intuito é traçar a evolução do conhecimento e da cartografia geológica na região. A região de Piranhas-Arenópolis foi inicialmente cartografada pelo Projeto Piranhas (TF-UnB) em 1973 (Figura 10.2). À época, as rochas presentes foram interpretadas como sendo parte do Maciço Mediano de Goiás, tendo em vista a ausência de estudos geocronológicos na região. Apesar disso, foi possível reconhecer a presença de rochas granito-gnáissicas, separadas por uma sequência metavulcanossedimentar, de orientação N-S, inicialmente atribuída ao Grupo Araxá. A extensão das áreas mapeadas pelo Projeto Piranhas em 1973 recobriu áreas maiores, apresentando duração maior também (35 dias e 17 dias, respectivamente) em relação às áreas mapeadas pelo Projeto Arenópolis em 2023.

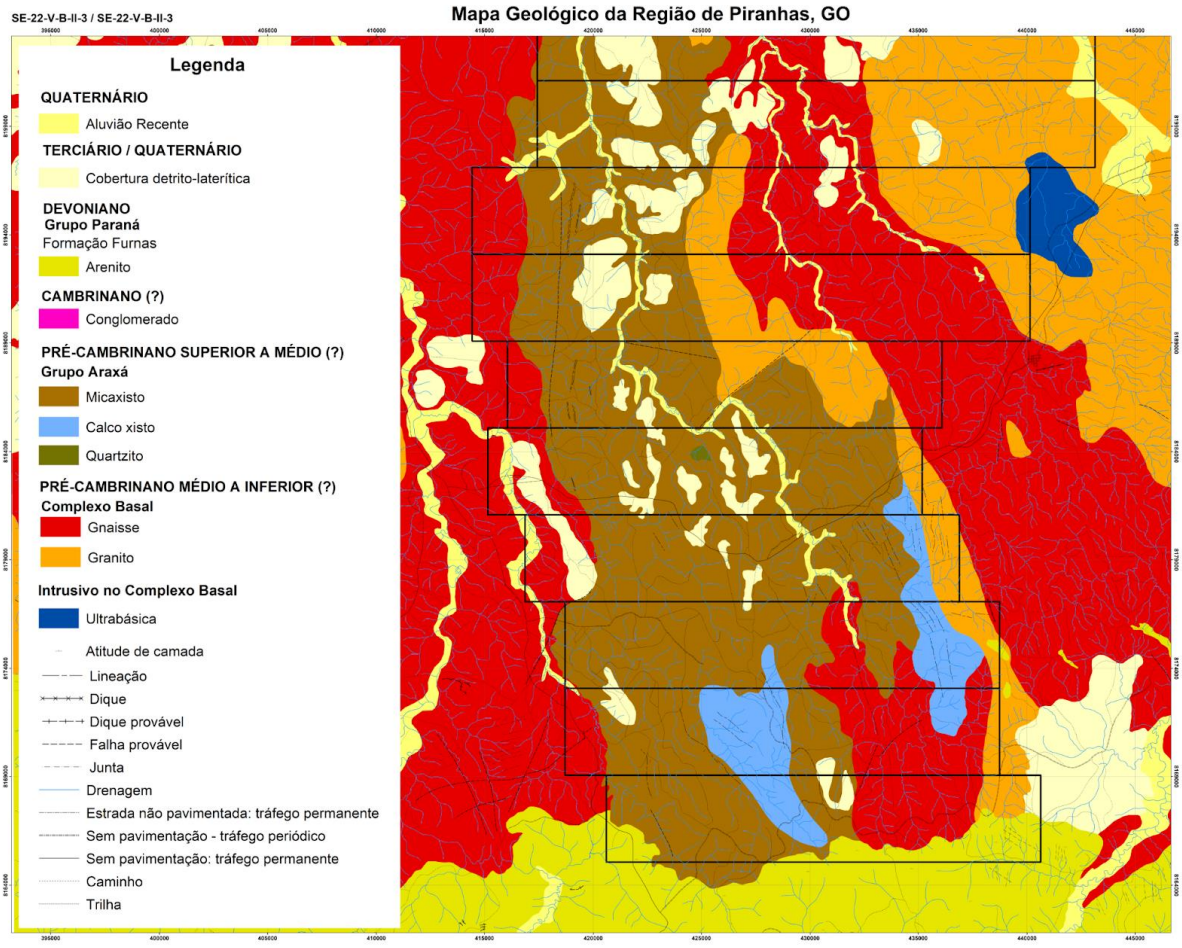


Figura 10.2. Mapa Geológico simplificado do Projeto Piranhas (1973) com as áreas do Projeto Arenópolis (2023) destacadas pelos polígonos pretos. Tais áreas abarcadas vão desde a metade da Área I a norte até a Área X ao sul.

Posteriormente, a região foi mapeada por Pimentel (1985), como foco de seu mestrado. Aqui, os primeiros trabalhos de geoquímica isotópica da região foram realizados, conforme exposto acima na descrição de algumas das unidades abarcadas pelo presente Projeto.

Aqui, vale ressaltar que a cartografia desenvolvida por Pimentel (1985) não envolve a totalidade das áreas competentes ao Projeto Arenópolis. Abaixo, na figura 10.3, pode-se observar por completo as áreas VIII, IX e X; quase a totalidade da área VII e pequenas porções das áreas VI e V.

Pimentel (1985) dividiu a área em Granito da Serra do Tatu, que foi dividido em granito cataclástico, hornblenda gnaisses, hornblenda-biotita gnaisses e biotita gnaisses bandados milonitizados localmente. Sequência Vulcano Sedimentar de Arenópolis que foi dividida em Unidade Córrego do Santo Antônio composta de anfibolitos, piroxenitos, meta-piroxenitos, metaperidotitos serpentinizados, serpentinitos, rochas calcissilicatadas, lentes de mármore e xistos metapelíticos (muscovita-xistos, granada-muscovita-xistos, granada-cianita-estaurolita-muscovita-xistos, silimanita-muscovita-xistos, biotita-quartzo-estaurolita-muscovita-xistos e muscovita-xisto grafitoso); Unidade Córrego da Onça subdividida em sub-unidade máfica composta de anfibolitos, metabasaltos e meta-andesitos com intercalações de metavulcânicas félsicas; sub-unidade descrita como corpos intrusivos compostos por metagabros e metadioritos com ocorrência local de tonalitos e granodioritos; sub-unidade Metavulcânica Intermédiária Félsica composta de gnaisses finos, mica-xistos com estruturas vulcânicas preservadas com intercalações de anfibolitos e calci-xistos intrudidos por pequenos corpos de composição granodiorítica e granítica, sub-unidade Metassedimentar, composta de metagrauvacas, muscovita-xistos feldspáticos com intercalações locais de quartzito, muscovita-xisto, mármore e anfibolito; Unidade descrita como metavulcânicas (meta-tufos e diques porfiríticos de composição riolítica). Granito porfirítico; Granito Serra do Iran separado em biotita-granito e quartzo-diorito; rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná em que as formações Vila Maria, Furnas e Ponta Grossa não foram separadas em mapa e por fim as coberturas detrito-lateríticas.

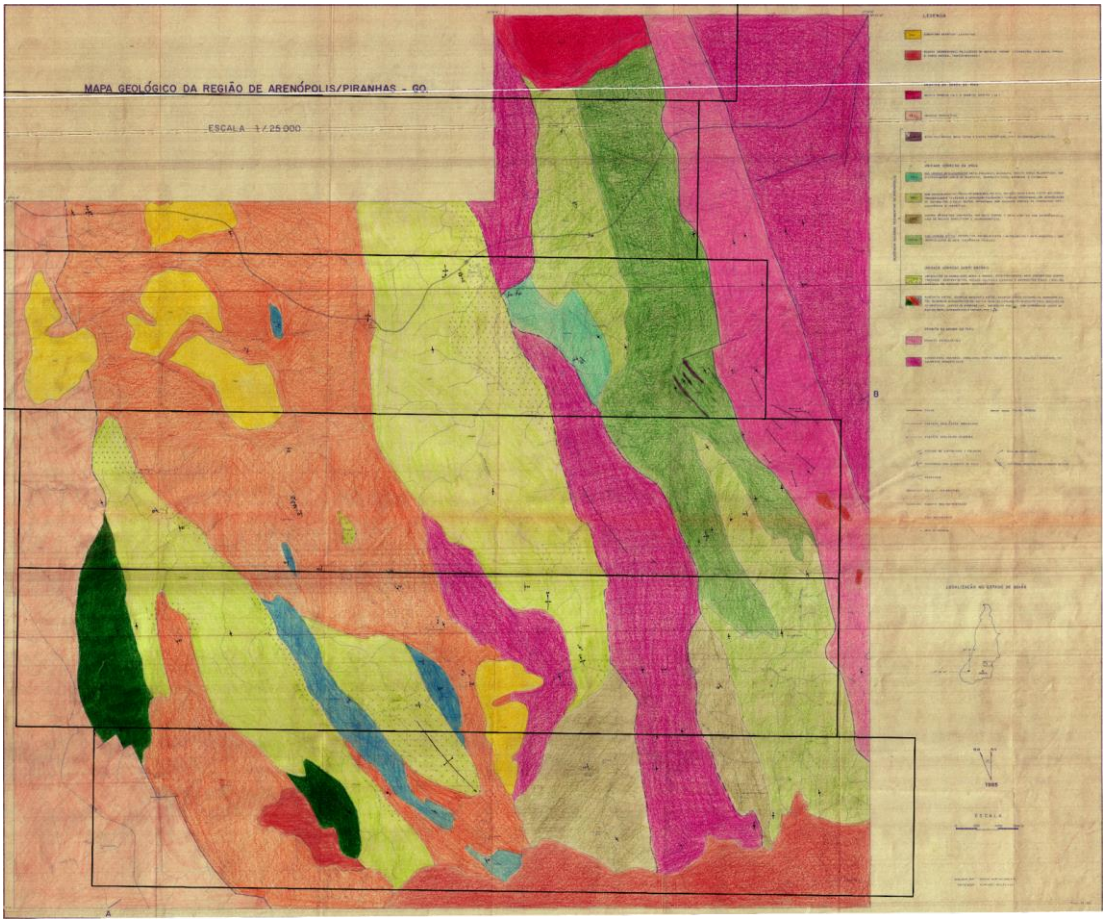


Figura 10.3. Mapa geológico da região de Piranhas-Arenópolis, cartografado por Pimentel (1985).

Recentemente, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) também a região, como parte do Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Este mapeamento gerou um mapa geológico e um mapa de recursos minerais em escala 1:250.000, recobrindo ao todo 14 cartas geológico-geofísicas, cartografadas em escala 1:100.000. No caso do Projeto Arenópolis, as cartas Piranhas e Caiapônia são de interesse maior.

Abaixo, na figura 10.4, pode-se observar os limites das áreas deste Projeto, sobre a geologia mapeada pelo Projeto Geologia e Metalogenia do Oeste de Goiás.

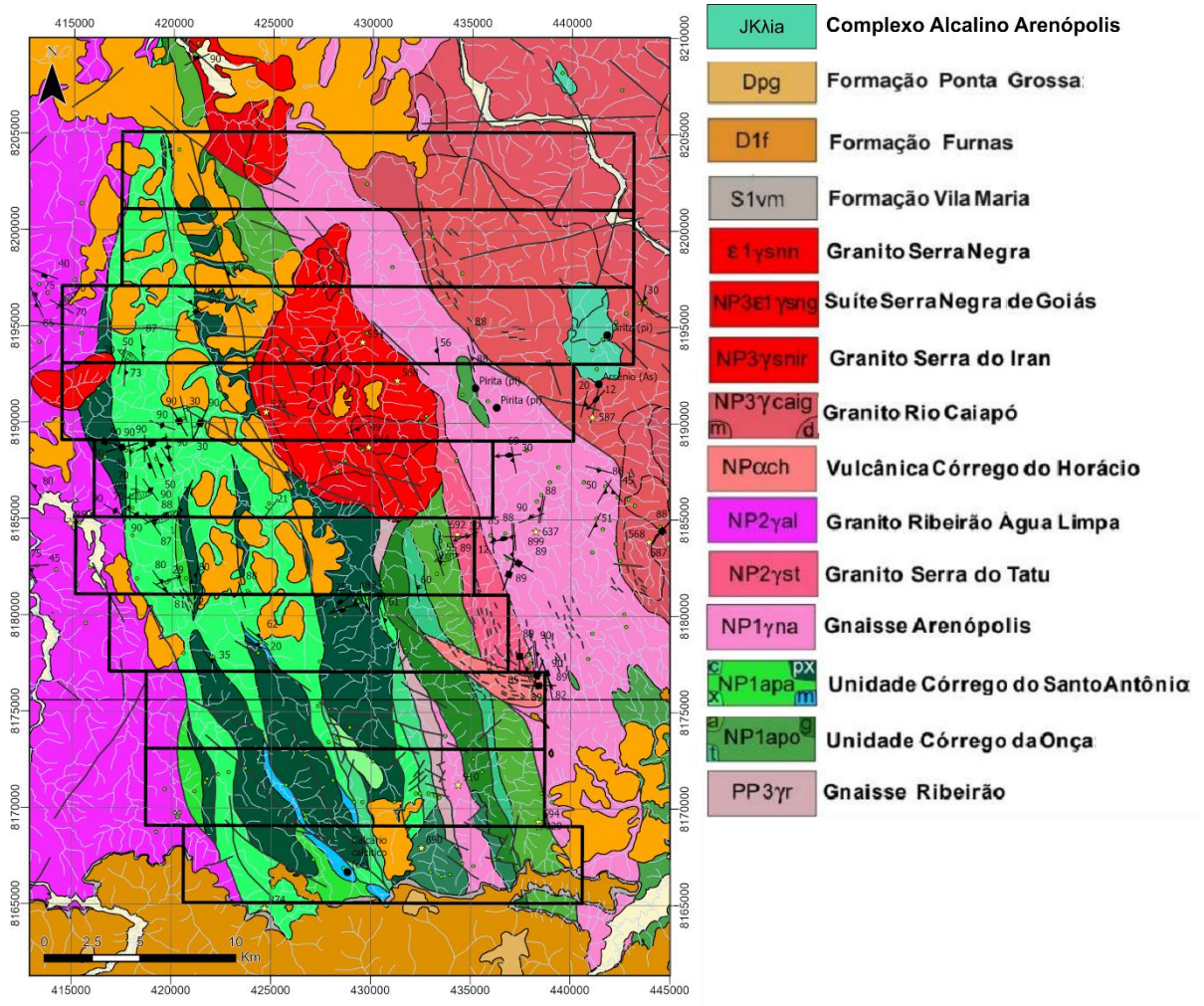


Figura 10.4. Mapa geológico do Projeto Geologia e Metalogenia do Oeste de Goiás com limite das áreas do Projeto Arenópolis em preto.

Com a execução do projeto mencionado acima, foi possível refinar alguns dos contatos que concernem à Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, principalmente no âmbito da unidade Córrego do Santo Antônio, conforme Carneiro *et al.* (2021). O grande avanço trazido pelo novo projeto de mapeamento foi a aplicação de geotecnologias aplicadas à cartografia geológica. Desta maneira, a modificação de certos contatos foi possível realizar com base em dados de sensores remotos e, principalmente, geofísica. Como exemplo evidente de modificação, há os novos limites para o Granito Serra do Iran. Anteriormente, tanto o TF-1973, quanto Pimentel (1985b), haviam mapeado o granito como sendo restrito à serra na região, apresentando um formato alongado, curvo, com concavidade para leste. Já o mapeamento realizado por Lacerda Filho *et al.* (2021), aumenta a abrangência do mesmo granito, fazendo com que este apresente geometria elíptica, típica de rochas graníticas *tardi* a pós tectônicas. Todavia, vale ressaltar que a redefinição dos contatos se baseou apenas em dados

gamaespectrométricos (Contagem Total e eTh), uma vez que não constam pontos de afloramentos na base de dados do Projeto Geologia e Metalogenia do Oeste de Goiás.

Segundo os autores, a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, de idade toniana, pode ser interpretada como sedimentação relacionada à margem ativa. Dessa maneira, Carneiro *et al.* (2021), propõem que a unidade ocidental da sequência - Córrego do Santo Antônio - se trata de um prisma acrescionário, associado à lascas ofiolíticas, metamorfizados em fácies anfibolito.

Já a unidade Córrego da Onça foi interpretada como sendo uma bacia de *backarc*. São rochas intensamente deformadas, com foliação de mergulho de alto ângulo e contatos tectônicos por falhas e zonas de cisalhamento (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

Por fim, é apresentado, na figura 10.5, um comparativo entre os mapas referentes à área VIII com as distribuições litológicas resultantes do Projeto Piranhas (1973), Pimentel (1985) e Projeto Arenópolis (2023).

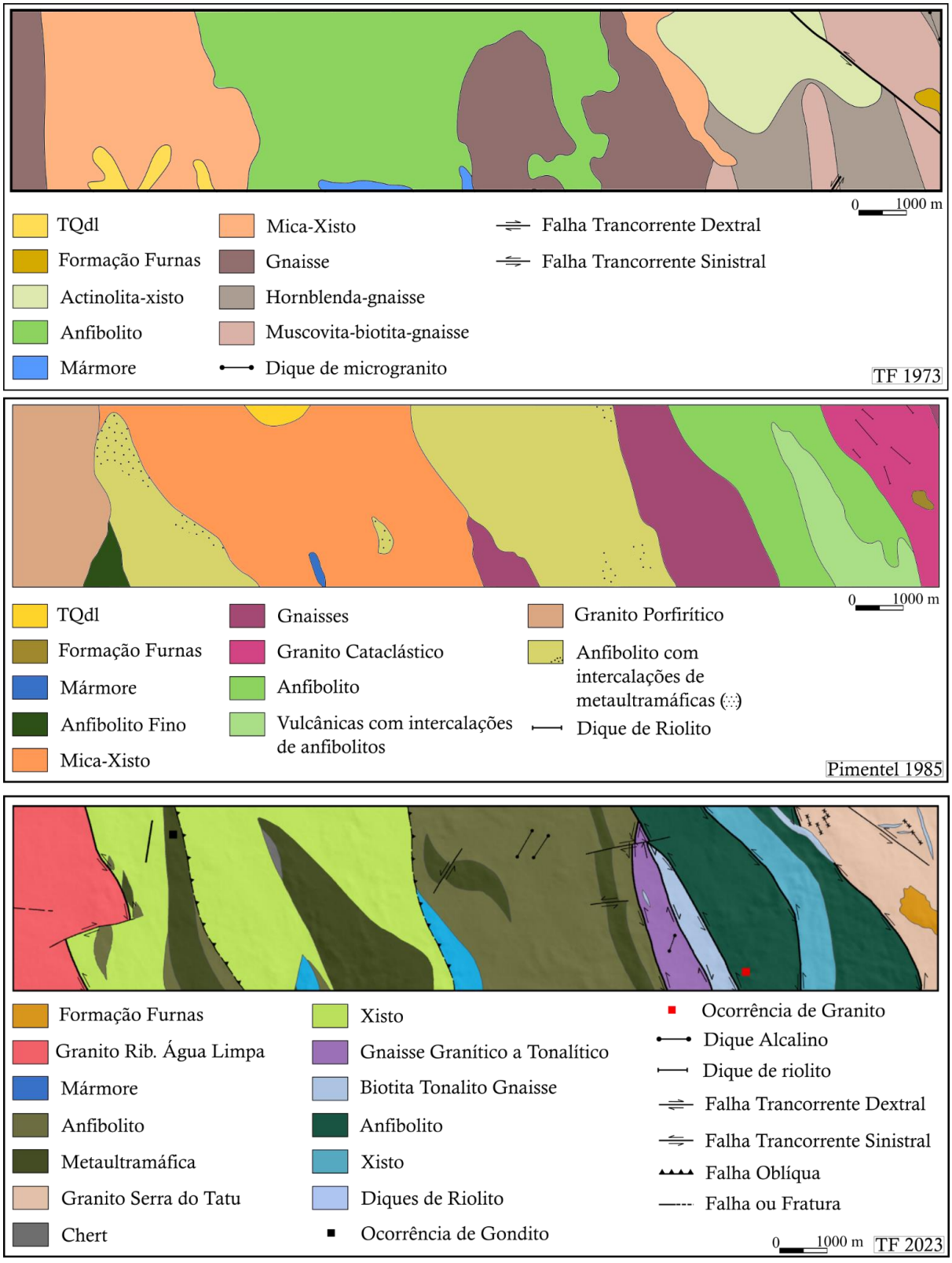


Figura 10.5. Evolução cartográfica geológica da área abarcada pela área VIII do Projeto Arenópolis, evidenciando mudança na geometria dos contatos e maior detalhamento de descrições litológicas presentes.

10.3 Recomendações

O presente trabalho associou o Gnaisse Ribeirão ao Paleoproterozoico pela datação Rb-Sr que indicou idade de 1816 ± 110 Ma. Assim, recomenda-se nova datação do Gnaisse Ribeirão por meio do método U-Pb em zircão. Tal escolha se deve ao fato de haver maior temperatura de fechamento de sistema neste mineral, juntamente com a robustez geocronológica do sistema. Além disso, vale ressaltar que a presente idade na literatura (Rb-Sr) apresenta erro analítico substancial de ± 110 milhões de anos, de modo que tal valor pode ser minimizado ao aplicar outro sistema isotópico para datação radiométrica. Ademais, sugere-se, juntamente com a datação, a realização de um mapeamento estrutural focado na interpretação de sua natureza polideformada. Tais dados atualizados podem aumentar a precisão do modelo evolucional da área.

A Unidade Ribeirão Água Limpa é composta de granitos e granodioritos pouco foliados a milonitizados, com variações de fácies leucocráticas e mesocráticas bem marcantes. Sugere-se então mapeamento detalhado de modo a individualizar e detalhar tais fácies.

Durante o mapeamento, observou-se a ocorrência de rochas hidrotermais com cristais grossos de epidoto, feldspato potássico e quartzo subordinado, entretanto não há qualquer estudo específico na caracterização e evolução dessas rochas. Acredita-se então que um estudo detalhado poderia contribuir para o entendimento das relações metassomáticas que ocorrem dentro da área do Projeto.

As rochas vulcânicas da Unidade Córrego do Horácio também devem ser alvo de estudo individual, visto que até o presente momento não há datação que permita determinar com precisão sua colocação estratigráfica. Sendo assim, recomenda-se a realização de datação radiométrica, geoquímica de rocha para determinação de assinatura físico-química, como discutido por Bachmann & Bergantz (2008) e mapeamento de detalhe. O conjunto de dados integrados possibilitaria atingir melhor compreensão da petrogênese destas rochas, sua ocorrência e entender seu papel evolutivo, bem como *timing* de intrusão e área-fonte.

A Unidade Córrego da Onça é descrita por Pimentel (1985) como uma unidade composta por subunidade metassedimentar com xistos, metagrauvacas, quartzitos, mármores e anfibolitos; subunidade metavulcânica com tufos, gnaisses finos, anfibolitos e xistos; subunidade máfica com anfibolitos e xistos com intercalações de metavulcânicas félsicas e por fim corpos intrusivos máficos e félsicos. Durante o mapeamento foi visto grande variedade de

rochas, como bem descrito, porém a delimitação precisa das subunidades e refinamento dos contatos definidos por Pimentel (1985) e pelo Projeto Arenópolis pode ser melhor realizado em um estudo específico. Tal sugestão visa o melhor entendimento petrográfico e evolucional da unidade, assim como o interesse econômico, visto que há diversas ocorrências de sulfetos e rochas hidrotermais ao longo desta unidade.

Por fim, ao longo do Projeto, foram observados indicativos de depósitos minerais de metais-base, como Cu e Au, ao longo das áreas VIII e principalmente, IX. Sendo assim, recomenda-se a aquisição de dados geofísicos, com viés exploratório. Para melhor compreensão do potencial metalogenético da região, sugere-se a aplicação dos métodos magnetotelúrico e sísmico, para observação de estruturas potencialmente transcrustais, aliado aos dados gravimétricos regionais já existentes. Além disso, a realização de levantamentos aeroeletromagnéticos para maior detalhamento da ocorrência potencial de depósitos cupríferos segundo sistemas pórfiro-epitermal e ouro orogênico.

11 Referências bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 1, p. 3-21, 1949.

AB'SÁBER, Aziz Nacib; JÚNIOR, Miguel Costa. Contribuição ao estudo do Sudoeste Goiano. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 4, p. 3-27, 1950.

ALMEIDA, F.F.M. de et al. Províncias estruturais brasileiras. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, v. 8, n. 1977, p. 363-391, 1977.

ALMEIDA F.F.M. de. 1977. O Cráton do São Francisco. **Rev. Bras. Geoc**., 7(4):349-364.

ALMEIDA, F. F. M. De et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

ARAÚJO FILHO, J.O. de. The Pirineus Syntaxis: An example of the intersection of two Brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of western Gondwana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 144-148, 2000.

ARCANJO, João Batista Alves. Fotogeologia: conceitos, métodos e aplicações. 2011.SOUSA, M. S. et al. Compartimentação geomorfológica do Sudoeste de Goiás e relação com a situação de areais. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. 2006. p. 6-10.

ASSINE, Mário Luís; ALVARENGA, Carlos J.S.; PERINOTTO, José Alexandre J. Formação Iapó: glaciação continental no limite Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 1, p. 51-60, 1998.

ASSINE, Mário L.; SOARES, Paulo C.; MILANI, E. J. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 2, p. 77-89, 1994.

ATHERTON, MP & GHANI, A. 2002. Slab breakoff: A model for Caledonian, Late Granite syn-collisional magmatism in the orthotectonic (metamorphic) zone of Scotland and Donegal, Ireland. **Lithos**. 62. 65-85. 10.1016/S0024-4937(02)00111-1.

Biondi J.C., Bartoszeck M.K., Vanzela A.G. 2001. Análise da favorabilidade para depósitos de caulim na bacia de Campo Alegre (SC). Rev. Bras. Geoc., 31(1):59-66.

BIZZI, Luiz Augusto et al. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. CPRM, 2003.

BLUM, Marcelo L.B. et al. Caracterização dos complexos ortognáissicos arqueanos de Goiás por gamaespectrometria aérea. **Brazilian Journal of Geology**, v. 33, n. 2, p. 147-152, 2003.

BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44(3), p. 493-518

BROD, José Affonso et al. Decoupling of paired elements, crossover REE patterns, and mirrored spider diagrams: Fingerprinting liquid immiscibility in the Tapira alkaline–carbonatite complex, SE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 41, p. 41-56, 2013.

CARNEIRO, Jônatas; FUCK, Reinhardt; DANTAS, Elton Luiz. Arenópolis sequence, evolution of a marginal basin in the Neoproterozoic Goiás magmatic arc, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 106, p. 103033, 2021.

Carrino T.A., Souza Filho C.R. de, Leite E. P. 2007. Avaliação do uso de dados aerogeofísicos para mapeamento geológico e prospecção mineral em terrenos intemperizados: o exemplo de Serra Leste, província mineral de Carajás. Rev. Bras. Geof., 25(3):307-320.

COELHO, Débora Mendes. Análise Geológico-Geofísica do sistema hidrotermal pórfiro do Arco Magmático Arenópolis. Orientador: Prof. Drª. Roberta Mary Vidotti. 2021. 94 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2021.

CORDEIRO, P. F. de O. et al. The Paleoproterozoic Campinorte arc: tectonic evolution of a Central Brazil pre-Columbia orogeny. **Precambrian Research**, v. 251, p. 49-61, 2014.

CORDEIRO, P. F. de O.; OLIVEIRA, C. G. De. The Goiás Massif: Implications for a pre-Columbia 2.2–2.0 Ga continent-wide amalgamation cycle in central Brazil. **Precambrian Research**, v. 298, p. 403-420, 2017.

CURTO, Barbosa Curto Ma. O Lineamento Transbrasiliano na Bacia do Paraná: Compartimentação Crustal do Eembasamento e Reativações Fanerozóica. Dissertação (Doutorado em Geologia) — **Universidade de Brasília, Brasília,** 2015.

CURTO, Julia B. et al. The tectonic evolution of the Transbrasiliano Lineament in northern Paraná Basin, Brazil, as inferred from aeromagnetic data. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 119, n. 3, p. 1544-1562, 2014.

DANNI, J. C. M. Magmatic differentiation of the alkaline ultrabasic intrusions of the Iporá region, southwest Goiás, Brazil. In: **International Symposium on Carbonatites.** 1978. p. 149-167.

DARDENNE M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31 st **International Geological Congress, Rio de Janeiro**, SBG. p. 231-263.

DAVIES, J. & BLANCKENBURG, F. 1995. Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. **Earth and Planetary Science Letters.** 129. 85-102. 10.1016/0012-821X(94)00237-S.

Dentith, M. & Mudge, S. 2014. Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139024358

Ribeiro V.B., Mantovani M. 2012. Contribuição geofísica ao estudo do Batólito Granítico Santa Helena, sudoeste do Cráton Amazônico. Geologia USP Série Científica, 12(2):65-82.

FARIA A., Andrade G.F., Hirson J.R., Veloso J.A.V., Fonseca M.R.C.B., Marini O.J., Fuck R.A.,1975. **Projeto Piranhas. Brasília**. DNPM/FUB. Trabalho Final de Graduação. 143p.

FARIA, A. de. Formação Vila Maria-nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. **Ciências da Terra**, v. 3, p. 12-15, 1982.

FERREIRA FILHO, C. F. et al. Zircon and rutile geochronology of the Niquelândia layered mafic and ultramafic intrusion, Brazil: constraints for the timing of magmatism and high grade metamorphism. **Precambrian Research**, v. 68, p. 241-255, 1994.

FERREIRA, A.C.D; CONCEIÇÃO, R.V; MIZUSAKI, A.M.P. 2022. Magmatismo alcalino e toleítico do Mesozoico ao Cenozoico relacionado à ruptura e dispersão de Gondwana Ocidental. **Gondwana Research 106** (2022) 15–33.

FOSSEN, Haakon. **Structural geology**. Cambridge university press, 2016.

FRASCA, A.A.S. 2015. Amálgamas do W-Gondwana na província Tocantins. **Tese de Doutorado.**

FUCK, Reinhardt A. et al. The northern Brasília belt. **São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent**, p. 205-220, 2017.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; SILVA, L. J. H. D. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. SBG Balneário Camboriú, 1994. p. 215-216.

GRIDDING Data Methods: Overview and Comparison. [*S. l.*], 2023. Disponível em: https://myseequent.dev.central.seequent.com/support/search/help/oasismontaj--content_ss_process_data_grid_data_c_gridding_data_methods.htm. Acesso em: 5 jun. 2023.

GUIMARÃES, Stella Bijos. PETROLOGIA E METALOGENIA DO DEPÓSITO DE COBRE DE BOM JARDIM DE GOIÁS (GO). Orientador: Márcia Abrahão Moura. 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2007.

HASUI Y. & ALMEIDA F.F.M. De 1970. Geocronologia do Centro Oeste Brasileiro, **Rev. Bras. Geociências** 19 (1): 6-26.

HASUI, Yociteru et al. (Ed.). Geologia do Brasil. 2012.

HATTINGH, K. e colab. Magmatismo com tendência adakítica de alto K no Arco Magmático de Arenópolis. XI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. XVII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. 26 a 29, Maio 2019, Bento Gonçalves - RS - Brasil.

IANHEZ, A.C. SIMÕES. M.A. LUZ. O.S. 1984. Grupo Dois Irmãos e Amorinópolis-duas novas sequências vulcano-sedimentares no sudoeste de Goiás. **CONGR. BRÁS. GEOL**, v. 33, p. 2577-2589.

JOST, Hardy et al. Uvá complex, the oldest orthogneisses of the Archean-Paleoproterozoic terrane of central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 47, p. 201-212, 2013.

JUNQUEIRA-BROD, Tereza Cristina. **Vulcanologia das rochas kamafugíticas da província alcalina de goiás.** 2002. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia)- Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

LACERDA FILHO, Joffre Valmório de et al. Projeto geologia e metalogenia da porção oeste de Goiás. 2021.

LASA. 2004. Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás - 1ª etapa (Arco magmático de Arenópolis), Volume 1. Convênio MME, SGMTM, FUNMINERAL, SIC/SGM. Relatório Técnico, 57p.

LAUX, Jorge Henrique et al. Two Neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília belt, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 2, p. 183-198, 2005.MANTESSO-NETO, Virgínio et al. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 2004.

MARINI, O. J. et al. As faixas de dobramentos Brasília, Uruaçu e Paraguai-Araguaia e o maciço mediano de Goiás. **Geologia do Brasil**, p. 251-303, 1984.

MARQUES, Gustavo Campos. Evolução tectônica e metalogenética no contexto do depósito aurífero de Fazenda Nova, Arco Magmático de Arenópolis, Goiás. Orientador: Prof. Dr. Claudinei Gouveia de Oliveira. 2017. 182 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2017.

MARQUES, Gustavo Campos *et al*. The Fazenda Nova gold deposit, Goiás Magmatic Arc: Late neoproterozoic intrusion-related auriferous mineralization controlled by intracontinental strike-slip faulting. Ore Geology Reviews, [*s. l.*], v. 107, p. 546-572, 2019.

MARTINS, Elainy S.F.; VIDOTTI, Roberta M. Another way of looking at an Alkaline Province. **Journal of Geodynamics**, v. 143, p. 101811, 2021.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G. D.; SOUZA, P. A. D.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

MIZUSAKI, Ana MP et al. Vila Maria Formation (Silurian, Paraná basin, Brazil): integrated radiometric and palynological age determinations. **Geological Magazine**, v. 139, n. 4, p. 453-463, 2002.

NASCIMENTO, Maria Amélia Leite Do. Geomorfologia do estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 12, n. 1, p. 01-22, 1992.

PENA, Gilberto Scudeller; FIGUEIREDO, Antônio Jorge de Andrade. **Projeto Alcalinas**. CPRM, 1972.

PENA, Gilberto Scudeller et al. **Projeto Goiânia II**. CPRM, 1973.

PETRI, Setembrino; LEINZ, Viktor. Contribuição para ao estudo do Devoniano paranaense. 1948.

PIMENTEL, Márcio Martins et al. Geocronologia de rochas graníticas e gnáissicas da região de Arenópolis-Piranhas, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 1, p. 3-8, 1985.

PIMENTEL, M. M. **A sequência vulcano-sedimentar de Arenópolis-GO: petrologia ígnea e metamórfica, contexto geotectônico e considerações metalogenéticas preliminares**. 1985b. Tese de Doutorado. Dissertação Mestrado em Geociências-Instituto de Geociências-UnB, Brasília.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. 1987b. Late Proterorozoic Granitic Magmatism in Southwestern Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 415-425.

PIMENTEL, M. M.; HEAMAN, L.; FUCK, R. A. Zircon and sphene U-Pb geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 4, n. 4, p. 295-305, 1991.

PIMENTEL, Márcio Martins; FUCK, Reinhardt Adolfo. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. **Geology**, v. 20, n. 4, p. 375-379, 1992.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ALVARENGA, C. J. S. 1996b. PostBrasiliano (Pan-African) high-K granitic magmatism in Central Brazil: the role of Late Precambrian-early Palaeozoic extension. **Precambrian Research**, v. 80, p. 217-238.

PIMENTEL, Márcio Martins; FUCK, Reinhardt Adolfo; FISCHEL, Danielle Piuzanna. Estudo isotópico Sm-Nd regional da porção central da Faixa Brasília: implicações para a idade e origem dos granulitos do Complexo Anápolis-Itauçu e sedimentos do Grupo Araxá. **Brazilian Journal of Geology**, v. 29, n. 2, p. 271-276, 1999.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; BOTELHO, N. F. 1999. Granites and the geodynamic history of the neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: a review. **Lithos**, v. 46, n. 3, p. 463-483.

PIMENTEL, M. M. et al. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. **Tectonic Evolution of South America**, v. 31, p. 195-229, 2000.

PIMENTEL, M. M. PIUZANA, Danielle. Neoproterozoic granulite facies metamorphism and coeval granitic magmatism in the Brasilia Belt, Central Brazil: regional implications of new SHRIMP U–Pb and Sm–Nd data. **Precambrian Research**, v. 125, n. 3-4, p. 245-273, 2003.)

PIMENTEL, M. M.; JOST, Hardy; FUCK, Reinhardt A. O embasamento da Faixa Brasília eo arco magmático de Goiás. **Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, v. 1, p. 355-368, 2004.

PIMENTEL, M. M. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, 46(Supl. 1), 67-82. 2016.

RADAMBRASIL, Projeto. Folha SD. 22 Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Rio de Janeiro: IBGE**, 1981.

Ribeiro V.B., Mantovani M., Louro, V. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. Terræ Didática, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2014.

RODRIGUES, Jose Neusa Brilhante; GIOIA, Simone Maria Lima Costa; PIMENTEL, Márcio Martins. Geocronologia e geoquímica de ortognaisses da região entre Iporá e Firminópolis: implicações para a evolução do Arco Magmático de Goiás. **Brazilian Journal of Geology**, v. 29, n. 2, p. 207-216, 1999.

SÁ, Alberto Martins de et al. **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais: folha SE. 22-VB Iporá**. CPRM, 1986.

SEER, H. J. **Geologia, deformação e mineralização de cobre no Complexo Vulcano-Sedimentar de Bom Jardim de Goiás**. 1985. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, UNB, Brasília.

SILVA, Éderson Ribeiro da. **Caracterização geofísica de estruturas associadas às mineralizações de cobre e ouro no arco magmático de Arenopólis**–Goiás-Brasil. 2021.

SOUSA, M. S. et al. Compartimentação geomorfológica do sudoeste de Goiás e relação com a situação de areais. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. 2006. p. 6-10.

SUN, Weidong et al. The genetic association of adakites and Cu–Au ore deposits. **International Geology Review**, v. 53, n. 5-6, p. 691-703, 2011.

Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. 1990. Applied geophysics. 2 ed. Nova Iorque: Univ. Cambridge. 770p.

VALERIANO, C. de M. et al. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 294, n. 1, p. 197-210, 2008.

VALERIANO, C. de M. et al. A evolução tectônica da Faixa Brasília. **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo**, p. 575-593, 2004.

12 Anexos

- **Anexo 1:** Mapa Geológico Preliminar
- **Anexo 2:** Mapa de Pontos Área VIII
- **Anexo 3:** Mapa Geológico Área VIII
- **Anexo 4:** Mapa Geológico Integrado
- **Anexo 5:** Mapa de Domínios Estruturais Integrado
- **Anexo 6:** Fichas Petrográficas
- **Anexo 7:** Tabela de Pontos

MAPA GEOLÓGICO PRELIMINAR
PROJETO ARENÓPOLIS

UnB

407.500 410.000 412.500 415.000 417.500 420.000 422.500 425.000 427.500 430.000 432.500 435.000 437.500 440.000 442.500 445.000 447.500

8.205.000 8.202.500 8.200.000 8.197.500 8.195.000 8.192.500 8.190.000 8.187.500 8.185.000 8.182.500 8.180.000 8.177.500 8.175.000 8.172.500 8.170.000 8.167.500 8.165.000

N

0 1,25 2,5 3,75 5 km

Legenda

Área Urbana

Malha Viária

Estrada Pavimentada

Estrada não Pavimentada

Paleoproterozoico

Coberturas cenozoicas

Complexo Alcalino

Bacia do Paranaíba, Formação Posse (Grupo)

Bacia do Paranaíba, Formação Serra das Araras

Bacia do Paranaíba, Formação Vale Verde

Bacia do Paranaíba, Formação Vale Maria

Faixa de dobramentos

Mesoproterozoico

Faixa de dobramentos

Granito Rio Caiapó

Granito Rio Caiapó, Alterado

Granito Serra do Tatu

Granitos Diversos

Morro do Boi

Granitos Ribeirão Água Limpa

Granitos Ribeirão Água Limpa

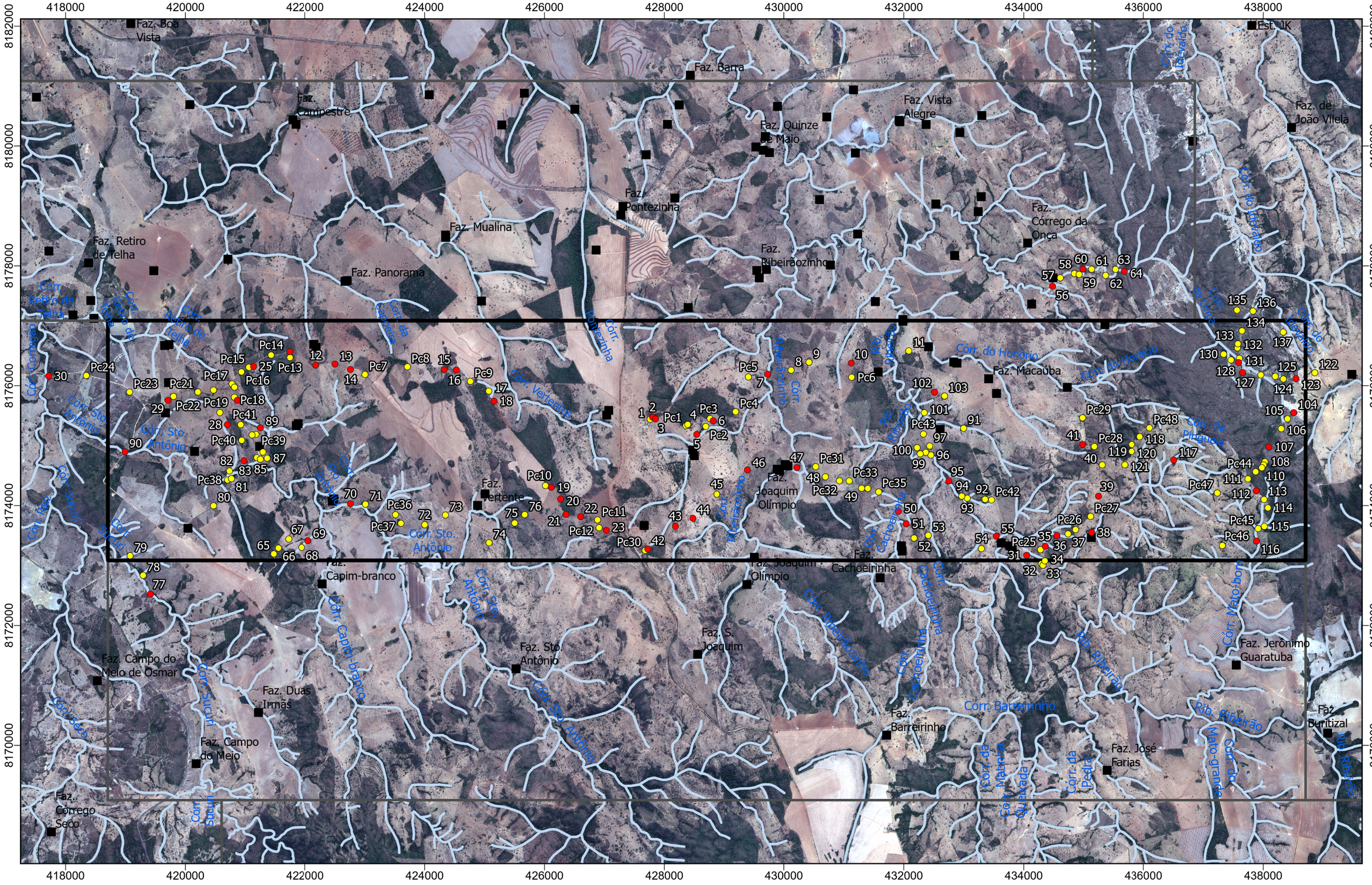
Granitos Diversos

Granitos Ribeirão

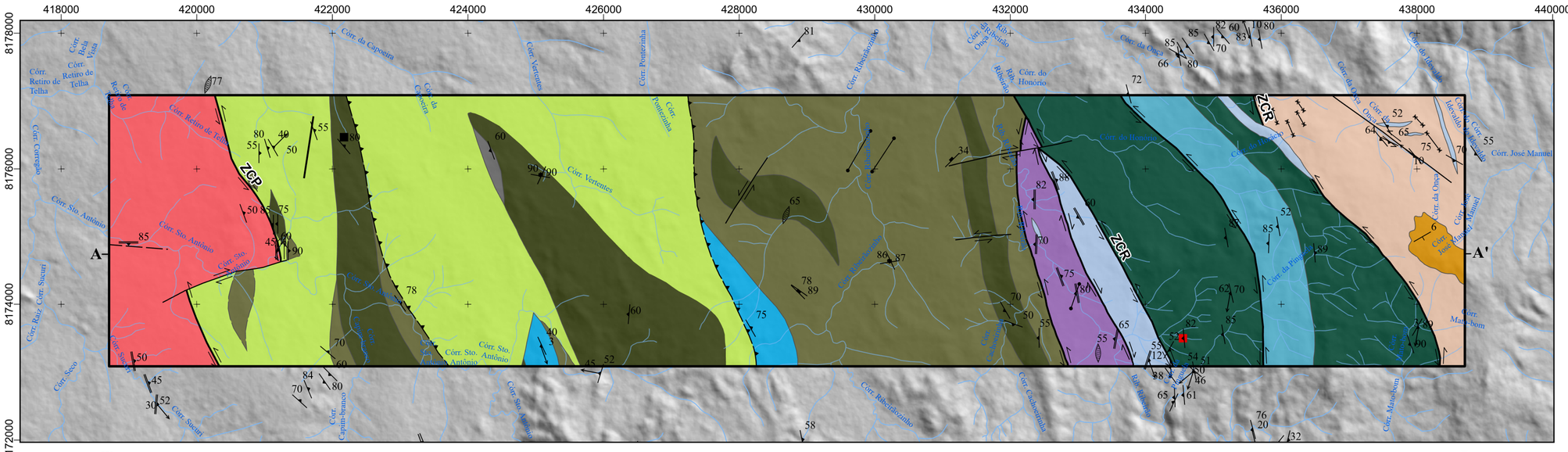
Granitos Ribeirão

Granitos Ribeirão

Mapa de Pontos - Área VIII

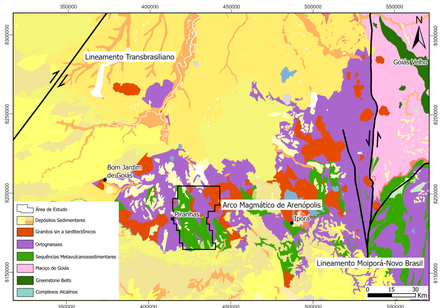


Mapa Geológico Área VIII - Projeto Arenópolis

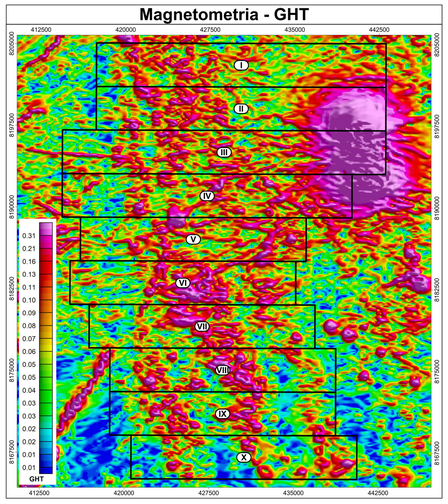

418000
420000
422000
424000
426000
428000
430000
432000
434000
436000
438000
440000
8178000
8176000
8174000
8172000
A
A'
ZCP
ZCR
Córr. Retiro de Telha
Córr. Bela Vista
Córr. Retiro de Telha
Córr. Retiro de Telha
Córr. Corrego
Córr. Sto. Antônio
Córr. Sto. Antônio
Córr. Sto. Antônio
Córr. Raiz Córr. Sucuri
Córr. Seco
Córr. Sucuri
Córr. Sucuri
Córr. da Capoeira
Córr. da Capoeira
Córr. Vertentes
Córr. Vertentes
Córr. Ponteirinha
Córr. Ponteirinha
Córr. Ribeirãozinho
Córr. Ribeirãozinho
Córr. Ribeirão
Rib. Ribeirão
Córr. do Honório
Córr. do Honório
Córr. da Onça
Rib. Ribeirão
Córr. da Onça
Córr. da Onça
Córr. do Honório
Córr. do Honório
Córr. Ribeirão
Córr. Ribeirão
Córr. Ribeirão

Mapa Geológico Integrado - Projeto Arenópolis

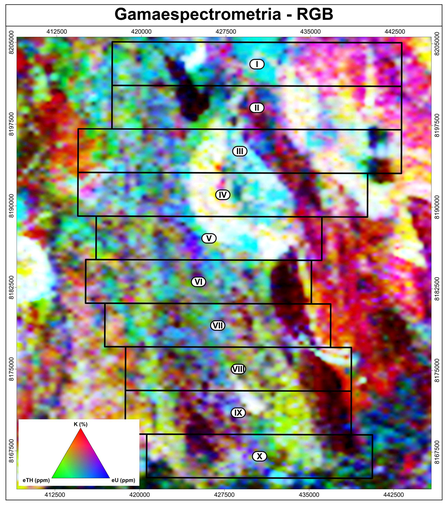
IG | Instituto de Geociências



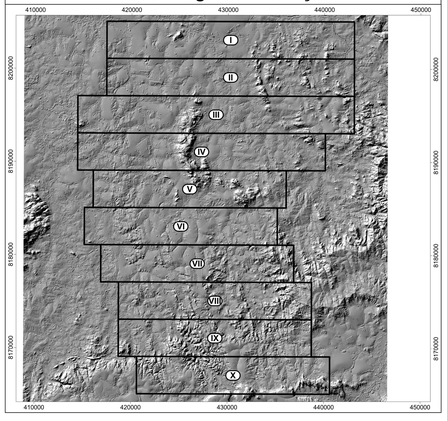
Magnetometria - GHT

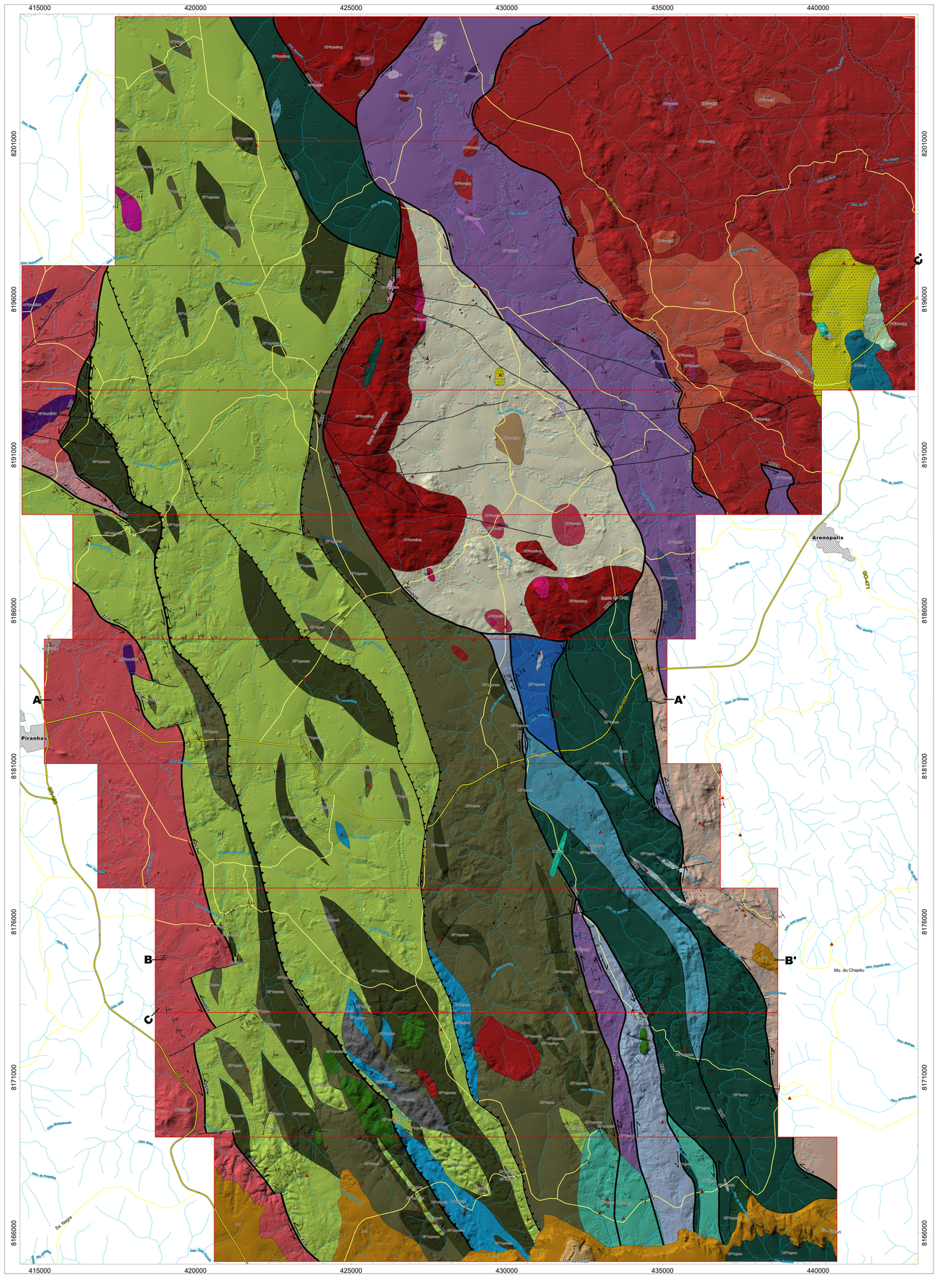


Gamaespectrometria - RGB



Modelo Digital de Elevação





Unidades Geológicas

Mesozóico - Cretáceo

Complexo Alcalino Arenópolis JKλia

Subvulcânicas JKλiasv - Diques métricos à decamétricos, de coloração cinza escuro, afaníticos à porfiríticos. Rochas compostas por macrocristais de olivina, clinopiroxênio, flogopita, e ocasionalmente microcristais de leucita e nefelina em matriz fortemente magnética.

Plutônicas Máficas e Ultramáficas: Gabros Alcalinos - JKλiaga: Rochas mesocráticas, de granulação média, compostas por nefelina, augita e plagioclásio em textura subofítica. **Ijolitos e Melteigitos - JKλiaop:** Rochas mesocráticas, de granulação média a grossa, compostas predominantemente por augita, flogopita, olivina e menor quantidade de porção sienítica intercumulus. **Clinopiroxenitos Alcalinos:** Rochas melanocráticas, de granulação grossa, compostas predominantemente por augita, flogopita e olivina.

Plutônicas Félsicas: Nefelinolitos - JKλian: Rochas leucocráticas de granulação média, equigranular e composta essencialmente por nefelina, com augita e flogopita subordinadas.

Paleozóico - Ordoviciano

Bacia do Paraná

Formação Ponta Grossa: Dpg - Arenitos brancos e ferruginosos, finos a médios, intercalados com argilitos, levemente laminados.

Formação Furnas: D1f - Arenitos esbranquiçados e conglomeráticos com estratificação cruzada, intercalados com siltitos micáceos.

Neoproterozóico - Ediacarano

Granito Serra do Iran NP3ysnir

Fácies Félsicas: Sienogranitos Finos NP3ysnirsf - Rochas leucocráticas, de granulação fina e predominantemente equigranulares, compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita e plagioclásio; **Sienogranitos Grossos NP3ysnirsg -** Rochas leucocráticas, de granulação grossa predominantemente equigranulares, com textura granular e localmente inequigranular porfirítica. Compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita, hornblenda e plagioclásio; **Monzogranitos NP3ysnirm -** Rochas leucocráticas, de granulação fina à média e predominantemente equigranulares, compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita e plagioclásio.

Fácies Intermediárias: Granodioritos NP3Ysnigr - Rochas mesocráticas e equigranulares, compostas por plagioclásio, hornblenda, biotita e quartzo em textura granular isotrópica. **Tonalitos NP3ysnirt -** Rochas mesocráticas, com textura inequigranular seriada e compostas por plagioclásio, biotita, hornblenda, quartzo e feldspato potássico.

Fácies Máficas: Dioritos NP3ysnird - Rochas mesocráticas compostas por plagioclásio, hornblenda, piroxênio e quartzo em textura equigranular.

Fácies Subvulcânicas: Dacitos e Riodacitos NP3ysnirsv - Rochas leuco a mesocráticas e inequigranulares. Apresentam uma matriz fina composta por plagioclásio e quartzo, além de fenocristais de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico.

Intrusivas Indiferenciadas

Monzogranitos - Rocha leucocrática, isotrópica, inequigranular seriada, de granulação variando de fina a grossa, constituído por microclínio, quartzo, plagioclásio, biotita e muscovita. **Tonalitos -** Rocha plutônica foliada, mesocrática, granulação média a grossa, constituído por quartzo, plagioclásio, muscovita e biotita.

Tonalitos - Rochas equigranulares, não deformadas, de granulação média, compostas por plagioclásio, biotita, quartzo e clorita.

Hornblenda Gabros - Rocha máfica, de granulação média, equigranular e com foliação incipiente, formada por hornblenda e plagioclásio com textura cumulática.

Granito Rio Caiapó NP3ycai

Fácies Félsicas: Sienogranitos Inequigranulares Grossos NP3ycaigg - Rochas leucocráticas, de granulação fina a grossa em textura inequigranular seriada a porfirítica. Compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e hornblenda; **Sienogranitos Finos NP3ycaigf -** Rochas leucocráticas, de granulação fina a média em textura predominantemente equigranular, compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e hornblenda.

Fácies Intermediárias: Dioritos e Granodioritos NP3ycaid - Rochas mesocráticas, de granulação média, compostas por plagioclásio, hornblenda e quartzo em textura subofítica.

Neoproterozóico - Criogeniano

Granito Ribeirão Água Limpa NP2ayal

Fácies de Biotita Granitos a Biotita Granodioritos - NP2ayalg - Rocha leucocrática, com textura inequigranular porfirítica, composta por fenocristais grossos de feldspato potássico imersos em uma matriz média a fina, rica em quartzo, plagioclásio e biotita.

Fácies Granitos Finos NP2ayalgf - Rochas leucocrática, de granulação fina e equigranular, composta por feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio, com pouca ou nenhuma mica.

Fácies Intermediária: Hornblenda-Biotita Tonalito NP2ayalhbt - Rocha leuco a mesocrática, de granulação média e textura equigranular, com discreta foliação espaçada, compostas por plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda.

Vulcânicas Córrego do Horácio NPαch

Vulcânicas Córrego do Horácio NPαch - Diques e derrames riolíticos de coloração vermelho-alaranjado a bege clara, com textura predominante afanítica e porfirítica a glomeroporfirítica subordinadas.

Granito Serra do Tatu NP2yst

Granito Serra do Tatu NP2yst - Rochas leucocráticas, compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. A textura predominante é milonítica, exibindo porfiroclastos de feldspato alcalino envolvidos por matriz recristalizada de biotita.

Neoproterozóico - Toniano

Gnaisse Arenópolis NP1yna

Gnaisses Tonalíticos NP1ynagt - Rochas com bandamento gnáissico centimétrico, com bandas máficas dominantes, de textura nematoblástica, compostas essencialmente por hornblenda. As bandas félsicas subordinadas possuem textura granoblástica, e são compostas por quartzo e plagioclásio. **Anfibolitos NP1ynaa -** Rochas de coloração acinzentada, de granulação fina, com textura nematoblástica e compostas por hornblenda e plagioclásio. **Calcissilicáticas NP1ynacc -** Rochas caracterizadas por apresentarem feições de alteração hidrotermal, compostas por epidoto, feldspato potássico, granada, quartzo, hornblenda e opacos. **Ultramáficas NP1ynaum -** Rochas de coloração esverdeada, com granulação fina e textura lepidoblástica, compostas por serpentina, talco, clorita e minerais opacos.

Gnaisses Graníticos NP1ynagg - Rochas com bandamento gnáissico centimétrico, com bandas félsicas dominantes, de textura granoblástica compostas por feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. As bandas máficas subordinadas apresentam textura nematoblástica, compostas por hornblenda e biotita.

Gabro Morro do Baú NP1δmb

Gabro Morro do Baú NP1δmb - Rochas máficas de granulação média a grossa, compostas por plagioclásio, hornblenda, epidoto, sericita e clorita. Apresentam texturas cumuláticas e subofíticas preservadas e enclaves compostos por anfibolitos.

Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

Unidade Córrego do Santo Antônio

Fácies Máficas e Ultramáficas: Anfibolitos NP1apaa - Rochas de coloração esverdeada, de granulação fina a média, com textura predominantemente nematoblástica e localmente granoblástica, compostas por hornblenda e plagioclásio, com titanita subordinada. **Metaultramáfica NP1apaum -** Rochas constituídas por anfibólio de granulação média inseridos em uma matriz fina esverdeada composta por serpentina, clorita e tremolita.

Fácies Metassedimentares: Mica Xistos NP1apax - Rochas de cor avermelhada que apresentam textura lepidoblástica, sendo constituídas essencialmente por muscovita e quartzo, com a presença local de biotita xistos. Subordinadamente, ocorrem xistos com porfiroblastos de granada e/ou estaurolita. **Quartzitos NP1apaq -** Rochas de coloração cinza claro, com granulação muito fina, textura granoblástica e estrutura maciça. **Mármores NP1apam -** Rochas de coloração cinza claro azulado, com granulação média a grossa. Apresenta domínios recristalizados para calcita branca, com anfibólio subordinado. **Calcissilicáticas NP1apac -** Gnaisses calcissilicáticos com bandamento milimétrico compostos por assembléia calcissilicática, com anfibólio, quartzo, epidoto, biotita, clorita, granada, titanita e calcita. **Metacherts NP1apach -** Rochas de coloração cinza claro, com granulação fina a muito fina. Estrutura predominantemente maciça, ocorrendo localmente de forma bandada. Apresenta malaquita como mineral acessório.

Unidade Córrego da Onça

Fácies Máficas e Ultramáficas: Anfibolitos NP1apoa - Rochas de coloração acinzentada com porfiroclastos de plagioclásio e matriz fina composta por hornblenda e quartzo subordinado. **Ultramáficas NP1apoum:** Rochas de coloração esverdeada, granulação fina e textura nematoblástica, compostas por tremolita, clorita e minerais opacos.

Fácies Metassedimentares: Muscovita Xistos NP1apox - Rochas que apresentam textura lepidoblástica, compostas essencialmente por quartzo, plagioclásio e muscovita. Localmente, ocorrem com granada e grafita. **Metachert NP1apoch:** Rochas silicosas de coloração cinza claro a médio, com granulação fina. Apresentam estrutura laminada e ocorrem de forma intercalada com gonditos. Apresentam pirrotita como mineral acessório. **Calcissilicática NP1apocc -** Gnaisses calcissilicáticos, compostos por assembleia mineralógica de alteração hidrotermal calcissilicática, com anfibólio alterado, quartzo, epidoto, biotita, clorita, titanita e calcita.

Paleoproterozóico

Gnaisse Ribeirão

Gnaisse Ribeirão PP3yr - Biotita tonalitos com intercalação entre níveis lepidoblásticos compostos por biotita fina a média e níveis granoblásticos compostos por quartzo e plagioclásio, de granulação média e grossa. Localmente migmatizado.

Convenções Geológicas

- Amostras Laminadas
- Acamamento
- Foliação
- Foliação Magmática
- Lineação de Estiramento
- Eixo de Dobra
- Contato Definido
- Contato Aproximado
- Anticlinal ou Antiforme
- Dique Alcalino
- Dique de Riolito
- Falha ou Fratura Indiscriminada
- Falha ou Fratura Encoberta
- Falha Transcorrente Dextral
- Falha Transcorrente Sinistral
- Zona de Cisalhamento Compressiva
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral

Zonas de Cisalhamento

ZCP: Zona de Cisalhamento Piranhas
ZCR: Zona de Cisalhamento Ribeirão
ZCCA: Zona de Cisalhamento Córrego da Areia

Convenções Cartográficas

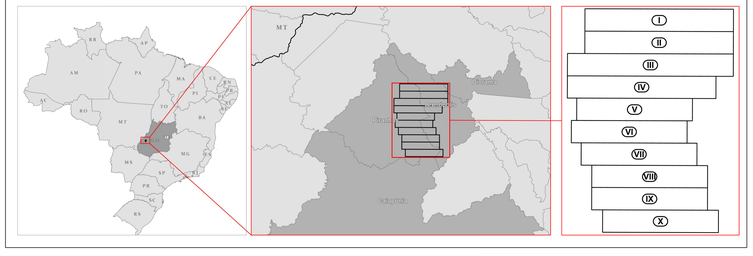
- Áreas - Projeto Arenópolis

Hidrografia
- Cursos d'água

Malha Viária
- Estrada Pavimentada
- Estrada não Pavimentada

Localidades
- Área Urbana

Localização



Elaboração

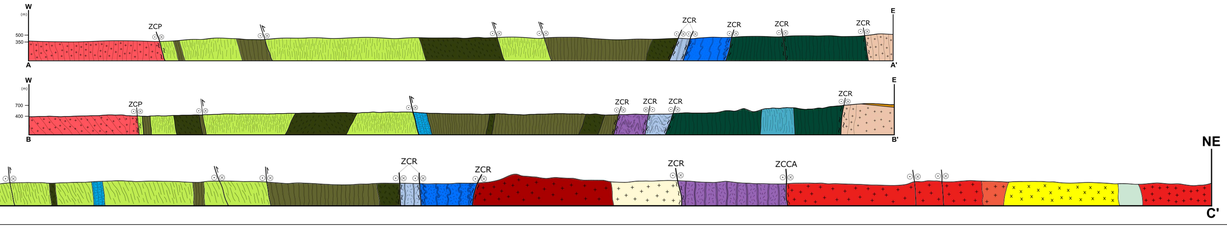
Equipe de Professores:
Profa. Dra. Natalia Hauser (Coordenadora)
Prof. Dr. Elton Luiz Dantas
Prof. Dr. Luis Gustavo Viegas
Prof. Dr. Caio Arthur Santos
Dr. Italo Lopes de Oliveira
Profa. Julia Barbosa Curto Ma
Prof. Henrique Llacer Roig

Apoio:
Antônio Mendes de Carvalho
Jean Moreira Barbosa
Marco Marcilio Sobral
Sergio Paulo Ferreira de Brito
Willian Gervazio Mariano

Área I: Suellen Santos Magalhães e Luiz Eduardo Silva Garcia
Área II: Murilo Guimarães Kurita e Thomaz de Aquino Motta Mendes
Área III: Carlos Eduardo dos Reis Santos e Tiago Pedrosa Lyra
Área IV: Samuel Silva da Costa e Wdilson César Guedes Frade
Área V: Jefferson de Oliveira Rodrigues e Matheus Emanuel Souza Mello
Área VI: Humberto Alexandre de Paula Correia e Lucas Cunha Moreira
Área VII: Cauê Oliveira Miranda e Natanael Alencar Pereira
Área VIII: Gustavo Moreira Bianchi e Ycles Campos Mesquita
Área IX: Gisele Pidhorodecki, Lucas Lage Guida e Marcelo Moura da Costa
Área X: Beatriz Sena Farias da Silva e Blenda Rodrigues Carvalho

Perfis Geológicos Esquemáticos

Escala Horizontal e Vertical: 1:25.000



Informações Geográficas



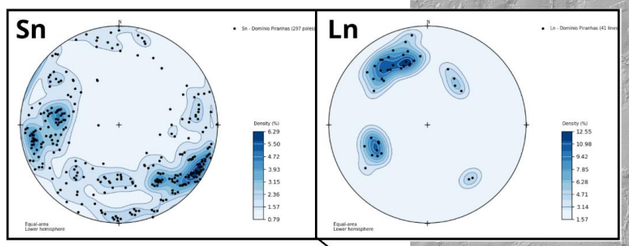
Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Meridiano Central: 45° W - Fuso 22 Sul
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Fonte dos dados: Base Vetorial Contínua do Brasil 1:250.000 - IBGE;
MDE TanDEM-X (GAC, RSTI); Serviço Geológico Brasileiro - SGB.

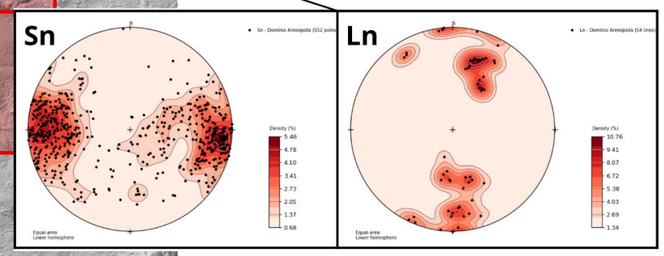
Mapa Estrutural Integrado
Projeto Arenópolis

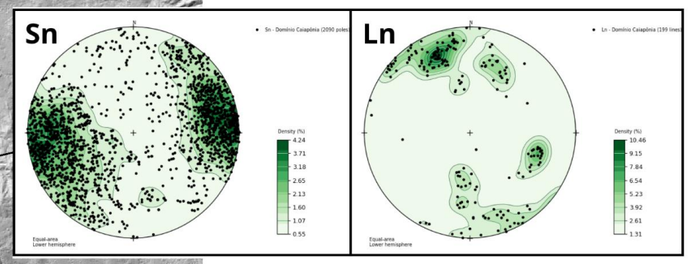
IG | Instituto de Geociências

400000 410000 420000 430000 440000 450000 460000

8200000 8190000 8180000 8170000







ZCR
ZCCA
ZCP
ZCCA
ZCR
ZCP
ZCR
ZCP

Zonas de Cisalhamento

ZCP: Zona de Cisalhamento Piranhas
ZCR: Zona de Cisalhemento Ribeirão
ZCCA: Zona de Cisalhamento Córrego da Areia

Legenda

Áreas - Projeto Arenópolis
- Áreas - Projeto Arenópolis

Medidas Estruturais
- Acamamento
- Foliação
- Foliação Magmática
- Lineação de Estiramento
- Eixo de Dobra

Estruturas
- Anticlinal ou Antiforme
- Falha ou Fratura Indiscriminada
- Falha ou Fratura Encoberta
- Zona de Cisalhamento Compressiva
- Falha Transcorrente Dextral
- Falha Transcorrente Sinistral
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral

Domínios Estruturais
- Domínio Arenópolis
- Domínio Caiapônia
- Domínio Piranhas
- Bacia Sedimentar

N W E S

0 1 3 5 Km

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-03A **Unidade:** Córrego do Santo Antônio **Coordenadas:** 22 S 427854 E 8175445 N

Descrição macroscópica:

Rocha de coloração cinza e granulação fina a média, com domínios de *mingling*, evidenciados por granulação grossa a muito grossa.
É composta por Hbl e Pl, com ocasionais cristais de cpx.
São observados veios de Pl, alterados para Ep, conferindo-os coloração verde claro.

Foto Macroscópica



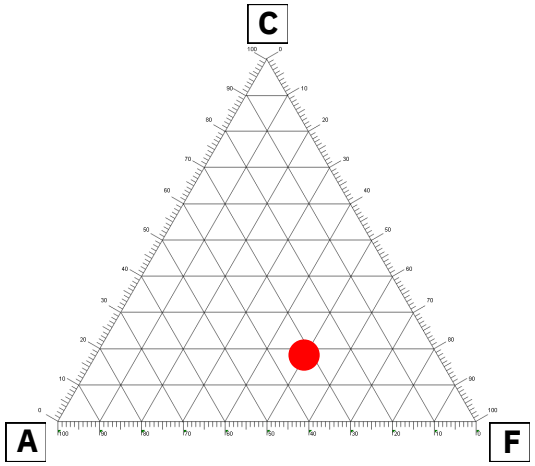
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	45%			Clorita	5%
Plagioclásio	45%			Epidoto	4%
Quartzo	1%				

Descrição Microscópica **Orientada** X

Amostra apresenta dois domínio de granulação contrastante - médio e outro muito grosso. Ambos apresentam a mesma composição mineralógica. Assim, entende-se que o domínio de granulação muito grossa representa autólitos.
A textura predominante é nematoblástica, marcada pela orientação de cristais subédricos prismáticos de Hbl e Pl.
Além disso, é interessante comentar que a amostra apresenta feições de retrometamorfismo em fácies xisto verde, dada a presença de Ep + Chl.

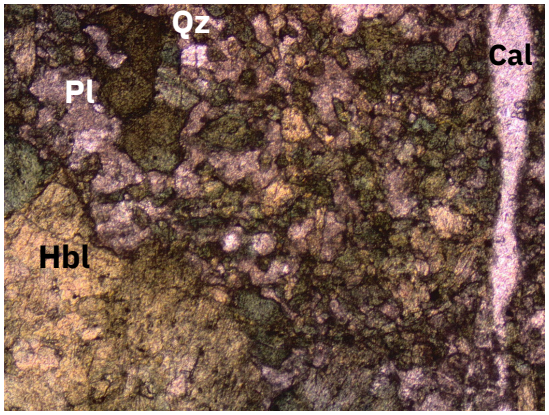
Diagrama Composicional



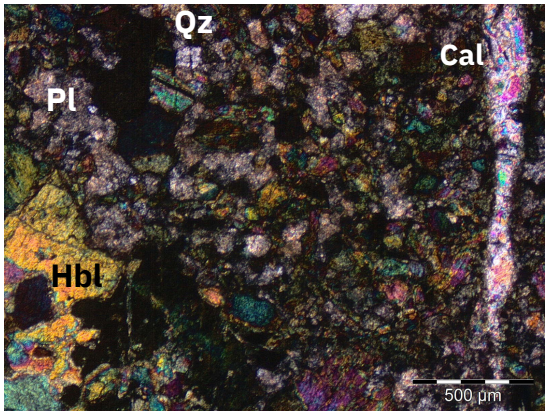
Paragênese: Hbl + Pl + Qz

Textura: Nematoblástica, com domínios granoblásticos subordinados

Micrografias



A



B

Legenda Micrografias

Hbl - Hornblenda; Pl - Plagioclásio; Qz - Quartzo; Cal - Calcita

As figuras A (PPL) e B (XPL), observa-se o aspecto geral da lâmina. É possível observar domínios de granulação contrastante, onde o domínio mais grosso representa a porção de *mingling* preservada. São notáveis texturas granoblástica a nematoblástica. Além disso, observa-se veio de Cal, registrando deformação rúptil.

Interpretação e Discussão

A amostra representa um protólito máfico, metamorfizada sob fácies anfibolito, todavia, interpreta-se que a presença de domínios de granulação grossa a muito grossa se tratam de feições primárias de *mingling* preservadas. Tal interpretação ocorre em função do contraste de granulação entra a rocha e esses domínios, bem como a presença restrita de cristais de clinopiroxênio.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Gabro	Anfibolito	Metagabro

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-27A **Unidade:** Córrego do Santo Antônio **Coordenadas:** 22 S 420866 E 8175757 N

Descrição macroscópica:

Amostra apresenta coloração cinza claro, com granulação média a grossa e textura nematoblástica. O desenvolvimento desta textura ocasiona a geração da foliação fortemente evidente na imagem ao lado.
É possível observar, com auxílio de lupa, pequenos cristais de quartzo, juntamente com acessórios avermelhados. Estes foram identificados como titanita.

Foto Macroscópica



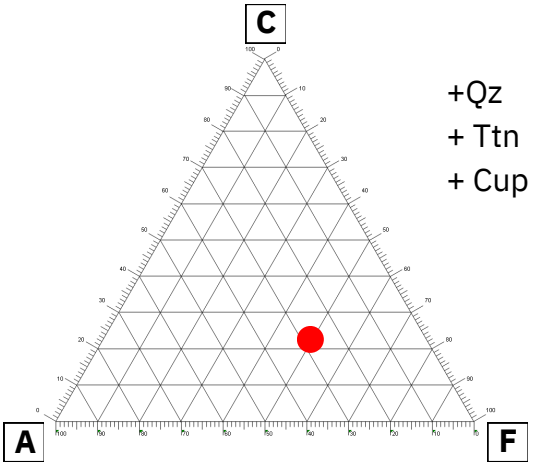
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	50%	Titanita	10%	Clorita	<1%
Plagioclásio	35%	Cuprita (?)	0,5%		
Quartzo	5%				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Amostra apresenta granulação média a grossa, com foliação marcada pela orientação de hornblenda (textura nematoblástica). A hornblenda verde ocasionalmente apresenta textura poiquiloblástica, com inclusões anédricas de quartzo.
É possível observar domínios granoblásticos, marcados pela presença de plagioclásio e quartzo.
Além disso, é notável a presença abundante de titanita, de granulação fina a média e hábito granular, orientada de modo paralelo à foliação, juntamente com cuprita.

Diagrama Composicional

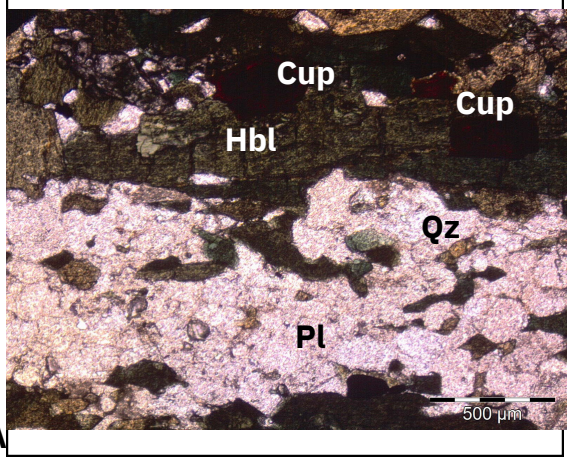


+Qz
+ Ttn
+ Cup

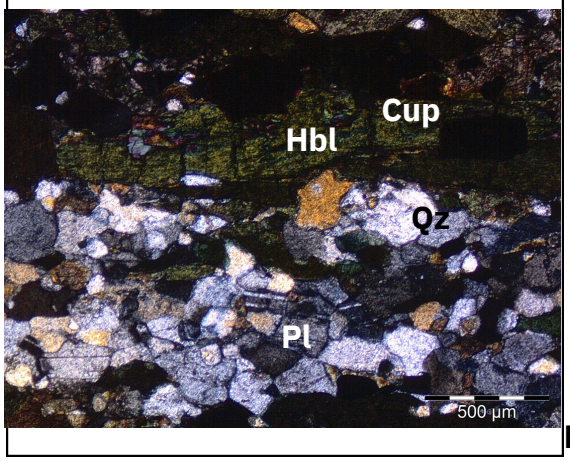
Paragênese: Hbl + Pl + Ttn + Qz + Cup

Textura: Nematoblástica, com domínios granoblásticos e poiquiloblásticos subordinados

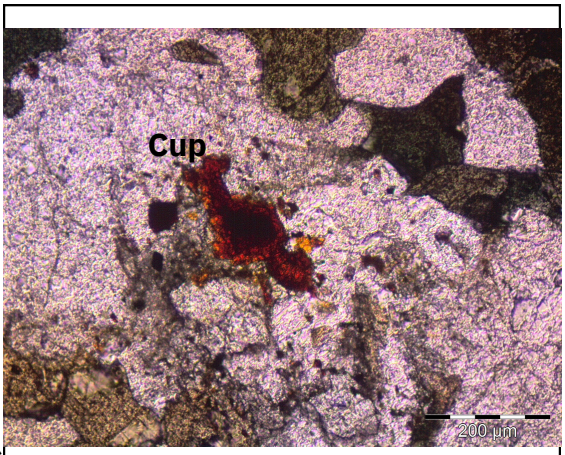
Micrografias



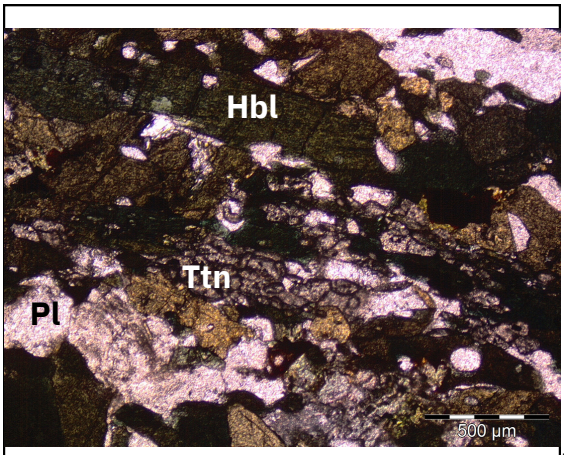
A



B



C



D

Legenda Micrografias

Hbl - Hornblenda; Pl - Plagioclásio; Ttn - Titanita; Qz - Quartzo; Cup - Cuprita

Interpretação e Discussão

A rocha possui um protólito ígneo, de composição básica, metamorfisado sob pico em fácies anfibolito. O protólito provavelmente representava uma rocha já rica em titânio, posteriormente afetada por um evento hidrotermal cálcico, responsável por gerar titanita. Além disso, sugere-se que a litologia registre a existência de um evento mineralizante, possivelmente relacionado ao evento magmático-hidrotermal responsável pela geração de titanita.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha básica	Anfibolito	Anfibolito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-28A **Unidade:** Ribeirão Água Limpa **Coordenadas:** 22 S 420701 E 8175350 N

Descrição macroscópica

Rocha de cor branca acinzentada contendo leve foliação, composta de cristais equigranulares de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita e muscovita.



Descrição microscópica

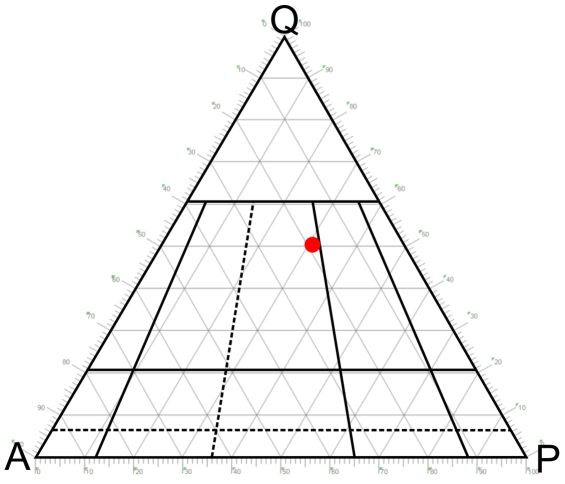
Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	40%			Sericita	5%
Plagioclásio	25%				
Feldspato potássico	15%				
Muscovita	8%				
Biotita	12%				

Descrição Microscópica

Orientada ☐

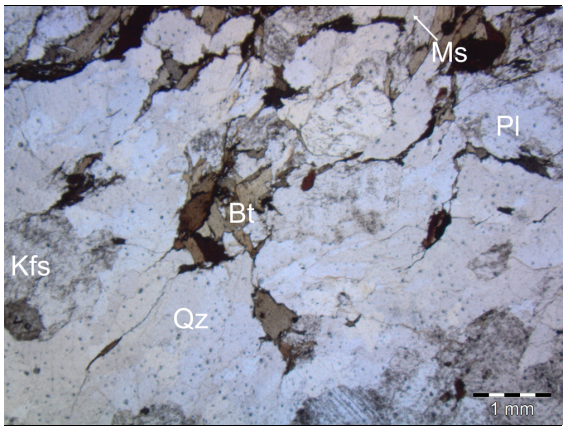
A lâmina apresenta uma rocha holocristalina, fanerítica com granulometria predominantemente média e equigranular, apresenta leve foliação espaçada marcada pelos cristais micáceos.
Os cristais de quartzo apresentam-se com contatos denteados e serrilhados, forma anedral, trama recristalizada. Há presença de microestruturas como subgrãos e extinção ondulante.
O plagioclásio se encontra com contatos lobados e serrilhados, hábito prismático com forma subedral a anedral. Apresenta alterações como seritização.
Os cristais de feldspato potássico possuem contatos lobados e serrilhados, hábito anedral.
A biotita possui granulometria fina, hábito lamelar com contatos retilíneos, e serrilhados. Apresenta feições cataclásticas e serve como marcador da foliação.
Os cristais de muscovita possuem granulometria fina, hábito lamelar subedral, alguns cristais apresentam entinção ondulante. Encontra-se junto à muscovita na foliação.

Diagrama Composicional

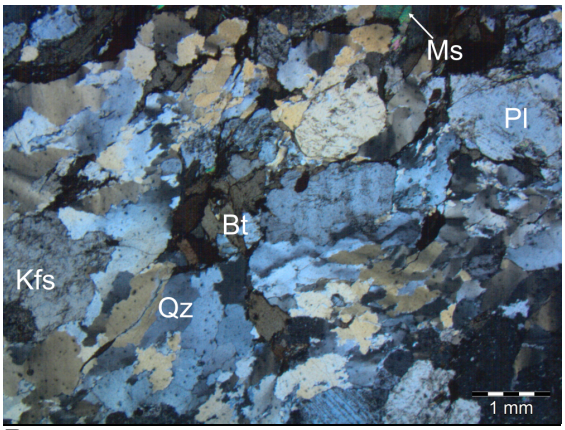


Classificação da Rocha: Monzogranito

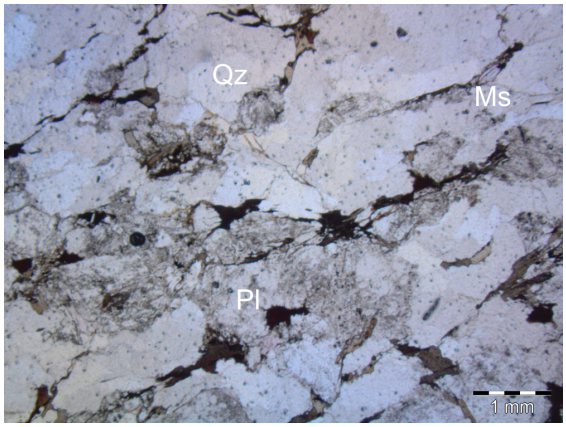
Micrografias



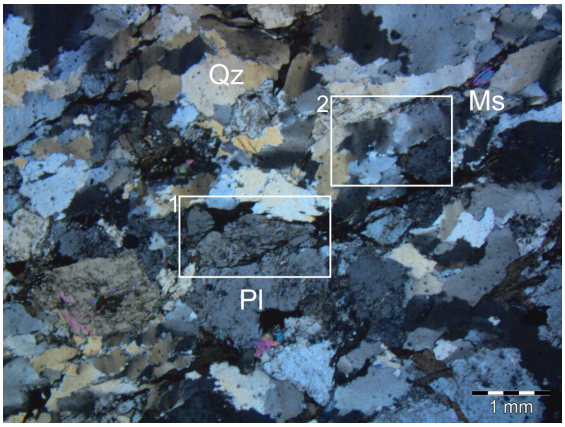
A



B



C



D

Legenda Micrografias

Visão geral da lâmina a nicóis paralelos (A) mostrando lamelas de biotita orientadas na porção superior, é possível ver diversas fraturas ao longo da seção. Foto B mostrando a figura A em nicóis cruzados, vemos diversos cristais de quartzo exibindo extinção ondulante, contatos difusos e ribbons. Figuras C e D mostrando a foliação presente na rocha, o quadro 1 da figura D mostra um cristal de plagioclásio em forma sigmoidal, o quadro 2 mostra cristais de quartzo recristalizados (GBM) e exibindo extinção ondulante, são feições típicas de deformação.

Interpretações

A rocha em questão é um granito peraluminoso levemente foliado, o caráter peraluminoso implica em em uma área fonte aluminosa associada à processos de fusão parcial de rochas crustais em zonas de colisão continental. As feições microestruturais indicam deformação e recristalização em temperaturas altas (GBM), porém são feições que não ocupam grande parte da lâmina, o que indica que grande parte da deformação ocorreu em baixa temperatura, corroborado pelas feições cataclásticas de cristais de plagioclásio e fraturas que cortam diferentes fases minerais.

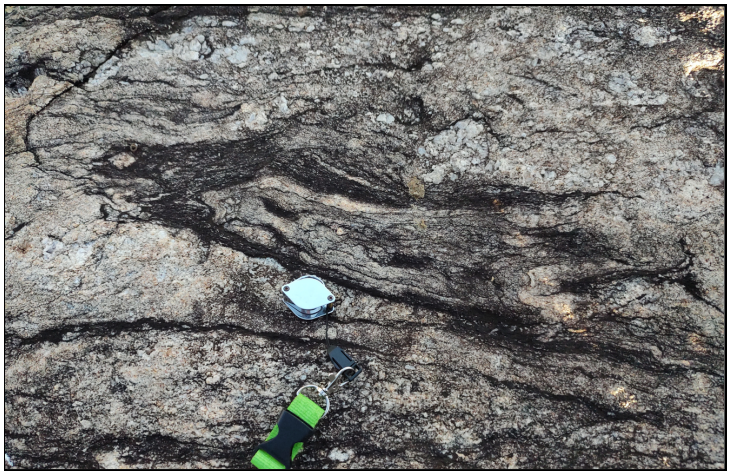
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-31A **Unidade:** Gnaisse Ribeirão **Coordenadas:** 22 S 434049 E 8173172 N

Descrição macroscópica

Rocha de granulação média a grossa, coloração acinzentada, exibindo bandamento gnáissico, feições de migmatização e deformação. A mineralogia é composta de quartzo, plagioclásio e biotita, sendo que alguns níveis do bandamento gnaíssico apresentavam concentrações modais variáveis de biotita.



Descrição microscópica

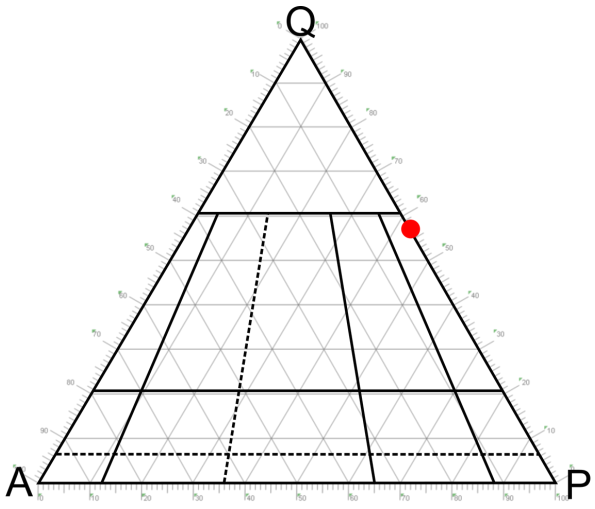
Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	50%	Zircão	1%		
Plagioclásio	35%				
Biotita	14%				

Descrição Microscópica — Orientada [X]

Rocha com textura granoblástica definida por cristais de quartzo e plagioclásio, com domínios lepidoblásticos definidos pela orientação dos cristais de biotita. A forma dos agregados é classificada como inequigranular interlobado. A lâmina delgada mostra fraca orientação dos minerais em uma foliação grossa e espaçada. É composta por quartzo, plagioclásio, biotita e zircão. Os cristais de quartzo possuem granulação fina a média, contatos retilíneos, lobados e denteados, alguns grãos exibem extinção ondulante e bulging.

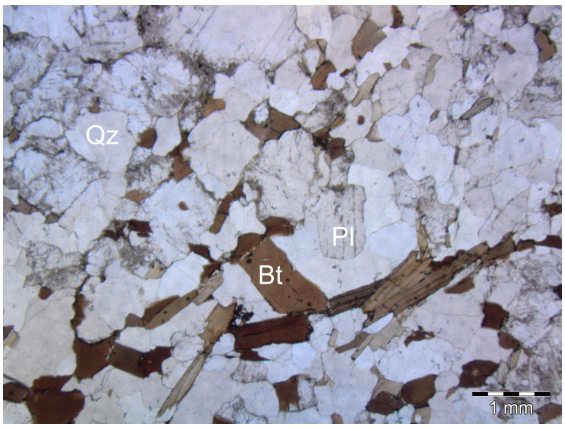
Os cristais de plagioclásio possuem granulação fina a média, a forma vai de prismática a anedral; os contatos são retilíneos e curvos com os cristais de quartzo e serrilhados com os cristais de biotita. Possui poucas feições de maclamento por tensão. A biotita possui granulação fina a média, está fortemente orientada com cristais que definem a foliação, tais cristais são prismáticos com contatos retilíneos e serrilhados.

Diagrama Composicional

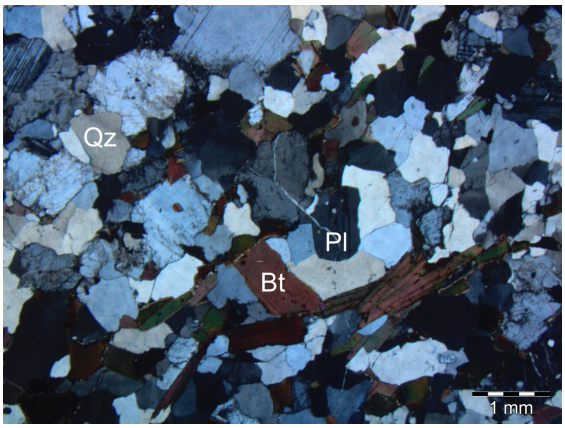


Classificação da Rocha: Bt-tonalito

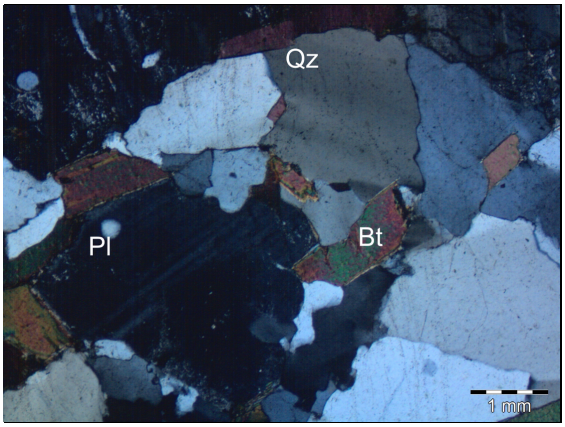
Micrografias



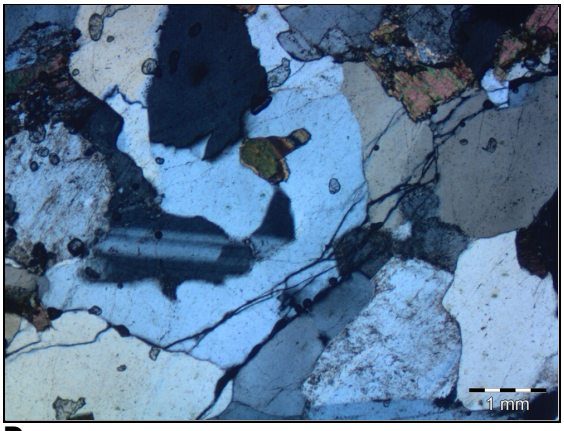
A



B



C



D

Legenda Micrografias

Figuras A e B mostrando (em nicóis paralelos e cruzados, respectivamente) a visão geral da lâmina, com os cristais de biotita orientados e definindo a foliação. A figura C mostra feições microestruturais como extinção ondulante nos cristais e quarzto, juntamente como migração de borda de grão. A figura D mostra fraturas contínuas em diferentes fases, indicando deformação em baixas temperaturas.

Interpretações

A rocha é um Biotita Tonalito Gnaisse, apresentando muitas feições de deformação, nesta seção delgada a mineralogia não se apresentava demasiadamente inequigranular. Contém microfeições de recristalização e deformação, em escala de afloramento exibe foliação milonítica e domínios com concentrações variadas de biotita e migmatização. Pode ter sido submetida a deformação em alta temperatura porém sem grandes indícios de deformação em baixa temperatura (como altas concentrações de domínios de grãos exibindo catáclase).

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-35A **Unidade:** Córrego da Onça **Coordenadas:** 22 S 434364 E 8173325 N

Descrição macroscópica:

Amostra de coloração cinza médio, de granulação média a grossa, com foliação marcante, marcada por textura nematoblástica. Apresenta-se fortemente deformada, com cristais de Pl estirados.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Actinolita	50%	Titanita	4%	Clorita	1%
Plagioclásio	45%			Epidoto	>1%

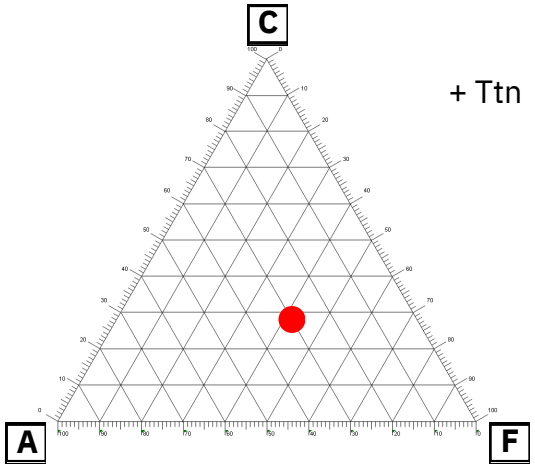
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Amostra apresenta granulação média a grossa, com textura nematoblástica marcante. Apresenta domínios brechados, evidenciando processo de cataclase.

Cristais subédricos e granulares de Ttn formam agregados sigmoidais e apresentam granulação que varia de fina nos agregados (figura D) a grosso (paralelo à foliação).

As zonas cataclásticas (figura C) são compostas por grãos finos a médios de Act e Pl, juntamente com micas muito finas, formando o principal componente das zonas.

Diagrama Composicional

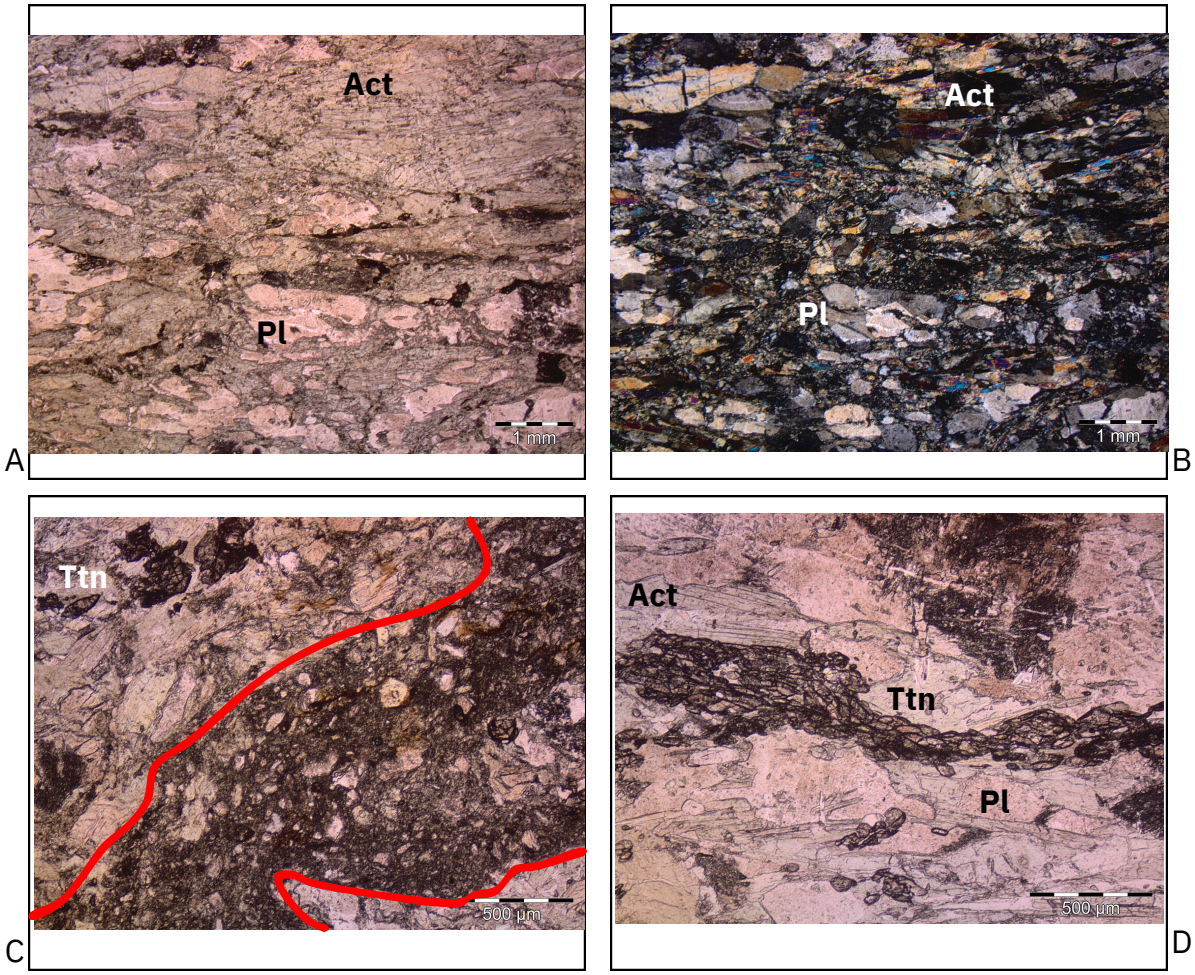


+ Ttn

Paragênese: Act + Pl + Ttn (1)
Chl + Ep + argilominerais (2)

Textura: Nematoblástica

Micrografias



Legenda Micrografias

Act - Actinolita; Pl - Plagioclásio; Ttn - titanita

Em A, aspecto geral da lâmina, mostrando associação de Act + Pl (PPL); em B, mesma seção que A (XPL); em C, zona cataclástica destacada em vermelho; em D, trilha de Ttn granular alinhada.

Interpretação e Discussão

A amostra é interpretada como sendo um protólito básico, metamorfizado sob pico em fácies anfibolito. Apresenta deformação rúptil, gerando assim as zonas cataclásticas observadas. O alinhamento de cristais granulares e sua associação com a Zona de Cisalhamento Córrego de Areia sugerem uma possível relação com episódios magmáticos-hidrotermais. Isto se justifica pela proximidade desta amostra, juntamente com rochas hidrotermais, ricas em Ep e Kfs.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha básica	Anfibolito	Anfibolito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-36A **Unidade:** Córrego da Onça **Coordenadas:** 22 S 434552 E 8173499 N

Descrição macroscópica

Rocha de granulometria média a grossa, cor cinza escuro, composta de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotitas definindo a forte foliação milonítica presente.



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	38%			Sericita	15%
Plagioclásio	35%			Clorita	2%
Feldspato potássico	15%				
Biotita	10%				
Muscovita	2%				

Descrição Microscópica

Orientada ☐

Rocha holovítrea fanerítica composta por cristais de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico de até 5 mm, e por cristais muito finos a finos de muscovita e biotita. De forma geral a lâmina se mostra inequigranular bimodal, tanto com minerais ou agregados de granulação grossa, quanto domínios de granulação fina, a foliação presente é evidenciada pela biotita e classificada como anastomosada.

Os cristais de quartzo estavam tanto na forma de agregados com contatos retilíneos quanto na matriz fina e cataclasada. Alguns grãos exibiam extinção ondulante.

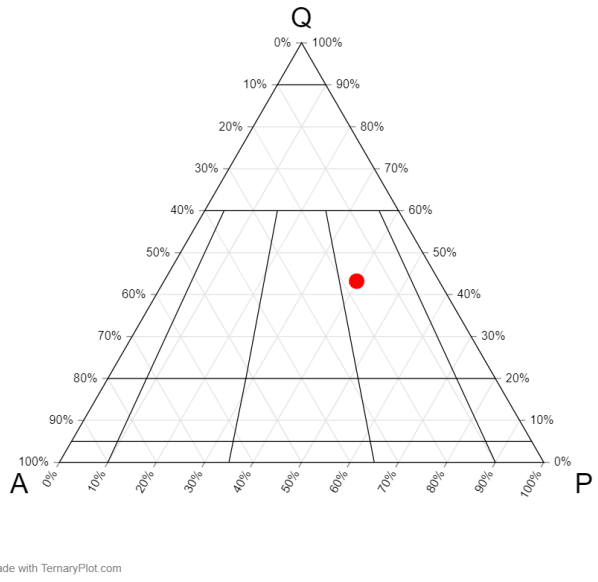
O plagioclásio era encontrado na matriz cataclasada e em cristais grossos, por vezes zonado e em quase em sua totalidade alterado para sericita, o teor medido em uma seção com grau de alteração não tão forte indicou tratar-se de um oligoclásio.

Os cristais de K-feldspato estavam intensamente alterados, com fraturas preenchidas por quartzo e contatos difusos.

A biotita encontrava-se fortemente orientada na foliação, exibia alteração para clorita.

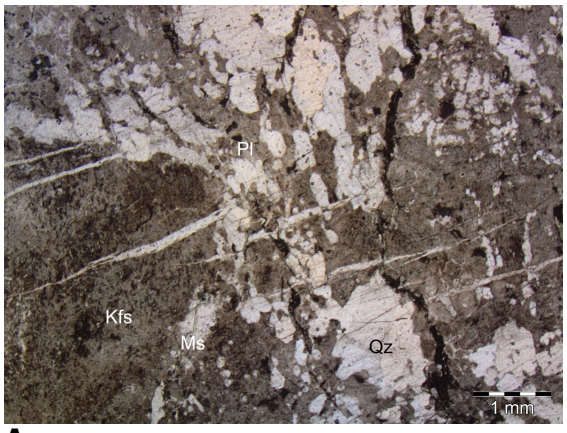
Os cristais de muscovita eram escassos, poucas seções foram identificadas, não estavam associadas à foliação junto com a biotita.

Diagrama Composicional

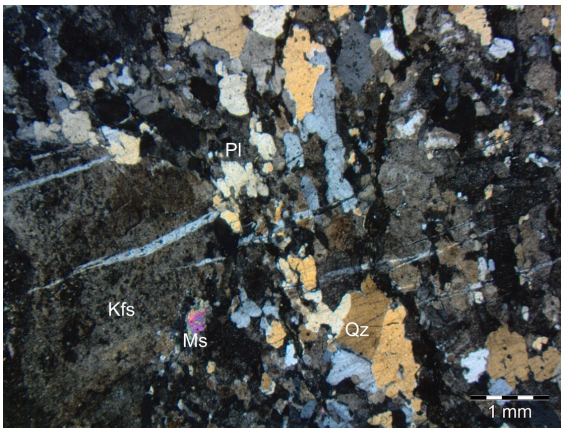


Classificação da Rocha: Granodiorito milonitizado

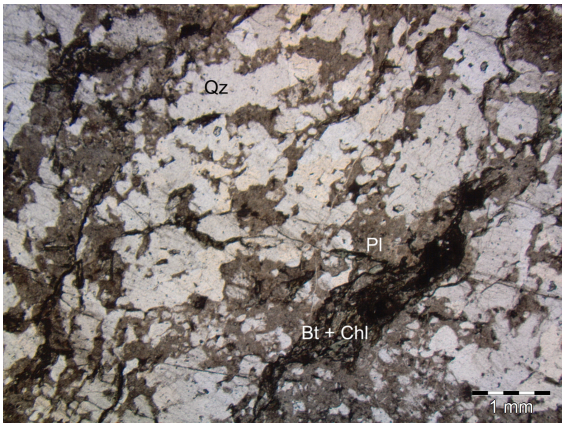
Micrografias



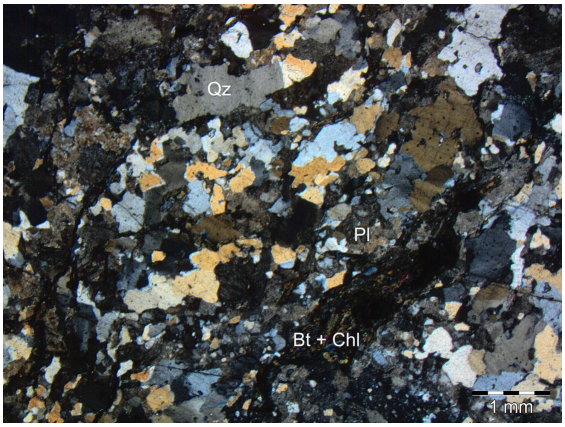
A



B



C



D

Legenda Micrografias

A e B (nicóis paralelos e cruzados, respectivamente) mostram a disposição dos fenocristais de K-feldspato em relação aos outros minerais de granulometria fina, juntamente com o grau de alteração, tanto dos Kfs quanto dos cristais de Pl. Possível ver fraturas no Kfs sendo preenchidas por quartzo.
C e D (nicóis paralelos e cruzados, respectivamente) mostram a foliação anastomosada presente na rocha, sendo marcada por lamelas de biotita e clorita. Possível ver alguns cristais de quartzo exibindo extinção ondulante

Interpretações

A rocha trata-se de uma pequena intrusão em uma sequência metavulcanossedimentar, se apresenta intensamente deformada e alterada, talvez no mesmo evento deformacional da sequência. A dinâmica de fraturamento, cataclase e variação granulométrica indica que a deformação foi acomodada em baixas temperaturas com *strain* alto.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

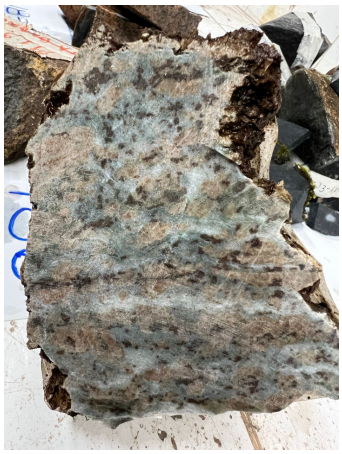
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-P43 **Unidade:** Córrego do Santo Antônio **Coordenadas:** 22 S 428192 E 8173595 N

Descrição macroscópica:

A amostra apresenta coloração verde claro, granulação fina a muito fina, com porfiroblastos muito grossos de granada.
A amostra apresenta pouca reação ao ataque ácido (HCl 10%) e é recortada por ocasionais veios milimétricos de quartzo.

Foto Macroscópica



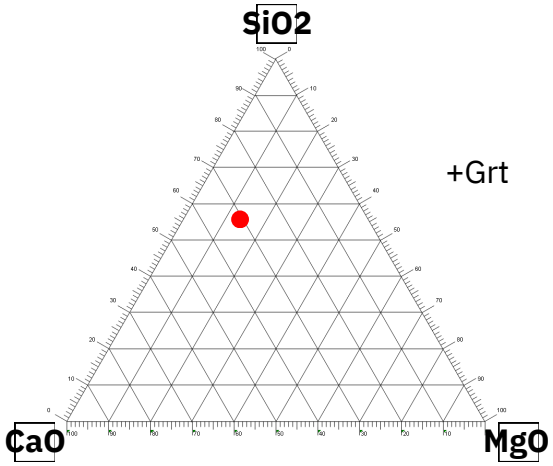
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Calcita	25%				
Granada	25%				
Diopsídio	35%				
Wollastonita	15%				

Descrição Microscópica **Orientada** [X]

A amostra apresenta textura nematoblástica predominante, com domínios poiquiloblásticos subordinados, marcados por inclusão de diopsídio em granada.
É possível observar dois grandes domínios de textura nematoblástica, de modo que são diferenciados pela granulação. O contraste entre domínio grosso e domínio fino de calcita e diopsídio revela um bandamento que se repete ao longo da lâmina.
Calcita se concentra nos interstícios dos porfiroblastos e engloba cristais de diposídio e wollastonita. A wollastonita geralmente apresenta granulação mais grossa que diopsídio, de modo que geralmente ocorrem associados uns aos outros.

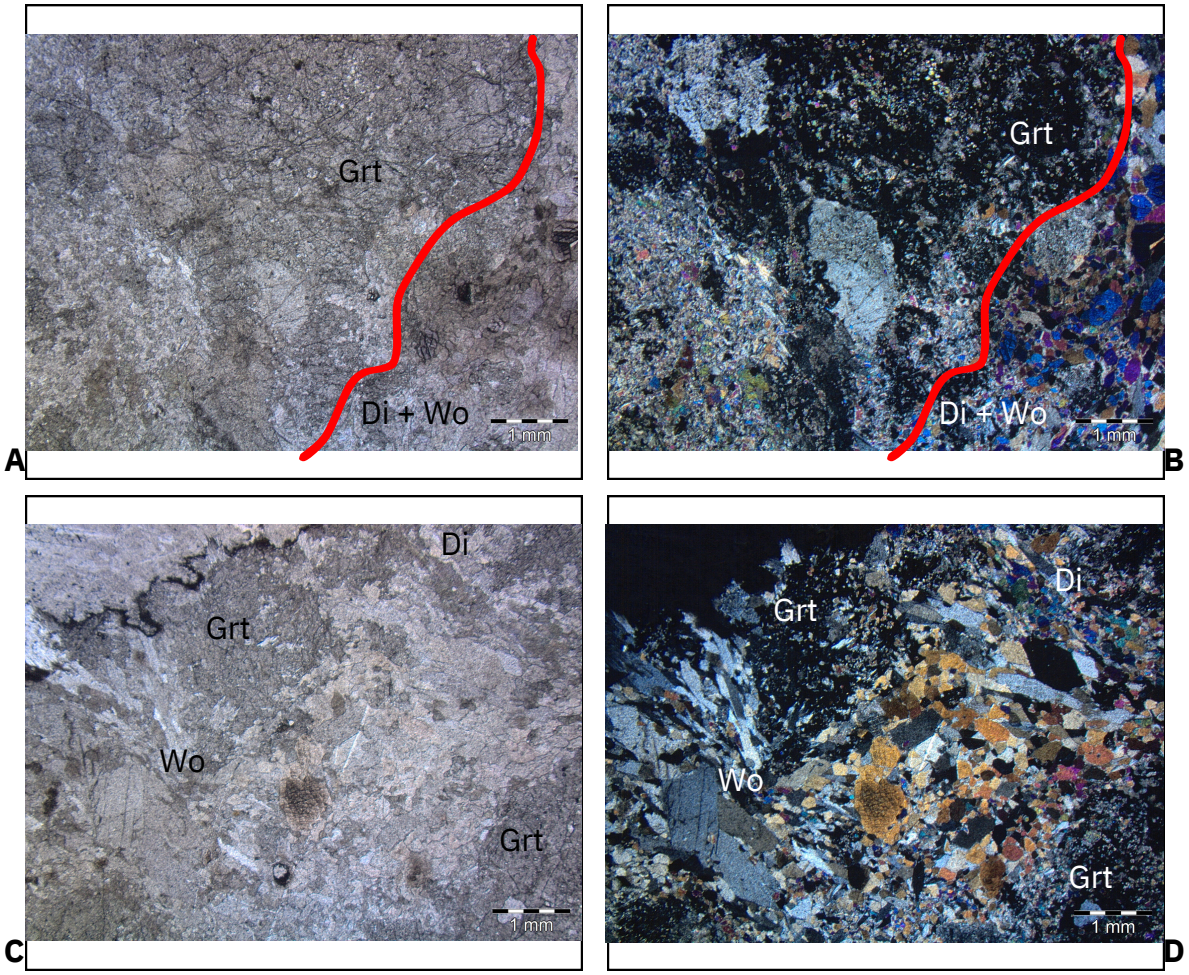
Diagrama Composicional



Paragênese: Cal + Grt + Di + Wo

Textura: Nematoblástica, com domínios poiquiloblásticos subordinados

Micrografias



Legenda Micrografias

Cal - Calcita; Di - Diopsídio; Grt - Granada; Wo - Wollastonita
Em A (PPL) e B (XPL), observa-se grande porfiroblasto de Grt, demonstrando textura poiquiloblástica com inclusões de Di e Cal fina a média. Em C (PPL) e D (XPL), observa-se pequeno porfiroblasto de Grt com cristais orientados de Wo e Di, evidenciando textura nematoblástica predominante

Interpretação e Discussão

A amostra se trata de uma rocha calcissilicática (*skarn*), cujo protólito carbonático foi afetado por hidrotermalismo rico em sílica. A alteração hidrotermal em alta temperatura foi responsável pela formação de diopsídio e wollastonita. Além disso, infere-se que a granada presente se trate de grossulária, em função da composição química.
Entende-se que a geração da alteração hidrotermal tenha ocorrido em função da presença de pequenos corpos graníticos indiferenciados na área IX sejam a fonte de calor e fluidos responsáveis por gerar metamorfismo de alta temperatura em baixa a média pressão.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha carbonática	Anfibolito	Grt-Di-gnaisse

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-64A **Unidade:** Serra do Tatu **Coordenadas:** 22 S 435676 E 8177906 N

Descrição macroscópica

Rocha de coloração cinza com domínios rosados, assemelhando-se aos riolitos com esferulitos. Apresenta-se fortemente foliada, com ocasionais porfiroclastos de feldspato.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	47%	Opacos	3%	Clorita	4%
Plagioclásio	40%			Sericita	5%
Biotita	1%				

Descrição Microscópica — Orientada [X]

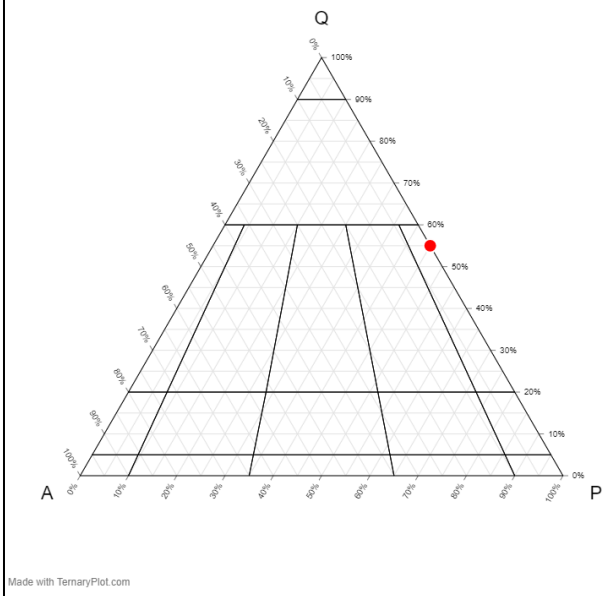
Em lâmina, é possível observar domínio predominante de textura granoblástica, com domínios lepidoblásticos subordinados, marcados pela orientação de minerais micáceos.

Ademais, a amostra apresenta-se intensamente foliada, de modo que se desenvolveu uma foliação S-C evidente.

Além disso, vale ressaltar a presença de *grain boundary migration* em cristais de quartzo, típica de deformação em alta temperatura.

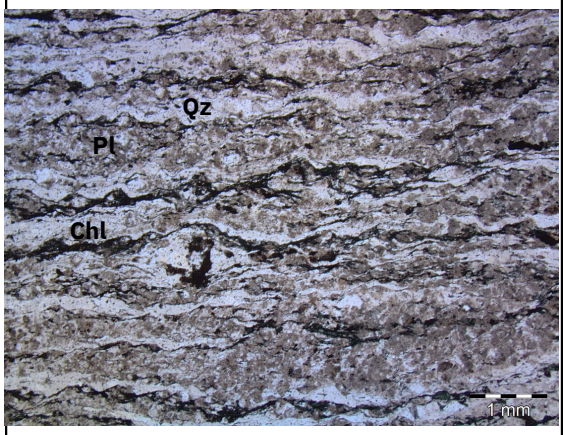
Por fim, a amostra encontra-se alterada, gerando minerais secundários, como sericita e clorita. A presença de sericita sob plagioclásio faz com que este apresente extinção mosqueada e cor bege claro. Isto colabora com a discriminação entre plagioclásio e cristais de quartzo, visando determinação modal.

Diagrama Composicional

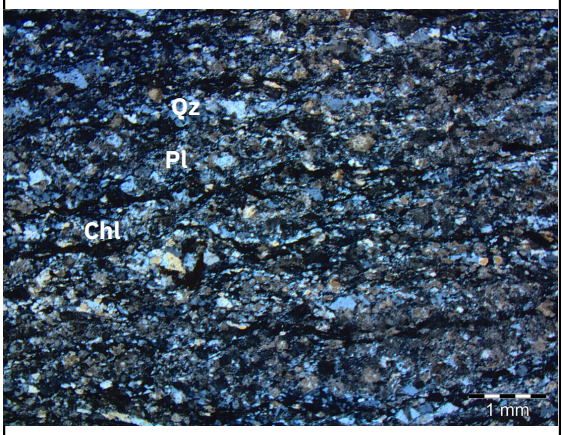


Classificação da Rocha: Tonalito milonitizado

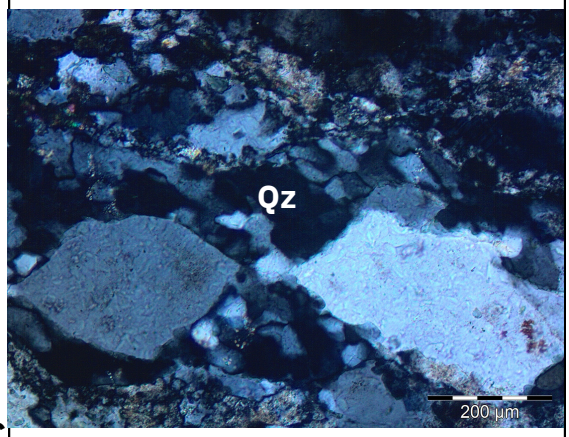
Micrografias



A



B



C

Legenda Micrografias

Qz - Quartzo; Pl- Plagioclásio; Chl - Clorita

Fotomicrografias (A e B) evidenciando foliação S-C, com cristais orientados de clorita, marcado domínios de textura lepidoblástica subordinados. Em C, grãos recristalizados de quartzo, com contatos lobados a serrilhados, evidenciando deformação em alta temperatura.

Interpretações

A rocha se apresenta intensamente milonitizada, com a presença de foliação S-C bem desenvolvida (fotomicrografias A e B). A foliação é ressaltada pela orientação de cristais de biotita, já alterados para clorita, que geram domínios lepidoblásticos subordinados. De modo geral, a lâmina revela textura granoblástica predominante, com cristais de quartzo altamente recristalizados (micrografia C). Esses cristais apresentam contatos lobados a serrilhados e evidenciam feições de *grain boundary migration*, típicas de deformação em alta temperatura.

A localização geográfica, associada à classificação da litologia e feições deformacionais observadas, sugerem que esta amostra se trata da borda do plúton Serra do Tatu. Isto ocorre em função da composição mais primitiva em relação à intrusão granítica, cristalizando-se mais rapidamente, juntamente com a foliação desenvolvida, concomitante ao *emplacement* do plúton.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

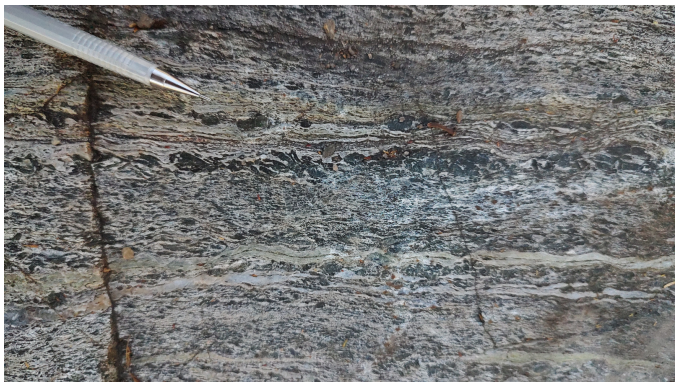
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-115B **Unidade:** Córrego da Onça **Coordenadas:** 22 S 438016 E 8173649 N

Descrição macroscópica:

Rocha apresenta coloração cinza clara, com forte foliação de granulação variável entre domínios finos a grossos. Composta por cristais brechados de hornblenda e plagioclásio, orientados segundo à foliação.
Além disso, apresenta tonalidade esverdeada clara, atribuída à alteração de hornblenda e plagioclásio para clorita e epidoto, respectivamente.

Foto Macroscópica



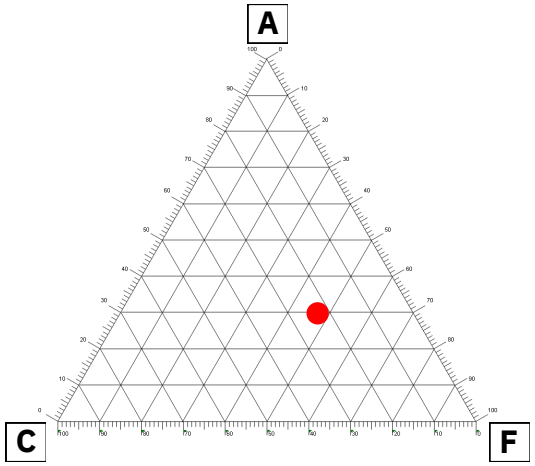
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	40%			Epidoto	25%
Plagioclásio	20%			Clorita	12%
				Calcita	3%

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Amostra apresenta foliação difusa, com domínios de granulação contrastantes.
De modo geral, a primeira associação mineral apresenta granulação média a grossa, ao passo que a segunda associação apresenta granulação fina a média. Além disso, é possível observar na primeira associação, textura nematoblástica difusa a diablástica. Na segunda associação, é possível observar orientação de cristais granulares de epidoto.
Ademais, os cristais se encontram intensamente alterados, evidenciados por hornblenda alterado para clorita e plagioclásio saussuritizado.
Por fim, é possível observar veios de calcita recortando a paragênese primária.

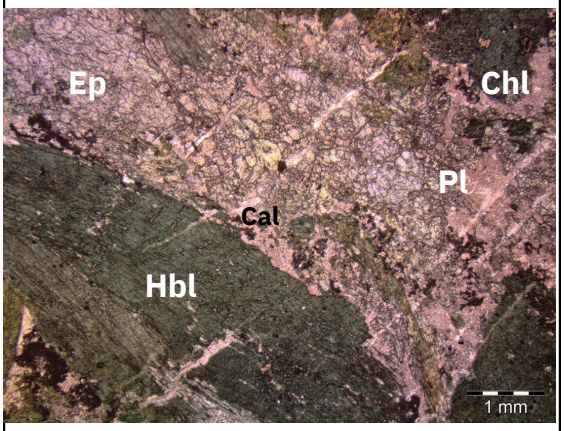
Diagrama Composicional



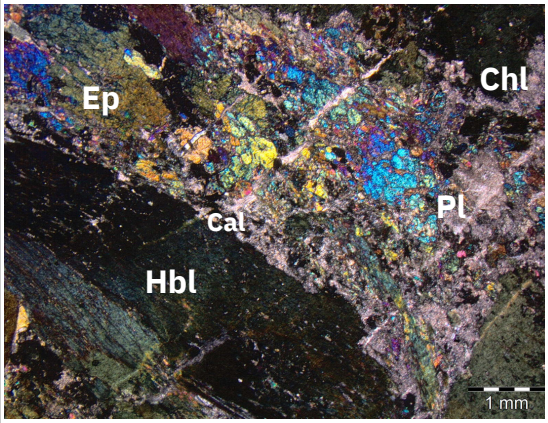
Paragênese: Hbl + Plg (1) Ep + Chl + Cal (2)

Textura: Nematoblástica a diablástica

Micrografias



A



B

Legenda Micrografias

Hbl - Hornblenda; Pl - Plagioclásio; Ep - Epidoto; Chl - Clorita; Cal - Calcita;

Nas figuras acima, observa-se aspecto geral da lâmina (em A, PPL; em B, XPL). São visíveis cristais grossos a muito grossos de Hbl verde, alterados para Chl e parcialmente brechados. Além disso, observa-se presença marcante de Ep, marcando alteração de Pl. Por fim, registra-se episódio rúptil atuante sob a rocha, evidenciado pela presença de veio de Cal.

Interpretação e Discussão

A rocha pode ser interpretada como uma rocha de composição básica, metamorfisada sob pico em fácies anfibolito, tendo em vista sua paragênese típica de hornblenda verde e plagioclásio. A foliação com variação de granulação e a grande presença de epidoto orientado foi associada a possível evento hidrotermal cálcico. Outro fator que sustenta tal hipótese é presença de veios de calcita ao longo dos cristais da associação mineral primária, os quais estão relacionados a um evento rúptil posterior ao pico metamórfico. Ademais, é possível verificar existência de evento retrometamórfico em fácies xisto verde, marcado principalmente pela presença de clorita.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha básica	Anfibolito	Anfibolito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-127A **Unidade:** Serra do Tatu **Coordenadas:** 22 S 438016 E 8173649 N

Descrição macroscópica

Rocha de coloração cinza claro esverdeado; textura afanítica com raros fenocristais esverdeados e de piroxênio. Além disso, apresenta fraco magnetismo relacionado à presença esparsa de magnetita ou pirrotita.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Olivina	15%			Clorita	2%
Augita	10%			Argilominerais	3%
Nefelina	35%			Cancrinita	3%
Plagioclásio	32%				

Descrição Microscópica — Orientada [X]

A rocha apresenta textura porfirítica com pequenos fenocristais de olivina, augita (ocasionalmente zonada) e nefelina. Esta última tem granulação mais fina em relação aos minerais máficos.

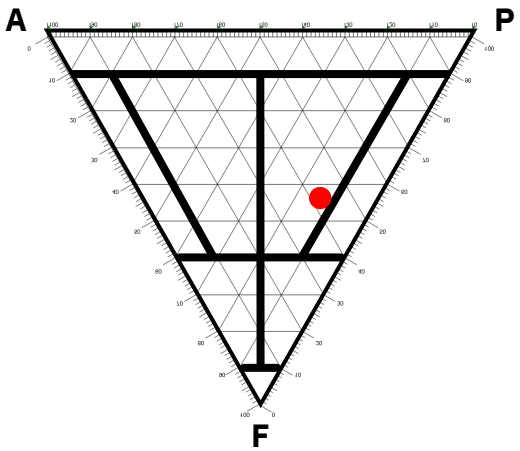
É possível observar pouco vidro, de modo que a matriz é inequigranular seriada, com cristais de plagioclásio com rabo de andorinha.

Encontra-se alterada, gerando olivina fracamente serpentinizada, augita cloritizada, nefelina cancrinitizada e plagioclásio argilizado.

Além disso, é possível observar um xenocristal de quartzo, com textura coronítica, composta por augita e plagioclásio fino.

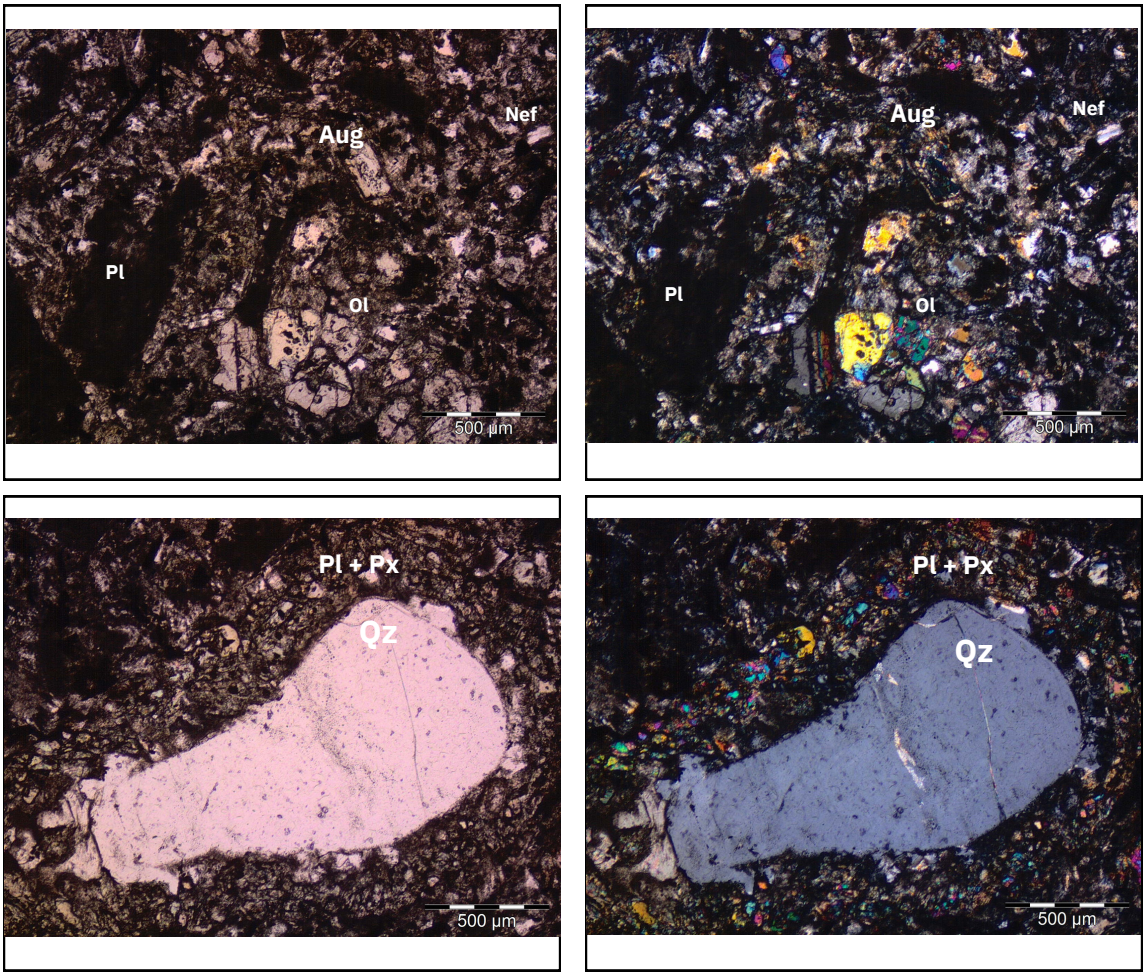
Finalmente, é possível observar também amígdalas de calcita subordinadas.

Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Basanito fonolítico

Micrografias



Legenda Micrografias

Ol - Olivina; Aug - Augita; Pl - Plagioclásio; Nef - Nefelina; Qz - Quartzo; Px - Piroxênio

Em A (PPL) e B (XPL),é possível observar aspecto geral da lâmina, com forte presença de argilominerais, fruto de alteração de Pl. Além disso, observa-se raros fenocristaís de Ol e Aug. Em C (PPL) e D (XPL), é observa-se presença de xenocristal de Qz engolfado, exibindo textura coronítica. A presença desta feição de reação, juntamente com a presença de Nef, atesta ao caráter alcalino da rocha.

Interpretações

A amostra consiste em um dos diques alcalinos do Cretáceo, que integram a PAGO. Aflora ao longo de uma estreita faixa no topo da Serra do Tatu, sendo caracterizado como uma rocha subvulcânica, em razão da esparsa presença de vidro em lâmina.

A presença de nefelina, junto com xenocristal de Qz, exibindo textura coronítica, corroboram o caráter alcalino da amostra.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-VIII-128A **Unidade:** Serra do Tatu **Coordenadas:** 22 S 437579 E 8176390 N

Descrição macroscópica

Rocha de coloração cinza claro a avermelhado, com composição granítica, apresentando foliação S-C intensamente desenvolvida. Granulação grossa a muito grossa, com domínios médios, marcados pelo predomínio de biotita.
É possível observar porfiroclastos de feldspato rotacionados e fraturados.

Foto Macroscópica



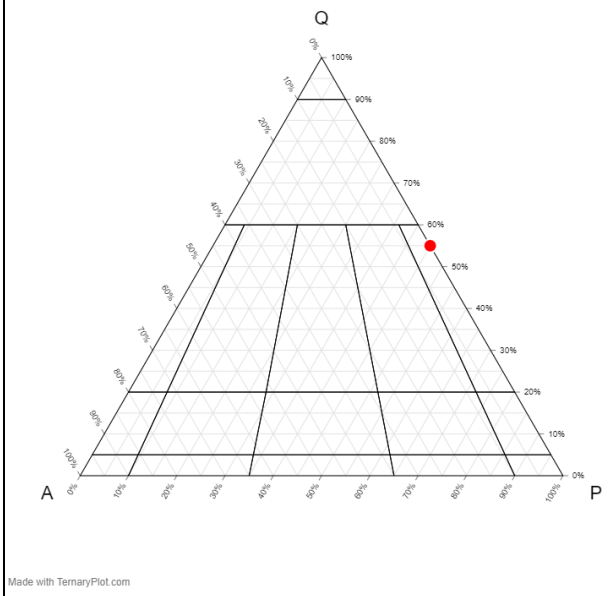
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	40%	Calcita	>1%	Clorita	2%
Plagioclásio	35%	Pirita	>1%	Sericita	8%
Hornblenda	15%				

Descrição Microscópica — Orientada [X]

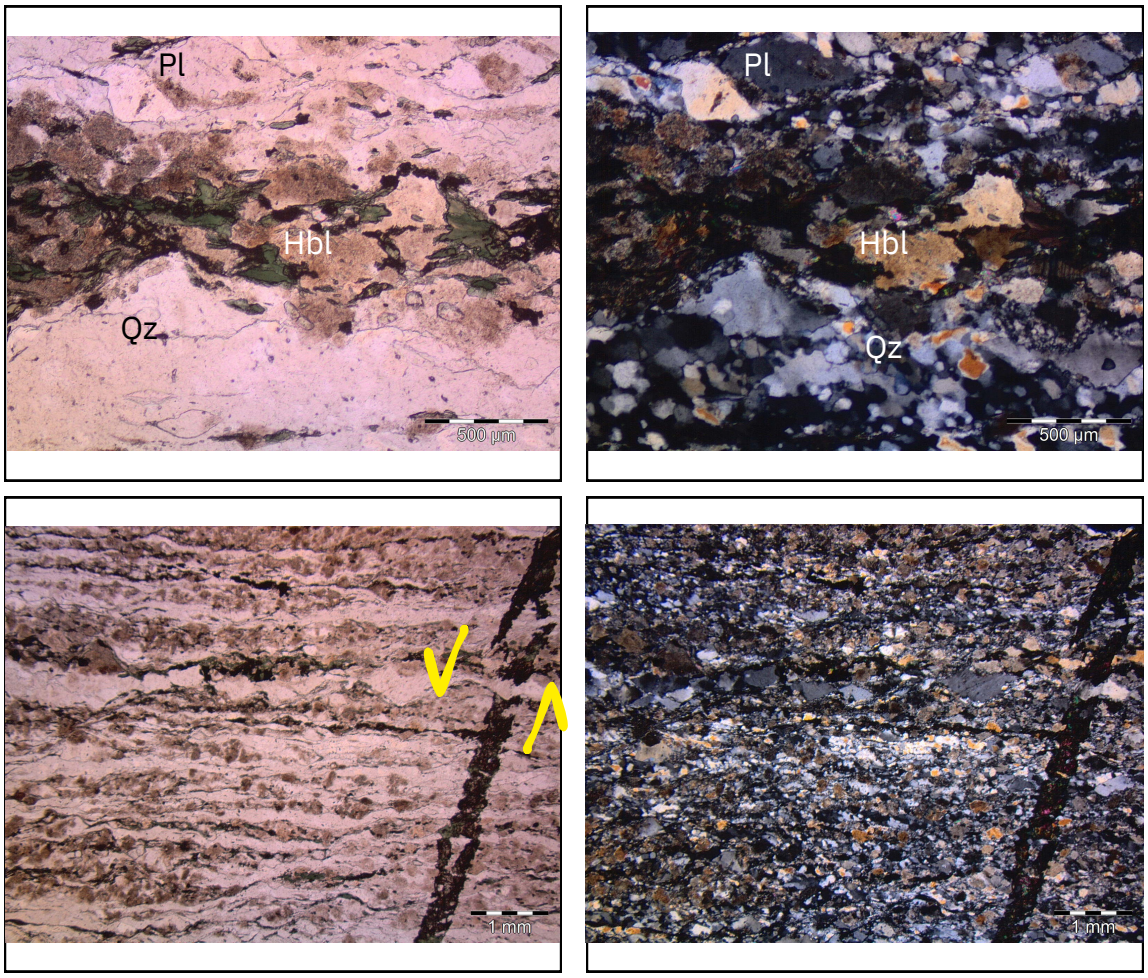
A amostra apresenta textura granoblástica predominante, com domínios nematoblásticos subordinados, marcados pela orientação de hornblenda prismática.
É possível observar foliação S-C bem desenvolvida, associado a granulação média a grossa. Além disso, é marcante a presença de segregação em bandas submilimétricas, com a alternância de porções ricas em quartzo e porfiroclastos sinistrais de plagioclásio, juntamente com porções ricas em plagioclásio sericitizado e pseudomorfos de hornblenda, alteradas para clorita (figuras A e B).
Por fim, observa-se veio falhado de pseudomorfos de hornblenda, alterados para clorita. Infere-se, pela micrografia (C e D) presença de cinemática sinistral.

Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Tonalito milonitizado

Micrografias



Legenda Micrografias

Qz - Quartzo; Pl - Plagioclásio; Hbl - Hornblenda; Chl - Clorita

Em A (PPL) e B (XPL), observa-se foliação milonítica, representado por bandamento milimétrico, marcado por segregação entre Qz e Pl com Hbl, Chl e ocasionais cristais de biotita. Porfiroblasto de Pl rotulado evidencia cinemática sinistral. Em C e D, observa-se aspecto geral da lâmina com foliação S-C bem desenvolvida, juntamente com veio oblíquo a foliação de Hbl alterada à Chl. Tal veio se apresenta falhado, com cinemática sinistral aparente.

Interpretações

A rocha, muito semelhante à amostra TF23-VIII-64A, se apresenta intensamente deformada, com foliação S-C pronunciada. O desenvolvimento desta trama, juntamente com sua localização em relação ao Granito Serra do Tatu (zona de falha) e sua composição mineralógica mais primitiva em respeito ao restante da intrusão são indicativos de que esta se trata de uma porção de borda do corpo granítico intrusivo. Os fatores anteriormente expostos representam evidências de que esta rocha teria se resfriado em mais alta temperatura que o Granito, sendo posteriormente cisalhado. Desta maneira, entende-se que a geração da foliação milonítica, representa deformação de natureza rúptil-dúctil, associada à falha do Granito Serra do Tatu.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: ARE 28A **Unidade:** Diques alcalinos **Coordenadas:** 22 S 431622 E 8178195 N

Descrição macroscópica

Rocha de textura coloração cinza escuro, com textura porfirítica. Apresenta fenocristais, aproximadamente 1cm de comprimento, de olivina e piroxênio imersos em matriz afanítica, fortemente magnética.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

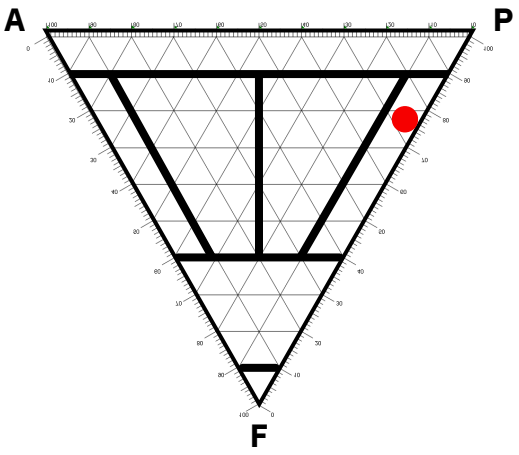
Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Olivina	15%	Magnetita	10%		
Augita	20%	Pigeonita	15%		
Plagioclásio	25%				
Nefelina	10%				

Descrição Microscópica

Orientada ☐

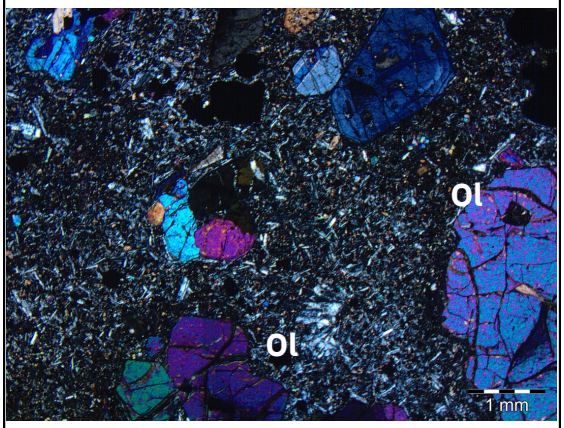
Amostra apesenta textura porfirítica, com vidro vulcânico quase ausente e megafenocristais de olivina e augita.
A matriz é inequigranular seriada, composta por plagioclásio, nefelina, pigeonita e magnetita.
É possível observar domínios de textura poiquilítica, com cristais de olivina inclusos em augita, bem como domínios glomeroporfiríticos de olivina + augita granular, com granulação média a fina.
Por fim, vale comentar a presença de nefelina cálcica, verificada através do caráter uniaxial positivo

Diagrama Composicional

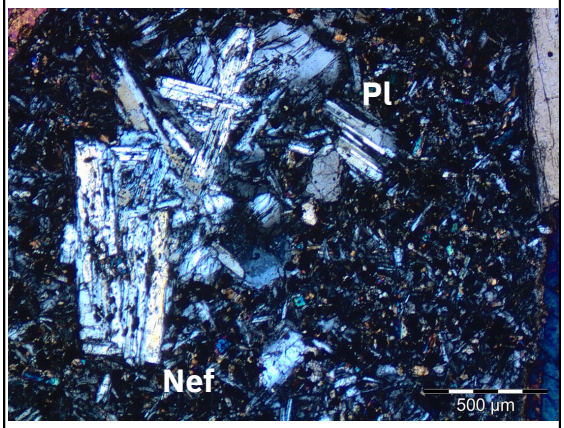


Classificação da Rocha: Basanito

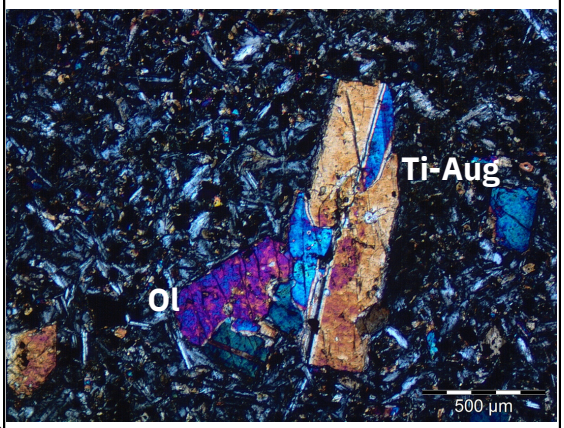
Micrografias



A



B



C

Legenda Micrografias

Todas as figuras estão em XPL. Em A, aspecto geral da lâmina, mostrando fenocristais de Ol, imersos em matriz fina de PL e Nef. Em B, glomeropórfiro de Nef e Pl. Em C, fenocristal de Ti-Aug geminado com Ol.

Interpretações

A amostra consiste em um dique subvulcânico alcalino, com evidenciado pela presença conspícua de vidro vulcânico e a presença massiva de cristais.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: ARE 29A **Unidade:** Diques alcalinos **Coordenadas:** 22 S 434472 E 8177670 N

Descrição macroscópica

Rocha de textura coloração cinza escuro, com textura porfirítica. Apresenta fenocristais de olivina e piroxênio imersos em matriz afanítica, fortemente magnética.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Olivina	25%				
Nefelina	25%				
Flogopita	5%				
Ti-Augita	30%				
Plagioclásio	10%				
Enstatita	5%				

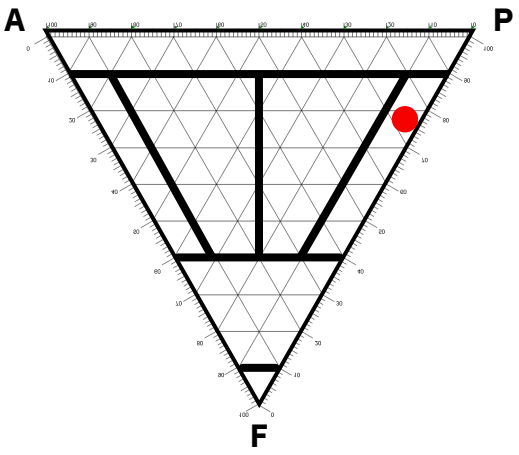
Descrição Microscópica

Orientada ☐

A amostra apresenta textura porfirítica, de granulação média a grossa. Apresenta fenocristais grossos de olivina, nefelina, titano-augita, juntamente com fenocristais médios de flogopita e enstatita.

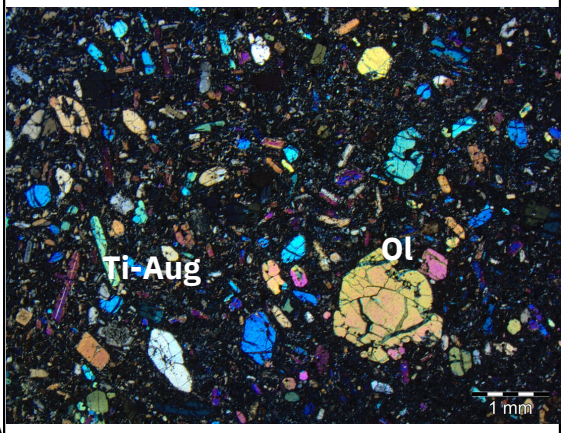
A matriz é composta por cristais finos de plagioclásio, com hábito prismático e feições de resfriamento rápido, como “rabo de andorinha”.

Diagrama Composicional

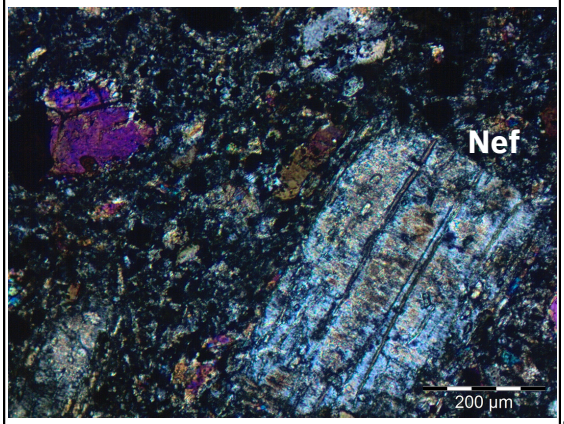


Classificação da Rocha: Basanito

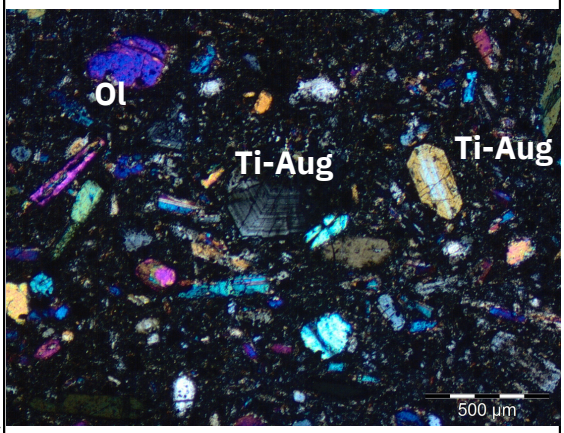
Micrografias



A



B



C

Legenda Micrografias

Ol - Olivina; Ti-Aug - Titanoaugita; Nef - Nefelina; Pl - Plagioclásio

Todas as figuras estão em XPL. Em A, aspecto geral da lâmina, mostrando fenocristais de Ol e Ti-Aug em matriz subvulcânica. Em B, fenocristal de Nef alterado. Em C, fenocristal de Ti-Aug zonado no centro da fotomicrografia.

Interpretações

A amostra consiste em um dique subvulcânico, conforme a presença esparsa de vidro vulcânico atesta. Além disso, possivelmente representa uma fase mais hidratada do magma alcalino da região, tendo em vista a presença de flogopita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: ARE 29B **Unidade:** Diques alcalinos **Coordenadas:** 22 S 434472 E 8177670 N

Descrição macroscópica

Rocha de textura coloração cinza escuro, com textura porfirítica. Apresenta fenocristais de olivina e piroxênio imersos em matriz afanítica, fortemente magnética.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Olivina	20%	Magnetita	5%	Clorita	2%
Augita	23%	Aegirina-augita	>1%	Calcita	2%
Nefelina	30%			Natrolita	3%
Flogopita	15%				
Plagioclásio	5%				

Descrição Microscópica

Orientada ☐

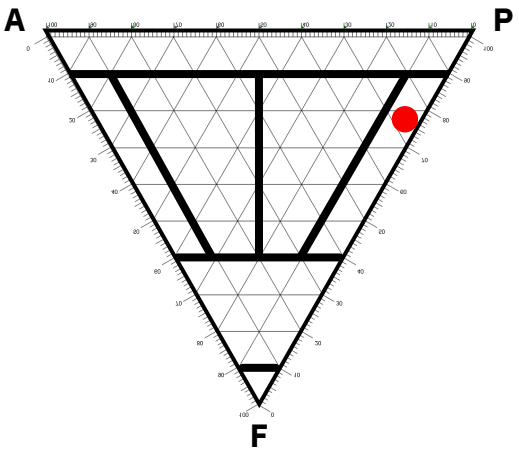
A amostra apresenta textura granular, com domínios porfiríticos e poiquilíticos subordinados. Os domínios porfiríticos são bimodais a seriados e marcados pela presença de olivina e augita, ao passo que nos domínios poiquilíticos são compostos por nefelina com inclusões de olivina e augita.

Os fenocristais de nefelina estão alterados para calcita, ao longo de “manchas” e natrolita, tendo em vista o aspecto fibroso desenvolvido sob os cristais prismáticos.

Os cristais de augita também se encontram alterados para clorita, o que os confere aspecto esverdeado.

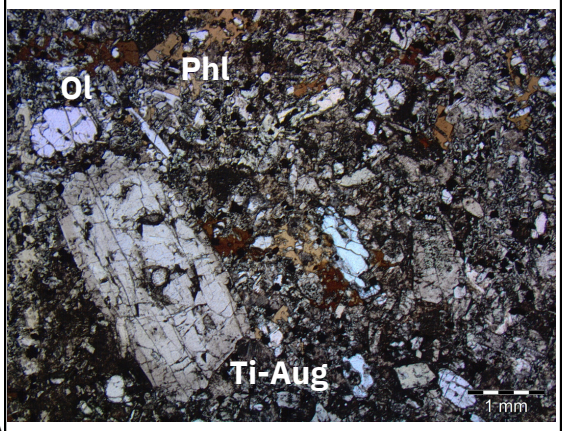
Por fim, é possível ocasionais cristais ripiformes de aegirina-augita distribuídos na matriz. Apresentam cor verde claro, pleocroismo fraco e cores de interferência de 2ª a 3ª ordem.

Diagrama Composicional

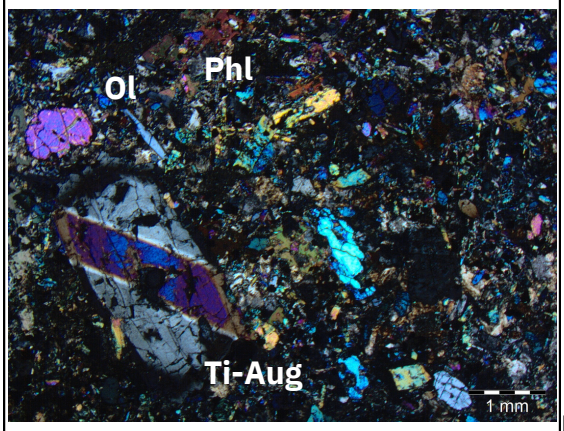


Classificação da Rocha: Basanito

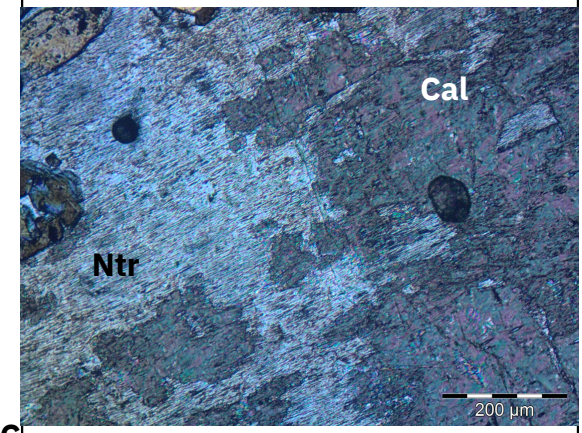
Micrografias



A



B



C

Legenda Micrografias

Ol - Olivina; Ti-Aug - Titanoaugita; Nef - Nefelina; Phl - Flogopita; Cal - Calcita; Ntr - Natrolita

Em A (PPL), aspecto geral da lâmina, evidenciando fenocristais de Ol, Ti-Aug e Phl. Em B (XPL), mesma seção de A. Em C (XPL), detalhe de fenocristal de Nef, alterado para Cal e Ntr.

Interpretações

A rocha consiste em um dique subvulcânico alcalino, representando uma fase mais hidratada, em função da presença de flogopita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: ARE 30 **Unidade:** Diques alcalinos **Coordenadas:** 22 S 438016 E 8173649 N

Descrição macroscópica

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

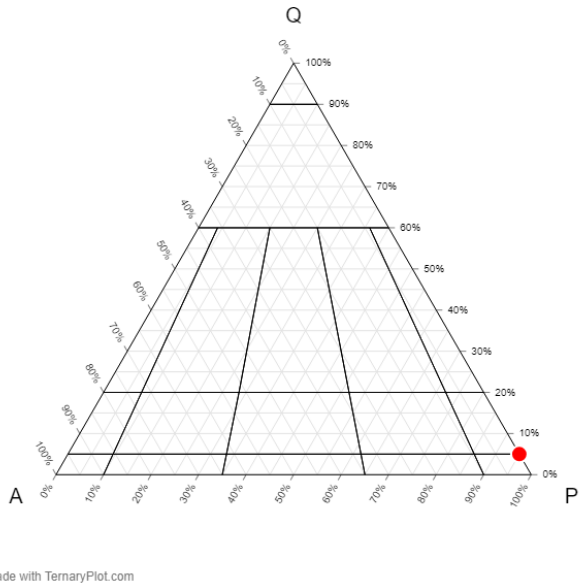
Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Biotita	%				
Plagioclásio					
Diopsídio					
Hornblenda marrom					

Descrição Microscópica

Orientada ☐

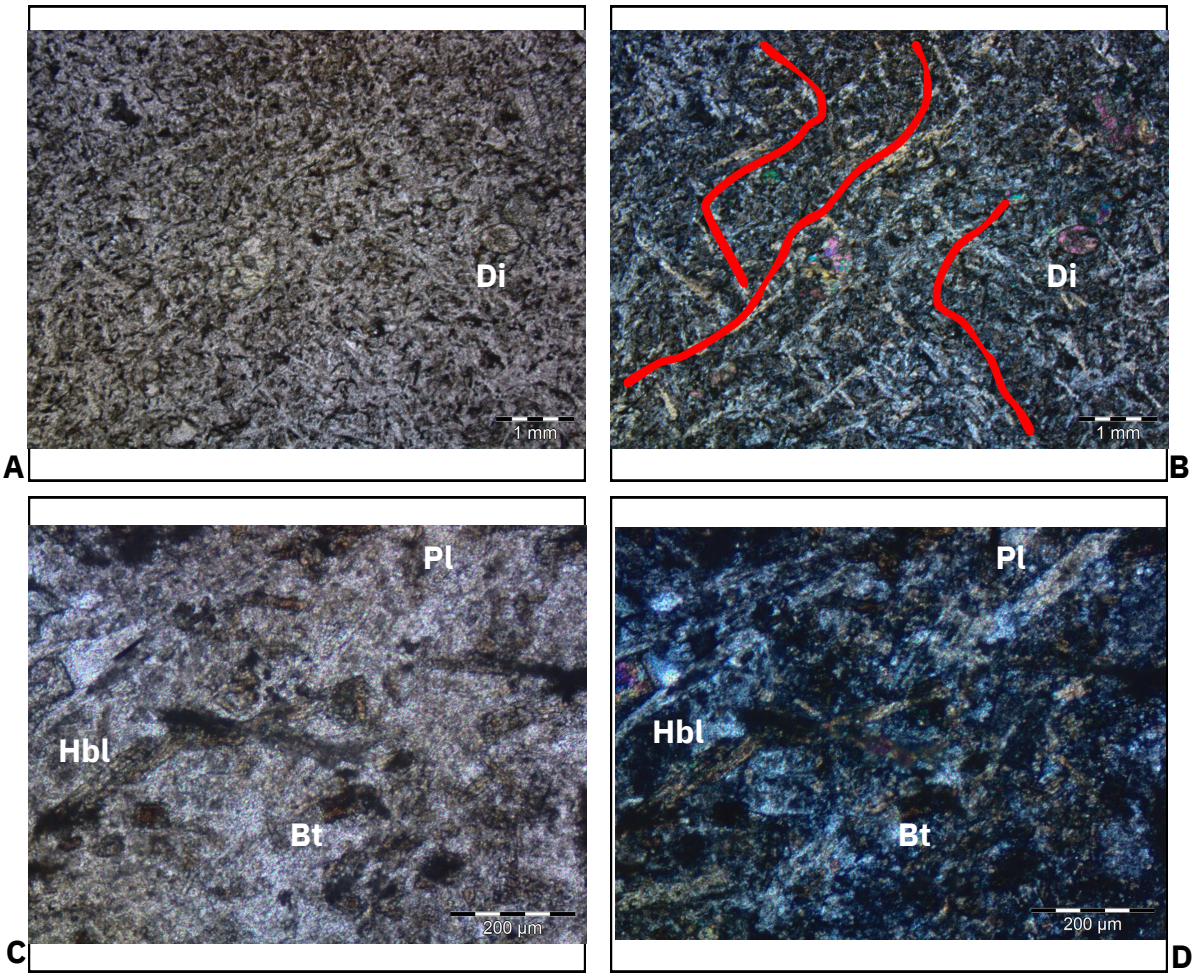
A amostra apresenta textura traquítica difusa, com raros fenocristais médios de Di.
A granulação é fina, com cristais intensamente alterados. Cristais de plagioclásio estão argilizados, o que os confere um aspecto escuro em lâmina.

Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Andesito

Micrografias



Legenda Micrografias

Bt - Biotita; Di - Diopsídio; Pl - Plagioclásio; Hbl - Hornblenda marrom

Em A (PPL) e B (XPL), aspecto geral da lâmina, mostrando textura traquítica difusa, destacada em vermelho. Em C (PPL) e D (XPL), detalhe da matriz, mostrando cristais subédricos prismáticos de Hbl e Bt.

Interpretações

Dada a localização da amostra e seu caráter indeformado, associa-se esta rocha ao equivalente subvulcânico dos granitos indiferenciados que se encontram ao longo das áreas VIII e IX.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: ARE 31B **Unidade:** Diques alcalinos **Coordenadas:** 22 S 437816 E 8177920 N

Descrição macroscópica

Rocha de textura coloração cinza escuro, com textura porfirítica. Apresenta fenocristais, aproximadamente 1cm de comprimento, de olivina e piroxênio imersos em matriz afanítica, fortemente magnética.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

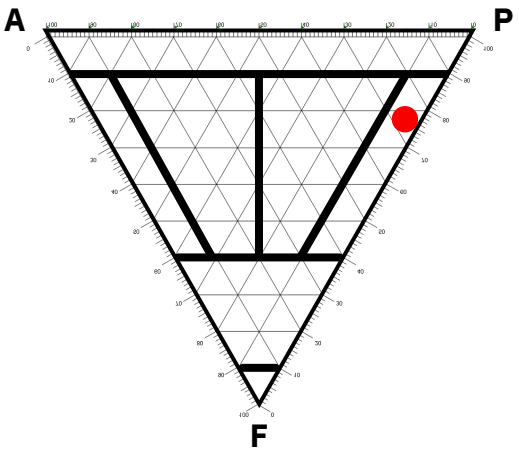
Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Olivina	20%			Serpentina	>1%
Augita	25%			Calcita	>1%
Nefelina	30%			Cancrinita	>1%
Diopsídio	25%			Zeólitas	>1%

Descrição Microscópica

Orientada ☐

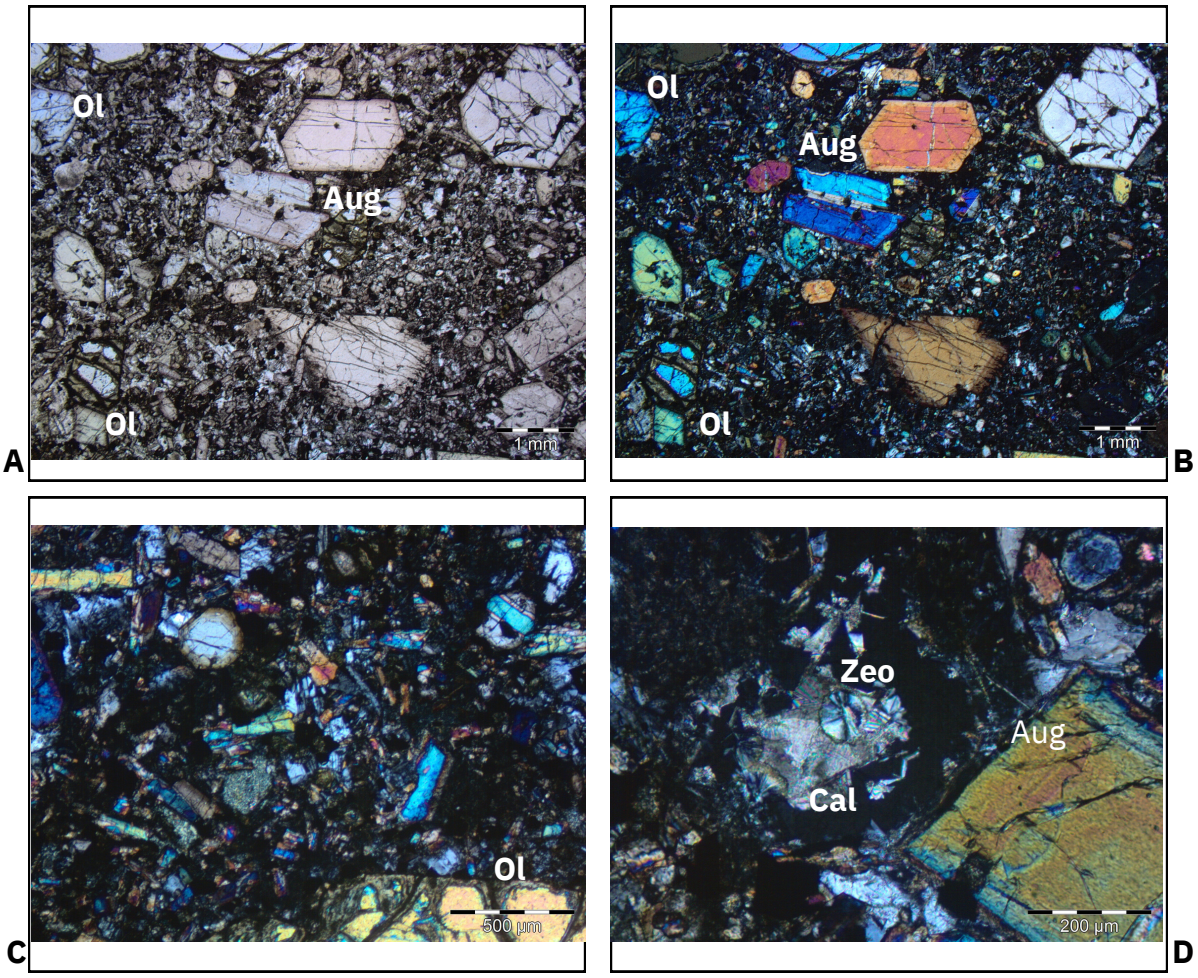
Rocha subvulcânica de textura porfirítica, com fenocristais de olivina, augita e nefelina subordindada, imersos em matriz fina a vítrea, rica em plagioclásio. Os minerais máficos são de granulação muito grossa, ao passo que as ripas de nefelina são médias. Além disso, observa-se paragênese secundária de calcita, cancrinita e serpentina, associada a zeólitas em amígdalas.

Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Basanito

Micrografias



Legenda Micrografias

Ol - Olivina; Aug - Augita; Cal - Calcita; Zeo - Zeólitas
Em A (PPL) e B (XPL), seção mostrando aspecto geral da lâmina, evidenciando fenocristais de Ol e Aug. Em C (XPL), mostrando detalhe de matriz afanítica com cristais finos de Pl e Di. Em D (XPL), detalhe de amígdala, preenchida por Cal e Zeo.

Interpretações

A amostra consiste em um dique subvulcânico alcalino, com evidenciado pela presença conspícua de vidro vulcânico e a presença massiva de cristais. A presença de amígdalas sugere preenchimento posterior de vesículas.

Ponto	Data	UTM_X	UTM_Y	Elevação (m)	Tipo de afloramento	Toponímia	Unidade	Sigla Unidade	Litotipo	Descrição	Sn_dir_merg	Sn_merg	Ln_dir_merg	Ln_merg	Fratura dir_merg	Fratura merg
1	17/07/2023	427762	8175440	506.3	Bloco rolado	Afloramento em pasto com relevo suave ondulado ao lado de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Bt xisto	Textura lepidoblástica, coloração cinza, granulação média a grossa e discreta foliação, alteração leve e matriz avermelhada						
2	17/07/2023	427801	8175480	510	Blocos rolados	Afloramento em morro pequeno com vegetação esparça composta de árvores de pequeno porte	Córrego do Santo Antônio	CSA	Meta-hornblendito	Textura diablástica com granulação grossa a muito grossa, foliação conspícua (?), domínios mais melanocráticos (mais cpx),						
3	17/07/2023	427854	8175445	502	Blocos rolados	Afloramento em pasto com relevo suave ondulado ao lado de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Granulação média grossa, cortado por veios de plg e alterados para epidoto						
PC1	17/07/2023	428289	8175317	493	Blocos rolados	Pasto com relevo ondulado	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Blocos de gabro						
4	17/07/2023	428389	8175350	493	Blocos rolados	Subida suave de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Meta-hornblendito	Textura diablástica com granulação grossa a muito grossa, foliação conspícua (?), domínios mais melanocráticos (mais cpx),						
5	17/07/2023	428537	8175184	467	Blocos rolados	Pasto perto de drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Granulação média, texturas de mingling, mais melanocrático que o gabro do ponto 3						
PC2	17/07/2023	428693	8175319	470	Blocos in situ	Topo de morro suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Gabro melanocrático com veios leucocráticos					315	70
PC3	17/07/2023	428768	8175471	482	Blocos rolados	Subida suave de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Honblendito/gabro	contato entre o hornblendito e o gabro						
6	17/07/2023	428811	8175414	471	Blocos rolados	Pasto	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Fino, intensamente foliado, (hbl+plg)						
PC4	17/07/2023	429199	8175566	473	Blocos rolados	Pasto	Córrego do Santo Antônio	CSA	Honblendito/gabro	contato entre o hornblendito e o gabro						
PC5	17/07/2023	429414	8176146	458	Blocos rolados	Subida suave de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Gabro com porções silicificadas, gerando foliações, algumas com perções leucocráticas, presença subordinada de veios de quartzo em blocos rolados						
7	17/07/2023	429737	8176194	439	Blocos rolados	Afloramento em leito de rio	Córrego do Santo Antônio	CSA	Basanito porfirítico	Titanoaugita, diopsídio e leucita, melanocrática e vesiculado						
8	17/07/2023	430128	8176279	461	Blocos rolados	Afloramento em topo de morros suaves em trend N40E	Córrego do Santo Antônio	CSA	Basanito porfirítico	Dique de basanito porfirítico						
9	17/07/2023	430420	8176393	473	Blocos rolados	Blocos rolados em pasto	Córrego do Santo Antônio	CSA	Honblendito	Hornblendito grosso com textura poiquilítica						
10	17/07/2023	431125	8176373		Blocos rolados	Blocos rolados e alinhados em trendo N-S	Córrego do Santo Antônio	CSA	Rocha ultramáfica	Rocha ultramáfica com Ol (5%), Cpx (35%), Hbl (60%)						
PC6	17/07/2023	431124	8176156	470	Blocos in situ	Blocos em beira de estrada	Córrego do Santo Antônio	CSA	Rocha ultramáfica						315	34
11	17/07/2023	432088	8176580	442	Blocos in situ e rolados	Blocos junto com acúmulo de árvores de pequeno porte	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gabro	Hbl Gabro de granulação média e várias fraturas em direções diversas, sem folição aparente						
12	18/07/2023	422182	8176343		Bloco rolado	Blocos rolados em estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gondito intercalado com gabros finos	Gondito se apresentava como uma rocha densa, maciça de coloração muito escura devido ao óxido de manganês. O gabro tinha granulometria fina, composto de hornblenda e plagioclásio	50	80				
13	18/07/2023	422503	8176362	470	bloco rolado	Blocos rolados em morro suave perto de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito e gabro	visto um bloco com Hornblendito e gabro fino em contato						
14	18/07/2023	422762	8173271	463	Bloco rolado	Blocos rolados ao lad de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito grosso, foliado. Perto desse ponto há ocorrência de tremolita clorita xisto						
PC7	18/07/2023	423005	8176188	466	Bloco rolado		Córrego do Santo Antônio	CSA	Quartzo	Quartzo de falha que aparentemente sustenta um morro com estruturação N-S						
PC8	18/07/2023	423712	8176316	449			Córrego do Santo Antônio	CSA		Controle em plantação						
15	18/07/2023	424326	8176268	479	Blocos in situ e rolados	Afloramento em pequeno morro com vegetação esparça de morros de pequeno porte	Córrego do Santo Antônio	CSA	Meta-chert	Chert em blocos fraturados, possuía aspecto de quartzo com granulação grossa, sendo um meta-chert que passou por processos de recristalização	250	60				
16	18/07/2023	424529	8176260	499	Bloco rolado	Afloramento em subida de morro com pouca vegetação	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Intercalação de rocha máfica e ultramáfica, o hornblendito prevalecia, em morro estruturado NW-SE						

PC9	18/07/2023	424763	8176073	504	Bloco rolado	Afloramento ao lado de morro suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Ocorrência de rocha ultramáfica em morro estruturado NW-SE							
17	18/07/2023	425067	8175910	486	Lajedo	Beira de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Metatufo	Granulação fina, pseudo porfiroblastos de vesículas, preenchidas por argila e muita Ms e Ser							
18	18/07/2023	425200	8175672	492	Bloco in situ	Beira de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Granulação fina, coloração cinza claro e foliação discreta							
PC10	18/07/2023	426013	8174331	525	Bloco rolado	Beira de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Tlc-Serpentinito	Intesamente alterado, coloração amarela e granulação fina							
19	18/07/2023	426116	8174303	537	Bloco in situ	Vegetação de médio porte, morros suaves	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Granulação fina, textura diablástica e coloração verde claro							
20	18/07/2023	426257	8174121	536	Bloco rolado	Vegetação de médio porte, morros suaves	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Granulação fina, textura diablástica e coloração verde claro							
21	18/07/2023	426371	8173840	531	Bloco rolado e perfil intempérico	Beira de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Tremolitito	Granulação fina a média, coloração verde escuro e foliação difusa a ausente	275	60					
22	18/07/2023	426600	8173811	537	Bloco rolado	Morros suaves com vegetação de médio porte	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Serpentinito fino, com textura cumulática grossa primária preservada e coloração verda claro							
PC11	18/07/2023	426884	8173760	536	Bloco rolado	Beira de plantação, ao longo de cerca	Córrego do Santo Antônio	CSA	Tlc-Serpentinito	blocos pequenos com granulação fina							
PC12	18/07/2023	426911	8173628	532	Bloco rolado	Beira de plantação, ao longo de cerca	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Serpentinito fino, com textura cumulática grossa primária preservada e coloração verda claro							
23	18/07/2023	427036	8173580	538	Bloco rolado	Beira de plantação, ao longo de cerca	Córrego do Santo Antônio	CSA	Tlc-xisto	Granulação fina, textura diablástica e coloração branca							
PC13	19/07/2023	421746	8176470	461	Bloco in situ e rolado	Afloramento em morro com mata nativa, relevo suave ondulado	Córrego do Santo Antônio	CSA	Laterita	Vários blocos rolados e in situ de laterita, sem resquícios de rocha sã. Na estrada foi possível ver veios de quatzo, xistos eocorrência pontual de gondito.							
24	19/07/2023	421745	8176568	463	Bloco rolado	Blocos rolados em estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino/médio bastante foliado. Ao longo da estrada foi visto um veio de quartzo insitu com espessura métrica e atitude 280/50 com lineação de forma com atitude 005/02							
PC14	19/07/2023	421431	8176512	441	Bloco rolado	Bloco rolado em estrad de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Laterita	Blocos de laterita, sem rocha sã por perto.							
25	19/07/2023	421138	8176322	435	Blocos in situ e rolados	Afloramento em terreno descampado com relevo suave ondulado ao lado da estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Serpentinito e Xisto	Serpentinito alterado e xisto avermelhaado, amboes in situ, o xisto era muito foliado, presença marcante da muscovita definindo a foliação. Continha veios de quartzo e blocos rolados de hornblendito e anfibolito.	60	40	45	50			
PC15	19/07/2023	421058	8176308	439	Afloramento in situ	Afloramento em estrada de terra, porção aflorante	Ribeirão Água Limpa	RAL	Xisto	Xisto avermelhado com muita muscovita, direção N-S e mergulho alto	73	80					
PC16	19/07/2023	420935	8176230	445	Blocos rolados	Afloramento de blocos rolados em estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Hornblendito	Ocorrência de rocha ultramáfica comgranulação fina em contato com o xisto							
PC17	19/07/2023	420778	8176031	449	Afloramento in situ	Variação de solo em estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Xisto e ultramáfica	Contato entre o xisto e a rocha ultramáfica							
26	19/07/2023	420819	8176976	455	Blocos rolados	Estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Tr chl xisto	Tremolita clorita xisto com granulação fina, foliação bem marcada, coloração verde. O relevo pode ser sustentado por essa litologia							
PC18	19/07/2023	420818	8176809	455	Blocos rolados	Blocos rolados em morro	Ribeirão Água Limpa	RAL	Anfibolito	Anfibolito grosso com foliação bem marcada. Seguindo alguns metros em direção ao sopé do morro é possível ver novamente o xisto aflorando							
27	19/07/2023	420867	8175757	449	Blocos rolados	Blocos rolados em descida de morro	Ribeirão Água Limpa	RAL	Anfobolito	Anfibolito grosso com foliação bem marcada, quase bandamento composicional.							
28	19/07/2023	420706	8175350	452	Blocos in situ	Pasto em topo de morro	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito	Granulação grossa, 2 micas anastomosadas com Zrc associado	70	50					
PC19	19/07/2023	420581	8175551	438	Bloco in situ e rolado	Pasto com relevo ondulado	Ribeirão Água Limpa	RAL	Xisto metassedimentar	Granulação média, de Ms e Qz, com coloração avermelhada							
PC20	19/07/2023	420468	8175929	434	Bloco in situ	Pasto com relevo pouco ondulado	Ribeirão Água Limpa	RAL	Anfibolito máfico	Granulação média a fina, com foliação bem marcada							
PC21	19/07/2023	420213	8175895	423	Lajedo	Estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Xisto metassedimentar	Granulação média, de Ms e Qz, com coloração avermelhada							

PC22	19/07/2023	419795	8175821	411	Bloco rolado	Estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Xisto metassedimentar e anfibolito máfico	Contato entre as unidades, marcadas pela presença relativa de blocos rolados e cor do solo						
29	19/07/2023	419712	8175749	403	Bloco in situ	Pasto com relevo pouco ondulado	Ribeirão Água Limpa	RAL	Qz-diorito	Granulação média, fanerítica, com Plg alterado parcialmente para Ep, associado a Hbl e Ttn como acessório						
PC23	19/07/2023	419090	8175879	410	Lajedo	Estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito	Granulação grossa, 2 micas anastomosadas com Zrc associado; intensamente alterado						
PC24	19/07/2023	418355	8176177	404	Bloco rolado	Estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Gondito	Granulação fina e coloração cinza escuro						
30	19/07/2023	417722	8176161	381	Bloco in situ e lajedo	Leito de rio	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito e Basanito	Granulação grossa com foliação S-C; associação com blocos de basanito afanítico, mapeados pela geofísica e estudos anteriores como dique						
31	20/07/2023	434049	8173172	473	Lajedos e blocos	Fazenda Sta. Maria, pé de serra suave ondulada, algumas porções do afloramento tem bom estado de exposição de estruturas.	Gnaisse Ribeirão	GR	Bt-tonalito gnaisse	cristais de biotita associado a cristais estirados de qtz e plg. Contém deformação ao redor dos megacristais de plg com formato augen e complexos grão cauda. Há intrusão de pegmatitos. Milonitização	108	69	160	15		
32	20/07/2023	434293	8173029	511	Blocos rolados	Blocos em topo de morro ondulado	Gnaisse Ribeirão	GR	Epidosito	Blocos de Epidosito com cristis médios a grossos de KF, associado ao hidrotermalismo pelo contato entre o Gnaisse Ribeirão e o Córrego da Onça						
33	20/07/2023	434319	8173005	514	Blocos rolados	Blocos em topo de morro ondulado	Córrego da Onça	CO	Clorita xisto	Clorita xisto com granulação fina e crenulado						
34	20/07/2023	434352	8173078	514	Bloco in situ e rolado	Blocos em topo de morro ondulado	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse	Gnaisse Ribeirão silicificado, provavelmente pelos fluidos do contato do Córrego da Onça	265	55				
PC25	20/07/2023	434280	8173265	511	Blocos rolados	Blocos em topo de morro ondulado	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse com epidosito	Gnaisse encontrdo associado ao Epidosito						
35	20/07/2023	434358	8173321	495	Lajedo	Lajedo ao longo de drenagem encaixada entre morros	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	anfibolito fortemente deformado com peldspatos estirados. Aparenta ser um derrame metamorfizado	120	52				
36	20/07/2023	434552	8173499	502	Lajedo e Blocos rolados	Afloramento em drenagem estre serras	Córrego da Onça	CO	Granito Milonitizado	Granulação grossa a muito grossa e milonitização evidente	265	82				
37	20/07/2023	434742	8173530	537	Bloco in situ	Trilha no topo de morro	Córrego da Onça	CO	Anfibolito máfico	Granulação fina a média com foliação penetrativa						
PC26	20/07/2023	434862	8173599	546	Bloco rolado	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito máfico	Coloração cinza escuro, com foliação evidente e presença de Ttn?						
38	20/07/2023	435134	8173557	528	Blocos in situ	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito máfico e Chl-serpentinito	Plg e porfiroclastos esparsos, muito grossos de Plg. Chl-serpentinito muito fino, coloração verde claro; hábito fibroso, granulação média a grossa quando associado a planos de falha	240	63	130	70	260	85
PC27	20/07/2023	435119	8173817	551	Blocos rolados	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Chl-serpentinito	Esparsos blocos de Chl-serpentinito fino a muito fino, verde claro, semelhante ao observado no ponto 38						
39	20/07/2023	435251	8174161	566	Lajedos	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	Granulação média, coloração cinza escuro esverdeado, com cerca de 30% de Plg; domínios grossos e muito finos com textura ígnea de contato quente preservada - amostra orientada	260	88			280	89
40	20/07/2023	435306	8174676	583	Blocos rolados	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Metachert	Chert bandado, de coloração cinza azulado						
PC28	20/07/2023	435177	8174985	587	Blocos in situ e rolados	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito máfico	Granulação fina a média, com Plg alterado parcialmente para Ep	260	87				
41	20/07/2023	434981	8175018	565	Blocos rolados	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Metadacito	Granulação fina, com fenocristais médios						
PC29	20/07/2023	434980	8175462	516	Blocos rolados	Trilha ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito máfico	Anfibolito máfico fino a médio, intensamente alterado						
PC30	21/07/2023	427679	8173252		Bloco rolado	Morro ao lado de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Quartzo	Quartzo leitoso em morro de direção N25W						
42	21/07/2023	427724	8173274		Bloco rolado	Estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Serpentinito fino, esverdeado com alguns cristais de Hbl						
43	21/07/2023	428185	8173655		Afloramento in situ	Morros suaves ao lado de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Calcissilicática	Rocha apresentando foliação subvertical, azulada, contém granada e reage com HCl	86	80			177	87
44	21/07/2023	428476	8173788		Bloco rolado	Dentro de fazenda	Córrego do Santo Antônio	CSA	Calcissilicática	Rocha azulada a acizentada, reagindo com HCl e dureza baixa						

45	21/07/2023	428879	8174189		Blocos rolados e in situ	Morro suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito Grosso pouco foliado					225	89
46	21/07/2023	429393	8174596		Blocos rolados	Topo de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Rocha com muito anfibólio, pouco plagioclásio, apresenta foliação incipiente						
47	21/07/2023	430216	8174633		Lajedo	Lajedo dentro dos limites da Fazenda Veneza	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino intercalado com anfibolitos grossos, há presença de veios pegmatíticos e feições de mingling					351	88
PC31	21/07/2023	430531	8174649		Bloco rolado	Sopé de serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolitos com intercalações entre anfibolitos finos e grossos						
48	21/07/2023	430693	8174480		Bloco rolado	Sopé de serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito médio, pouco foliado com hornblenda a aproximadamente 20% de plagioclásio						
PC32	21/07/2023	430927	8174413		Bloco in situ e rolado	Cume de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Quartzo	matacões de quartzo leitoso em serra.						
PC33	21/07/2023	431090	8174411		Bloco rolado	Serra com relevo ondulado	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino e talco clorita xisto						
49	21/07/2023	431296	8174288		Bloco rolado	base de serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Hornblendito com textura poiquilítica e inclusões de Cpx. Foi também encontrado blocos de Gnaisse, sendo talvez lascas do Gnaisse Arenópolis.						
PC34	21/07/2023	431399	8174285		Bloco rolado	Afloramento em mar de serras onduladas	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito de granulação fina moderadamente foliado						
PC35	21/07/2023	431580	8174228		Bloco rolado	Trilha de terra em serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Blocos de anfibolito fortemente foliado. Foi também encontrado blocos de mica-xisto						
50	21/07/2023	431908	8173903		Bloco in situ e rolado	Topo de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gnaisse	afloramento decimétrico de Gnaisse com bandas com Kfs e Pl, apresenta feições de transposição	240	70				
51	21/07/2023	432039	8173696		Lajedo	afloramento em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	sepentinito de coloração esverdeada	200	50			340	66
52	21/07/2023	432171	8173458		bloco rolado	Topo de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito médio bem foliado						
53	21/07/2023	432407	8173504		Bloco in situ	afloramento em serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito muito foliado com muito plagioclásio e veios concordantes à foliação	268	48				
54	21/07/2023	433294	8173281		Blocos in situ	Afloramento em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Quartzo	Veio de quartzo orientado	270	55				
55	21/07/2023	433541	8173490	446	Lajedo	Lajedo bem exposto em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Gnaisse	Gnaisse formente bandado com bandas de feldspato potássico e veios concordantes de quartzo	280	60			191	75
56	22/07/2023	434479	8177659		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Depósito vulcânico com feições de fluxo com esferulitos, há feições de desvitrificação	265	85				
57	22/07/2023	434608	8177800		Lajedo	Lajedo em leito de rio	Córrego do Horácio	CH	Andesito							
58	22/07/2023	434842	8177871		Lajedo	Lajedo em leito de rio	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Riolito com foliação de fluxo e feições de deformação posterior como tension gashes	175	80				
59	22/07/2023	434922	8177857		Lajedo	Lajedo em leito de rio	Córrego do Horácio	CH	Alcalina	Andesito sendo intrudido por dique alcalino de espessura métrica	225	80				
60	22/07/2023	434987	8177946		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Riolito sem estruturação, contendo glomeroporfiroclastos						
61	22/07/2023	435130	8177943		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Riolito sem estruturação					106	84
62	22/07/2023	435364	8177840		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Riolito sem estruturação, colocarção bege						
63	22/07/2023	435529	8177941		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego da Onça	CO	Ms Qt Xisto	Xisto com forte foliação subvertical e lineação mineral direcional	254	80	340	10	322	89
64	22/07/2023	435675	8177908		Lajedo	Lajedo em drenagem	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Diques riolíticos paralelos à encaixante					330	79

65	23/07/2023	421475	8173194		Bloco rolado	Blocos em estrada de terra entre morros suaves	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Blocos rolados de Hornblendito com textura ofítica						
66	23/07/2023	421552	8173291		Lajedo	Afloramento em estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Xisto	Xisto com direção N23W e mergulho vertical						
67	23/07/2023	421725	8173443		Estrada	Afloramento em estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	XIsto	Xisto com feições de dobramento com comprimento de onda decamétrica						
68	23/07/2023	421942	8173302		Bloco in situ	Blocos em morro suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito fino	Anfibolito fino com veios de Pl e Sulfetos concordantes à Foliação	42	80				
69	23/07/2023	422051	8173413		Blocos in situ	Blocos em drenagem ao lado de plantações	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito médio com textura nematoblástica bem marcada						
70	23/07/2023	422762	8174031		Blocos rolados	Blocos rolados em beira de drenagem em relevo suave ondulado	Córrego do Santo Antônio	CSA		Rocha vulcânica afanítica de coloração preta, há alguns fenocristais de piroxênio de hornblenda						
71	23/07/2023	423012	8174023		Blocos in situ	Afloramento em drenagem seca	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Rocha bem foliada, com fraturas ortogonais à foliação Sn	55	78				
PC36	23/07/2023	423514	8173848		Bloco rolado	Blocos em relevo suave ondulado	Córrego do Santo Antônio	CSA	Ultramáfica	Serpentina clorita xisto						
PC37	23/07/2023	423604	8173704		Bloco rolado	Blocos em relevo suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Xisto	Ms Qz Xisto						
72	23/07/2023	424001	8173681		Bloco rolado	Blocos em sopé de morrote	Córrego do Santo Antônio	CSA	Ultramáfica	Serpentina clorita xisto						
73	23/07/2023	424347	8173843		Corte de estrada	Barranco em beira de estrada de terrra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Xisto	XIsto alterado com foliação subhorizontal e vertical, ambas limitadas por talvez falhas						
74	23/07/2023	425075	8173379		Matacão in situ	Matacões e blocos entre morros ondulados	Córrego do Santo Antônio	CSA	Mármore	Mármore bem preservado, com dobras, fraturas e foliação bem evidente	245	40	160	3	300	78
75	23/07/2023	425503	8173708		Blocos rolados	Blocos em sopé de serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito fino	Anfibolito fino pouco foliado						
76	23/07/2023	425669	8173849		Blocos rolados	Blocos em serra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Serpentinito	Rocha ultramáfica em serra, serpentinito						
77	25/07/2023	419416	8172523		Lajedo	Lajedo em drenagem	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito Milonitizado	Granito milonitizado com foliação em trend NNW. Há mais de uma fácies, uma félsica e uma aparenetemente mais máfica, intercaladas em um mesmo afloramento	95	52	140	30		
78	25/07/2023	419294	8172836		Lajedo	Lajedo em tributário de rio	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito Milonitizado	Mesma relação do ponto 77	70	45				
79	25/07/2023	419077	8173163		Lajedo	Lajedo em tributário de rio	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito Milonitizado	Fácies félsica contém abundância de Kfs em relação à fácies fina escura	80	50			180	85
80	25/07/2023	420469	8173997		Bloco rolado	Bloco em estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Bloco rolado de anfibolito médio						
PC38	25/07/2023	420703	8174428		Bloco rolado	Bloco rolado em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito							
81	25/07/2023	420768	8174449		Bloco rolado	Bloco rolado em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino, pouco Plágioclásio, comtém foliação discreta						
82	25/07/2023	420735	8174578		Bloco rolado	Blocos rolados em beira do Córrego Santo Antônio	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino a médio						
83	25/07/2023	420978	8174749		Bloco rolado	Blocos em topo de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito grosso, foliação discreta, Contém veios de Quartzo deformados						
84	25/07/2023	421192	8174800		Blocos e matacões in situ	Blocos nas adjascências de drenagem N-S	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito milonitizado	Granito milonitizado com trend NNW, está associado ao contato das Unidades RAL e CSA.	75	62	20	30		
85	25/07/2023	421251	8174774		Bloco rolado	Blocos em relevo suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito fino in situ, cloritizado						
86	25/07/2023	421293	8174894		Bloco rolado	Blocos rolados em morrote	Córrego do Santo Antônio	CSA	Hornblendito	Blocos rolados de honrblendito de granulação grossa						

87	25/07/2023	421364	8174791		Bloco rolado	Bloco rolado em morrote	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Blocos rolados de anfibolito, alguns estavam insitu exibindo trend N-S e mergulho vertical						
88	25/07/2023	421113	8175178		Bloco in situ	Blocos em topo de morrote	Córrego do Santo Antônio	CSA	Ultramáfica	Afloramento de talco serpentina xisto com trend N-S e mergulho vertical						
PC39	25/07/2023	421177	8175188		Bloco rolado	Blocos em relevo suave	Córrego do Santo Antônio	CSA	Ultramáfca	Alguns blocos da mesma litologia do Ponto 88						
89	25/07/2023	421250	8175296		Bloco rolado	Blocos rolados em drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Ultramáfica	Póssivel tremolitito						
PC40	25/07/2023	420939	8175089		Bloco rolado	Bloco rolado perto de estrada de terra	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Anfibolito Grosso						
PC41	25/07/2023	420922	8175350		Afloramento em estrada	Afloramento ao longo de estrada de terra	Ribeirão Água Limpa	RAL	Gnaisse	Gnaisse referente à Unidade RAL, marcando zona de cisalhamento referente ao contato com a Unidade CSA						
90	25/07/2023	418993	8174898		Lajedo	Lajedo sob ponte	Ribeirão Água Limpa	RAL	Granito milonitizado	Granito milonitizado com foliação E-W, composto de Qz, Pl, Kfs e máficos, coloração branca, apresenta fraturamentos N-S						
91	26/07/2023	432997	8175290		Blocos rolados	Afloramento de blocos ao lado de ponte	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse	Blocos referentes ao Gnaisse Ribeirão, há epidositos in situ, indicando zona de alteração, possível contato.						
PC42	26/07/2023	433463	8174094		Bloco rolado	Blocos em drenagem seca	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse	Blocos do Gnaisse Ribeirão						
92	26/07/2023	433355	8174105		Bloco rolado	Bloco rolado em relevo suave	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse	Blocos espressivos do Gnaisse Ribeirão						
93	26/07/2023	433059	8174123		Bloco rolado	Blocos rolado em drenagem seca			Gnaisse	Blocos dos Gnaisses Ribeirão e Arenópolis						
94	26/07/2023	432966	8174157		Bloco in situ	Bloco em drenagem seca			Hornblendito	Afloramento no Córrego Ribeirão, Hornblendito muito foliado sendo intrudido por dique de rocha alcalina com direção N20E	260	73				
95	26/07/2023	432750	8174409		Rocha in situ	Afloramento no Córrego Ribeirão	Gnaisse Arenópolis	GA	Gnaisse	Fácies escura e fina do Gnaisse Arenópolis, podendo se tratar de um tonalito pela falta de Kfs típicos desse gnaisse	70	75				
96	26/07/2023	432451	8174843		Bloco rolado	Blocos em leito de rio	Gnaisse Arenópolis	GA	Gnaisse	Fácies granítica do Gnaisse Arenópolis, com bandas de Kfs						
97	26/07/2023	432432	8174994		Bloco in situ	Bloco em topo de morro	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse	Contato dos gnaisses Ribeirão e Arenópolis, marcado pela topografia						
98	26/07/2023	432365	8174888		Rocha in situ	Afloramento em leito de rio	Gnaisse Arenópolis	GA	Gnaisse	Domínios grossos da fácies granítica do Gnaisse Arenópolis, possui direção N-S e mergulho vertical						
99	26/07/2023	432274	8174863		Bloco rolado	Bloco no Córrego Ribeirão			Anfibolito	Anfibolito in situ, foliação bem evidente						
100	26/07/2023	432222	8174966		Bloco in situ	Bloco em topo de morro	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Blocos métricos em alto topográfico local; foliação bem desenvolvida						
PC43	26/07/2023	432327	8175193		Veio de quartzo	Blocos em topo de morro										
101	26/07/2023	432341	8175549		Blocos rolados	Blocos ao longo de drenagem	Córrego do Santo Antônio	CSA	Anfibolito	Corpos lenticulares de anfibolito no interior dos gnaisses; possíveis lascas.						
102	26/07/2023	432512	8175891		Bloco in situ	Blocos ao longo de trilha	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse milonitizado	Blocos submétricos a métricos de gnaisse milonitizado em trilha ao longo de pasto.						
103	26/07/2023	432679	8175829		Bloco in situ	Blocos em beira de estrada	Gnaisse Ribeirão	GR	Gnaisse tonalítico milonitizado	Blocos métricos de gnaisse tonalítico milonitizado em beira de estrada.						
104	27/07/2023	438509	8175550		Bloco rolado	Blocos em base de morrote	Serra do Tatu	GST	Granito cataclástico	Blocos métricos de granito intensamente cominuído com raros grãos máficos reliquiares.						
105	27/07/2023	438403	8175448		Bloco rolado	Blocos ao longo de trilha	Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Blocos submétricos a métricos com foliação milonítica incipiente, formada por orientação de Hbl + Bt.						
106	27/07/2023	438300	8175283		Bloco rolado	Blocos ao longo de trilha			Hidrotermalito	Blocos submétricos de rocha hidrotermal (Ep+Kfs+Qz) com veios de Qz associados.						

107	27/07/2023	438094	8174977		Bloco in situ e lajedo	Blocos ao longo de trilha	Bacia do Paraná	BP	Arenito siltoso	Blocos e lajedos de arenito fino siltoso, de coloração bege-amarelado com estratificação plano-paralela (Fm. Furnas); presença de blocos de rochas alcalinas.							
108	27/07/2023	438028	8174731		Bloco in situ e lajedo	Blocos ao longo de trilha	Bacia do Paraná	BP	Siltito arenoso	Blocos e pequenos lajedos de siltito arenoso de coloração lilás-arroxeados (Fm. Vila Maria).							
109	27/07/2023	438005	8174679		Bloco in situ e lajedo	Blocos ao longo de trilha	Bacia do Paraná	BP	Siltito arenoso	Blocos e pequenos lajedos de siltito arenoso de coloração lilás-arroxeados (Fm. Vila Maria).							
110	27/07/2023	437977	8174632	735	Bloco in situ e rolado	Blocos ao longo de trilha	Bacia do Paraná-Granito Serra do Tatu	BP-GST	Siltito arenoso e granito	Pequenos blocos de siltito lilás em contato com granito Serra do Tatu, associado a ocasionais blocos de veios de Qz.							
PC44	27/07/2023	437874	8174564		Bloco in situ	Blocos ao longo de trilha	Granito Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Blocos métricos de granito milonitizado e foliação concordante ao p105 (N20W)							
111	27/07/2023	437745	8174445		Blocos rolados e in situ	Blocos ao fim da trilha, na base da serra.	Granito Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Blocos in situ e rolados do Granito Serra do Tatu (fault gouge?), em contato com a unidade Córrego da Onça							
112	27/07/2023	437884	8174244		Bloco rolado	Blocos na base da serra	Granito Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Blocos rolados de granito milonitizado, com foliação marcada por orientação de Bt							
113	27/07/2023	438013	8174101		Bloco rolado	Blocos na base da serra	Granito Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Matacões de leucogranito, com foliação milonítica bem desenvolvida.							
114	27/07/2023	438077	8173963		Bloco rolado	Blocos na base da serra	Granito Serra do Tatu	GST	Granito milonitizado	Blocos rolados de granito, com foliação milonítica menos expressivs em função da presença mais esparsa de minerais máficos.							
115	27/07/2023	438018	8173652		Blocos rolados e in situ	Blocos próximos a drenagem	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	pronunciada; variação de granulação de fina a grossa em bandas e com cristais frequentemente brechados. Notável assembleia retrometamórfica (Ep+Chl), típica de fácies xisto verde. Presença de							
PC45	27/07/2023	437915	8173616		Blocos rolados	Blocos ao longo de trilha	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	Blocos métricos de anfibolito, fortemente foliado							
116	27/07/2023	437889	8173409		Blocos rolados e in situ	Blocos em drenagem, ao longo de leito de rio	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	Blocos submétricos e métricos de anfibolito com foliação bem desenvolvida e assembleia retrometamórfica de Ep+Chl; presença de globs de Py com Ccp+Po subordinada.							
PC46	27/07/2023	437318	8173333		Blocos rolados	Blocos rolados ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	Anfibolito fino com foliação bem desenvolvida							
PC47	27/07/2023	437234	8174210		Blocos rolados	Blocos rolados ao longo de pasto	Córrego da Onça	CO	Anfibolito	Anfibolito fino com foliação bem desenvolvida							
117	27/07/2023	436508	8174760		Lajedo	Lajedos em leito de rio	Córrego da Onça	CO	Metagrauvaca	Lajedos de rocha de coloração verde escura e granulação fina; ocasionalmente, observa-se cristais de Qz e Pl. Além disso, são observados cristais de Py+Po disseminados.							
PC48	27/07/2023	436102	8175297		Blocos rolados	Blocos ao longo de via não pavimentada	Córrego da Onça	CO	Granito	Blocos submétricos do Granito Serra do Tatu.							
118	27/07/2023	435939	8175150		Corte de estrada	Via não pavimentada (estrada rural)	Córrego da Onça	CO	Xisto metassedimentar	Xisto de coloração avermelhada em função da presença de óxidos, de granulação fina a média e intensamente alterados.							
119	27/07/2023	435802	8175019		Lajedo	Via não pavimentada (estrada rural)	Córrego da Onça	CO	Xisto metassedimentar	Xisto de coloração avermelhada em função da presença de óxidos, de granulação fina a média e intensamente alterados.							
120	27/07/2023	435801	8174903		Corte de estrada	Via não pavimentada (estrada rural)	Córrego da Onça	CO	Xisto metassedimentar	Xisto de coloração avermelhada em função da presença de óxidos, de granulação fina a média e intensamente alterados.							
121	27/07/2023	435684	8174680		Corte de estrada	Via não pavimentada (estrada rural)	Córrego da Onça	CO	Xisto metassedimentar	Xisto de coloração avermelhada em função da presença de óxidos, de granulação fina a média e intensamente alterados.							
122	30/07/2023	438860	8176216		Bloco in situ	Blocos ao longo de trilha	Córrego do Horácio	CH	Riolito alterado?	Rocha de coloração bege-amarelada e granulação fina a muito fina e trama isotrópica. Foliação NW-SE?							
123	30/07/2023	438544	8176119		Corte de estrada e lajedo	Blocos in situ e lajedos ao longo de trilha	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Rocha de coloração bege-amarelada, granulação fina a muito fina, cristais finos a médios de Qz e Fsp (glomeropórfiro) com foliação fracamente preservada. Foliação NW-SE?							
124	30/07/2023	438335	8176112		Bloco in situ	Blocos in situ ao longo de trilha	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	Blocos submétricos a métricos de granito milonitizado, próximo ao contato com a unidade Córrego do Horácio.							
125	30/07/2023	438199	8176156		Blocos rolados	Blocos ao longo de trilha	Diques Alcalinos	DA	Subvulcânica alcalina	Blocos submétricos de rocha ultramelanocrática porfirítica, com macrocristais de Ol+Cpx							
126	30/07/2023	437959	8176179		Blocos in situ e lajedos	Blocos in situ e lajedos em leito de rio	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	incipiente; cristais de Kfs estirados, rotacionados e fraturados, juntamente com textura lepidoblástica, marcada pela orientação de minerais micáceos.							

127	30/07/2023	437654	8176220		Bloco in situ	Blocos in situ ao longo de trilha	Diques Alcalinos	DA	Subvulcânica alcalina	Blocos submétricos em beira de trilha; rocha de coloração cinza médio e textura afanítica com raros macrocristais.						
128	30/07/2023	437588	8176387		Lajedo	Afloramento em Lajedo ao longo do Rio Córrego da Onça	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	Rocha de composição granítica, com forte orientação NW-SE, apresentando porções em que a granulação varia entre fina e grossa, mantendo a composição similar entre elas.	206	65			141	80
129	30/07/2023	437462	8176429		Lajedo	Afloramento em Lajedo ao longo do Rio Córrego da Onça	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	Rocha granítica, foliação forte relacionada a uma zona de cisalhamento, contém zonas de catáclase WNW-ESE, e algumas com direção E-W	230	64				
130	30/07/2023	437339	8176526		Bloco rolado	Alforamento de blocos rolados em drenagem	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	Blocos rolados do granito Serra do Tatu ao longo de drenagem						
131	30/07/2023	437602	8176456	673	Bloco rolado	Afloramento de blocos rolados em morro	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Rocha de granulação fina, coloração bege claro. Surge a ideia de ser um possível tufo da unidade Córrego do Horácio						
132	30/07/2023	437570	8176631	677	Rocha in situ	Afloramento em morrote E-W	Córrego do Horácio	CH	Riolito	vulcânica, há a presença de alguns fenocristais na rocha. A foliação mantém a orientação E-W do morro onde aflora, visto por imagens de satélite	80	65				
133	30/07/2023	437577	8176699		Rocha in situ	Afloramento em sopé de morrote		GST	Granito	Granito com alto grau de alteração, foliação presente						
134	30/07/2023	437645	8176915		Bloco rolado	Afloramento na Serra do Tatu		GST	Granito	Granito com forte foliação em sentido NNW, leucocrático, granulação fina						
135	30/07/2023	437562	8177260		Blocos rolados e in situ	Afloramento de blocos in situ, alguns rolados, na Serra do Tatu		GST	Granito	Granito leucocrático, com forte foliação, possível zona de cisalhamento em sentido NNW						
136	30/07/2023	437830	8177245		Bloco rolado	Afloramento de blocos ao lado de estrada de terra, possível ponto do banco de dados da CPRM	Granito Serra do Tatu	GST	Granito	Granito leucocrático, granulação média, com foliação incipiente						
137	30/07/2023	438332	8176894		Corte de estrada	Afloramento em corte de estrada, cortando morrote com orientação NNW	Córrego do Horácio	CH	Riolito	Rocha com colocação bege clara, granulação fina, interpretada como um dique de riolito alterado, da unidade Córrego do Horácio						