UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

JEFFERSON DE OLIVEIRA RODRIGUES
MATHEUS EMANUEL SOUZA MELO

TRABALHO FINAL DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO
PROJETO ARENÓPOLIS - 2023
ÁREA V

BRASÍLIA, DF.
DEZEMBRO DE 2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO
PROJETO ARENÓPOLIS - TF 2023

Autores: Jefferson de Oliveira Rodrigues, Matheus Emanuel Souza Melo

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Graduação em Geologia, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília – UnB, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia

Banca Examinadora Aprovada por:

_____

Elton Luiz Dantas - Orientador
Professor da Universidade de Brasília – (UnB)

_____

Elder Yokoyama - Membro
Professor da Universidade de Brasília – (UnB)

_____

Alanielson da Câmara Dantas Ferreira - Membro
Professor da Universidade de Brasília – (UnB)

Brasília, 14 de dezembro de 2023.

Relatório do Trabalho Final do Mapeamento Geológico - 2023

Projeto Arenópolis

Área V

Jefferson de Oliveira Rodrigues

Matheus Emanuel Souza Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências como requisito à obtenção do diploma do Curso de Graduação em Geologia.

ORIENTADORES

Natalia Hauser (coordenadora)

Elton Luiz Dantas

Caio Arthur Santos

Henrique Llacer Roig

Julia Curto Ma

Luís Gustavo Ferreira Viegas

Brasília - DF

2023



"A natureza é a nossa capela."

Björk

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Maria do Rosario de Oliveira e Raimundo Filho Rodrigues, que me deram a oportunidade de me formar em uma universidade pública, me mandando tudo e mais um pouco para que eu pudesse concluir minha graduação. O apoio e o incentivo de ambos foram extremamente necessários para que conseguisse chegar até aqui, sem eles acredito que seria quase que impossível superar todos os desafios que superei. Obrigado por torcerem e rezarem por mim todos os dias, amo vocês incondicionalmente! - Jefferson

Gostaria de agradecer aos meus pais, Henriete Maria Rêgo Souza e Manoel Magno Melo, que sempre apoiaram e incentivaram que eu corresse atrás dos meus sonhos e deram todo o suporte necessário para que eu pudesse continuar nesta jornada. Eles sempre foram meu porto seguro e eu não teria chegado até aqui se não fosse por eles. Amo muito vocês! - Matheus

Gostaríamos de agradecer ao Instituto de Geociências e à Universidade de Brasília por toda a infraestrutura e apoio ao desenvolvimento de nossa graduação, que nos trouxe à realização deste Trabalho Final. Em especial, agradecemos ao corpo docente pelo conhecimento cedido e por empenharem esforços na formação de novos profissionais mesmo em tempos difíceis.

Nossos mais sinceros agradecimentos a toda a equipe do Projeto Arenópolis (Piranhas), em especial a professora Natalia Hauser, pela coordenação deste trabalhado, por todo o apoio, paciência, orientação e humanidade. Aos professores Elton Luiz Dantas, Luís Gustavo Ferreira Viegas, Júlia Barbosa Curto Ma e Caio Arthur Santos muito obrigado pelos ensinamentos, instruções e assistência. Ao Manfred GOTTWALD (German Aerospace Center, Remote Sensing Technology Institute, 82234, Wessling, Germany) por ter gentilmente forneceu o TanDEM-X digital elevation model.

Aos servidores, nossa imensa gratidão por toda a disposição e apoio fornecidos durante toda nossa graduação. Em especial, gostaríamos de agradecer ao Mendes, Serjão, Marco, Willian e Jean por terem auxiliado nossa logística durante o período de campo em Piranhas.

Aos nossos colegas de TFs, em especial a Suellen e o Natan, que nos acompanharam nesta jornada e que tornaram momentos mais leves. Obrigado pelos apoio e conversas.

Um fato é que este trabalho seria impossível sem uma rede de amigos para aliviar nos momentos de estresse. Deborah "raideb" Hannah e Odara "daraalu" Luiza, gostaríamos de

expressar nossa imensa gratidão pelo companheirismo no último ano, a presença de vocês iluminando e animando nossos dias foi essencial para conseguirmos chegar até aqui. A Day, que mesmo longe, está sempre disposta a ouvir nossos desabafos, jogar *pokémon* e nos mandar energia positiva. Também queremos agradecer a existência do *kpop*, que foi essencial para nos manter calmos e conseguir finalizar nossas tarefas.

- Jefferson e Matheus

RESUMO

O Projeto Arenópolis representa o trabalho final de graduação em Geologia da Universidade de Brasília em 2023. Envolveu um mapeamento geológico na escala 1:25.000 na porção sudoeste do estado de Goiás, região que abrange os municípios de Piranhas, Arenópolis, Caiapônia e Diorama. O Projeto foi subdividido em 10 áreas, sendo 6 áreas com extensão de 80 km² e outras 4 com extensão aproximada de 102,73 km². A área integrada é composta pelas unidades Gnaisse Ribeirão (paleoproterozoicas), Arco Magmático Goiás (neoproterozoicas), Bacia do Paraná (paleozoicas) e rochas plutônicas e subvulcânicas mesozoicas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás (PAGO). As Unidades observadas na Área V, tratadas com maior detalhe neste relatório, foram diferenciadas a partir da petrografia e do uso de produtos da aerogeofísica (gamaespectrometria e magnetometria) e sensoriamento remoto, e são representadas pela Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas (SMAP), composta por duas unidades distintas: Unidade Córrego do Santo Antônio, composta principalmente de metassedimentos intercaladas por corpos máficos e ultramáficos metamorfizados, e Unidade Córrego Córrego da Onça caracterizada por anfibolitos e gnaisses calcissilicáticos. Também pelo Gnaisse Arenópolis, pelas intrusões sin-tectônicas representadas pelas Unidades Granito Serra do Tatu e Unidade Granito Ribeirão Água Limpa, e pela intrusão tardi-tectônica Unidade Granito Serra do Iran. A PAGO aflora em formas de diques subvulcânicos, intrudindo as unidades citadas anteriormente. A geologia estrutural da Área V é bem demarcada por extensas zonas de cisalhamento sinistrais e compreensivas, que influenciam a litologia que acomoda esta deformação. Além disso, na área integrada do projeto desenvolvem-se modelos metalogenéticos associados com magmáticos-hidrotermais, hidrotermais (Sistema Aurífero Orogênico e Vulcanogênico) e sistema associado ao magmatismo alcalino.

Palavras-chave: Faixa Brasília, Arco Magmático Goiás, Sequência Arenópolis-Piranhas, Granito Serra do Iran.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO---- 27
1.1. APRESENTAÇÃO----27
1.3. OBJETIVOS---- 28
1.4. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO----29
1.5. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA----30
1.6. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS---- 31
1.6.1. Geomorfologia---- 32
1.6.2. Clima---- 33
1.6.3. Vegetação---- 34
1.6.4. Solos----35
1.6.5. Hidrografia---- 36
2. MATERIAIS E MÉTODOS---- 37
2.1. ETAPA PRÉ-CAMPO---- 37
2.2. ETAPA CAMPO----39
2.3. ETAPA PÓS-CAMPO---- 40
3. GEOLOGIA REGIONAL---- 41
3.1. PROVÍNCIA TOCANTINS---- 41
3.2. FAIXA BRASÍLIA----41
3.3. ARCO MAGMÁTICO GOIÁS---- 43
3.4. ARCO MAGMÁTICO GOIÁS - SEGMENTO ARENÓPOLIS---- 43
3.5. UNIDADES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DO PROJETO ARENÓPOLIS----44
4. SENSORIAMENTO REMOTO---- 51
4.1. ALOS PALSAR---- 51
4.2. CBERS4A---- 53
4.3. ANÁLISES E INTERPRETAÇÃO---- 55
5. AEROGEOFÍSICA---- 57
5.1. INTRODUÇÃO---- 57
5.2. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO----58
5.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS----60
5.3.1. Método Magnetométricos---- 60
5.3.2. Gamaespectrometria----64
5.4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS----68
5.4.1. Dados Magnéticos---- 68
5.4.2. Dados Gamaespectrométricos----71
6. GEOLOGIA DO PROJETO ARENÓPOLIS----76
6.1. EMBASAMENTO---- 78
6.2. ARCO MAGMÁTICO GOIÁS---- 80

6.2.1. Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas---- 80
6.2.2. Gabro Morro do Baú---- 83
6.2.3. Gnaisse Arenópolis---- 85
6.2.4. Intrusões sin-tectônicas---- 85
6.2.5. Intrusões tardi-tectônicas---- 88
6.3. BACIA DO PARANÁ---- 93
6.4. PROVÍNCIA ALCALINA DE GOIÁS---- 94
7. GEOLOGIA LOCAL - ÁREA V---- 96
7.1. SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR ARENÓPOLIS - PIRANHAS-- 96
7.1.1. Unidade Córrego Santo Antônio---- 96
7.1.2. Unidade Córrego da Onça---- 114
7.2. GNAISSE ARENÓPOLIS - NP1γna---- 119
7.3. GRANITO SERRA DO TATU - NP2γst---- 125
7.4. GRANITO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA - NP2aγal---- 128
7.5. GRANITO SERRA DO IRAN - NP3γsnir---- 131
7.5.1. Fácies félsica---- 132
7.5.2. Fácies intermediárias---- 135
7.5.3. Fácies Máficas---- 142
7.6. PROVÍNCIA ALCALINA DE GOIÁS - JKλias---- 144
8. GEOLOGIA ESTRUTURAL---- 147
8.1. DOMÍNIOS ESTRUTURAIS DO PROJETO ARENÓPOLIS---- 147
8.1.1. Domínio Piranhas---- 148
8.1.2. Domínio Caiapônia---- 149
8.1.3. Domínio Arenópolis---- 151
8.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL LOCAL - ÁREA V---- 153
8.2.1. Elementos de Trama Dúctil---- 153
8.2.2. Microestruturas---- 159
8.2.3. Elementos de Trama Rúptil---- 162
9. GEOLOGIA ECONÔMICA---- 166
9.1. POTENCIAL ECONÔMICO DO PROJETO ARENÓPOLIS---- 166
9.2. RECURSOS MINERAIS DA ÁREA V---- 173
9.2.1. Ocorrências Metálicas---- 173
9.2.2. Minerais e Rochas Industriais---- 173
9.2.3. Rochas Ornamentais e de Revestimento---- 175
10. EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO PROJETO ARENÓPOLIS---- 177
10.1. ESTÁGIO DE ARCO INTRA-OCEÂNICO---- 179
10.2. ESTÁGIO ARCO CONTINENTAL-COLISÃO CONTINENTE-CONTINENTE 182
10.3. ESTÁGIO COLISIONAL-PÓS COLISIONAL: MAGMATISMO BIMODAL EM AMBIENTE TRANSICIONAL---- 184
10.4. ESTÁGIO EXTENSIONAL---- 186

10.5. MAGMATISMO ALCALINO---------- 187
10.6. FASES DE DEFORMAÇÃO E METAMORFISMO---------- 188
11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES----------192
11.1. CONCLUSÕES----------192
11.2. RECOMENDAÇÕES----------194
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS---------- 196
ANEXO I: FICHAS PETROGRÁFICAS----------202
ANEXO II: MAPA GEOLÓGICO DO PROJETO---------- 227

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO.....25

Figura 1.1: Mapa do Brasil com destaque para a localização do estado de Goiás. Em detalhe, mapa de acesso para a área do Projeto Arenópolis saindo de Brasília.....27

Figura 1.2: Mapa Geológico da Região de Piranhas com as áreas abarcadas pelo Projeto Arenópolis na escala de 1:50.000. (Modificado de Projeto Piranhas, 1973).....28

Figura 1.3: Mapa Geológico da Região de Arenópolis/Piranhas na escala de 1:25.000. (Retirado de Pimentel, 1985).....29

Figura 1.4: Mapa de domínios de relevo do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado do Banco de Dados de Informações Ambientais. Base do Projeto SIVAM e Mapeamento de Recursos Naturais (1998). Escala 1:250.000.....30

Figura 1.5: Gráfico de precipitação registrada a partir de dados históricos do INMET (INMET, 2023).....31

Figura 1.6: Gráfico de temperaturas médias registradas a partir de dados históricos do INMET (INMET, 2023).....32

Figura 1.7: Mapa de cobertura vegetal do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA, 2006). Escala 1:250.000.....33

Figura 1.8: Mapa de solos do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado do Banco de Informações Ambientais do IBGE (IBGE, 2023). Escala 1:250.000.....34

2. MATERIAIS E MÉTODOS.....35

Figura 2.1: Mapa de pontos da Área V.....37

3. GEOLOGIA REGIONAL.....39

Figura 3.1: (A) Mapa geológico da Província Tocantins com as principais unidades tectônicas da Faixa Brasília. Retirado de Carneiro et al., 2021. Compilado e modificado de Fuck et al. (1994; 2017) e Pimentel et al. (2011). (B) Mapa geológico simplificado do West Goias Project, mostrando o Segmento Arenópolis. Retirado de Carneiro et al., 2021.. 40

Figura 3.2: Unidades litoestratigráficas abarcadas no projeto Arenópolis. Fonte: Folha SE.22-V-B-II Piranhas e Folha SE.22-V-B-V Caiapônia Folha. CPRM, 2020.....43

Figura 3.3: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná com destaque para as Supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, II, III e Bauru. Em destaque em vermelho a área do Projeto Arenópolis. Modificado de Milani (2004).....47

Figura 3.4: Carta cronoestratigráfica da bacia do Paraná. Retirado de Milani et al., 2007... 47

4. SENSORIAMENTO REMOTO.....49

Figura 4.1: Fluxograma das etapas de processamento do Sensoriamento Remoto.....49

Figura 4.2: (A) Modelo Digital de Elevação (MDE) do Projeto Arenópolis com azimute 45° e inclinação 45°. (B) MDE da Área V com azimute 315° e inclinação 45°. (C) MDE da Área V com azimute 45° e inclinação 45°..... 50

Figura 4.3: Mapa de Declividade da Área V..... 51

Figura 4.4: Composição na configuração RGB 321 colorida..... 52

Figura 4.5: Composição na configuração RGB 432 falsa cor..... 53

Figura 4.6: Extração de drenagens da Área V..... 53

Figura 4.7: Mapa dos lineamentos geomorfológicos da Área V a partir do produto MDE.. 54

Figura 4.8: Mapa Base da Área V..... 55

5. AEROGEOFÍSICA..... 55

Figura 5.1: Fluxograma de dados de aerogeofísica para o Projeto Arenópolis..... 56

Figura 5.2: Localização do Projeto Arco Magmático de Arenópolis – Seqüência Juscelândia..... 57

Figura 5.3: Fluxograma do processamento de dados realizado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecções S.A para o Projeto Arco Magmático de Arenópolis – Seqüência Juscelândia. Retirado de CPRM, 2004..... 58

Figura 5.4: Mapas resultantes dos produtos magnéticos para o Projeto Arenópolis. (A) Amplitude do Sinal Analítico (ASA); (B) Campo Magnético Anômalo (CMA); (C) Primeira Derivada Vertical (1° DV); (D) Gradiente Horizontal Total (GHT)..... 61

Figura 5.5: Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (TILT) para o Projeto Arenópolis..... 62

Figura 5.6: Mapas resultantes dos produtos gamaespectrométricos para o Projeto Arenópolis. (A) Mapa de Contagem Total; (B) Mapa de Percentagem de Potássio; (C) Mapa de Equivalente de Tório; (D) Mapa de Equivalente de Urânio..... 64

Figura 5.7: Mapa de Composição Ternária RGB para o Projeto Arenópolis..... 65

Figura 5.8: Mapa de domínios magnéticos para o Projeto Arenópolis a partir do ASA... 66

Figura 5.9: Lineamentos extraídos da 1ª Dz com roseta de frequência de direção para o Projeto Arenópolis..... 68

Figura 5.10: Lineamentos magnéticos da 1ª derivada vertical (DZ) com domínios para a Área V..... 69

Figura 5.11: Mapa de domínios gamaespectrométricos da área do Projeto Arenopolis sob o produto ternário RGB..... 70

Figura 5.12: Influência dos processos geomorfológicos na emissão de radiação gama (retirado de Ferreira et al., 2016)..... 72

Figura 5.13: Mapa de subdomínios gamaespectrométricos da Área V..... 72

Figura 5.14: Mapa geológico-geofísico preliminar do Projeto Arenópolis relacionando as interpretações gamaespectrométricas com as Folha SE.22-V-B-II Piranhas e Folha SE.22-V-B-V Caiapônia Folha. CPRM, 2020..... 77

6. GEOLOGIA DO PROJETO ARENÓPOLIS..... 74

Figura 6: Mapa Geológico Integrado do Projeto Arenopolis, 2023, em versão simplificada..... 75

Figura 6.1. Feições de deformação no gnaisse Ribeirão, observadas no afloramento-tipo, inserido na área VIII (Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N). **(A)** foliação anastomosada, truncada por fraturas; **(B)** leucossomas rompidos; **(C)** leucossomas em migmatito exibindo pinch-and-swell incipiente na porção inferior da imagem; já **(D)** foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas em vermelho representam o plano C; **(E)** megaporfiroblasto de quartzo rotacionado, evidenciando cinemática sinistral; por fim, **(F)** migmatito com leucossomas concordantes à foliação, recortados por dique leucocrático de quartzo e feldspato..... 77

Figura 6.2. (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..... 79

Figura 6.3. 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).....80

Figura 6.4. Afloramento em lajedo mostrando gnaisses calcissilicáticos afetados pela Zona de Cisalhamento Ribeirão. (Área VI, ponto 120, X:431498,7736; Y: 8182539,859)... 81

Figura 6.5. (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..... 82

Figura 6.6. 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..... 83

Figura 6.7. (A) Porfiroclasto sigmoidal de feldspato alcalino, exibindo rotação sinistral (destacada por setas amarelas) em meio a textura milonítica do biotita granito milonítico. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) Afloramento em lajedo de biotita granito milonítico 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..... 85

Figura 6.8. 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..... 86

Figura 6.9: (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 textura equigranular. (C - D) Feições de mixing-mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran no ponto (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S).....88

Figura 6.10. 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.....89

Figura 6.11. Diques sin-plutônicos ao tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).....89

Figura 6.12. Derrames 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.....90

Figura 6.13. (A) Vista panorâmica de uma parte do perfil 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 estratificação cruzada (Ponto TF23-X-79 431804E 8164059N).....91

Figura 6.14. (A,) blocos submétricos a métricos alinhados de basanito em pasto, indicando a presença de dique alcalino na Área VII (Coordenadas X: 431410; Y:8177514).**(B)** dique alcalino cortando anfibolitos máficos da Unidade Córrego da Onça (Coordenadas: 22S 434922 E 8177863 N)..... 92

Figura 6.15. (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..... 93

7. GEOLOGIA LOCAL - ÁREA V.....94

Figura 7.1: Mapa geológico da Área V - Projeto Arenópolis.....96

Figura 7.2: Localização da Unidade Córrego Santo Antônio na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico; **(B)** Composição colorida RGB (K, eTh, eU). **(C)** MDE..... 97

Figura 7.3: Aspectos gerais dos afloramentos da litofácies metaultramáfica da Unidade

CSA da Área V. **(A)** Afloramento de aproximadamente 1 quilômetro de blocos in situ disseminados de dimensões métricas formando morrotes. (TF23-AV-P157, coordenadas: 418290E 8185147S) **(B)** Afloramento de blocos in situ em clareira. (TF23-AV-P115, coordenadas: 423581E 8187241S) **(C)** Afloramento métrico de xistos ultramáficos, no qual é possível observar a foliação bem penetrativa com direção NNW/SSE. (TF23-AV-P42, coordenadas: 418949E 8189041S). (D) Bloco de xisto ultramáfico com destaque para a foliação(TF23-AV-P51, coordenadas: 417960E 8188516S)..... 98

Figura 7.4: Aspectos gerais talco-tremolita-clorita serpentinito no contexto da Unidade CSA na Área V. **(A)** Amostra coletada de serpentinito. **(B) e (C)** Fotomicrografias da lâmina APA1 destacando a trama textural nematoblástica marcada pelos cristais de serpentina, tremolita e clorita.....99

Figura 7.5: Aspectos gerais do clorita-hornblenda fels no contexto da Unidade CSA na Área V. **(A)** Afloramento métrico de blocos in situ em clareira. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S) **(B)** Detalhe na capa de alteração da rocha, evidenciando porfiroblastos de hornblenda centimétricos. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S) **(C)** Amostra coletada com destaque para os porfiroblastos de granulação média de hornblenda. Fotomicrografias da lâmina TF23-II-P84: **(D)** Destaque para porfiroblasto de hornblenda. **(E) (F)** Aspecto geral da lâmina, onde se observa a predominância da hornblenda com presença de clorita, produto da alteração deste..... 101

Figura 7.6. (A) Amostra de xisto ultramáfico coletado, onde é possível observar sua foliação anastomosada penetrativa, a amostra encontra-se bastante alterada. (TF23-AV-P42, coordenadas 418949E 8189041S). **(B)** Destaque para o aspecto geral da amostra coletada do xisto ultramáfico sua cor verde-escuro característica. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S).....102

Figura 7.7: Aspectos gerais do plagioclásio-hornblenda fels no contexto da Unidade CSA na Área V. . (TF23-AV-P191, coordenada: 423626E 8188538S) **(A)** Afloramento de blocos métricos em clareira. B) Amostra de mão mostrando evidenciando a estrutura maciça e textura diablástica e cor cinza-esverdeado. Fotomicrografias da lâmina TF23-AV-P191:**(C)** Observação do arranjo textural diablástica a granoblástica e presença de veios preenchidos por clorita. **(D)** Destaque para cristal de titanita ocorrendo associada com cristais opacos de ilmenita. **(E) e (F)** Destaques para cristais de plagioclásio bastante saussuritizados..... 104

Figura 7.8: Fotomicrografias da lâmina TF23-V-P99: **(A) e (B)** Destacando a trama diablástica a granoblástica, onde é possível observar os domínios de quartzo formando agregados anédricos. **(C)** Destaque para os agregados de granada e presença de titanita e rutilo como minerais acessórios. **(D)** Trama principal da rocha, sem foliação e textura predominantemente diablástica a granoblástica composto por hornblenda, granada e quartzo.....105

Figura 7.9: Aspectos gerais do anfibolito no contexto da Unidade CSA na Área V. **(A)** Afloramento de blocos métricos de Anfibolito, onde é possível notar-se a direção da foliação que se encontra com direção NNW/SSE. (TF23-AV-P150, coordenadas: 420113E

8185186S) **(B)** Amostra de anfibolito coletada em campo, cor cinza-escuro e levemente foliada (TF23-AV-P150, coordenadas: 420113E 8185186S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P138: **(C) e (D)** Trama textural nematoblástica com foliação marcados pelos cristais de hornblenda e plagioclásio e presença de titanita.....106

Figura 7.10: Aspectos gerais das rochas calcissilicáticas no contexto da Unidade CSA na Área V. **(A)** Afloramento de bloco in situ de dimensão métrica. (TF23-AV-P109, coordenadas: 424359E 8188237S) **(B)** Amostra maciça de rocha calcissilicática,(TF23-AV-P109, coordenadas:424359E 8188237S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P109A: **(C)** Bandamento composicional no gnaisse calcissilicático, onde se nota a diferença entre os dois principais domínios**(C)** Destaque para o bandamento composicional e textura granoblástica. **(D)** Agregado de cristais de epidoto com textura granoblástica presente em um dos domínios. Destaque para cristais de epidoto de granulação fina e textura granoblástica.....108

Figura 7.11: Aspectos gerais dos micaxistos no contexto da Unidade CSA na Área V. **(A)** Afloramento métrico em corte de estrada de terra de micaxisto, as camadas possuem foliação bem penetrativa com direção SE/NW e lineação com direção para WNW. (TF23-AV-P111, coordenadas: 424110E 8187938S). **(B)** Afloramento em estrada de terra de micaxisto. (TF23-AV-P48, coordenadas: 419122E 8188042S). **(C)** Afloramento de muscovita quartzito em corte de estrada (TF23-AV-P73, coordenadas: 418180E 8186350S) **(D)** Afloramento de muscovita quartizito métrico. (TF23-AV-P26, coordenadas: 424777E 8185738S) **(E)** Amostra coletada em campo de micaxisto com destaque para a presença de camadas crenuladas. (TF23-AV-P116, cooordenada: 423301E 8186978S). **(F)** Amostra coletada de micaxisto bastante intemperizados, com coloração roxa, possível pseudomorfo de silimanita (mineral de cor branca). (TF23-AV-P44, coordenada: 419529E 8189016S)..... 110

Figura 7.12: Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P54C: **(A)** Visão geral com dois domínios de foliação observados na lâmina. **(B)** Domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita, muscovita e opacos..... 111

Figura 7.13: Localização da Unidade Córrego da Onça na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico. **(B)** Composição colorida RGB (K, eTh, eU). **(C)** MDE..... 112

Figura 7.14: Aspectos gerais do anfibolito da Unidade CO na Área V. **(A)** Afloramento em corte de estrada do anfibolito, onde é possível observar a foliação 248/61. (TF23-AV-P184, coordenadas: 432871E 8184795S). **(B)** Afloramento de blocos in situ do anfibolito de coloração cinza-azulado. (TF23-AV-P181, coordenadas:432009 E 8185130S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P181: **(C)** Bandamento composição não contínua e crenulada, onde ocorre bandas de dimensões de 0,05 a 1 mm de composição discriminadas ricas em plagioclásio mais opacos de granulação densa, alternando com bandas compostos por minerais máficos. **(D)** Trama textural mostrando a interação domínios não foliados composto por hornblenda e piroxênio de granulação média juntos com os domínios foliados de granulação fina a densa. **(E) e (F)** Cristais de clinopiroxênio contatos lobados com a hornblenda que ocorre no domínio disperso e sem orientação... 114

Figura 7.15: (A) Foto panorâmica indicando o contato entre as rochas calcissilicáticas da Unidade Córrego da Onça e a Unidade Granito Serra do Iran na Área V, percebe-se que a Unidade Granito Serra do Iran preferencialmente se aloja em relevo com altos topográficos. **(B)** Rocha calcissilicática que ocorre na borda sul da Unidade Granito Serra do Iran, com intensa deformação dúctil devido a Zona de Cisalhamento Ribeirão (TF23-AV-P134, coordenadas: 430473E 8186209S). **(C)** Amostra foliada de rocha calcissilicática com bandas milimétricas a centimétricas. (TF23-AV-P172, coordenadas: 430243 E 8185171S). Fotomicrografias da lâmina TF23-AVI-120: **(D)** Destaque para os ristais de epidoto, com hábito subedral. **(E)** Aspecto geral da rocha, onde se observa cristais de quartzo que aparentam estar recristalizados, com presença de biotita, clorita e opacos.....116

Figura 7.16: Localização do Gnaisse Arenópolis na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico. **(B)** Composição colorida RGB. **(C)** Canal do Tório em ppm (Th)..... 117

Figura 7.17: Aspectos gerais do Gnaisse Arenopolis na Área V **(A) e (B)** Afloramento em bloco métrico do hornblenda-biotita milonito que ocorre a leste da área associada com a Zona de Cisalhamento Ribeirão, com destaque para as lineações de estiramento (TF23-AV-P75, coordenadas: 435882E 8187437S) **(C)** Afloramento de blocos métricos in situ (TF23-AV-P74, coordenadas:435840E 8187665S) **(D)** Amostra coletada de ortognaisse tonalítico mostrando o bandamento composicional presente. (TF23-AV-P02, coordenadas: 435895E 8187968S).....118

Figura 7.18: Fotomicrografias do hornblenda-biotita milonito da Unidade Gnaisse Arenopolis, lâmina TF23-VI-P74: **(A) e (B)** Foliação milonítica definida por agregados granoblásticos de composição félsica e cristais nematoblásticos de biotita. Ocorrem estruturas assimétricas, como porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo e plagioclásio e mica fish de biotita, com cinemática sinistral. **(C)** Destaque para cristais de feldspato potássico com textura micropertítica e plagioclásio com textura mirmequítica. **(D)** Destaque para agregados de cristais alongados de epidoto.....119

Figura 7.19: Aspectos gerais das rochas metaultramáficas que ocorrem associadas com o Gnaisse Arenopolis na Área V. **(A)** Afloramento métrico de blocos in situ formando pequenos morrotes que se destacam no relevo. (TF23-AV-P83, coordenadas: 435563E 8185718S). **(B)** Afloramento de xistos ultramáficos em blocos métricos in situ. (TF23-AV-P81, coordenadas: 435601E 8186097S). **(C)** Amostra coletada em campo de serpentinito com textura "jackstraw" (Pimentel & Fuck, 1986) (TF23-AV-P83, coordenadas: 435563E 8185718S). **(D)** Amostra coletada do talco-serpentina fels (TF23-AV-P81, coordenadas: 435601E 8186097S).....121

Figura 7.20: Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P81B: **(A)** Agregados de talco estão englobando cristais de serpentina com textura mesh. **(B)** Destaque para possível pseudocristal de olivina reliquiar de tamanho de 0,2 mm. Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P83D: **(C)** Trama textural predominantemente lepidoblástica marcada pela orientação dos cristais de clorita mas que localmente apresenta-se em um arranjo

desordenado. **(D)** Detalhe para domínio não contínuo rico em talco e serpentina fibro radial sem orientação preferencial cortando a foliação.....122

Figura 7.21: Localização do Granito Serra do Tatu na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico. **(B)** Composição colorida RGB. **(C)** Canal do Tório em ppm (Th).....123

Figura 7.22: Aspectos gerais do Granito Serra do Tatu, no contexto da Área V. **(A)** Foto panorâmica indicando o contato entre as unidades Granito Serra do Iran e o Granito Serra do Iran na Área V, percebe-se que a Unidade Granito Serra do Iran preferencialmente se aloja em relevo com altos topográficos. **(B) e (C)** Afloramento de blocos in situ com foliação de direção NNW/SSE, detalhe na face intemperizada evidenciando foliação com estiramento mineral. (TF23-AV-P87, coordenadas: 434887E 8185295S). **(D) e (E)** Amostras coletadas onde é possível observar a coloração leucocrática e textura milonítica. Também nota-se a composição mineralógica da rocha, com cristais de feldspato potássico, quartzo e biotita. (TF23-AV-P80, coordenadas: 434887E 8185295S).....125

Figura 7.23: Fotomicrografias da lâmina TF23-VII-P77: **(A)** Aspecto geral da lâmina. **(B)** Destaque para textura mirmequítica observada no contato entre microclínio e plagioclásio **(C)** Cristal de plagioclásio sericitizado **(D)** Cristais de ortoclásio com textura micropertítica, onde se observa plagioclásio exsolvido.....126

Figura 7.24: Localização do Granito Ribeirão Água Limpa na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico. **(B)** Composição colorida RGB. **(C)** Canal do Tório em ppm (Th).....127

Figura 7.25: Aspectos gerais do Granito Ribeirão Água Limpa, no contexto da Área V. **(A)** Afloramento métrico de blocos in situ em margem de drenagem seca. (TF23-AV-P161, coordenadas: 422299E 8185094S). **(B)** Amostra coletada em campo onde se observa a face fresca da rocha. (TF23-AV-P161, coordenadas: 422299E 8185094S). Fotomicrografias da lâmina APA19 **(C)** Aspecto principal da lâmina, onde se observa plagioclásio sericitizado e saussuritizado, epidoto secundário formado a partir da saussuritização, biotita muito alterada e inclusão de apatita em feldspato potássico. **(D)** Destaque para cristal de feldspato potássico micropertítico, com inclusões de plagioclásio. Observa-se também cristal de plagioclásio zonado e saussuritizado.....128

Figura 7.26: Localização da Unidade Granito Serra do Iran na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. **(A)** Unidade destaca no mapa geológico; **(B)** Composição colorida RGB. **(C)** MDE.....129

Figura 7.27: Foto panorâmica da escarpa da Serra da Margarida, onde é possível observar a dimensão quilométrica da serra, composta predominantemente pela litofácies sienogranito de granulação grossa da Unidade Serra do Iran.....130

Figura 7.28: Diagrama QAP para classificação de rochas ígneas plutônicas em função da composição modal representando as fácies encontradas na Unidade Granito Serra do Iran, discriminando suas composições a partir das lâminas petrográficas obtidas.....131

Figura 7.29: Aspectos gerais do sienogranito da Unidade Granito Serra do Iran na Área V: **(A)** Afloramento de blocos métricos in situ do sienogranito (TF23-AV-P21,

coordenadas: 430860E 8188279S). **(B) e (C)** Afloramentos de blocos métricos e em lajedo, respectivamente, de sienogranito encontrado na Serra da Cruz (TF23-AV-P137, coordenadas: 430782E 8186754S; TF23-AV-P135, coordenadas: 430417E 8186471S). **(D)** Amostra do sienogranito coletado, onde é possível observar suas características principais, como sua coloração leucocrática, grau de visibilidade fanerítica e granulação média a grossa (TF23-AV-P136, coordenadas: 430592E 8186762S).....131

Figura 7.30: Fotomicrografias da amostra TF23-V-P15: **(A)** Aspecto geral da lâmina, onde se observa a relação entre os cristais de plagioclásio, quartzo e ortoclásio, com destaque para os agregados de plagioclásio com menor granulação que apresentam saussuritização apenas no centro do cristal, indicando zonação. **(B)** Feldspato potássico micropertítico, com albita exsolvida. **(C) e (D)** Destaques para a relação entre os cristais de biotita e clorita, no qual se observa que a clorita se forma a partir da alteração da biotita..... 133

Figura 7.31: (A) Afloramento de blocos métricos in situ de quartzo-diorito do Granito Serra do Iran (TF23-AV-P93, coordenadas: 429954E 8185487S) **(B)** Afloramento de quartzo diorito em margens de drenagem com blocos centimétricos (TF23-AV-P16, coordenadas: 432278E 8188845S) **(C)** Amostra de tonalito coletado, porfirítico, mesocrática e granulação média (TF23-AV-P16, coordenadas: 432278E 8188845S) **(D)** Amostra de quartzo-diorito coletada em campo, onde é possível observar agregados de fenocristais félsicos. (TF23-AV-P138, coordenadas: 430942E 8186739S)..... 134

Figura 7.32: Fotomicrografias da amostra TF23-V-P93: **(A)** Cristal de plagioclásio sericitizado **(B)** Aspectos dos cristais de hornblenda sofrendo alteração para biotita. **(C)** Destaque para cristal de plagioclásio em contato com cristal de feldspato potássico, onde se observa textura mirmequítica. **(D)** Cristais de plagioclásio com o centro sericitizado..... 135

Figura 7.33: Fotomicrografias da amostra TF23-V-P143: **(A)** Xenocristal de quartzo envolvido por hornblenda. É possível observar também fenocristal de plagioclásio em uma matriz composta predominantemente por plagioclásio e hornblenda. **(B)** Cristais de piroxênio se alterando para hornblenda. A hornblenda, por sua vez, parece estar se alterando para biotita. **(C)** Destaque para cristais de plagioclásio sericitizados. Também é possível observar cristais de hornblenda se alterando para biotita. **(D)** Cristal de piroxênio exibindo alteração para hornblenda. Também se observa biotita associada..... 137

Figura 7.34: Fotomicrografias da amostra TF23-V-P138B: **(A)** Xenocristais de quartzo e plagioclásio e fenocristal de hornblenda em matriz predominada por plagioclásio e hornblenda. Os xenocristais apresentam bordas reabsorvidas. **(B)** Cristal de hornblenda exibindo alteração para clorita em suas bordas. **(C)** Porção das fácies graníticas, composta de plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e biotita. **(D)** Xenocristal de quartzo, exibindo engolfamento.....139

Figura 7.35: Feições de mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran. (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S). Nota-se a inclusão da fácies intermediária na fácies máfica e vice-versa, o que é comumente

observado durante este processo.....140

Figura 7.36: Fotomicrografias da amostra TF23-V-P138: **(A)** Cristal de hornblenda apresentando cores de interferência anômalas, indicando alteração para biotita. **(B) e (C)** Fenocristais de plagioclásio saussuritizado na matriz da rocha, que é composta predominantemente de hornblenda e plagioclásio. **(D)** Fenocristal de hornblenda exibindo alteração para biotita. São observados também opacos, que geralmente se encontram associados a biotita. Imagem a polarizador paralelo.....141

Figura 7.37: (A) Visão panorâmica do afloramento de blocos métricos in situ de dique alcalinos de direção 52ºSW. (TF23-AV-P178, coordenadas: 431339E 8185101S). **(B)** Blocos in situ de dimensão métrica de rochas alcalinas. (TF23-AV-P178, coordenadas: 431339E 8185101S). **(C)** Amostra coletada em campo porfirítica de rocha alcalina. (TF23-AV-P147, coordenadas:432794E 8186835S). **(D)** Amostra coletada em campo afanítica de rocha alcalina. (TF23-AV-P92, coordenadas: 429988E 8188696S).....142

Figura 7.38: Fotomicrografias da amostra ARE 31B: **(A)** Aspecto geral da lâmina, onde é possível observar fenocristais de titano-augita, olivina e nefelina numa matriz composta principalmente de plagioclásio e opacos. **(B)** Fenocristal de olivina apresentando alteração conhecida como "iddingsita". Fotomicrografias da amostra I-P13(9): **(C)** Textura subofítica da lâmina entre os cristais de titano-augita e plagioclásio **(D)** Detalhe da textura principal da lâmina, com cristais de titano-augita, olivina e plagioclásio..... 144

8. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....145

Figura 8.1: Mapa geológico simplificado do oeste do Goiás evidenciando os principais lineamentos regionais. Modificado a partir de CPRM.....145

Figura 8.2.: Estereogramas associados ao Domínio Piranhas. **(A)** Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, evidenciando padrões heterogêneos. **(B)** Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho principal para NW..... 146

Figura 8.3: Estereogramas associados ao Domínio Caiapônia. **(A)** Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, destacando a direção preferencial NW-SW. **(B)** Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho de baixo a médio ângulo de mergulho com direção predominante para NW, NE e SE..... 147

Figura 8.4: Mapa Estrutural Integrado do Projeto Arenópolis, evidenciando os domínios estruturais definidos para a região com as principais zonas de cisalhamento (Z.C.).....148

Figura 8.5: Estereogramas associados ao Domínio Arenópolis. **(A)** Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, destacando a direção preferencial NNW-SSW. **(B)** Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho de baixo a médio ângulo de mergulho com direção predominante para NW, NE e SE..... 149

Figura 8.6: Mapa de domínios estruturais da área V.....150

Figura 8.7: Estereogramas referentes ao Domínio Caiapônia na Área V. (A) Estereograma de densidade de pólos de foliação mergulhando 10 a 80° para SW. (B) Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de 10 a 80 para S.....151

Figura 8.8: Diferentes tipos de foliações encontradas no Domínio Caiapônia. **(A)**

Foliação em xistos ultramáficos da Unidade CSA (TF23-V-P42, coordenada: 418949E 8189041S). **(B)** Foliação em xistos metassedimentares da Unidade CSA. (TF23-V-P44, coordenada:419529E 8189016S). **(C)** Foliação evidenciando a Clivagem de Crenulação nos xistos metassedimentares, Unidade CSA. (TF23-V-P44, coordenada:419529E 8189016S). **(D)** Foliação em xistos metassedimentares da Unidade CSA, com bandas centimétricas ricas em quartzo.....152

Figura 8.9: Bandamento gnáissico no Gnaisse Arenópolis, Domínio Caiapônia. (TF23-V-P02, coordenada:435895E 8187968S).....153

Figura 8.10: Estereogramas referentes à dobra recumbente em anfibolito da Unidade Córrego do Santo Antônio, Domínio Caiapônia. **(A)** Estereograma com densidade de polos de flancos com foliação subvertical junto com os flancos médios. **(B)** Estereograma com a densidade das medidas do eixo, apresentando eixo subhorizontal.....154

Figura 8.11: Diferentes tipos de dobras encontradas no Domínio II. **(A) e (B)** Dobra recumbente em anfibolito da Unidade CSA. (TF23-V-P101, coordenada: 428164E 8185441S). **(C) e (D)** Dobra intrafolial, na Unidade Gnaisse Arenópolis. (TF23-V-P80, coordenada:435649E 8186323S) 155

Figura 8.12: Estruturas e texturas associadas com a Zona de Cisalhamento Ribeirão: **(A)** e **(B)** Planos de cisalhamento na litofácies calcissilicatica da Unidade CO pontos TF23-V-P134 e TF23-V-P173 respectivamente. **(C) e (D)** Bandas félsicas orientadas paralelas à foliação na litofácies calcissilicatica da Unidade Córrego da Onça, ponto TF23-V-P134. **(E)** Foliação milonítica com porfiroblastos de quartzo no Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P76. **(F)** Lineação de estiramento em milonitos do Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P74.....157

Figura 8.13: Porção central da área do Projeto Arenópolis com composição colorida RGB (K, eTh, eU) mostrando onde ocorrem as zonas de cisalhamento e a relação das microestruturas presentes nas rochas que estão distribuídas próximo a estas zonas..... 158

Figura 8.14: Fotomicrografias do hornblenda-biotita milonito do Gnaisse Arenópolis, lâmina TF23-V-P74, onde se observam: **(A)** Subgrãos de quartzo com contato lobular. **(B)** Subgrãos de quartzo com extinção ondulante e contato lobado. **(C)** Porfiroblastos de quartzo com cinemática sinistral formando complexo grão-cauda tipo-σ. **(D)** Estruturas mica fish com cinemática sinistral em cristais de biotita.....159

Figura 8.15: Fotomicrografias do quartzo-muscovita xisto da Unidade Córrego do Santo Antônio, lâmina TF23-V-P54C, onde se observam: **(A)** Dois domínios microestruturias bem definidos com um domínio de granulação densa com definida pelos cristais de sericita, muscovita e quartzo. Outro domínio de textura milonítica definida pelos minerais de sericita, quartzo e opacos. **(B)** Sigmóide de quartzo em matriz fina, compondo subgrãos de quartzo com extinção ondulante.....160

Figura 8.16. Mapa com principais feições lineares da Área V, feito a partir do MDE e 1ª Dz, respectivamente.....160

Figura 8.17: Diagrama de roseta das fraturas encontradas na Área V.....161

Figura 8.18: (A) e (B) Famílias de fraturas encontradas pela Área V, nos xistos

ultramáficos da Unidade Córrego do Santo Antônio, ponto TF23-V-P61 e sienogranito do Granito Serra do Iran, ponto TF23-V-P21, respectivamente..... 162

Figura 8.19: (A) Dique de composição vulcânica alcalina de dimensão métrica com direção NE-SW, ponto TF23-V-P91. **(B)** Veio quartzo-feldspático intrudido na Unidade Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P01..... 163

Figura 8.20: (A) e (B) Exemplos de veio de quartzo, com características de rocha de falha, muitas vezes encontradas de forma não coesa e brechada..... 163

9. GEOLOGIA ECONÔMICA..... 164

Figura 9.1: 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)..... 165

Figura 9.2: Mapa de processos minerários por substância na área do Projeto Arenópolis (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro/2023)..... 170

Figura 9.3: (A) Amostra de tonalito da unidade Granito Serra do Iran. (B) Detalhe na amostra onde é possível observar sulfetos disseminados..... 171

Figura 9.4: (A) Fotomicrografia do talco-serpentinito evidenciando a abundância de talco nas rochas desta unidade. **(B)** Amostra de talco-serpentinito..... 172

Figura 9.5: Aparência geral do Granito Serra do Iran. Do ponto de vista estético, a mudança de fácies podem atribuir à rocha uma formosa aparência..... 174

10. EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO PROJETO ARENÓPOLIS..... 175

Figura 10.1: 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)..... 177

Figura 10.2: Diagrama ternário de Pearce (1996) para classificação dos anfibolitos das unidades Córrego da Onça e Córrego Santo Antônio. Fonte: SGB-CPRM (2021)..... 178

Figura 10.3: 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)..... 179

Figura 10.4: 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)..... 180

Figura 10.5: 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)..... 182

Figura 10.6: Modelo evolutivo do estágio pós-colisional na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021)..... 184

Figura 10.7: 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)..... 186

Figura 10.8: (A) Afloramento de anfibolito dobrado pertencente a Unidade Córrego do Santo Antônio (416244E/8190590S), evidenciando **(B)** o padrão de interferência de dobra F2 com dobra F1 e as relações de sobreposição das gerações de foliações. A Foliação

plano-axial S2 compõe a foliação predominante na área do projeto, enquanto a foliação S1 se mostra transposta e incluída nos planos de F2. **(C)** Estereograma mostrando os pólos dos flancos da dobra F2, bem como o seu perfil e superfície axial, além do eixo.....187

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.....189

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....190

Figura 11.1: (A) Mapa cartografado pela SBG na área do Projeto Arenópolis (Carneiro & Meneghini, 2020); **(B)** Mapa geológico produzido pelo Projeto Arenópolis..... 192

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Cronograma de atividades ocorridas ao decorrer da execução do Projeto Arenópolis.

Tabela 3.1: Principais unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis o e suas respectivas idades.

Tabela 4.1: Características da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (Extraído de: INPE, 2019).

Tabela 5.1: Descrição dos domínios magnéticos para o Projeto Arenópolis.

Tabela 5.2: Caracterização dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Arenópolis.

Tabela 5.3: Caracterização dos domínios gamaespectrométricos da Área V.

Tabela 7.1: Relação de lâminas descritas pela Área V, junto com a sua unidade, classificação e localização.

Tabela 10.1: Estágios de evolução tectônica do Arco Magmático de Arenópolis referente às unidades do Projeto Arenópolis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1DZ - Primeira derivada vertical do CMA

ALOS - Advanced Land Observing Satellite

AMG - Arco Magmático Goiás

ASA - Amplitude do Sinal Analítico

ASF - Alaska Satellite Facility

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite

CMT - Campo Magnético Total

CMY – Ciano, Magenta, Yellow

CO - Unidade Córrego da Onça

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

CSA - Unidade Córrego do Santo Antônio

CT - Contagem total

DX - Primeira Derivada horizontal do CMA no eixo X

DY - Primeira Derivada horizontal do CMA no eixo Y

eTh - Equivalente de Tório

ETR - Elementos Terras Raras

eU - Equivalente de Urânio

FB - Faixa Brasília

GHT - Gradiente Horizontal Total

GPS - Global Positioning System

IG - Instituto de Geociências

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency

Landsat - Land Remote-Sensing Satellite (System)

LMNB - Lineamento Moiporá-Novo Brasil

LTB - Lineamento Transbrasiliano

Ma - Milhões de anos

MDE - Modelo Digital de Elevação

MME - Ministério de Minas e Energia

PAGO - Província Alcalina de Goiás

RGB - Red - Green - Blue

SCLM - Sub-continental Lithospheric Mantle

SMAP - Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

SMVS - Sequência Metavulcanossedimentar

TILT - Inclinação do Sinal Analítico

UnB - Universidade de Brasília

VMS - Volcanogenic Massive Sulfide

ZCCA - Zona de Cisalhamento Córrego da Areia

ZCP - Zona de Cisalhamento Piranhas

ZCR - Zona de Cisalhamento Ribeirão

amp - anfibólio

an - anortita

aug - augita

bt - biotita

chl - clorita

cpx - clinopiroxênio

ep - epidoto

grt - granada

hbl - hornblenda

il - ilmenita

kfs - feldspato potássico

mag - magnetita

ms - muscovita

nph - nefelina

ol - olivina

pl - plagioclásio

px - piroxênio

qz - quartzo

rt - rutilo

srp - serpentina

tlc - talco

tr- tremolita

ttn - titanita

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

O Projeto Arenópolis corresponde ao conjunto de atividades desenvolvidas pelos alunos de graduação do curso de Geologia do Instituto de Geociências - IG da Universidade de Brasília - UnB. Esse projeto representa o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e está integrado às disciplinas "Preparação do Mapeamento Geológico Final" e "Trabalho de Mapeamento Geológico Final". Este relatório atual oferece uma análise detalhada das investigações conduzidas no âmbito desse projeto, com ênfase nos dados e produtos relacionados à Área V.

O projeto foi desenvolvido entre os meses de março e dezembro de 2023 e consistiu na confecção de um mapa na escala 1:25.000, situada entre os municípios de Piranhas, Arenópolis, Caiapônia e Diorama, no sudoeste do Estado de Goiás. A área total do projeto, abrangendo cerca de 890,92 km², foi segmentada em 10 áreas, sendo 6 áreas com extensão de 80 km² e outras 4 com extensão aproximada de 102,73 km². O Projeto Arenópolis está inserido em duas folhas: Folhas Piranhas (SE.22-V-B-II, em escala de 1:100.000) e Caiapônia (SE.22-V-B-V, em escala de 1:100.000) cartografada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

Ao total, o Projeto Arenópolis contou com a participação de 21 alunos, sob a coordenação geral da Professora Natalia Hauser e com um comitê de orientação composto pelos docentes Elton Luiz Dantas, Luís Gustavo Ferreira Viegas, Caio Arthur Santos, Julia Curto Ma e Henrique Llacer Roig. Além de contar com o suporte dos profissionais (incluindo pessoal administrativo, de laboratório e motoristas) do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília durante todas as fases do projeto. Cada equipe de estudantes recebeu a atribuição de trabalhar em uma área específica, na qual aplicou as técnicas fundamentais de mapeamento geológico de acordo com a abordagem ensinada no curso de Geologia da Universidade de Brasília.

1.2. JUSTIFICATIVA

A região estudada tem questões geológicas de interesse, que apresentam grande potencial para o entendimento sobre o Arco Magmático Goiás. A área está inserida no contexto do segmento sul do Arco Magmático Goiás, a qual apresenta uma geologia diversa e complexa, composta por ortognaisses de composição tonalítica a diorita, rochas supracrustais da Sequência Arenópolis, como metatufos diacíticos e riolíticos da Unidade Córrego da Onça,

e rochas ígneas, micaxistos, quartzitos, metachert e metacalcário da Unidade Córrego Santo Antônio. Além disso, existem intrusões tardi a pós-tectônicas de plútons graníticos e rochas alcalinas da Suíte Alcalina de Goiás e há ainda a presença da cobertura fanerozóica sedimentar da Bacia do Paraná (Pimentel e Fuck, 1985).

Uma das vantagens de propor um novo mapeamento na região está relacionada à visão mais atualizada, quase 50 anos após os primeiros trabalhos realizados na área. Existem dois trabalhos de mestrado com uma visão mais atualizada desta sequência, sendo eles os de Pimentel (1985) e Carneiro (2019), que posteriormente foram convertidos em artigos científicos (Pimentel et al., 1985 e Carneiro et al., 2021).

O estudo da evolução geotectônica da área inclui o Arco Magmático Goiás, que desempenha um papel crucial na compreensão da evolução da Faixa Brasília Meridional. Isso ocorre porque o Arco Magmático Goiás registra dois momentos cruciais na formação do cinturão: o primeiro relacionado à criação de arcos de ilhas intraoceânicos e o segundo associado à formação de arcos continentais e ao fechamento do oceano Goiás, resultando na formação do cinturão de dobras e empurrões, Faixa Brasília (Laux et al., 2005).

No que diz respeito à sua relevância na formação de depósitos minerais, a região do Projeto Arenópolis está localizada dentro do Cinturão de Cu-Au de Arenópolis-Mara Rosa (Oliveira, 2000). Isso reforça a necessidade de estudos com o objetivo de se analisar o seu potencial metalogenético. Além disso, no contexto da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis, que faz parte do Arco Magmático Goiás, existem pedreiras de mármore em funcionamento.

Portanto, o projeto é justificado pela necessidade de entender o contexto geológico do Arco Magmático Goiás e seu potencial para a mineração e metalogenia. O projeto também servirá para confirmar ou atualizar pesquisas anteriores na região.

1.3. OBJETIVOS

O Projeto Arenópolis tem como objetivos o mapeamento geológico, confecção de um mapa geológico em escala 1:25.000 e a elaboração de um relatório técnico-científico. Além disso, tem também como objetivo identificar estruturas geológicas e observar as relações no terreno que contribuam para o esclarecimento da geologia da área, especialmente no que diz respeito à evolução tectônica da porção sul da Faixa Brasília.

1.4. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área do Projeto Arenópolis está localizada na porção sudoeste do estado de Goiás e é definida por um polígono que abarca as cidades de Piranhas (sede do projeto) e Arenópolis, Caiapônia e Diorama (Fig. 1.1). A distância que separa Brasília de Piranhas é de 528 km, e o percurso entre essas duas cidades ocorre seguindo pela BR-060 até chegar à cidade de Goiânia, onde se conecta à GO-60 até alcançar Piranhas.

Dentro da área do Projeto Arenópolis, os principais acessos são a partir da base do projeto no "Tropical Palace Hotel", no município de Piranhas, se dá pela GO-060, GO-188, GO-475, GO-472 e BR-158. Além de diversas estradas e caminhos de terra.

As principais vias de acesso para a Área V são a GO-060 e GO-188, além de contar com uma malha de vias não pavimentadas e trilhas que possibilitaram o amplo acesso por todo seu perímetro da área.

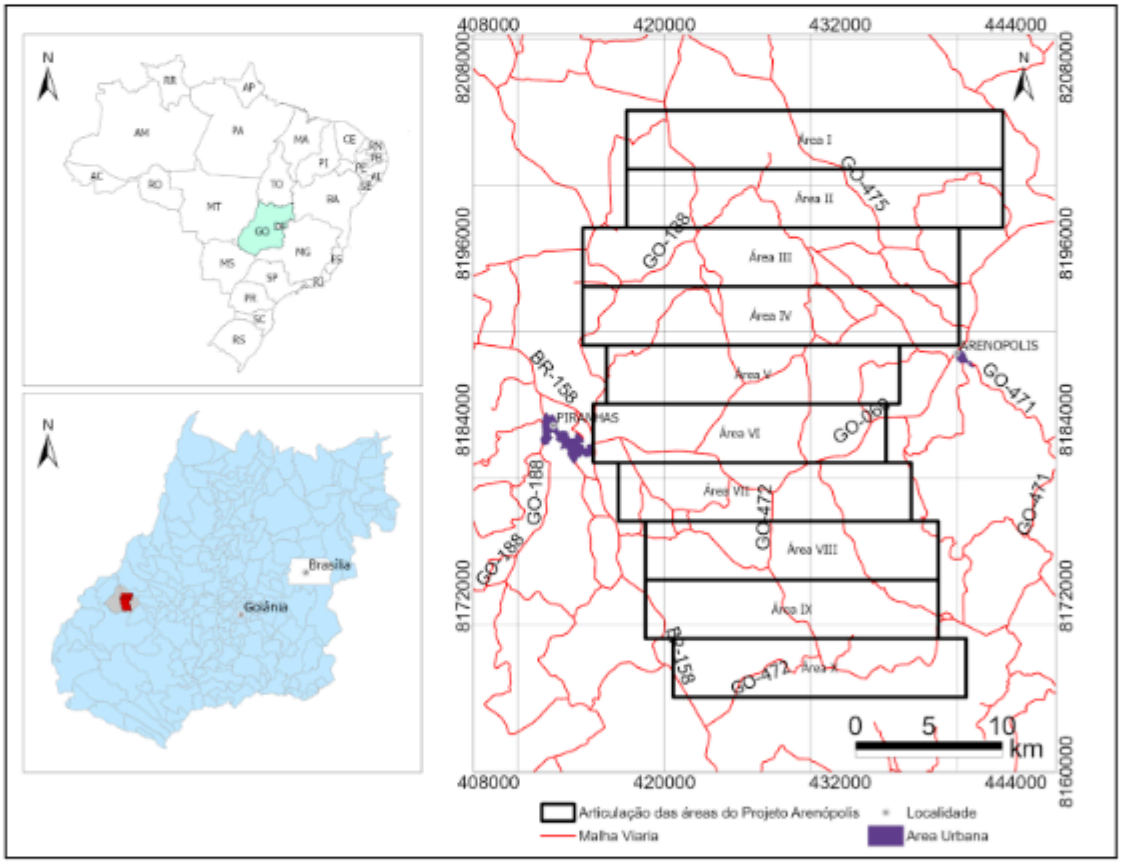


Figura 1.1: *Mapa do Brasil com destaque para a localização do estado de Goiás. Em detalhe, mapa de acesso para a área do Projeto Arenópolis saindo de Brasília.*

1.5. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA

Os primeiros estudos realizados na região correspondente na área do Projeto Arenópolis foram realizados por Pena & Figueiredo (1972) e Farias et. al. (1975). Projetos de mapeamento a diferentes escalas foram feitos na década de 1970 em regiões vizinhas, tal como o Projeto Piranhas (1975), em escala de 1:50.000 (Fig. 1.2), e o Projeto Amorinópolis (1977), na escala de 1:100.000.

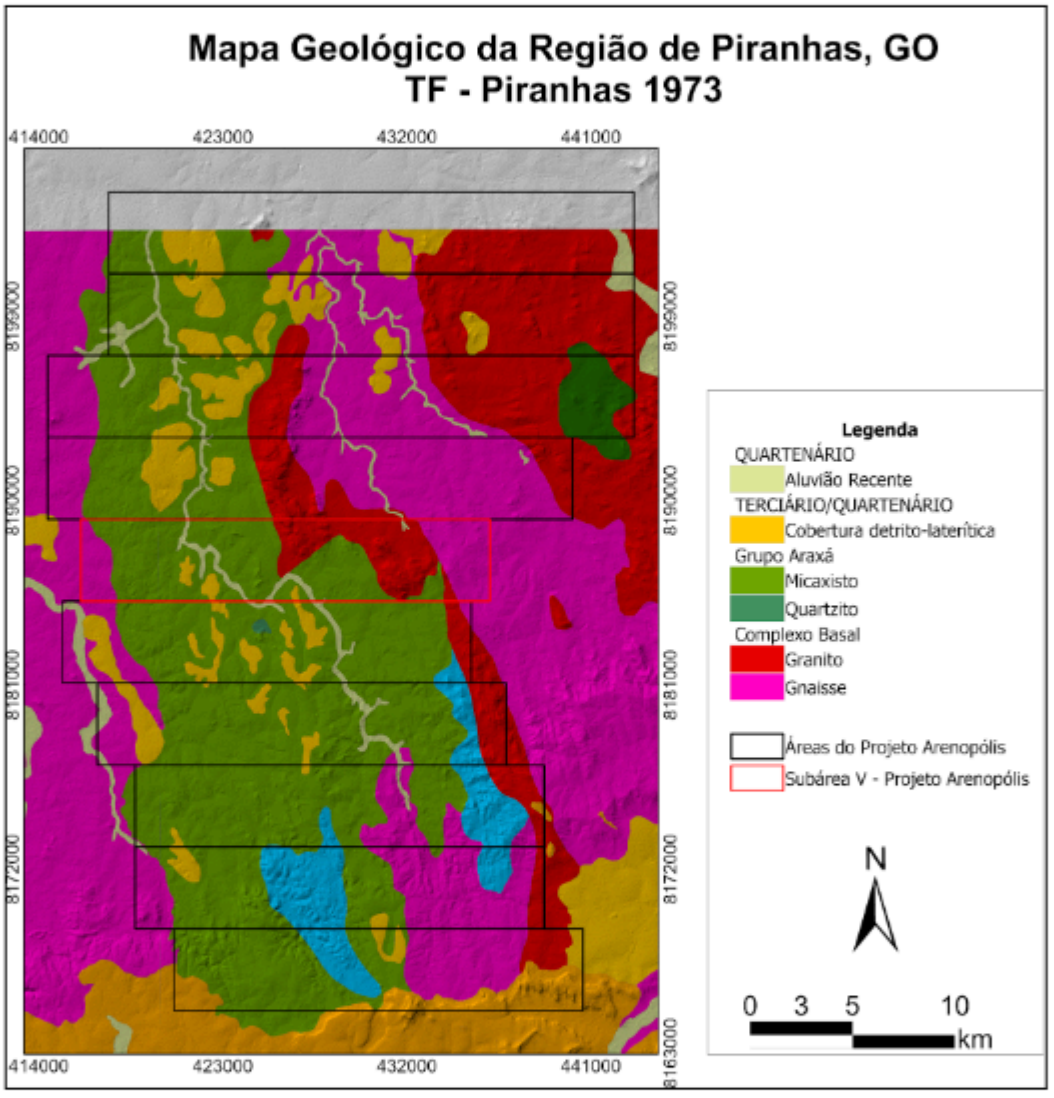


Figura 1.2: *Mapa Geológico da Região de Piranhas com as áreas abarcadas pelo Projeto Arenópolis na escala de 1:50.000. (Modificado de Projeto Piranhas, 1973)*

Nas décadas seguintes, os professores Dr. Marcio Pimentel e Dr. Reinhardt Adolfo Fuck realizaram diversos estudos na região, incluindo um mapeamento da área na escala 1:25.000 (Pimentel, 1985) (Fig. 1.3). A partir destes trabalhos, foram os primeiros a apresentarem evidências de magmatismo juvenil nos anfibolitos da sequência de Arenópolis e

obtiveram as primeiras idades neoproterozóicas (Pimentel, 1992; Pimentel & Fuck, 1986, 1987, 1992; Pimentel et al., 1985, 1991).

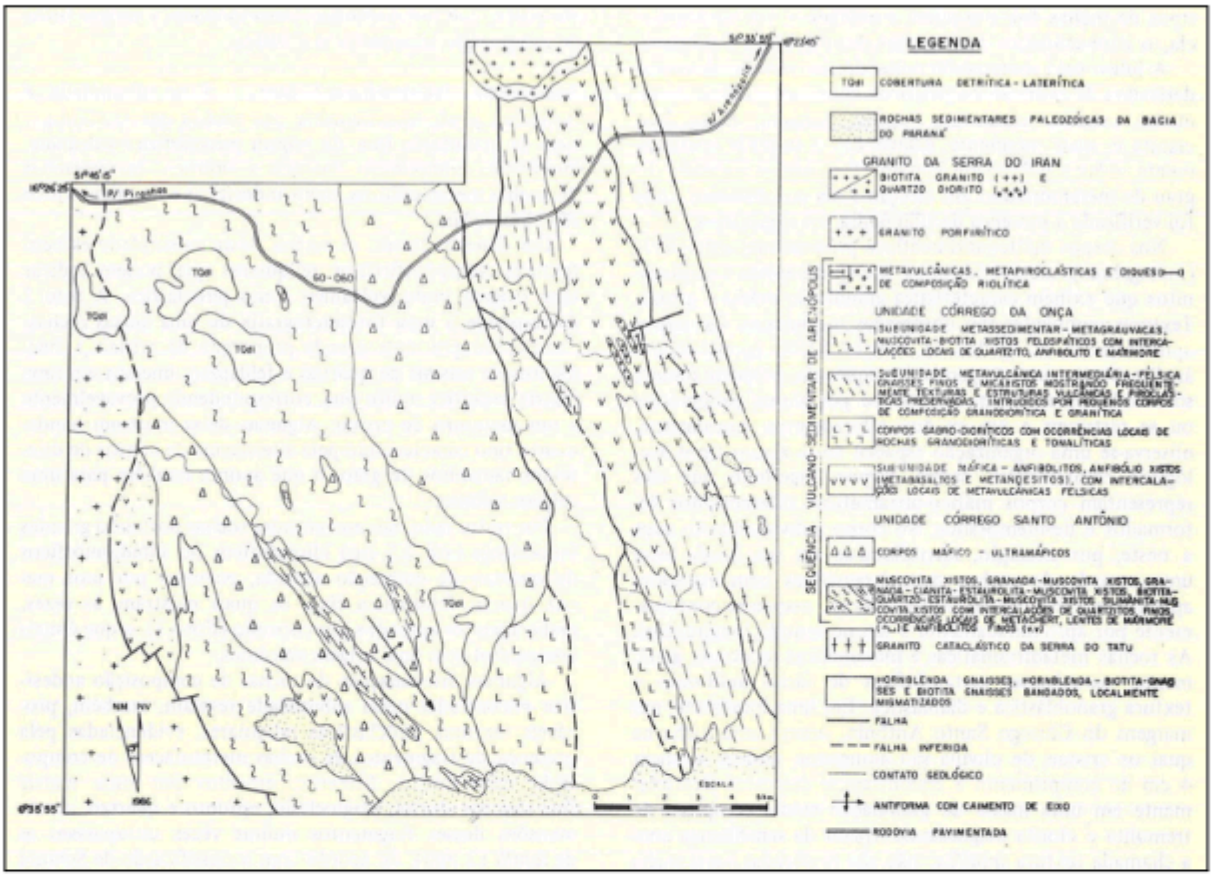


Figura 1.3: *Mapa Geológico da Região de Arenópolis/Piranhas na escala de 1:25.000. (Retirado de Pimentel, 1985).*

Carneiro (2019) realizou estudos concentrados na análise das rochas supracrustais localizadas no oeste da Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis, descrevendo suas características e explorando sua história evolutiva por meio de descrições petrográficas e mapeamento geológico. Ainda no ano de 2020, foram confeccionadas as Folhas Piranhas (SE.22-V-B-II, em escala de 1:100.000) e Caiapônia (SE.22-V-B-V, em escala de 1:100.000), cartografadas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

1.6. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

Os elementos físicos que compõem uma região estão intrinsecamente ligados aos processos naturais que ocorrem na superfície da Terra, incluindo o desgaste das formações geológicas tanto por ações físicas quanto químicas e biológicas, bem como as características das rochas subjacentes. Portanto, a compreensão da geografia física de uma determinada área desempenha um papel fundamental na realização do mapeamento geológico. Os aspectos

físicos aqui abordados englobam as condições climáticas, a cobertura vegetal, as características do solo, a configuração do relevo e a rede de cursos d'água relacionados à região do Projeto Arenópolis.

1.6.1. Geomorfologia

A área do Projeto Arenópolis está no contexto geomorfológico de Planaltos e Chapadas e na borda norte da Bacia Sedimentar do Paraná (MME, 1983) (Fig. 1.4).

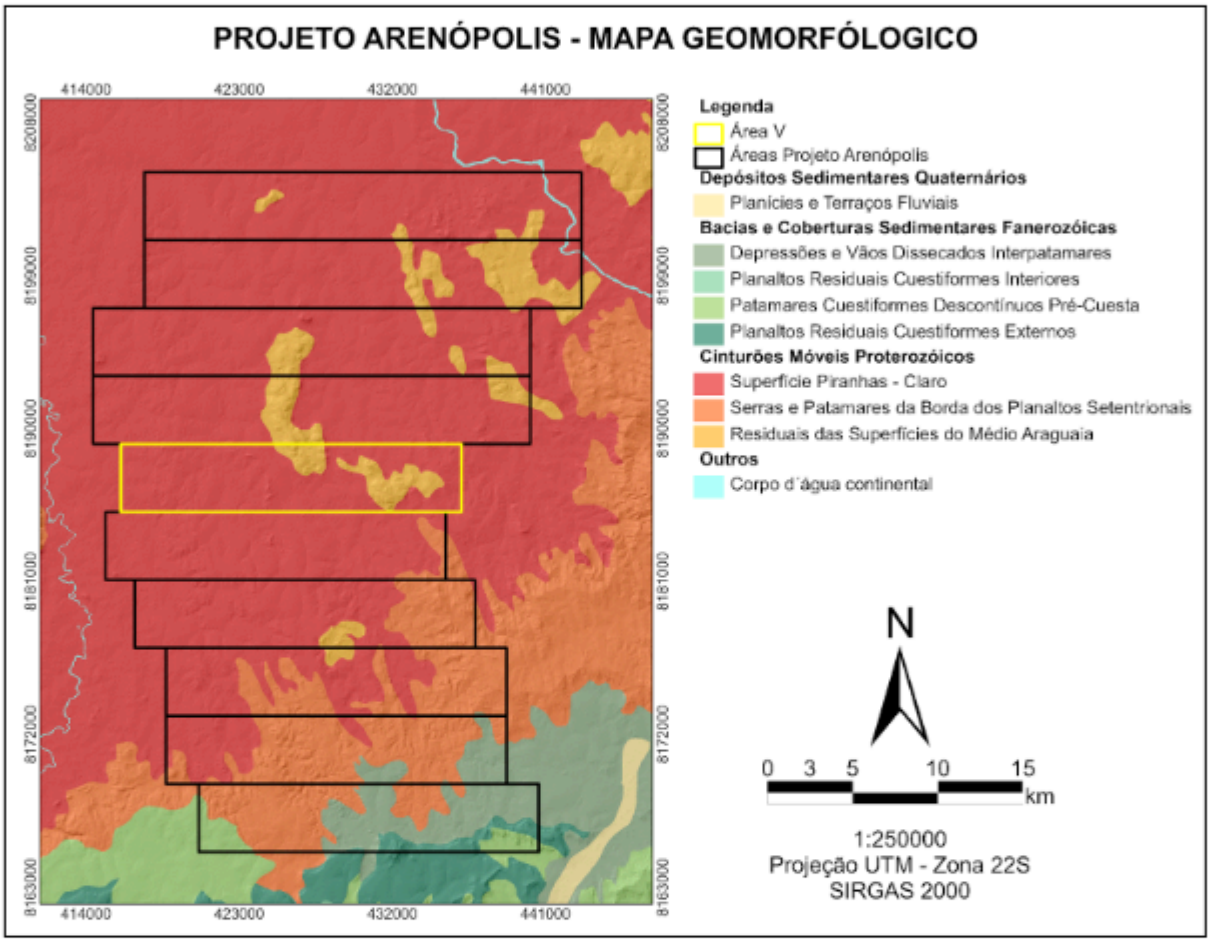


Figura 1.4: *Mapa de domínios de relevo do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado do Banco de Dados de Informações Ambientais. Base do Projeto SIVAM e Mapeamento de Recursos Naturais (1998). Escala 1:250.000.*

O tipo de relevo predominante é a Superfície Piranhas, caracterizada por um relevo aplainado na borda setentrional da bacia, com baixa densidade de drenagens. Também, como parte dos Cinturões Móveis Proterozoicos, estão presentes na área os Residuais das Superfícies do Médio Araguaia e as Serras e Patamares da Borda dos Planaltos Setentrionais, ambos caracterizados como borda da bacia. Os Residuais correspondem às paisagens topograficamente elevadas que se encontram isoladas ou agrupadas, formando serras, como a Serra da Margarida e a Serra da Cruz.

Outro tipo de relevo presente na área ocorre na porção sul do Projeto Arenópolis e faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná. Inclui depressões e planaltos cuestiformes da borda da bacia.

1.6.2. Clima

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da área do Projeto Arenópolis é do tipo AW, caracterizado por duas estações bem definidas: uma estação seca do mês de maio até o mês de setembro, e uma estação úmida, do mês de outubro até o mês de abril.

Segundo dados históricos do INMET (2022), a taxa de precipitação anual é de aproximadamente 1.300 mm (Fig. 1.5), concentrados principalmente entre os meses de dezembro a março. Os meses mais secos vão de maio a agosto, que apresentam pouco ou nenhum valor de precipitação.

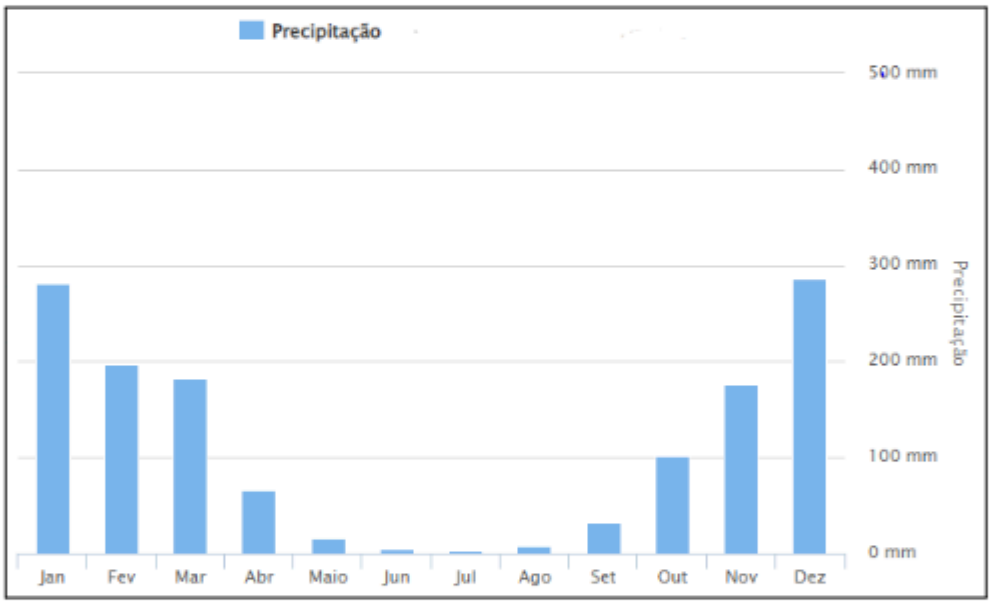


Figura 1.5: *Gráfico de precipitação registrada a partir de dados históricos do INMET (INMET, 2023).*

As temperaturas médias variam de 16 °C a 33 °C (Fig. 1.6), onde a temperatura média anual é de cerca de 25 °C. O mês mais quente do ano é outubro, com máxima de 33 °C e mínima de 23 °C, em média, enquanto que o mês mais frio do ano é junho, com a mínima de 17 °C e máxima de 29 °C, em média.

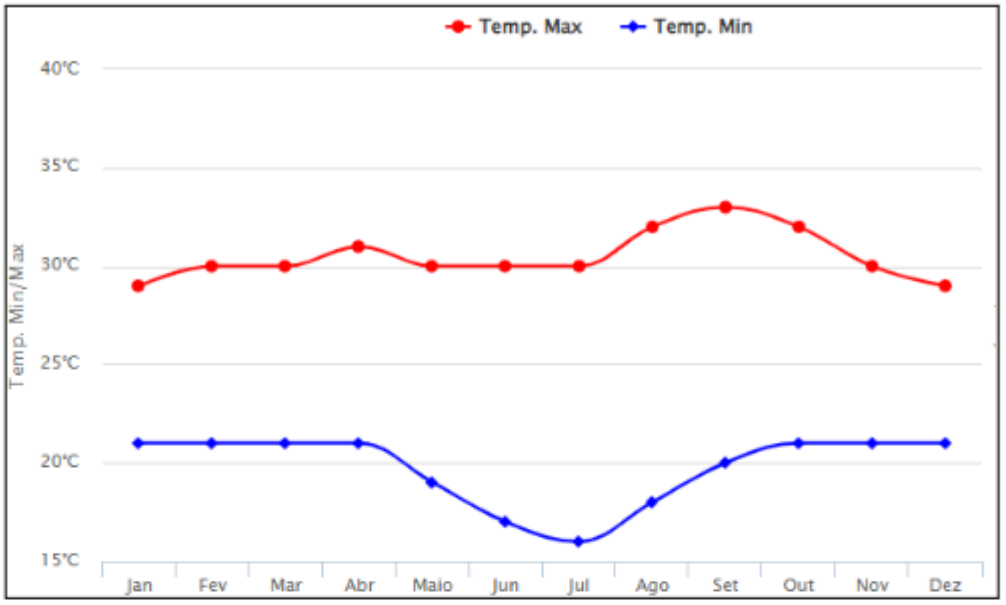


Figura 1.6: *Gráfico de temperaturas médias registradas a partir de dados históricos do INMET (INMET, 2023).*

1.6.3. Vegetação

A vegetação presente na área do Projeto Arenópolis é descrita a partir do mapa de cobertura vegetal disponibilizado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA, 2006) (Fig. 1.7), onde são observadas as coberturas vegetais Savana Parque, Savana Arborizada, Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Floresta Estacional Decidual Montana além da ocorrência de áreas de pecuária, de influência urbana e corpos d'água.

A maior parte da área do projeto já se encontra alterada pela ação humana, com influência urbana, pecuária e vegetação secundária. A pecuária é a formação dominante na área do projeto, que apresenta considerável cobertura de pastagens.

A vegetação nativa é composta por Savana Parque, Savana Arborizada, Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Floresta Estacional Decidual Montana. A cobertura do tipo Floresta Estacional Decidual é um tipo de vegetação predominantemente caducifólia, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período seco, enquanto que a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial ocupa os terraços e planícies holocênicas ao longo dos cursos d'água, sendo estruturalmente similar a mata ciliar. Já as vegetações do tipo Savana são a Savana Arborizada, considerada como cerrado típico, e a Savana Parque, que corresponde a vegetação arbóreo-arbustiva com altura média de dois a três metros (Sano et al. 2007).

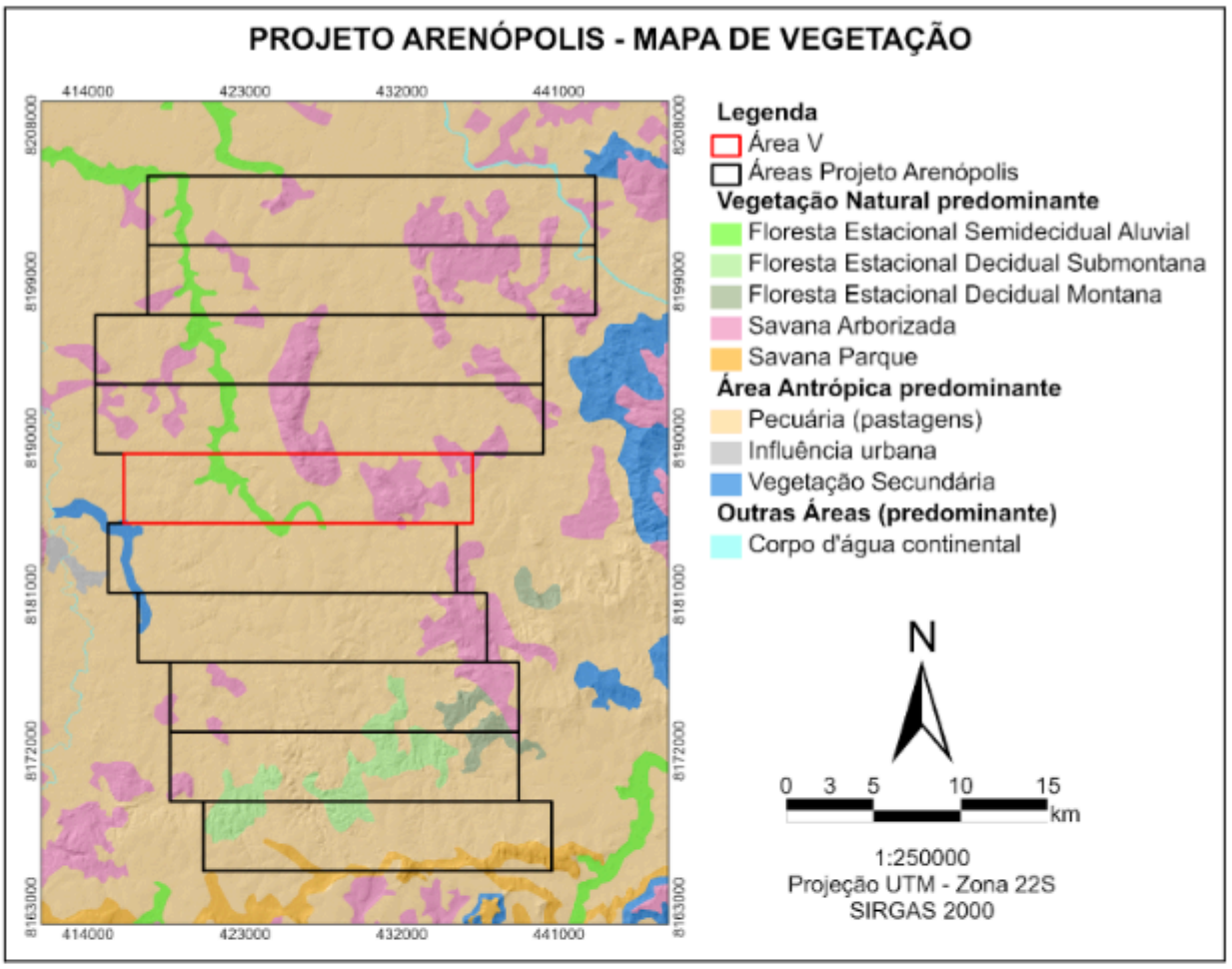


Figura 1.7: *Mapa de cobertura vegetal do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA, 2006). Escala 1:250.000.*

1.6.4. Solos

A maior parte da área do Projeto Arenópolis é composta de Latossolos, com presença também de Argissolos, Cambissolos e Nitossolos em menor quantidade (IBGE, 2023). Os Latossolos e o Cambissolo ocorrem normalmente em áreas onde o relevo é plano a levemente ondulado, pouco resistentes à erosão e estão relacionados com as unidades metavulcanossedimentar de composição básica-ultrabásica, onde é possível observador blocos, fragmentos de rochas e desmantelado de lateritos, com exceção do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, que ocorre apenas no planalto corresponde à borda da bacia do Paraná. Já os solos relacionados com as unidades graníticas são os Argissolos eutroficos, com predominância de planaltos e serras (Fig. 1.8).

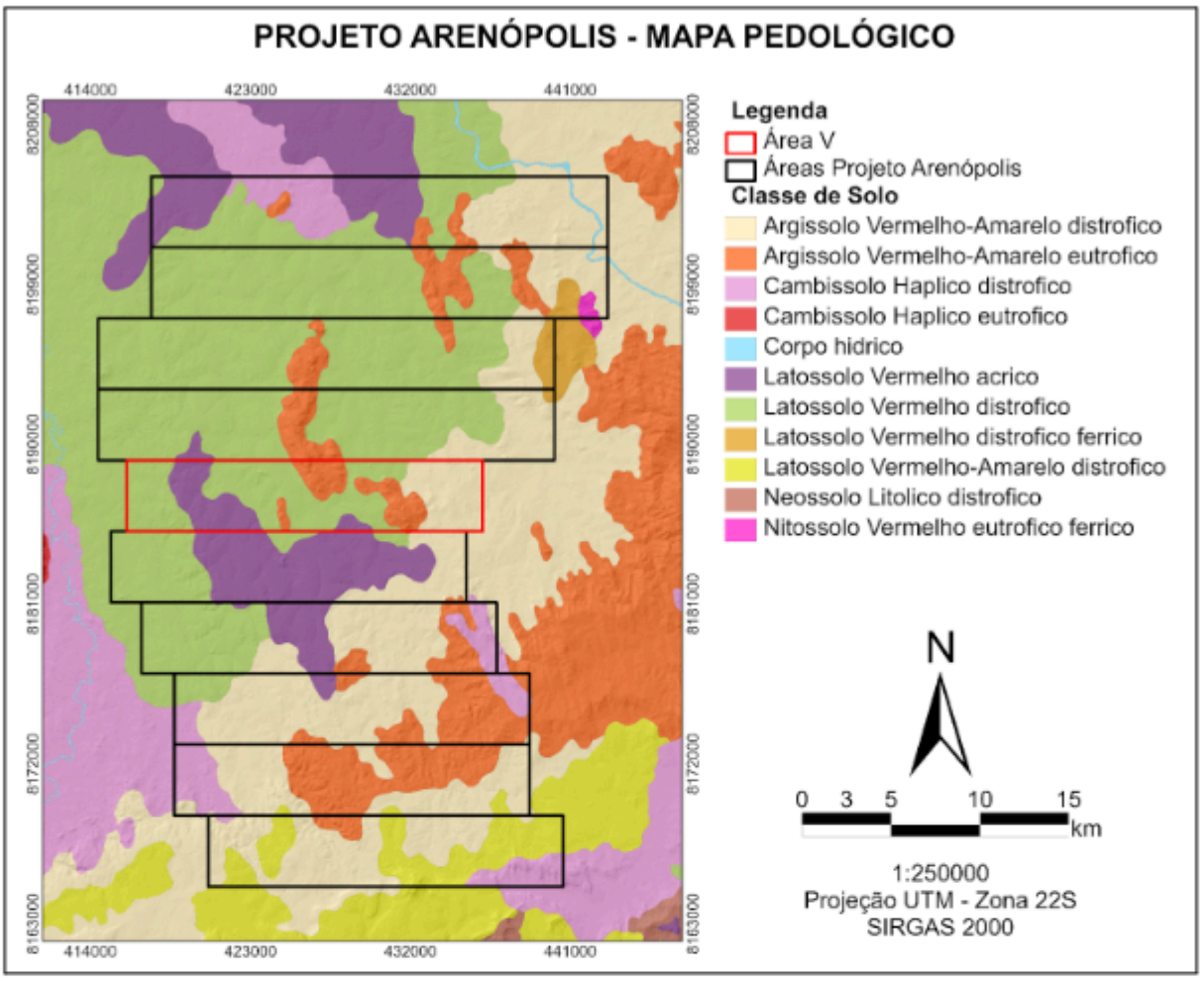


Figura 1.8: *Mapa de solos do Projeto Arenópolis e arredores. Retirado do Banco de Informações Ambientais do IBGE (IBGE, 2023). Escala 1:250.000.*

1.6.5. Hidrografia

O Projeto Arenópolis está localizado regionalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins-Araguaia, umas das maiores bacias brasileiras e que possui diversas subdivisões.

Localmente, está inserido na bacia do Rio Caiapó. Este rio se encontra presente no Projeto Arenópolis na região nordeste da área, com direção noroeste. Dentre os principais cursos d'água que deságuam no rio Caiapó ou em seus afluentes, estão o rio Piranhas, o ribeirão Ribeirão e córrego das Pedras.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração do Trabalho Final de Graduação de 2023 foi organizado em três fases distintas: a fase pré-campo, a fase de trabalho de campo e a fase pós-campo. Essa categorização foi estabelecida com base na natureza das atividades realizadas e na sequência cronológica em que essas atividades ocorreram (Tabela 1.1).

2.1. ETAPA PRÉ-CAMPO

Durante essa fase, o objetivo principal foi planejar e preparar as atividades que seriam realizadas no campo. Além disso, houveram reuniões semanais onde ocorreram apresentação de seminários, ministradas palestras e debates sobre tópicos relacionados à geologia da área de estudo, bem como ao contexto geológico e geotectônico regional.

Com esse fim, na etapa de revisão bibliográfica, foram consultados artigos científicos e trabalhos acadêmicos para um melhor entendimento sobre o contexto geológico regional da área do Projeto Arenópolis. Com o propósito de integrar o conhecimento geológico existente, procedeu-se à elaboração do capítulo de *Geologia Regional*.

Nesta mesma etapa, realizou-se o processamento dos dados obtidos por meio de sensores remotos e aerogeofísicos da área do Projeto Arenópolis, seguido pela análise e interpretação dos resultados gerados. Em seguida, foram elaborados o Mapa Base Fotointerpretativo e o Mapa Litogeofísico Preliminar com todas as áreas e individuais para cada área. Esses produtos derivados da análise e interpretação dos dados desempenharam um papel crucial para o mapeamento geológico. Os procedimentos para o processamento de dados e a metodologia empregada na criação desses produtos estão detalhados nos capítulos de *Sensoriamento Remoto e Aerogeofísica*.

Tabela 1.1: Cronograma de atividades ocorridas ao decorrer da execução do Projeto Arenópolis.

Etapa	Atividades	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
PRÉ - CAMPO	Revisão Bibliográfica										
	Capítulo: Aerogeofísico e Sensoriamento Remoto										
	Capítulo: Geologia Regional preliminar										
	Confecção: Mapa base e Mapa Geológico Preliminar										
CAMPO	Mapeamento Geológico										
	Confecção de mapa geológico preliminar										
	Seleção de amostras para laminação										
PÓS - CAMPO	Confecção de lâminas petrográficas										
	Confecção do mapa geológico										
	Confecção: Cap. Introdução, Materiais e Métodos										
	Revisão Cap. Geologia Regional										
	Confecção Geologia Local										
	Confecção Cap. Geologia Estrutural										
	Confecção Cap. Geologia Econômica										
	Confecção Cap. Evolução Tectônica										
	Confecção Cap. Conclusões										
	Versão Final										
	Apresentação e Defesa										
	Correções										

2.2. ETAPA CAMPO

A etapa de campo do projeto ocorreu durante um período de 16 dias, de 16 de julho a 1 de agosto, com o propósito de mapear a área de estudo em escala 1:25.000 e confeccionar um mapa geológico integrado preliminar. O mapeamento da área contou com uma equipe de 30 integrantes, dentre eles, estudantes, professores e servidores do Instituto de Geociências. Para essa tarefa, utilizamos uma Kombi, duas picapes e um micro-ônibus.

Foram realizados perfis estratégicos de caminhamento na Área V, com o objetivo de coletar dados distribuídos por toda a área, o que resultou na descrição de 191 pontos (Fig. 2.1). Esses trajetos foram planejados com base nos dados gerados por produtos aerogeofísicos e de sensoriamento remoto no primeiro semestre, onde foi priorizado caminhamentos no sentido E-W, perpendiculares às principais feições geológicas da região, e visitas nas áreas com anomalias gamaespectrométricas e magnéticas.

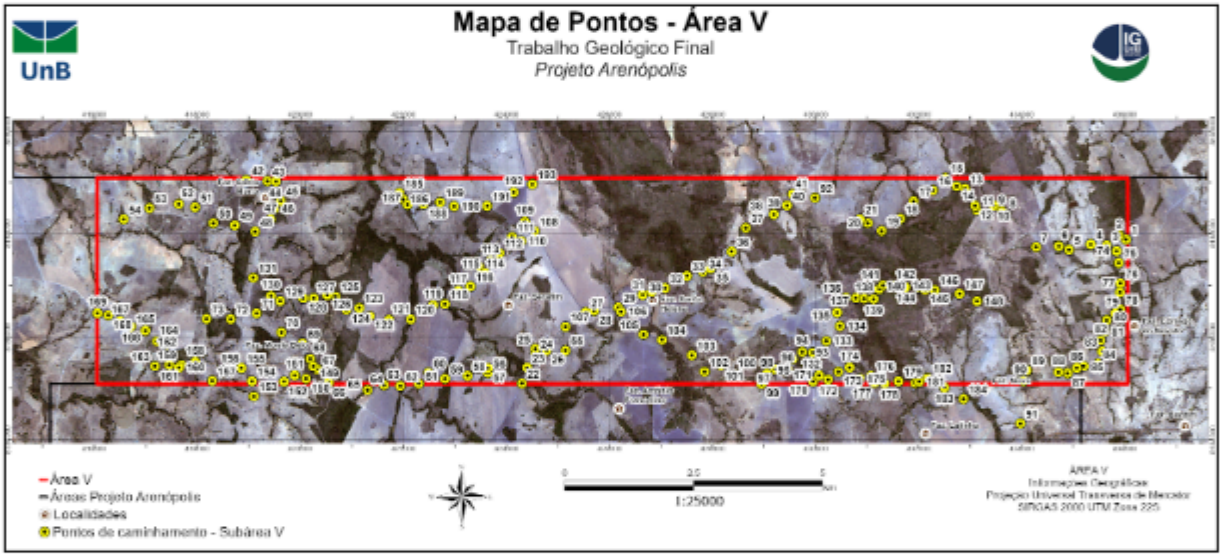


Figura 2.1: *Mapa de pontos da Área V.*

Em campo, foram realizadas descrições de dados sistemáticas dos afloramentos e características geológicas relevantes. Os dados incluem descrições dos afloramentos, descrição macroscópica das rochas, informações estruturais, pedológicas, e geomorfológicas, juntamente com registos fotográficos e a coleta de amostras destinadas à preparação de lâminas petrográficas. Para auxiliar nesse processo, foi utilizado diversos equipamentos e materiais, incluindo cadernetas de campo, martelos petrográficos, marretas, lupas, ímãs e equipamentos de proteção individual.

Além disso, foram empregados o uso de bússola do tipo Brunton, GPS e rádio, bem como aplicativos disponíveis em smartphones, como *Avenza Maps*, desenvolvido pela *Avenza*

Systems Inc., onde o aplicativo usa o GPS do smartphone para rastrear a posição, permitindo, assim, a marcação de pontos de interesse, o registro da rota percorrida e a captura de fotos georreferenciadas. Também foi utilizado o *FieldMove Clino,* desenvolvido pela *Petroleum Experts Limited*, usado na aquisição de medidas e orientação de superfícies planares e lineares em campo.

Após a cada realização dos perfis de caminhamento diários, decorriam reuniões para discutir sobre litologias e estruturas encontradas em campo, atualização do banco de dados individuais e planejar a logística para o dia seguinte. A metodologia usada para descrever e arquivar os dados coletados em campo foi padronizada e incluiu tabelas de pontos para todas as áreas, bem como etiquetagem das amostras coletadas. No final da etapa campo, foi finalizada a elaboração do mapa geológico integrado preliminar.

2.3. ETAPA PÓS-CAMPO

A etapa final do projeto teve início no segundo semestre letivo de 2023, entre os dias 28 de agosto e 15 de dezembro, quando os relatórios foram apresentados e defendidos. O principal objetivo dessa etapa foi a organização e integração dos dados coletados durante o trabalho de campo, com o propósito de aprimorar o mapa geológico final integrado e a produção dos relatórios de cada área . Para atingir esse fim, houve uma combinação dos dados obtidos nas etapas pré-campo e campo.

Durante essa etapa, foi feito um detalhamento com descrições e caracterizações de lâminas delgadas das amostras coletadas, para assim, ter um melhor entendimento da geologia local. No total, foram selecionadas XX amostras mais representativas das unidades mapeadas ou que tinham relevância para a compreensão da geologia estrutural e evolução geológica da área. As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação (LABLAM - UnB) e no laboratório Geolab, localizado na cidade de Recife-PE, e foram posteriormente analisadas em microscópios petrográficos de luz transmitida, usando métodos e critérios convencionais de petrografia no Laboratório de Microscopia, do Instituto de Geociências.

A partir da combinação dos dados provenientes das análises petrográficas e dados geoquímicos prévios, foram elaborados os capítulos que abordaram os seguintes tópicos: *Geologia Local, Geologia Estrutural, Geologia Econômica, Geoquímica e Evolução Geotectônica.*

3. GEOLOGIA REGIONAL

O Projeto Arenópolis está localizado na porção central da Província Tocantins, mais precisamente no setor sudoeste e meridional da Faixa Brasília, na porção do Arco Magmático Goiás, segmento Arenópolis (Pimentel et al., 1991; Pimentel; Fuck, 1992) e abrange parte norte da Bacia do Paraná. O contexto geológico da área abrange terrenos paleoproterozoicos a mesozoicos.

3.1. PROVÍNCIA TOCANTINS

A área de estudo está inserida no contexto da **Provincia Tocantins** (Figura 2.1), uma unidade geotectônica formada por um sistema de cinturões móveis situada na porção central do Brasil (Almeida et al., 1981). Essa unidade geotectônica trata-se de um orógeno neoproterozoico, associado ao **Ciclo Brasiliano**, que ocorreu entre aproximadamente 750 a 510 Ma, gerado pela colisão de três grandes blocos: o Cráton Amazonas, o Cráton São Francisco-Congo e o bloco Paranapanema. A união dessas massas continentais é uma parte essencial do processo de acreção do Gondwana Ocidental que ocorreu no final do Neoproterozoico (Brito Neves & Cordani, 1991; Trompette, 1994, Meert 2003)).

A colisão dos três grandes blocos que formaram a Província Tocantins resultou na formação de três faixas de cinturões de dobramentos, que são os principais componentes dessa região. Estas faixas são a **Faixa Araguaia** e **Paraguai**, localizadas nas margens leste e sudeste do cráton Amazonas, e a **Faixa Brasília**, situada na margem oeste do cráton São Francisco. (Fuck et al., 1994; Dardenne, 2000).

3.2. FAIXA BRASÍLIA

A Faixa Brasília (Fig. 3.1) é um cinturão de dobramento que ocupa a porção centro-leste da Província Tocantins, ao longo da margem oeste do Cráton São Francisco-Congo, com idade entre 900 Ma e 500 Ma (Fuck et al., 2017). Esta faixa se estende por aproximadamente 1200 km de extensão na direção N-S, através dos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Distrito Federal (Pimentel, 2000; Uhlein et al., 2012).

A Faixa Brasília consiste em uma série de dobras e empurrões que exibem um aumento gradual na deformação e metamorfismo de leste para oeste. Devido a essas particularidades, juntamente com a diversidade litológica, a Faixa Brasília é dividida em compartimentos, tanto no sentido norte-sul quanto no eixo leste-oeste. (Uhlein et al., 2012)

A compartimentação norte-sul da Faixa Brasília é baseada na evolução diacrônica da faixa e tendência estrutural, e pode ser compartimentada em dois flancos: Setor Meridional e Setor Setentrional. O Setor Meridional (Porção Sul) possui formato de arco com uma concavidade para o SW, com uma direção predominante de NW-SE. Por outro lado, o Setor Setentrional (Porção Norte) possui a forma de arco voltada para o NW, com uma direção principal de SW-NE (Fuck & Marini, 1979; Uhlein et al., 2012). Esses dois flancos se encontram e formam uma estrutura de interferência com uma curvatura para o leste, conhecida como Sintaxe dos Pirineus (Araújo Filho, 2000).

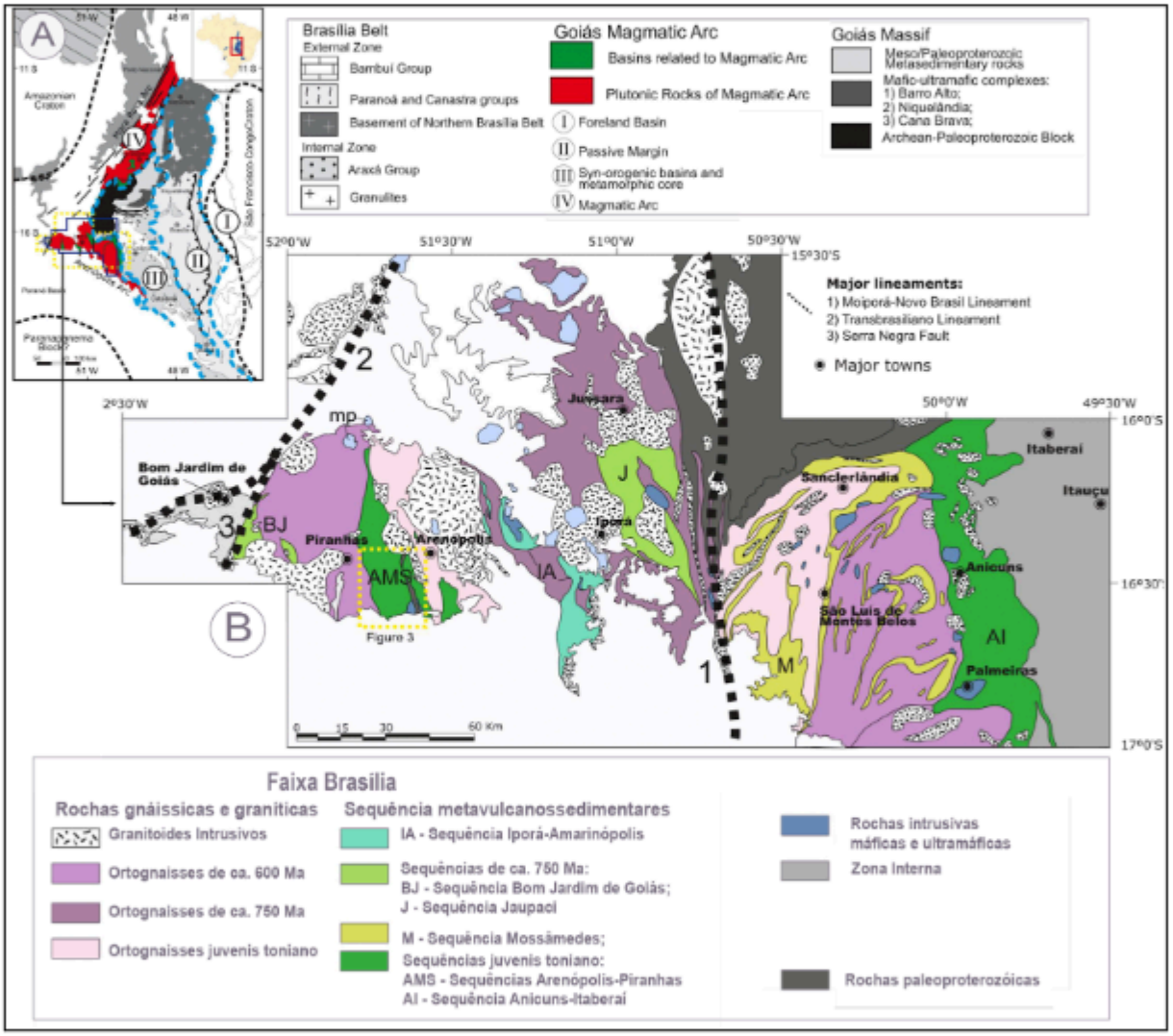


Figura 3.1: ***(A)*** *Mapa geológico da Província Tocantins com as principais unidades tectônicas da Faixa Brasília. Retirado de Carneiro et al., 2021. Compilado e modificado de Fuck et al. (1994; 2017) e Pimentel et* ***al. (2011).*** ***(B)*** *Mapa geológico simplificado do West Goias Project, mostrando o Segmento Arenópolis. Retirado de Carneiro et al., 2021.*

A compartimentação leste-oeste, é caracterizada pelo aumento progressivo do metamorfismo de leste para oeste. A individualização, proposta por Fuck *et al.* 1994, geralmente é representada em cinco compartimentos geotectônicos, sendo eles: Zona Cratônica, Zona Externa, Zona Interna, Maciço de Goiás e Arco Magmático de Goiás (Fig 3.1 A).

3.3. ARCO MAGMÁTICO GOIÁS

A unidade tectônica Arco Magmático Goiás (AMG) encontra-se na porção mais ocidental da Faixa Brasília, sendo delimitada a oeste pelo Lineamento Transbrasíliano. O AMG é um dos principais representantes do episódio de acreção de crosta juvenil da Faixa Brasília durante a formação do Gondwana, e é composto por um conjunto de arcos vulcânicos de idade neoproterozoica, encontrados em dois segmentos distintos, separados pelo Maciço de Goiás: o Segmento Mara Rosa e o Segmento Arenópolis. (Seer, 1985; Curto et al., 2014; Pimentel & Fuck, 2000, Pimentel e Fuck (1987).

3.4. ARCO MAGMÁTICO GOIÁS - SEGMENTO ARENÓPOLIS

O Segmento Arenópolis se encontra na porção sul do Arco Magmático de Goiás, localizado entre os municípios de Bom Jardim de Goiás e Edéia. Constitui-se por sequências metavulcanossedimentares intercalados com rochas metaplutônicas de composição intermediária.

Ademais, este segmento sul é setorizado em duas regiões estruturais bem definidas, separadas pelo Lineamento Moiporá-Novo Brasil (Martins et al., 2018). A porção oriental, é composto por duas sequências metavulcanossedimentares: a sequência Anicuns-Itaberaí (ca 830 Ma) e a sequência Mossâmedes (ca 900 Ma), estas sequências estão fortemente dobradas e empurradas para leste sobre os granulitos do Complexo Anápolis-Itauçu e são compostas por rochas metavulcânicas, como metabasaltos e meta-andesitos juvenis, e por metassedimentos, como micaxistos, metacherts e metacalcários (Laux et al., 2004, 2005, 2010).

Já na porção ocidental do segmento Arenópolis, se encontram de leste para oeste as seguintes sequências metavulcanossedimentares: Sequência Jaupaci (ca 747 Ma), Sequência Iporá-Amorinópolis (ca 630 Ma), Sequência Arenópolis-Piranhas (ca 910-890 Ma) e Sequência Bom Jardim de Goiás (ca 750 Ma) (Marques, 2017; Rodrigues et al, 1999; Pimentel & Fuck, 1992; Guimarães et al, 2012). Neste setor, a deformação ocorre principalmente em zonas de cisalhamento na direção NNW-SSE, enquanto os limites mais

ocidentais são delineado por lineamentos de direção NE-SW, correspondendo ao Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus *et al.*, 1975; Seer, 1985; Curto *et al.*, 2014).

3.5. UNIDADES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DO PROJETO ARENÓPOLIS

O Projeto Arenópolis situa-se entre as cidades de Arenópolis e Piranhas, no Estado de Goiás (Fig. 3.2). A tabela 3.1 apresenta de forma sintetizada os principais tipos petrográficos representativos de cada unidade, distribuídas de acordo com a sua idade de formação estimada e relações tectono-estratigráficas. As descrições regionais das unidades que compõem a área do Projeto Arenópolis serão apresentadas a seguir, com destaque para os tipos de litofácies, com base nas folhas Piranhas (SE-22-V-B-II) e Caiapônia (SE-22-V-B-V), produzidas por Carneiro & Meneghini (2020).

O **Gnaisse Ribeirão** trata-se de um ortognaisse paleoproterozóico intensamente deformado descrito pela primeira vez por Pimentel e Fuck (1985), encontrados em uma faixa estreita delimitada por falhas, no meio das rochas metavulcânicas e metassedimentares da Sequência de Arenópolis-Piranhas.

A **Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas (SMAP)** é uma das unidades supracrustais que é exposta no segmento sul do Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1986, 1992). A sequência é composta por duas unidades distintas, separadas pelo gnaisse Ribeirão: (1) Unidade Córrego do Santo Antônio ocorre a oeste da estreita faixa do gnaisse Ribeirão, compondo a maior parte da Sequência Arenópolis-Piranhas. Individualizada por Pimentel e Fuck (1986), é composta principalmente de metassedimentos dobrados que incluem micaxisto, quartzitos, metacherts e mármores, intercaladas por corpos máficos e ultramáficos metamorfizados, como anfibolito, meta-piroxenito, meta-peridotito e serpentinitos. Rochas Calcissilicáticas de granulação média a fina estão associadas a estes corpos máficos-ultramáficas (Carneiro, 2021). (2) Unidade Córrego Córrego da Onça ocorre a leste da estreita faixa do gnaisse Ribeirão. Individualizada por Pimentel e Fuck (1986), é composta principalmente de rochas metavulcânicas e metatufáceas de composição máficas a ultramáficas. (Carneiro, 2021). Dentre as principais litologias que ocorrem nesta unidade, se destacam: Anfibolitos e xistos de composição entre basáltica a andesítica; Metatufos que apresentam cristais e púmices alongadas, exibindo intensa deformação, mostrando sinais de intensa alteração hidrotermal; Metaultramáficas que são representados principalmente por serpentinitos e xistos ultramáficos com assembleia indica uma fácies xisto verde a anfibolito.

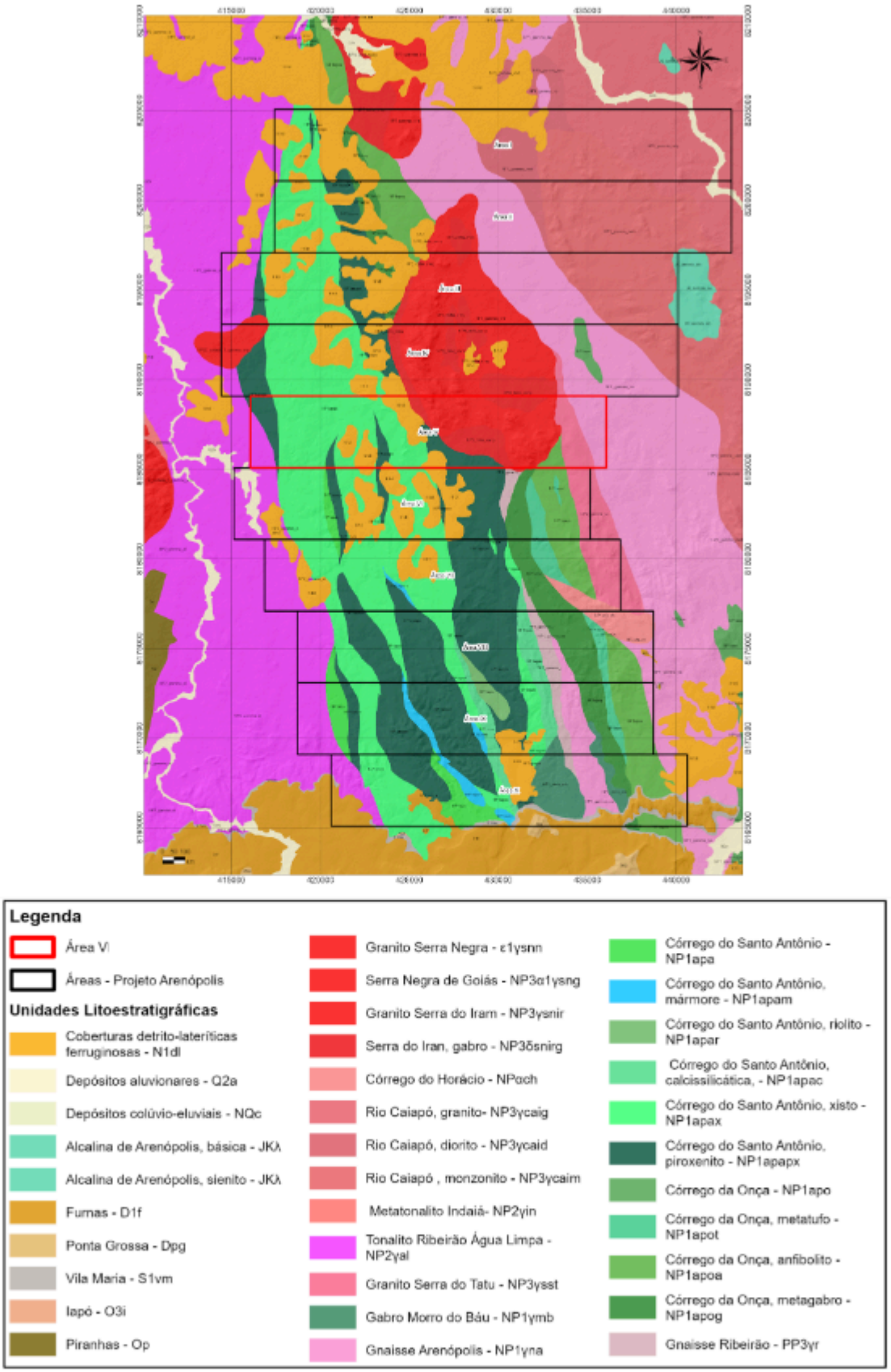


Figura 3.2: *Unidades litoestratigráficas abarcadas no projeto Arenópolis. Fonte: Folha SE.22-V-B-II Piranhas e Folha SE.22-V-B-V Caiapônia Folha. CPRM, 2020.*

Tabela 3.1: *Principais unidades abarcadas pelo Projeto Arenópolis o e suas respectivas idades.*

Unidade		Idade (Ma)	($^{87}Sr/^{86}Sr$) i	T_{DM} (Ga)	$\varepsilon_{Nd(t)}$	Referência
Gnaisse Ribeirão		1881 ± 230 *f* 1816 ± 110 *b*	-	2,8 - 3,8	-26,7	Pimentel, 1992.
Sequência Metavulcanos sedimentar de Arenópolis	Unidade Córrego da Onça	929+-8 *a* 597 *c* 890 ± 8 *a*	-	-	+5 a +3	Pimentel et al., 1991; Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel *et al*., 2003.
	Unidade Córrego do Santo Antônio	900a	-	0.86 - 2.22	+4.70 e + 6.16	Carneiro *et al*., 2021.
Gnaisse Arenópolis		899+-7 a,c 818+-57 b	0,7042	1,0 - 1,2	+1,9 / + 3,2	Pimentel *et al*., 1991; Pimentel & Fuck, 1994.
Gabro Morro do Baú		890 ± 8 a	-	2.8	-9.7	Pimentel *et al*., 2003.
Granitos Criogenianos	Granito Serra Do Tatu	692+-110	0,7062	-	-	Pimentel *et al*., 1985.
	Granito Ribeirão Água Limpa	639 ± 3a	-	-	-	*et al*., 2021.
Rochas Vulcânicas e Granitos Ediacaranos	Vulcânica Córrego do Horácio	-	-	-	-	-
	Granito Rio Caiapó	568+-10 b 522+-16 e	0,7039	-	-	Pimentel & Fuck, 1985; Hasui & Almeida, 1970
	Diorito Serra do Iran	622+-350b	0,7039	-	-	Pimentel & Fuck, 1994.
	Granito Serra do Iran	564+-5 b 588 +-19 b	0,70499 0,7044	0.9 Ga a 1.4	-2.7 a +2.0	Pimentel & Fuck, 1985; Pimentel *et al*. 1996b; Pimentel & Fuck, 1994.
Suíte Serra Negra de Goiás		538 +- 17a 505 b	-	-	-	Fuck, 1987b. Guimarães *et al*., 2007.
Bacia Do Paraná	Grupo Rio Ivaí	435,9 ± 7,8 b	-	-	-	Mizusaki *et al*., 2002.
	Grupo Paraná	-	-	-	-	-
Província Alcalina de Goiás		~85	-	-	-	Gaspar, 2002.

Método de datação: *a. Zircon U–Pb age. b. Whole-rock Rb–Sr isochron. c. Titanite U–Pb age. d. Whole-rock Sm–Nd isochron age. e. K-Ar. f. Whole-rock Pb–Pb isochron.*

A unidade **Gnaisse Arenópolis** é um granito-gnáissico de caráter sintectônico que está correlacionada com a Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis-Piranhas, e trata-se de um hornblenda gnaisse discretamente foliado, por vezes bandado, de composição variada de granodiorítica a tonalítica (Pimentel & Fuck, 1987; Pimentel et al., 2000).

A intrusão gabróica **Morro do Baú**, de idade toniana (Pimentel et al., 2003), é descrita como um dos maiores corpos que intrude entre as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis. Caracterizado com textura fanerítica grossa, localmente fina e frequentemente apresenta trama ofítica a sub-ofítica.

No segmento sul do arco magmático de Goiás são reconhecidas diversas rochas graníticas do criogeniano, que foram formados devido à interação entre os arcos magmáticos durante a colisão (Pimentel et al., 1985; Rodrigues, 1996; Laux, 2004; Ferreira, 2009). Na área do projeto, se destacam o **Granito Serra do Tatu** e o **Granito Ribeirão Água Limpa.** O Granito Serra do Tatu ocorre como uma faixa alongada NNW a NNE de rochas leucocrática, milonitizadas e eventualmente com bandamento gnáissico (Pimentel, 1985). No Granito Ribeirão Água Limpa as características geoquímicas desses granitóides é de adakito, com a composição variando entre hornblenda-biotita tonalito, granodioritos, metadiorito e monzogranitos, com apresentam foliação (Pimentel & Fuck, 1986; Lacerda Filho et al. 2021).

As rochas da unidade vulcânica **Córrego do Horácio** tendo sido descritas pela primeira vez por Pimentel (1985) como parte da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Posteriormente foram agrupadas como uma unidade distinta, nomeada Córrego do Horácio. Tais rochas são compostas principalmente de granodioritos subvulcânicos e metatufos dacíticos.

No projeto Arenópolis, ocorrem intrusões edicarianas de caráter sin a tardi tectônicos que intrudem nas rochas supracrustais da Sequência Metavulcanossedimentar de Arenopolis. Essas rochas possuem composição de gabros até granitos, passando por quartzo dioritos, quartzo monzodioritos, quartzo monzonitos, granodioritos, gabro-diorítica (Pimentel & Fuck, 1985; 1987). Os representantes dessas intrusões são o **Granito Rio Caiapó** e o **Granito Serra do Iran**.

A **Suíte Serra Negra de Goiás** faz parte parte de pequenos corpos e batólitos graníticos de composição calcio-alcalina de caráter pós-tectônico, de idade cambriana, que ocorrem no Arco Arenópolis (Guimarães *et al*.; 2012; Guimarães *et al*, 2007). Sendo o

Granito Serra Negra ocasionalmente milonitizado por influência pelo Lineamento Transbrasiliano.

Na região sul do Projeto Arenópolis, estão presentes rochas sedimentares fanerozoicas da **Bacia do Paraná** (Fig. 3.3), que se sobrepõem ao embasamento Pré-Cambriano do Arco Magmático de Goiás. A Bacia do Paraná é a maior bacia sedimentar intracratônica da América do Sul que se desenvolveu ao longo do Paleozoico e do Mesozoico, sendo considerada uma bacia intracratônica típica que registra uma história geológica de aproximadamente 400 milhões de anos (Milani et al., 2007) (Fig. 3.4).

As camadas sedimentares presentes na área foram depositadas durante o Neo-Ordoviciano, sendo representadas pelo **Grupo Rio Ivaí** e o **Grupo Paraná**.

O **Grupo Rio Ivaí** é uma sequência formada por diamictitos, folhelhos, siltitos e arenitos finos de idade ordoviciana-siluriana, que ocorre no flanco nordeste da Bacia do Paraná (Faria & Reis Neto, 1978; Faria, 1982; Andrade e Camarço, 1980). O grupo inclui as seguintes formações, da base para o topo: Alto Garças, Iapó e Vila Maria (Assine et al., 1994), onde apenas a última aflora no Projeto Arenopolis.

Na seção-tipo da *Formação Vila Maria* descrita por Adorno (2014), a formação é representada por folhelhos e siltitos de coloração roxa na porção inferior, e arenitos micáceos com granocrescência ascendente, estratificações cruzadas acanaladas e tabulares na porção superior. Além, da presença de fósseis de braquiópodes orbiculóides *Orbiculoidea sp* e icnofósseis *Arthrophycus alleghaniensis* (Hall, 1852).

O **Grupo Paraná** corresponde à sequência sedimentar de Idade Devoniano da Bacia do Paraná (Derbu, 1978). O grupo pode ser dividido em duas unidades: (1) Na base, *Formação Furnas*, constatada por rochas de arenitos claros, caulínicos, sub-arcoseanos, argilitos e conglomerados Os arenitos se encontram laminados, com intercalações entre estratificações cruzadas tabulares e acanaladas. (2) No topo, *Formação Ponta Grossa*, compreende por folhelhos de coloração cinza a marrom-avermelhada, de granulometria fina a muito fina, micáceos e feldspáticos, e apresentam estratificação finamente estratificadas. (Oliveira, 1927; Alvarenga & Guimarães, 1994; Milani et al., 2007)

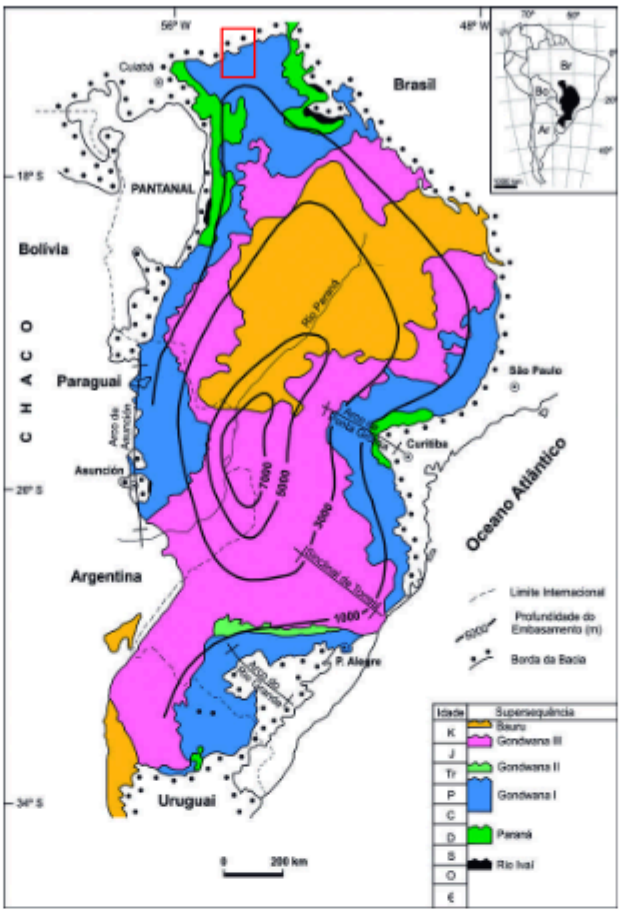


Figura 3.3: *Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná com destaque para as Supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, II, III e Bauru. Em destaque em vermelho a área do Projeto Arenópolis. Modificado de Milani (2004).*

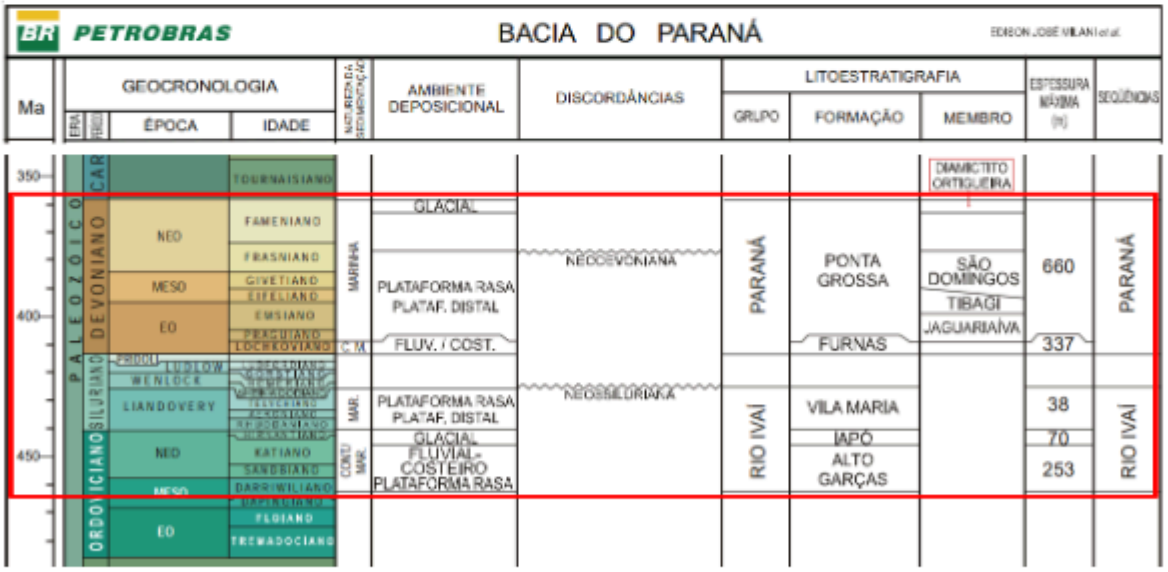


Figura 3.4: *Carta cronoestratigráfica da bacia do Paraná. Retirado de Milani et al., 2007.*

Na região do Projeto Arenópolis, as rochas alcalinas afloram em formato de diques. As rochas alcalinas da **Província Alcalina de Goiás** foram observadas pela primeira vez por Almeida (1967). O grupo recebeu diferentes denominações ao longo do tempo, sendo chamado de Província Alcalina Rio Verde-Iporá por Danni et al. (1982), Província Alcalina do Sul de Goiás por Lacerda Filho, Silva e Resende (1999), e Província Alcalina de Goiás (PAGO) por Junqueira-Brod et al. (2002). De acordo com Junqueira-Brod et al (2002) os corpos desta província são encontrados como sills, diques, condutos e depósitos de lava.

4. SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto é uma disciplina científica que tem como objetivo capturar imagens da superfície terrestre sem o contato físico direto, através da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres, conhecidos como alvos (Meneses & Almeida, 2012).

No projeto Arenópolis, foram empregados diferentes recursos, como o sistema de posicionamento global (GPS) e imagens de satélite, que foram integrados em um sistema de informação geográfica (SIG). As imagens dos sensores ALOS PALSAR (A1ª Dzanced Land Observing Satellite-1 - Japan Aerospace Exploration Agency) disponibilizado pela ASF (Allaska Satellite Facility) e CBERS 04A (China-Brazil Earth Resources Satellite), disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), utilizadas no projeto foram processadas utilizando o software ArcGIS Pro 3.0.3. Os produtos de composição colorida foram obtidos a partir da combinação das imagens do sensor CBERS 04A pertencentes a cena CBERS_4A_WPM_20220903_211_134_L4 e para os produtos do modelo digital de elevação foram utilizadas as imagens do sensor ALOS PALSAR da cena AP_26825_FBS_F6850_RT1.

Finalmente, a análise dos dados conduzida no software ArcGIS Pro 3.0.3 está detalhada no fluxograma da Figura 4.1.

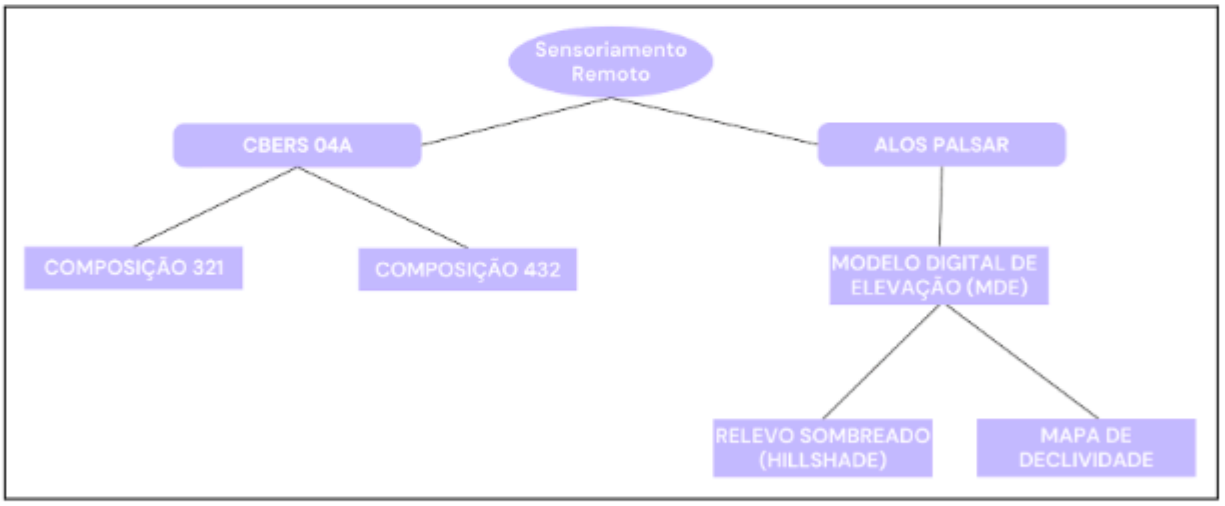


Figura 4.1: *Fluxograma das etapas de processamento do Sensoriamento Remoto.*

4.1. ALOS PALSAR

O satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), operado pela Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA (Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa) de 2006 a 2011, estava equipado com três sensores, incluindo o PALSAR (Phased Array type-L band

Synthetic Aperture Radar). O PALSAR tinha a capacidade de adquirir imagens de alta resolução, tanto diurnas quanto noturnas, em todas as condições atmosféricas (ASF DAAC, 2023).

As imagens foram empregadas para criar um modelo digital de elevação (MDE) (Fig. 4.2A), que tem como propósito representar o relevo em superfície com intervalos específicos, permitindo uma visão abrangente da declividade do terreno. Esse produto é de grande utilidade no estudo geológico da região, uma vez que existe uma relação significativa entre o relevo e o tipo de cobertura, incluindo solos e rochas, além de evidenciar bem lineamentos morfoestruturais.

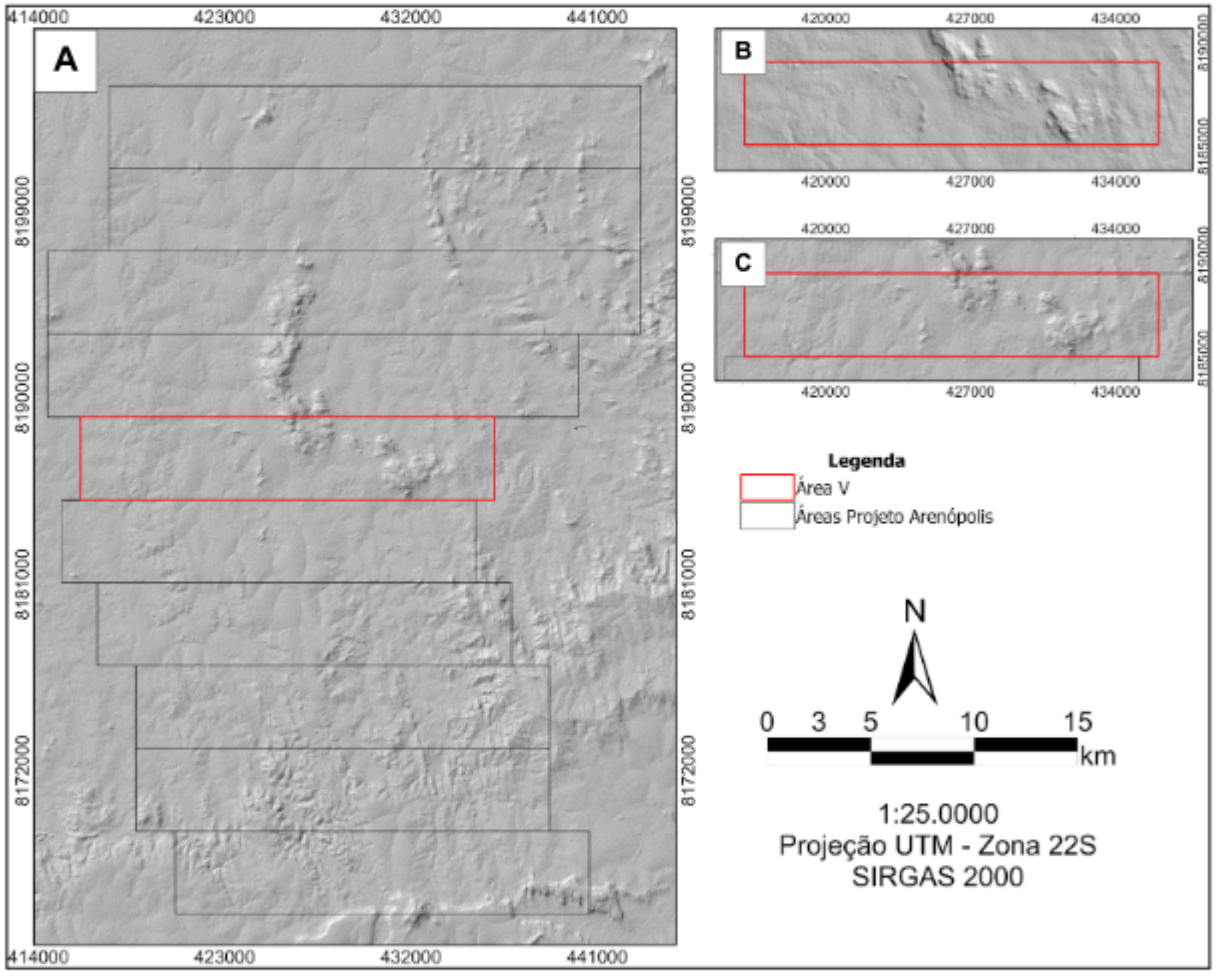


Figura 4.2: *(A) Modelo Digital de Elevação (MDE) do Projeto Arenópolis com azimute 45° e inclinação 45°. (B) MDE da Área V com azimute 315° e inclinação 45°. (C) MDE da Área V com azimute 45° e inclinação 45°.*

A técnica de processamento adotada envolveu a composição das imagens digitais e a aplicação de ferramentas no software ArcGIS Pro 3.0.3., permitindo a modificação da direção da iluminação para realçar melhor as estruturas na área em questão. Os ângulos de incidência utilizados foram de 45° e 315° (Fig. 4.2B e C).

A partir do Modelo Digital de Elevação, também foi confeccionado para a Área V um mapa de declividade a fim de se ter uma observação da topografia presente nesta área do Projeto Arenópolis (Fig. 4.3).

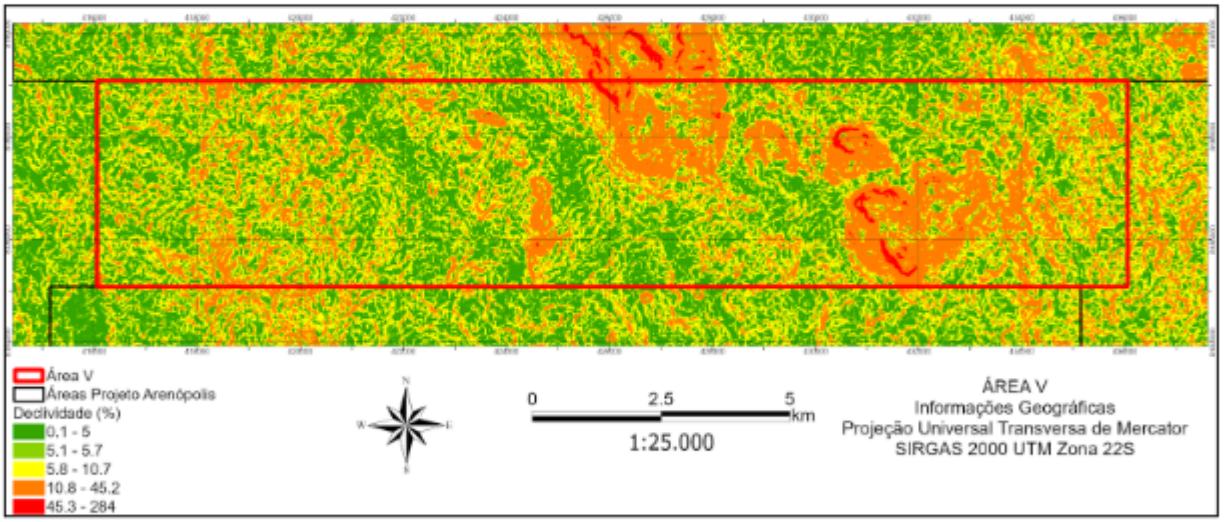


Figura 4.3: *Mapa de Declividade da Área V.*

4.2. CBERS4A

O CBERS 04A (China-Brazil Earth Resources Satellite) é um satélite resultado de um acordo entre Brasil e China, tendo sido lançado em 2019, com o objetivo de gerar imagens da superfície terrestre. Esse sistema conta com sensores destinados a observações ópticas da Terra. Entre os sensores presentes no CBERS 04A estão uma câmera de ampla varredura multiespectral e pancromática (WPM), uma câmera multiespectral (MUX) e uma câmera imageadora de campo largo (WFI). Neste trabalho, utilizou-se as imagens obtidas a partir da câmera WPM, que representa a carga útil principal do satélite. Esse sensor possui 5 bandas espectrais, sendo uma com resolução panorâmica de 2 metros e outras 4 com resolução multiespectral de 8 metros simultaneamente (Tabela 4.1) durante a órbita do satélite (INPE/CBERS, 2019).

Utilizando a imagem resultante deste processamento, foram criadas composições coloridas nas configurações RGB 321 e 432. A composição 321 (Fig. 4.4) foi especialmente empregada para a delimitação e mapeamento de caminhos, estradas pavimentadas e não pavimentadas, além de localidades. Essas bandas foram escolhidas uma vez que formam a imagem real. A composição 432 (Fig. 4.5) foi utilizada para identificar e analisar padrões de drenagem na área de estudo, uma vez que estas bandas são eficientes para se definir limites entre solo e água.

***Tabela 4.1**: Características da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (Extraído de: INPE, 2019).*

Características	Dados
Bandas Espectrais	P (pancromática): 0,45 - 0,90 µm B1 (Azul): 0,45 - 0,52 µm B2 (Verde): 0,52 - 0,59 µm B3 (Vermelho): 0,63 - 0,69 µm B4 (Infravermelho próximo): 0,77 - 0,89 µm
Resolução	2 m (pancromática) 8 m (multiespectral)
Largura da Faixa Imageada	92 km
Revisita	31 dias

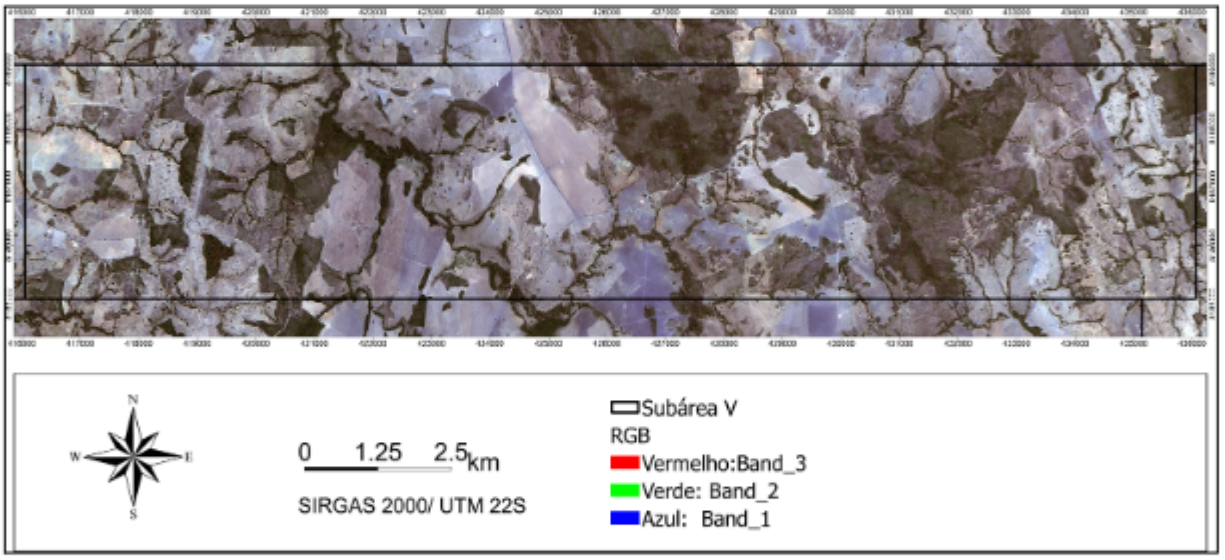


***Figura 4.4:** Composição na configuração RGB 321 colorida.*

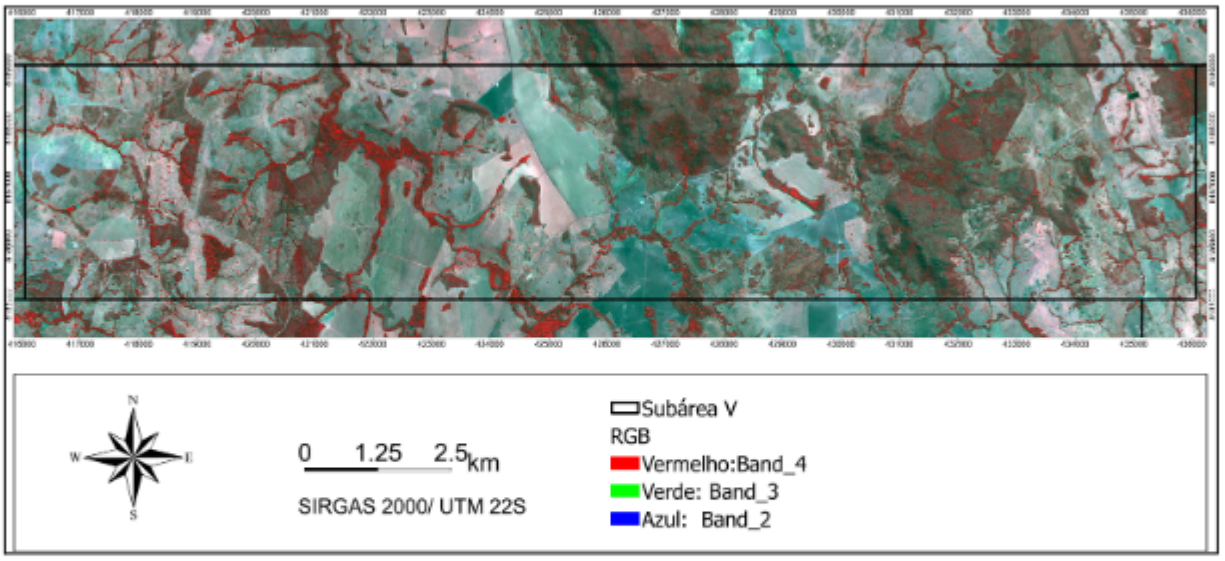


Figura 4.5: *Composição na configuração RGB 432 falsa cor.*

4.3. ANÁLISES E INTERPRETAÇÃO

A partir do MDE e composição 432 do CBERS 04A, foram extraídas as feições de drenagens da Área V (Fig. 4.6) com a separação de domínio a partir das principais características morfológicas presentes na área.

No domínio A, que ocorre em aproximadamente 50% na Área V, o relevo é mais suave com a intensidade média de drenagens dendríticas. No domínio B, o relevo é muito rugoso com a intensidade alta de drenagens mistas. No domínio C, o relevo é semi-rugoso com intensidade média de drenagens paralelas predominantes.

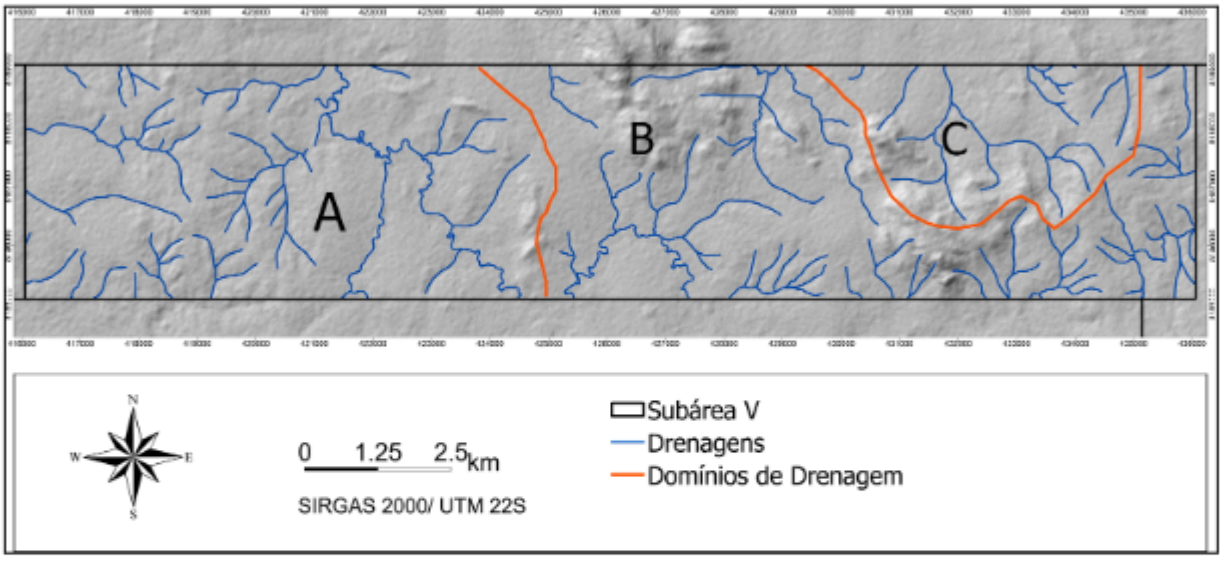


Figura 4.6: *Extração de drenagens da Área V.*

Também usando o MDE com azimute 45° e inclinação 45°, foram obtidos os principais lineamentos geomorfológicos da Área V, com o intuito de evidenciar as principais estruturas e trends estruturais da área (Fig. 4.7).

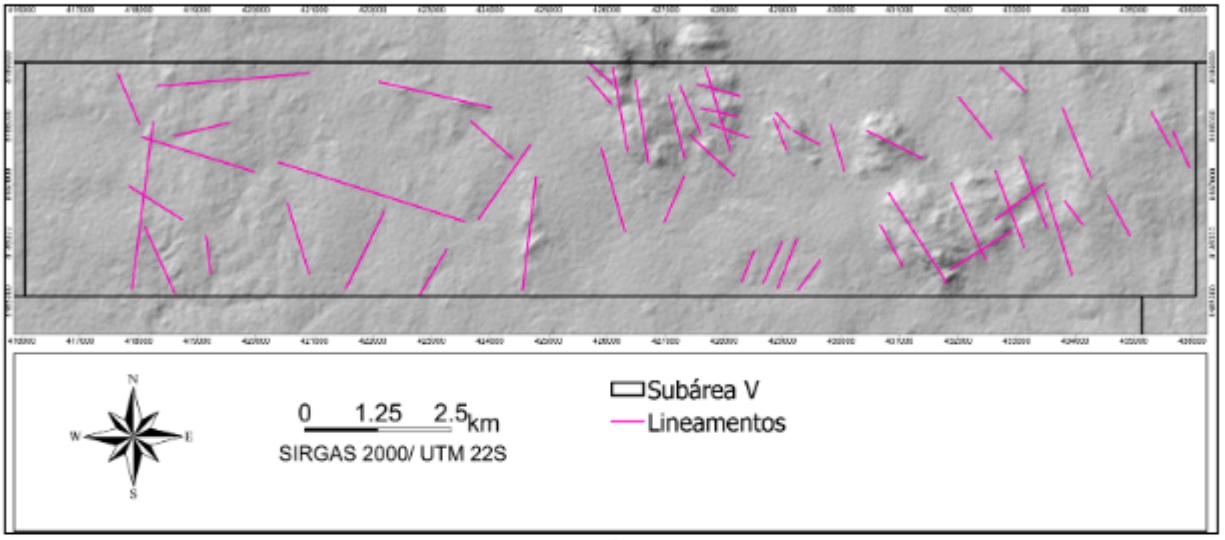


Figura 4.7: *Mapa dos lineamentos geomorfológicos da Área V a partir do produto MDE.*

Ao combinar as características identificadas e os produtos derivados do sensoriamento remoto, foi elaborado o mapa base da Área V (Fig. 4.8). Esse mapa desempenha um papel crucial na fase de trabalho de campo, pois é utilizado para orientar a localização e elaboração do mapa geológico, facilitando a identificação e delineação dos contatos geológicos. Sua importância é fundamental para um planejamento mais preciso das atividades de campo.

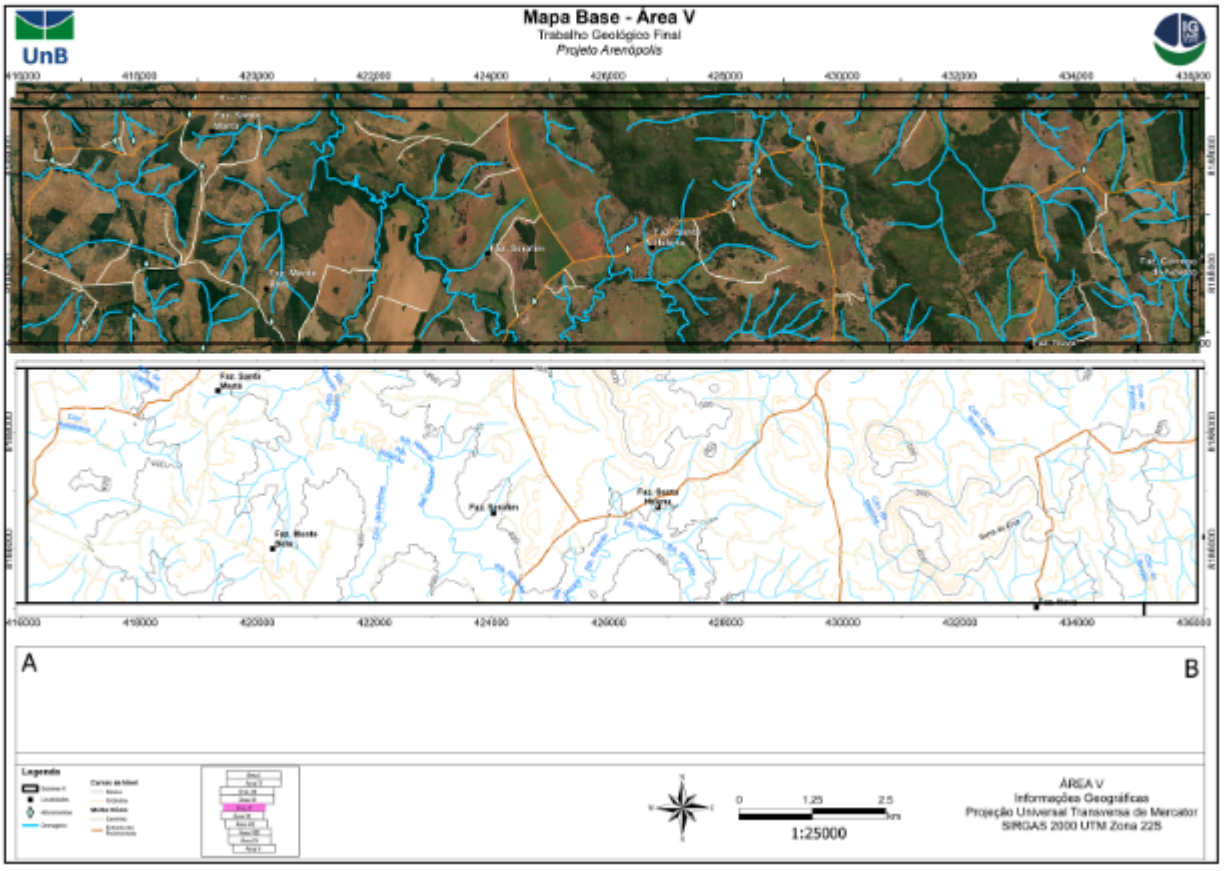


Figura 4.8: *Mapa Base da Área V.*

5. AEROGEOFÍSICA

5.1. INTRODUÇÃO

A utilização da aerogeofísica tem se revelado uma ferramenta essencial no mapeamento geológico moderno. Os métodos aerogeofísicos magnetométricos e gamaespectrométricos (Fig. 5.1) são particularmente eficazes para a cartografia geológica, uma vez que são considerados opções excelentes e relativamente acessíveis em terrenos tropicais, onde cobrem grandes áreas em um curto intervalo de tempo. Nessas regiões, a presença de solos espessos e a escassez de afloramentos dificultam o mapeamento geológico utilizando métodos tradicionais (Jaques et al., 1997).

A combinação desses dois métodos auxilia na elaboração de mapas com maior qualidade e precisão. A interpretação dos dados gamaespectrométricos e magnetométricos derivados da aerogeofísica permite caracterizar os diferentes domínios litoestruturais de uma região, tornando-se um guia valioso para o mapeamento geológico. Dessa forma, o Projeto

Arenópolis contou com os dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos para auxiliar o mapeamento geológico.

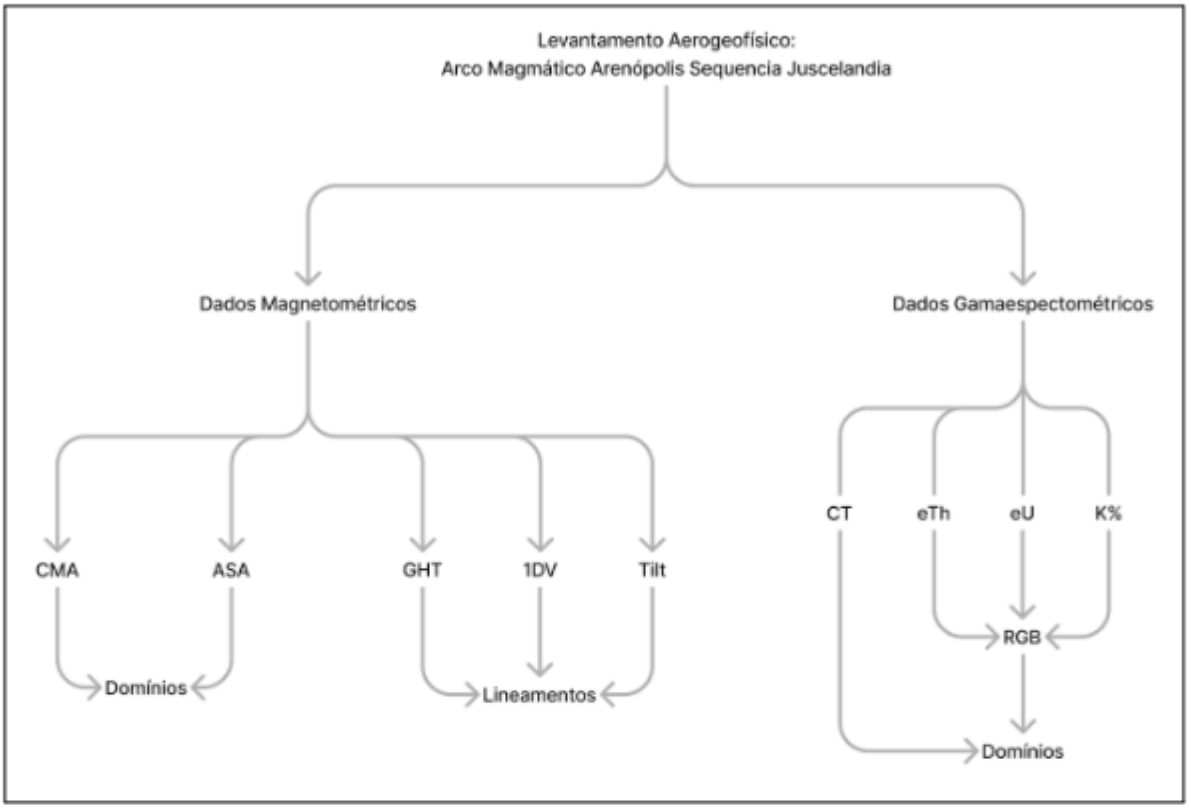


Figura 5.1: *Fluxograma de dados de aerogeofísica para o Projeto Arenópolis.*

5.2. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO

Os dados utilizados neste trabalho foram disponibilizados pelo Projeto Arco Magmático de Arenópolis – Seqüência Juscelândia, que foi resultado da cooperação técnica entre a SGM (Secretaria De Geologia, Mineração E Transformação Mineral) /MME (Ministério de Minas e Energia)/CPRM (Serviço Geológico Brasileiro) e SIC (Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Serviços) /SGM/FUNMINERAL/Estado de Goiás e executado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecções S.A. O levantamento aéreo cobriu uma área na parte central do Estado de Goiás, na região Centro-Oeste brasileira (Fig. 5.2).

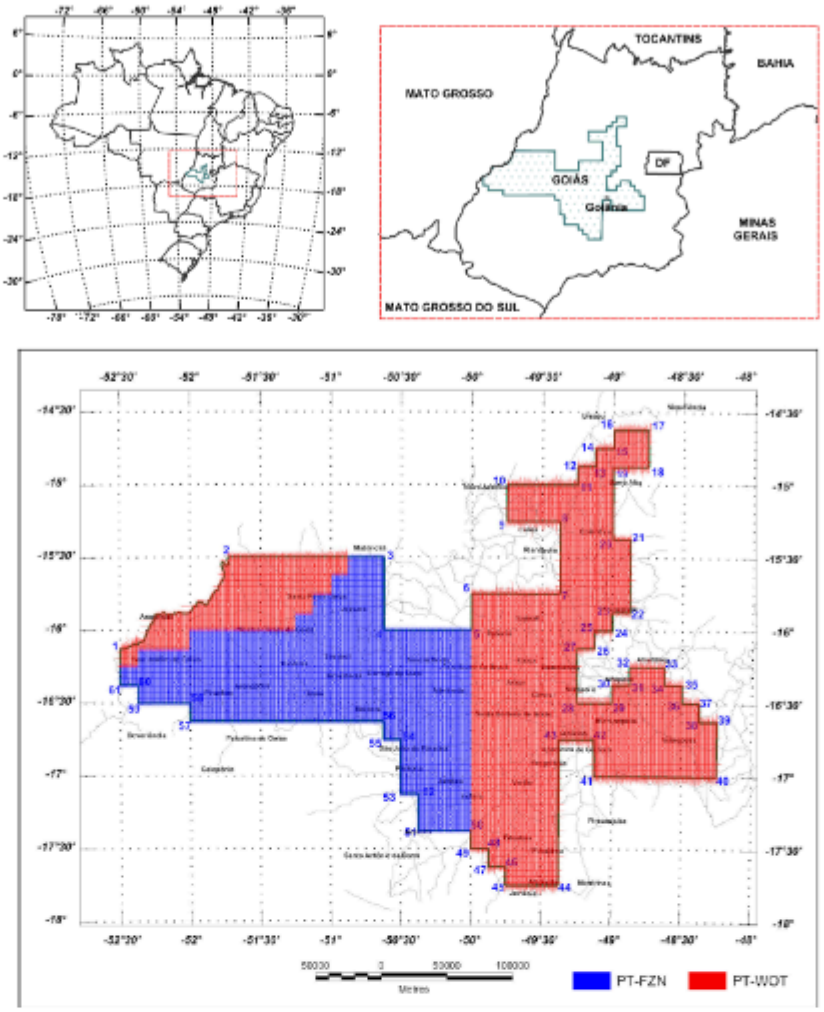


Figura 5.2: Localização do Projeto Arco Magmático de Arenópolis – Seqüência Juscelândia.

O levantamento foi realizado de 03 de junho a 24 de novembro de 2004, recobrindo uma área de 135.756,531 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 0,5 km e 5,0 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. Duas aeronaves foram utilizadas para a execução do projeto, a Cessna Titan 404 PT-FZN e a Piper Navajo-PA31 PT-WOT. Cada aeronave foi responsável por uma porção da área (Fig. 5.2C). A altura do voo sobre o terreno foi fixada em 100 m sobre o terreno o intervalo médio da amostragem entre medições geofísicas consecutivas foi de 0,1 s no magnetômetro e de 1,0 s no espectrômetro. (CPRM, 2004).

O processamento dos dados brutos foi desenvolvido no escritório sede da Lasa Engenharia e Prospecções S/A, no Rio de Janeiro, utilizando o software Geosoft Oasis (versão Montaj 5.1.8). Os dados foram compilados e processados com rotinas de padrões de qualidade e correções necessárias para serem apresentados em forma de mapas nas escalas 1:100.000 e 1:500.000, arquivos de banco de dados e grids. O fluxograma mostrado na Figura

5.3 foi retirado do relatório 3009 da CPRM e apresenta todas as etapas do processamento realizado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecções S.A.

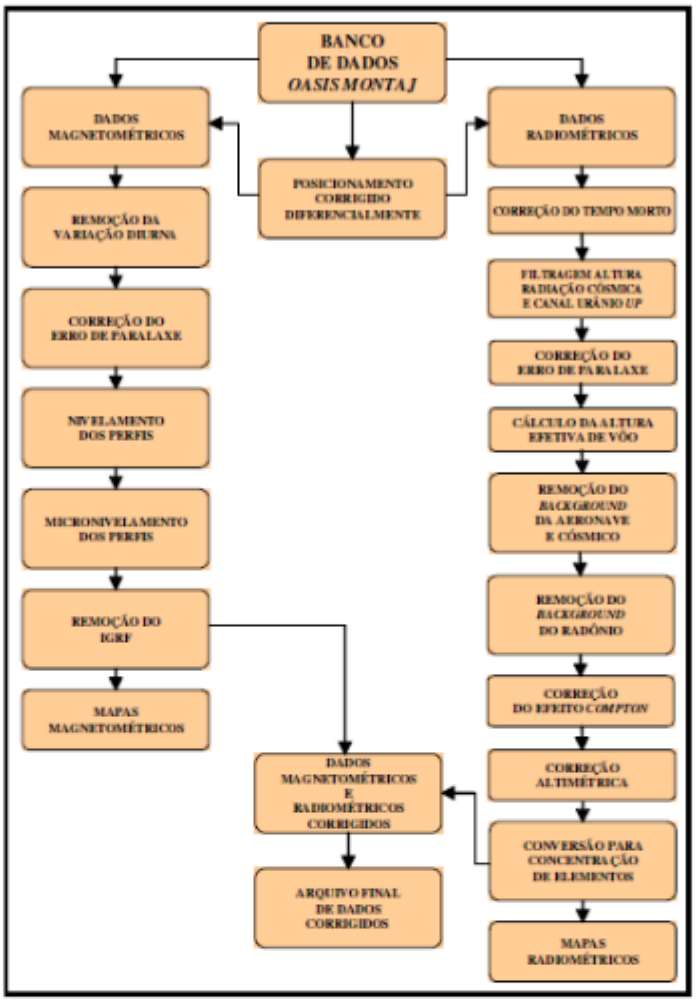


Figura 5.3: *Fluxograma do processamento de dados realizado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecções S.A para o Projeto Arco Magmático de Arenópolis – Seqüência Juscelândia. Retirado de CPRM, 2004.*

5.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS

5.3.1. Método Magnetométricos

Este método leva em consideração variações suaves no campo magnético terrestre, assim como as propriedades magnéticas das rochas que induzem tais variações. É conhecido que não são todos os minerais que possuem propriedades magnéticas suficientes para produzir anomalias magnéticas no campo magnético, mas alguns tipos de rocha possuem minerais com propriedades magnéticas expressivas, como magnetita, ilmenita e pirrotita (Kearey et al., 2009). Deste modo, o parâmetro fundamental do método magnetométrico é a susceptibilidade magnética. A susceptibilidade magnética mede o grau de magnetização dos materiais e pode ser positiva ou negativa, refletindo o sentido da magnetização em relação ao campo. Assim

como pode se observar materiais com magnetização induzida ou magnetização remanente, para um mesmo valor do campo magnético, os materiais com maior susceptibilidade magnética tendem a se magnetizarem mais fortemente (Kearey et al., 2009).

Este método, relativamente barato e simples, foi muito utilizado na geofísica e ainda apresenta uma grande utilidade, sendo principalmente usado para prospecção de minérios, visto que grande parte destes apresentam magnetização, como no caso dos minérios de ferro, níquel e cobalto.

Técnicas Utilizadas

A interpretação de imagens magnéticas é desafiadora devido à variedade de sinais ou anomalias de diferentes comprimentos de onda originados por fontes com geometrias, profundidades, propriedades do vetor geomagnético e magnetização remanescente distintas (Ferreira et al., 2013). Para superar essas dificuldades, várias técnicas de realce são aplicadas aos dados magnéticos. A partir do Campo Magnético Anômalo (CMA) (Fig. 5.4A), foram gerados os seguintes produtos: derivadas horizontais (Dx e Dy), derivada vertical (Dz), amplitude do sinal analítico (ASA) e derivada TILT.

Primeira Derivada Vertical (Dz)

A derivada vertical, Dz (Fig. 5.4B), é usada com o intuito de realçar altas frequências, afim de fornecer informações sobre características superficiais e realçando o corpo como um todo e não apenas as bordas. A Dz representa a taxa de variação do campo magnético em relação à distância vertical da fonte responsável, possibilitando eliminar os efeitos regionais e a interferência entre anomalias vizinhas. Dessa forma, a derivada vertical é um produto fundamental para determinar os contrastes de propriedades físicas, como descontinuidades, lineamentos magnéticos, contatos geológicos e outras feições rasas, contribuindo para a compreensão da estrutura geral de uma determinada região.

Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

A utilização do sinal analítico (Fig. 5.4D) é uma abordagem eficaz para determinar parâmetros geométricos, como a localização de limites geológicos e estruturais, bem como as profundidades dos corpos. A amplitude do sinal analítico é calculada a partir das três derivadas do campo magnético e é representada por:

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

Gradiente Horizontal Total (GHT)

O Gradiente Horizontal Total (GHT) é calculado a partir dos gradientes horizontais (Dx e Dy) em direções perpendiculares específicas. O produto resultante do GHT (Fig. 5.4C) destaca as variações laterais nos dados, realçando os limites das fontes magnéticas (Cordell & Grauch, 1982, 1985). Esse método tem a vantagem de gerar mapas com baixo nível de ruído. De acordo com Cordell (1979), os picos observados no GHT podem ser utilizados para mapear corpos semi-horizontais com diferentes propriedades físicas, além de falhas e contatos geológicos, podendo ser utilizado também para delimitar zonas.

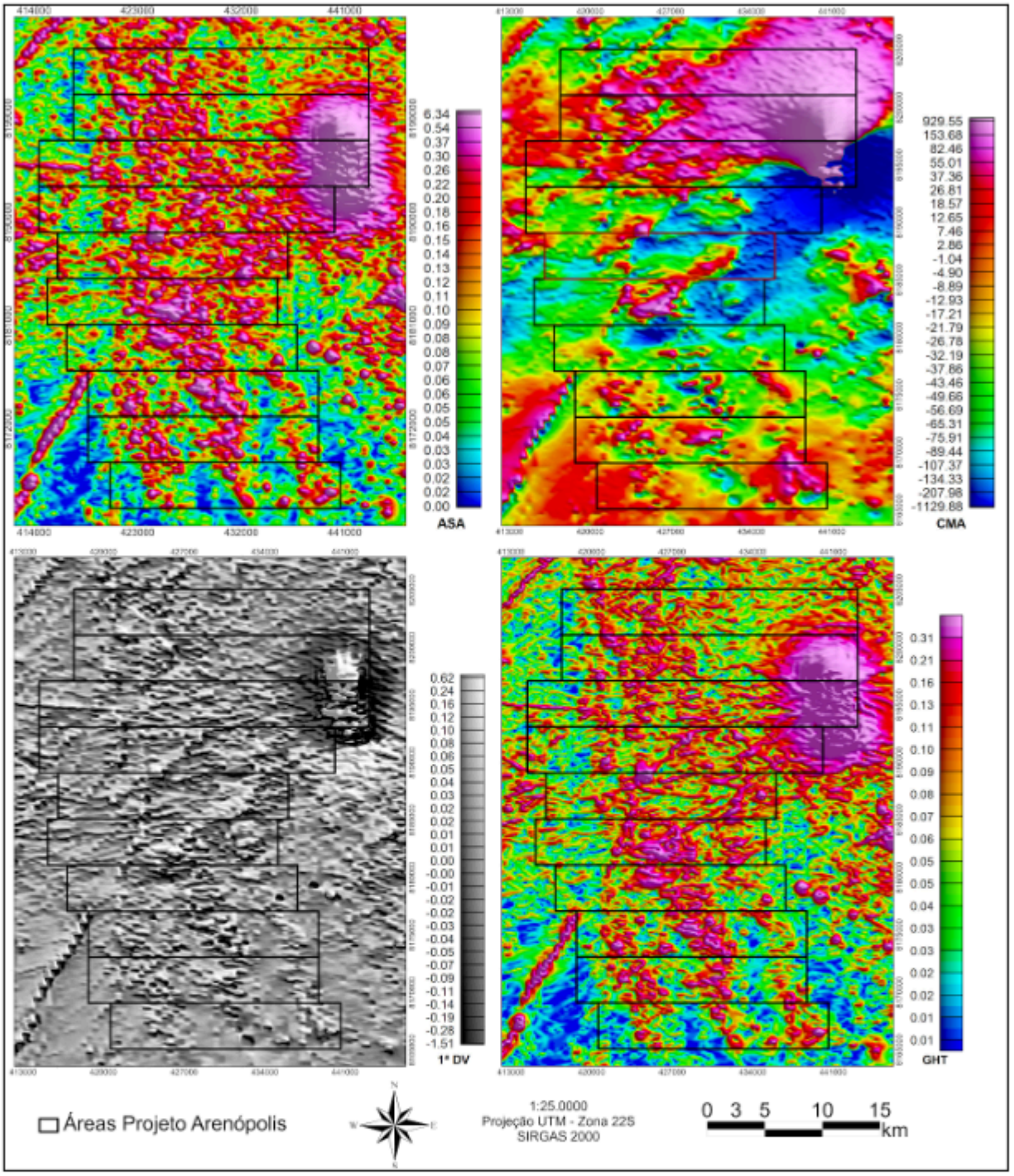


Figura 5.4: *Mapas resultantes dos produtos magnéticos para o Projeto Arenópolis.* ***(A)*** *Amplitude do Sinal Analítico (ASA);* ***(B)*** *Campo Magnético Anômalo (CMA);* ***(C)*** *Primeira Derivada Vertical (1° DV);* ***(D)*** *Gradiente Horizontal Total (GHT).*

Inclinação do Sinal Analítico (TILT)

O produto TILT (Fig. 5.5) oferece informações sobre as relações angulares entre as derivadas, destacando de forma significativa as lineações, lineamentos e tendências estruturais, além de equalizar a amplitude das fontes tanto rasas quanto profundas (Miller &

Singh, 1994). Consequentemente, as imagens resultantes desse processo desempenham um papel importante na identificação de características lineares no relevo. A seguinte equação descreve a Inclinação do sinal Analítico:

$$TILT = arctan\left[\frac{\partial z}{\sqrt{\partial x^2 + \partial y^2}}\right]$$

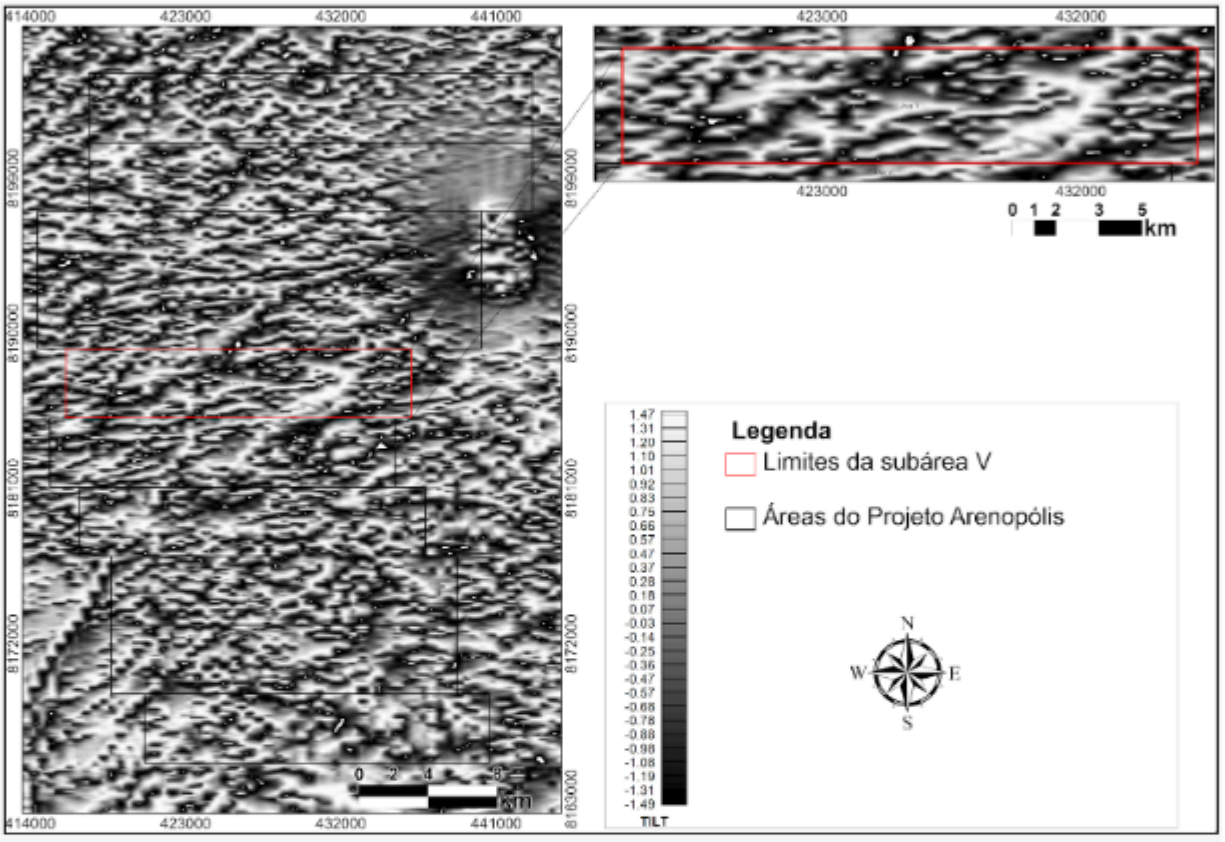


Figura 5.5: *Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (TILT) para o Projeto Arenópolis.*

5.3.2. Gamaespectrometria

O método detecta a radiação proveniente da desintegração natural de três elementos principais, sendo eles o isótopo ^{40}K e os elementos das séries de decaimento do ^{238}U e ^{232}Th (KAPLAN, 1955). Em adição a isso, esses são os elementos que ocorrem naturalmente como radioisótopos com emissão de raios com intensidade e energia suficientes para que os sensores consigam detectar em levantamentos aéreos.

Aos estudos geofísicos, a unidade de medida comum às explorações é o número de emissões em um dado intervalo de tempo conhecido como o período de integração. O período de integração é usualmente expresso em segundos (cps), mas também pode ser em minutos (cpm). Além disso, as medidas tomadas são muito pequenas e, por isso, os valores são denotados geralmente em MeV (million electron volts) (RIBEIRO et al., 2013).

A contagem total (CT) da radiação, de unidade μR/h, é obtida com o auxílio de um equipamento conhecido por espectrômetro. Ele afere o somatório de todos os raios gamas que estão na janela energética do intervalo 0,41 a 2,81 MeV. Ademais, ele identifica os picos associados a seu respectivo elemento como, por exemplo, o ^{40}K, que está centrado no pico de 1,46 MeV. Vale ressaltar que os isótopos ^{238}U e ^{232}Th não emitem radiação gama, por outro lado, os elementos de suas séries de decaimento centram-se, respectivamente, nos picos de 1,76 (^{214}Bi) e 2,61 (^{208}Tl) MeV. Por fim, convencionou-se a expressar as concentrações desses elementos da seguinte maneira: K em porcentagem e os elementos equivalentes da série de decaimento do U e Th em parte por milhão (RIBEIRO et al., 2013).

A aquisição dos dados sofrem diferentes tipos de interferência, que modificam os resultados. Assim, é necessário levar em consideração algumas questões durante o aerolevantamento, a exemplo do espaçamento das linhas de medição e de controle que irão ditar a resolução do mapeamento. Não só isso interferirá, pois aspectos físicos da área atenuam ou mascaram as medidas, tais como a cobertura de solo, presença de vegetação densa, a umidade dos solos, presença de nuvens e fortes variações topográficas (RIBEIRO et al., 2013). Desse modo, faz-se necessário que haja correções no processamento dos dados. Dentre as principais correções, destacam-se: Tempo Morto; Altura Efetiva do Voo; Background da Aeronave e Cósmico; Background do Rn atmosférico; Correção do Efeito Compton e Correção Altimétrica (IAEA, 2003).

Técnicas Utilizadas

Os produtos-chave empregados neste trabalho foram obtidos a partir dos canais radiométricos individuais e da contagem total dos elementos radioativos, resultando nas imagens de Percentual de Potássio (K), Equivalente de Tório (eTh), Equivalente de Urânio (eU) e Contagem Total (CT). A partir destes dados, foi obtida também o mapa de composição ternária RGB (K, eTh, eU).

Mapas de Composição Individual

Os mapas gamaespectrométricos dos canais individuais de potássio (%), tório equivalente (ppm) e urânio equivalente (ppm) exibem as flutuações nas concentrações dos elementos radioativos de forma separada. As cores utilizadas nos mapas (Fig. 5.6B, C e D) representam as diferentes concentrações, variando de tons de azul (representando concentrações mais baixas) a tons de vermelho (indicando concentrações mais altas).

Contagem Total

A contagem total dos radioelementos é uma medida da quantidade de radiação recebida de todos os radioelementos em um determinado período de tempo (Ferreira et al., 2016). No mapa (Fig. 5.6A), as cores representam as contagens, variando de tons de azul (indicando contagens mais baixas) a tons de vermelho (indicando contagens mais altas).

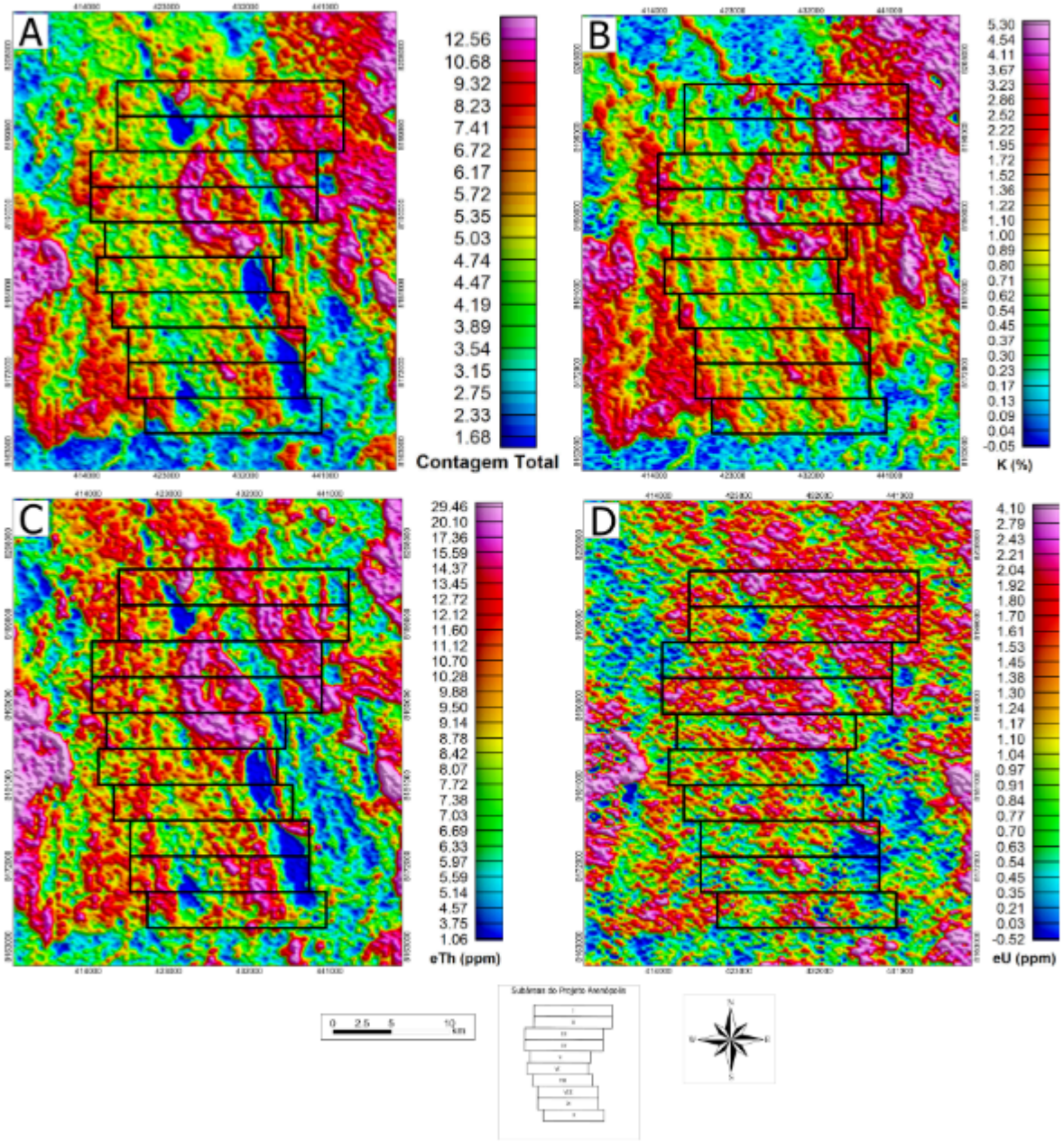


Figura 5.6: *Mapas resultantes dos produtos gamaespectrométricos para o Projeto Arenópolis.* ***(A)*** *Mapa de Contagem Total;* ***(B)*** *Mapa de Percentagem de Potássio;* ***(C)*** *Mapa de Equivalente de Tório;* ***(D)*** *Mapa de Equivalente de Urânio.*

Mapa de Composição Ternária RGB

Os mapas de composição ternária (Fig. 5.7) são utilizados para representar a proporção dos valores de concentração dos radioelementos K, eTh e eU. Cada radioelemento é representado por um vértice de um triângulo equilátero e é atribuída uma cor específica a cada um deles. As cores RGB (red, green, blue) foram adotadas como padrão, sendo o potássio (%) representado pela cor vermelha (R), o tório equivalente pelas cores verde (G) e o urânio equivalente pelas cores azul (B). Dessa forma, áreas brancas indicam altas concentrações dos três radioelementos, enquanto áreas pretas estão associadas a baixas concentrações dos mesmos (Ferreira et al., 2016).

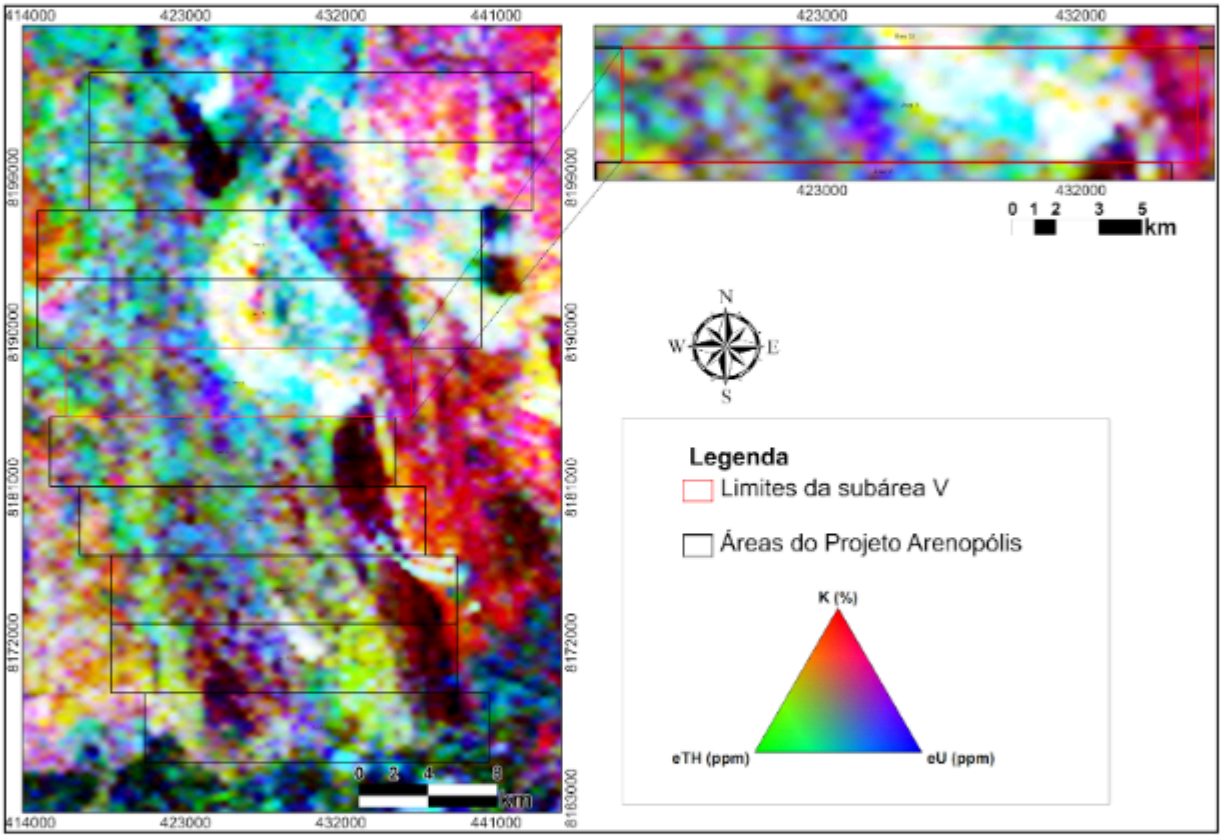


Figura 5.7: *Mapa de Composição Ternária RGB para o Projeto Arenópolis.*

5.4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

5.4.1. Dados Magnéticos

Interpretação dos dados magnéticos do Projeto Arenópolis

O mapa de domínios magnéticos foi gerado a partir do produto Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Fig. 5.8). Para diferenciação destes, foram utilizados critérios como: intensidade, relevo e orientação. Foram individualizados 4 domínios na área do Projeto Arenópolis, tendo sua descrição sintetizada na Tabela 5.1.

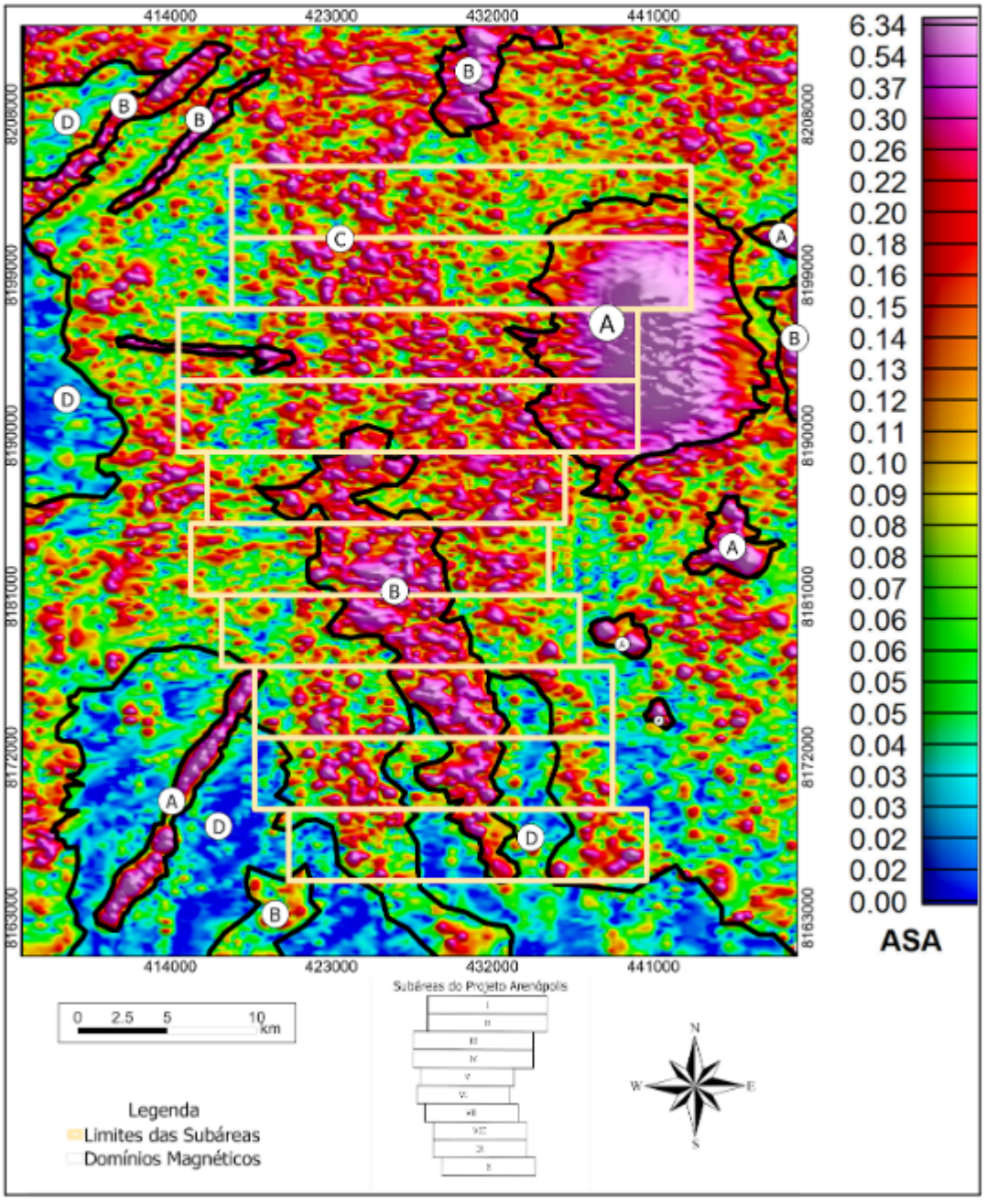


Figura 5.8: *Mapa de domínios magnéticos para o Projeto Arenópolis a partir do ASA.*

Tabela 5.1: Descrição dos domínios magnéticos para o Projeto Arenópolis.

Domínio	Descrição
A	Gradiente magnético de intensidade alta a muito alta, com zonação de muito alta no centro e alta nas bordas , heterogêneo, relevo rugoso, geometria predominantemente arredondada e irregular.
B	Gradiente magnético de intensidade alta, heterogêneo, relevo rugoso, geometria alongada com orientação predominantemente NE/SW.
C	Gradiente magnético predominante na área do Projeto Arenópolis, de intensidade baixa a alta, muito heterogêneo, relevo rugoso com geometria irregular.
D	Gradiente magnético de intensidade muito baixo a baixo, heterogêneo, relevo suave, geometria irregular, sem orientação predominante.

Os lineamentos regionais foram identificados e mapeados usando a primeira derivada vertical (Dz) (Fig. 5.9). Ao observar e analisar as direções e a distribuição espacial dos lineamentos magnéticos no mapa criado, utilizou-se o software OpenStereo para construir um diagrama de rosetas.

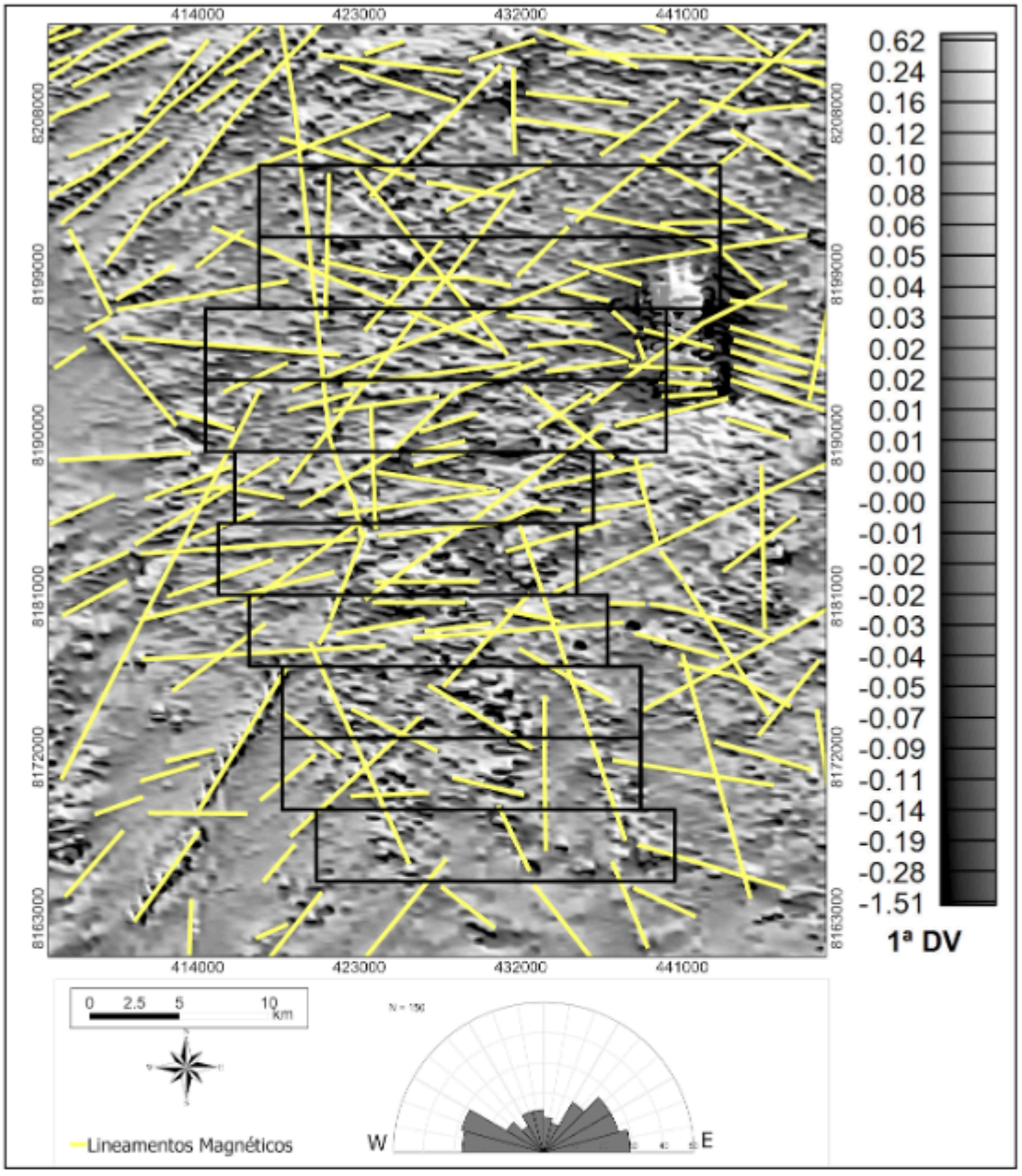


Figura 5.9: *Lineamentos extraídos da 1ª Dz com roseta de frequência de direção para o Projeto Arenópolis.*

Interpretação dos dados magnéticos da Área V

A fim de se obter de maior detalhamento e conhecimento sobre os lineamentos magnéticos na Área V do Projeto Arenópolis, foi feita a individualização deste produto apenas para esta área . O resultado do mapa de lineamento da Área V se encontra na figura 5.10. A partir do produto obtido, foi observado que os lineamentos magnéticos na Área V tem uma direção preferencial NE-SW.

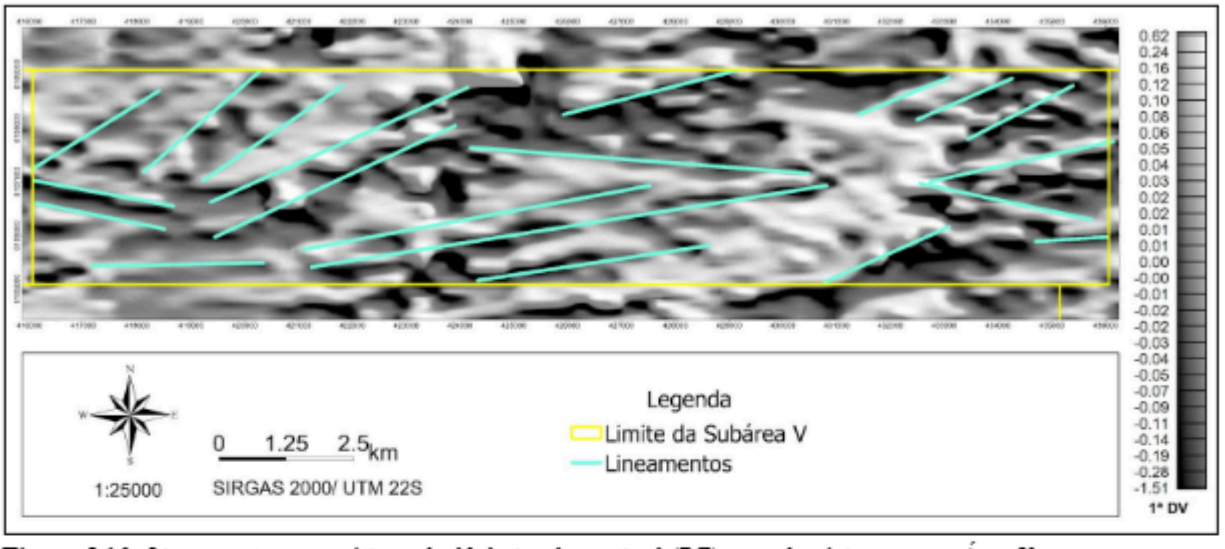


Figura 5.10: *Lineamentos magnéticos da 1ª derivada vertical (DZ) com domínios para a Área V.*

5.4.2. Dados Gamaespectrométricos

Interpretação dos dados gamaespectrométricos do TF Arenopolis

Para o Projeto Arenopolis, foram individualizadas 14 domínios com assinaturas gamaespectrométricos distintos (Figura 5.11), sendo utilizado na interpretação desses domínios, o mapa de composição ternária em RGB. A interpretação dos domínios foi baseada na análise da concentração dos radioelementos de K, eTh e eU nas escalas: alta, moderada e baixa. A tabela 5.2 contém a descrição sistemática de cada domínio.

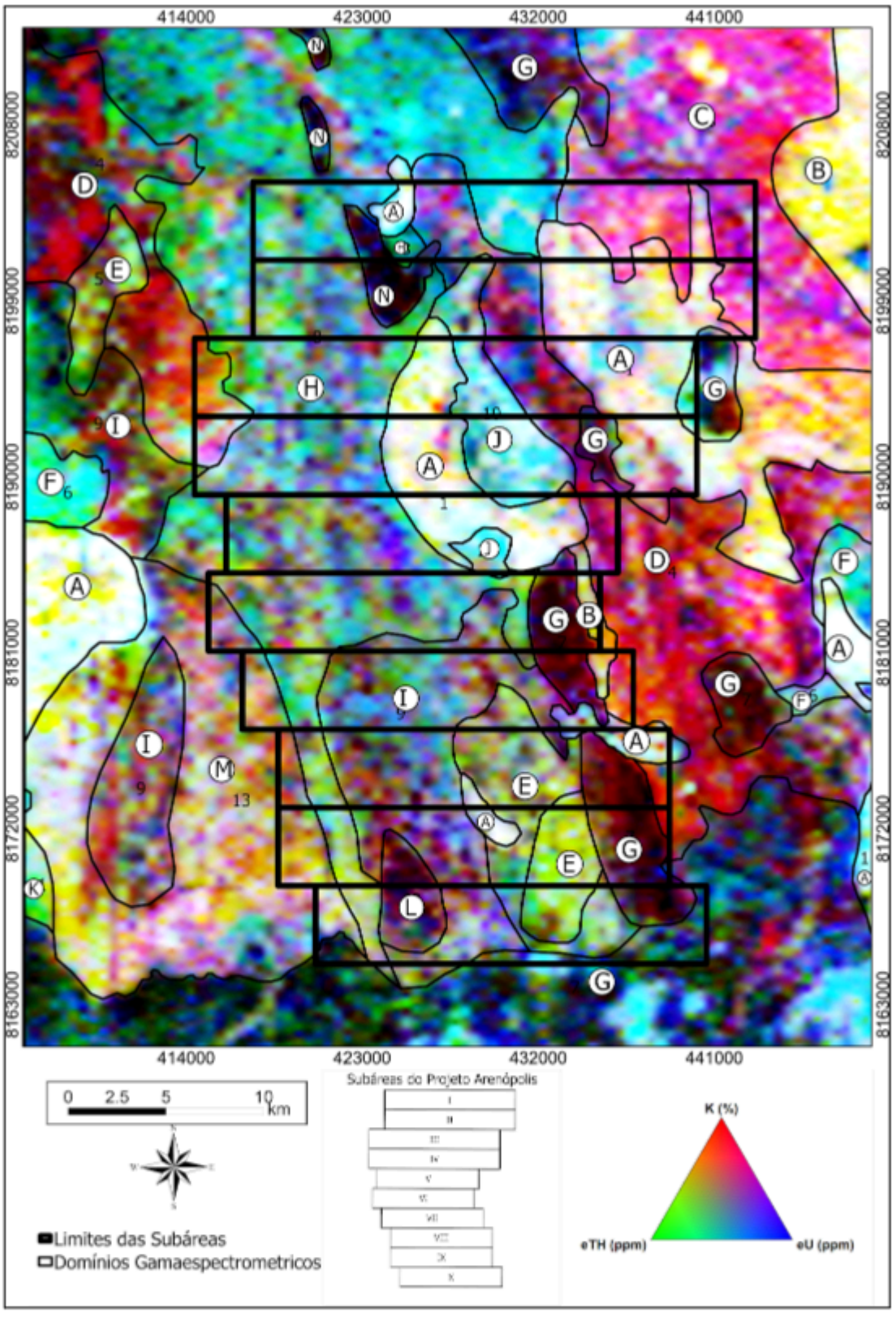


Figura 5.11: *Mapa de domínios gamaespectrométricos da área do Projeto Arenopolis sob o produto ternário RGB.*

Tabela 5.2: Caracterização dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Arenópolis.

Domínio	K	eTh	eU	Cor	Descrição
A	Alto	Alto	Alto	Branco	Domínio com geometria arredondada irregular, homogênea, apresentando altas concentrações de K, eTh e eU.
B	Moderado	Moderado	Baixo	Amarelo	Domínio de geometria alongado, homogêneo, orientado N/S
C	Alto	Baixo	Moderado	Magenta	Domínio difuso, semi-arredondado, heterogêneo.
D	Alto	Baixo	Moderado	Magenta	Domínio de geometria alongado e semi arredondado, espesso, heterogêneo com orientação NW/SE
E	Baixo	Alto	Baixo	Verde	Domínio espesso arredondado, não homogêneo
F	Baixo	Alto	Moderado	Ciano	Domínio arredondado, homogêneo
G	Baixo	Baixo	Baixo	Preto	Domínio homogêneo, descontínuo, pouco espesso
H	Baixo	Moderado	Moderado	Ciano	Domínio de geometria continua, alongando, espesso, com orientação NW/SE
I	Moderado	Baixo	Moderado	Violeta	Domínio de geometria de semi alongado, não homogêneo, com orientação NE/SE
J	Baixo	Alto	Alto	Ciano	Domínio homogêneo, levemente estirada e espessa.
K	Baixo	Alto	Moderado	Verde	Domínio heterogêneo, com geometria estirada.
L	Baixo	Baixo	Moderado	Preto	Domínio de geometria arredondado, escuro, homogêneo.
M	Moderado	Moderado	Moderado	Branco	Domínio arredondado, difuso, espesso, não homogêneo e manchas irregulares,.
N	Baixo	Baixo	Baixo	Preto	Domínio homogêneo, geometria alongada descontínua com sentido NW-SE, com baixas respostas dos três elementos radioativos.

A distribuição dos elementos é influenciada pela geomorfologia (Ferreira et al, 2016) (Fig. 5.12). As áreas com terrenos planos e de menor altitude apresentam baixas concentrações de potássio (K) e concentrações médias a altas de tório (Th) e urânio (U) (Ferreira et al., 2016). Essas áreas coincidem com solos bem desenvolvidos, nos quais ocorre uma lixiviação eficiente de potássio (Domínios E, F, G, J, K, L e N). Por outro lado, as áreas

íngremes e com relevo irregular possuem altas concentrações de potássio e estão associadas a solos pouco espessos, possivelmente devido à maior exposição das rochas (Domínios C e D). Os domínios A e M são distintamentes caracterizados por concentrações altas de potássio, tório e urânio, provavelmente relacionadas a rochas com alto teor de argilominerais e outros filossilicatos, como os carbonatitos e os granitóides presentes na região. A Figura 3.14 ilustra essa relação na forma de mapa geológico-geofísico preliminar para as áreas do Projeto Arenópolis.

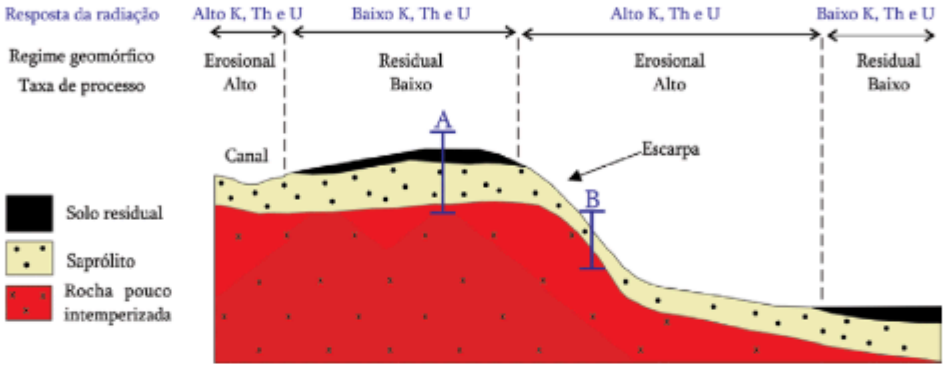


Figura 5.12: *Influência dos processos geomorfológicos na emissão de radiação gama (retirado de Ferreira et al., 2016).*

Interpretação dos dados gamaespectrométricos da Área V

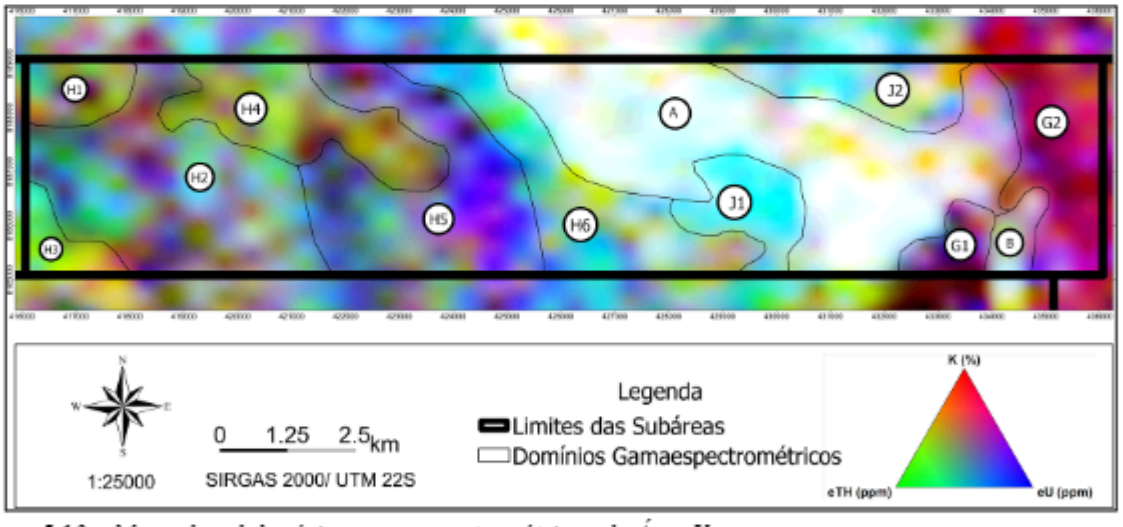


Figura 5.13:: *Mapa de subdomínios gamaespectrométricos da Área V.*

Com o objetivo de obter informações mais detalhadas e aprofundadas sobre os domínios gamaespectrométricos na Área V do Projeto Arenópolis, realizou-se uma análise específica apenas para essa região. O resultado do mapeamento dos domínios na Área V pode ser visualizado na figura 5.13 e a descrição de cada domínio da Área V se encontra na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Caracterização dos domínios gamaespectrométricos da Área V.

Subdomínios	K	eTh	eU	Cor	Descrição
H1	Baixo	Alto	Moderado	Verde Oliva	Subdomínio heterogêneo, com geometria arredondada, com resposta alta para Th e quase nula para K.
H2	Baixo	Moderado	Moderado	Azul Ciano	Subdomínio heterogêneo, predominante na Área V. Apresenta geometria irregular, suavemente arredondada, com resposta mediana para Th e para U com baixa resposta para K.
H3	Moderado	Alto	Baixo	Amarelo Esverdeado	Subdomínio heterogêneo com geometria irregular, com alta resposta para Th.
H4	Moderado	Alto	Baixo	Verde Musgo	Subdomínio heterogêneo com geometria irregular, com alta resposta alta para Th.
H5	Baixo	Baixo	Alta	Azul Escuro	Subdomínio homogêneo com geometria alongada irregular, com resposta alta para U e resposta quase nula para K e para Th.
H6	Baixo - Moderado	Moderado	Moderado	Ciano	Subdomínio heterogêneo com geometria alongada. Com respostas medianas para Th e U e moderada para K.
A	Alto	Alto	Alto	Branco	Subdomínio homogêneo com geometria arredondada e respostas altas para K, Th e U.
J1	Baixo	Moderado	Moderado	Ciano	Subdomínio homogêneo com geometria irregular e resposta mediana para Th e U e baixa para K.
J2	Baixo	Moderado	Moderado	Ciano	Subdomínio homogêneo com geometria arredondada e resposta moderada para Th e U e baixo para K.
G1	Baixo	Baixo	Baixo	Preto	Subdomínio homogêneo com geometria irregular, com baixa resposta para os três radioelementos.
B	Alto	Alto	Alto	Branco	Subdomínio homogêneo e alongado, com alta respostas para os três radioelementos.
G2	Alto	Baixo	Moderado	Magenta	Subdomínio homogêneo com geometria estirada, apresentando resposta alta para K e quase nula para Th.

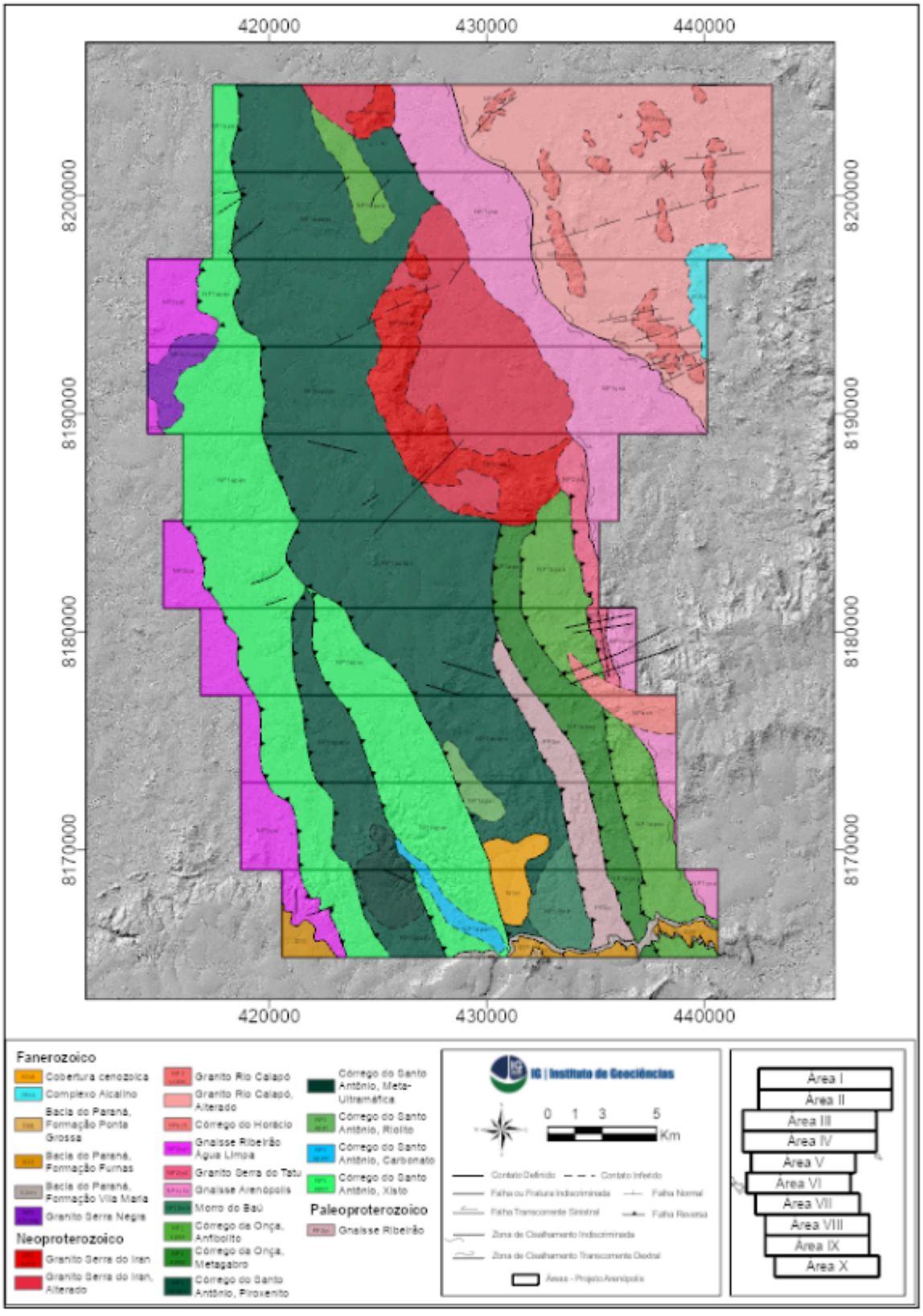


Figura 5.14: *Mapa geológico-geofísico preliminar do Projeto Arenópolis relacionando as interpretações gamaespectrométricas com as Folha SE.22-V-B-II Piranhas e Folha SE.22-V-B-V Caiapônia Folha. CPRM, 2020.*

6. GEOLOGIA DO PROJETO ARENÓPOLIS

Neste capítulo, são apresentados os resultados e as descrições das unidades geológicas mapeadas na área do Projeto Arenópolis (2023). As unidades cartografadas na escala 1:25.000 (Fig 6) foram definidas com base em critérios petrográficos e/ou de associações petrográficas, estruturais, deformacionais e metamórficos. No capítulo seguinte será abordado com maior detalhe a geologia da Área V, juntamente com a petrografia.

Foram identificadas principalmente rochas neoproterozoicas do Arco Magmático de Goiás, mas também rochas paleoproterozoicas, representadas pelo Gnaisse Ribeirão, além de rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná e rochas plutônicas e subvulcânicas mesozoicas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás. A estruturação é caracterizada por foliações normalmente subverticais, com uma direção preferencial NNW-SSE a N-S. Foram também compartimentadas, de oeste para leste, três 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.

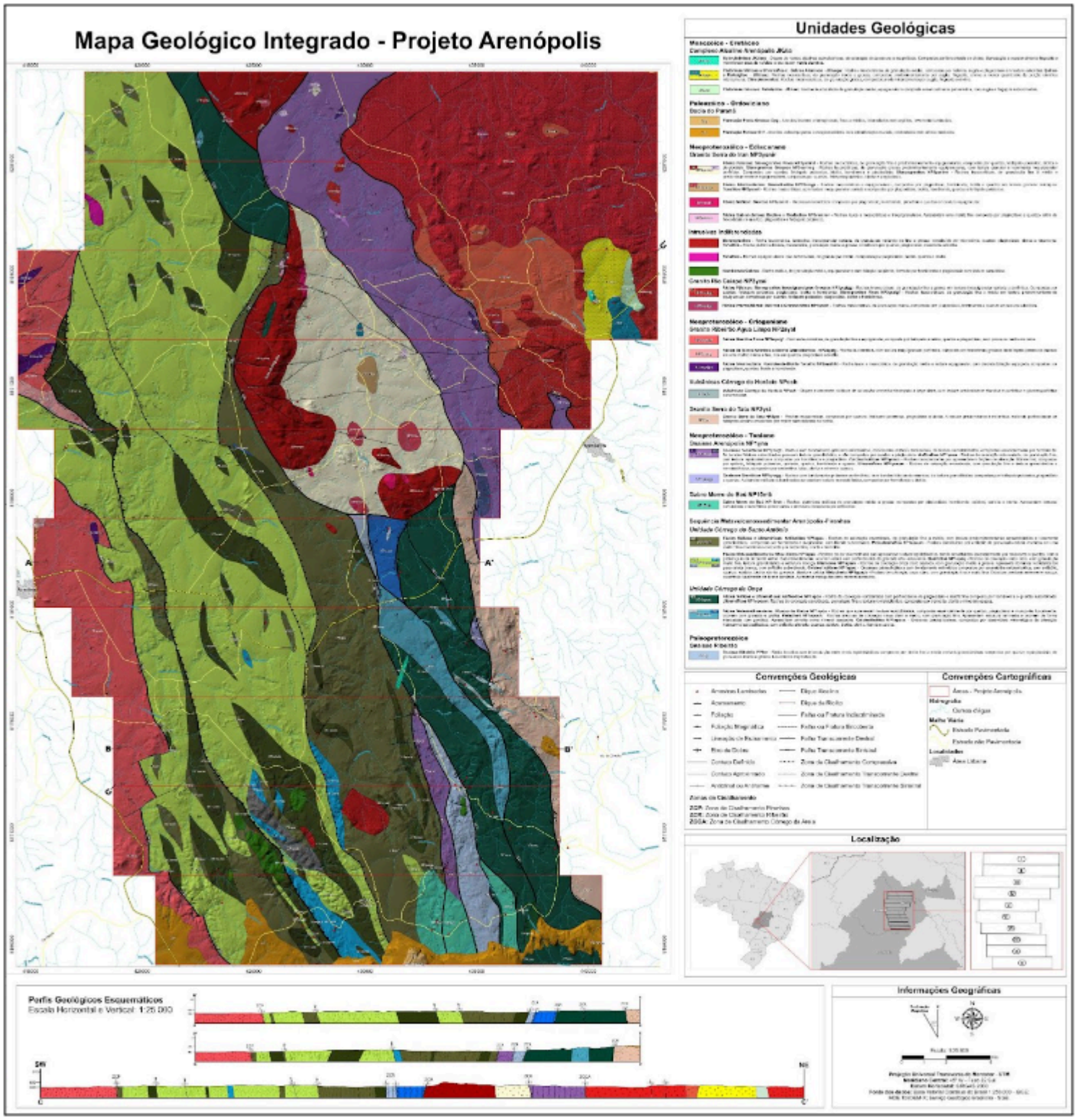


Figura 6: *Mapa Geológico Integrado do Projeto Arenopolis, 2023, em versão simplificada.*

6.1. 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.

Litologicamente, é composto por biotita-tonalitos, intensamente deformados e foliados, com presença local de migmatitos o qual evidencia a existência de processos de fusão parcial. Em termos mineralógicos, apresenta 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. 6.1)

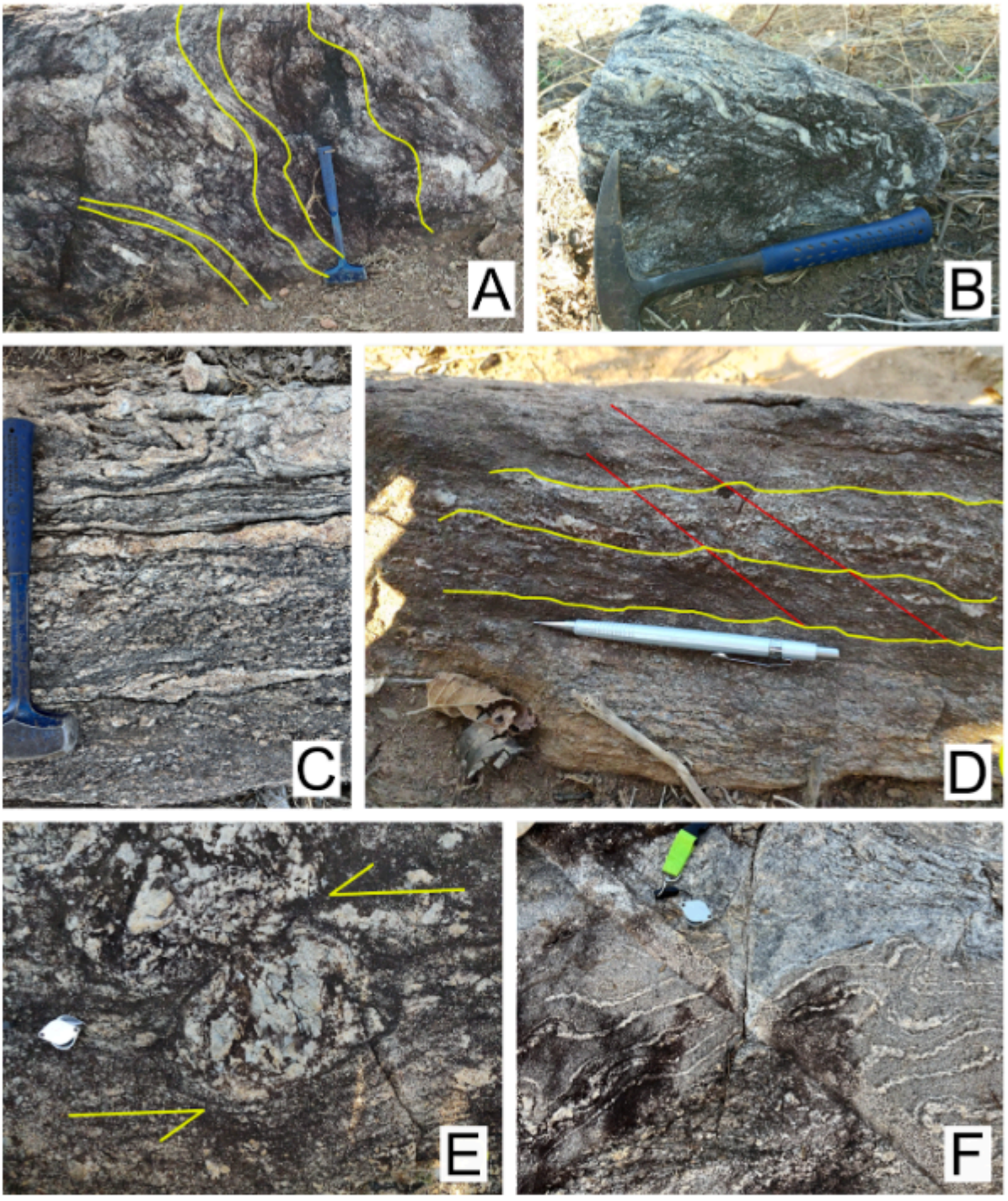


Figura 6.1. *Feições de deformação no gnaisse Ribeirão, observadas no afloramento-tipo, inserido na área VIII (Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N). (A) foliação anastomosada, truncada por fraturas; (B) leucossomas rompidos; (C) leucossomas em migmatito exibindo pinch-and-swell incipiente na porção inferior da imagem; já (D) foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas em vermelho representam o plano C; (E) megaporfiroblasto de quartzo rotacionado, evidenciando cinemática sinistral; por fim, (F) migmatito com leucossomas concordantes à foliação, recortados por dique leucocrático de quartzo e feldspato.*

6.2. ARCO MAGMÁTICO 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 a intermediárias, com composição que varia entre dioritos e tonalitos metamorfizadas em fácies xisto-verde a anfibolito. Estas são correspondentes ao estágio de arco de ilha. Rochas metavulcânicas e metassedimentares das bacias de trincheira e de *forearc*; bem como intrusões graníticas de caráter calci-alcalino dos estágios vulcânico e colisional. Estudos geocronológicos mostram um conjunto de 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.

6.2.1. 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.

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 fácies metassedimentar (Fig. 6.2) são representadas principalmente por xistos metapelíticos, metamorfizados em fácies anfibolito e 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.

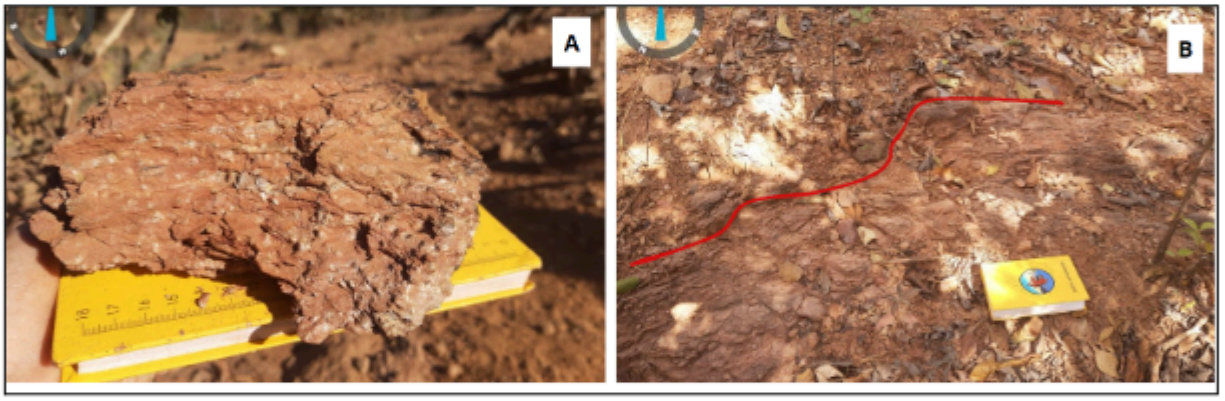


Figura 6.2. *(A) Rocha alterada de coloração vermelha-amarelada e granulação média a grossa, textura lepidoblástica, foliação do tipo xistosidade. Composta por quartzo, muscovita, granada e pseudomorfos de estaurolita de hábito prismático que deforma a xistosidade: TF23-X-106 430682E 8166457S.* ***(B)*** *Afloramento in situ evidenciando foliação: TF23-X-181 428702E 81680537S.*

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, 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 6.3. *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 6.4).



Figura 6.4. *Afloramento em lajedo mostrando gnaisses calcissilicáticos afetados pela Zona de Cisalhamento Ribeirão. (Área VI, ponto 120, X:431498,7736; Y: 8182539,859).*

6.2.2. Gabro Morro do Baú

A Unidade Morro do Baú (Fig. 6.5) 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. 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 (Fig. 6.5 C).

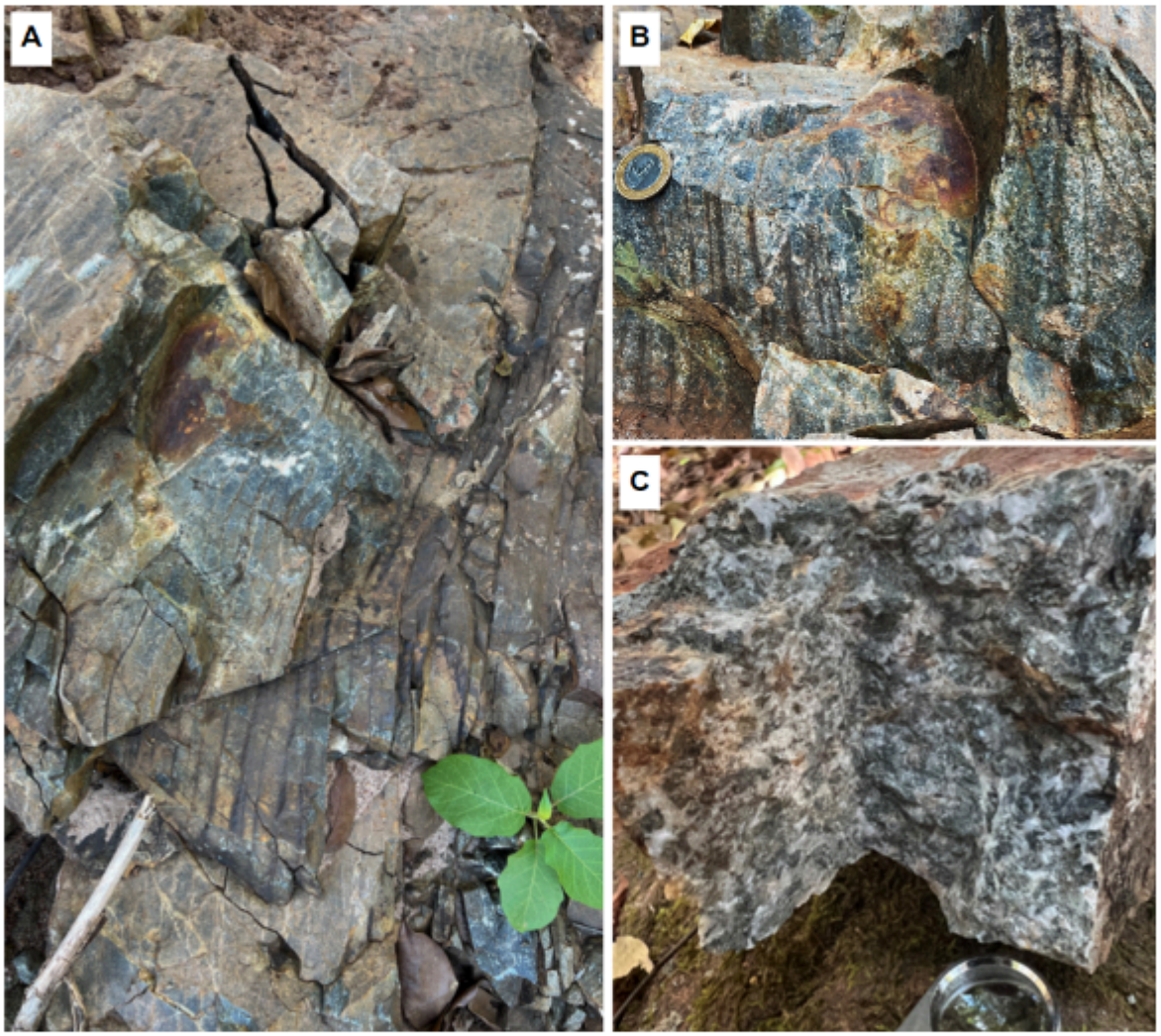


Figura 6.5. *(A) TF23-X-12 432984E 8166649S: Aspecto de afloramento da unidade Gabro Morro do Baú no corpo arredondado. (B) TF23-X-12 432984E 8166649S: Detalhe do gabro deformado com bandamento centimétrico e veios leucocráticos discordantes. (C) TF23-X-13 433304E 8166548S: Gabro Morro do Baú com textura cumulática.*

6.2.3. 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. No sul, nas áreas VIII até a 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 sobressaem-se na topografia, compondo afloramentos de blocos métricos *in situ.* São encontrados serpentinitos, cloritítos e xistos ultramáficos.

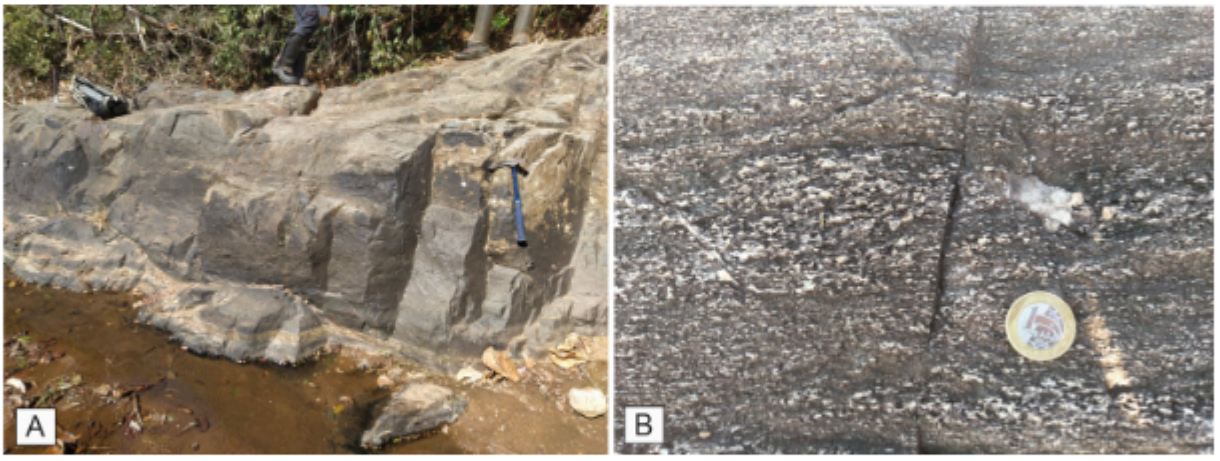


Figura 6.6. *Área III - TF23-AIII-P106 (Coordenadas X: 434953,57; Y: 8193673,35). A - Afloramento em lajedo no leito do Córrego da Areia composto por gnaisse tonalítico milonitizado. B - Detalhe da foliação milonítica apresentada pela unidade.*

6.2.4. 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 apresentam-se 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.

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. 6.7B) 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. 6.7A). 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.

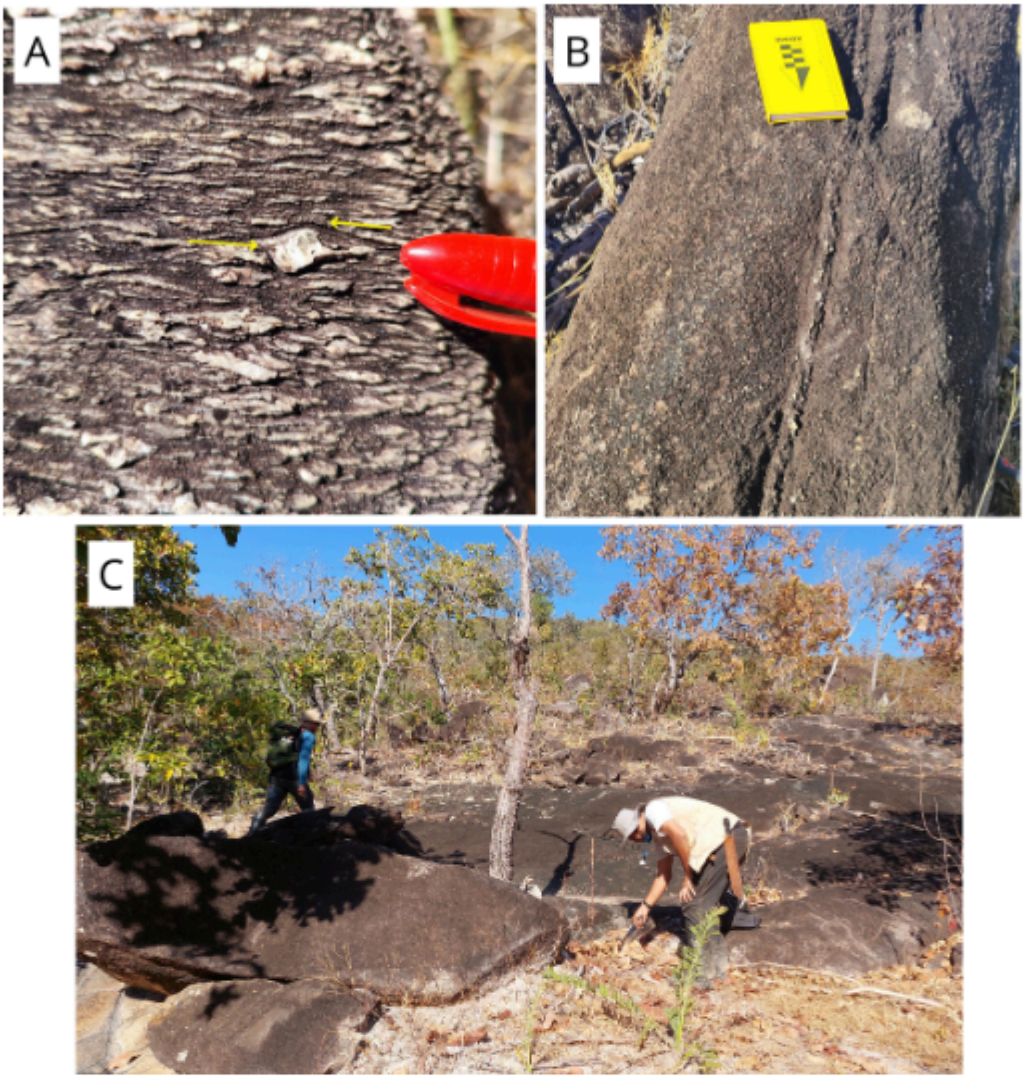


Figura 6.7. *(A) Porfiroclasto sigmoidal de feldspato alcalino, exibindo rotação sinistral (destacada por setas amarelas) em meio a textura milonítica do biotita granito milonítico. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) Afloramento em lajedo de biotita granito milonítico do Granito 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.*

Granito Ribeirão Água Limpa

O Granito Ribeirão Água Limpa (Fig. 6.8) aflora no extremo oeste das áreas II a X do Projeto Arenópolis. Foram descritas rochas leucocráticas, de coloração róseo-esverdeadas, e composições granodioríticasa a graníticas, granulação variável de fina a grossa e texturas primárias porfiríticas e equigranulares, as quais se mostram frequentemente milonitizadas. Em geral, é observado biotita subordinada e, em menor abundância, há presença de muscovita. Mais raramente, ainda foram descritas rochas com hornblenda e rochas com granada sin-tectônica. A deformação milonítica é mais intensa conforme a proximidade à Zona de

Cisalhamento Piranhas, que marca o contato leste da unidade com a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Por vezes é observado bandamento gnáissico. Além disso, ocasionalmente, na Área III, foram observadas estruturas indicativas de fusão parcial, classificadas como migmatitos (Figura 6.8A). Essa grande heterogeneidade composicional e textural das rochas abarcadas pela unidade indica a possível existência de variadas fontes magmáticas durante o período colisional.

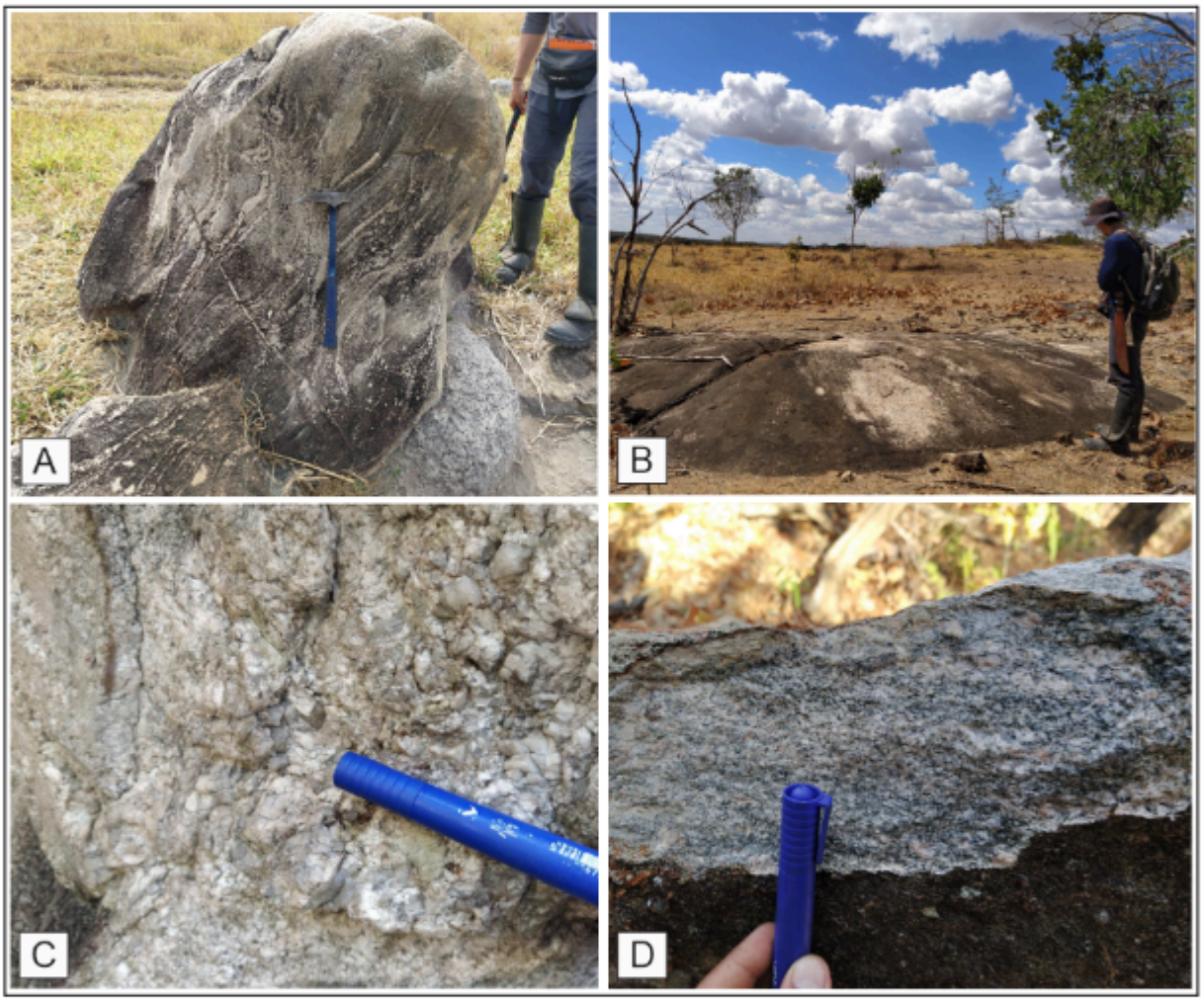


Figura 6.8. *Afloramentos do Granito Ribeirão Água Limpa. (A) Matacão de rocha com bandamento gnáissico e composição granítica com evidências de fusão parcial - migmatitos. (B) Afloramento em lajedos, muito comum nos afloramentos da Área III. (C) Fácies granítica isotrópica, com granulação grossa, classificado como pegmatítica. (D) Fácies de composição granodiorítica foliada e ocasionalmente bandada.*

6.2.5. Intrusões tardi-tectônicas

As unidades que representam 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.

Granito Serra do Iran

O Granito Serra do Iran ocorre como um corpo intrusivo *tardi*-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 se destaca 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. 6.9A), 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 petrográficas foram definidas dentro da Unidade Granito Serra do Iran, entre elas: 1) fácies félsicas: sienogranitos de granulação grossa (Fig. 6.9B) 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 campo, foi observado *mingling* com a presença de dois extremos composicionais (Fig. 6.9C e 5.9D), e a partir da petrografia foi evidenciado o *mixing*, com a presença de híbridos composicionais.

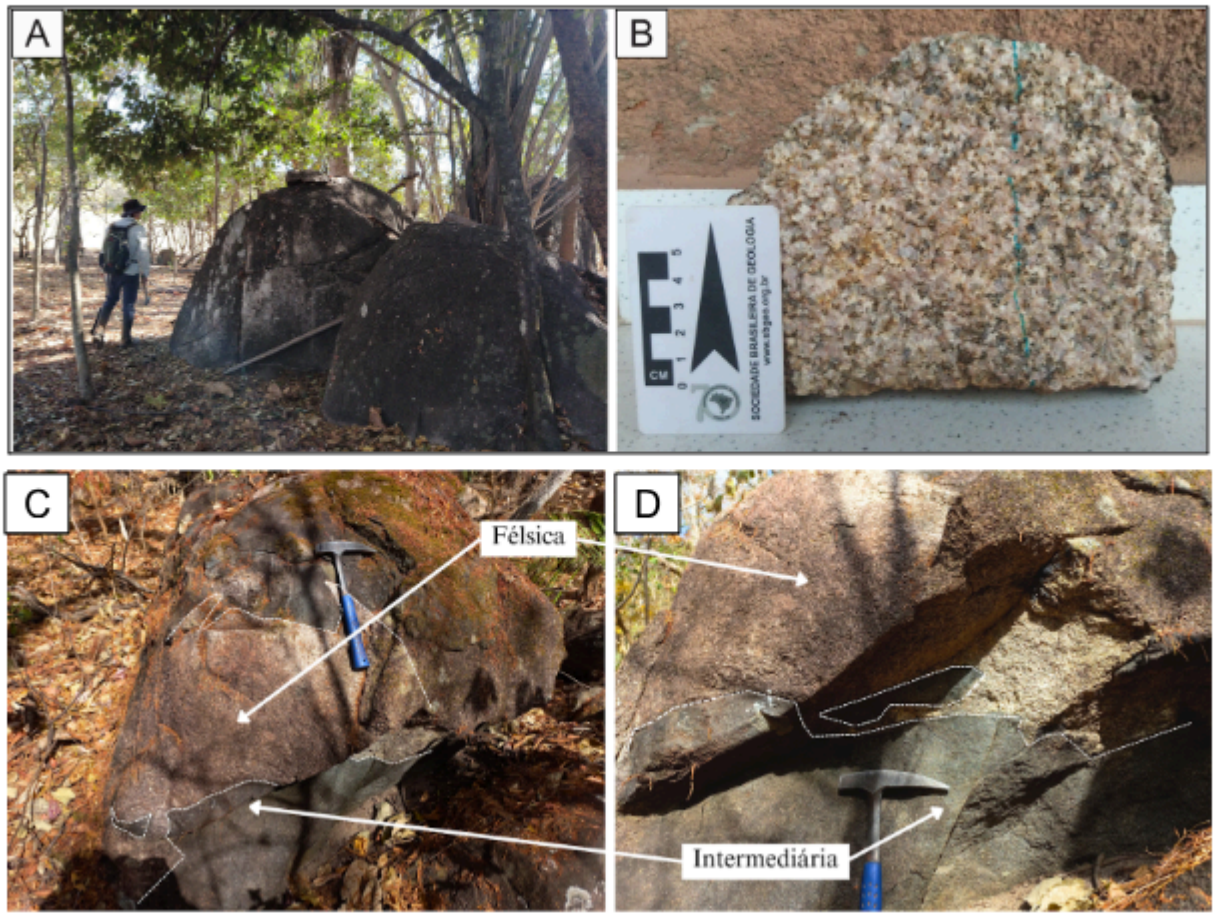


Figura 6.9. *(A) Afloramento em bloco do Granito Serra do Iran, os blocos podem alcançar 2 metros de altura como na figura, muito comum nas proximidades da Serra da Margarida. (B) Amostra de mão representativa da fácies do Granito Serra do Iran de granulação grossa e textura equigranular. (C - D) Feições de mixing-mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran no ponto (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S).*

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.

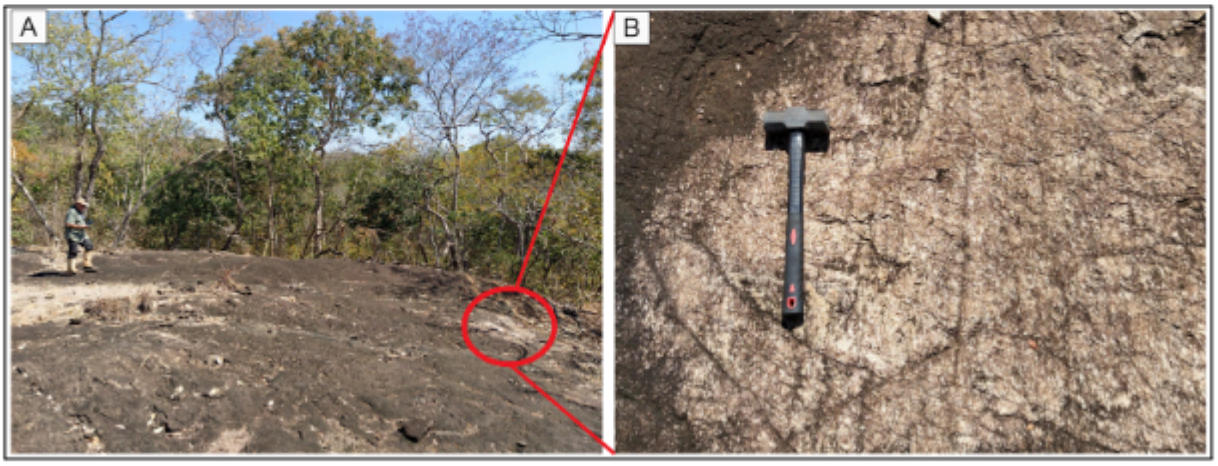


Figura 6.10. *TF23-AIII-P15 (Coordenadas X: 439660,33; Y: 8195281,30). (A) Lajedo de dimensão métrica do Granito Rio Caiapó. (B) Detalhe para a fácies inequigranular seriada com megacristais de feldspato potássico, classificada como granito porfirítico, e fraturas de direção NW-SE.*

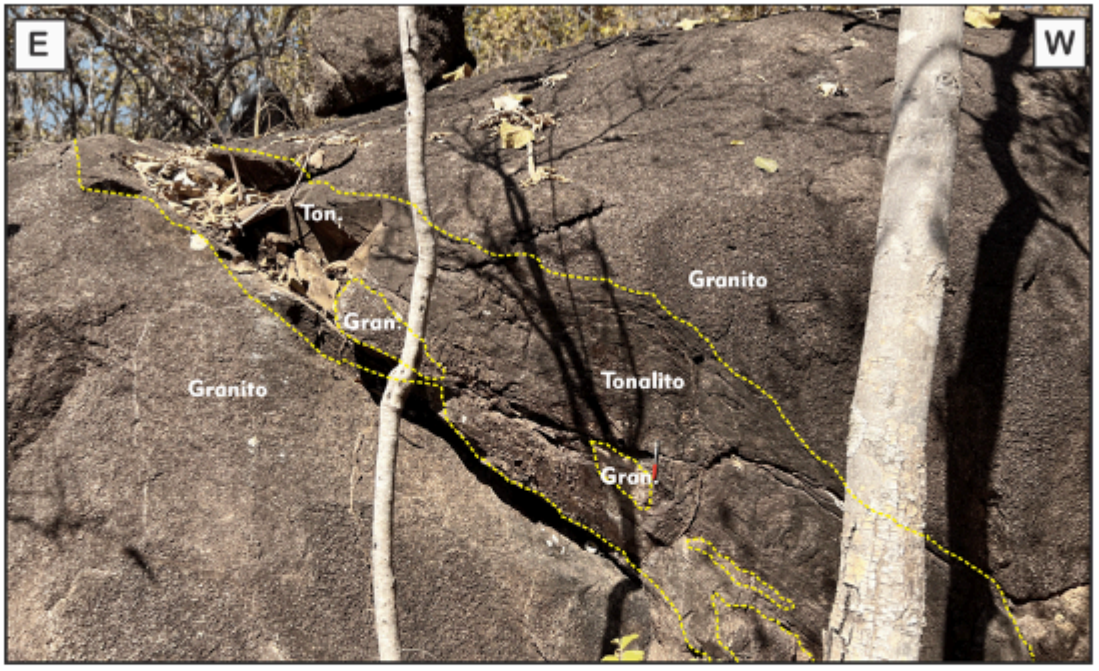


Figura 6.11. *Diques sin-plutônicos ao tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).*

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.

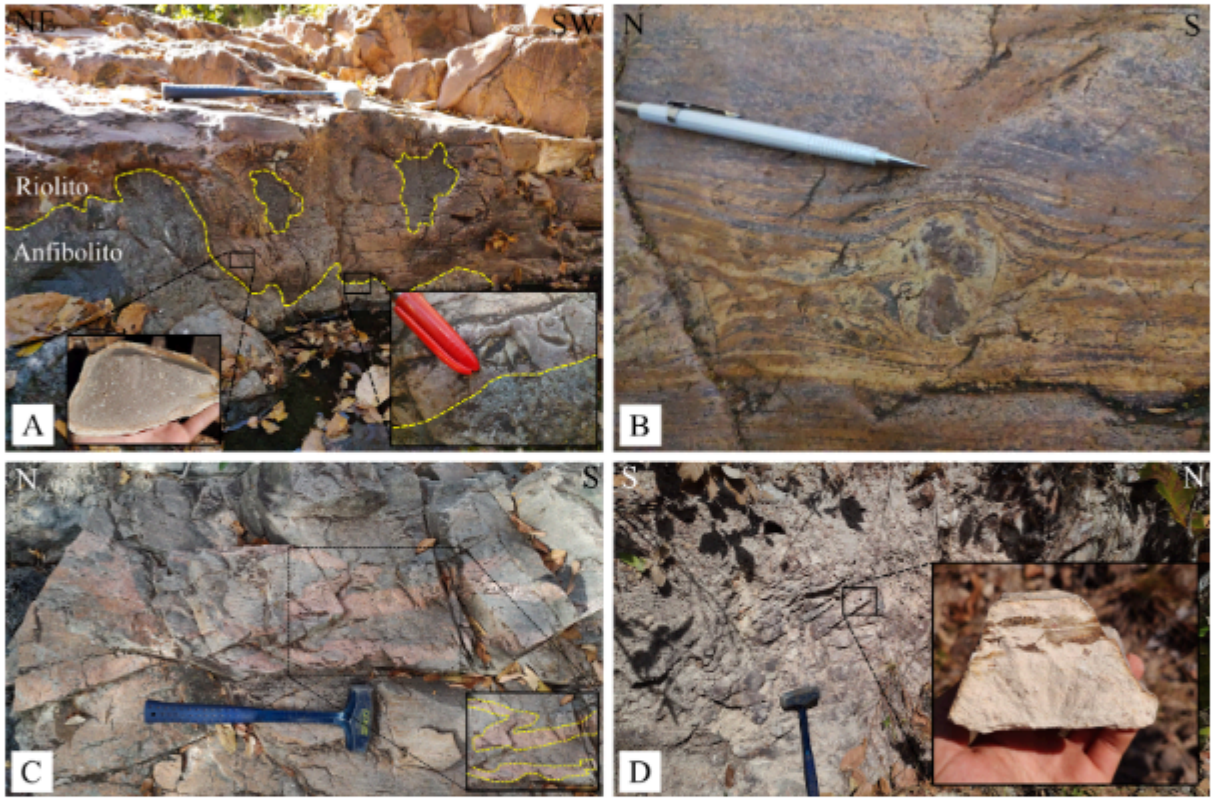


Figura 6.12. *Derrames riolíticos característicos da unidade, com afloramento-tipo (A e B) localizado na área VII (Coordenadas: 22S 434487 E 8177659 N). (A) Derrame riolítico avermelhado, sob anfibolito fino com enclaves do mesmo. Além disso, é possível observar no detalhe, amostra de riolito de coloração 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.*

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.

6.3. BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná abrange a totalidade da porção sul da Área X (Figura 6.13) 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.

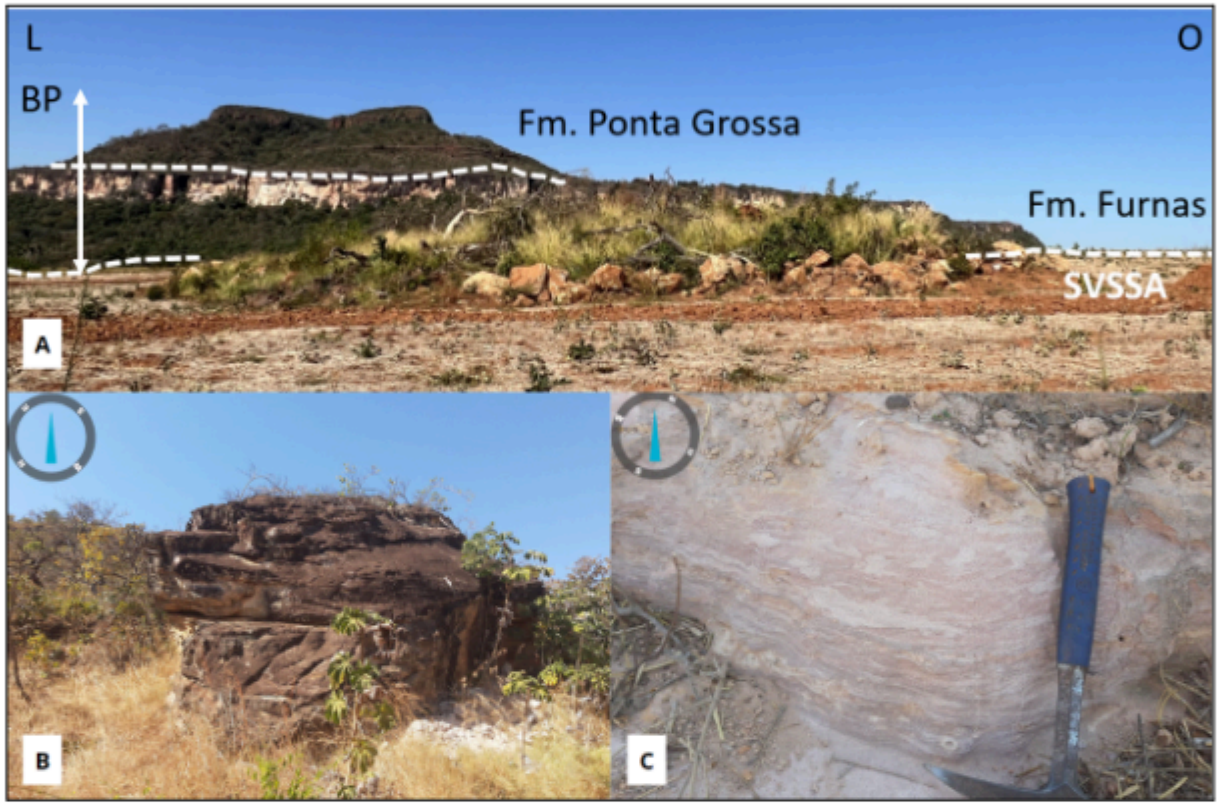


Figura 6.13. (A) Vista panorâmica de uma parte do perfil da Bacia do Paraná e da Sequência Metavulcanossedimentar Córrego Santo Antônio na área X. (B) Arenito conglomerático com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-67 437339E 8166225N). (C) Arenito fino com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-79 431804E 8164059N).

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.

6.4. 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.

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, ortopiroxênio, clinopiroxênio e, ocasionalmente, flogopita, nefelina ou leucita.

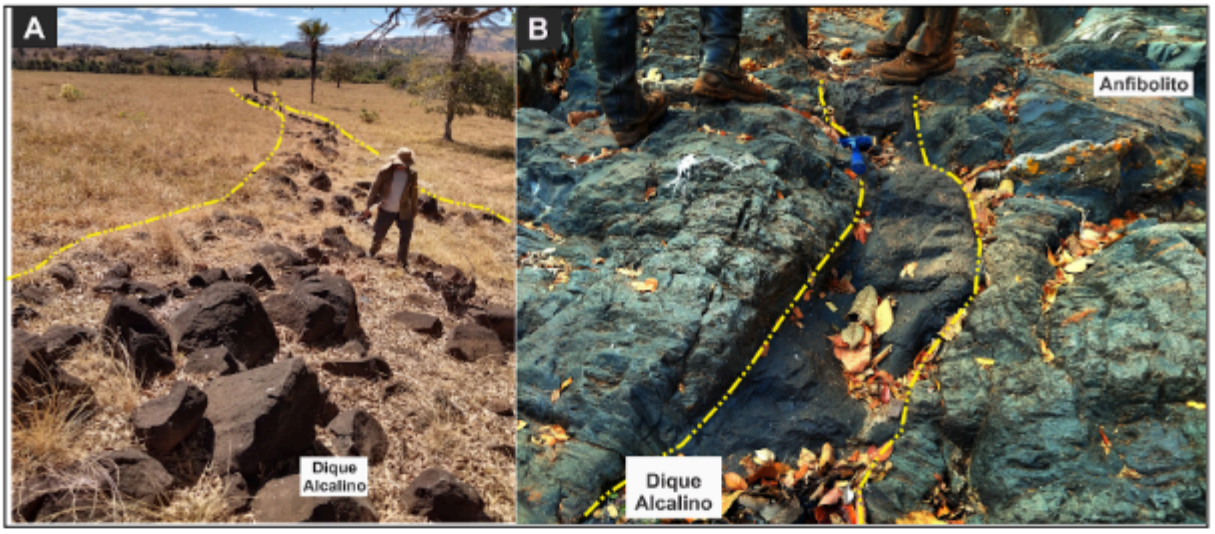


Figura 6.14. *(A,) blocos submétricos a métricos alinhados de basanito em pasto, indicando a presença de dique alcalino na Área VII (Coordenadas X: 431410; Y:8177514).(B) dique alcalino cortando anfibolitos máficos da Unidade Córrego da Onça (Coordenadas: 22S 434922 E 8177863 N).*

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 nefelinitos. A nefelina representa o feldspatóide comum em todas as rochas do complexo, juntamente com a flogopita, indicando se tratar de uma associação com afinidade sódica, caracterizada pela série ijolítica. Além disso, foram encontrados veios carbonatíticos (Fig. 6.15C) e brechas magmáticas (Fig. 6.15D).

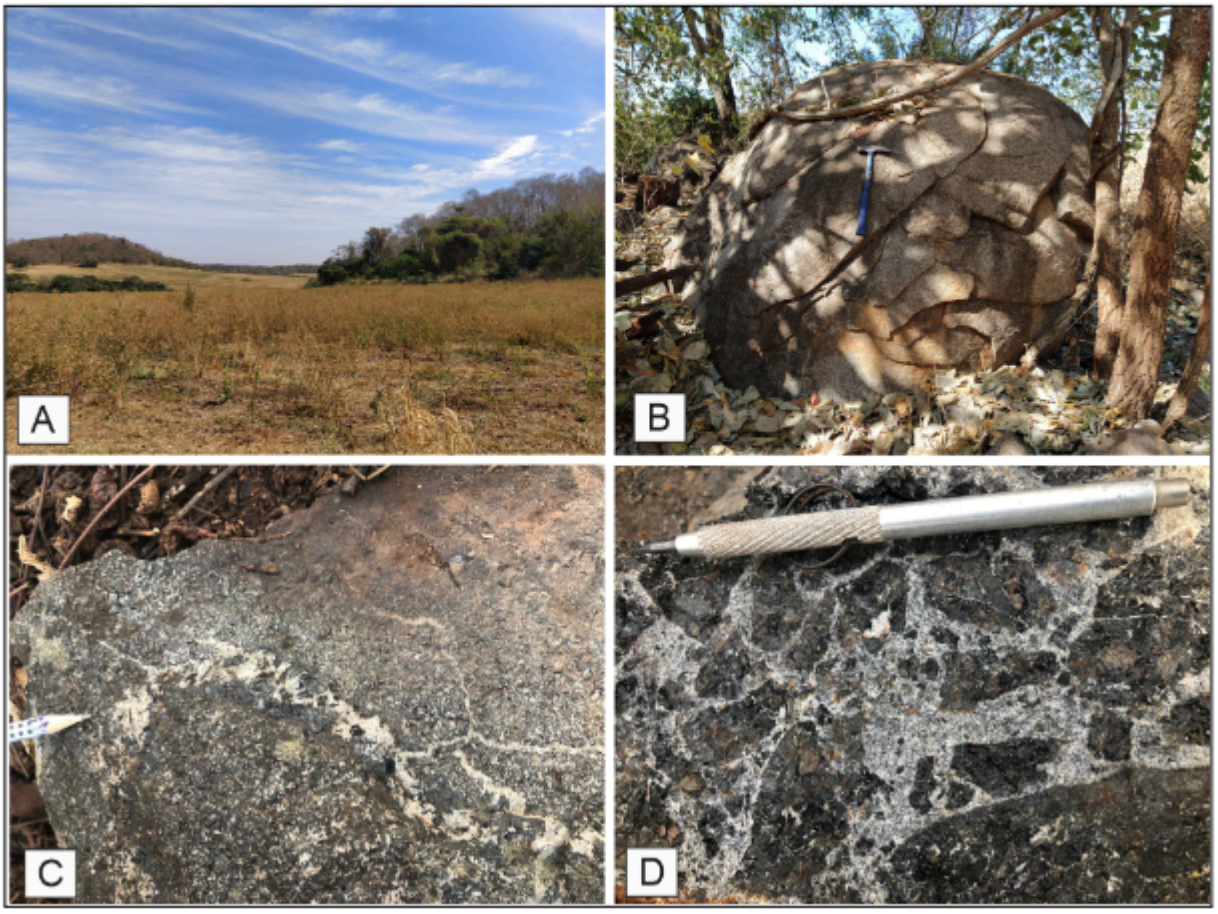


Figura 6.15. *(A) Foto panorâmica destacando o relevo encontrado no Complexo Arenópolis. Os melhores afloramentos encontram-se nos morros, enquanto que a porção arrasada é dominada por pasto e plantações com perfis de solo avermelhado. (B) Afloramento com esfoliação esferoidal em nefelinito (TF23-AIII-P8 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.*

7. GEOLOGIA LOCAL - ÁREA V

A área V do Projeto Arenópolis registra ocorrências de rochas das unidades Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, Gnaisse Arenópolis, Granito Serra do Tatu, Granito Ribeirão Água Limpa, Granito Serra do Iran e Província Alcalina de Goiás (Fig. 7.1). Neste capítulo serão abordadas as informações petrográficas de tais unidades, que foram definidas a partir da interpretação dos dados geológicos coletados em campo e da análise petrográfica (Tabela 7.1) (ANEXO I). A unidade Gnaisse Ribeirão, apesar de não ter sido observada em campo, foi denotada no mapa geológico da Área V a partir de dados complementares das áreas adjacentes.

7.1. SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR ARENÓPOLIS - PIRANHAS

No contexto local da Área V, as duas unidades da Sequência Arenópolis-Piranhas: Córrego do Santo Antônio (CSA) e Córrego da Onça (CO) (Pimentel e Fuck, 1996) ocorrem e são descritas a seguir.

7.1.1. Unidade Córrego Santo Antônio

Essa unidade aflora na porção oeste da Área V, sendo delimitada no lado oeste em parte pelo Granito Ribeirão Água Limpa, pela Zona de Cisalhamento Piranhas (ZCP) e no lado leste pelo Granito Serra do Iran e parte pelo Gnaisse Ribeirão, pela Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR). Nos produtos aerogeofísicos, esta unidade se encontra em um domínio pouco heterogêneo e com respostas difusas no mapa ternário RGB (K, eTh, eU) (Fig. 7.2B). É composta pelas litofácies metaultramáfica, anfibolito, calcissilicática e mica-xisto.

Tabela 7.1: *Relação de lâminas descritas pela Área V, junto com a sua unidade, classificação e localização.*

Lâmina	Unidade	Classificação	Coordenada (22S)	
			X	Y
APA 1	Córrego do Santo Antônio	talco-tremolita-clorita serpentinito	423496	8183834
TF23-II-P84	Córrego do Santo Antônio	clorita-hornblenda *fels*	421970	8200965
TF23-AV-P191	Córrego do Santo Antônio	plagioclásio-hornblenda *fels*	423626	8188537
TF23-AV-P99	Córrego do Santo Antônio	quartzo-granada-hornblenda *fels*	428950	8185087
TF23-VI-P138	Córrego do Santo Antônio	anfibolito	419645	8184057
TF23-AV-P54C	Córrego do Santo Antônio	quartzo-muscovita xisto	416571	8188283
TF23-AV-P181	Córrego da Onça	anfibolito	432009	8185130
TF23-AVI-P120	Córrego da Onça	calcissilicatica bandada	431498	8182533
TF23-AV-P74	Gnaisse Arenópolis	hornblenda-biotita milonito	435840	8187665
TF23-V-81B	Gnaisse Arenópolis	talco-serpentina fels	435601	8186097
TF23-V-83D	Gnaisse Arenópolis	serpentina-talco-clorita xisto	435563	8185718
TF23-VII-P77	Granito Serra do Tatu	biotita sienogranito	436931	8179997
APA19	Granito Água Limpa	monzogranito	419569	8170912
TF23-V-P15	Granito Serra do Iran	sienogranito grosso	432520	8189085
TF23-V-P93	Granito Serra do Iran	tonalito	429954	8185487
TF23-V-P143	Granito Serra do Iran	quartzo-diorito	431738	8186962
TF23-V-P138B	Granito Serra do Iran	quartzo-diorito	430942	8186739
TF23-V-P138	Granito Serra do Iran	diorito	430942	8186739
TF23-I-P13(09)	Província Alcalina de Goiás	basanito	434883	8203311
ARE 31B	Província Alcalina de Goiás	basanito		

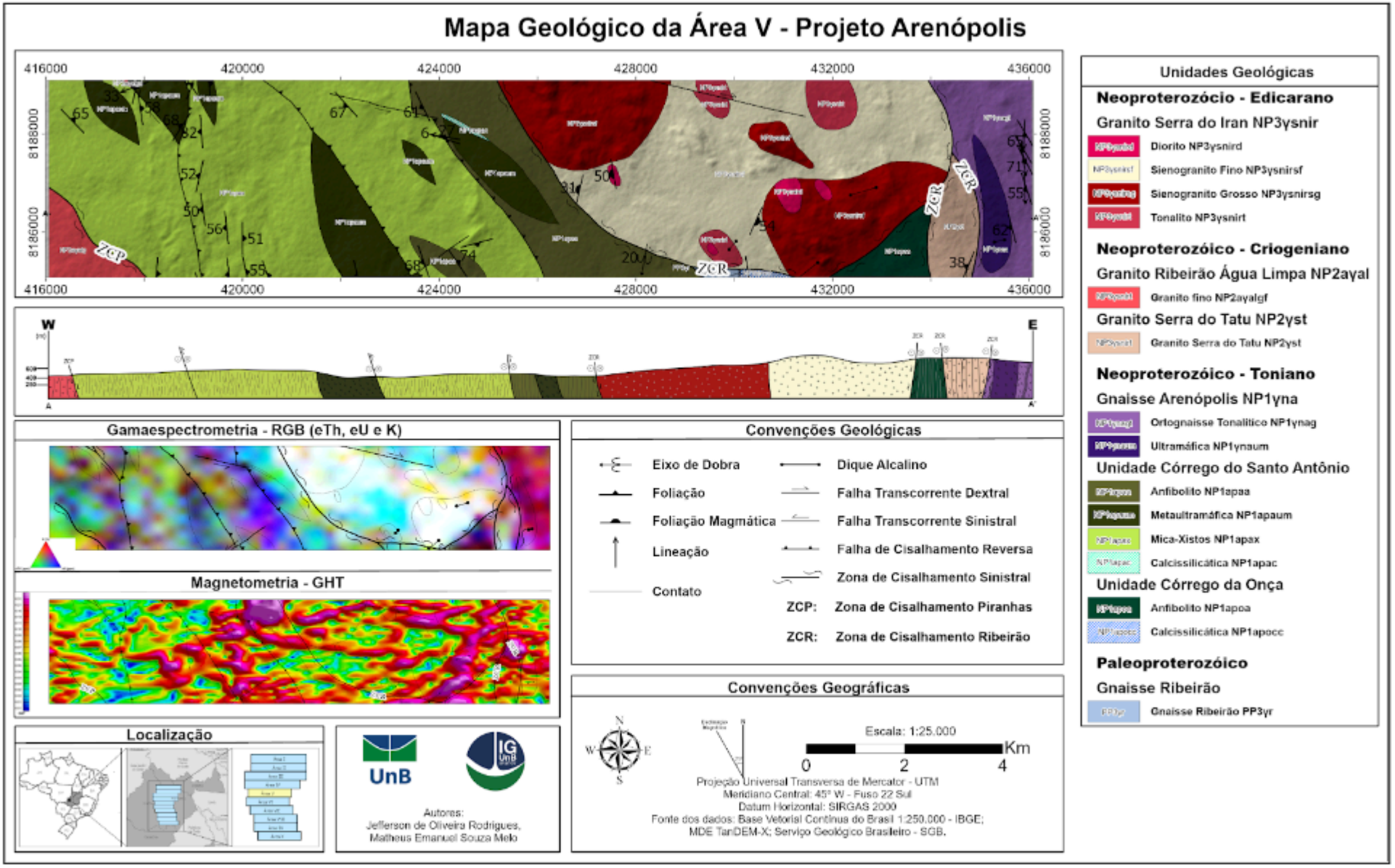


***Figura 7.1**: Mapa geológico da Área V - Projeto Arenópolis.*

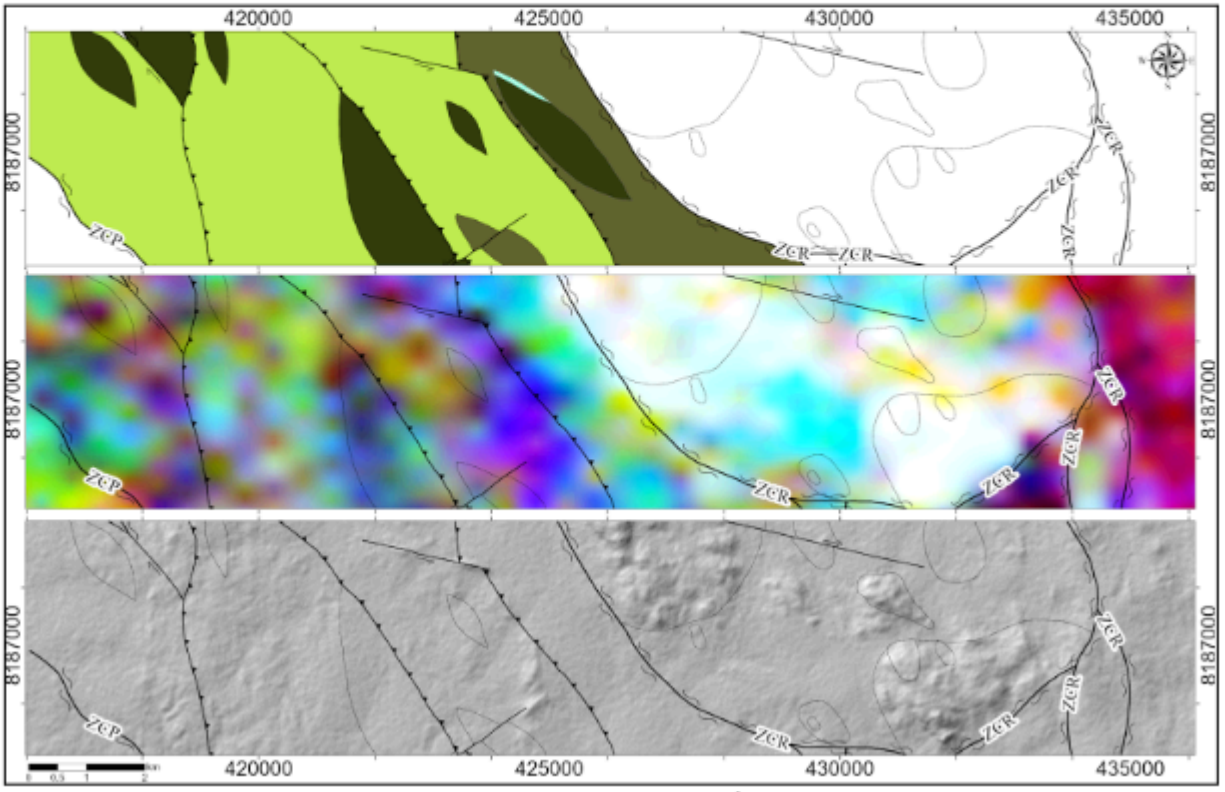


Figura 7.2: *Localização da Unidade Córrego Santo Antônio na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico; (B) Composição colorida RGB (K, eTh, eU). (C) MDE.*

Litofácies metaultramáfica - NP1apaum

A litofácies metaultramáfica da Unidade Córrego do Santo Antônio ocorre predominantemente no lado oeste da Área V em forma de lentes, intercalada com a litofácies micaxisto e com a litofácies anfibolito. Os afloramentos possuem dimensões centimétricas a métricas e aparecem em forma de blocos rolados, blocos *in situ* e em lajedo (Fig. 7.3A e B). As rochas desta litofácies são representadas por serpentinitos, clorita-hornblenda *fels* e tremolita-talco-xisto (Fig. 7.3C e D).

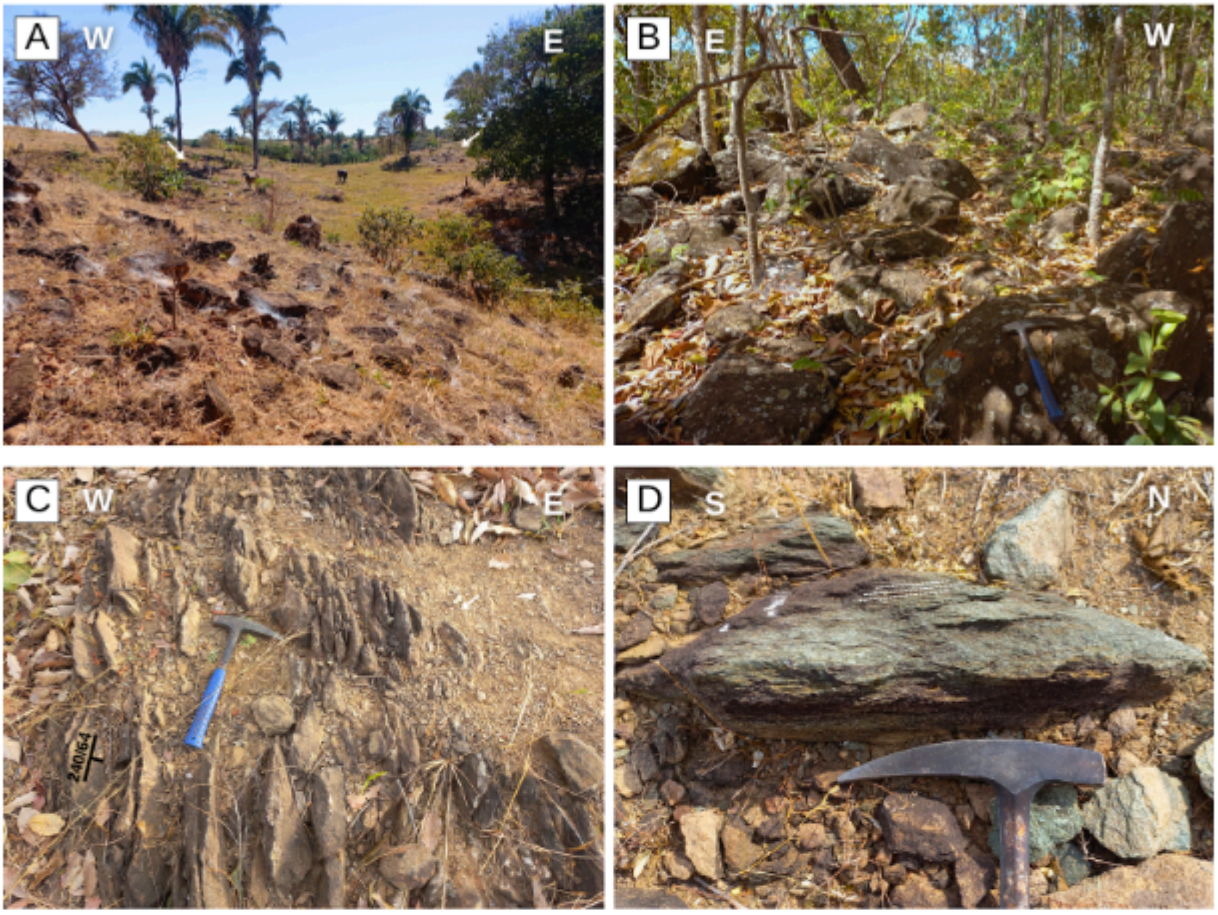


Figura 7.3: *Aspectos gerais dos afloramentos da litofácies metaultramáfica da Unidade CSA da Área V. (A) Afloramento de aproximadamente 1 quilômetro de blocos in situ disseminados de dimensões métricas formando morrotes. (TF23-AV-P157, coordenadas: 418290E 8185147S) (B) Afloramento de blocos in situ em clareira. (TF23-AV-P115, coordenadas: 423581E 8187241S) (C) Afloramento métrico de xistos ultramáficos, no qual é possível observar a foliação bem penetrativa com direção NNW/SSE. (TF23-AV-P42, coordenadas: 418949E 8189041S). (D) Bloco de xisto ultramáfico com destaque para a foliação(TF23-AV-P51, coordenadas: 417960E 8188516S)*

Serpentinito

Os serpertinitos ocorrem na porção noroeste da Área V, em forma de lentes com direção preferencial NNW, intercaladas com xistos ultramáficos da Unidade Córrego do Santo Antônio. O contato com a litofácies micaxisto ocorre de forma intercalada metricamente. Os afloramentos são de dimensões métricas por vezes formando morrotes, e apresentando preferencialmente em forma de blocos métricos maciços *in situ* e lajedos. Petrograficamente foram identificados dois tipos de serpentinitos: talco-tremolita-clorita serpentinito e hornblenda serpentinito. Ambos apresentam magnetismo.

O talco-tremolita-clorita serpentinito foi classificado a partir da lâmina correspondente ao ponto APA1. É composto por serpentina (55 - 60%), clorita (15 - 20 %) e tremolita (10 -

15 %). Os minerais acessórios encontrados foram talco (~5 %) e opacos (~2%), possivelmente magnetita. A granulação varia de fina a grossa, com trama textural nematoblástica marcada pelos cristais de serpentina, tremolita e clorita.

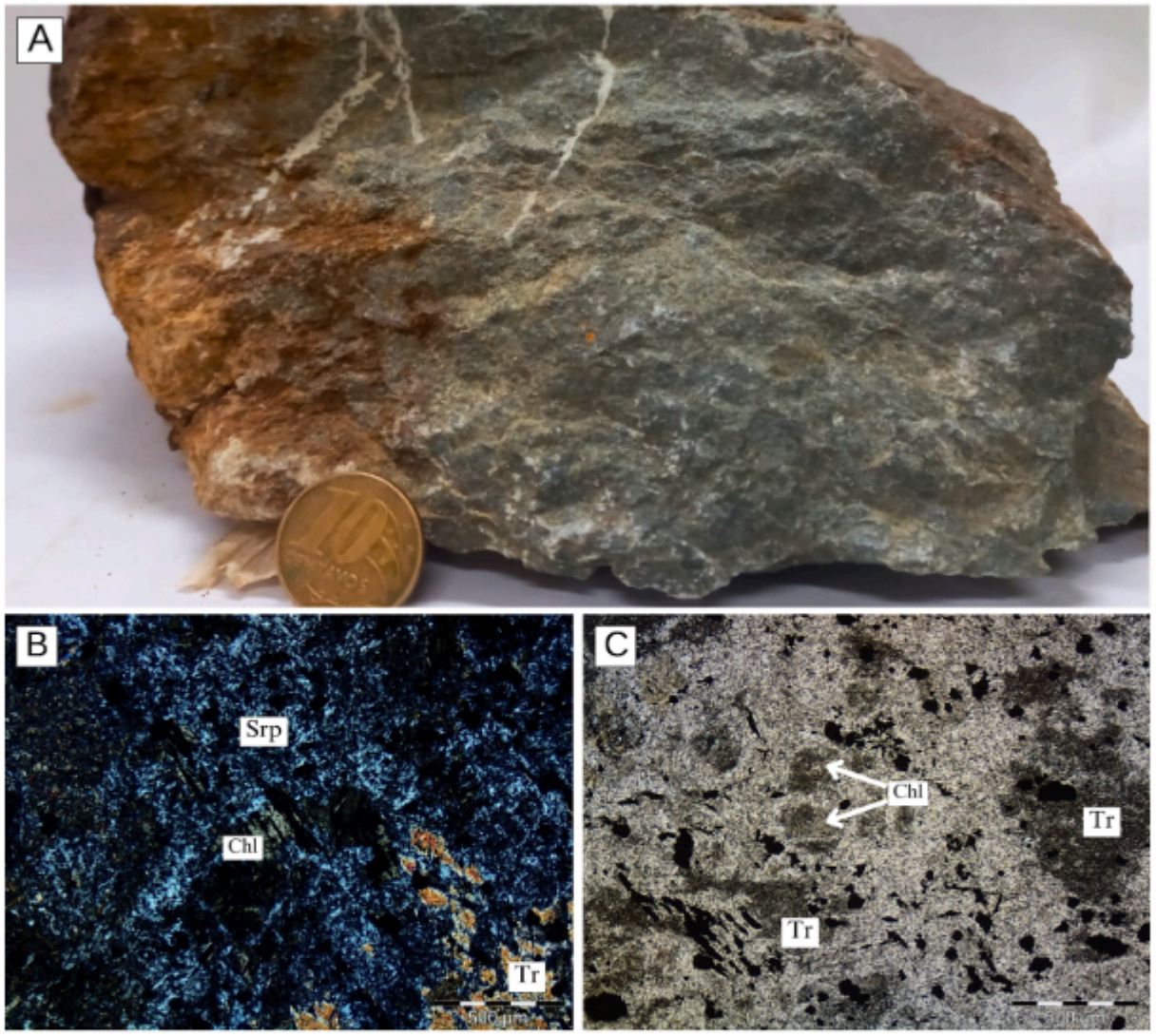


Figura 7.4: *Aspectos gerais talco-tremolita-clorita serpentinito no contexto da Unidade CSA na Área V. (A) Amostra coletada de serpentinito. (B) e (C) Fotomicrografias da lâmina APA1 destacando a trama textural nematoblástica marcada pelos cristais de serpentina, tremolita e clorita.*

A serpentina ocorre como cristais anedrais de granulação fina a média entre 0,02 a 0,1 mm, disseminados em textura *mesh* (Fig. 7.4A). A tremolita ocorre de forma prismática alongada, pleocroísmo baixo e incolor possui granulação fina a média (0,2 a 1 mm). A clorita apresenta feições de instabilidade com tremolita (Fig. 7.4B). O talco ocorre localmente de forma esparsa como cristais subedrais fibrosos, granulação fina 0,05 mm associados com serpentina.

Clorita-hornblenda fels

O clorita-hornblenda *fels* ocorre na porção noroeste da Área V, em forma de lentes, com uma direção preferencial NNW e associado com as litofácies metaultramáfica da Unidade Córrego do Santo Antônio. O contato com a litofácies micaxisto ocorre de forma intercalada metricamente. Os afloramentos são de dimensões métricas, se apresentando em formas de blocos maciços (Fig. 7.5A).

Essa rocha possui coloração verde quando fresca, com estrutura isotrópica. Macroscopicamente possui textura diablástica, com granulação média a grossa com porfiroblastos de hornblenda em uma matriz de clorita.(Fig. 7.5B e C).

A partir da análise petrográfica da lâmina correspondente ao ponto TF23-II-P84, a rocha foi classificada como clorita-hornblenda *fels*. Apresenta textura diablástica sem foliação evidente, no qual a mineralogia principal é composta de hornblenda (50-55%) e clorita (30-35%). Como minerais acessórios estão presentes opacos (5-10%).

A hornblenda ocorre como cristais de granulação média de cor marrom, intensamente alterados e por vezes absorvidos, com arestas irregulares (Fig. 7.5D). A clorita aparece como cristais de granulação fina disseminados por toda a lâmina, e também como produto de alteração da hornblenda (Fig. 7.5E e F). A paragênese estabelecida por hornblenda e clorita, sugere um pico metamórfico em fácies anfibolito, considerando um protólito rico em minerais com CaO, MgO e Fe.

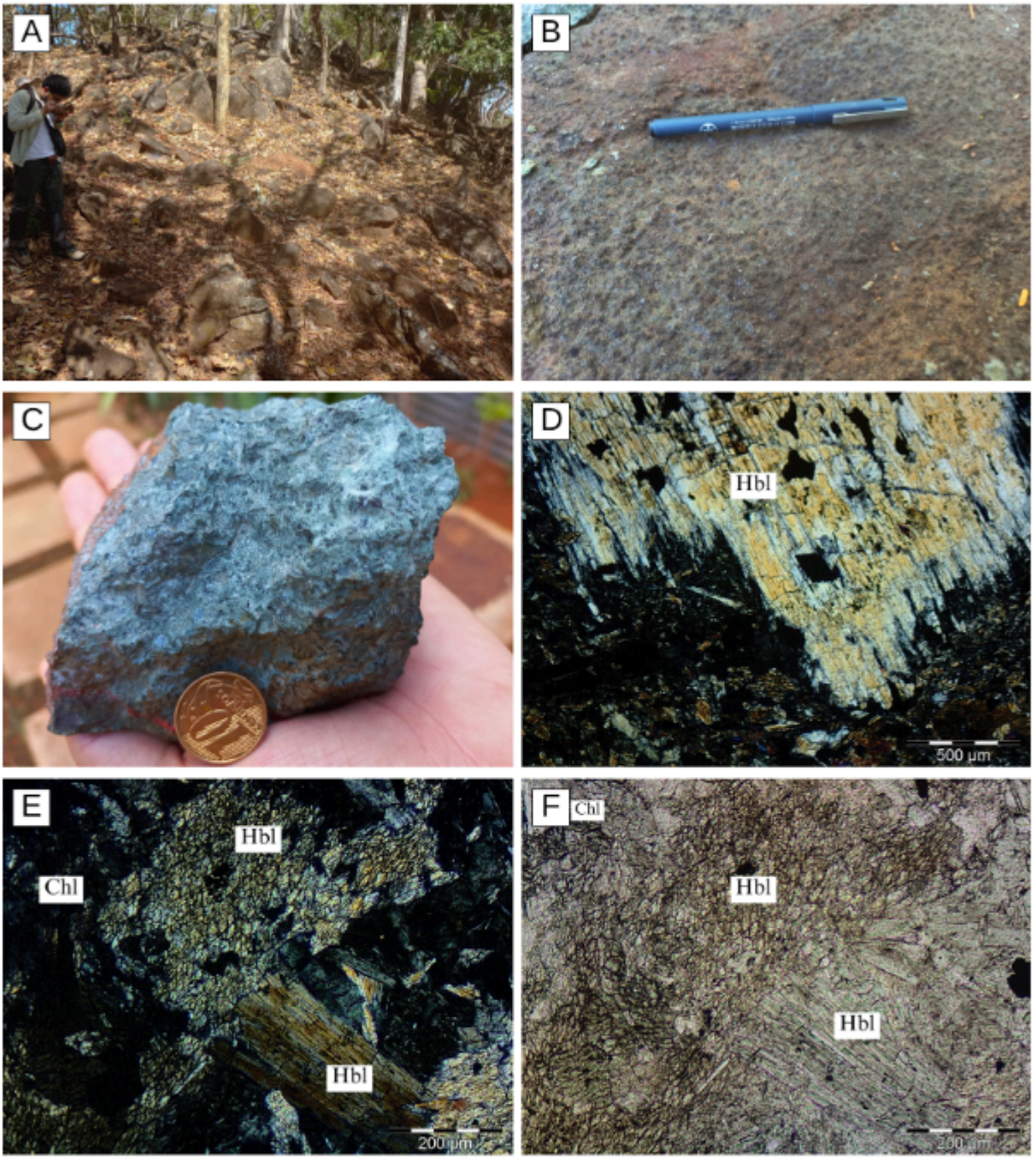


Figura 7.5: *Aspectos gerais do clorita-hornblenda fels no contexto da Unidade CSA na Área V. (A) Afloramento métrico de blocos in situ em clareira. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S) (B) Detalhe na capa de alteração da rocha, evidenciando porfiroblastos de hornblenda centimétricos. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S) (C) Amostra coletada com destaque para os porfiroblastos de granulação média de hornblenda. Fotomicrografias da lâmina TF23-II-P84: (D) Destaque para porfiroblasto de hornblenda. (E) (F) Aspecto geral da lâmina, onde se observa a predominância da hornblenda com presença de clorita, produto da alteração deste.*

Tremolita-talco-xisto

Este litotipo é encontrado em afloramentos como blocos e lajedos de dimensões métricas, e intercalados com os serpentinitos, com a foliação mineral bem marcada por cristais prismáticos alongados de tremolita, talco e por vezes clorita (Fig.7.6A). Apresenta coloração verde-escuro quando fresca (Fig. 7.6B), textura nematoblástica, granulação média, e muitas vezes apresentam forte magnetismo. Sua mineralogia varia dentro da litofácies, e inclui minerais como tremolita, talco, clorita, serpentina e magnetita.

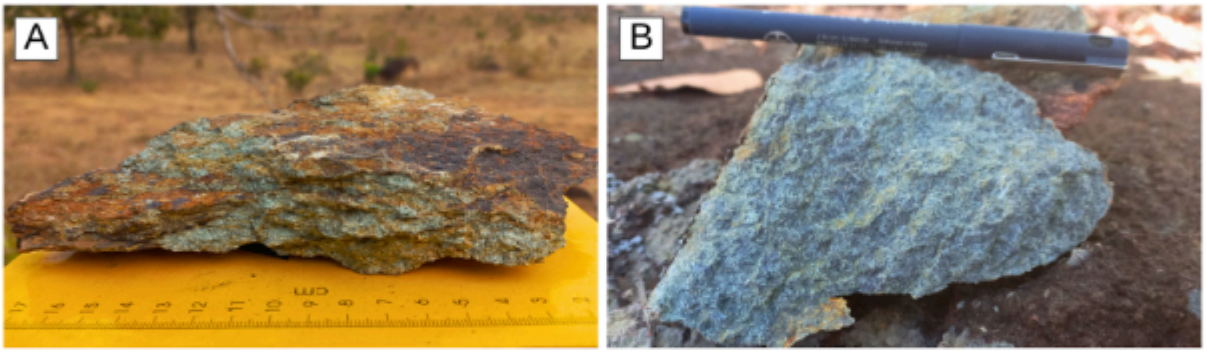


Figura 7.6. *(A) Amostra de xisto ultramáfico coletado, onde é possível observar sua foliação anastomosada penetrativa, a amostra encontra-se bastante alterada. (TF23-AV-P42, coordenadas 418949E 8189041S). (B) Destaque para o aspecto geral da amostra coletada do xisto ultramáfico sua cor verde-escuro característica. (TF23-AV-P113, coordenadas: 423682E 8187474S).*

Litofácies anfibolito - NP1apaa

A litofácies anfibolito ocorre predominantemente no lado oeste da Área V, intercalada com a litofácies metaultramáfica e em contato com o Granito Serra do Iran a leste e com a litofácies micaxisto a oeste, as rochas desta litofácies são representadas por hornblenda *fels* e anfibolitos.

hornblenda fels: plagioclásio-hornblenda fels e quartzo-granada-hornblenda fels

Este litotipo é caracterizado por uma escassa variedade de afloramentos, ocorrendo próximo da unidade granito Serra do Iran. Ocorrem como afloramentos de 10 a 40 m de largura, como grandes blocos métricos (Fig. 7.7A), mas ocorrendo também em blocos *in situ* e em blocos rolados. As rochas deste litotipo são compostas principalmente por plagioclásio-hornblenda *fels* e quartzo-granada-hornblenda *fels*. Possuem coloração cinza esverdeada, sem foliação, granulação variando entre fina a média, com textura granoblástica a diablástica (Fig. 7.7B). A mineralogia principal é constituída por hornblenda, epidoto e

titanita, incluindo domínios onde ocorrem plagioclásio e domínios com presença de granada e quartzo. Os minerais acessórios são representados por ilmenita e pirita.

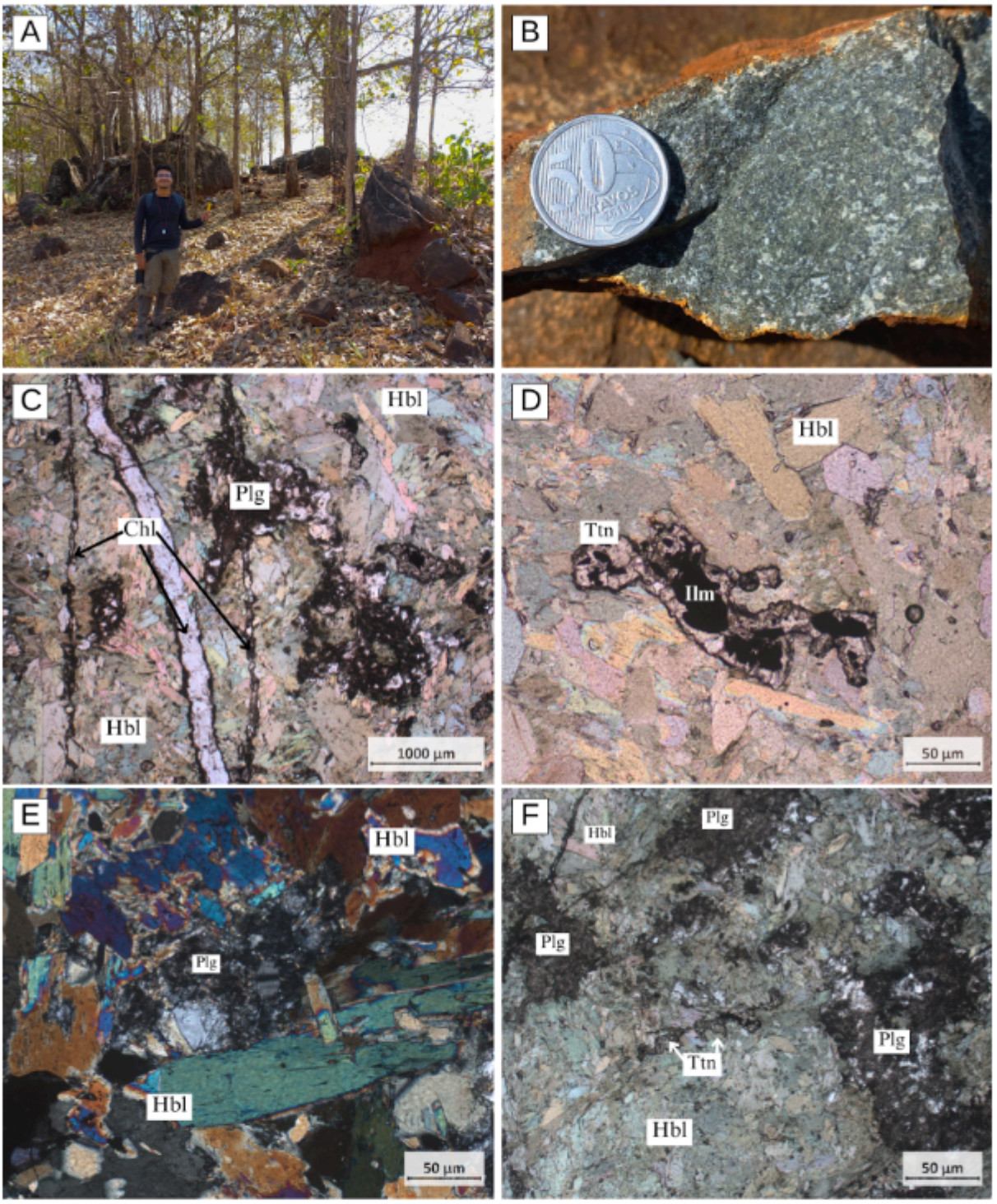


Figura 7.7: *Aspectos gerais do plagioclásio-hornblenda fels no contexto da Unidade CSA na Área V. . (TF23-AV-P191, coordenada: 423626E 8188538S) (A) Afloramento de blocos métricos em clareira. B) Amostra de mão mostrando evidenciando a estrutura maciça e textura diablástica e cor cinza-esverdeado. Fotomicrografias da lâmina TF23-AV-P191:(C) Observação do arranjo textural diablástica a granoblástica e presença de veios preenchidos por clorita. (D) Destaque para cristal de titanita ocorrendo associada com cristais opacos de ilmenita. (E) e (F) Destaques para cristais de plagioclásio bastante saussuritizados.*

O plagioclásio-hornblenda *fels* foi classificado a partir da análise da lâmina correspondente ao ponto TF23-AV-P191. A trama principal da rocha não apresenta foliação e a textura predominantemente diablástica a granoblástica (Fig. 7.7C), onde a sua mineralogia é composta essencialmente de hornblenda (50-55%) e plagioclásio (20-22%). Como minerais acessórios foram identificados titanita (~7%), ilmenita e pirita (10-13%) e minerais opacos (~5).

Hornblenda ocorre como cristais prismáticos alongados de granulação 0,05 a 1 mm, com clivagem perfeita com uma direção na seção prismática e formato losangular nas seções basais e textura nematoblástica com contatos predominantemente poligonais. O plagioclásio ocorre como cristais bastante saussuritizados com tons acinzentados, devido a isto não foi possível medir o teor de anortita, e em apenas alguns cristais é possível observar maclas poliéstésicas da lei da albita (Fig. 7.7E e F). A titanita ocorre associada com cristais opacos de ilmenita (Fig. 7.7D) e a clorita ocorre em veios e fraturas presentes na rocha (Fig. 7.7C).

O prótolito desta rocha é bastante rico em CaO, FeO e MgO e de origem ígnea básica. A paragênese metamórfica com contatos poligonais de hornblenda e plagioclásio indicam um grau metamórfico de anfibolito e as características reliquiares observadas, como saussuritização nos plagioclásios, parecem ser associadas a um gabro como protólito.

O quartzo-granada-hornblenda *fels* foi classificado a partir da análise da lâmina petrográfica da rocha do ponto TF23-AV-P99. A trama principal da rocha não apresenta foliação e textura predominantemente diablástica a granoblástica (Fig.7.8A e B), onde a sua mineralogia é composta essencialmente de hornblenda (40-45%), granada (30-33%) e quartzo (15-20%) (Fig.7.8D) . Como mineral acessório titanita (~6%) e rutilo (~1%).

A hornblenda é caracterizada por cristais subédricos, prismáticos alongados a aciculares com tamanhos que variam de 0,01 a 1 mm, apresentam textura diablástica formado por contatos poligonais, clivagem perfeita com uma direção na seção prismática e formato losangular nas seções basais. A granada forma agregados de 0,0025 a 0,01 mm, subarredondados e bastante fraturados com coloração bege claro. O quartzo ocorre em

domínios granoblásticos de contatos poligonais, formando agregados anédricos de 0,0025 a 0,5 mm. A titanita ocorre como cristais anédricos e coloração amarronzada, de tamanho 0,0025, formando "clusters", enquanto o rutilo como cristais disseminados de hábitos anédricos, coloração vermelha marrom e granulação 0,005 mm (Fig.7.8C).

O prótolito desta rocha é bastante rico em CaO, FeO e MgO provavelmente de origem ígnea básica. A ausência de plagioclásio pode está relacionado com o fato da rocha se encontrar na sombra de pressão do corpo intrusivo granito Serra do Iran, no qual pode ser a atribuída às reações de contato da encaixante com fluidos magmáticos expelidos pelo corpo granito e remobilizado os íons do plagioclásio e formando granada e titanita.

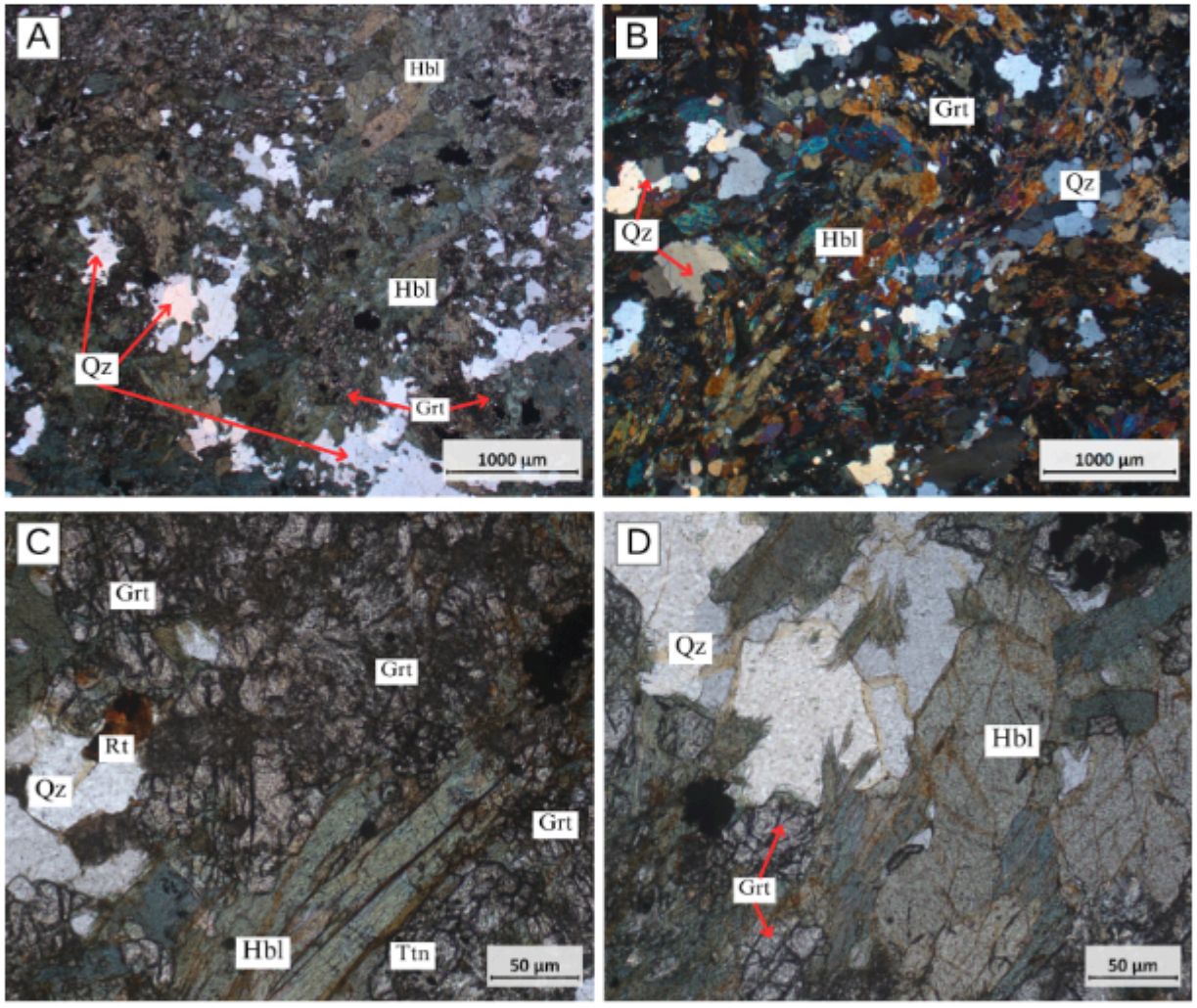


Figura 7.8: *Fotomicrografias da lâmina TF23-V-P99: (A) e (B) Destacando a trama diablástica a granoblástica, onde é possível observar os domínios de quartzo formando agregados anédricos. (C) Destaque para os agregados de granada e presença de titanita e rutilo como minerais acessórios. (D) Trama principal da rocha, sem foliação e textura predominantemente diablástica a granoblástica composto por hornblenda, granada e quartzo.*

Anfibolito

O litotipo anfibolito da unidade Córrego do Santo Antônio na Área V possui poucas exposições, mas afloram como blocos métricos *in situ* e blocos rolados. As rochas se encontram foliadas com direção preferencial NNW/SSE (Fig 7.9A).

Este litotipo é composto por rochas de coloração cinza-escuro (Fig 7.9B) quando fresca e marrom escuro quando alterada. A granulação varia de média a grossa, com trama textural nematoblástica marcando a foliação, com assembleia mineral principal composta pelos cristais de hornblenda (60-65%) e plagioclásio (23-28%). Tendo os minerais de titanita (~5%) e óxidos (~2%) como minerais acessórios.

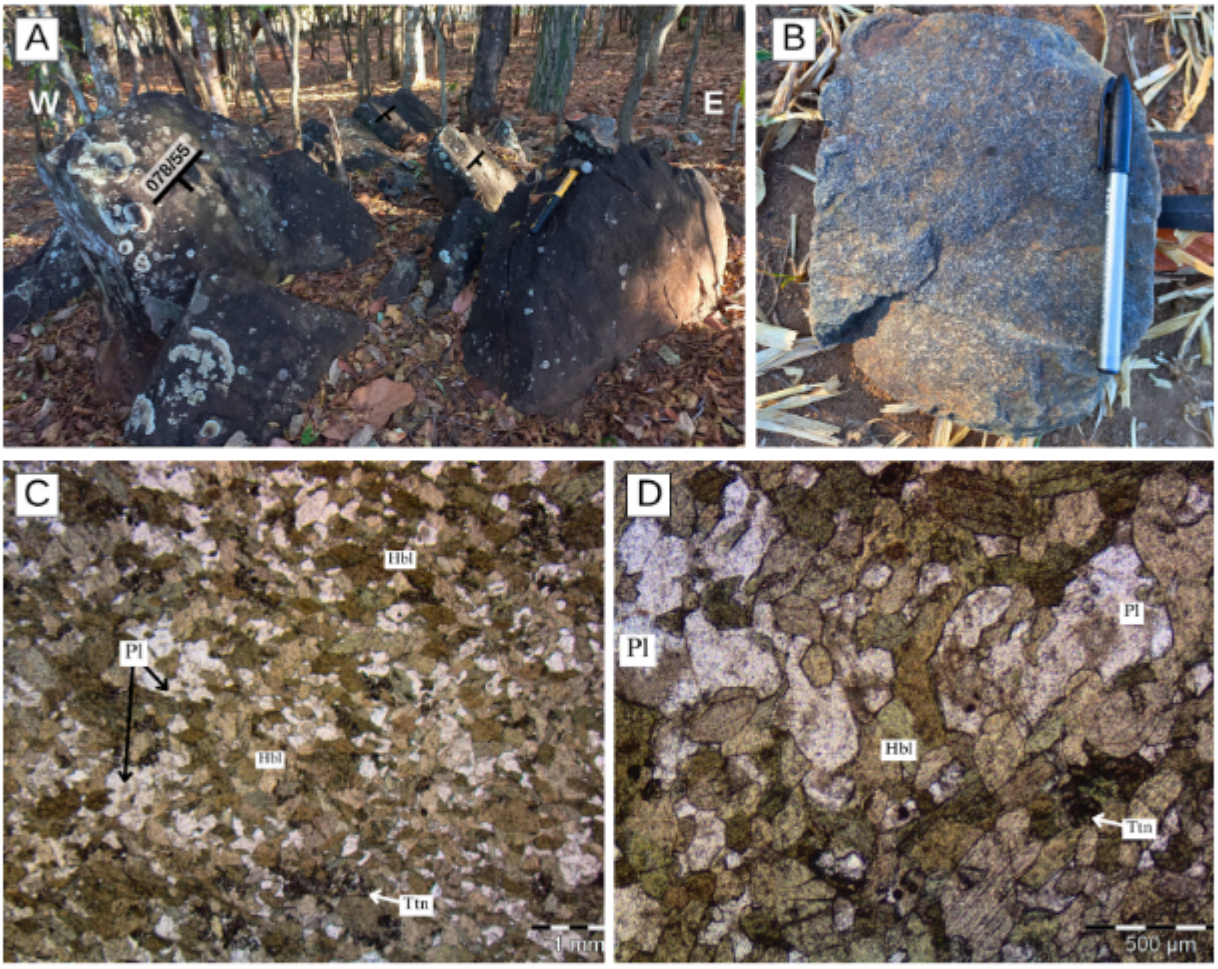


Figura 7.9: *Aspectos gerais do anfibolito no contexto da Unidade CSA na Área V. (A) Afloramento de blocos métricos de Anfibolito, onde é possível notar-se a direção da foliação que se encontra com direção NNW/SSE. (TF23-AV-P150, coordenadas: 420113E 8185186S) (B) Amostra de anfibolito coletada em campo, cor cinza-escuro e levemente foliada (TF23-AV-P150, coordenadas: 420113E 8185186S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P138: (C) e (D) Trama textural nematoblástica com foliação marcados pelos cristais de hornblenda e plagioclásio e presença de titanita*

A partir da descrição petrográfica do anfibolito correspondente ao ponto TF23-VI-P138 (Fig 7.9C e D), a hornblenda é prismática a subhedral, com contatos poligonais, pleocroísmo forte de verde claro para verde escuro, clivagem bem marcadas em duas direções, formando um ângulo grande com cerca de 130° entre elas. O plagioclásio (An_{46-52}) apresenta granulação entre 0,5 a 1 mm, contatos poligonais e se encontra levemente sericitizado. A titanita possui hábito anédrico, com granulação fina a densa, sem pleocroísmo, e ocorre associada aos óxidos, englobando-os na maioria das vezes.

Calcissilicática - NP1ynac

As rochas calcissilicáticas na Área V ocorrem como lente dentro da Unidade Córrego de Santo Antônio, e associadas com a litofácies metaultramáfica. Os afloramentos observados na Área V são escassos, sendo que apenas um foi encontrado, este possuindo dimensão métrica (Fig. 7.10B) e ocorrendo como blocos métricos *in situ* a matacões.

Na escala de afloramento, estas rochas apresentam variação na estrutura com domínios maciços e bandados com direção NNW. Predominantemente, estas rochas apresentam coloração cinza escuro com tons rosados e granulação fina a média (Fig. 7.10B), reage lentamente a ataque de ácido clorídrico.

A rocha calcissilicática foi classificada a partir da análise petrográfica da lâmina da TF-AV-P109A. A rocha possui bandamento composicional e textura predominantemente granoblástica. A mineralogia principal é composta de quartzo (40-45%), epidoto (30-35%) e anfibólio (20-25%) e como minerais acessórios estão presentes plagioclásio (~5%) e rutilo (<1%).

O bandamento da rocha é subdividido entre bandas compostas principalmente de epidoto e anfibólio e bandas compostas essencialmente por quartzo com plagioclásio e epidoto subordinados (Fig. 7.10 C), sendo estas bandas de dimensões 3 a 4 mm. O quartzo possui granulação fina a densa, se encontra recristalizado, com extinção ondulante e contato poligonal. O epidoto possui granulação fina e textura granoblástica (Fig. 7.10 D) e é encontrado nas duas bandas da rocha, aparecendo em agregados (Fig. 7.10 D) na banda mais rica em epidoto e anfibólio e de forma disseminada na banda mais quartzosa. O anfibólio possui hábito prismático, sempre associado com o epidoto. O plagioclásio aparece em pouca quantidade e bastante sericitizado, o que tornou difícil a obtenção do teor de anortita deste.

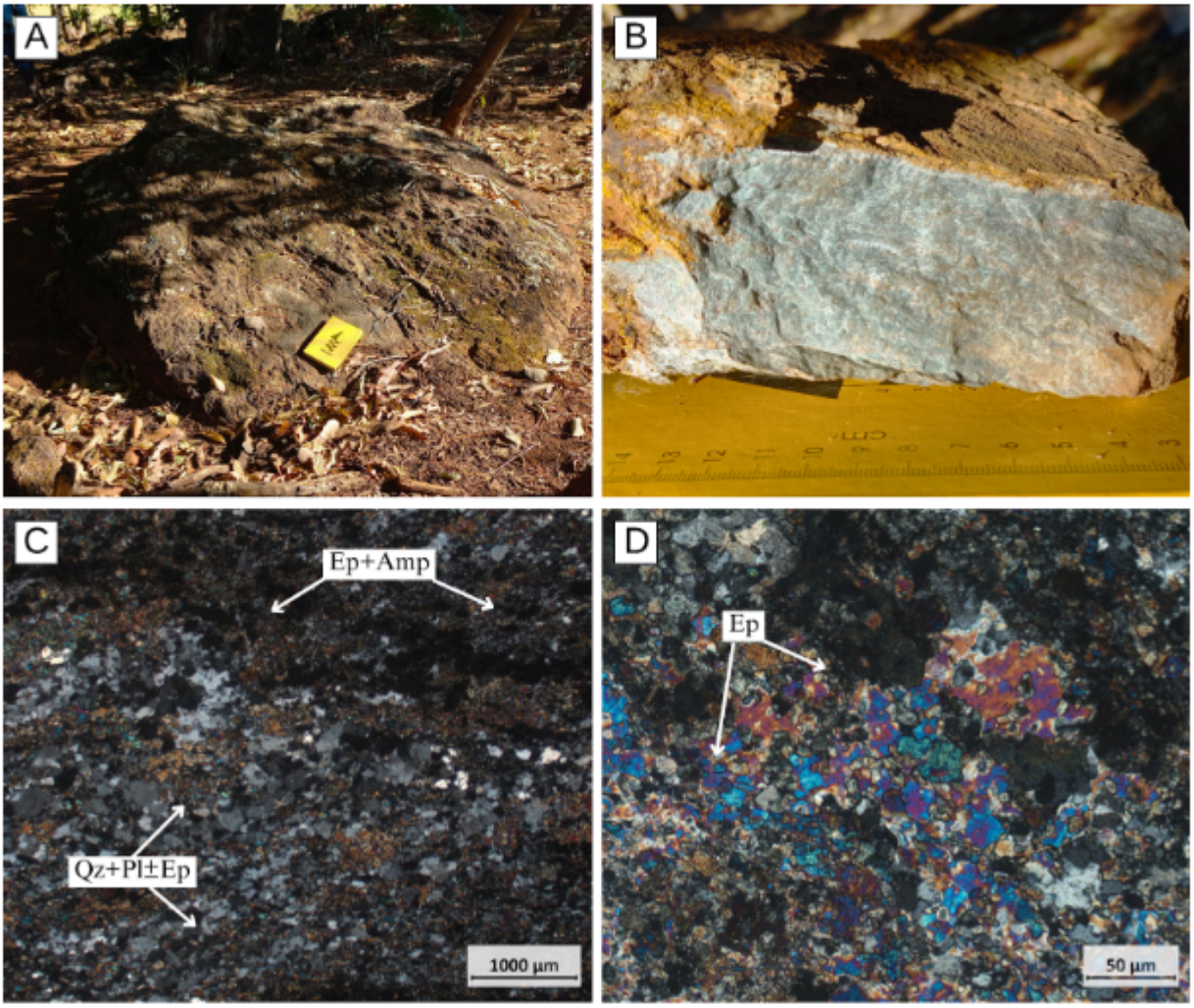


Figura 7.10: *Aspectos gerais das rochas calcissilicáticas no contexto da Unidade CSA na Área V. (A) Afloramento de bloco in situ de dimensão métrica. (TF23-AV-P109, coordenadas: 424359E 8188237S) (B) Amostra maciça de rocha calcissilicática,(TF23-AV-P109, coordenadas:424359E 8188237S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P109A: (C) Bandamento composicional no gnaisse calcissilicático, onde se nota a diferença entre os dois principais domínios(C) Destaque para o bandamento composicional e textura granoblástica. (D) Agregado de cristais de epidoto com textura granoblástica presente em um dos domínios. Destaque para cristais de epidoto de granulação fina e textura granoblástica..*

Litofácies mica-xisto - NP1apax

Esta litofácies é caracterizada por quartzo-muscovita xisto e muscovita quartzito. Esta litofácies é a predominante dentro do contexto da Unidade Córrego de Santo Antônio na Área V. Se encontra em contato com as Litofácies Metaultramáfica e Metamáfica dentro da sua unidade, sendo que estes surgem como lentes dentro desta litofácies, e em contato também com o Granito Ribeirão Água Limpa. Em geral, os afloramentos ocorrem como grandes pacotes métricos a centimétricos na área, em forma de cortes de estrada, blocos *in situ*, lajedo e de forma rasteira, onde se mostram frequentemente fraturados (Fig. 7.11A, B, C e D).

Os quartzo-muscovita xistos desta litofácies ocorrem bastante intemperizados, apresentando coloração variando entre roxo a ocre (Fig. 7.11F). A foliação nos xistos é bem penetrativa, com textura lepidoblástica definida pela muscovita, com a foliação anastomosada frequentemente variando entre NNW a NNE, mas que em alguns pontos podendo ocorrer com direção SE/NW (Fig. 7.11A). Apresentam granulação fina a média e estão localmente crenulados (Fig. 7.11E). Sua mineralogia principal é composta de quartzo e muscovita, onde localmente é observado um mineral alongado prismático de coloração branca. Frequentemente se encontram cortados por veios de quartzo.

Os muscovita quartzitos aparecem de forma pontual em corte de estradas (Fig. 7.11 C e D) e sempre intercalados aos micaxistos como lentes espessas. Estas rochas possuem coloração de branco e cinza, e roxa a ocre quando alterados. A granulação varia entre fina e média com textura diablástica. Estas rochas são constituídas essencialmente por quartzo, sendo que a muscovita ocorre marcando a foliação presente nestes quartzitos.

A partir da análise da lâmina correspondente ao ponto TF23-AV-P54C, foi classificado como quartzo-muscovita xisto. A trama principal da rocha apresenta dois domínios bem definidos (Fig. 7.12A). Um domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita e muscovita a granoblástica definida por cristais de quartzo (Fig. 7.12B). Outro domínio de textura milonítica definida pelos minerais de sericitas e opacos, cortando sigmóides de quartzos. Sua mineralogia é composta essencialmente por sericita (45-50%), quartzo (20-25%) e muscovita (15-20%). Além de ocorrerem opacos (~5%) como minerais acessórios.

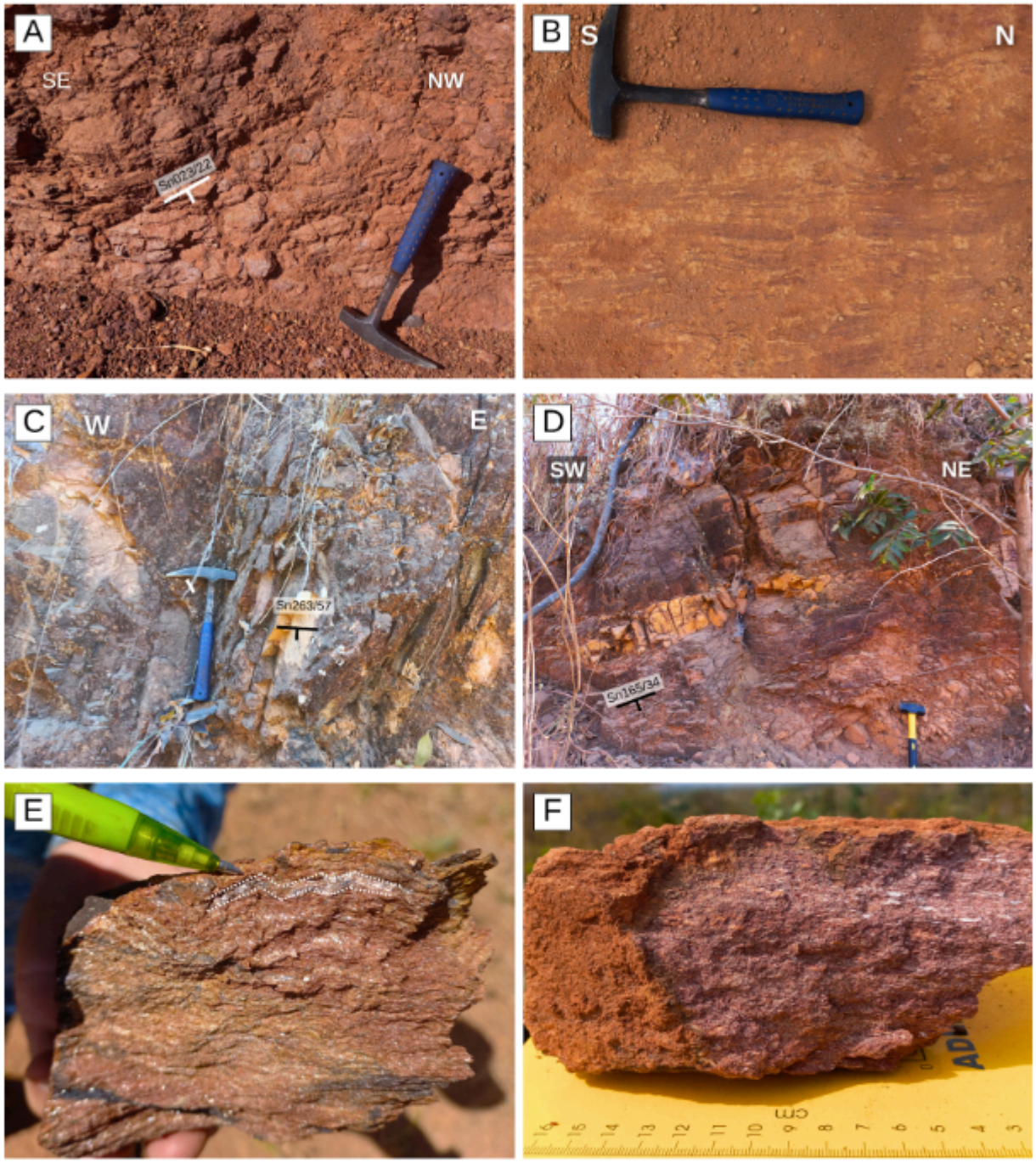


Figura 7.11: *Aspectos gerais dos micaxistos no contexto da Unidade CSA na Área V. (A) Afloramento métrico em corte de estrada de terra de micaxisto, as camadas possuem foliação bem penetrativa com direção SE/NW e lineação com direção para WNW. (TF23-AV-P111, coordenadas: 424110E 8187938S). (B) Afloramento em estrada de terra de micaxisto. (TF23-AV-P48, coordenadas: 419122E 8188042S). (C) Afloramento de muscovita quartzito em corte de estrada (TF23-AV-P73, coordenadas: 418180E 8186350S) (D) Afloramento de muscovita quartzito métrico. (TF23-AV-P26, coordenadas: 424777E 8185738S) (E) Amostra coletada em campo de micaxisto com destaque para a presença de camadas crenuladas. (TF23-AV-P116, cooordenada: 423301E 8186978S). (F) Amostra coletada de micaxisto bastante intemperizados, com coloração roxa, possível pseudomorfo de silimanita (mineral de cor branca). (TF23-AV-P44, coordenada: 419529E 8189016S).*

A sericita é o mineral mais predominante na lâmina, ocorrendo em grande quantidade, e apresenta coloração bege de aspecto "sujo", hábito anedral com granulação densa que não ultrapassa 0,2 mm. O quartzo ocorre em bandas não contínuas e sigmoidais com 0,5 a 3 mm de dimensão, com trama textural granoblástica com contatos arredondados a engolfados. A muscovita e opacos são estirados definindo a foliação.

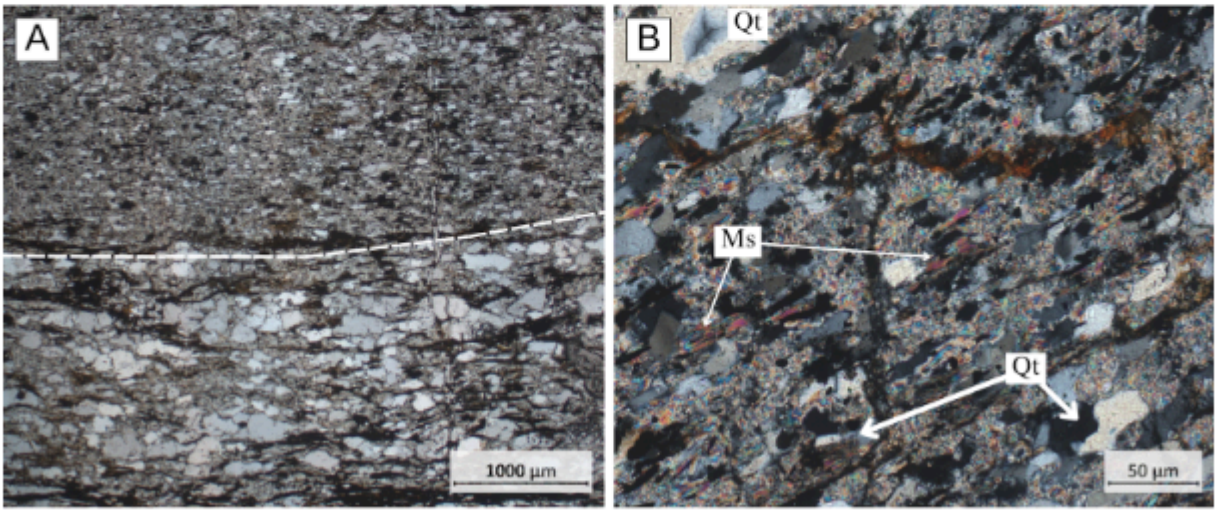


Figura 7.12 *Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P54C: (A) Visão geral com dois domínios de foliação observados na lâmina. (B) Domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita, muscovita e opacos.*

7.1.2. Unidade Córrego da Onça

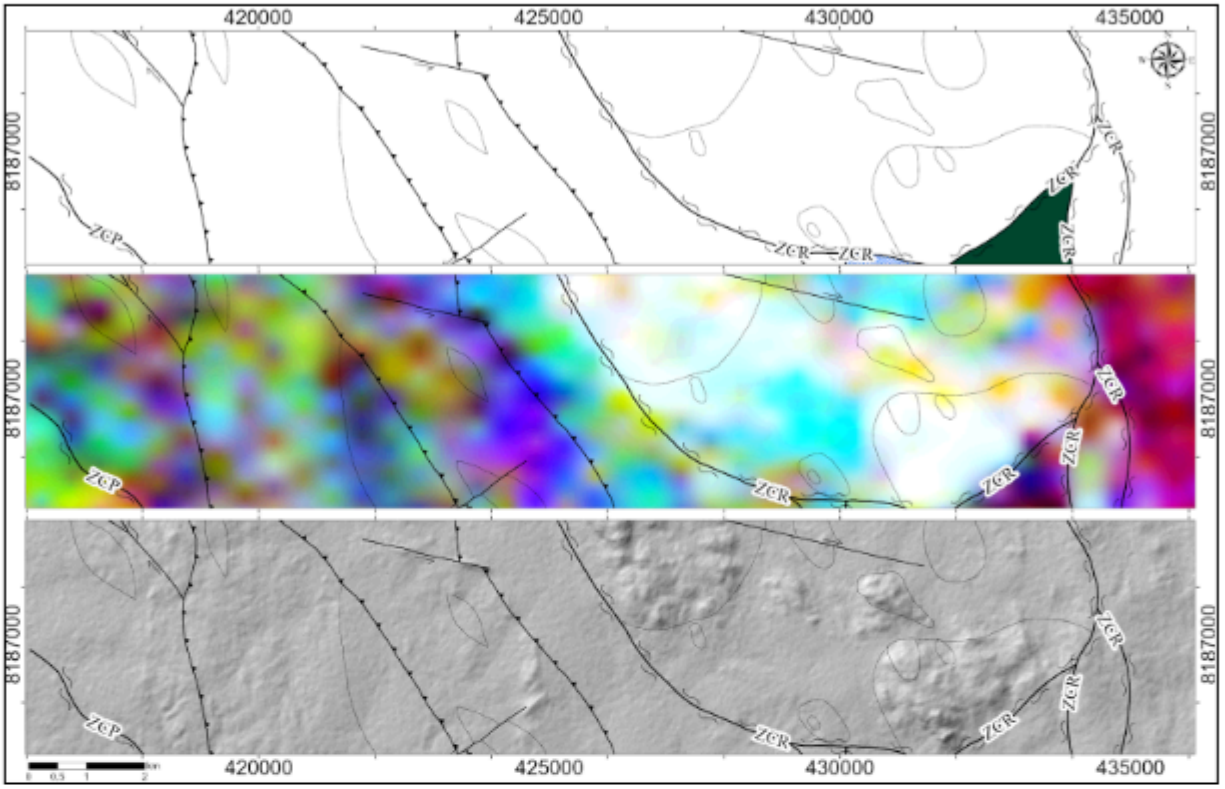


Figura 7.13: *Localização da Unidade Córrego da Onça na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico. (B) Composição colorida RGB (K, eTh, eU). (C) MDE.*

Essa unidade aflora na porção leste da Área V, sendo delimitada no lado oeste pelo Granito Serra do Iran e em contato com o Granito Serra do Tatu do lado oeste pela Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR). É composta da litofácies anfibolito e da litofácies calcissilicática.

Litofácies Anfibolito - NP1apoa

A litofácies anfibolito da Unidade Córrego da Onça aflora na porção sudeste da Área V como uma estreita faixa entre o Granito Serra do Tatu e o Granito Serra do Iran. Ocorre em afloramentos do tipo corte de estrada e em blocos métricos *in situ* (Fig. 7.14A e B). Nos produtos aerogeofísicos, está litofácie se encontra em um domínio homogêneo e com respostas baixas em K, eTh, eU no mapa ternário RGB (Fig 7.13B).

A rocha é de coloração cinza-azulada, de granulação fina, foliada, com arranjo textural nematoblástico a diablástico. A lâmina TF23-AV-P181 permitiu inferir que esta litofácie está

constituída por hornblenda (43-48 %) , clinopiroxênio (18-23 %), plagioclásio (33-38 %) e, como minerais acessórios quartzo (~1%), magnetita e pirita.

A hornblenda ocorre em dois domínios principais, como cristais subédricos a anédricos, granulação entre 0,02 a 0,05 mm de textura nematoblástica definindo a foliação principal da rocha (Fig. 7.14C). Mas ocorre também como cristais sub prismáticos alongados (Fig. 7.14D), inequigranular de tamanho até 1,5 mm, discordante da foliação e com textura nematoblástica a diablástica com contatos curvos. Os clinopiroxênios formam agregados subhedrais, com tamanho variando entre 0,01 a 0,08 mm, em alguns cristais é possível observar zonação com contatos lobados com a hornblenda (Fig. 7.14E e F). O plagioclásio se encontra na matriz com granulação até 0,01mm formando agregados de textura granoblástica, acompanhando a foliação, anédrico, extinção ondulante e não apresentam maclas polissintéticas.

Os minerais acessórios são granulares arredondados a quadrados, ocorrendo principalmente concordante com a foliação e de forma disseminada.

O prótolito desta rocha é bastante rica em CaO, FeO e MgO e de origem ígnea básica. A paragênese metamórfica com contatos poligonais de hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio indicam um grau metamórfico de anfibolito alto. A interpretação que ocorre um retrometamorfismo de fácies anfibolito alto para anfibolito se dá pela estabilização de alguns cristais de piroxênio que estão se alterando formando hornblenda nas bordas e fraturas. A presença de cristais de granulação mais grossa e que ocorrem de forma dispersa foi formada devido um fluido hidrotermal posterior que percolou a rocha.

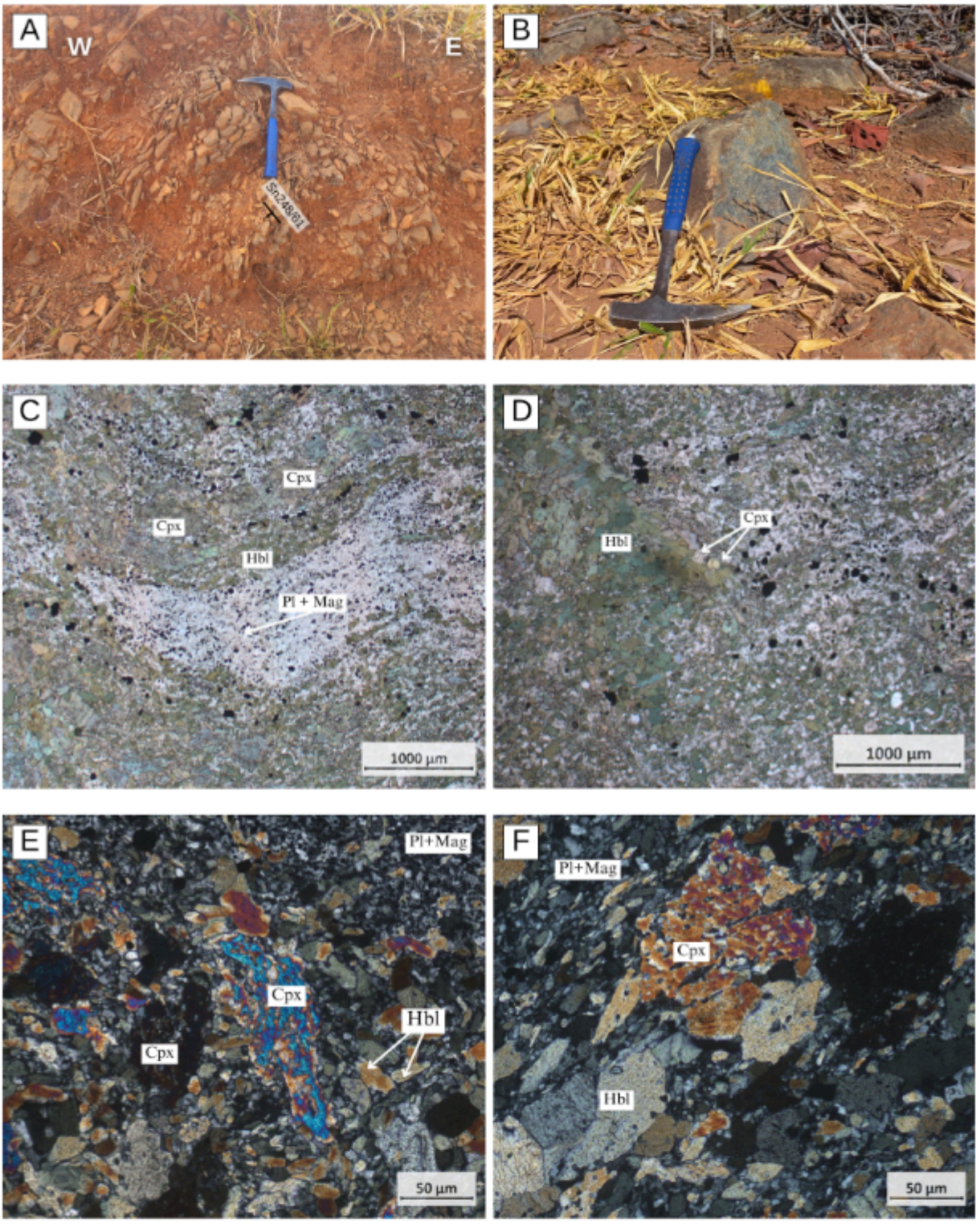


Figura 7.14: *Aspectos gerais do anfibolito da Unidade CO na Área V. (A) Afloramento em corte de estrada do anfibolito, onde é possível observar a foliação 248/61. (TF23-AV-P184, coordenadas: 432871E 8184795S). (B) Afloramento de blocos in situ do anfibolito de coloração cinza-azulado. (TF23-AV-P181, coordenadas:432009 E 8185130S). Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P181: (C) Bandamento composição não contínua e crenulada, onde ocorre bandas de dimensões de 0,05 a 1 mm de composição discriminadas ricas em plagioclásio mais opacos de granulação densa, alternando com bandas compostos por minerais máficos. (D) Trama textural*

mostrando a interação domínios não foliados composto por hornblenda e piroxênio de granulação média juntos com os domínios foliados de granulação fina a densa. (E) e (F) Cristais de clinopiroxênio contatos lobados com a hornblenda que ocorre no domínio disperso e sem orientação.

Calcissilicáticas - NP1apocc

As rochas calcissilicáticas desta unidade ocorrem na porção centro-sul da Área V. Elas são limitadas a norte pelo Granito Serra do Iran através da Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR) (Fig. 7.15 A), e a oeste pela Unidade Gnaisse Ribeirão. Os afloramentos observados têm dimensões métricas e se apresentam como lajedos, margens de drenagens e blocos métricos *in situ*.

Estas rochas apresentam estrutura bandada com bandas milimétricas a centimétricas, intensamente deformadas e dobradas (Fig. 7.15 B). Predominantemente, estas rochas possuem coloração cinza escuro com tons rosados (Fig. 7.15 C) com bandas máficas preto-esverdeadas e bandas félsicas brancas, ambas reagindo lentamente a ataque de ácido clorídrico.

A partir da análise petrográfica da lâmina correspondente ao ponto TF23-AVI-P120, a mineralogia principal destas rochas foi descrita como anfibólio (35-40%), epidoto (15-20%), clorita (5-10%), quartzo (5-10%) e biotita (5-10%). Como minerais acessórios possui titanita (~5%) e opacos (~3%).

O epidoto se apresenta como cristais euhedrais a subhedrais de granulação fina (Fig. 7.15 D), com pleocroísmo forte de marrom claro a marrom escuro. A clorita aparece como cristais de cor verde, forte pleocroísmo de verde claro a verde escuro. O quartzo se apresenta em granulação fina, frequentemente aparenta estar recristalizado (Fig. 7.15 E). A biotita aparece como grandes cristais anedrais, ocasionalmente se alterando para clorita.

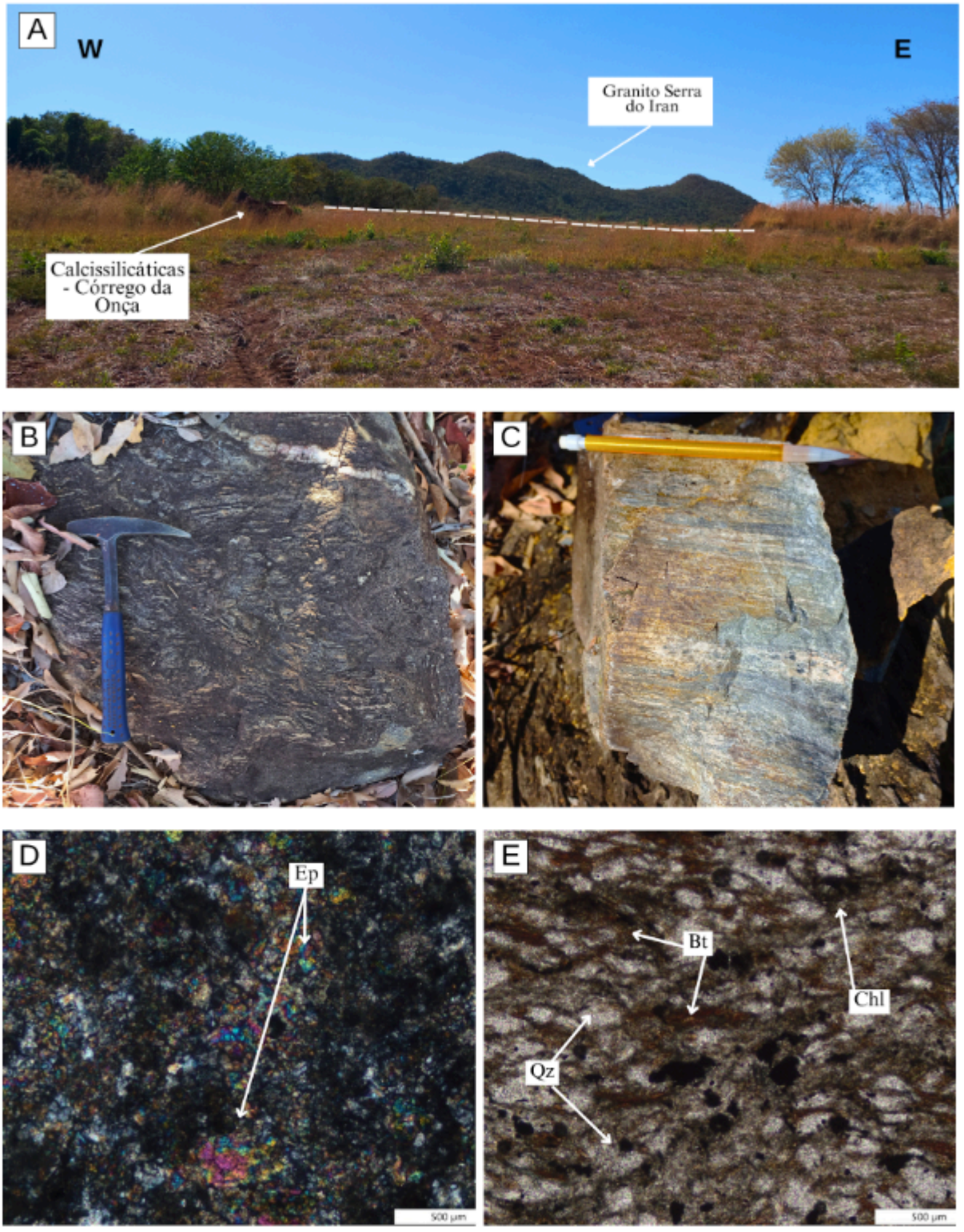


Figura 7.15: *(A) Foto panorâmica indicando o contato entre as rochas calcissilicáticas da Unidade Córrego da Onça e a Unidade Granito Serra do Iran na Área V, percebe-se que a Unidade Granito Serra do Iran preferencialmente se aloja em relevo com altos topográficos. (B) Rocha calcissilicática que ocorre na borda sul da Unidade Granito Serra do Iran, com intensa deformação dúctil devido a Zona de Cisalhamento Ribeirão (TF23-AV-P134, coordenadas: 430473E 8186209S). (C) Amostra foliada de rocha calcissilicática com bandas*

milimétricas a centimétricas. (TF23-AV-P172, coordenadas: 430243 E 8185171S). Fotomicrografias da lâmina TF23-AVI-120: (D) Destaque para os ristais de epidoto, com hábito subedral. (E) Aspecto geral da rocha, onde se observa cristais de quartzo que aparentam estar recristalizados, com presença de biotita, clorita e opacos.

7.2. GNAISSE ARENÓPOLIS - NP1γna

O Gnaisse Arenópolis ocorre como corpo alongado de direção NNW no extremo leste da Área V, sendo delimitado a leste pela Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR) com o Granito Serra do Tatu e o Granito Serra do Iran (Fig. 7.16 A). Nos produtos gamaespectrométricos, esta unidade se encontra em domínio alongado e homogêneo com orientação NW/SE com alto valores de K e eU e baixo eTh (Fig. 7.16 B e C).

Na área integrada do projeto, foram reconhecidas cinco fáceis desta unidade, na Área V, foi possível identificar dois tipos, um ortognaisse tonalítico e uma litofácie metaultramáfica. O ortognaisse de composição tonalítica é caracterizado por ocorrência em afloramentos de dimensões métricas, do tipo lajedo, ao longo de drenagens e de blocos métricos *in situ* (Fig. 7.17 D). A fácies metaultramáfica é caracterizada por afloramentos de blocos *in situ* que formam morrotes na topografia (Fig 7.19A).

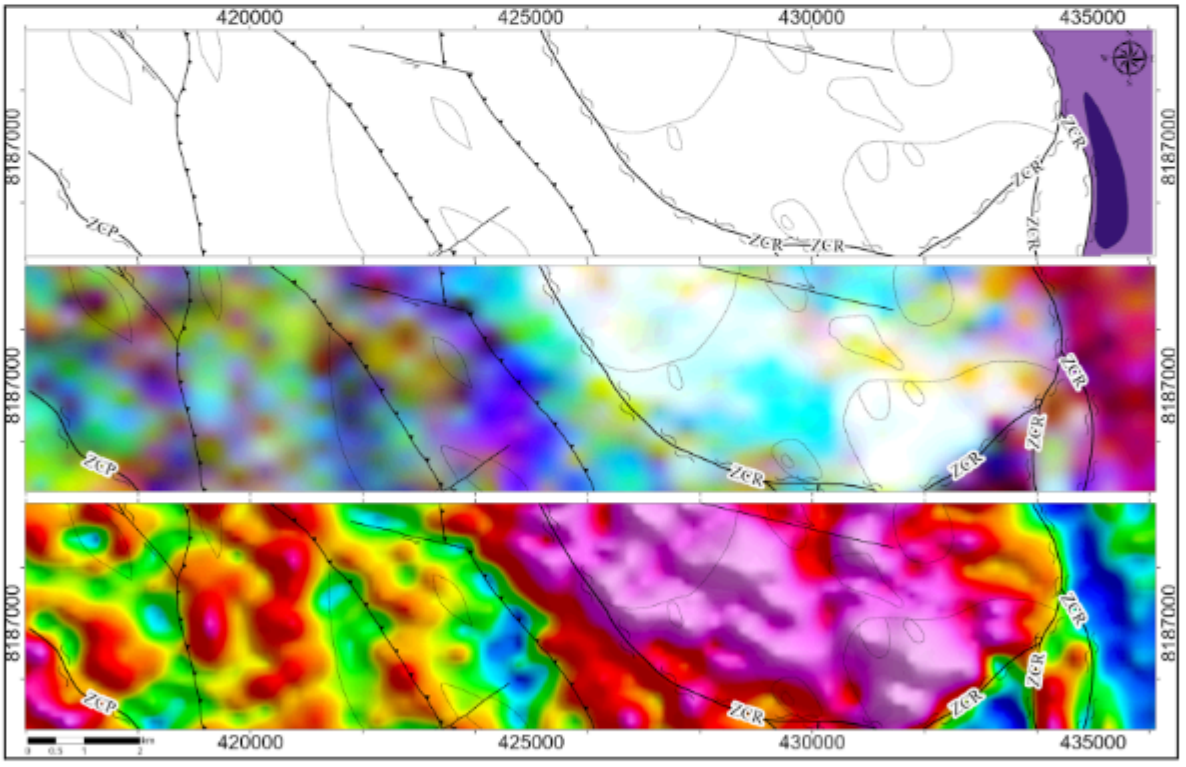


Figura 7.16: *Localização do Gnaisse Arenópolis na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico. (B) Composição colorida RGB. (C) Canal do Tório em ppm (Th).*

Ortognaisse Tonalítico NP1γnagt

As rochas deste litotipo apresentam bandamento gnáissico (Fig. 7.17 D) bem desenvolvido, com bandas de dimensão centimétrica a métrica. Próximo da Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR), ocorre uma intensa deformação que dá lugar a foliação milonítica (Fig 7.17 A e B), com textura nematoblástica a porfiroblástica e de granulação fina a média. Em alguns afloramentos, ocorrem sigmóides de quartzo e plagioclásio com cinemática sinistral.

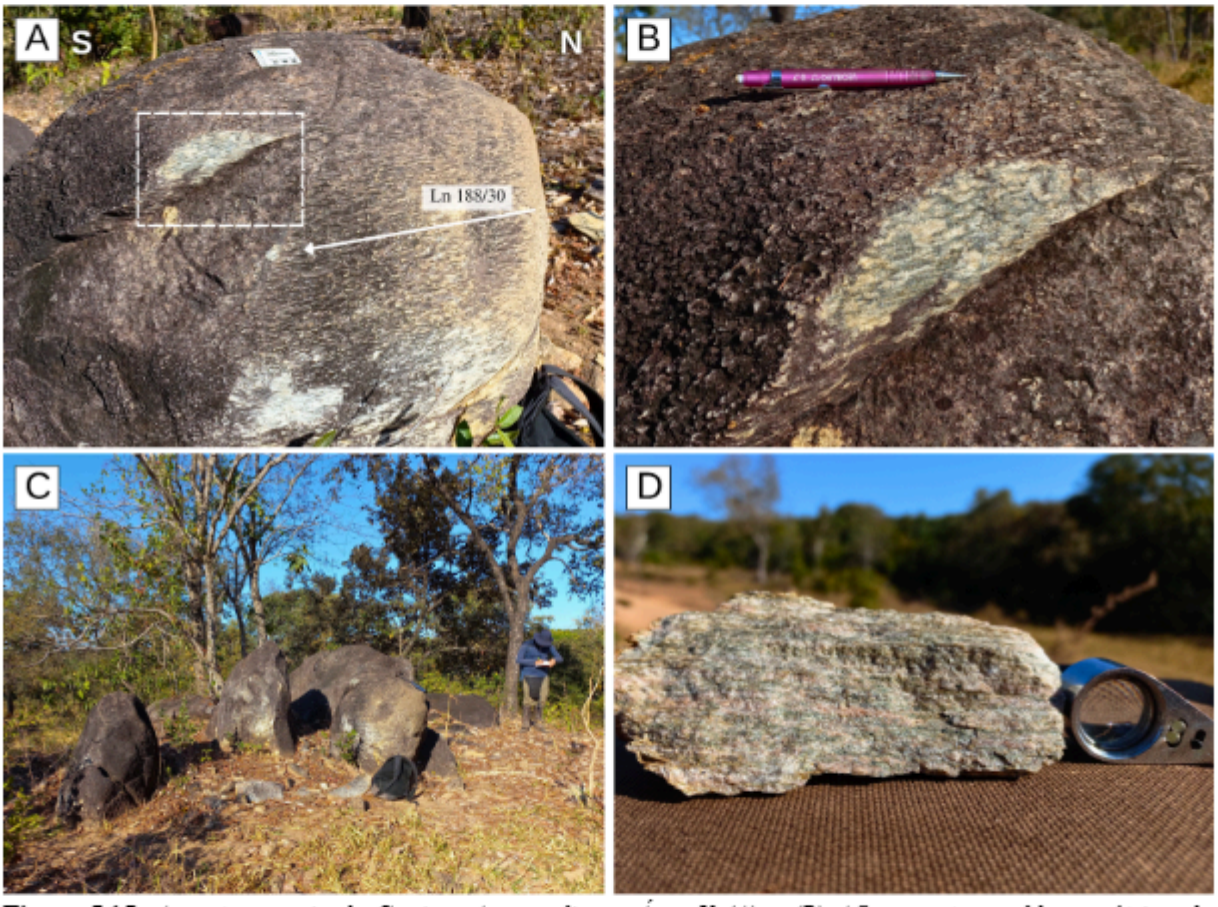


Figura 7.17: *Aspectos gerais do Gnaisse Arenopolis na Área V (A) e (B) Afloramento em bloco métrico do hornblenda-biotita milonito que ocorre a leste da área associada com a Zona de Cisalhamento Ribeirão, com destaque para as lineações de estiramento (TF23-AV-P75, coordenadas: 435882E 8187437S) (C) Afloramento de blocos métricos in situ (TF23-AV-P74, coordenadas:435840E 8187665S) (D) Amostra coletada de ortognaisse tonalítico mostrando o bandamento composicional presente. (TF23-AV-P02, coordenadas: 435895E 8187968S).*

Foi feita a análise da lâmina correspondente ao ponto TF23-AV-P74, que pertence à Unidade Gnaisse Arenópolis, fácies ortognaisse tonalítico. Esta rocha foi definida como um hornblenda-biotita milonito, onde a foliação milonítica é definida por agregados granoblásticos de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio e por cristais de biotita de textura

nematoblástica. Ocorrem estruturas assimétricas, como foliação do tipo *mica fish* e porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo e plagioclásio, com cinemática sinistral (Fig 7.18A e B). Composto principalmente por quartzo (30-33%), plagioclásio (30-34%), biotita (15-19%), microclínio (~10%) e hornblenda (~4%). Também ocorrem minerais acessórios como rutilo (>1%) e opacos (>1%), além de epidoto (~3%) como mineral secundário.

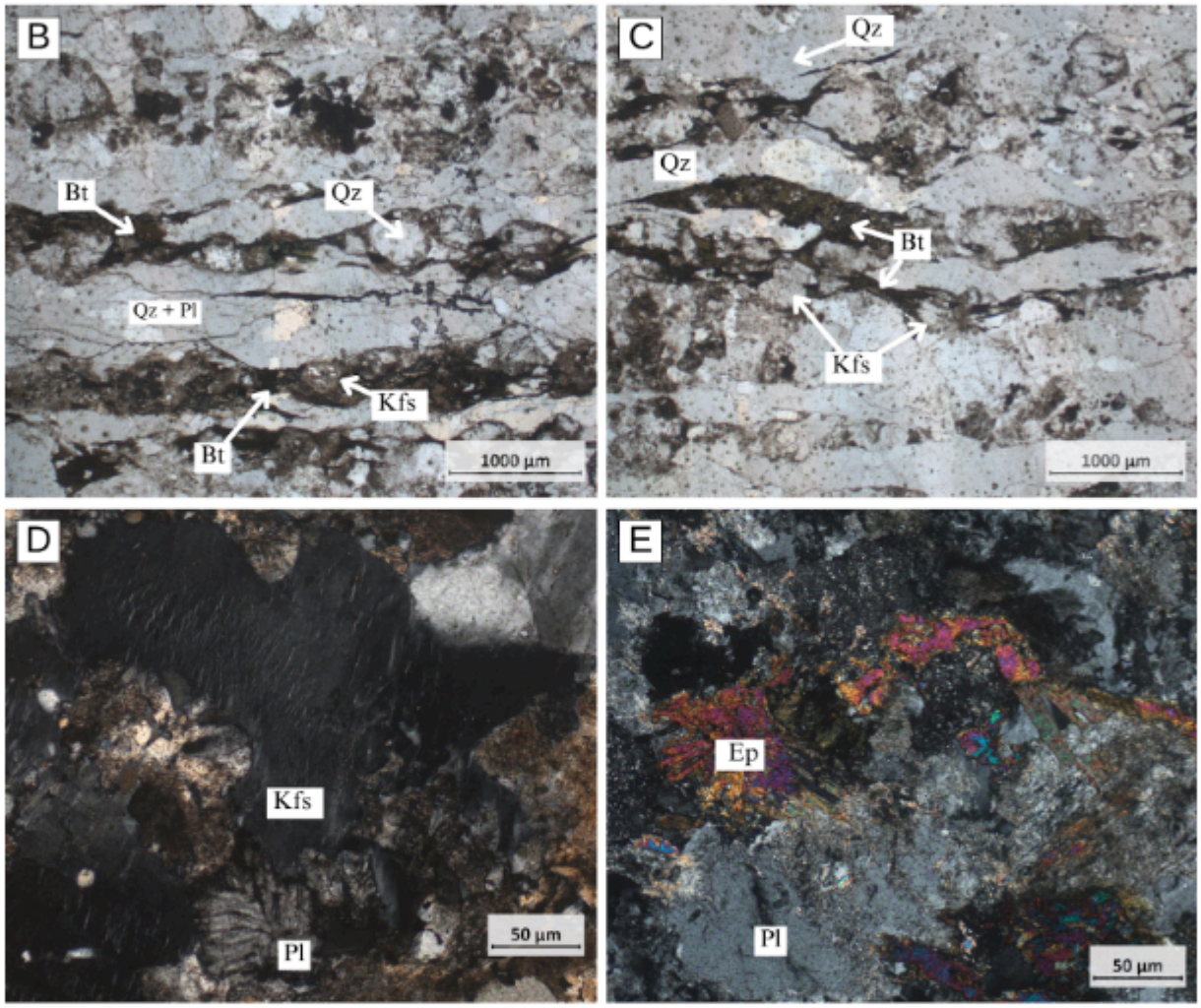


Figura 7.18: *Fotomicrografias do hornblenda-biotita milonito da Unidade Gnaisse Arenopolis, lâmina TF23-VI-P74: (A) e (B) Foliação milonítica definida por agregados granoblásticos de composição félsica e cristais nematoblásticos de biotita. Ocorrem estruturas assimétricas, como porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo e plagioclásio e mica fish de biotita, com cinemática sinistral. (C) Destaque para cristais de feldspato potássico com textura micropertítica e plagioclásio com textura mirmequítica. (D) Destaque para agregados de cristais alongados de epidoto.*

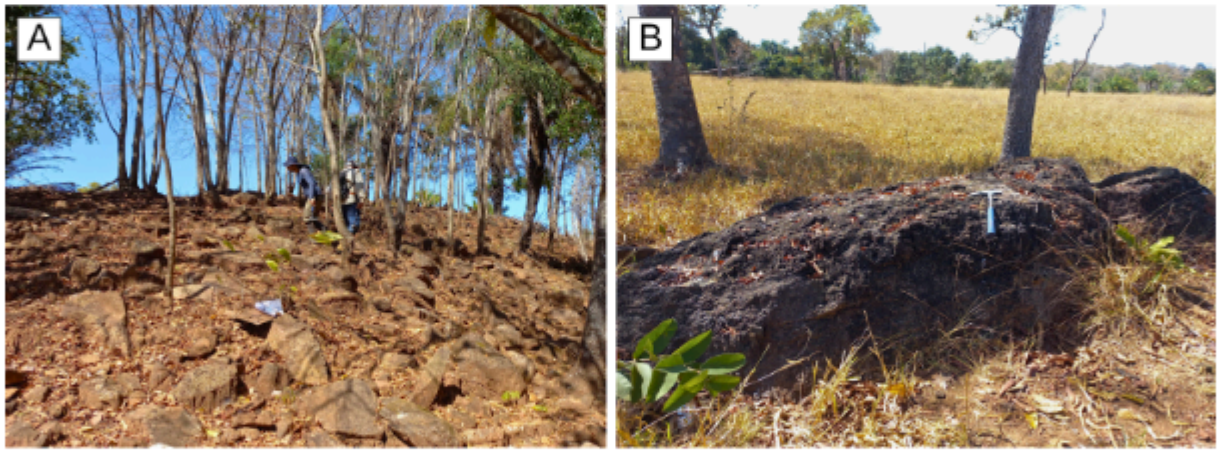
O quartzo ocorre como agregados anédricos, de granulação fina variando entre 0,2 a 1,6 mm e extinção ondulante, com textura granoblástica com contato lobado a serrilhado nos cristais com maior dimensão, e nos cristais menores com contato poligonal, também ocorrendo como porfiroblastos assimétricos com cerca de 0,5 mm, contornados por biotita. O

felspato potássico corresponde a microclínio e ocorre como cristais subhedrais de granulação entre 0,4 a 0,8 mm e apresentam as típicas maclas em xadrez. Muitos destes cristais são micropertíticos (Fig 7. 18C). No plagioclásio não foi possível medir o teor de anortita, mas ocorrem como cristais subhedrais, incolores, com granulação entre 0,4 a 0,8 mm e com maclas polissintéticas, com muitos cristais saussuritizados e/ou sericitizados. Ocorrem textura mirmequítica quando os cristais de plagioclásio estão em contato com os cristais de microclino (Fig 7.18C). Ocorrem cristais de epidoto na forma de agregados granulares anédricos associados com os domínios de composição mais félsica. (Fig 7.18D).

A partir do cálculo da moda dos minerais observados, conclui-se que o protólito desta rocha trata-se de um tonalito. A proximidade da rocha com a ZCR foi indicada como responsável pela foliação milonítica e a presença de indicadores cinemáticos.

Litotipo metaultramáfica - NP1γnaum

O litotipo metaultramáfica ocorre como lentes dentro do Gnaisse Arenópolis na Área V. Frequentemente é encontrada em pequenos morrotes que se destacam na topografia da região, compondo afloramentos de blocos métricos *in situ* (Fig. 7.9A-B). Dentro do litotipo são encontrados serpentinitos e xistos ultramáficos. Este litotipo foi considerado parte da Unidade Gnaisse Arenópolis devido às relações de campo observadas durante o mapeamento.



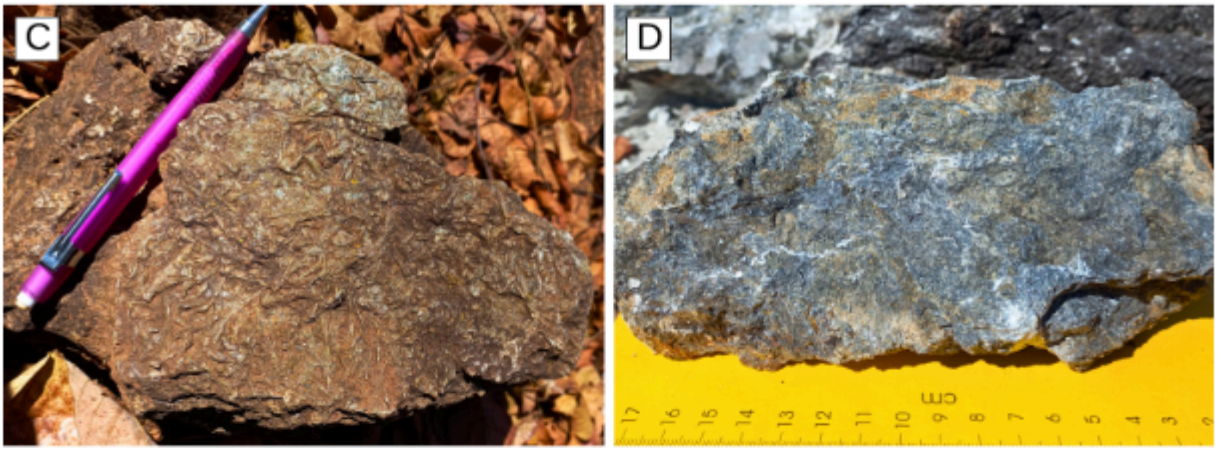


Figura 7.19: *Aspectos gerais das rochas metaultramáficas que ocorrem associadas com o Gnaisse Arenopolis na Área V. (A) Afloramento métrico de blocos in situ formando pequenos morrotes que se destacam no relevo. (TF23-AV-P83, coordenadas: 435563E 8185718S). (B) Afloramento de xistos ultramáficos em blocos métricos in situ. (TF23-AV-P81, coordenadas: 435601E 8186097S). (C) Amostra coletada em campo de serpentinito com textura "jackstraw" (Pimentel & Fuck, 1986) (TF23-AV-P83, coordenadas: 435563E 8185718S). (D) Amostra coletada do talco-serpentina fels (TF23-AV-P81, coordenadas: 435601E 8186097S).*

As rochas são magnéticas, de coloração verde-escura, e apresentam domínios foliados e domínios maciços, textura lepidoblástica definida pelos cristais de talco e clorita, com granulação variando de média a fina (Fig. 7.19D). Em alguns serpentinitos, foram encontrados cristais reliquiares de olivina alongados de tamanho centimétrico (2 a 5 cm) sem orientação preferencial. Esta textura é conhecida como "*jackstraw*" (Snoke & Calc, 1978) e foi atribuída ao crescimento metamórfico da olivina (Pimentel & Fuck, 1986)

Em escala de afloramento, observa-se uma variação na composição dos minerais principais, onde a mineralogia principal é composta essencialmente por talco, clorita, serpentina e anfibólio. Como minerais acessórios, ocorrem sulfetos, malaquita e magnetita.

Para fins descritivos, durante a etapa de petrografia está unidade foi descrita em função da predominância e representatividade litológica que ocorre. O talco-serpentina *fels* (TF23-V-81B) e o serpentina-talco-clorita xisto (TF23-V-83D) apresentam composição semelhante, mas com estrutura e textura variadas.

A amostra TF23-V-81B é a representante que mais ocorre na unidade. Nesta rocha, a assembleia mineralógica é constituída apenas serpentina (50-55%) e talco (40-45%), com magnetita (~5%) como mineral acessório. Não apresenta foliação, com os cristais de serpentina e talco ocorrendo com textura fibro radial, mas com domínios de textura diablástica marcados por lamelas prismáticas de talco (Fig. 7.20 A). Foi observado um possível pseudomorfo de olivina reliquiar de tamanho de 0,2 mm (Fig. 7.20 B). Serpentina,

com hábito asbestiforme a fibroso, com textura de mesh e granulação entre 0,02 a 0,1 mm. O talco, ocorre como cristais subédricos fibrosos e lamelares, com dimensões que variam de 0,05 a 3,0 mm e organizam-se como agregados sem orientação, onde estes agregados estão englobando cristais de serpentina e associados com cristais granulares a estirados de magnetita.

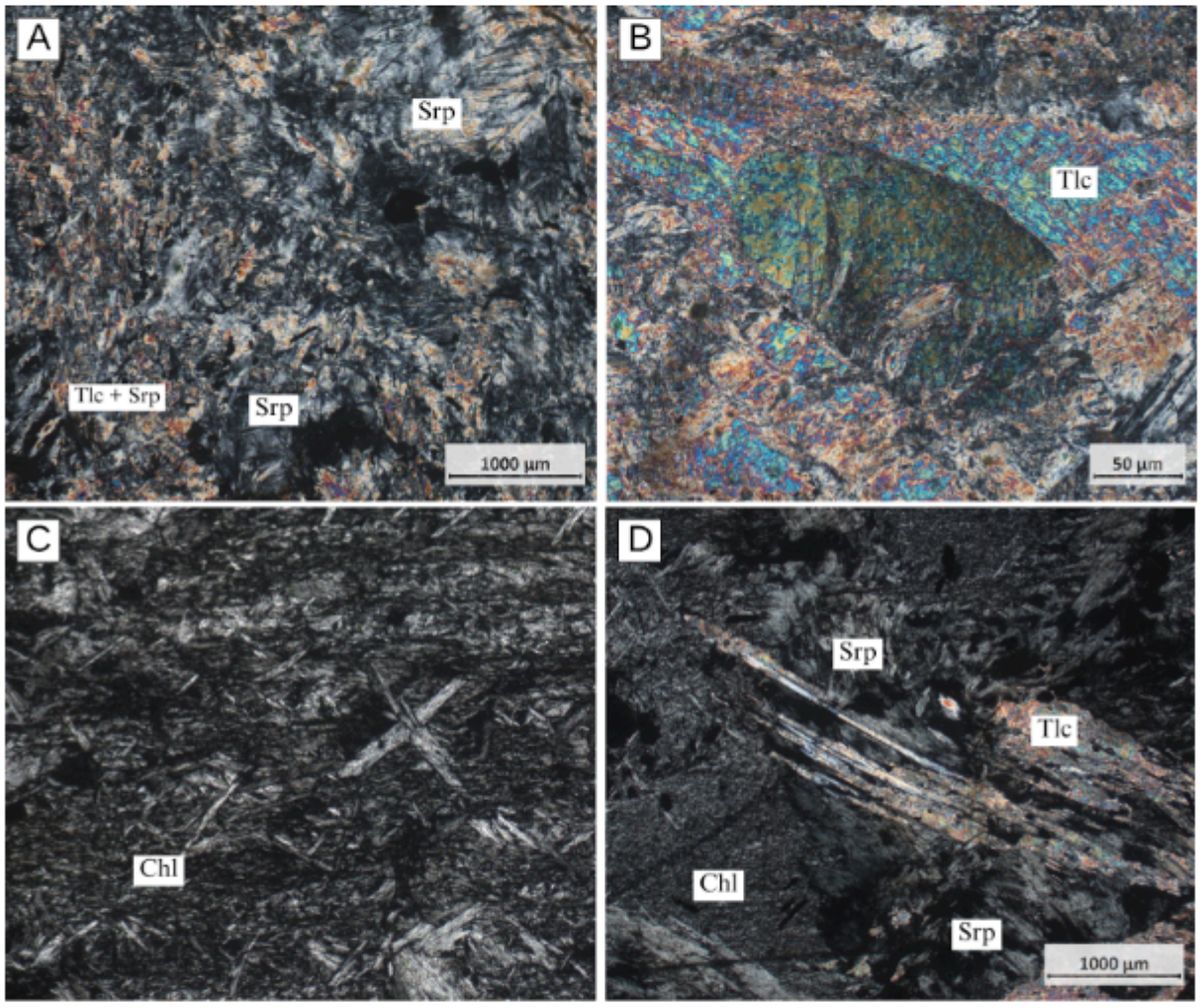


Figura 7.20: *Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P81B: (A) Agregados de talco estão englobando cristais de serpentina com textura mesh. (B) Destaque para possível pseudocristal de olivina reliquiar de tamanho de 0,2 mm. Fotomicrografias da lâmina TF23-VI-P83D: (C) Trama textural predominantemente lepidoblástica marcada pela orientação dos cristais de clorita mas que localmente apresenta-se em um arranjo desordenado. (D) Detalhe para domínio não contínuo rico em talco e serpentina fibro radial sem orientação preferencial cortando a foliação.*

A lâmina que representa o xisto ultramáfico é a TF23-V-P83D. A partir da sua análise, foi classificado como serpentina-talco-clorita xisto. Trata-se de uma rocha foliada com textura predominantemente lepidoblástica marcada pela orientação dos cristais de clorita. Ocorrem,

de forma não contínua, domínios ricos em talco e serpentina fibro radial sem orientação preferencial (Fig. 7.20 D).

A clorita é o mineral principal da rocha (80-85%), ocorrendo como cristais incolores de granulação que varia entre 0,001 mm a 1 mm, são subhedrais e placosos com terminações fibrosas, responsável pela foliação principal da rocha, com textura lepidoblástica mas que localmente apresenta-se em um arranjo desordenado (Fig. 7.20 C). Possui extinção subparalela e é comum ocorrer inclusões de opacos. Talco (5-10%) e serpentina (5-10%) ocorrem de forma esparsa na amostra, geralmente associados no mesmo domínio.

7.3. GRANITO SERRA DO TATU - NP2γst

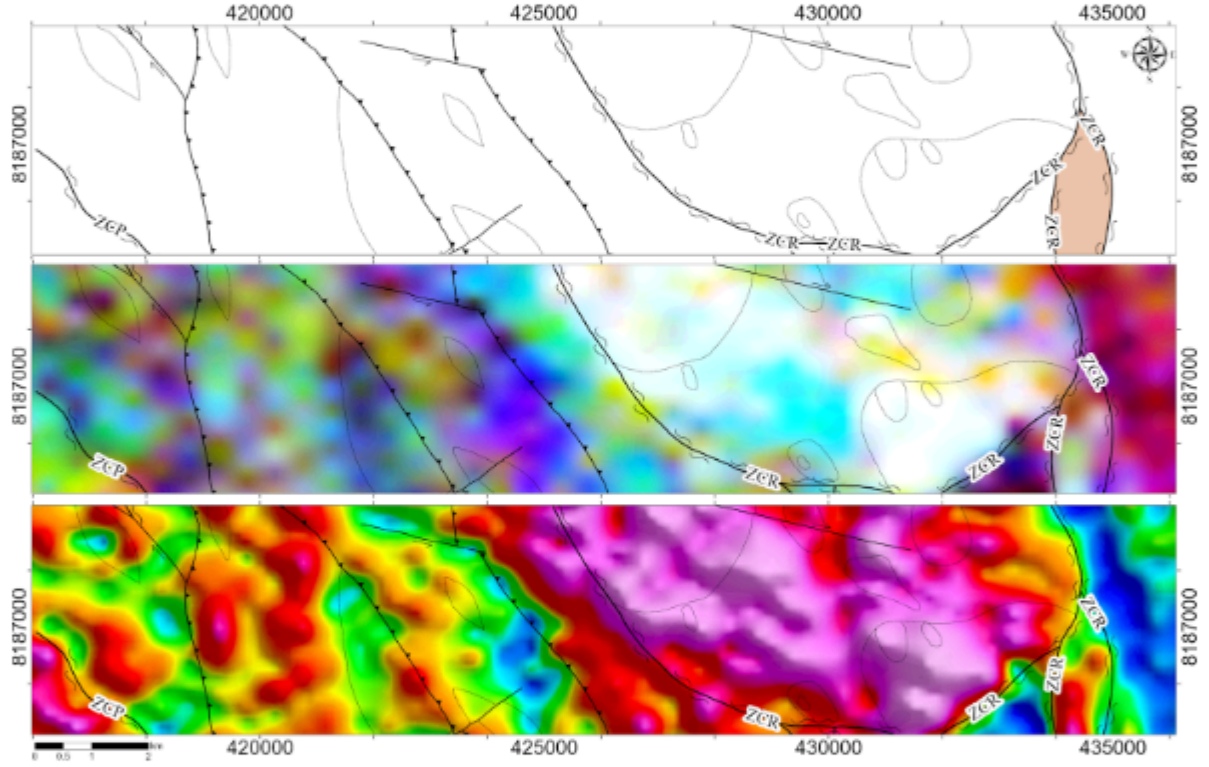


Figura 7.21: *Localização do Granito Serra do Tatu na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico. (B) Composição colorida RGB. (C) Canal do Tório em ppm (Th).*

O granito Serra do Tatu ocorre numa faixa estreita com direção N-S na porção leste-central da Área V. Se encontra em contato por cisalhamento pela Zona de Cisalhamento Ribeirão com o Gnaisse Arenópolis, a leste, e a oeste com o anfibolito da Unidade Córrego da Onça e é intrudido pelo Granito Serra da Iran (Fig. 7.22A). Os poucos afloramentos desta unidade dificultaram a identificação precisa destes limites. Por essa razão, a delimitação do Granito Serra do Tatu foi estimada com base em dados gamaespectrométricos e

sensoriamento remoto. Nos produtos gamaespectrométricos, esta unidade se encontra em domínio de geometria alongada, homogênea com orientação N-S, com alto valores de K e eU eTh (Fig. 7.21 B e C).

Trata-se de um granitóide deformado, aflorando como blocos *in situ* de dimensões métricas (Fig. 7.22 B e C). As rochas se caracterizam por apresentar coloração leucocrática, bandamento gnáissico a milonítica com textura granoblástica. É composta principalmente por feldspato potássico, plagioclásio e quartzo, com biotita marcando a foliação (Fig. 7.22 D e E).

A partir da análise petrográfica da lâmina correspondente ao ponto TF23-VII-P77, a rocha foi classificada como biotita sienogranito (Fig. 7.23A). Apresenta textura granular e sua mineralogia principal é composta de feldspato potássico (35-37%), quartzo (20-25%), plagioclásio (13-15%) e biotita (13-15%). Como minerais acessórios estão presentes magnetita (~2%), titanita (~1%) e hornblenda (~2%). Clorita está presente como mineral secundário.

O feldspato potássico aparece como grandes cristais subhedrais de granulação média, muitas vezes micropertíticos (Fig. 7.23D). O quartzo é encontrado de forma intersticial na lâmina, com hábito anedral e de granulação fina a média. O plagioclásio aparece como cristais euhedrais de granulação fina a média, muitas vezes saussuritizados (Fig. 7.23C) apresentando textura mirmequítica nos cristais que fazem contato com o feldspato potássico (Fig. 7.23B). A biotita ocorre em menor quantidade, com pleocroísmo de amarelo claro a marrom e hábito lamelar. A clorita ocorre como alteração da biotita.

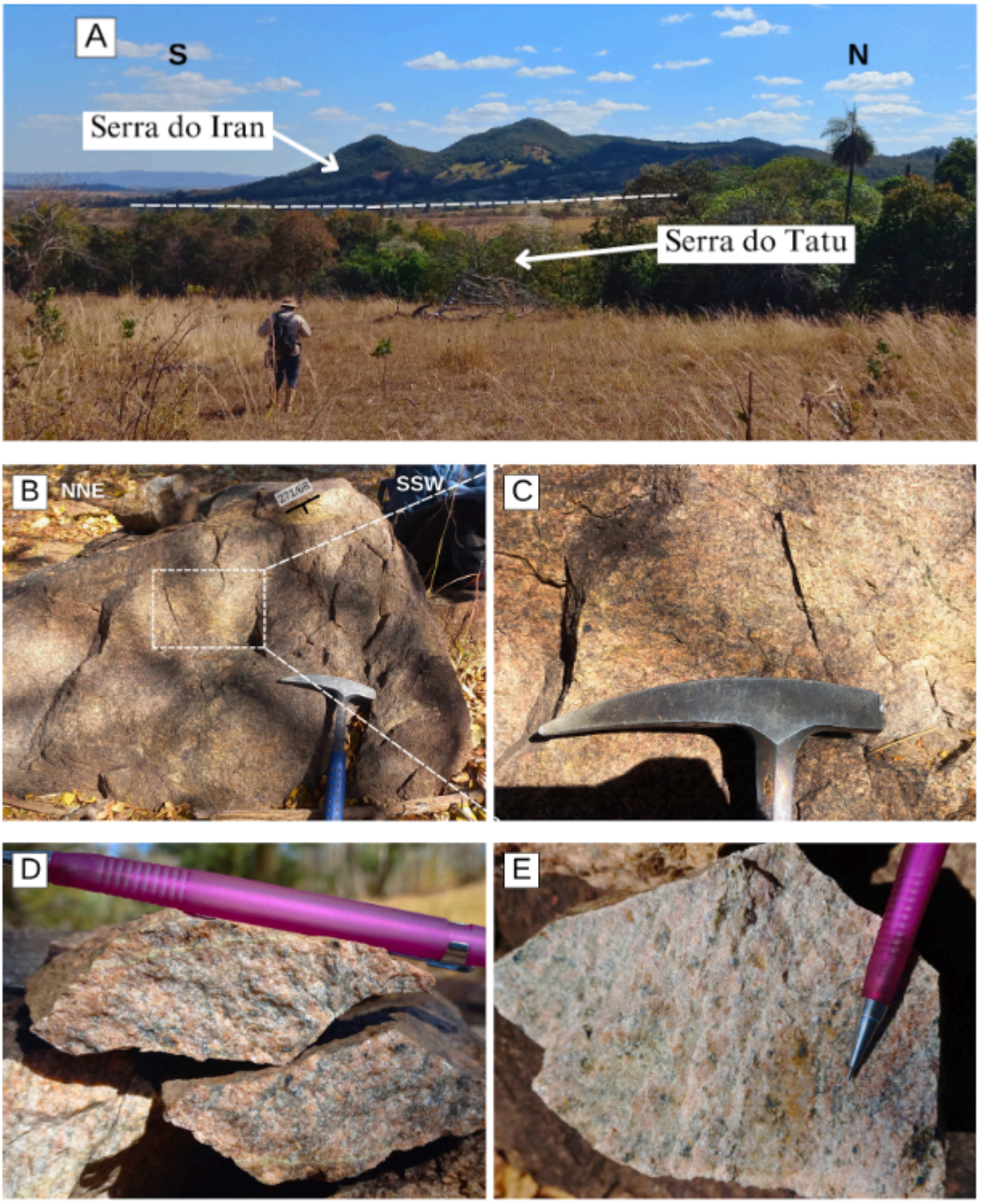


Figura 7.22: *Aspectos gerais do Granito Serra do Tatu, no contexto da Área V. (A) Foto panorâmica indicando o contato entre as unidades Granito Serra do Iran e o Granito Serra do Iran na Área V, percebe-se que a Unidade Granito Serra do Iran preferencialmente se aloja em relevo com altos topográficos. (B) e (C) Afloramento de blocos in situ com foliação de direção NNW/SSE, detalhe na face intemperizada evidenciando foliação com estiramento mineral. (TF23-AV-P87, coordenadas: 434887E 8185295S). (D) e (E) Amostras coletadas onde é possível observar a coloração leucocrática e textura milonítica. Também nota-se a composição*

mineralógica da rocha, com cristais de feldspato potássico, quartzo e biotita. (TF23-AV-P80, coordenadas: 434887E 8185295S).

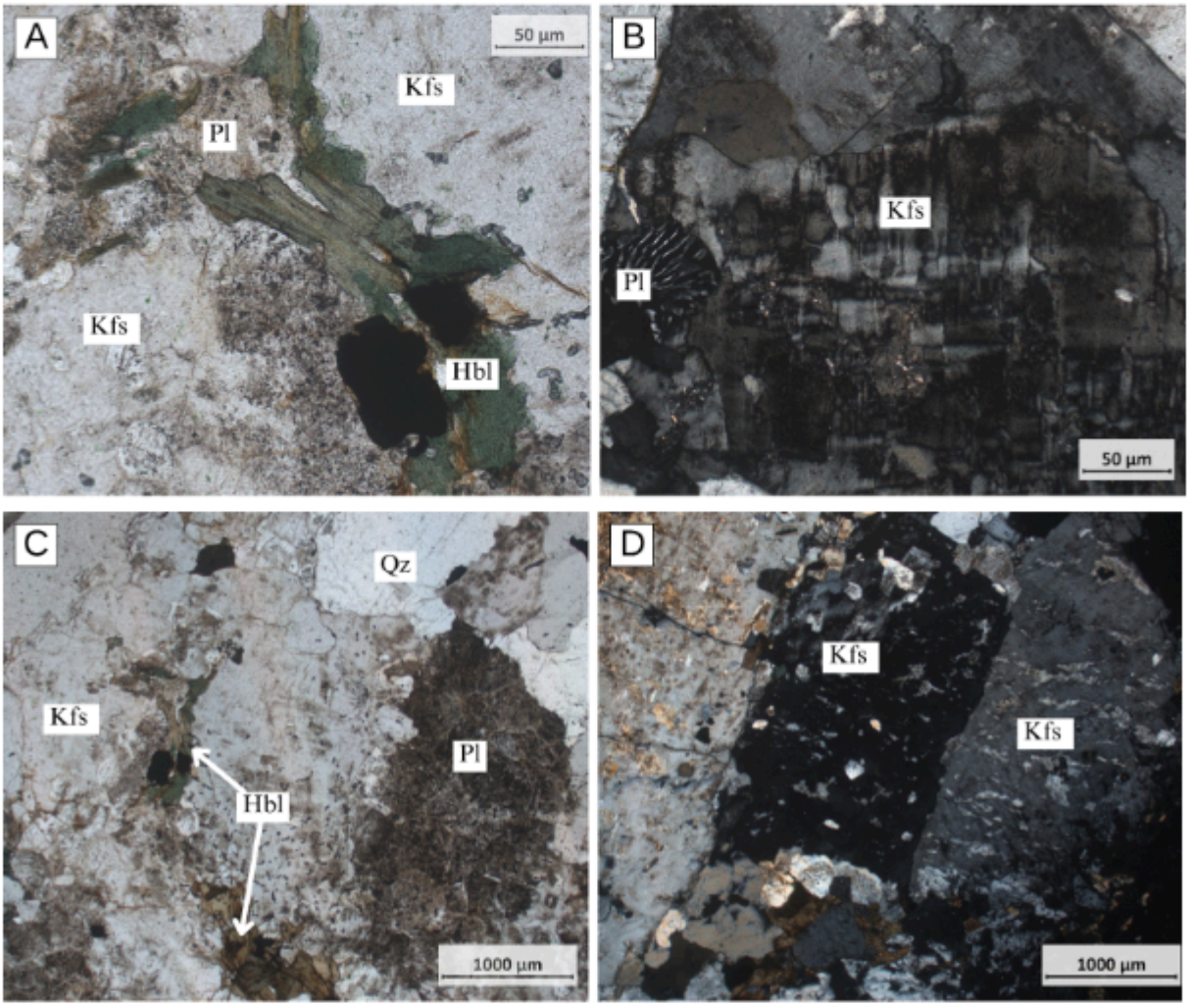


Figura 7.23: *Fotomicrografias da lâmina TF23-VII-P77: (A) Aspecto geral da lâmina. (B) Destaque para textura mirmequítica observada no contato entre microclínio e plagioclásio (C) Cristal de plagioclásio sericitizado (D) Cristais de ortoclásio com textura micropertítica, onde se observa plagioclásio exsolvido.*

7.4. GRANITO RIBEIRÃO ÁGUA LIMPA - NP2aγal

O granito Ribeirão Água Limpa ocorre no lado sudoeste da Área V. Se encontra como uma grande intrusão na Litofácies Metapelítica da Unidade Córrego do Santo Antônio. Poucos afloramentos desta unidade foram encontrados, dificultando a visualização deste contato. Por essa razão, a delimitação do Granito Ribeirão Água Limpa foi estimada com base em dados gamaespectrométricos e em contatos melhor observados nas áreas adjacentes.

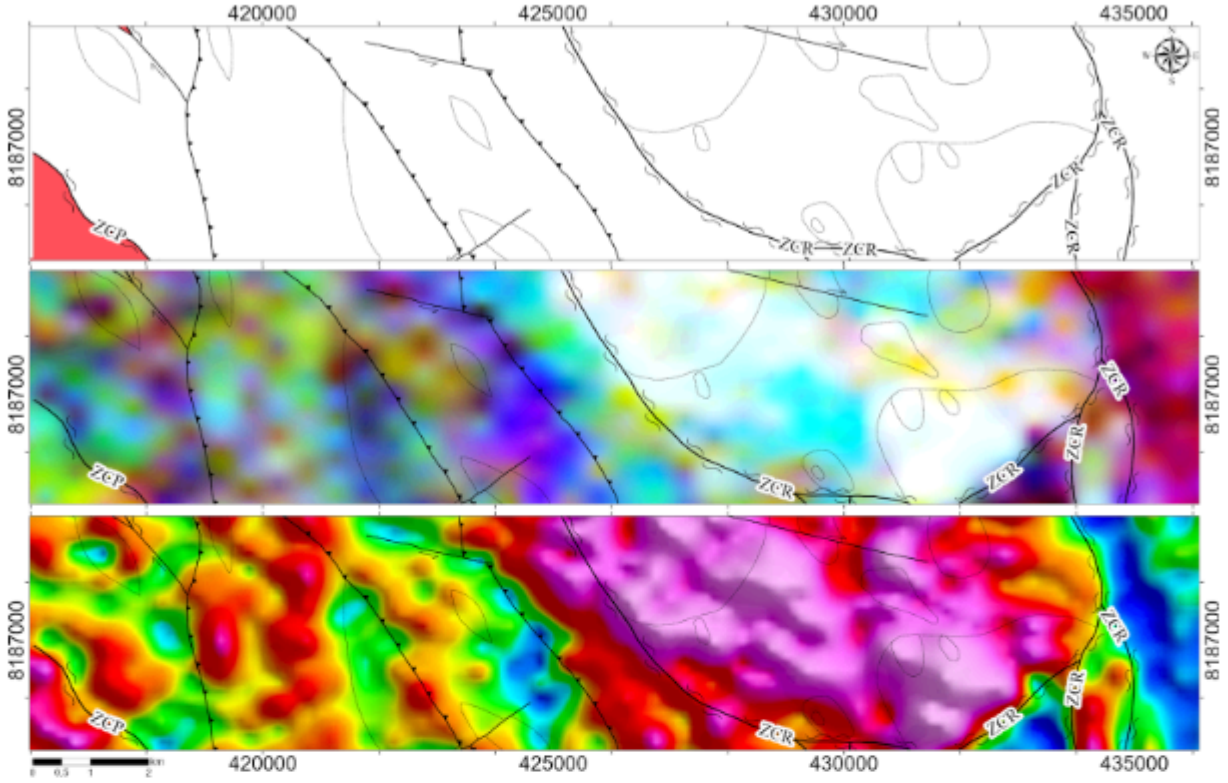


Figura 7.24: *Localização do Granito Ribeirão Água Limpa na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico. (B) Composição colorida RGB. (C) Canal do Tório em ppm (Th).*

Na Área V, os afloramentos desta unidade são expostos principalmente na margem de drenagens como lajedos de dimensões métricas (Fig. 7.25 A). Trata-se de uma rocha plutônica, leucocrática, de granulação fina a média, inequigranular e muito alterada. Sua mineralogia principal inclui quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Muscovita e biotita aparecem como minerais acessórios e epidoto e sericita como minerais secundários decorrente da alteração do plagioclásio (Fig. 7.25 B).

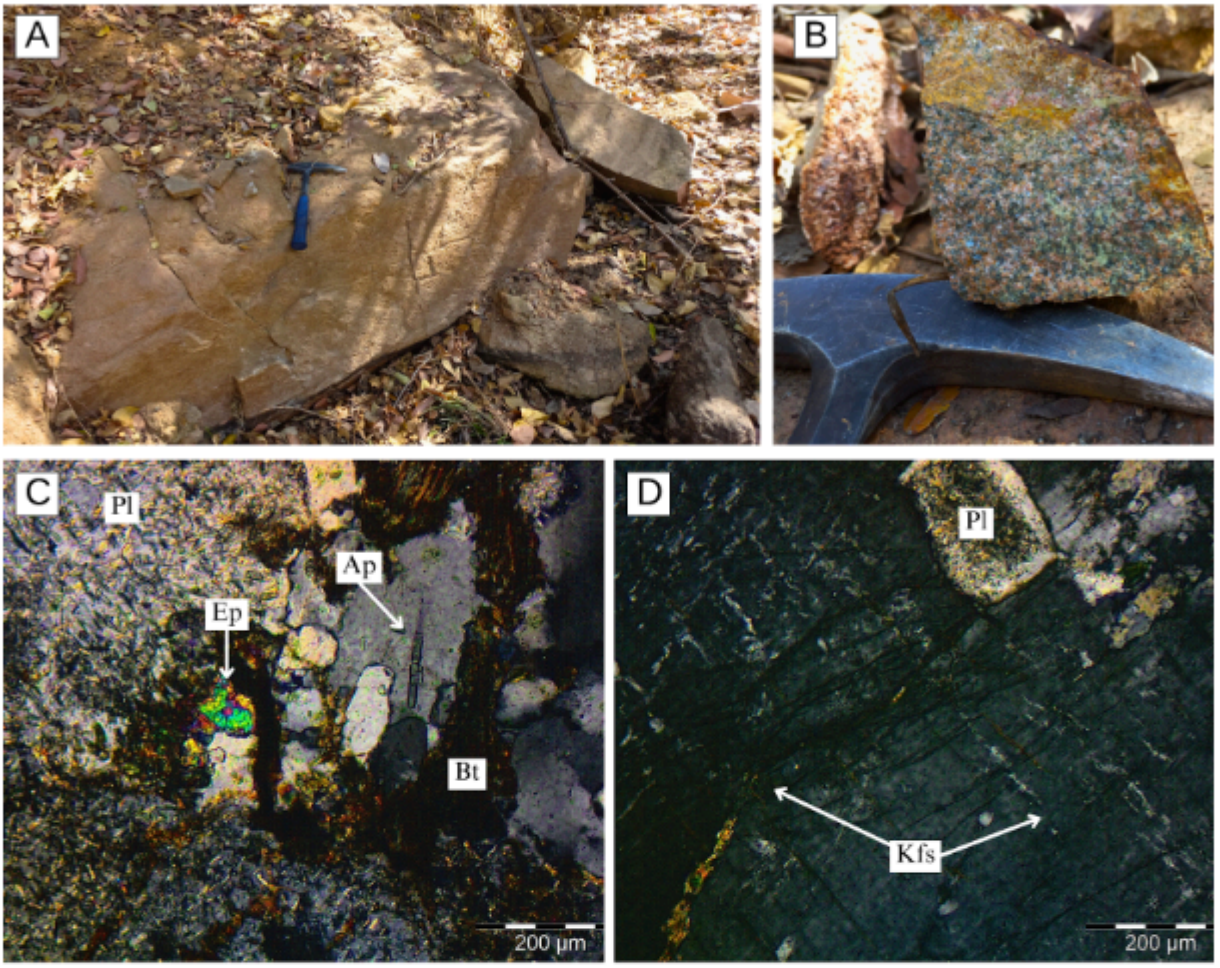


Figura 7.25: *Aspectos gerais do Granito Ribeirão Água Limpa, no contexto da Área V. (A) Afloramento métrico de blocos in situ em margem de drenagem seca. (TF23-AV-P161, coordenadas: 422299E 8185094S). (B) Amostra coletada em campo onde se observa a face fresca da rocha. (TF23-AV-P161, coordenadas: 422299E 8185094S). Fotomicrografias da lâmina APA19 (C) Aspecto principal da lâmina, onde se observa plagioclásio sericitizado e saussuritizado, epidoto secundário formado a partir da saussuritização, biotita muito alterada e inclusão de apatita em feldspato potássico. (D) Destaque para cristal de feldspato potássico micropertítico, com inclusões de plagioclásio. Observa-se também cristal de plagioclásio zonado e saussuritizado.*

A partir da análise petrográfica da lâmina correspondente ao ponto APA19, a rocha foi classificada como monzogranito. Trata-se de uma rocha inequigranular, com granulação de fina a média (0,5 a 6 mm), hipidiomórfica, com textura granular. A mineralogia principal é composta de plagioclásio (35-40%), feldspato potássico (23-25%), quartzo (25-30%) e biotita (~10%). Como minerais acessórios estão presentes apatita (~1%) e titanita (~1%). Clorita e epidoto aparecem como minerais secundários.

O plagioclásio possui hábito euhedral, granulação fina a média, apresentando zonação e muito alterado, apresentando sericitização e saussuritização (Fig. 7.25 C). Por este motivo, não foi possível realizar a medição do teor de anortita presente. O feldspato potássico é

micropertítico (Fig. 7.25 D) e possui hábito subedral, com granulação média. O quartzo apresenta evidências de recristalização, com granulação fina, hábito anedral e extinção ondulante. A biotita apresenta hábito euhedral lamelar, com pleocroísmo característisco de marrom para marrom-escuro. A clorita ocorre como alteração da biotita e o epidoto como resultado da saussuritização do plagioclásio. As evidências encontradas na análise petrográfica sugerem que este corpo apresenta algum nível de deformação e metamorfismo.

7.5. GRANITO SERRA DO IRAN - NP3γsnir

O Granito Serra do Iran é o maior corpo intrusivo presente na Área V (Fig. 7.26), localizado na porção centro-leste da área, em contato com a Unidade Córrego do Santo Antônio a oeste e com a Unidade Córrego da Onça, Granito Serra do Tatu e Gnaisse Arenópolis a leste. Está relacionado com porções de relevo fortemente a levemente ondulados com formação de serras, incluindo as serras da Margarida (Fig. 7.27) e da Cruz, que estão demarcadas por estarem em grande parte recobertas por uma vegetação arbórea densa.

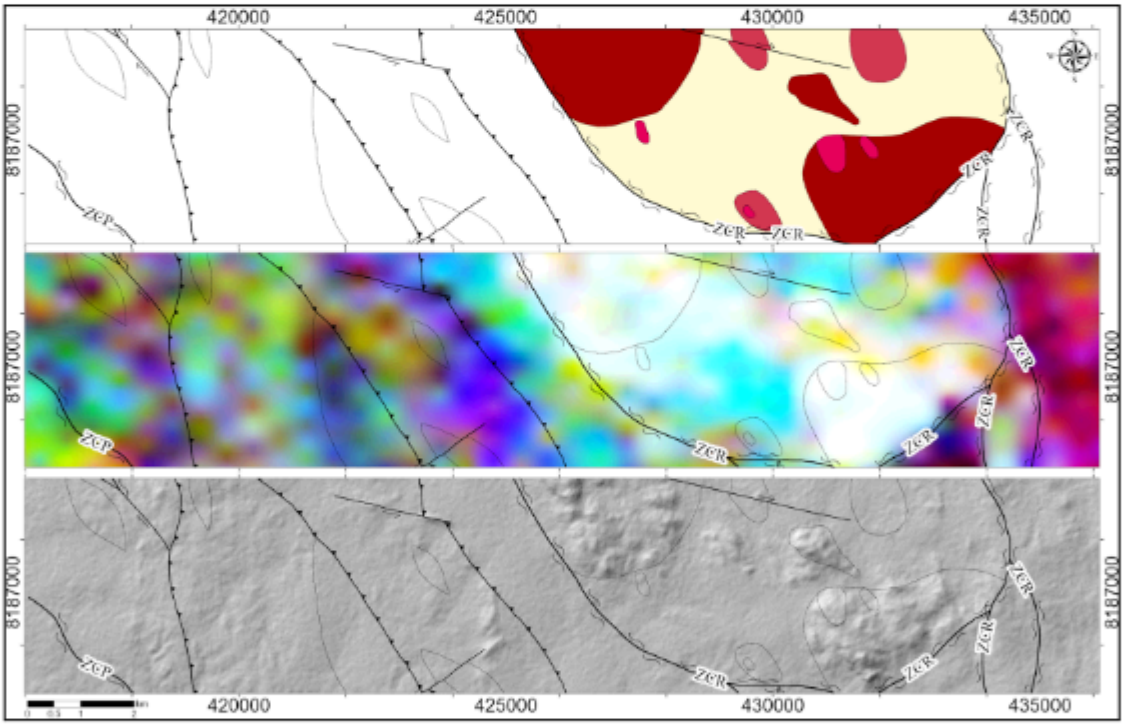


Figura 7.26: *Localização da Unidade Granito Serra do Iran na Área V e as principais imagens usadas para complementar a confecção do mapa. (A) Unidade destaca no mapa geológico; (B) Composição colorida RGB. (C) MDE.*

Os afloramentos desta unidade ocorrem em forma de lajedos de dimensões métricas, blocos *in situ*, leitos de drenagens e matacões (Fig. 7.29A, B e C). A borda sul do corpo apresenta leve deformação e fraturamento, estando discretamente foliado, enquanto seu centro

está totalmente preservado e isotrópico. Dentro da unidade, existem diferentes fácies decorrentes da variação composicional (Fig. 7.28), onde podemos classificá-las em fácies félsicas e intermediárias.



Figura 7.27: *Foto panorâmica da escarpa da Serra da Margarida, onde é possível observar a dimensão quilométrica da serra, composta predominantemente pela litofácies sienogranito de granulação grossa da Unidade Serra do Iran.*

7.5.1. Fácies félsica

A litofácies predominante dentro da unidade Granito Serra do Iran corresponde aos sienogranitos. Dentro da unidade, os sienogranitos foram divididos a partir da diferença de granulação observada em campo, sendo estas divisões: sienogranito grosso, que está relacionado com altos topográficos; e sienogranito médio a fino, que está relacionado com relevos mais levemente ondulados. Estas rochas apresentam resposta gamaespectrométrica indicando altas concentrações de K, eU e eTh.

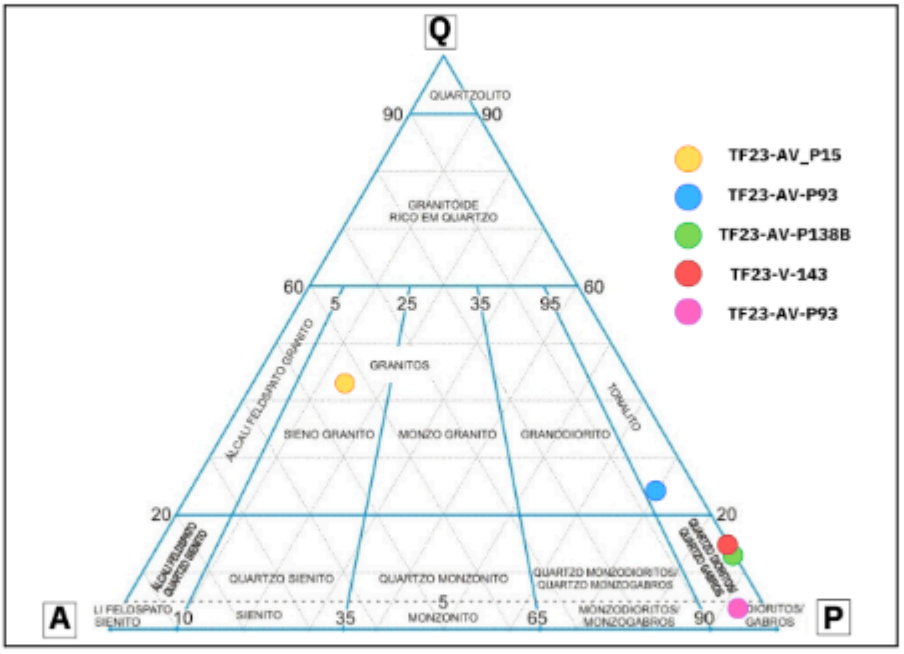


Figura 7.28: *Diagrama QAP para classificação de rochas ígneas plutônicas em função da composição modal representando as fácies encontradas na Unidade Granito Serra do Iran, discriminando suas composições a partir das lâminas petrográficas obtidas.*

Sienogranito grosso - NP3γsnirsg *e Sienogranito fino* - NP3γsnirsf

Estas rochas são inequigranulares e leucocráticas, apresentando uma diferença massiva na sua granulação que levou a segregação entre dois litotipos. A mineralogia principal é composta de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. Apatita e opacos aparecem como minerais acessórios, além da presença de sericita e epidoto como produto da saussuritização do plagioclásio e clorita como produto da alteração da biotita (Fig. 7.29 D).

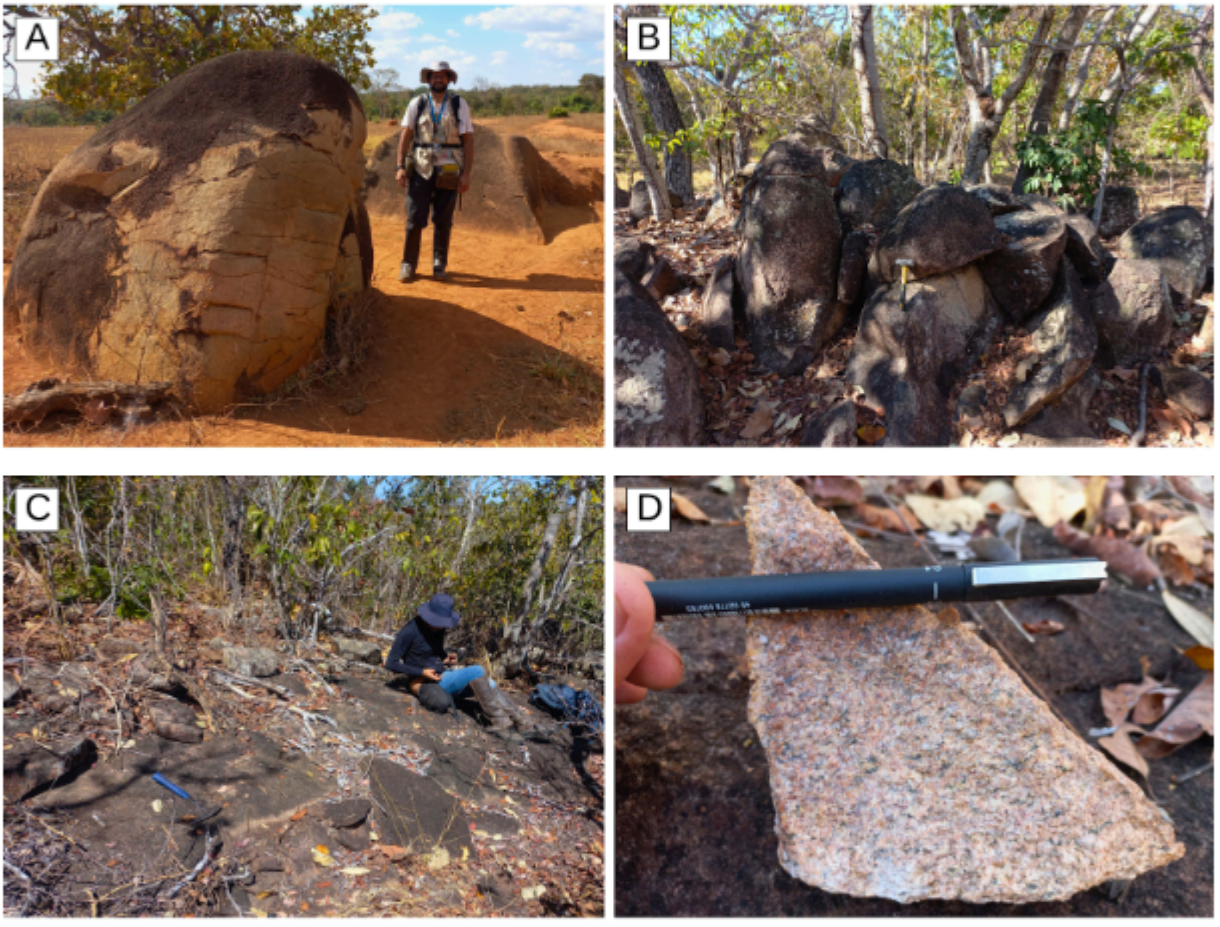


Figura 7.29: *Aspectos gerais do sienogranito da Unidade Granito Serra do Iran na Área V: (A) Afloramento de blocos métricos in situ do sienogranito (TF23-AV-P21, coordenadas: 430860E 8188279S). (B) e (C) Afloramentos de blocos métricos e em lajedo, respectivamente, de sienogranito encontrado na Serra da Cruz (TF23-AV-P137, coordenadas: 430782E 8186754S; TF23-AV-P135, coordenadas: 430417E 8186471S). (D) Amostra do sienogranito coletado, onde é possível observar suas características principais, como sua coloração leucocrática, grau de visibilidade fanerítica e granulação média a grossa (TF23-AV-P136, coordenadas: 430592E 8186762S).*

A lâmina que representa o sienogranito fino é a TF23-V-P15. A partir da sua análise, foi classificado como sienogranito. Trata-se de uma rocha inequigranular, de granulação variando de densa a média (0,1 a 8 mm), hipidiomórfica. Possui arranjo granular. Mineralogia principal composta por feldspato potássico (35-40%), quartzo (35-37%), plagioclásio (12-15%) e biotita (~6%). Os minerais acessórios encontrados são apatita (>1%) e opacos (>1%), além de sericita e clorita como minerais secundários.

O ortoclásio é o mineral que predomina na rocha, ocorrendo como fenocristais subhedrais de granulação média (cerca de 3 mm), geralmente micropertíticos (Fig. 7.30 B). O quartzo ocorre de forma intersticial na rocha, com hábito anedral e granulação média (0,4 a 1 mm). O plagioclásio ocorre com aglomerados na rocha (Fig. 7.30 A), de granulação fina (de 0,05 a 1 mm), geralmente zonados e apenas poucos possuem maclas polissintéticas, o que tornou impossível a obtenção do teor de anortita do mesmo. A biotita ocorre em menor quantidade, com pleocroísmo de amarelo claro a marrom e hábito lamelar.

Os minerais acessórios são apatita e opacos. A apatita ocorre por toda rocha com hábito acicular enquanto que os opacos geralmente estão associados com a biotita ou a clorita. A clorita e a sericita ocorrem como alteração da biotita (Fig. 7.30 C e D) e do plagioclásio, respectivamente.

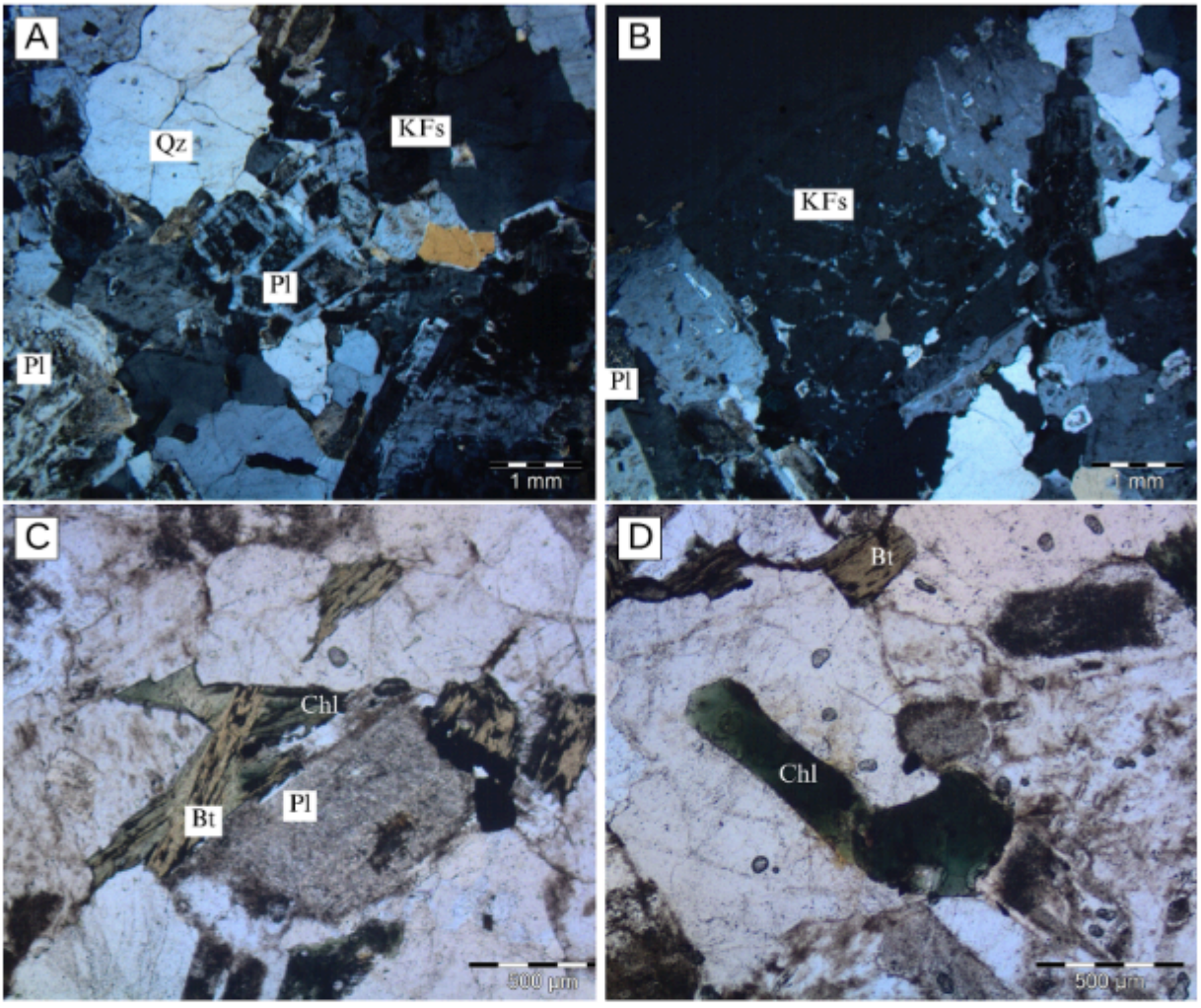


Figura 7.30: *Fotomicrografias da amostra TF23-V-P15: (A) Aspecto geral da lâmina, onde se observa a relação entre os cristais de plagioclásio, quartzo e ortoclásio, com destaque para os agregados de plagioclásio com menor granulação que apresentam saussuritização apenas no centro do cristal, indicando zonação. (B) Feldspato potássico micropertítico, com albita exsolvida. (C) e (D) Destaques para a relação entre os cristais de biotita e clorita, no qual se observa que a clorita se forma a partir da alteração da biotita.*

7.5.2. Fácies intermediárias

Na Área V, predominantemente mais ao centro do corpo plutônico, foram observadas litofácies intermediárias pertencentes à Unidade Granito Serra do Iran. Com a composição variando entre tonalítica (Fig. 7.31 C) a quartzo-diorítica (Fig. 7.31 D), os afloramentos destas rochas ocorrem preferencialmente como blocos *in situ* nas porções com relevo levemente ondulado e em margens de drenagens (Fig. 7.31A e B), sendo que a composição tonalítica é mais expressiva na área. São rochas inequigranulares a porfiríticas e mesocráticas.



Figura 7.31: *(A) Afloramento de blocos métricos in situ de quartzo-diorito do Granito Serra do Iran (TF23-AV-P93, coordenadas: 429954E 8185487S) (B) Afloramento de quartzo diorito em margens de drenagem com blocos centimétricos (TF23-AV-P16, coordenadas: 432278E 8188845S) (C) Amostra de tonalito coletado, porfirítico, mesocrática e granulação média (TF23-AV-P16, coordenadas: 432278E 8188845S) (D) Amostra de quartzo-diorito coletada em campo, onde é possível observar agregados de fenocristais félsicos. (TF23-AV-P138, coordenadas: 430942E 8186739S).*

***Tonalito* - NP3γsnirt**

A petrografia da amostra TF23-V-P93 representa a composição tonalítica desta litofácies. Sua assembleia mineral principal é composta de plagioclásio (35-40%), biotita (15-20%), hornblenda (15-20%), quartzo (10-13%) e ortoclásio (~5%). Os minerais acessórios encontrados foram apatita e pirita, além de sericita, proveniente da alteração do plagioclásio.

O plagioclásio/oligoclásio (An_{29}) é o mineral que predomina na rocha, ocorrendo como cristais subhedrais de granulação fina (de 0,05 a 1 mm), com maclas polissintéticas, textura mirmequítica (Fig. 7.32 C) nos cristais que estão em contato com ortoclásio e apresentando zonamento composicional (enriquecimento de cálcio ao centro dos cristais) demarcado pela saussuritização e sericitização (Fig. 7.32 A e D). O ortoclásio é

micropertítico. O quartzo ocorre como cristais anedrais em pouca quantidade na rocha. A hornblenda ocorre como cristais subhedrais com forte pleocroísmo forte de amarelo-esverdeado a verde e clivagem perfeita na seção prismática. A biotita ocorre como mineral primário e de alteração na rocha (Fig. 7.32B), sendo que a biotita primária possui hábito lamelar e plecorísmo amarelo-claro a marrom-claro, enquanto a biotita secundária possui hábito anedral sem pleocroísmo.

Os minerais acessórios são apatita e opacos. A apatita (1%) ocorre por toda rocha com hábito acicular enquanto que os opacos (1%) geralmente estão associados com a biotita. A sericita ocorre como alteração do plagioclásio.

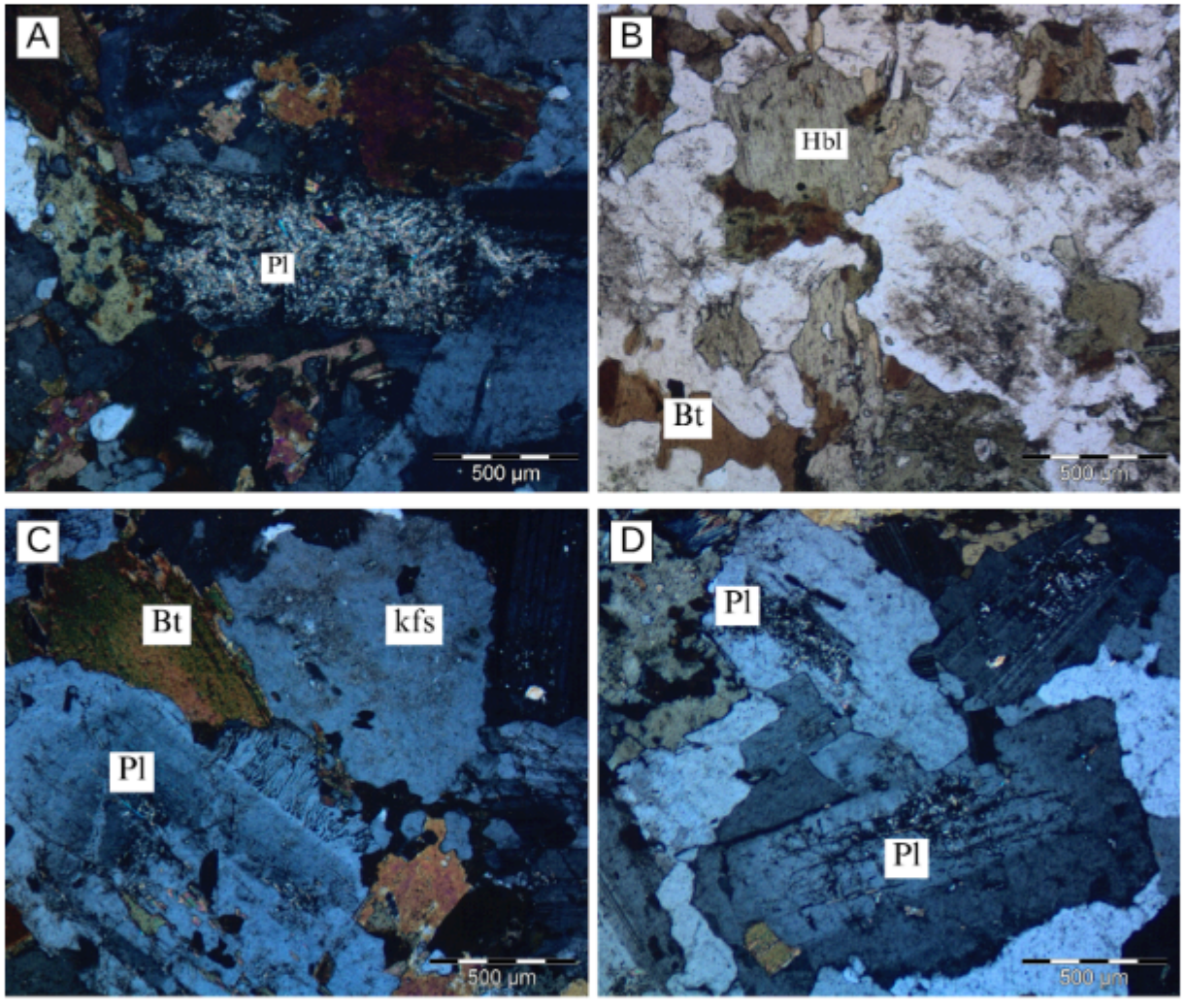


Figura 7.32: *Fotomicrografias da amostra TF23-V-P93: (A) Cristal de plagioclásio sericitizado (B) Aspectos dos cristais de hornblenda sofrendo alteração para biotita. (C) Destaque para cristal de plagioclásio em contato com cristal de feldspato potássico, onde se observa textura mirmequítica. (D) Cristais de plagioclásio com o centro sericitizado.*

Quartzo Diorito

Petrograficamente, a amostra TF23-V-P143 foi classificada como quartzo-diorito. Sua assembleia mineral principal é composta de plagioclásio (25-27%), hornblenda (20-23%), piroxênio (10-12%), opacos (8-10%), biotita (~5%) e quartzo (~4%). O mineral acessório encontrado foi apatita (~1%), e como mineral secundário foi observado sericita (~11%) e biotita (~5%), proveniente da alteração do plagioclásio e da hornblenda, respectivamente. Apresenta também xenocristais de quartzo contornados por hornblenda (Fig. 7.33A).

O plagioclásio/andesina (An_{50}) é o mineral que predomina na rocha, ocorrendo como cristais subhedrais de granulação densa a fina (de 0,04 a 0,8 mm), com maclas polissintéticas e saussuritizados e/ou sericitizados (Fig. 7.33C). A hornblenda ocorre como cristais subhedrais a euhedrais com forte pleocroísmo forte de amarelo-claro a verde-escuro, ocorrendo tanto na matriz da rocha como nas bordas dos xenocristais de quartzo. O piroxênio ocorre como cristais subhedrais muito alterados, sofrendo uralitização e gerando hornblenda, que por sua vez se altera para biotita (Fig. 7.33B e D). O quartzo aparece em pequena quantidade na matriz de forma intersticial e em forma de xenocristais, contornados por hornblenda.

Os minerais acessórios são apatita e opacos. A apatita ocorre por toda rocha com hábito acicular enquanto que os opacos geralmente estão associados com a matriz. Como minerais secundários, observa-se sericita como alteração do plagioclásio, biotita como alteração de hornblenda, e hornblenda como alteração de piroxênio.

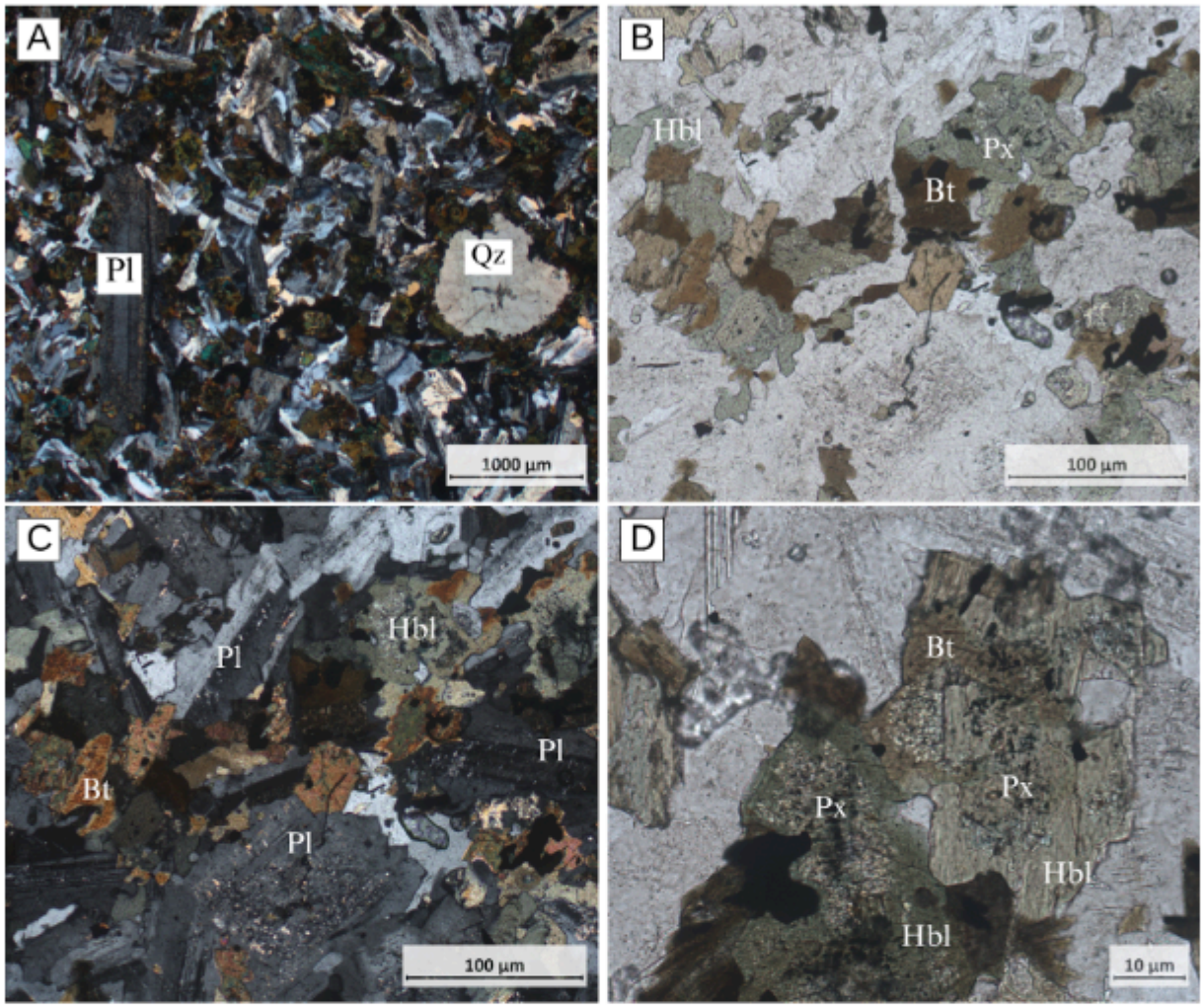


Figura 7.33: *Fotomicrografias da amostra TF23-V-P143: (A) Xenocristal de quartzo envolvido por hornblenda. É possível observar também fenocristal de plagioclásio em uma matriz composta predominantemente por plagioclásio e hornblenda. (B) Cristais de piroxênio se alterando para hornblenda. A hornblenda, por sua vez, parece estar se alterando para biotita. (C) Destaque para cristais de plagioclásio sericitizados. Também é possível observar cristais de hornblenda se alterando para biotita. (D) Cristal de piroxênio exibindo alteração para hornblenda. Também se observa biotita associada.*

Petrograficamente, a TF23-V-P138B indicou uma composição quartzo-diorítica. Trata-se de uma rocha porfirítica com presença de xenocristais e fenocristais dispersos na matriz, de granulação média (0,05 a 1,5 mm), hipidiomórfica. Mineralogia da rocha composta por plagioclásio (30-35%), hornblenda (30-35%), quartzo (~6%) e biotita (~4%) com apatita e opacos como minerais acessórios, sericita e clorita ocorrem como minerais secundários.

O plagioclásio/andesina (An_{48}) ocorre como cristais subhedrais de granulação densa (0,05 a 0,1 mm) com maclas polissintéticas, muitas vezes saussuritizados e/ou sericitizados. Também aparece na rocha como xenocristais (Fig. 7.34 A) de granulação média (0,5 a 1 mm) e junto com quartzo, biotita e ortoclásio. A hornblenda ocorre como cristais subhedrais,

ocorrendo tanto na matriz como fenocristais de granulação densa a média (0,02 a 1 mm) com pleocroísmo de verde-claro a verde e nos fenocristais é evidente a alteração para biotita. O piroxênio está sendo alterado para hornblenda e ocorre como cristais subhedrais.

O quartzo e o ortoclásio ocorrem principalmente como xenocristais com granulação que varia de fina a média e em porções agregadas com plagioclásio e biotita (Fig. 7.34 C), sendo que o quartzo também ocorre na matriz da rocha, em pequenas quantidades. Nos xenocristais, o quartzo apresenta forma arredondada e textura de engolfamento (Fig. 7.34 D), evidenciando sua instabilidade durante sua formação no magma. O ortoclásio tem textura micropertítica.

Os minerais acessórios são apatita e opacos. A apatita ocorre por toda rocha com hábito acicular enquanto que os opacos geralmente estão associados com a matriz. Como minerais secundários, observa-se sericita como alteração do plagioclásio e clorita como alteração da hornblenda (Fig. 7.34 B).

A partir da observação da lâmina e da amostra coletada em campo, assim como suas relações dentro do contexto do Granito Serra do Iran, interpretou-se que a rocha trata-se de um quartzo diorito com contaminação da porção cristalizada do magma félsico, uma vez que os agregados e xenocristais encontrados são típicos de rochas graníticas.

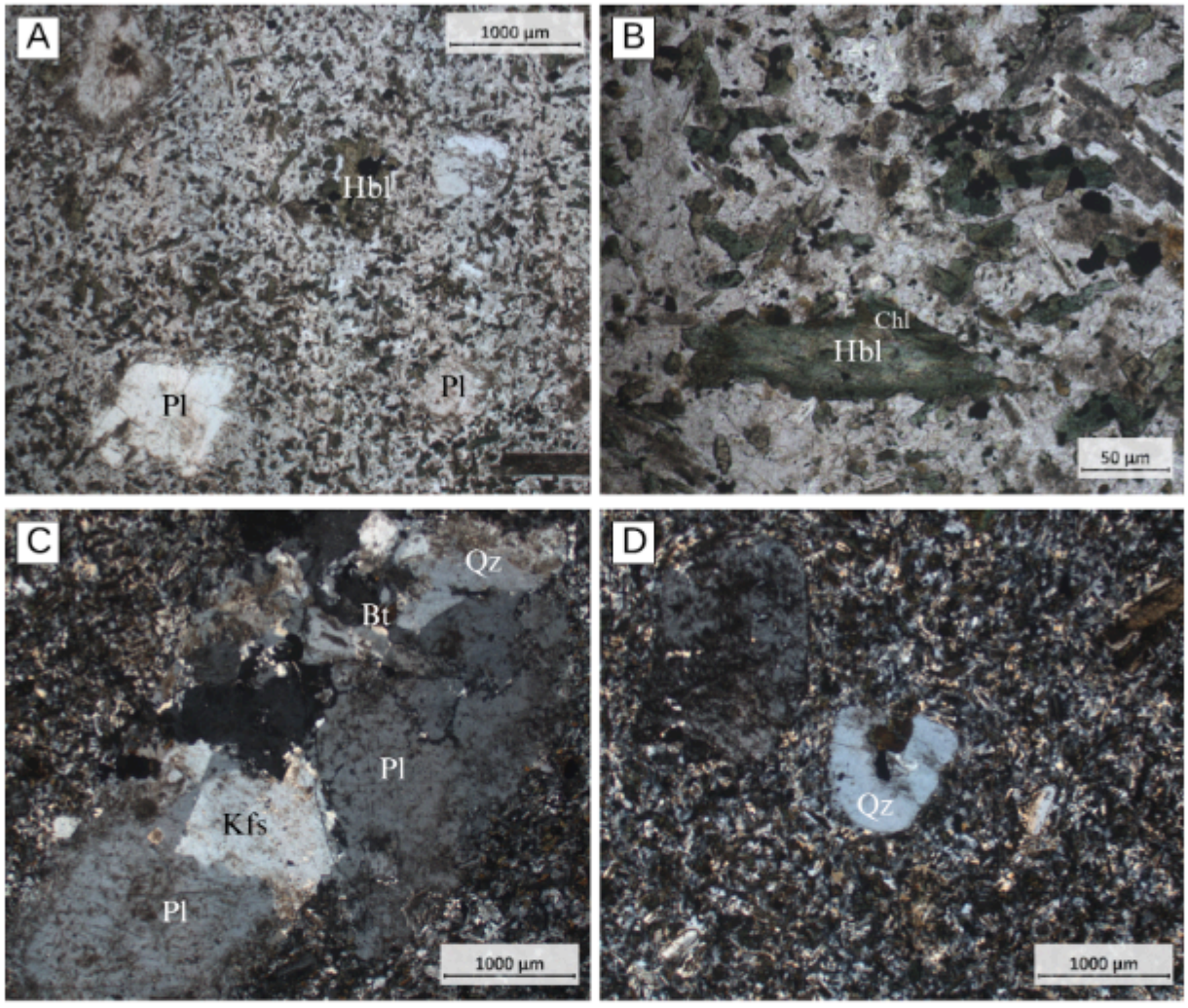


Figura 7.34: *Fotomicrografias da amostra TF23-V-P138B: (A) Xenocristais de quartzo e plagioclásio e fenocristal de hornblenda em matriz predominada por plagioclásio e hornblenda. Os xenocristais apresentam bordas reabsorvidas. (B) Cristal de hornblenda exibindo alteração para clorita em suas bordas. (C) Porção das fácies graníticas, composta de plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e biotita. (D) Xenocristal de quartzo, exibindo engolfamento.*

Na Área V, foram observadas evidências de mistura magmática *mixing-mingling*, sendo possível observar em escala de campo a presença de *mingling* (Fig. 7.35), que geraram dois extremos composicionais. Com o auxílio da petrografia das lâminas TF23-AV-P143 e TF23-AV-P138B, classificadas como quartzo-diorito, foi evidenciado o *mixing*, com a presença de híbridos composicionais a partir de dois *end members*, que são a litofácies granítica e a litofácies diorítica. Logo, as rochas classificadas como quartzo-dioritos, com evidências de mistura de magmas, como xenocristais, engolfamento e porções félsicas, representam esta fácies de mistura. Ocorrem poucos afloramentos na Área V, geralmente em forma de blocos *in situ*.

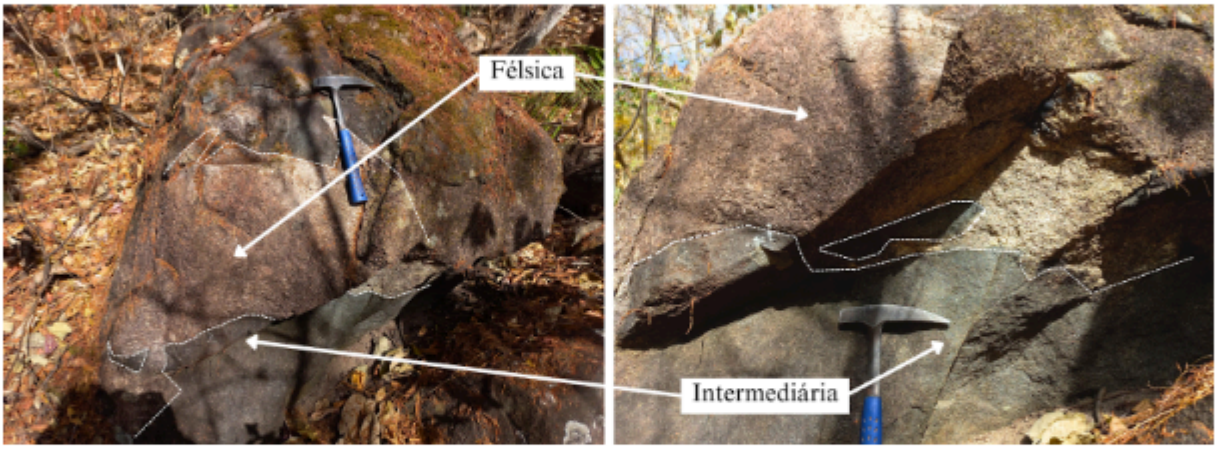


Figura 7.35: *Feições de mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran. (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S). Nota-se a inclusão da fácies intermediária na fácies máfica e vice-versa, o que é comumente observado durante este processo.*

7.5.3. Fácies Máficas

Diorito - NP3γsnird

Na Área V também foi observada uma litofácies diorítica pertencente à Unidade Granito Serra do Iran. Esta litofácies apresenta características de campo similares às fácies intermediárias, porém com auxílio da petrografia foi classificada como diorito, uma litofácies máfica.

A amostra TF23-V-P138 tem por mineralogia principal plagioclásio (34-38%), hornblenda (20-24%), piroxênio (~3,5%) e quartzo (~1%). Os minerais acessórios encontrados foram apatita e opacos. Sericita também foi encontrado como mineral de alteração do plagioclásio, biotita como mineral de alteração da hornblenda (Fig. 7.36A e D) e clorita como mineral de alteração da biotita.

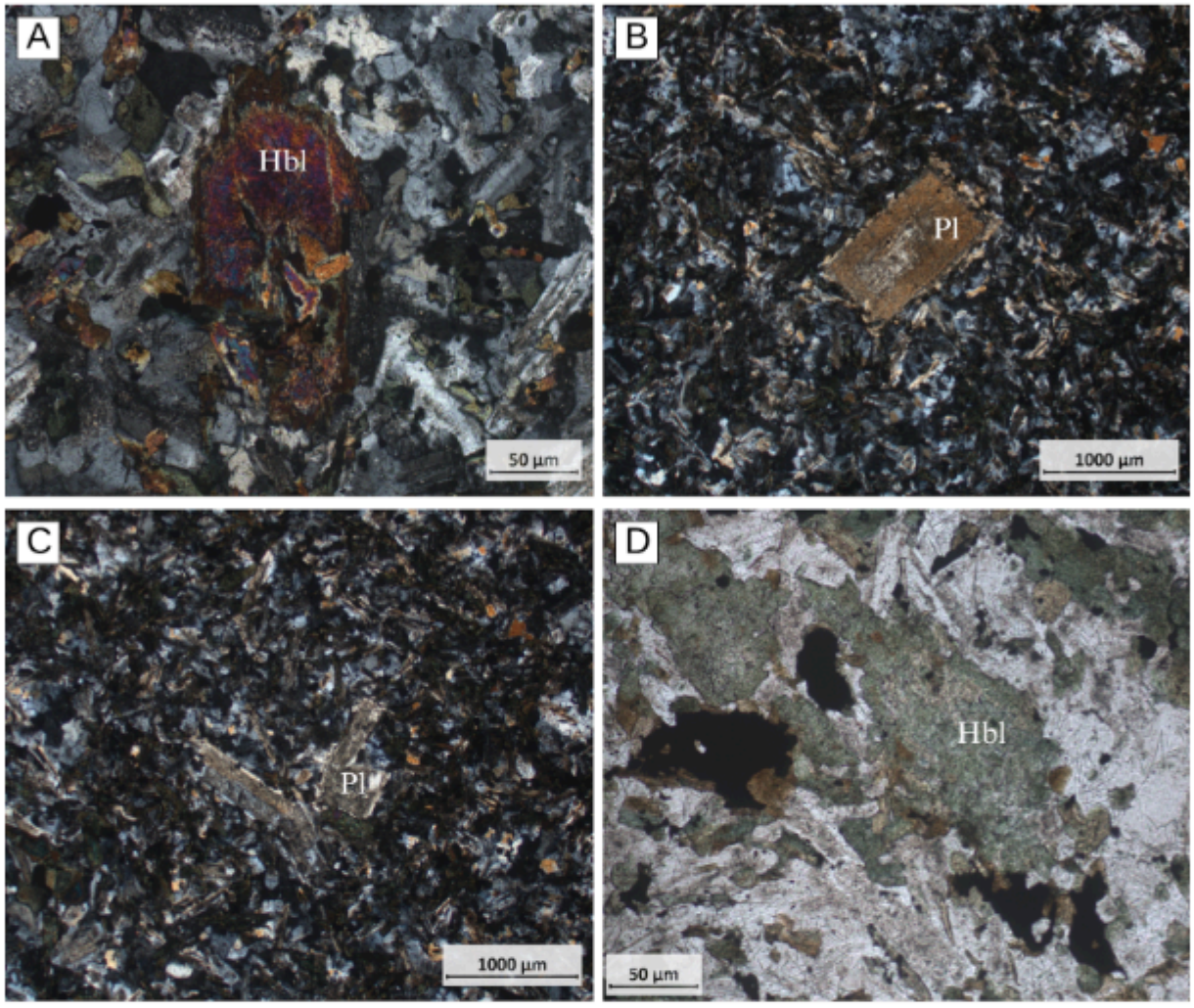


Figura 7.36: *Fotomicrografias da amostra TF23-V-P138: (A) Cristal de hornblenda apresentando cores de interferência anômalas, indicando alteração para biotita. (B) e (C) Fenocristais de plagioclásio saussuritizado na matriz da rocha, que é composta predominantemente de hornblenda e plagioclásio. (D) Fenocristal de hornblenda exibindo alteração para biotita. São observados também opacos, que geralmente se encontram associados a biotita. Imagem a polarizador paralelo.*

O plagioclásio, classificado como andesina (An_{45}), ocorre como cristais subhedrais de granulação densa a fina entre 0,04 a 0,8 mm, com maclas polissintéticas e muitas vezes são saussuritizados e/ou sericitizados (Fig. 7.36C e D), muito abundantes na matriz. Também aparecem como fenocristais de granulação média (cerca de 2 mm). Os cristais de hornblenda são abundantes na rocha, com variação de granulação de densa a fenocristais (de 0,04 a 2 mm). É comum observar biotita se formando a partir da alteração da hornblenda. Os cristais subhedrais de piroxênio estão muito alterados e na maior parte das vezes, encontram-se totalmente alterados para hornblenda. O quartzo aparece em pequena quantidade, de forma intersticial na matriz.

7.6. PROVÍNCIA ALCALINA DE GOIÁS - JKλias

Na Área V, afloram diversas intrusões como diques e *sills* alcalinos. Sua ocorrência na Área V é dispersa mas com maior concentração na porção leste da área. Os diques se apresentam como blocos centimétricos *in situ* normalmente alinhados com direção NE-SW, em afloramentos de dimensões métricas (Fig. 7.37 A e B).

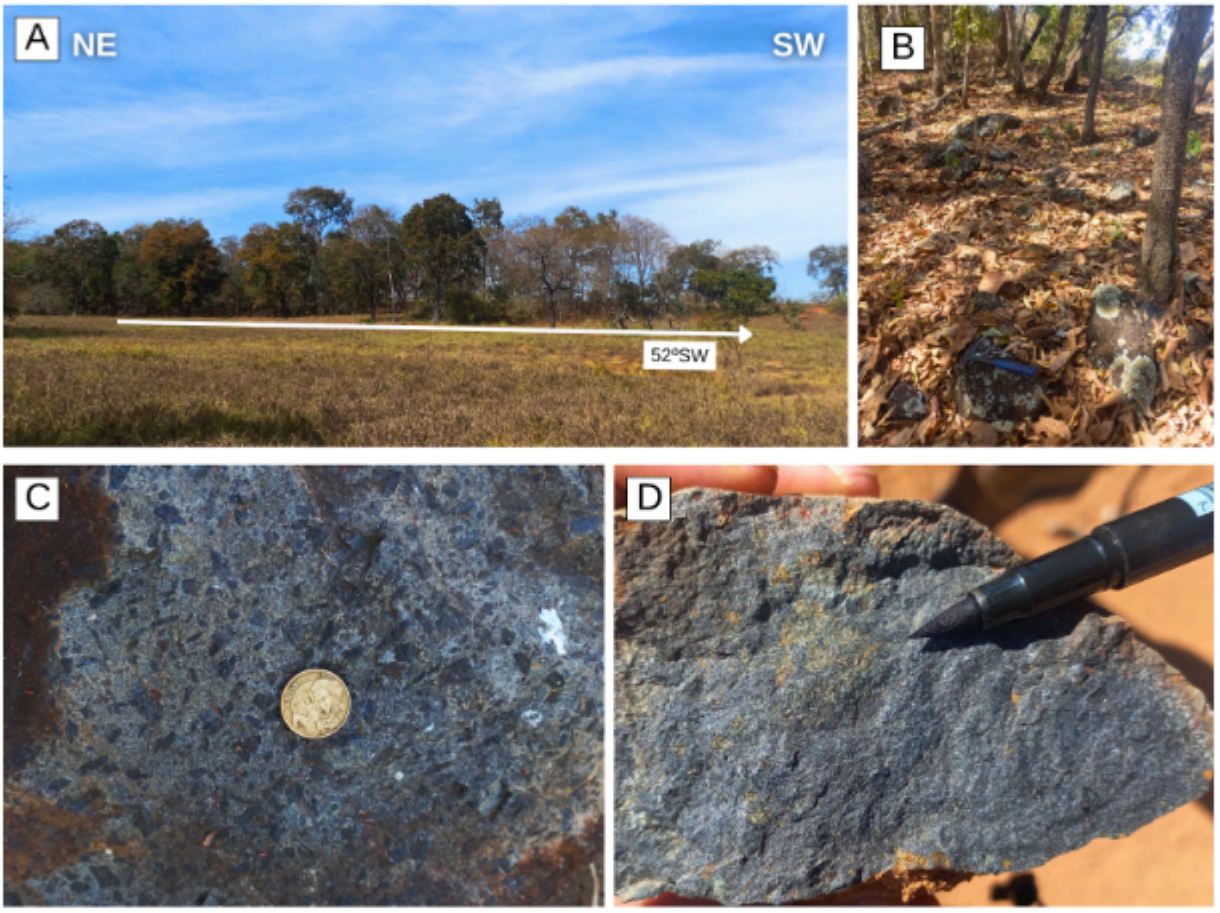


Figura 7.37: *(A) Visão panorâmica do afloramento de blocos métricos in situ de dique alcalinos de direção 52°SW. (TF23-AV-P178, coordenadas: 431339E 8185101S). (B) Blocos in situ de dimensão métrica de rochas alcalinas. (TF23-AV-P178, coordenadas: 431339E 8185101S). (C) Amostra coletada em campo porfirítica de rocha alcalina. (TF23-AV-P147, coordenadas:432794E 8186835S). (D) Amostra coletada em campo afanítica de rocha alcalina. (TF23-AV-P92, coordenadas: 429988E 8188696S).*

Se tratam de rochas vulcânicas, máficas, hipocristalinas, subfaneríticas a afaníticas, inequigranulares a equigranulares, melanocráticas, com forte magnetismo. Na Área V, foi possível identificar e separar essas rochas, a partir da granulação e grau de visibilidade, em afanítica e porfirítica.

Tanto as amostras afaníticas quanto as porfiríticas apresentam composição mineralógica similar, constituída principalmente por clinopiroxênio (Fig. 7.37 A e B).

A partir da análise petrográfica da lâmina ARE31B, que representa as rochas vulcânicas porfiríticas, a rocha foi classificada como basanito. Trata-se de uma rocha porfirítica com matriz afanítica, hipocristalina, com granulação variando entre densa a grossa, caracterizando o tamanho relativo inequigranular e forma geométrica automórfica (Fig 7.38 A). A mineralogia principal é composta por titano-augita (40-42%), olivina (20-23%) e nefelina (15-20%). Plagioclásio (~7%) e minerais opacos (~2%) ocorrem como minerais acessórios.

Os fenocristais de titano-augita ocorrem como cristais prismáticos, subédricos a arredondados curtos variando de 0,5 a 9 mm de comprimento e fraturados. Ocorrem isolados ou aglomerados, são geminados e zonados. Os fenocristais de nefelina são subhedrais, muitas vezes alterados e fraturados. A olivina também ocorre como fenocristais na rocha, muito fraturada e exibindo alteração deutérica conhecida como "iddingsita"(Fig. 7.38 B). O plagioclásio compõe a matriz densa da rocha, com cristais euhedrais de granulação fina a densa. Não foi possível determinar o teor de anortita. Os opacos estão presentes na matriz, possuindo granulação densa.

A partir da descrição da lâmina correspondente ao ponto I-P13(9), representativa das vulcânicas afaníticas, a rocha foi classificada com basanito. É uma rocha hipocristalina, com granulação variando de fina a média e textura subofítica (Fig. 7.38 C e D). A mineralogia principal é composta de plagioclásio (40-45 %), titano-augita (30-35%) e olivina (20-25%). E minerais opacos (~7%) como mineral acessório.

O plagioclásio (An_{40}) possui hábito subhedral com geminação polissintética e sem pleocroísmo. O piroxênio, identificado como titano-augita, aparece como cristais subhedrais muito fraturados, de cor rosada e levemente pleocróico. A olivina possui hábito euhedral, incolor, com cores de interferência altas e alteração do tipo "iddingsita". Os minerais opacos possuem hábitos granulares e foram interpretados como magnetita, uma vez que a rocha apresenta forte magnetismo.

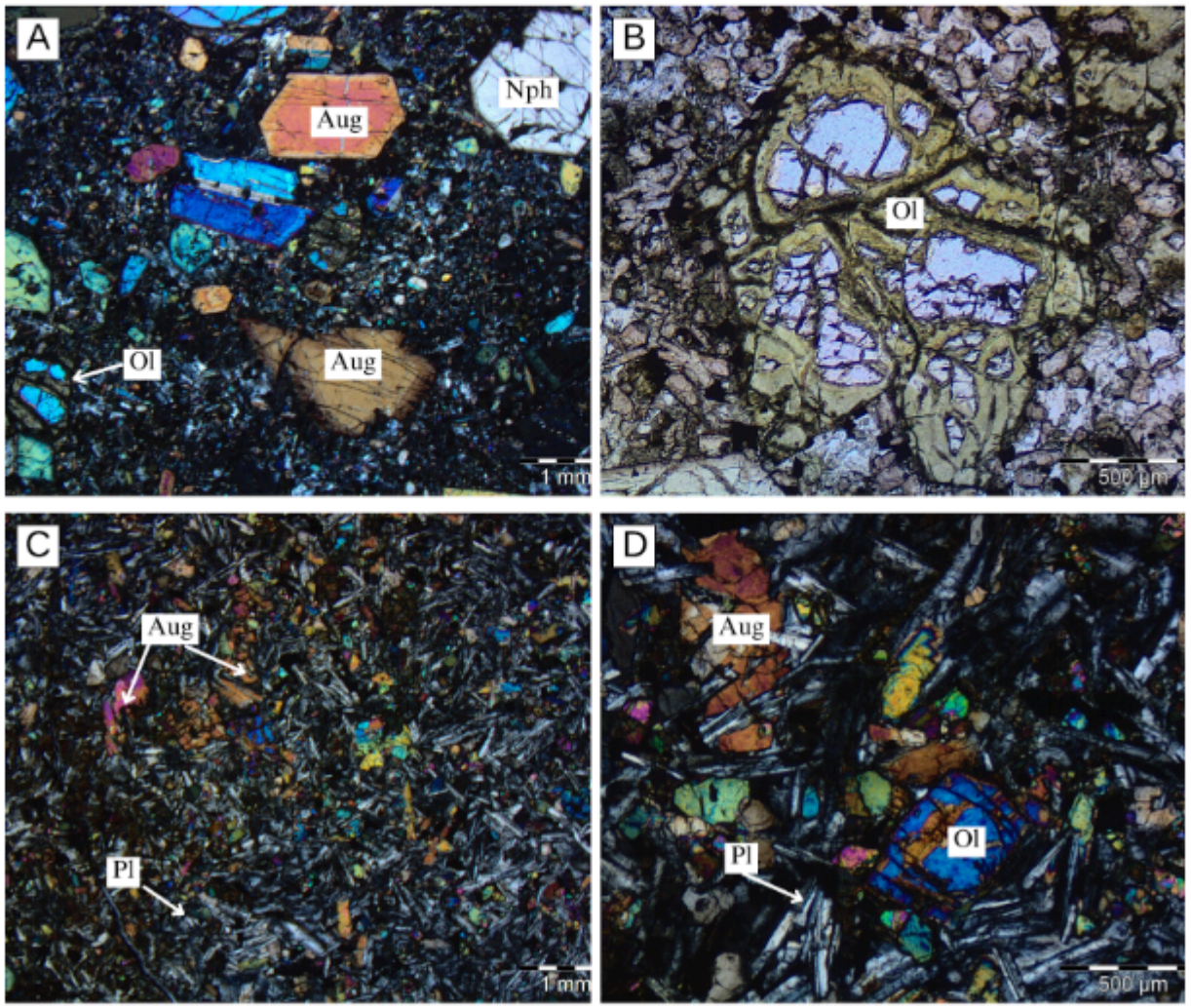


Figura 7.38: *Fotomicrografias da amostra ARE 31B: (A) Aspecto geral da lâmina, onde é possível observar fenocristais de titano-augita, olivina e nefelina numa matriz composta principalmente de plagioclásio e opacos. (B) Fenocristal de olivina apresentando alteração conhecida como "iddingsita". Fotomicrografias da amostra I-P13(9): (C) Textura subofítica da lâmina entre os cristais de titano-augita e plagioclásio (D) Detalhe da textura principal da lâmina, com cristais de titano-augita, olivina e plagioclásio.*

8. GEOLOGIA ESTRUTURAL

O propósito deste capítulo é fornecer uma apresentação e explicação dos domínios estruturais identificados no âmbito do Projeto Arenópolis. Esses domínios foram delineados de forma abrangente, tomando como referência a análise dos dados estruturais obtidos no campo, além da sua correlação com as estruturas identificadas nos produtos resultantes das pesquisas aerogeofísicas e de sensoriamento remoto.

.

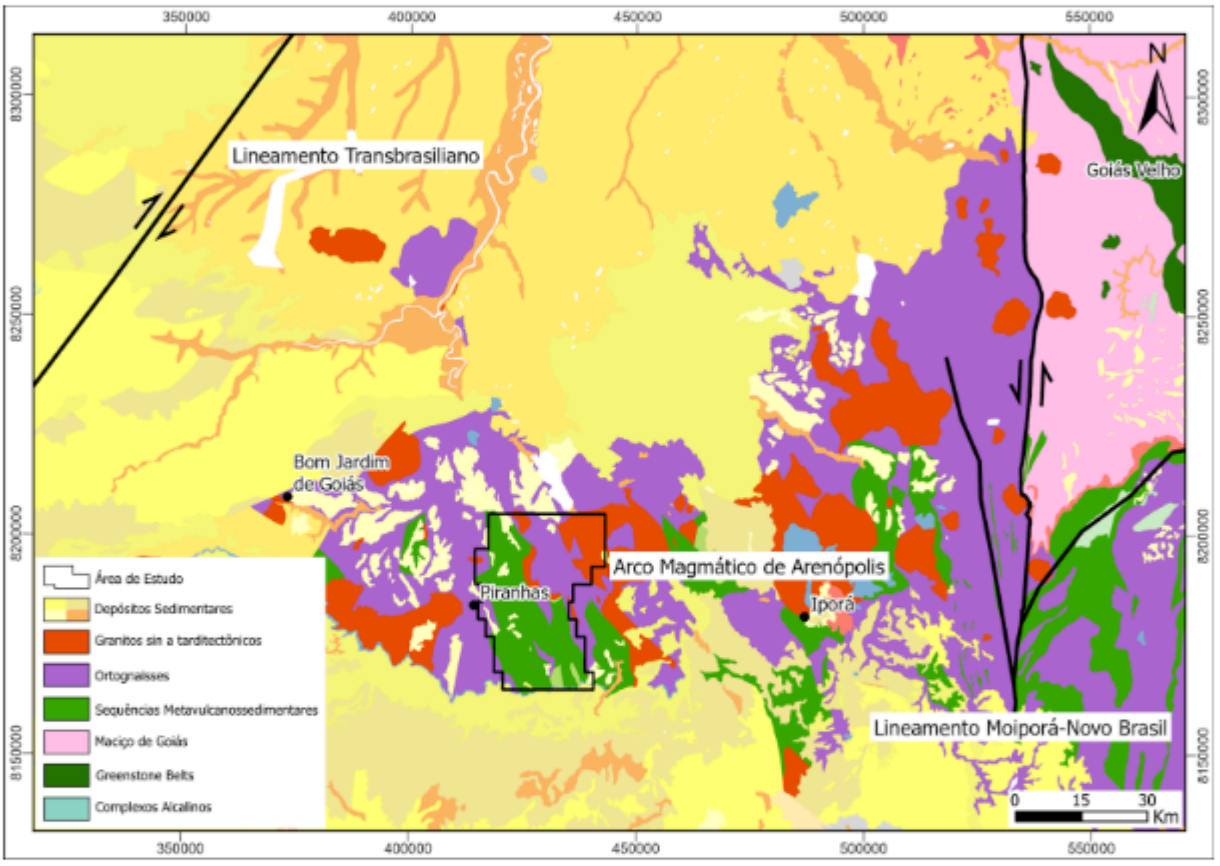


Figura 8.1: *Mapa geológico simplificado do oeste do Goiás evidenciando os principais lineamentos regionais. Modificado a partir de CPRM.*

8.1. DOMÍNIOS ESTRUTURAIS DO PROJETO ARENÓPOLIS

O Projeto Arenópolis insere-se no segmento sul da porção ocidental da Faixa Brasília (FB). As principais estruturas regionais que controlam a atual estruturação da área são o Lineamento Transbrasiliano (LTB) a oeste e o Lineamento Moiporá-Novo Brasil (LMNB) (Fig. 8.1). Na área do projeto, as definições dos domínios estruturais (Fig. 8.4) basearam-se em critérios tipológicos, espaciais e geométricos relativos às estruturas descritas. Os

parâmetros incluíram a orientação preferencial das estruturas planares e lineares observadas,e correlacionados aos aspectos geofísicos e de sensoriamento remoto.

Os domínios estabelecidos incluem: 1) Piranhas, localizado no extremo oeste do projeto (áreas III a X); 2) Caiapônia , predominante no Projeto (todas as áreas); 3) Arenópolis, ocorrendo na porção central do domínio Caiapônia com geometria sigmoidal sinistral e a na porção nordeste (áreas I a VI). A seguir, serão detalhadas as características descritivas regionais de cada um dos domínios.

8.1.1. Domínio Piranhas

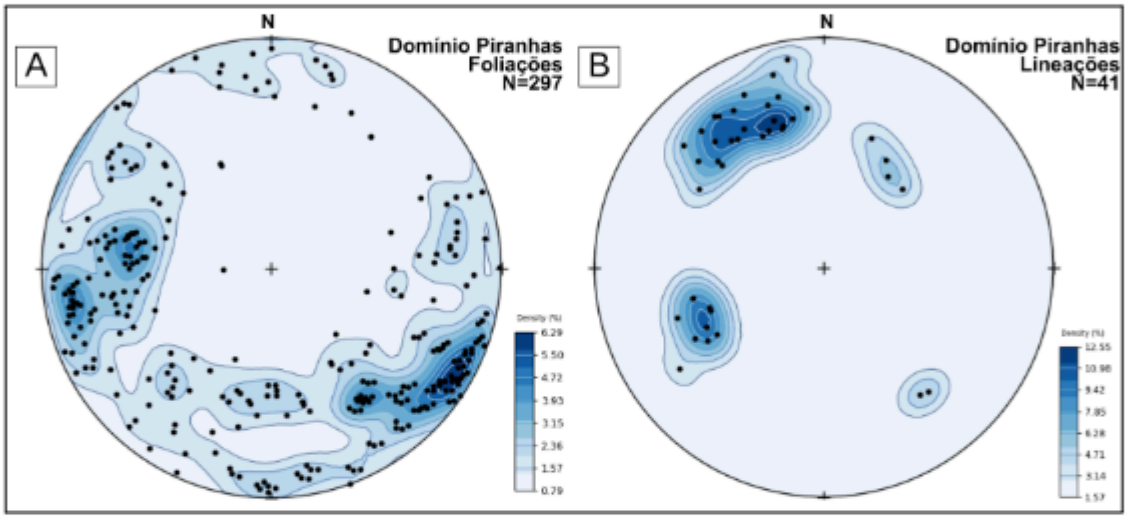


Figura 8.2.: *Estereogramas associados ao Domínio Piranhas. (A) Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, evidenciando padrões heterogêneos. (B) Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho principal para NW.*

O Domínio Piranhas está situado no ponto mais ocidental do Projeto Arenópolis, este domínio é demarcado a leste pela Zona de Cisalhamento Piranhas (ZCP) no contato com o Domínio Arenópolis. O Domínio é composto unicamente pelas rochas do Granito Ribeirão Água Limpa. Uma vez que este Domínio apresenta apenas uma litologia, foram utilizados métodos geofísicos para refinar sua subdivisão, em especial o produto de Contagem Total e o RGB da gamaespectrometria.

Este domínio é caracterizado por padrão heterogêneo na distribuição das estruturas planares, com predominância de foliação (Fig. 8.2 A) de direção preferencial NE-SW, com mergulhos variando de 60° a 80° para SE e para SW. As lineações associadas com ZCP denotam de baixo a médio ângulo de mergulho para NW e SW (Fig. 8.2 B).

8.1.2. Domínio Caiapônia

O Domínio Caiapônia ocorre de maneira predominante ao longo da área do projeto, englobando as rochas do Gnaisse Ribeirão, das Unidades Córrego do Santo Antonio e Córrego da Onça da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, do Granito Serra do Tatu, do Gnaisse Arenopolis e do Gabro Morro do Baú. Por apresentar diferentes litologias, o que dificulta a delimitação a partir de métodos geofísicos, este Domínio foi subdividido a partir das diferentes medidas de foliação e lineação coletadas em campo pelos membros do projeto. Este domínio é delimitado pela Zona de Cisalhamento Piranhas (ZCP) a oeste e a leste pela Zona de Cisalhamento Córrego da Areia (ZCCA). Em meio ao Domínio, encontra-se a Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR), que ora marca a mudança de domínio e limitação com o Domínio Arenópolis.

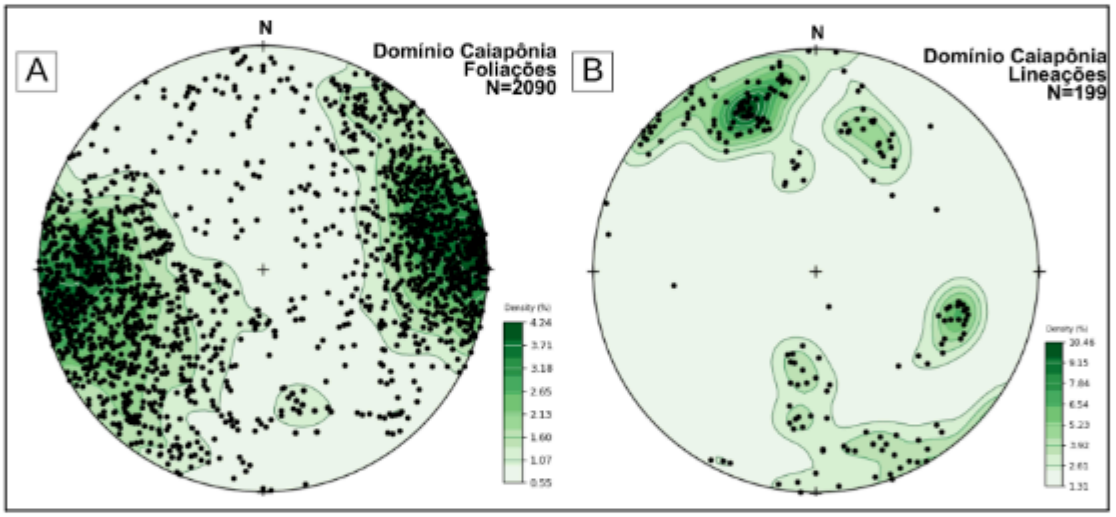


Figura 8.3: *Estereogramas associados ao Domínio Caiapônia. (A) Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, destacando a direção preferencial NW-SW. (B) Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho de baixo a médio ângulo de mergulho com direção predominante para NW, NE e SE.*

As foliações do Domínio Caiapônia são de naturezas diversas, marcadas por foliação milonítica, xistosidade e bandamento composicional. A foliação (Fig. 8.3 A) apresenta um padrão anastomosado, com direção predominante NW-SE com mergulho de médio ângulo a subvertical, podendo variar de 40° a 85° com sentido para NE e SW. As lineações (Fig. 8.3 B) são lineações de estiramento associadas com a ZCR e denotam um baixo a médio ângulo de mergulho com direção para NW, NE e SE.

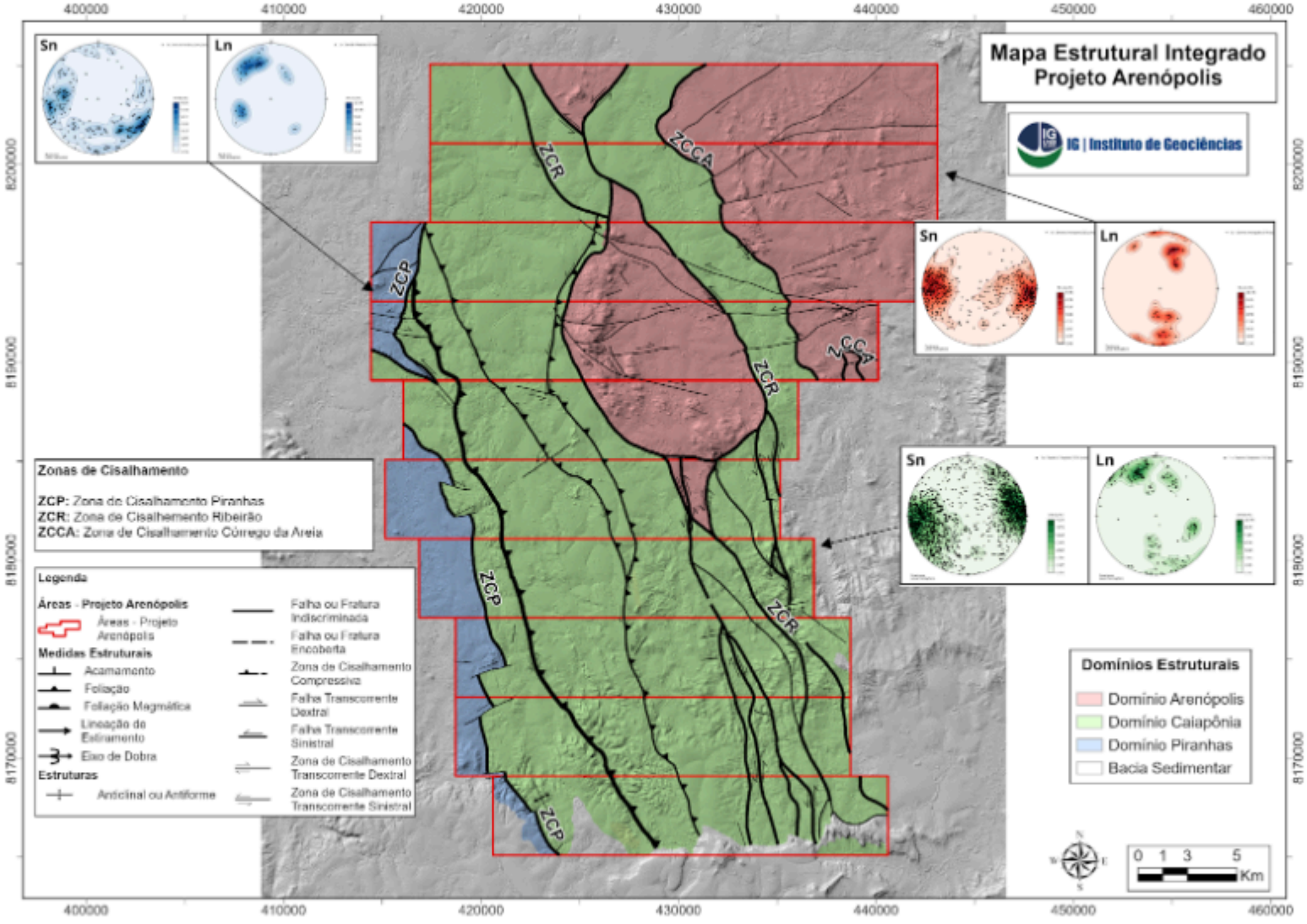


Figura 8.4: *Mapa Estrutural Integrado do Projeto Arenópolis, evidenciando os domínios estruturais definidos para a região com as principais zonas de cisalhamento (Z.C.)*

8.1.3. Domínio Arenópolis

O Domínio Arenópolis situa-se ao centro e extremo nordeste da área do projeto, abrangendo as rochas intrusivas do tardi-tectônica Granito Serra do Iran e Granito Caiapó, além de parte por rochas calcissilicáticas da Unidade Córrego da Onça. Domínio é limitado pelas Zonas de Cisalhamento Ribeirão (ZCR) e Córrego de Areia (ZCCA). Sua subdivisão teve auxílio da utilização do método de gamaespectrometria, principalmente o produto de Contagem Total e RGB, uma vez que o Domínio apresenta concordância entre as litologias inclusas. Este Domínio ocorre em duas porções na área do projeto: 1) no centro da área do projeto, limitado pela ZCR, o Domínio possui forma sigmoidal sinistral que engloba o corpo intrusivo do Granito Serra do Iran e as rochas calcissilicáticas. As bordas deste granito exibem leve deformação e fraturamento, enquanto que seu centro permanece preservado e isotrópico. 2) na região nordeste do projeto, o domínio engloba o corpo intrusivo Granito rio Caiapó. Por vezes as rochas desta porção apresentam foliação bem definida influenciada pela ZCCA.

As foliações (Fig. 8.5 A) do Domínio Arenópolis têm direção NNE-SSW e N-S com mergulho moderado a alto com sentido para E e W. Já as lineações (Fig. 8.5 B) possuem baixo a moderado ângulo de mergulho com direção para N-S.

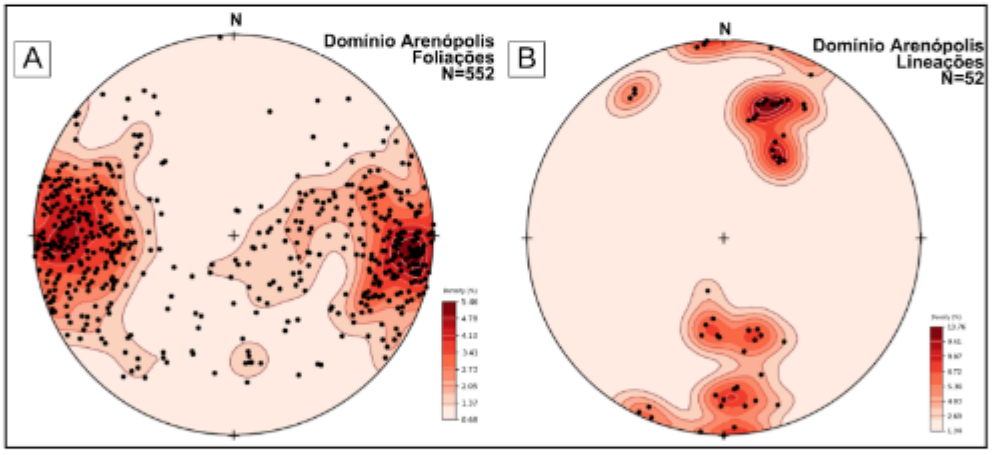


Figura 8.5: *Estereogramas associados ao Domínio Arenópolis. (A) Contornos de densidade relativos aos polos das foliações, destacando a direção preferencial NNW-SSW. (B) Representação das medidas de lineação, destacando o domínio de mergulho de baixo a médio ângulo de mergulho com direção predominante para NW, NE e SE.*

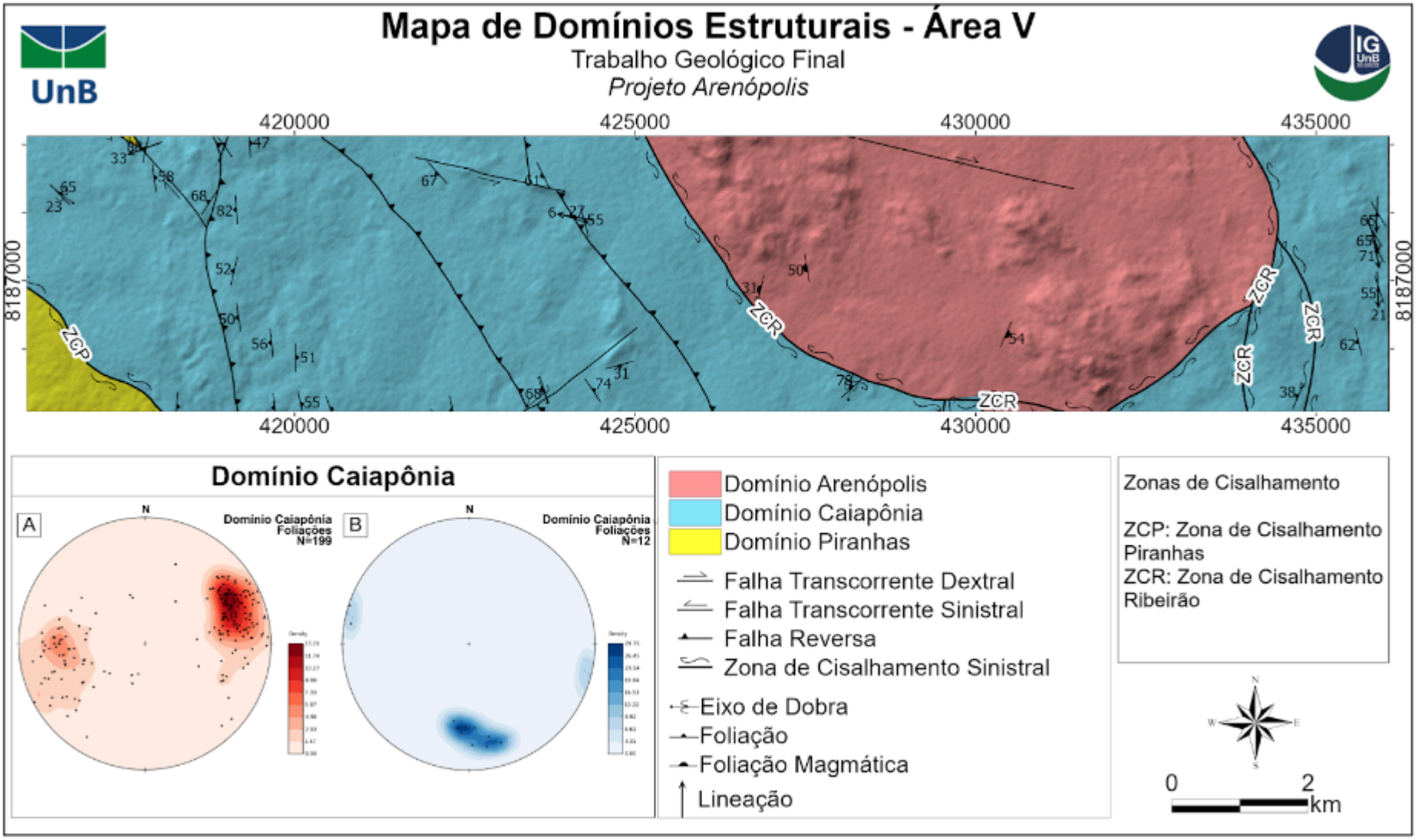


Figura 8.6: *Mapa de domínios estruturais da área V.*

8.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL LOCAL - ÁREA V

A Área V está compreendida nos domínios Piranhas, Caiapônia e Arenópolis (Fig. 8.6). Grande parte da Área encontra-se sobre o Caiapônia que evidencia uma direção preferencial NNW-SSE para elementos da trama dúctil. Ao centro da Área V, encontra-se o Domínio Arenópolis, caracterizado pela intrusão do Granito Serra do Iran com bordas levemente deformadas e centro mais isotrópico. A porção sudoeste da Área compreende o domínio Piranhas, demarcado pela ZCP.

As estruturas geológicas encontradas na Área V podem ser distribuídas em elementos de trama dúctil e elementos de trama rúptil. Podem ser classificados como elementos de trama dúctil a foliação regional, as crenulações, as dobras e as zonas de cisalhamento. Enquanto que fraturas e falhas podem ser enquadradas como elementos de trama rúptil.

8.2.1. Elementos de Trama Dúctil

Os principais elementos de trama dúctil encontrados na Área V são a foliação regional, lineação, clivagem de crenulação, dobras e zona de cisalhamento.

Foliação

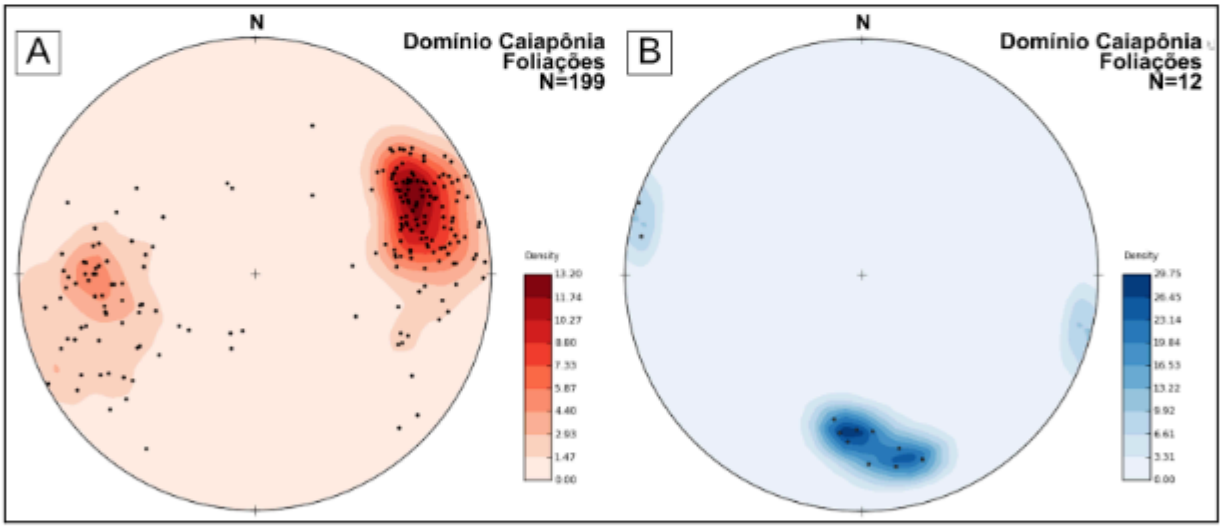


Figura 8.7: *Estereogramas referentes ao Domínio Caiapônia na Área V.* ***(A)*** *Estereograma de densidade de pólos de foliação mergulhando 10 a 80° para SW.* ***(B)*** *Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de 10 a 80 para S.*

No domínio Caiapônia, a foliação espaçada se apresenta como a principal estrutura planar na Área V, com direção preferencial NNW-SSW (Fig. 8.7). Se desenvolve principalmente nas rochas da SMVS Arenópolis-Piranhas, como nos xistos ultramáficos,

xistos metassedimentares e anfibolitos, nos gnaisses Ribeirão, Arenópolis e no granito Serra do Tatu.

Na Área V essa foliação geralmente apresenta alto ângulo de mergulho (mergulho médio entre 60 e 70°) com sentido de mergulho principal para SW e um sentido menos predominante para NE. Ocasionalmente, essas estruturas de foliação podem apresentar um padrão anastomosado. Nos estereogramas abaixo pode-se observar os principais sentidos de foliação (Fig. 8.8 A) e lineação (Fig. 8.8 B), referente ao domínio.

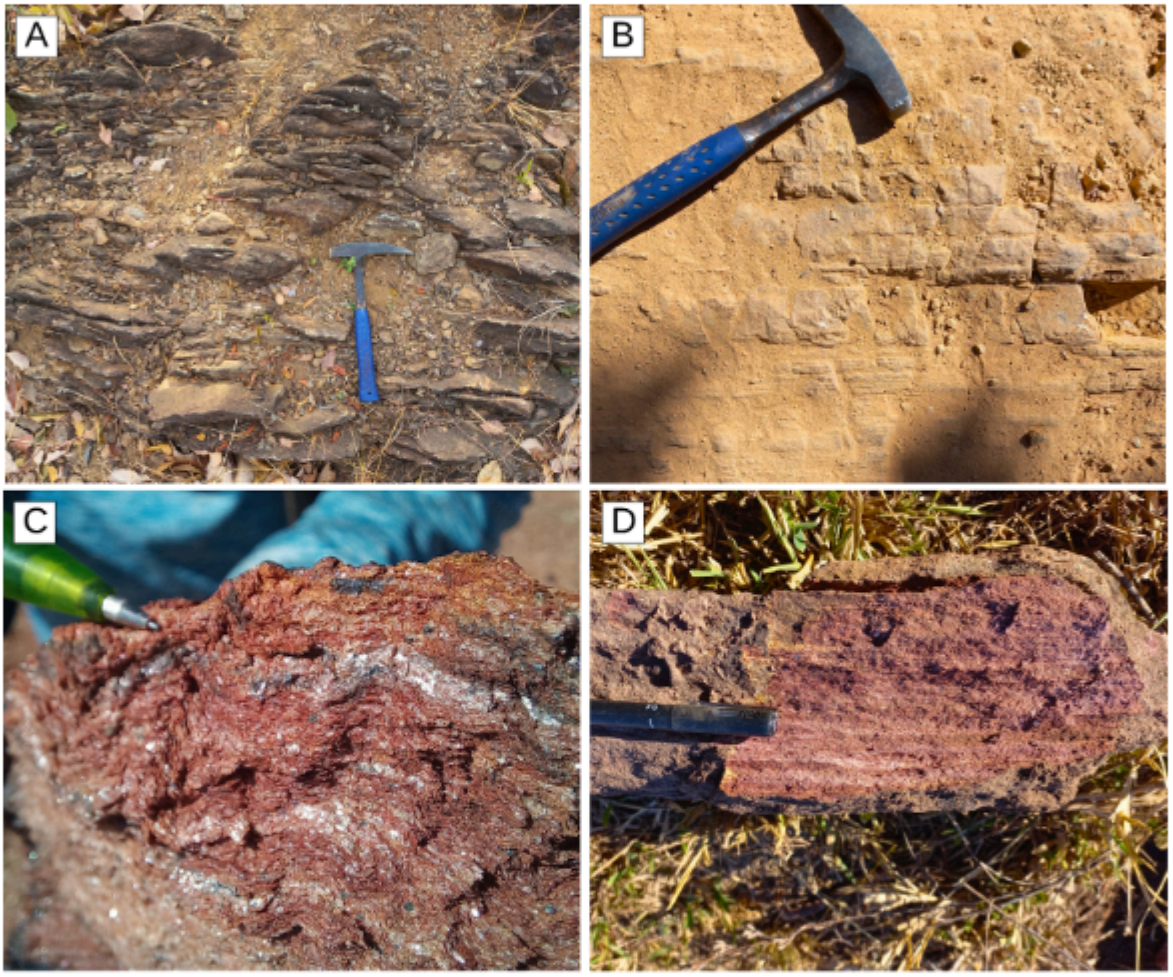


Figura 8.8: *Diferentes tipos de foliações encontradas no Domínio Caiapônia.* ***(A)*** *Foliação em xistos ultramáficos da Unidade CSA (TF23-V-P42, coordenada: 418949E 8189041S).* ***(B)*** *Foliação em xistos metassedimentares da Unidade CSA. (TF23-V-P44, coordenada:419529E 8189016S).* ***(C)*** *Foliação evidenciando a Clivagem de Crenulação nos xistos metassedimentares, Unidade CSA. (TF23-V-P44, coordenada:419529E 8189016S).* ***(D)*** *Foliação em xistos metassedimentares da Unidade CSA, com bandas centimétricas ricas em quartzo.*

Nos xistos metaultramáficos e metassedimentares (Fig. 8.8 A, B e D) da Unidade Córrego do Santo Antônio, pertencente ao Domínio Caiapônia, a foliação é definida por xistosidade, no qual a foliação é altamente penetrativa, com domínio contínuo a espaçado,

frequentemente anastomosada e caracterizada pela orientação dos minerais filossilicatos como muscovita, biotita e clorita, e em alguns casos silimanita, que determinam o plano da foliação. Em alguns domínios, de forma localizada, foi observada, associada com os xistos metassedimentares da Unidade Córrego do Santo Antônio, clivagem de crenulação (Fig. 8.8 C).

Nos ortognaisses das unidades Gnaisse Arenópolis e Granito Serra do Tatu, pertencentes ao domínio Caiapônia, a foliação é definida por bandamento gnáissico (Fig. 8.9 A e B) de dimensão milimétrica a centimétrica, caracterizada pela presença de bandas de segregação composicional. Tal bandamento é composto por bandas de composição félsica (quartzo, feldspato potássico e plagioclásio) e bandas de composição máfica marcadas pela orientação de cristais de biotita e hornblenda, que definem o plano da foliação. A foliação milonítica também é visível em escala microscópica, sobretudo onde zonas de cisalhamento interceptam os ortognaisses graníticos. Há também presença de porfiroblastos rotacionados visíveis em escala mesoscóspica com dimensões centimétricas.

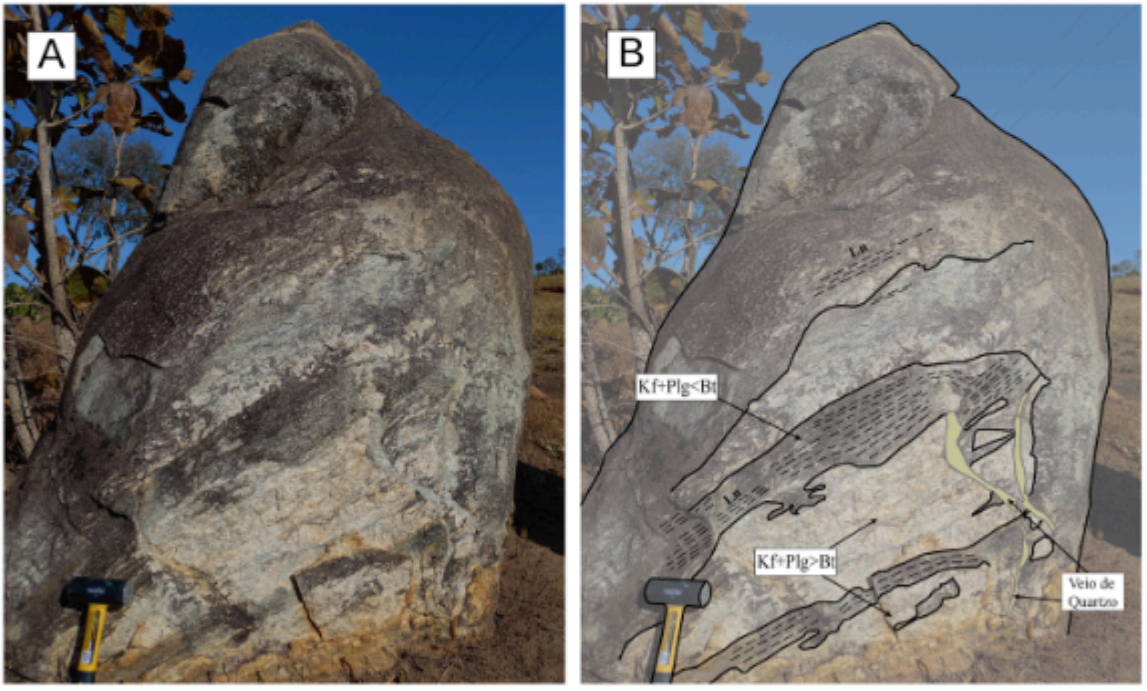


Figura 8.9: *Bandamento gnáissico no Gnaisse Arenópolis, Domínio Caiapônia. (TF23-V-P02, coordenada:435895E 8187968S).*

Quanto as lineações observadas na Área V, encontram-se principalmente lineação de estiramento. No Gnaisse Arenópolis, as lineações de estiramento desenvolvidas são as mais expressivas, com direção N-S de baixo ângulo com caimento para S (Fig. 8.9 B). Estão

associadas com a Zona de Cisalhamento Ribeirão e caracteriza-se pelo estiramento dos cristais de muscovita e biotita, bem como por cristais estirados de plagioclásio e quartzo.

Dobras

No Domínio Caiapônia, as dobras ocorrem principalmente associadas com zonas de cisalhamento em rochas da SMVS Arenópolis-Piranhas e no Gnaisse Arenópolis. São encontradas dobras assimétricas e dobras intrafoliais que ocorrem associadas a foliação milonítica.

Nas rochas da SMVS Arenópolis-Piranhas, as dobras estão associadas com o anfibolito da Unidade Córrego do Santo Antônio, próximo ao contato com o Granito Serra do Iran. No anfibolito, foi observada dobra assimétrica aberta (Fig. 8.11 A e B), de escala métrica, recumbente, na qual se observa eixo subhorizontal e foliação subvertical, como representado nos estereogramas abaixo (Fig. 8.10 A e B).

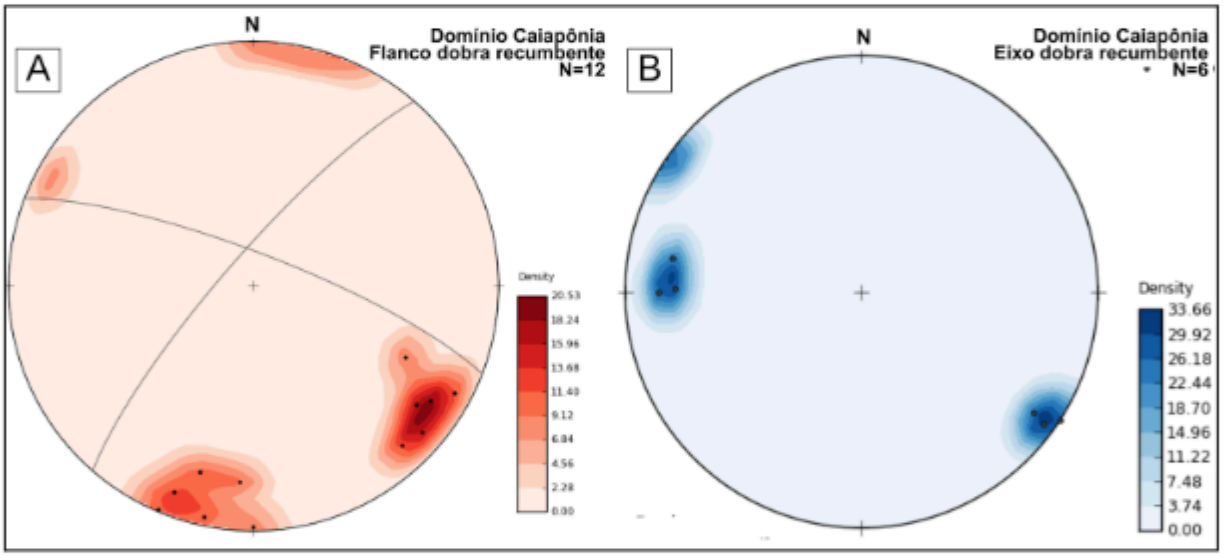


Figura 8.10: *Estereogramas referentes à dobra recumbente em anfibolito da Unidade Córrego do Santo Antônio, Domínio Caiapônia.* ***(A)*** *Estereograma com densidade de polos de flancos com foliação subvertical junto com os flancos médios.* ***(B)*** *Estereograma com a densidade das medidas do eixo, apresentando eixo subhorizontal.*

As dobras intrafoliais (Fig. 8.11 C e D) são caracterizadas por serem apertadas e possuem uma inclinação assimétrica, com superfícies axiais que são fracamente inclinadas a quase horizontais. Elas são relativamente pequenas, com dimensões na ordem de decímetros e são claramente visíveis devido à presença de camadas ricas em minerais félsicos (plagioclásio e felspato potássico) no ortognaisse do Arenópolis.

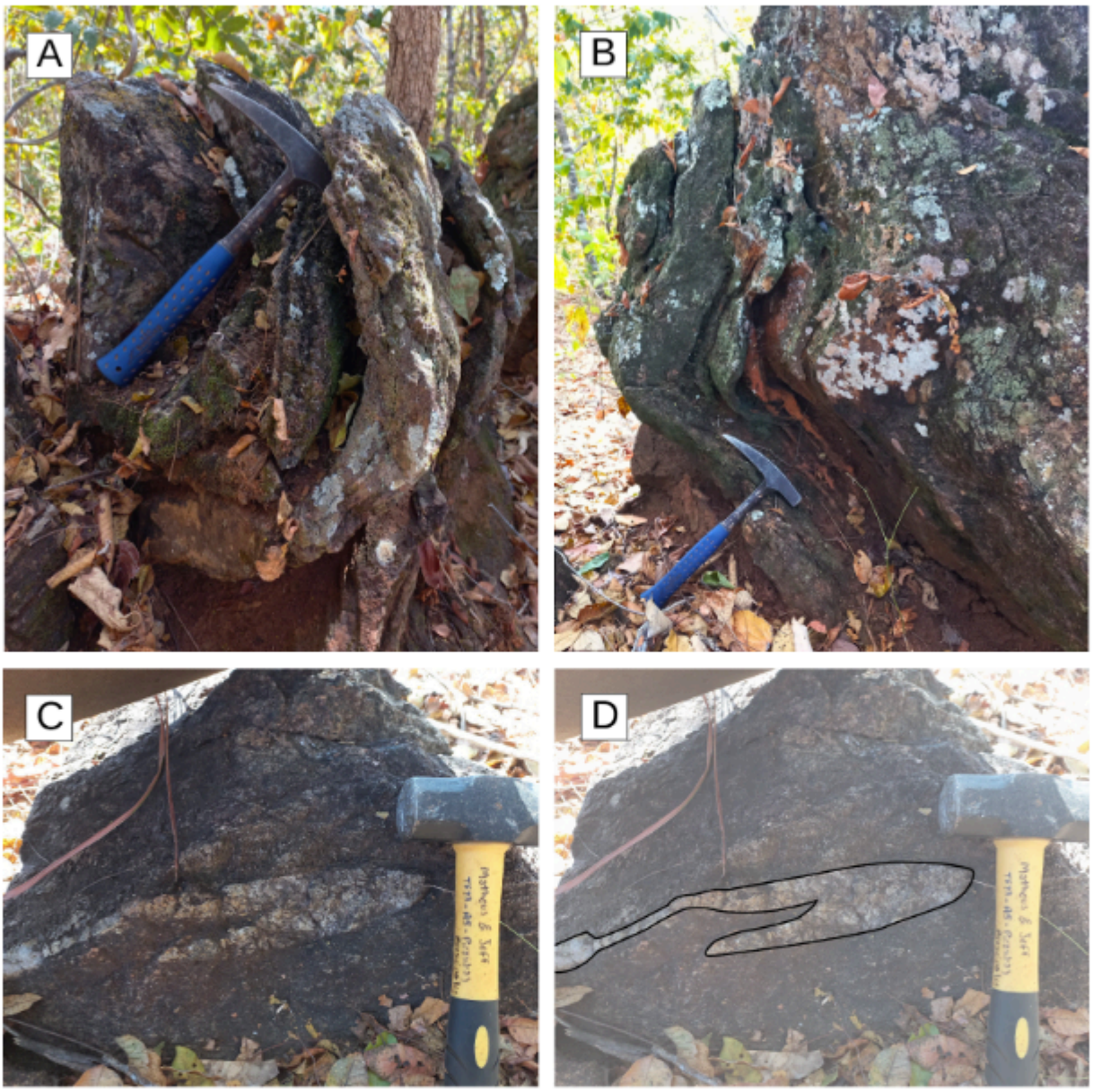


Figura 8.11: *Diferentes tipos de dobras encontradas no Domínio II.* ***(A)*** *e* ***(B)*** *Dobra recumbente em anfibolito da Unidade CSA. (TF23-V-P101, coordenada: 428164E 8185441S).* ***(C)*** *e* ***(D)*** *Dobra intrafolial, na Unidade Gnaisse Arenópolis. (TF23-V-P80, coordenada:435649E 8186323S) .*

Zonas de Cisalhamento

Foram observadas, principalmente nos domínios Caiapônia e Arenópolis, zonas de cisalhamento dúcteis e contatos cisalhantes.

A Zona de Cisalhamento Ribeirão é a mais representativa na Área V, com uma orientação preferencial NW-SE, *trend* principal N-S muito bem marcada na Área V, mergulho de alto ângulo e com uma forma anastomosada. Sua direção principal de lineação é para SE e tem como característica principal marcar quase todos os contatos litológicos das unidades

presentes no domínio onde esta intercepta, como os contatos do Granito Serra do Iran com as unidades adjacentes.

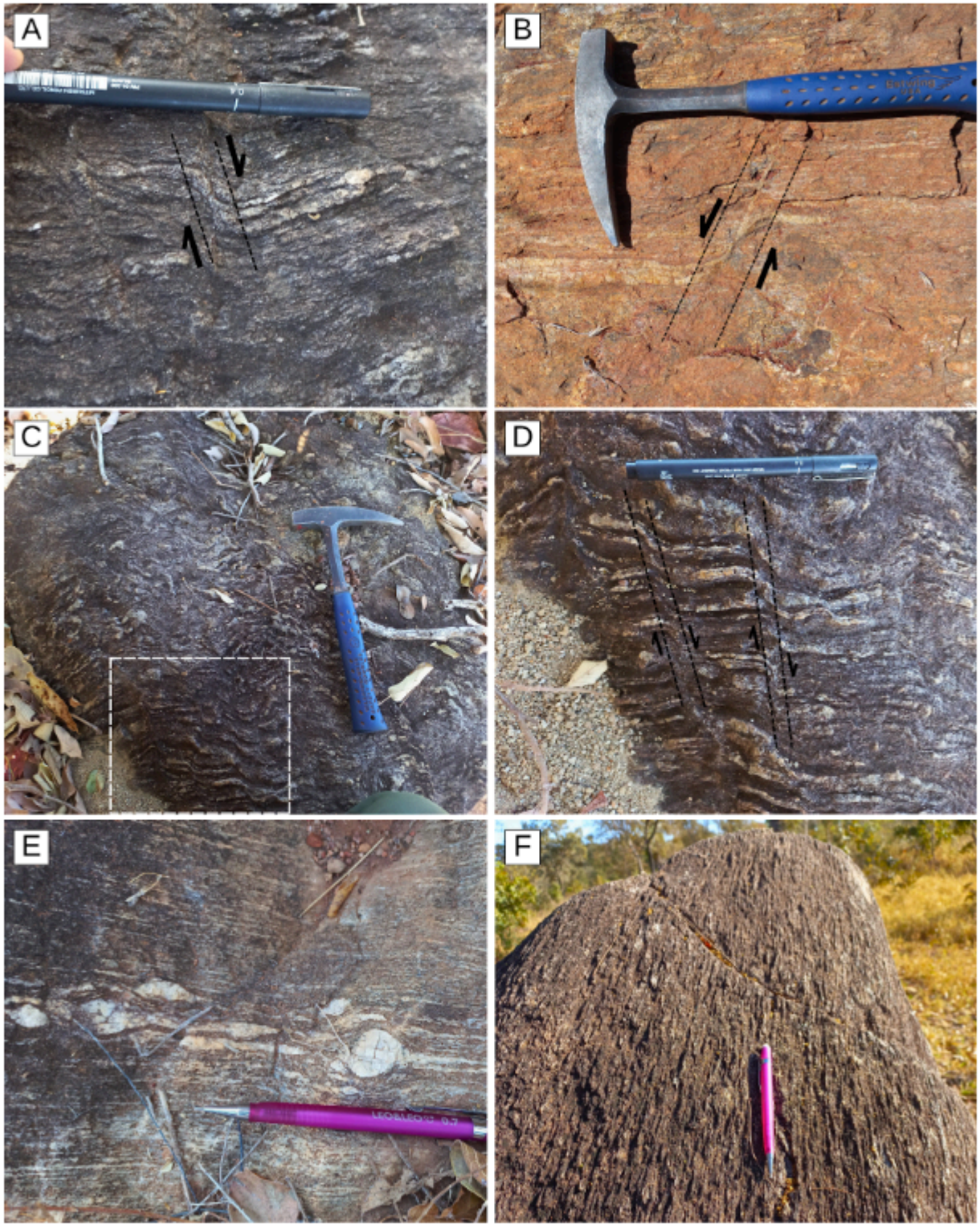


Figura 8.12: *Estruturas e texturas associadas com a Zona de Cisalhamento Ribeirão:* ***(A) e (B)*** *Planos de cisalhamento na litofácies calcissilicatica da Unidade CO pontos TF23-V-P134 e TF23-V-P173 respectivamente.* ***(C) e (D)*** *Bandas félsicas orientadas paralelas à foliação na litofácies calcissilicatica da Unidade Córrego da Onça, ponto TF23-V-P134.* ***(E)*** *Foliação milonítica com porfiroblastos de quartzo no Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P76.* ***(F)*** *Lineação de estiramento em milonitos do Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P74.*

Esta zona de cisalhamento apresenta características que estão presentes em todos os níveis de observação, abrangendo desde observações microscópicas, escala mesoscópica (Fig. 8.12) até uma perspectiva de escala regional.

Trata-se de uma zona de extensão quilométrica, que tem desenvolvimento para muito além da Área V, com largura métrica, marcada pela foliação milonítica bem desenvolvida com espaçamento milimétrico, muitas vezes apresentando feições miloníticas típicas como a presença de *mica fish*, porfiroblastos de quartzo rotacionados (Fig. 8.12 E), complexos grão-cauda e bandas orientadas paralelas à foliação (Fig. 8.12 C e D).

8.2.2. Microestruturas

Para auxiliar e complementar as descrições litológicas e estruturais das feições presentes na Área V, foram confeccionadas lâminas petrográficas. A partir destas, foram observadas microestruturas que denotam características da deformação das rochas encontradas na Área V, com destaque principalmente para os porfiroblastos com complexos grão-cauda, contatos de grãos recristalizados e estruturas do tipo *mica fish.* Além disso, em minerais específicos, como quartzo, foram vistos texturas indicativas de deformação em domínios. A Figura 8.13 mostra a distribuição espacial destas microestruturas na Área V, dando ênfase nas ZCR, que marca a deformação no Granito Serra do Iran e sua forma sigmoidal sinistral.

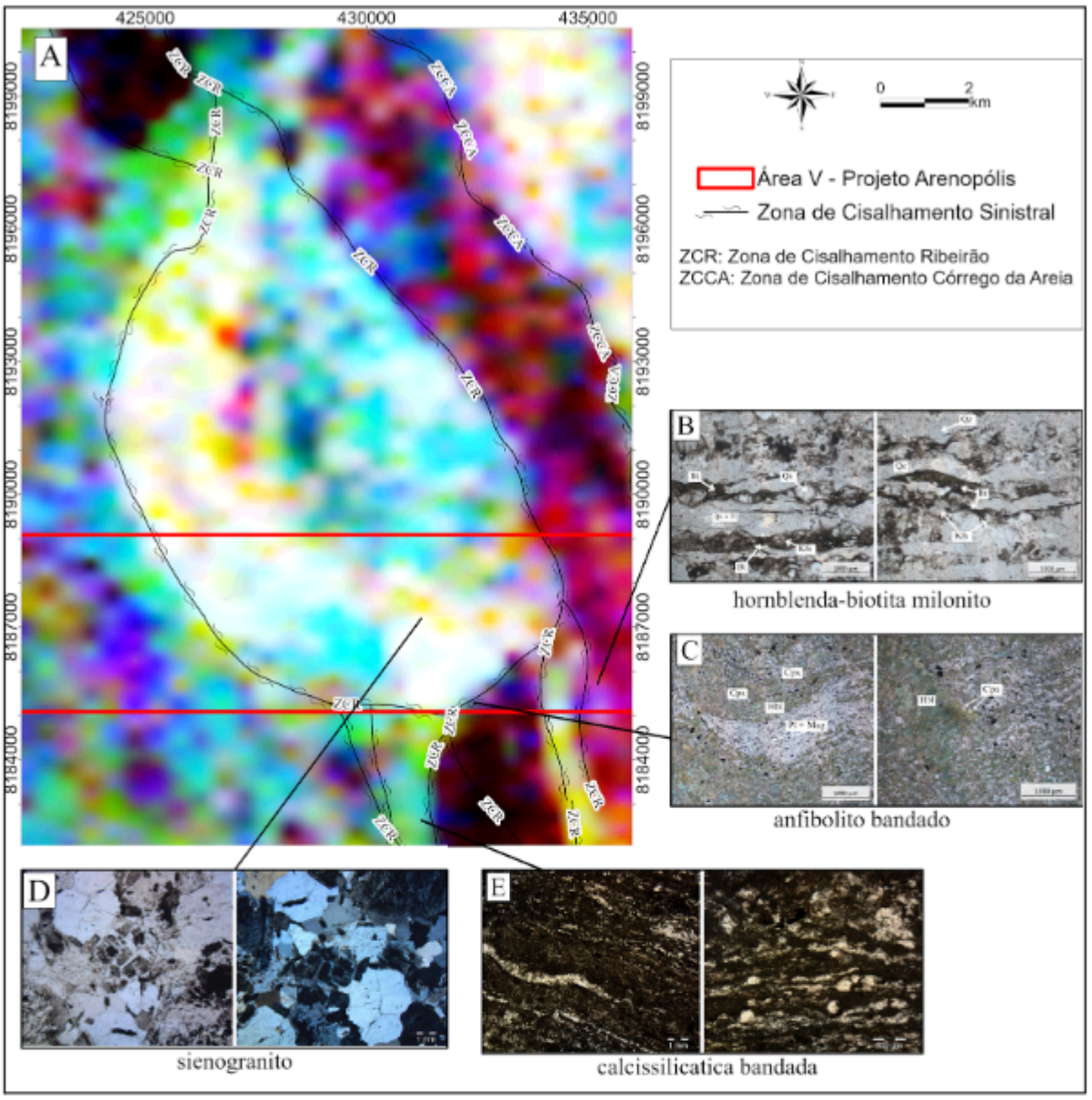


Figura 8.13: *Porção central da área do Projeto Arenópolis com composição colorida RGB (K, eTh, eU) mostrando onde ocorrem as zonas de cisalhamento e a relação das microestruturas presentes nas rochas que estão distribuídas próximo a estas zonas.*

A lâmina TF23-V-P74, a mais representativa em questão de feições microestruturais na Área V, foi classificada como hornblenda-biotita milonito do Gnaisse Arenópolis, associado com a ZCR. Os cristais de quartzo de tamanho 0,5 a 1 mm, ocorrem como agregados com extinção ondulante e como subgrãos com contato que vão de suturado a serrilhado. Nos cristais de dimensão entre 0,05 a 0,02 mm, predominam como agregados de contatos de borda lobular (Fig. 8.14 A e B). Além disso, ocorrem indicadores cinemáticos com cinemática sinistral, como porfiroblastos de quartzo contornados por biotita de textura

lepidoblástica, formando complexo grão-cauda tipo-σ (Fig. 8.14 C). Além de estruturas *mica fish* (Fig. 8.14 D) de biotita de granulação 2 mm.

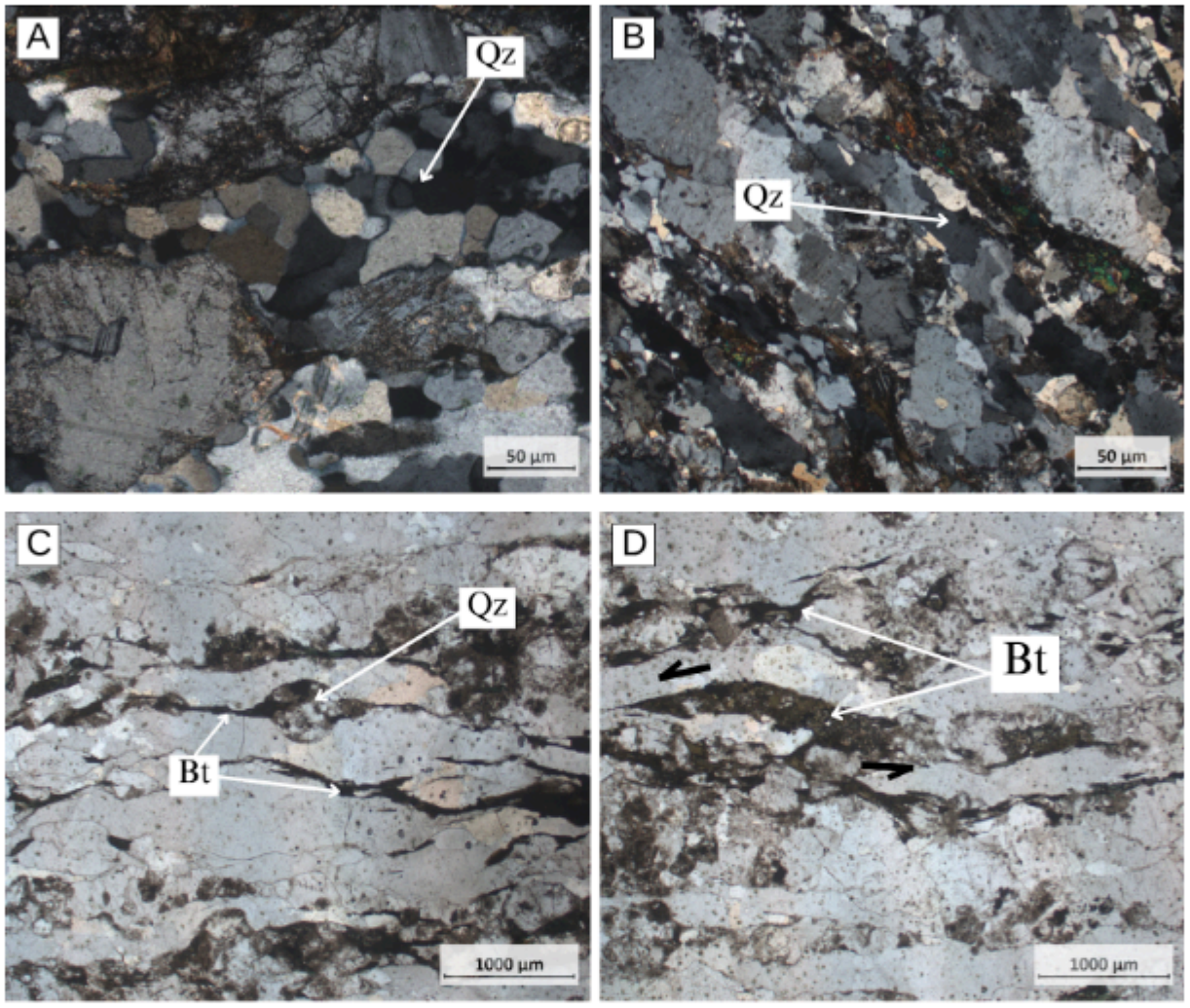


Figura 8.14: *Fotomicrografias do hornblenda-biotita milonito do Gnaisse Arenópolis, lâmina TF23-V-P74, onde se observam:* ***(A)*** *Subgrãos de quartzo com contato lobular.* ***(B)*** *Subgrãos de quartzo com extinção ondulante e contato lobado.* ***(C)*** *Porfiroblastos de quartzo com cinemática sinistral formando complexo grão-cauda tipo-σ.* ***(D)*** *Estruturas mica fish com cinemática sinistral em cristais de biotita.*

Na lâmina TF23-V-P54C, que representa petrograficamente o quartzo-muscovita xisto da Unidade Córrego do Santo Antônio que foi associado com ZCP, foram observados dois domínios microestruturais bem definidos (Fig. 8.15 A). Um domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita e muscovita a granoblástica definida por cristais de quartzo. Outro domínio de textura milonítica definida pelos minerais de sericita e opacos, contornando sigmóides de quartzo (Fig. 8.15 B). O quartzo quase sempre apresenta extinção ondulante.

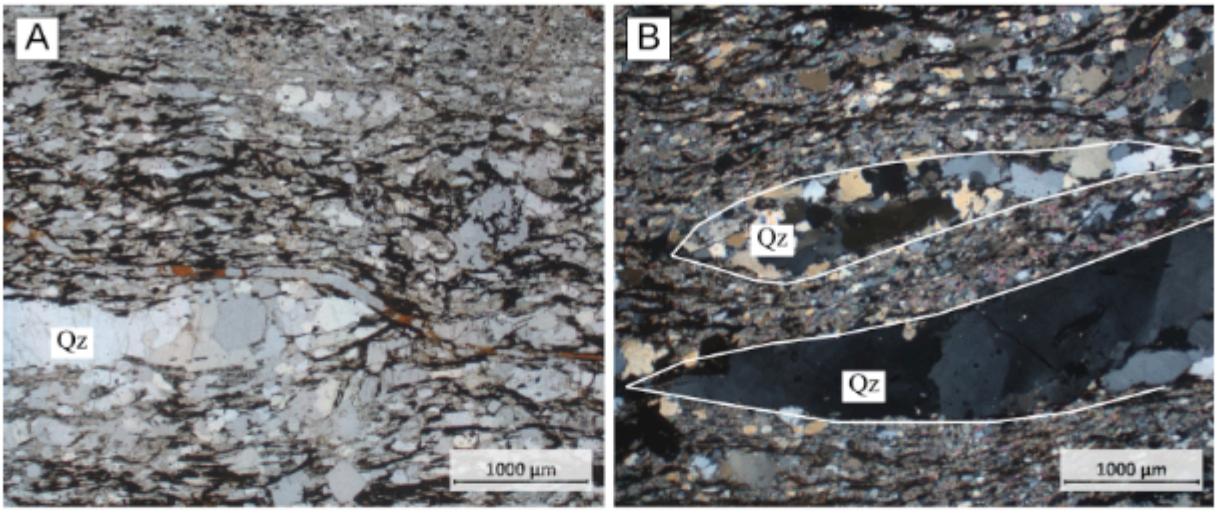


Figura 8.15: *Fotomicrografias do quartzo-muscovita xisto da Unidade Córrego do Santo Antônio, lâmina TF23-V-P54C, onde se observam:* ***(A)*** *Dois domínios microestruturias bem definidos com um domínio de granulação densa com definida pelos cristais de sericita, muscovita e quartzo. Outro domínio de textura milonítica definida pelos minerais de sericita, quartzo e opacos.* ***(B)*** *Sigmóide de quartzo em matriz fina, compondo subgrãos de quartzo com extinção ondulante.*

8.2.3. Elementos de Trama Rúptil

Os principais elementos de trama rúptil encontrados na Área V são as fraturas, falhas, veios e diques. A partir de produtos aerogeofísicos e de sensoriamento remoto (Fig. 8.16), observa-se o comportamento destes elementos, como sua forma e sua direção preferencial ENE-WSW, N-S e NW-SE e presença em toda a extensão da área.

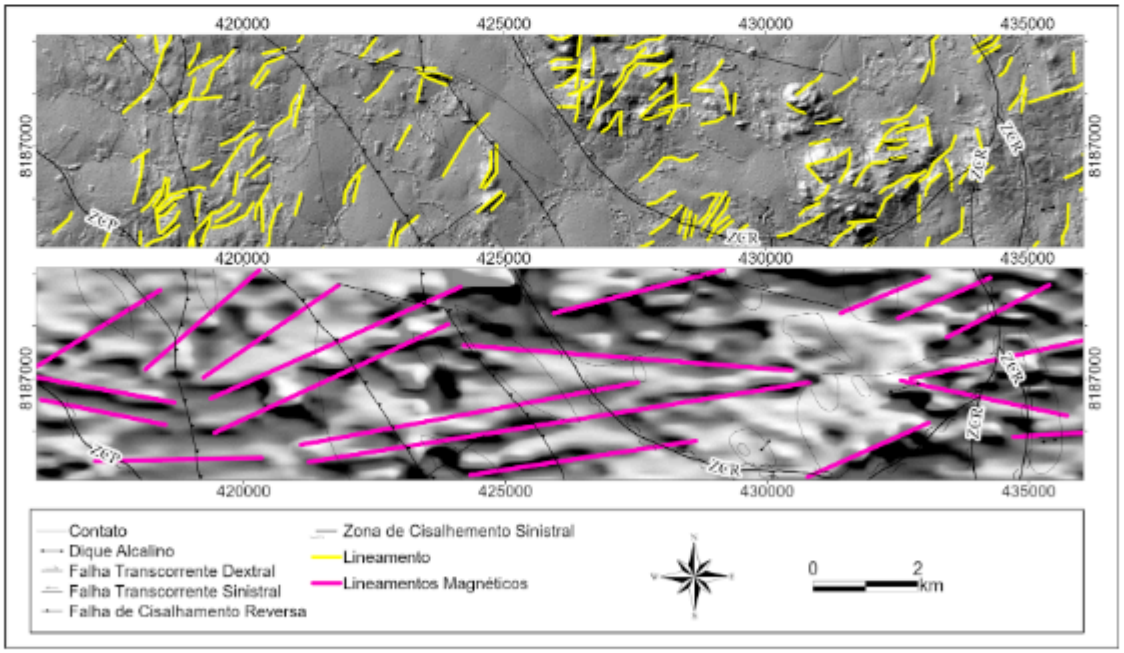


Figura 8.16. *Mapa com principais feições lineares da Área V, feito a partir do MDE e 1ª Dz, respectivamente.*

Fraturas, veios e diques

Na Área V, o elemento de trama rúptil predominantemente é definido por famílias de fraturas, que se desenvolvem de maneira quase perpendicular aos planos de foliação, principalmente em arranjos sistemáticos conjugados interceptando essas características geológicas. Três conjuntos de fraturas se destacam, orientados para o ENE-WSW, N-S e NW-SE (Fig. 8.17).

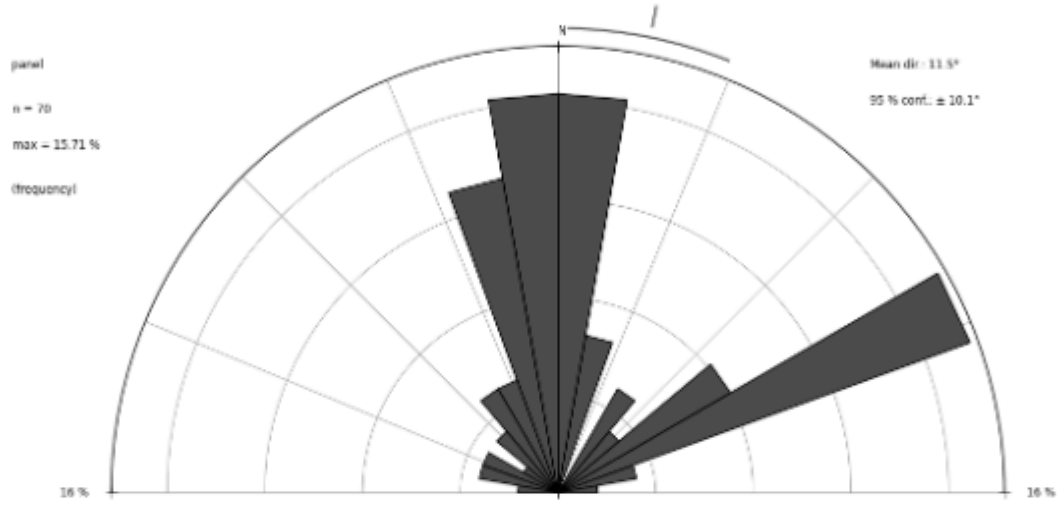


Figura 8.17: *Diagrama de roseta das fraturas encontradas na Área V.*

As fraturas foram encontradas nas litofácies de maior competência das Unidade Córrego Santo Antônio e Granito Serra do Iran (Fig. 8.18 A e B). Essas litofácies são representadas por xistos ultramáficos, xistos metassedimentares e granitos. São observadas em afloramentos de corte de estrada e em drenagens.

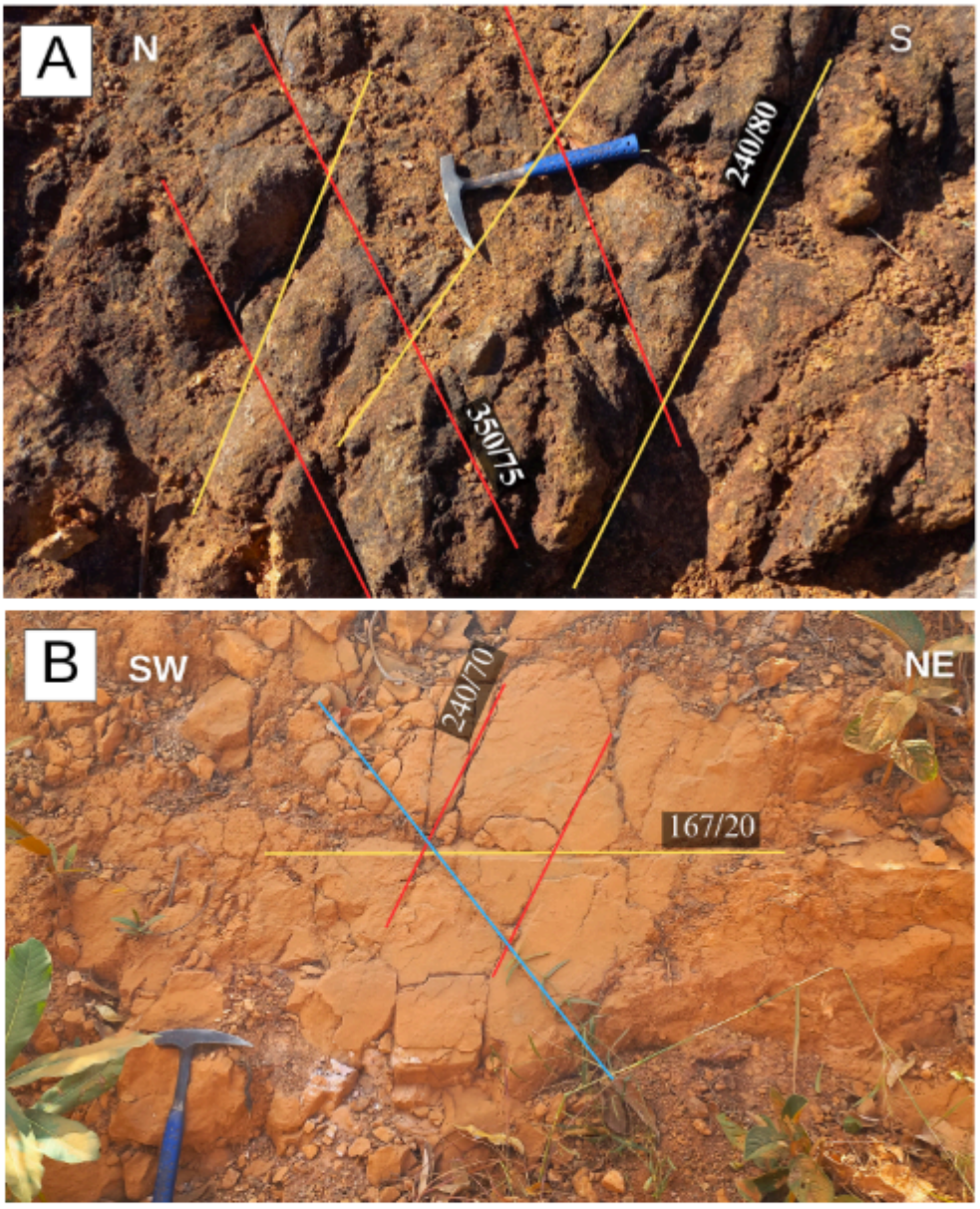


***Figura 8.18:** (A) e (B) Famílias de fraturas encontradas pela Área V, nos xistos ultramáficos da Unidade Córrego do Santo Antônio, ponto TF23-V-P61 e sienogranito do Granito Serra do Iran, ponto TF23-V-P21, respectivamente.*

Por toda a Área V, em todos os domínios estruturais, foram observados veios e diques. Os veios têm composição de quartzo, podendo ocorrer também veios pegmatóides quartzo-feldspáticos (Fig. 8.19 B), com dimensões variando desde centimétricas a métricas. Os diques (Fig. 8.19 A) também se encontram dispersos por toda a Área V, compostos principalmente de piroxênio, olivina e leucita, de origem vulcânica alcalina, com uma direção NE-SW preferencial.

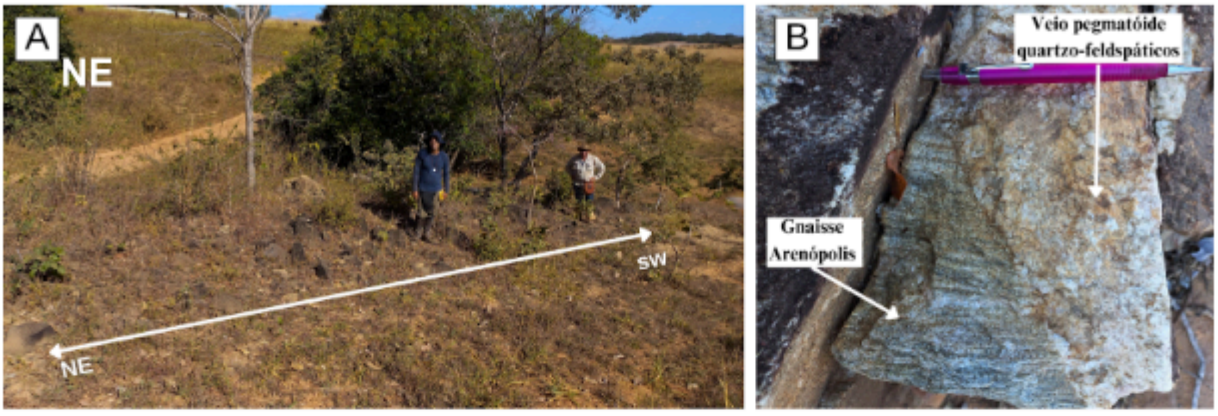


Figura 8.19: *(A) Dique de composição vulcânica alcalina de dimensão métrica com direção NE-SW, ponto TF23-V-P91.* ***(B)*** *Veio quartzo-feldspático intrudido na Unidade Gnaisse Arenópolis, ponto TF23-V-P01.*

Falhas

Na porção centro-oeste da Área V, foram encontrados veios de quartzo recristalizados e brechados, com características típicas de quartzitos de falha como não coesa e brechada, encontrados no domínio Caiapônia na Unidade Córrego do Santo Antônio, e possuem uma orientação preferencial para NW-SE e SW-NE (Fig. 8.20 A e B). Depois de examinar as imagens de satélite e analisar os padrões de drenagem, bem como as relações espaciais que indicam movimentos relativos nas elevações do terreno, continuou-se a identificar as falhas como transcorrentes com movimentos predominantemente sinistrais na região mapeada.

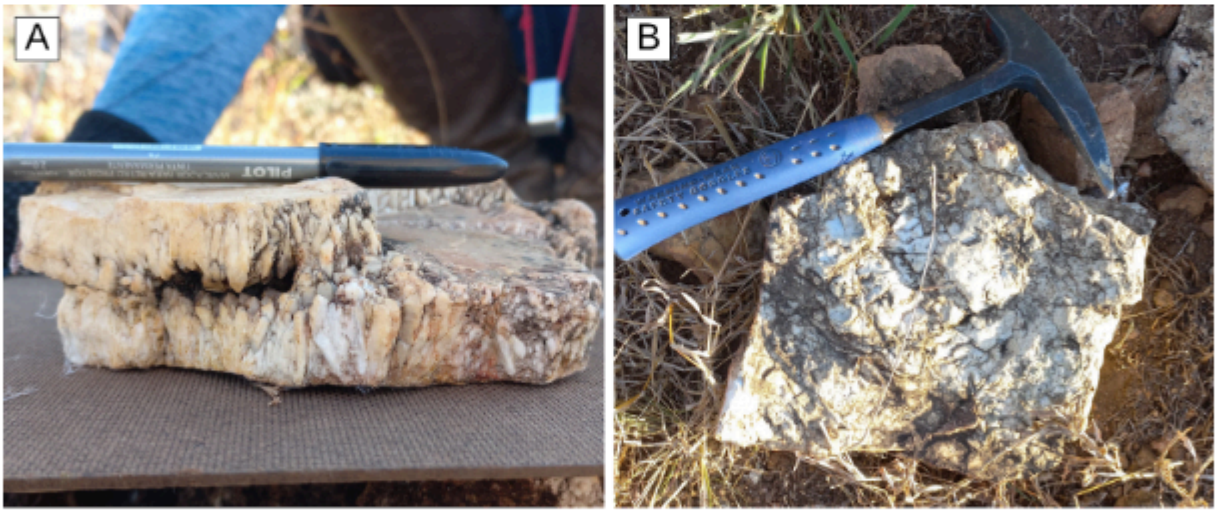


Figura 8.20: *(A) e (B) Exemplos de veio de quartzo, com características de rocha de falha, muitas vezes encontradas de forma não coesa e brechada.*

9. GEOLOGIA ECONÔMICA

9.1. 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 algumas informações a respeito de recursos minerais e do potencial metalogenético da porção oeste do Estado de Goiás. A Figura 9.1 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, a 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.

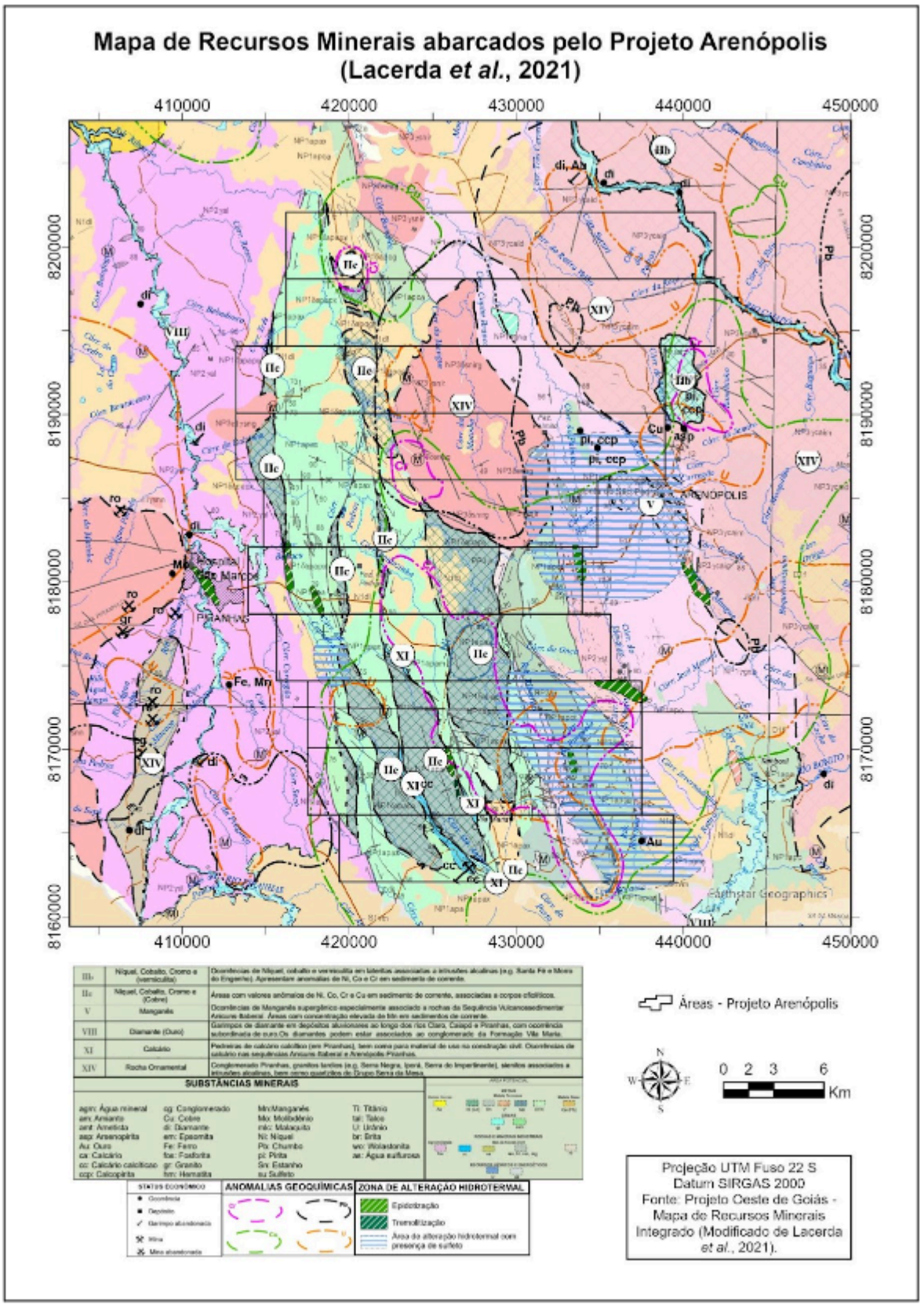


Figura 9.1. *Mapa de Recursos Minerais do Projeto Oeste de Goiás, com destaque para a área de estudo do Projeto Arenópolis. Modificado de Lacerda et al. (2021).*

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.

9.1.1. 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.

9.1.2 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.

9.1.3 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 (Fig. 9.2) 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).

9.1.4 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. como as indústrias de cerâmicas, como materiais refratários, vidrarias, fertilizantes, alimentos, siderúrgicas, indústrias químicas e construção civil.

Cianita

No que tange o presente Projeto, vale ressaltar as ocorrências de cianita na Área IX, que são classificadas, segundo Bennet e Castle (1975), como um depósito do tipo cianitito. A cianita é utilizada industrialmente como refratário, ou seja, material resistente à expansão térmica, alto ponto de fusão e estável mecanicamente à altas temperaturas na forma de mulita ($3Al_2O_3 . 2SiO_2$). Dentre as principais aplicações da cianita e sua forma calcinada, a mulita, estão a construção de fundição, artigos para cozinha, abrasivos, moldes para fundição de materiais ferrosos e não-ferrosos (Joffily, *et al.,* 2008).

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 (Fig. 9.2).

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.

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.

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.

Rochas ornamentais/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 VI, 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.

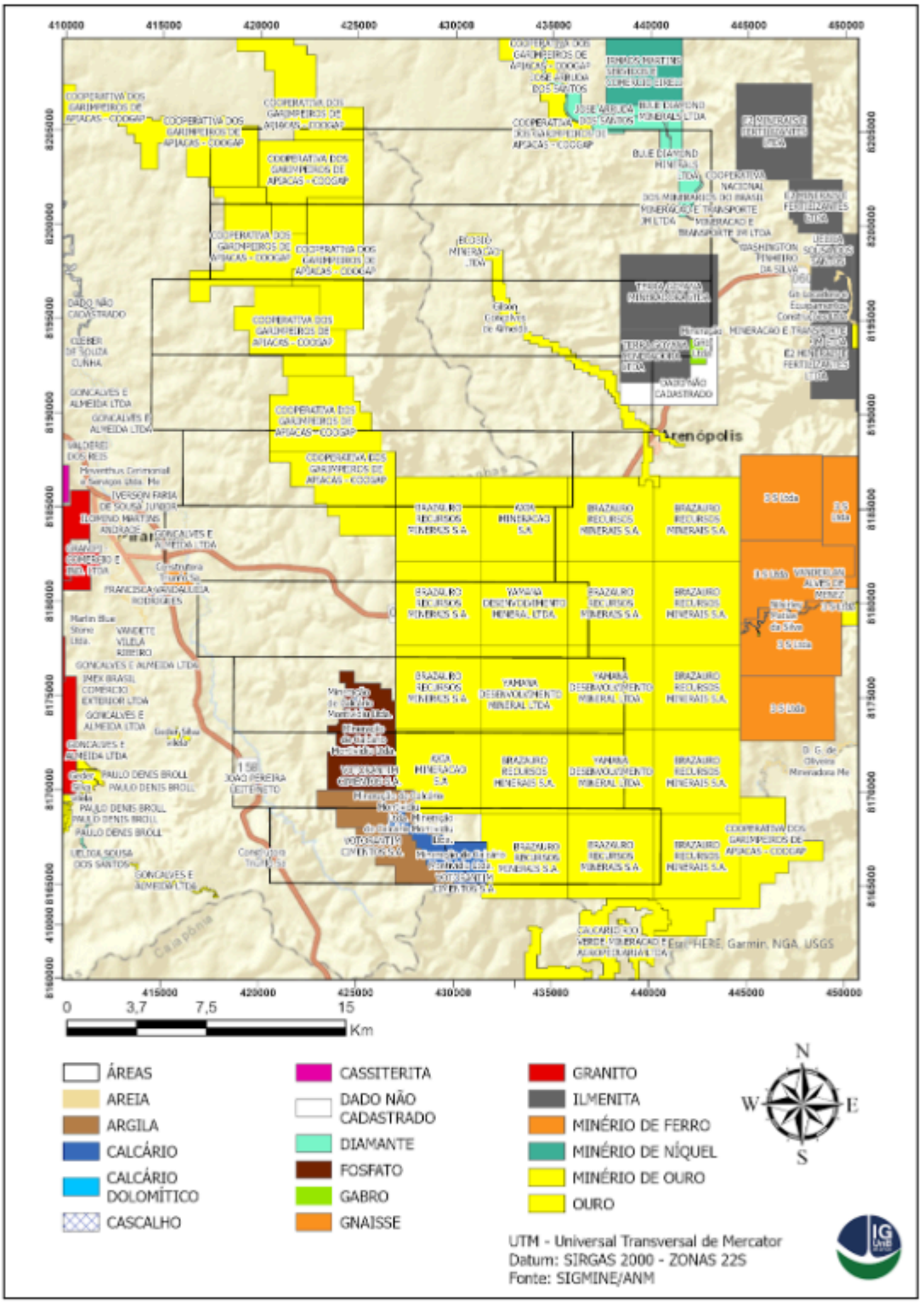


Figura 9.2. *Mapa de processos minerários por substância na área do Projeto Arenópolis (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro/2023).*

9.2. RECURSOS MINERAIS DA ÁREA V

9.2.1. Ocorrências Metálicas

Sulfetos

Os sulfetos observados na área V são caracterizados principalmente pela presença de pirita, que ocorre de forma disseminada em tonalitos da unidade Serra do Iran encontrados próximo a Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR). A gênese desta sulfetação parece estar associada com ZCR, que estabelece o contato entre esta unidade e a unidade Gnaisse Arenópolis, o que pode ser atrelado a um modelo de mineralização do tipo Sistema Aurífero Orogênico. Também nas lentes de rochas ultramáficas presentes na unidade Gnaisse Arenópolis, foram observados sulfetos como calcopirita e pirita, além de malaquita associada, que ocorrem de forma disseminada em serpentinitos e talco-clorita xistos.

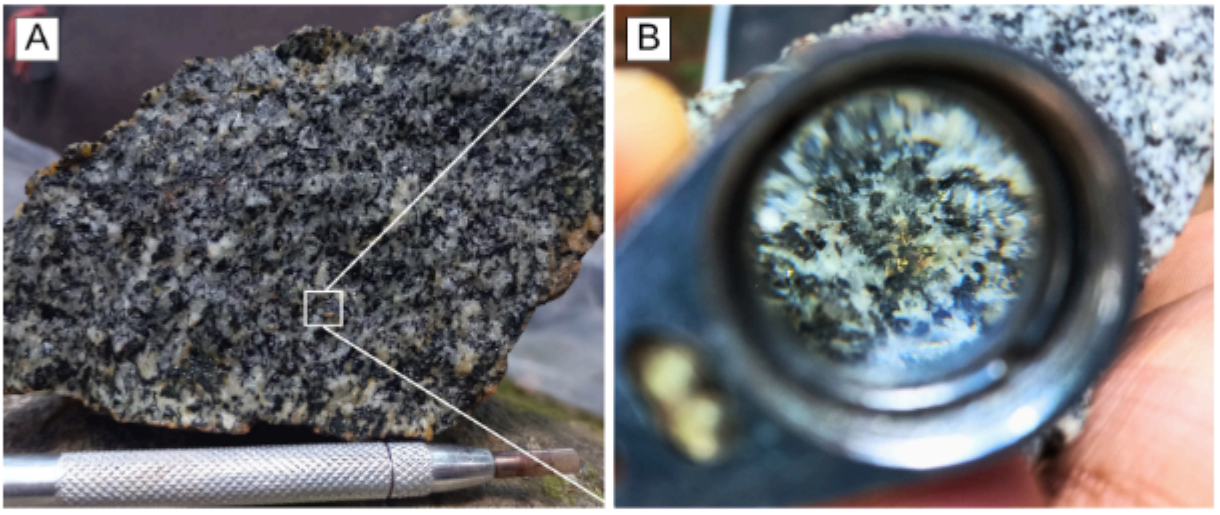


Figura 9.3: *(A) Amostra de tonalito da unidade Granito Serra do Iran. (B) Detalhe na amostra onde é possível observar sulfetos disseminados.*

9.2.2. Minerais e Rochas Industriais

Talco

Na Área V, as ocorrências de talco estão associadas com rochas metaultramáficas localizadas em lentes dentro da Unidade Córrego do Santo Antônio e da Unidade Gnaisse Arenópolis. Tais ocorrências estão atreladas com talco xistos, clorita-talco xistos e talco-serpentinito.

Conforme as variações e diversidades em sua textura, composição e teor de impurezas minerais, o talco pode ser empregado em diversas indústrias, sendo os segmentos mais

importantes são a indústria cerâmica, refratários, defensivos agrícolas, plásticos, cosméticos, tintas, papel e borracha (Almeida & Pontes em Luz & Lins, 2008).

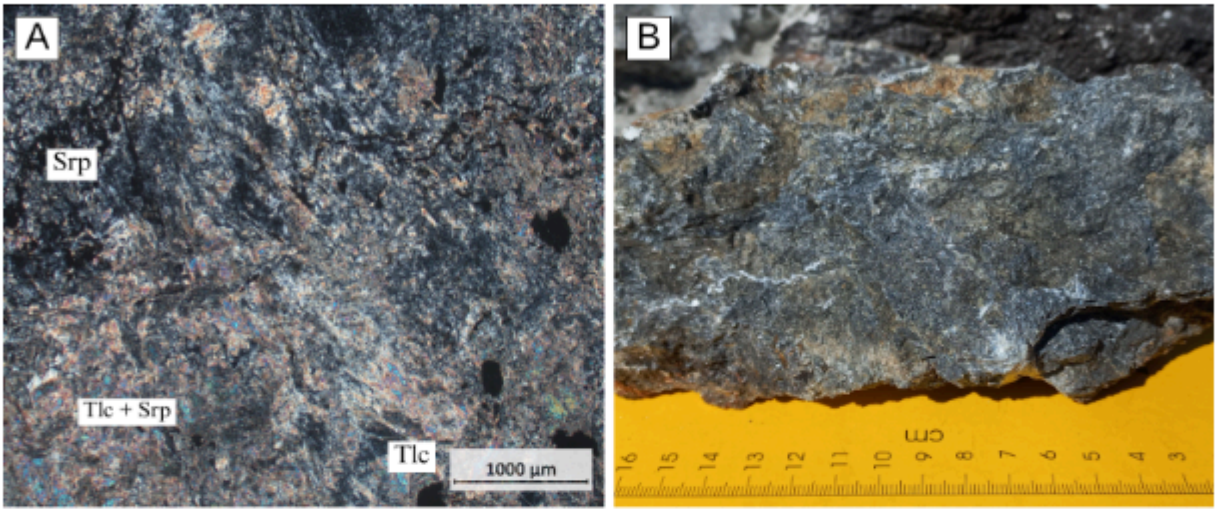


Figura 9.4: *(A) Fotomicrografia do talco-serpentinito evidenciando a abundância de talco nas rochas desta unidade.* ***(B)*** *Amostra de talco-serpentinito.*

Areias e Seixos

Os córregos Ribeirão e das Pedras, localizados na Área V, são os principais afluentes para extração de areia e seixos industriais. A areia geralmente se acumula na borda do canal, formando depósitos com composição quartzosa, caracterizados por uma seleção que varia de moderada a alta, e granulometria que abrange desde areia fina até grossa. O canal, devido à sua largura e fluxo intenso, ocasionalmente apresenta acúmulos de seixos bem arredondados, especialmente em suas porções centrais. Às margens do Córrego Ribeirão, é possível observar terraços aluvionares que são formados durante enchentes. Esses terraços são compostos por sedimentos finos que se depositam sobre as frações médias a grossas do leito do canal.

As areias e seixos para uso industrial são classificadas de acordo com suas características e propriedades, que determinam sua aplicação na indústria. Essas características incluem o teor de sílica, pureza, composição química, teor de óxidos de ferro, álcalis, matéria orgânica, perda ao fogo, umidade, distribuição granulométrica, forma dos grãos e teor de argila (Azevedo e Ruiz, 1990) . No Brasil, em 2005, as areias industriais foram utilizadas principalmente na fundição (39%), na fabricação de vidro (34%) e em argamassas para construção civil (9%). Outros usos incluem abrasivos (2%) (Anuário Mineral Brasileiro, 2006).

Além disso, os seixos arredondados, juntamente com o sedimento arenoso mais grosso, apresentam aplicabilidade em projetos ornamentais e paisagísticos.

Rochas graníticas para brita

Entre as rochas amplamente empregadas no processo de britagem, destacam-se os gnaisses e as rochas graníticas, onde são amplamente utilizados na produção de brita devido à sua alta resistência e durabilidade. Na área mapeada, os gnaisses e granitos pertencentes ao Gnaisse Arenópolis e ao Granito Serra do Iran apresentam-se como materiais viáveis para a extração de brita, dada a considerável extensão dos corpos rochosos e a facilidade de acesso.

Estes materiais agregados são utilizados em uma ampla gama de aplicações, incluindo construção civil, engenharia, infraestrutura e outros setores. No Brasil, o consumo de brita é dividido da seguinte forma: 40% pavimentadoras e órgãos públicos (construção de estradas, aeroportos, calçadas, etc.), 17%: concreteiras (fabricação de concreto), 16%: revendedoras e varejo (venda de brita para consumidores finais), 15%: construtoras (edificações), 7%: indústria de pré-fabricados (fabricação de elementos de concreto pré-moldado), 5%: outros (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2003).

9.2.3. Rochas Ornamentais e de Revestimento

As rochas ornamentais e de revestimento são materiais naturais que podem ser extraídos e transformados em peças de uso decorativo ou construtivo. Elas são utilizadas em uma ampla gama de aplicações, incluindo esculturas, tampos de mesa, lápides e revestimentos de paredes e pisos. Os granitos ornamentais são uma das categorias mais importantes de rochas ornamentais. Eles são compostos principalmente de quartzo, plagioclásio e feldspatos, e podem apresentar uma ampla gama de cores e texturas (Filho & Rodrigues, 2009).

Na Área V, as fácies descritas no Granito Serra do Iran constituem extensos e volumosos corpos que se manifestam na configuração de serras como as Serras da Margarida e da Cruz, ocorrendo também na forma de lajedos. Esses tipos de rochas são atraentes para atividades comerciais devido à sua baixa incidência de fraturas, mínimas alterações, características estéticas consistentes e homogeneidade.



Figura 9.5: *Aparência geral do Granito Serra do Iran. Do ponto de vista estético, a mudança de fácies podem atribuir à rocha uma formosa aparência.*

10. 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 da área do Projeto Arenópolis (Tabela 10.1) 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.

Tabela 10.1: 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)
Colisional a Pós-Colisional Neoproterozóico - Ediacarano (590-560 Ma)	Final do estágio colisional	Geoquímica - razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ de 0.70382 (Pimentel & Fuck, 1987) e εNd(t) entre -4,2 e +1,5 (Hattingh, 2020). Dados sugerem origem mantélica e crustal.	Granito Rio Caiapó (587 ± 20 - U-Pb)
	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)

10.1. 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 10.1.

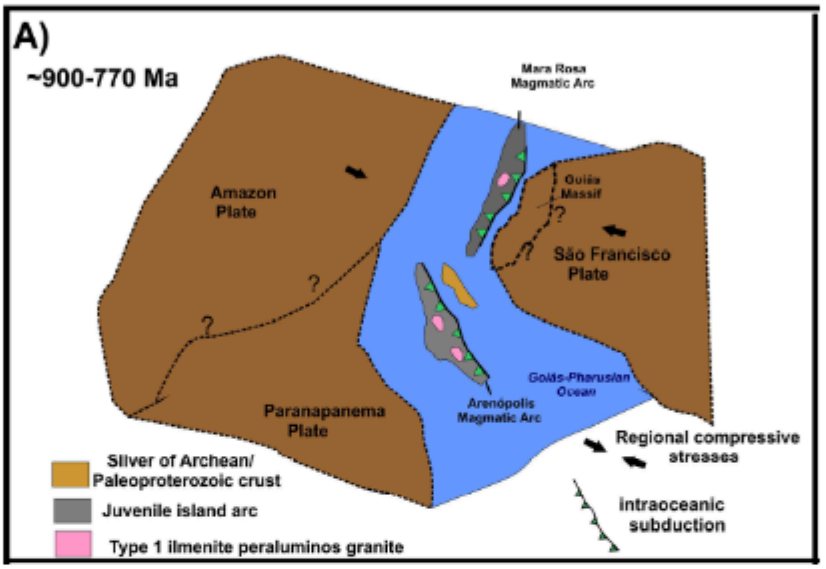


Figura 10.1: *Fechamento do Oceano Goiás-Farusiano com desenvolvimento das primeiras assembleias de arcos intra-oceânicos (cerca de 900 a 770 milhões de anos). Adaptado de Marques (2017).*

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 10.2).

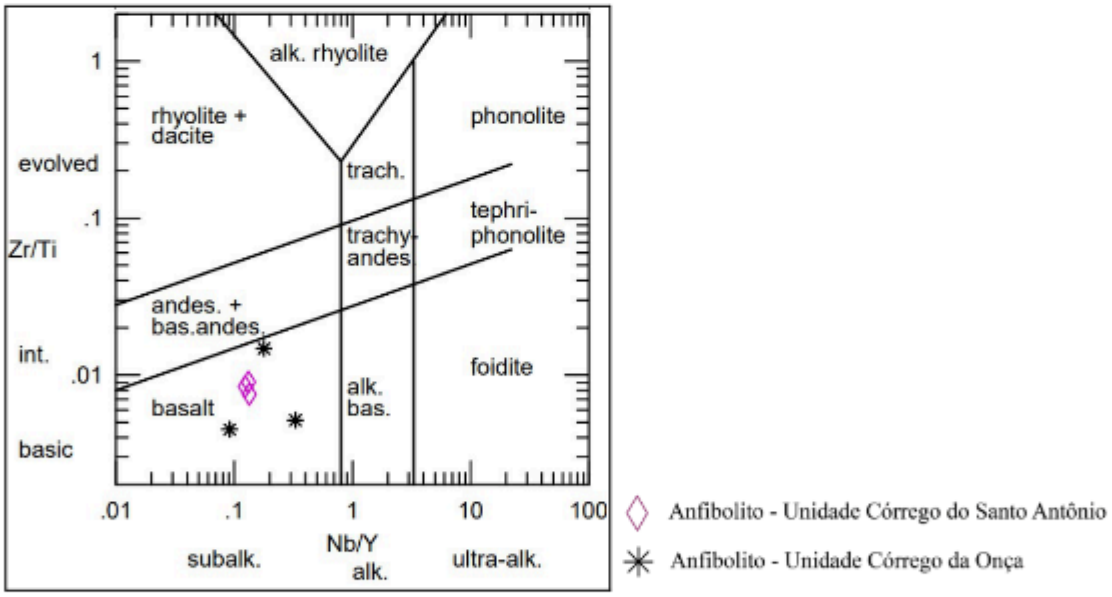


Figura 10.2: *Diagrama ternário de Pearce (1996) para classificação dos anfibolitos das unidades Córrego da Onça e Córrego Santo Antônio. Fonte: SGB-CPRM (2021).*

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).

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.

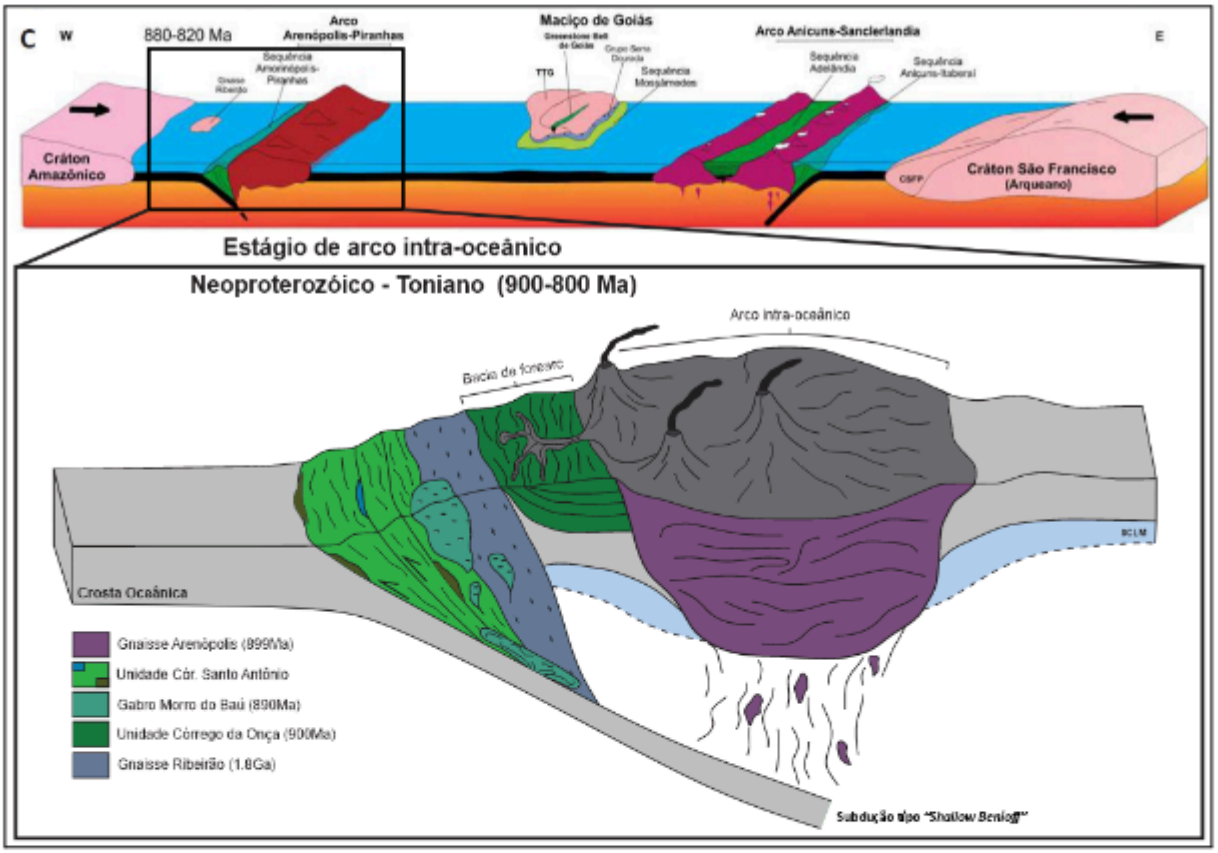


Figura 10.3: *Modelo evolutivo do estágio de arco intra-oceânico na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

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.

10.2. 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).

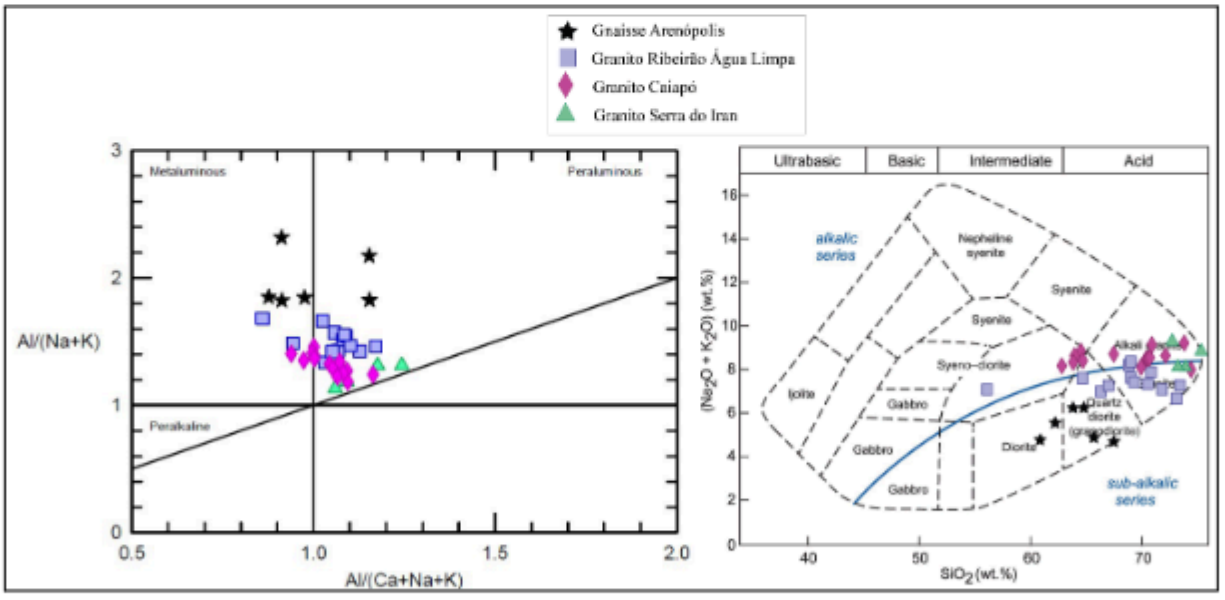


Figura 10.4: *Diagrama de classificação do índice de Shand (alumina-saturação) à esquerda e diagrama TAS para todas as unidades plutônicas e metaplutônicas do Projeto Arenópolis à direita. Fonte: SGB-CPRM (2021).*

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, obtida 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.

No presente modelo (Figura 10.5), 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.

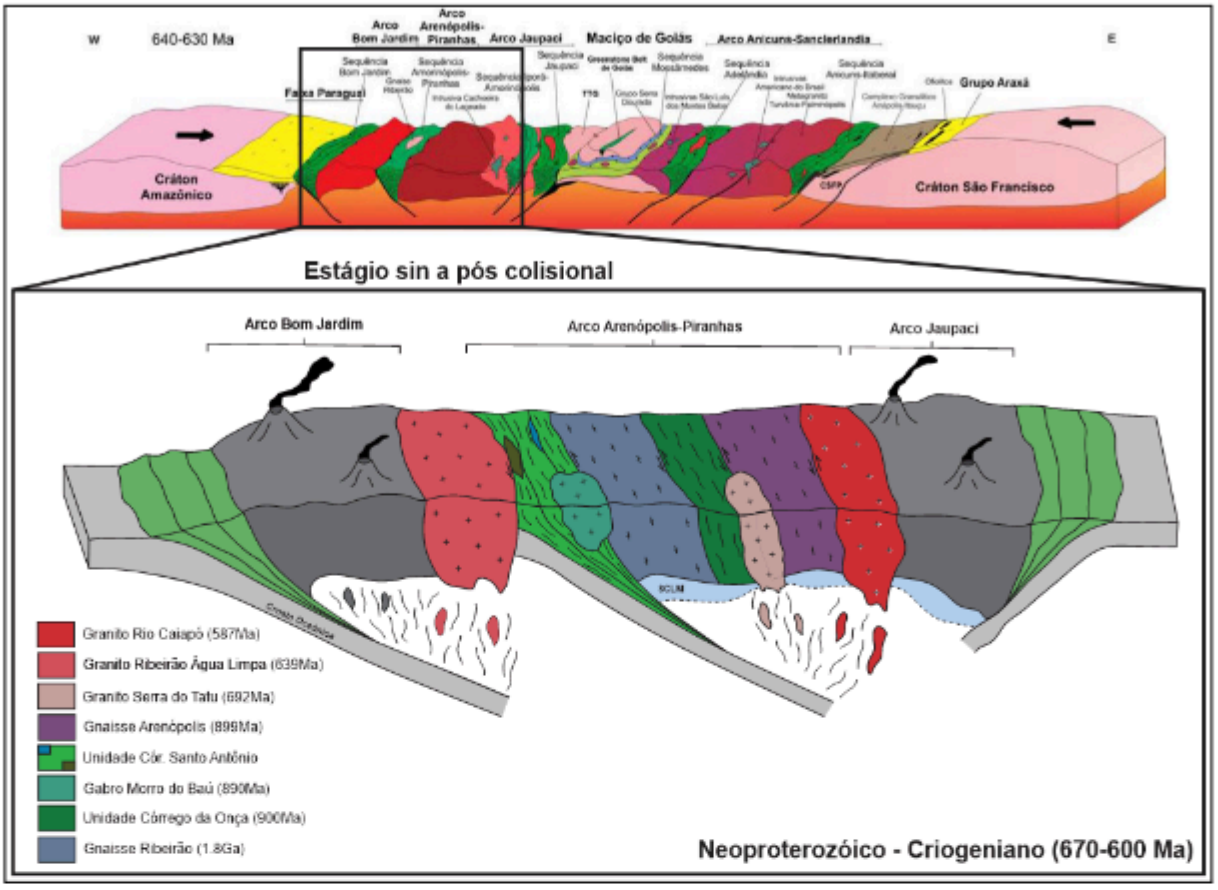


Figura 10.5: *Modelo evolutivo do estágio de arco continental na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

10.3. ESTÁGIO COLISIONAL-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 do período 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.

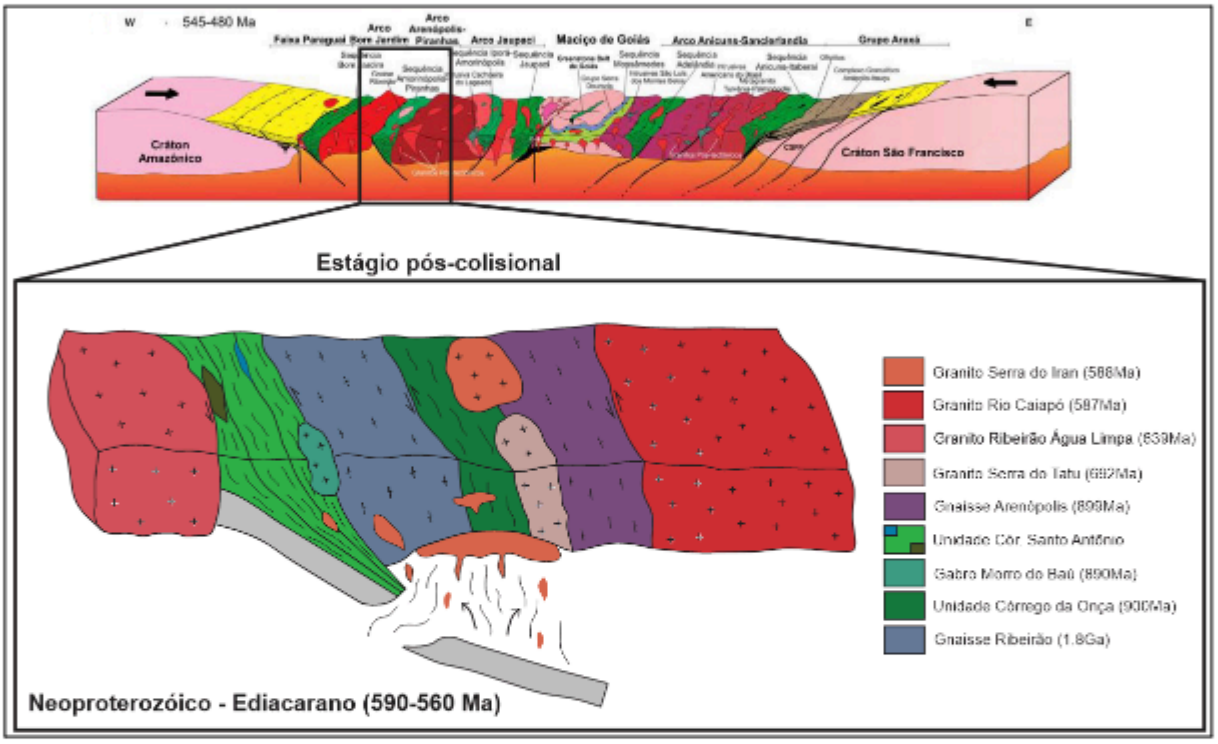


Figura 10.6: *Modelo evolutivo do estágio pós-colisional na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

10.4. 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).

10.5. 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 10.7. 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).

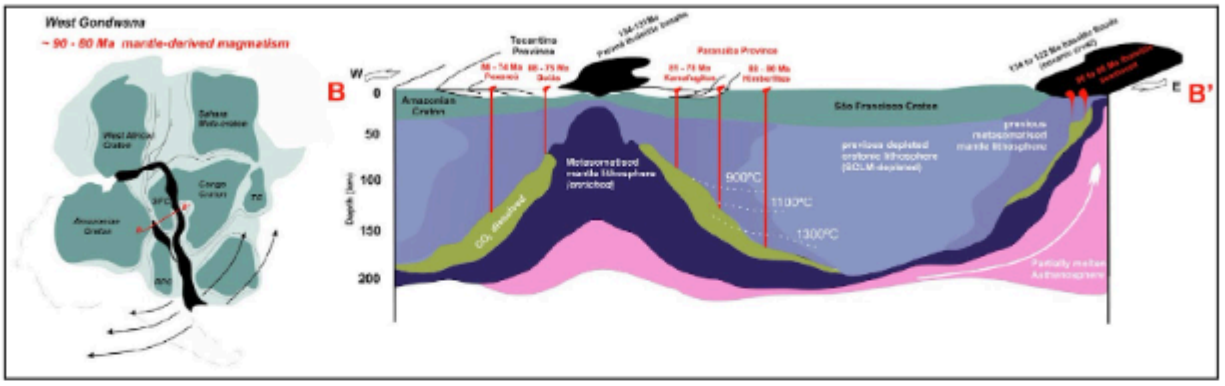


Figura 10.7: *Modelo proposto por Ferreira et al. (2022) para a evolução da litosfera facilitando a colocação dos magmas toleíticos e alcalinos de aproximadamente 130 milhões e 80 milhões de anos. Adaptado de Ferreira et al. (2022).*

10.6. 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. 10.3) 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 10.8).

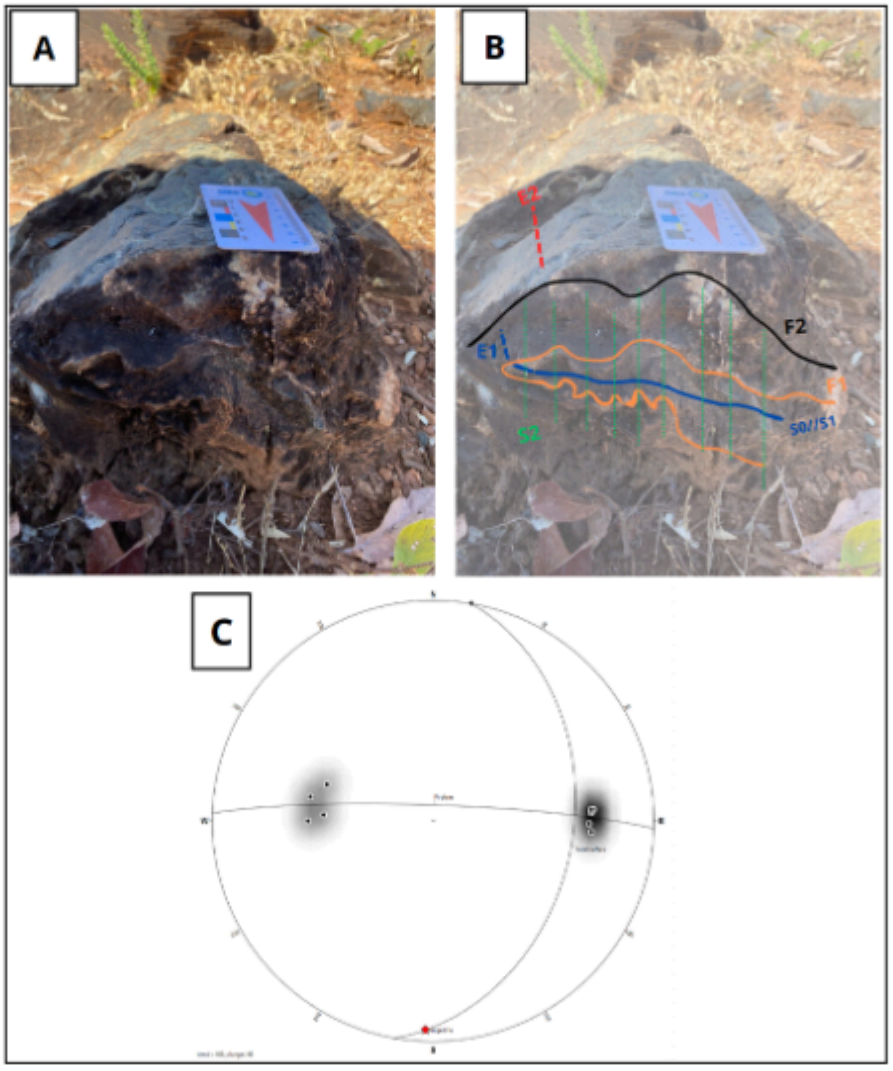


Figura 10.8: *(A) Afloramento de anfibolito dobrado pertencente a Unidade Córrego do Santo Antônio (416244E/8190590S), evidenciando* ***(B)*** *o padrão de interferência de dobra F_2 com dobra F_1 e as relações de sobreposição das gerações de foliações. A Foliação plano-axial S_2 compõe a foliação predominante 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 10.5). 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 10.6), se inicia um regime de natureza tardi-tectônica, 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, conforme o modelo proposto na Figura 10.9. Além disso, dobramentos tardios na forma de crenulações com eixos de direção aproximada NNE, afetam os planos de foliação S_2 e S_3.



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.

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

11.1. CONCLUSÕES

O Projeto Arenópolis foi um trabalho realizado no sudoeste do Estado de Goiás, abrangendo os municípios de Piranhas, Arenópolis, Caiapônia e Diorama. Configurou uma mapeamento em detalhe na escala de 1:25.000, caracterizando e melhor detalhando o último trabalho realizado na região na escala de 1:100.000, (Fig. 11.1 A) feito pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), SE.22-V-B-II Piranhas e SE.22-V-B-V Caiapônia, produzidas por Carneiro & Meneghini (2020) e comparando a evolução do conhecimento com trabalhos prévios, como o Projeto Piranhas (1973) e o mapeamento geológico realizado por Pimentel (1985).

O aperfeiçoamento do mapeamento foi impulsionado pela presença de levantamentos aerogeofísicos, incluindo magnetometria e gamaespectrometria, que abrangem a região do Projeto Arenópolis. A utilização desses dados, combinados com informações obtidas por meio de sensores remotos, dos perfis de solo e a falta de afloramentos representaram desafios para a aplicação dos métodos geológicos.

Com a realização do mapeamento em maior escala, de 1:25.000, e auxílio de ferramentas aerogeofísicas e de sensoriamento remoto, do Projeto Arenópolis, os contatos e grandes estruturas não sofreram grandes mudanças, porém foi possível maior detalhamento destas unidades litológicas e sua geologia estrutural associada.

O mapeamento do Projeto Arenópolis abrangeu três grandes unidades geotectônicas. O Arco Magmático Goiás (Segmento Arenópolis), Bacia do Paraná e Província Alcalina de Goiás. Estas unidades incluem: Gnaisse Ribeirão, Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis-Piranhas, Gabro Morro do Baú, Gnaisse Arenópolis, Granito Serra do Tatu, Vulcânicas Córrego do Horário, Granito Ribeirão Água Limpa, Granito Rio Caiapó e Granito Serra do Iran no Arco Magmático; além da Formação Furnas e Formação Ponta Grossa da Bacia do Paraná; e rochas da Província Alcalina de Goiás.

Os principais resultados do projeto incluem:

- A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, subdividida em Unidade Córrego da Onça (CO) e Unidade Córrego do Santo Antônio (CSA), pôde ser mais detalhada, com melhor visualização da relação de contatos entre suas litofácies. As Unidades foram compartimentadas em Fácies Máficas e Ultramáficas e Fácies

Metassedimentares, baseado na composição das rochas e análise petrográfica das mesmas.

- Nos corpos intrusivos Granito Ribeirão Água Limpa, Granito Rio Caiapó e o Granito Serra do Iran foi possível observar diferentes fácies decorrentes da variação composicional. No Granito Ribeirão Água Limpa foram encontradas Fácies Intermediária, Fácies de Biotita Granito e Biotita Granodioriorito e Fácies Granito Fino. No Granito Rio Caiapó ocorrem Fácies Félsicas e Fácies Intermediárias. E no Granito Serra do Iran houve diferenciação entre Fácies Félsicas, Fácies Intermediárias, Fácies Máficas e Fácies Subvulcânicas.
- No Gnaisse Arenópolis foi possível identificar fácies de Gnaisse Granítico e Gnaisse Tonalitico, este último associado com fácies calcissilicas, anfibolitos e ultramáficas.
- No ponto de vista estrutural, este mapeamento foi essencial para avançar no entendimento e delimitação das zonas de cisalhamento sinistral e zonas de cisalhamento compressiva. Já sobre evolução tectônico-estrutural, seis estágios evolutivos foram englobados pelo Projeto Arenopolis, incluindo: Paleoproterozóico (2300-2000 Ma); Arco Intra-Oceânico Neoproterozóico - Toniano (900-800 Ma); Arco Continental - Colisional, Neoproterozóico - Criogeniano (670-600 Ma); Colisional a Pós-Colisional, Neoproterozóico - Ediacarano (590-560 Ma); Extensional (Paleozóico - Cambriano) e Intraplaca Mesozóico - Cretáceo (135-63 Ma).
- A partir da observação de ocorrências minerais com afinidade metalogenética, o potencial econômico do Projeto Arenópolis baseia-se em sistemas minerais do tipo magmático-hidrotermal, hidrotermais (Sistema Aurífero Orogênico e Vulcanogênico) e sistema associado ao magmatismo alcalino.

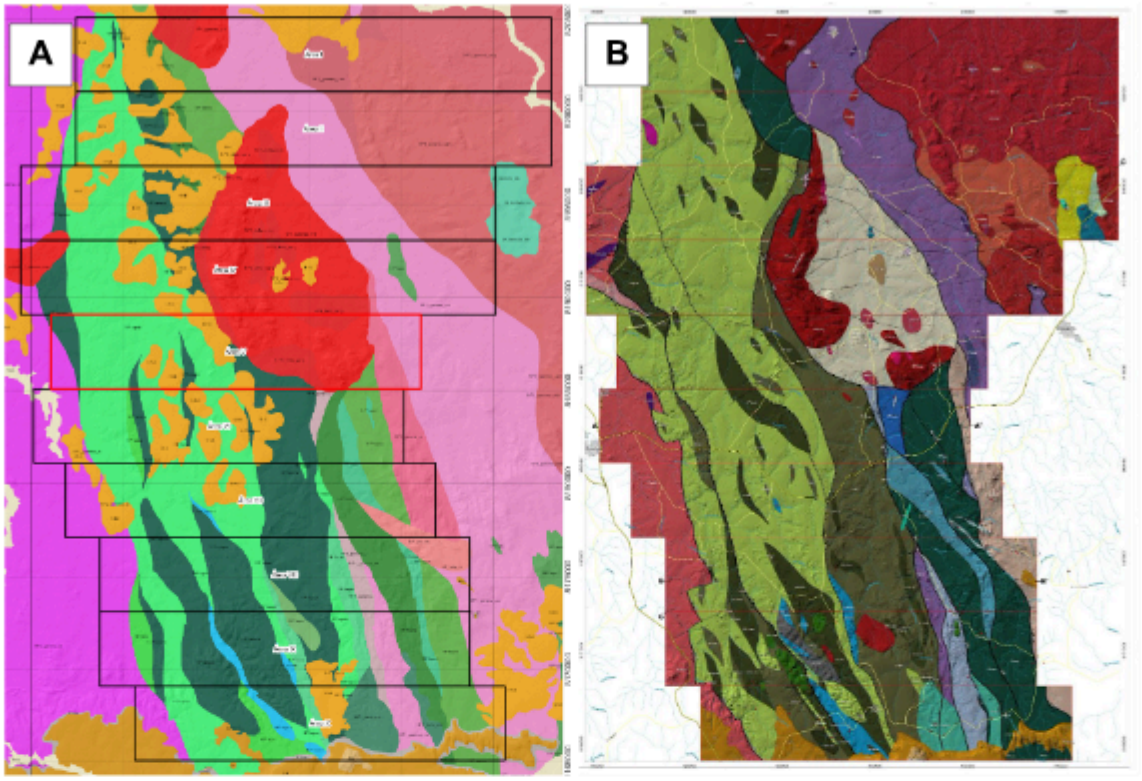


***Figura 11.1:** (A) Mapa cartografado pela SBG na área do Projeto Arenópolis (Carneiro & Meneghini, 2020); (B) Mapa geológico produzido pelo Projeto Arenópolis.*

11.2. RECOMENDAÇÕES

Considerando o contexto geológico do Arco Magmático Goiás, recomenda-se, em trabalhos futuros na área mapeada, a realização de estudos com maior nível de detalhamento petrogenético, a fim de caracterizar melhor os ambientes de formação e como se deu a evolução deste segmento do arco dentro do contexto regional do AMG. Estudos de proveniência na Unidade Córrego da Onça são importantes para corroborar a hipótese sugerida neste de que esta unidade seria uma bacia de *forearc*, por exemplo.

É sugerido também realização de datações das idades de cristalização (U-Pb) dos litotipos presentes na área do Projeto Arenópolis, uma vez que existem ainda unidades que possuem dados com alto teor de incerteza (como por exemplo o Granito Serra do Tatu e o Gnaisse Ribeirão) ou ainda sem dados (como as Vulcânicas do Córrego do Horácio). Este estudo de geocronologia pode ajudar a resolver questões relacionadas aos modelos de evolução propostos.

Algumas das litofácies descritas pelo Projeto Arenópolis, como a litofácies metaultramáfica do Gnaisse Arenópolis, não possuíam registro na literatura. Propõe-se

estudos mais minuciosos destas litofácies antes inéditas, e sua relação com o contexto regional geológico.

Do ponto de vista prospectivo, o mapeamento realizado pelo Projeto Arenópolis resultou na detecção de ocorrências minerais com afinidade metalogenética. Somado ao fato de que o Segmento Mara Rosa já abriga depósitos minerais de interesse econômico conhecidos, recomenda-se fortemente a utilização de técnicas de prospecção na região para individualizar possíveis depósitos associados a estas ocorrências minerais.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Almeida, F.F.M. 1967 Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 96 p. (Boletim 241).

Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Sci. Rev. 17, 1–29.

Alvarenga, C.J.S. de Guimarães, E.M. 1994. Siluro-Devoniano na Margem Noroeste da Bacia do Paraná, Região entre Diorama e Amorinópolis, GO. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 4, 1994, Brasília, Anais. Brasília: SBG, 1994. p. 53-54.

Araújo Filho J.O. 2000. The Pirineus sintaxis: an example of the intersection of two brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of Western Gondwana. Rev. Bras. Geociências, 30(1):144-148.

Asf Daac, ALOS PALSAR_About; Includes Material © JAXA/METI 2007. Acessado em ASF DAAC 09 junho de 2023.: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-about/>.

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.

Brito Neves, B.B. and Cordani, U.G. 1991. Tectonic Evolution of South America during the Late Proterozoic. Precambrian Research, 53, 23-40. http://dx.doi.org/10.1016/0301-9268(91)90004-T

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

Carneiro, J. De S. M.; Fuck R., Dantas E. L.. 2021 .Arenópolis sequence, evolution of a marginal basin in the Neoproterozoic Goiás magmatic arc, central Brazil, Journal of South American Earth Sciences, Volume 106, 2021, 103033, ISSN 0895-9811, https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103033.

Carneiro, J. De S. M.; Meneghini, P. F. V.. Carta geológica-geofísica: folha SE.22-V-B-II Piranhas. Goiânia: CPRM, 2020. Escala 1:100.000. (Projeto Oeste de Goiás)

Carneiro, J. De S. M.; Meneghini, P. F. V.. Carta geológica-geofísica: folha SE.22-V-B-V Caiapônia. Goiânia: CPRM, 2020. Escala 1:100.000. (Projeto Oeste de Goiás).

Cordell, L. and Grauch, V.J.S. (1982) Mapping Basement Magnetization Zones from Aeromagnetic Data in the San Juan Basin, New Mexico. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 246-247.

CPRM, 2020. Projeto Oeste de Goiás - Final Report, Goiania, Goias, Brazil. In press.

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, J.B., Vidotti, R.M., Fuck, R.A., Blakely, R.J., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., 2014. The tectonic evolution of the Transbrasiliano Lineament in northern Paraná Basin, Brazil, as inferred from aeromagnetic data. J. Geophys. Res.: Solid Earth 119, 1–19.

Danni J.C.M., Fuck R.A., Leonardos O.H.Jr. 1982. Archean and Lower Proterozoic Units in Central Brazil. Geol. Rundsch., 71:291-317.

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.

Faria, A. 1982. Formação Vila Maria Nova Unidade Litoestratigráfica Siluriana da Bacia do Paraná. Ciências da Terra, n.3, p.12-15, 1982.

Faria, A. De; Fuck, R.A.; Veloso, J.A.V.; Hirson, J. Da R.; Marini, O.J.; Andrade, G.F. De; Fonseca, M.R.C.B. Da - 1975 - Projeto Piranhas. Convênio DNPM/FUB, Brasília, v. 1, 143 p.

Ferreira F. D. F., Souza J., Bongiolo A. de B. E S., Castro L. G. (2013). Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. Geophysics, 78: 33-41.

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.

Ferreira, F. J., Weihermann, J. D., & Fedalto, G. (2016). Gamaespectrometria Aérea e sua Aplicação na Cartografia Geológica.

Filho, C.C., Rodrigues, E.P., 2009. Guia de aplicação de rochas em revestimentos; Projeto Bula. São Paulo: ABIROCHAS,118 p.: il.

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

Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., 2017. The northern Brasília belt. In: Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmin, F.F., editores) (Eds.), São Francisco Craton, Eastern Brazil. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent, pp. 205–220.

Fuck, R.A., Pimentel, M.M., D'el-Rey Silva, L.J.H., 1994. Compartimentação tectônica na porção oriental da Província Tocantins. In: 38◦ Geology Brazilian Congress, Expanded abstracts,, pp. 215–216.

Guimarães, S.B., Moura, M.A., Dantas, E.L., 2012. Petrology and geochronology of the Bom Jardim de Goiás copper deposit (GO). Rev. Bras. Geociências 42 (4), 841–862.

Hasui Y. & Almeida F.F.M. De 1970. Geocronologia do Centro Oeste Brasileiro,

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.

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE), 2019. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS). Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/> . Acesso em: 09 de junho de 2023.

Junqueira-Brod, T.C., Roig, H.L., Gaspar, J.C., Brod, J.A., Meneses, P.R. (2002). A Província Alcalina de Goiás e a Extensão do seu Vulcanismo Kamafugítico. Revista Brasileira de Geociências, 32(4), p.559-566.

Lacerda Filho J. V., Rezende A., Silva, A. 1999. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM, METAGO S.A., UnB, 2° edição. 184 p.

Lacerda Filho, J. V.; Gollmann, K; Santos, D. R.V.; Martins, F. R.; Souza, J. O.; Carneiro, J. D. S. M.; Meneghini, P. F. V.; Hattingh, K.; Silva, E. R; Eberhardt, D. B. 2021. Projeto geologia e metalogenia da porção oeste de Goiás. CPRM

Laux, J.H., Pimentel, M.M., Dantas, E.L., Armstrong, R., Armele, A., Nilson, A.A., 2004. Mafic magmatism associated with the Goias magmatic arc in the Anicuns region, Goi´ as, central Brazil: Sm-Nd isotopes and new ID-TIMS and SHRIMP U-Pb data. J. S. Am. Earth Sci. 16, 599–614.

Laux, J.H., Pimentel, M.M., Dantas, E.L., Armstrong, R., Junges, S.L., 2005. Two Neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília belt, central Brazil. J. S. Am. Earth Sci. 18, 183–198.

Martins-Ferreira, M.A.C., Chemale Jr., F., Dias, A.N.C., Campos, J.E.G., 2018. Proterozoic intracontinental basin succession in the western margin of the S˜ ao Francisco Craton: constraints from detrital zircon geochronology. J. S. Am. Earth Sci. 81, 165–176.

Meneses, P. R.; Almeida, T. (2012) Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. 1. ed. Brasília: CNPq. v. 1. 256p.

Miller, H.G. & Singh V. (1994). Potential Field Tilt - a new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics, 32: 213-217.

Pena, G.S.; Figueiredo, A.J. Projeto Alcalinas – Relatório Final. Goiânia: DNPM/CPRM, 1972. 143 p. (Conv. DNPM/CPRM). PIMENTEL, M.M.; FUCK, R.A. Características geoquímicas e isotópicas de unidades metavulcânicas e ortognáissicas neoproterozóicas do oeste de Goiás. Boletim da Sociedade. Brasileira de Geologia – Núcleo Centro-Oeste, n.15, p.1-22, 1992b.

Pimentel M.M. 1992. Reajuste do sistema isotópico Sm-Nd durante o Neoproterozóico em gnaisses do oeste de Goiás. Revista Brasileira de Geociências, 22:1-7.

Pimentel, M. M. 1985. A Sequência Vulcano-Sedimentar de Arenópolis-GO: Petrologia Ígnea e Metamórfica, Contexto Geotectônico e Considerações Metalogenéticas Preliminares. Tese de Mestrado. Universidade de 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.; 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, 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., 2016. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. Braz. J. Geol. 46, 67–82. https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150004.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., 1986. Geologia da Sequência Vulcano-sedimentar de Arenópolis (GO). Rev. Bras. Geociências 16 (2), 221–223.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., 1987. Origem e evolução das rochas metavulcânicas e metaplutônicas da região de Arenópolis (GO). Rev. Bras. Geociências 17 (1), 2–14.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. Geology 20, 375–379.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Cordani, U.G., Kawahista, K., 1985. Geocronologia de rochas graníticas e gnáissicas da região de Arenópolis-Piranhas, GO. Rev. Bras. Geociências 15 (1), 3–8.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Jost, H., Ferreira Filho, C.F., Araújo, S.M., 2000. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A., Rio de Janeiro, p. (Eds.), Tectonic Evolution of South America, pp. 195–229.

Pimentel, M.M., Heaman, L., Fuck, R.A., 1991. Zircon and sphene U-Pb geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goias, ´ central Brazil. J. S. Am. Earth Sci. 4 (4), 295–305.

Pimentel, M.M., Heaman, L., Fuck, R.A., 1991. Zircon and sphene U-Pb geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goias, ´ central Brazil. J. S. Am. Earth Sci. 4 (4), 295–305.

Pimentel, M.M., Hollanda, M.H.B.M., Armstrong, R., 2003. Shrimp U-Pb age and Sr-Nd isotopes of the Morro do Baú mafic intrusion: implications for the evolution of the Arenopolis volcano-sedimentary sequence, Goiás Magmatic Arc. An Acad. Bras Ciencias 75 (3), 331–339.

Pimentel, M.M., Jost, H., Fuck, R.A., 2004. O Embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás, in: Geologia Do Continente Sul-Americano: Evolução Da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Ed. Beca, São Paulo, pp. 356–368.

Rev. Bras. Geociências 19 (1): 6-26.

Ribeiro, V.B.; Mantovani, M.; Louro, V. H. A. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. Terrae Didatica, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2015. DOI: https://doi.org/10.20396/td.v10i1.8637386.

Rodrigues, J.B., Gioia, S.M.C.L., Pimentel, M.M., 1999. Geocronologia e Geoquímica de ortognaisses de Região entre Iporá e Firminopolis: Implicações para a Evolução do Arco Magmático de Goiás. Rev. Bras. Geociencias 29 (2), 207–216.

Sano E. E., Dambrós L.A.,Césarde Oliveira G., Brites R.S. 2007. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: Cânone Editoração Ltda (eds.) A encruzilhada socioambiental biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado. Goiânia, 85-100p.

Seer, H.J., 1985. Geologia, deformação e mineralização de cobre no complexo vulcano sedimentar de Bom Jardim de Goi´ as. UnB, Master thesis, p. 181.

Snoke, A.W. & Calk, L.C. - 1978 – Jackstraw-textured talc-olivine rocks, Preston Peak area, Klamath Mountains, California. Geol. Soc. Am. Bull., 89:223-230.

Trompette, R. 1994. Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African- Brasiliano Aggregation of South America and Africa. A. A. Balkema Edition, Rotterdam, 350 p.

Uhlein A., Fonseca M.A., Seer H.J., Dardenne M. A. 2012. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília - Setores Setentrional e Meridional. Geonomos, 20 (2): 01-14.

ANEXO I: FICHAS PETROGRÁFICAS

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P54C **Unidade:** Córrego Santo Antônio **Coordenadas:**

Descrição macroscópica:

Rocha de granulação fina a densa, foliada. Apresenta camadas centimétricas a milimétricas de cor branca com tons avermelhados. Bastante alterada.

Foto Macroscópica

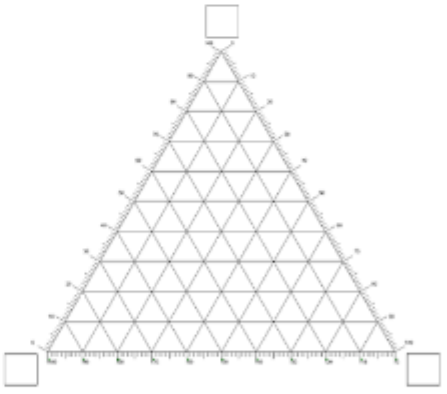
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Muscovita	20	Opacos	5	Sericita	50
Quartzo	25				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

- **Muscovita:** São caracterizadas por cristais de hábito lamelar de granulação fina a densa.
- **Quartzo:** Ocorre como bandas não contínuas de dimensão 0,5 mm. Incolor, relevo baixo, anedrais com granulação de 0,05 a 0,1 mm, cor de interferência de cinza a amarelo de 1ª ordem e extinção ondulante em alguns domínios. Textura granoblástica na matriz e ocorre também como sigmóides de tamanho 3 mm com cristais granoblásticos com contatos arredondados a engolfado.
- **Sericita:** Coloração bege de aspecto "sujo", anédricos com granulação densa que não ultrapassa 0,2 mm, cor de interferência alta de 3ª ordem.
- **Opacos:** mineral isotrópico, estirado que se acomodam na foliação da rocha definindo a foliação.

Diagrama Composicional



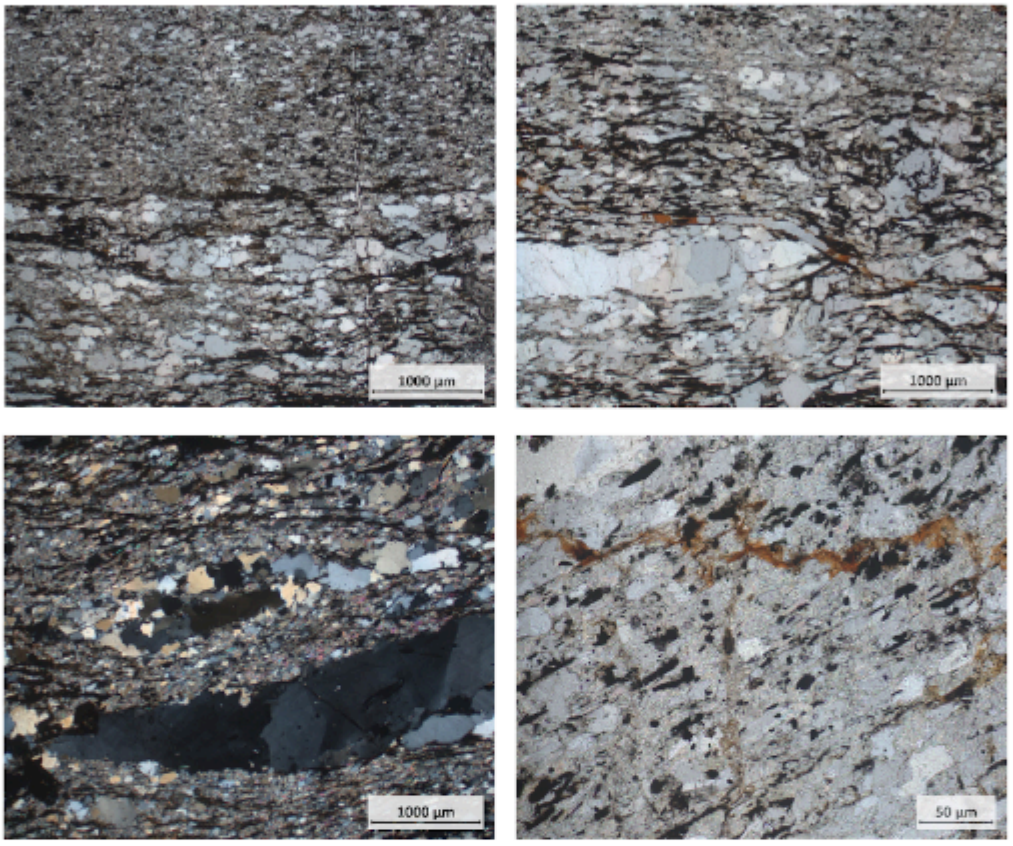
Paragênese: **Muscovita + quartzo**

Textura: Rocha foliada, com dois domínios bem definidos. Um domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita e muscovita a granoblástica definida por cristais de quarto. Outro domínio de textura milonítica definida pelos minerais de sericitas e opacos, cortando sigmóides de quartzo.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador paralelo, visão geral com dois domínios de foliação.
Polorizador paralelo, observa-se domínio com textura milonítica definida pelos minerais de sericitas e opacos, cortando sigmóides de quartzos.
Polorizador cruzado, observa-se domínio com textura milonítica definida pelos minerais de sericitas e opacos, cortando sigmóides de quartzos.
Polorizador cruzado, domínio de granulação densa com textura lepidoblástica definida pelos cristais de sericita, muscovita e opacos.

Interpretação e Discussão

Trata-se de uma rocha recristalizada, com protólito rico em alumínio, sódio e potássio. O estiramento e a textura lepidoblástica definida pela muscovita e a formação de sigmóides de quartzo com extinção ondulante indicam que a rocha passou por um processo de deformação que resultou na sua foliação atual. A observação de sericita indica um outro processo de alteração pelo qual a rocha deve ter sido submetida, que é a hidratação do plagioclásio a baixas temperaturas.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
	Xisto Verde	Quartzo-muscovita xisto

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P74 **Unidade:** Gnaisse Arenópolis **Coordenadas:**

Descrição macroscópica:

Rocha leucocratica, com granulação de fina a média, com foliação milonitica bastante penetrativa. Composta pelos minerais essenciais: quartzo, felspato potássico, biotita, plagioclásio e hornblenda

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	33	Rutilo	>1	Epidoto	3
Feldspato Potássico	24	Opacos	>1		
Biotita	19				
Plagioclásio	15				
Hornblenda	4				

Descrição Microscópica — Orientada [X]

- **Quartzo:** Cristais anedrais que surgem de forma agregada, de granulação fina variando entre 0,2 a 1,6 mm, cor de interferência cinza a amarelo de 1ª ordem e extinção ondulante. Textura granoblástica com contato lobado, suturado a serrilhado nos cristais com maior dimensão, e nos cristais menores o contato é poligonal. Também ocorre como porfiroblastos assimétricos com cerca de 0,5 mm, contornados por biotita.
- **Feldspato potássico:** Subhedral de granulação entre 0,4 a 0,8 mm, incolor e sem pleocroísmo. Maclas com textura em xadrez, indicando microclínio. Muitos cristais são micropertíticos. Apresentam textura granoblástica associados com cristais de epidoto.
- **Biotita:** Cristais alongados lamelares com textura lepidoblástica definido a foliação milonítica. Forte pleocroísmo de marrom escuro a amarelo alaranjado, relevo médio, com extinção paralela e mosqueada.
- **Plagioclásio:** Não foi possível medir o teor de anortita. Cristais subhedrais, incolor, granulação entre 0,4 a 0,8 mm e com maclas polissintéticas. . Muitos cristais são saussuritizados e/ou sericitizados. Presença de textura mirmequítica nos cristais de plagioclásio que estão em contato com os cristais de feldspato potássico.
- **Epidoto:** Agregados de cristais alongados, sem pleocroísmo de cor amarelo pálido, relevo alto, cor de interferência alta de 3ª ordem e extinção mosqueada. Ocorrem predominantemente associados com plagioclásio e hornblenda, tanto nas bordas como dentro dos cristais.
- **Hornblenda:** Cristais pseudo-prismáticos, com forte pleocroísmo variando de amarelo pálido a verde escuro.
- **Rutilo:** Cristais disseminados de hábitos anédricos, coloração vermelha marrom e granulação 0,005 mm.
- **Opacos:** Cristais granulares, dispersos na matriz.

Diagrama Composicional

Q= 45,8%
A= 33,4%
P= 20,8%



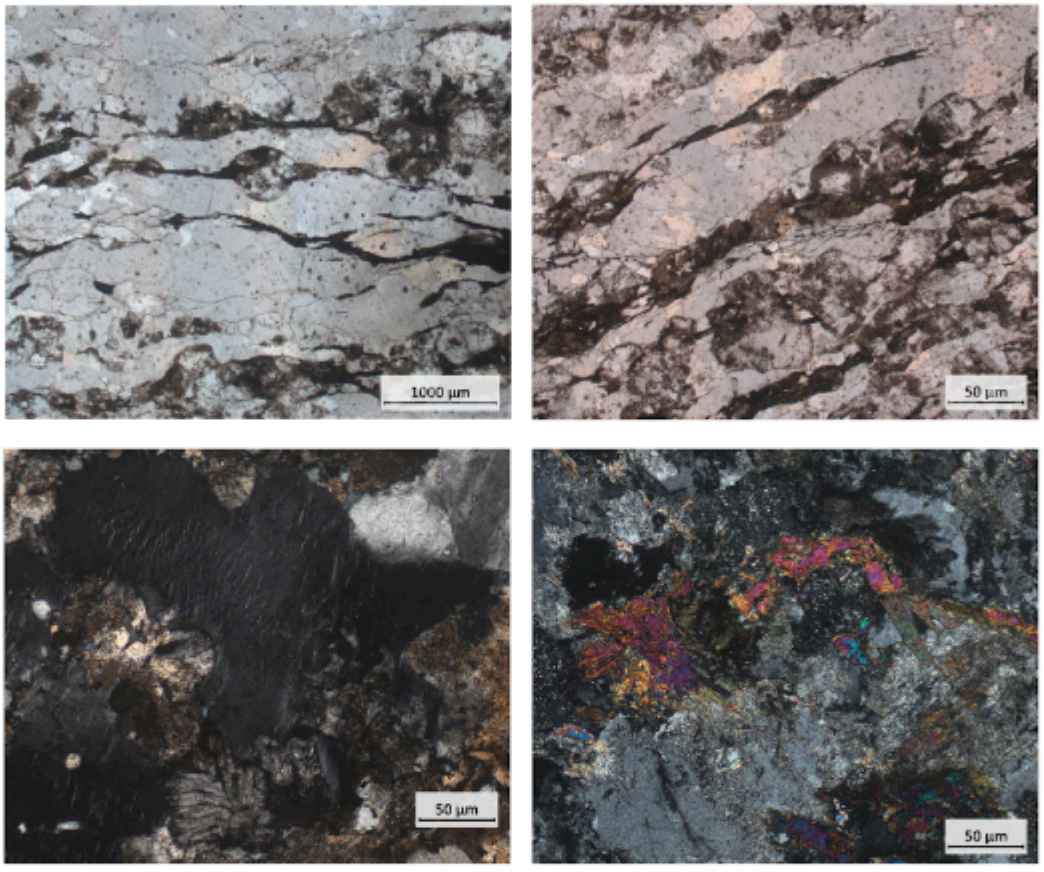
Paragênese:
quartzo + KF + biotita + plagioclásio + hornblenda

Textura: Rocha com foliação milonítica definida por agregados granoblásticos de composição félsica e cristais nematoblásticos de composição máfico (biotita e hornblenda). Ocorrem estruturas assimétricas, como foliação do tipo mica fish e porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo e plagioclásio, com cinemática dextral.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador paralela, foliação milonítica com estrutura assimétricas de porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo, definido por biotita. Cinemática dextral.
Polorizador paralela, foliação milonítica com estrutura assimétricas de porfiroblastos pré-cinemáticos de quartzo, definido por biotita. Cinemática dextral.
Polorizador cruzada, observa-se cristais de feldspato potássico com textura micropertítica e plagioclásio com textura mirmequítica.
Polorizador cruzada, agregados de cristais alongados de epidoto.

Interpretação e Discussão

A associação mineral sugerem se tratar de uma rocha granítica metaluminosa. As estrutura e texturas observadas sugerem que a rocha foi submetida a um regime dúctil-rúptil associado a processos deformacionais com componente de cisalhamento formando feições assimétricas, como sigmoides de quartzo. A textura granoblástica, com os contatos entre os grãos de quartzo e plagioclásio entre suturado e poligonal, devido à recristalização pelo mecanismo de *grain boundary migration,* o que sugere que a rocha foi metamorfizadas em condições de de alta pressão e temperatura

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígnea felsica-monzogranito	Anfibolito	hornblenda-biotita milonito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P99 **Unidade:** SMVS Arenópolis-Piranhas - Corrego Santo Antonio **Coordenadas:**

Descrição macroscópica:

Rocha de coloração cinza azulado, maciça e granulação densa

Foto Macroscópica



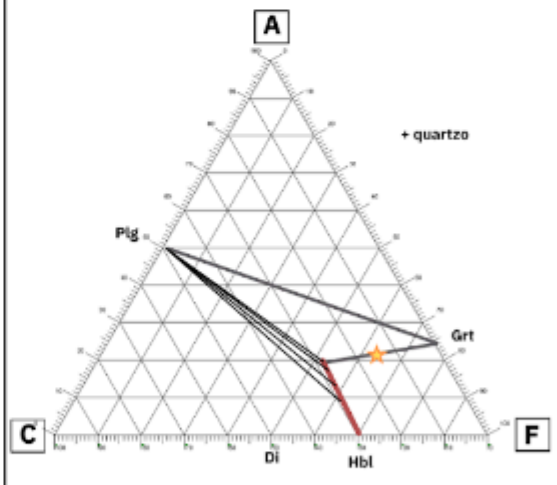
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	40	Rutilo	1		
Granada	33	Titanita	6		
Quartzo	20				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

- **Hornblenda**: São caracterizados por cristais subédricos sub prismáticos com tamanhos que variam de 0,01 a 1 mm. Apresentam textura diablástica formado por contatos poligonais. Possui um forte pleocroísmo que varia de verde escuro a amarelo claro e cores de interferência entre verde a laranja de 2ª ordem. Clivagem perfeita com uma direção na seção prismática e formato losangular nas seções basais, com sinal de elongação positiva.
- **Granada**: São agregados de 0,0025 a 0,01 mm, subarredondados e bastante fraturados. Coloração bege claro, sem pleocroísmo e isotrópico. Cores de interferência de cinza a amarelo de 2ª ordem. Textura granoblástica com contatos poligonais à curvados
- **Quartzo**: Ocorrem em domínios de agregados anédricos de 0,0025 a 0,5 mm, incolor e relevo baixo. Textura granoblástica com contatos poligonais a lobados.
- **Titanita:** Cristais anédricos e coloração amarronzada, de tamanho 0,0025, formando "clusters". Cores de interferência são mascaradas pela cor no mineral.
- **Rutilo:** Cristais disseminados de hábitos anédricos, coloração vermelha marrom e granulação 0,005 mm.

Diagrama Composicional



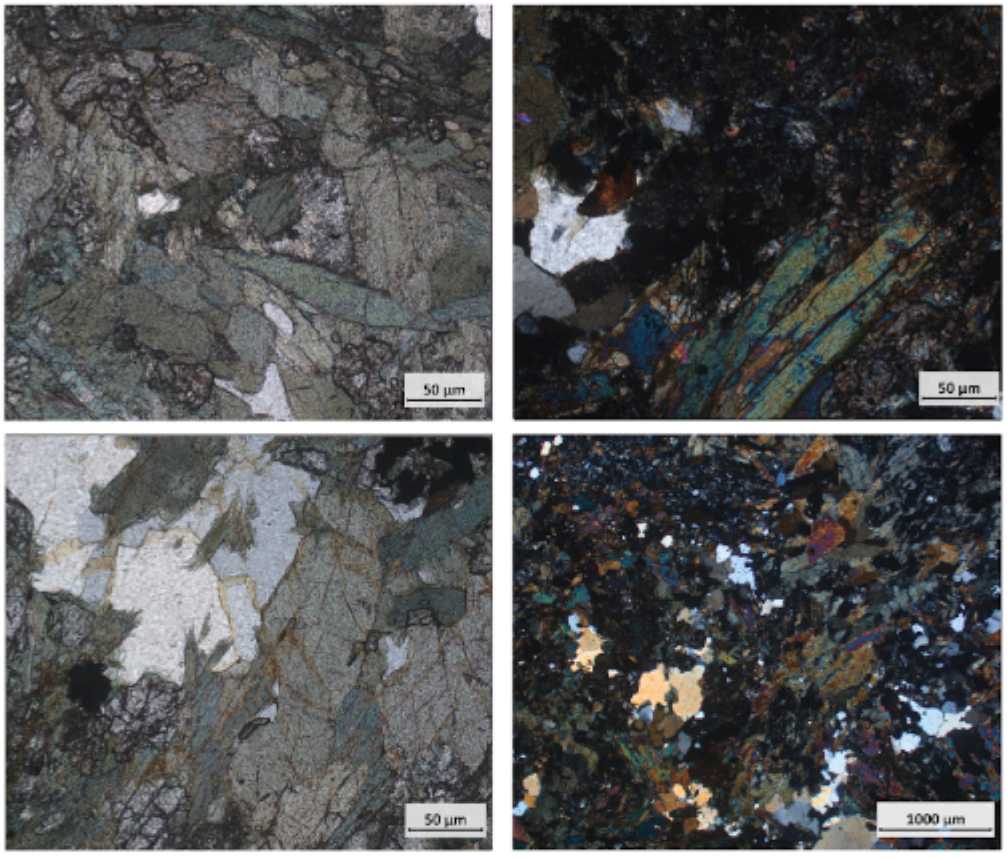
Paragênese: Hornblenda + granada + quartzo

Textura: Rocha sem foliação aparente com textura diablástica a granoblástica com contatos poligonais à curvados.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador paralelo, visão geral da rocha sem foliação aparente com textura diablástica a granoblástica com contatos poligonais da hornblenda, granada e quartzo.
Polorizador cruzado, visão geral da rocha sem foliação aparente com textura diablástica a granoblástica com contatos poligonais da hornblenda, granada e quartzo.
Polorizador paralelo, contatos lobados dos grãos de quatzo. Além disso, observa-se hornblenda e granada.
Polorizador cruzado, visão geral sem foliação aparente com textura diablástica a granoblástica com contatos poligonais.

Interpretação e Discussão

O prótolito desta rocha é bastante rica em CaO, FeO e MgO provavelmente de origem ígnea básica. A ausência de plagioclásio pode está relacionado com o fato da rocha se encontrar na sombra de pressão do corpo intrusivo granito Serra do Iran, no qual pode ser a atribuída às reações de contato da encaixante com fluidos magmáticos expelidos pelo corpo granito e remobilizado os íons do plagioclásio e formando granada e titanita.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígneo Básico	Anfibolito	quartzo-granada-hornblenda *fels*

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P191 **Unidade:** SMVS Arenópolis-Piranhas - Córrego Santo Antônio **Coordenadas:**

Descrição macroscópica:

Rocha sem foliação aparente com textura diablástica marcada pelas hornblendas a granoblástica com contatos poligonais entre os cristais. Ocorrem veios de largura de 0,1 mm composto por clorita.

Foto Macroscópica



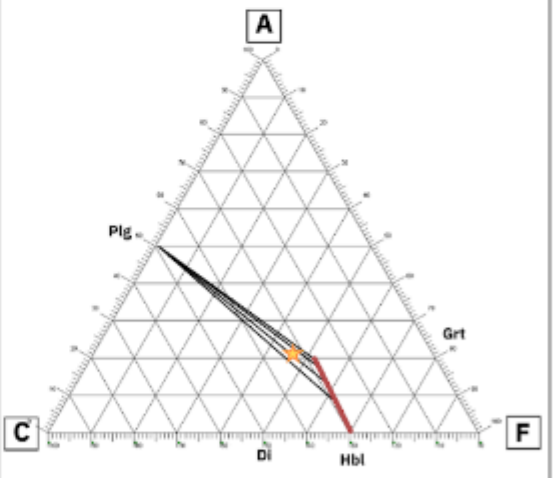
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Horblenda	58	Ilmenita	2	Clorita	13
Plagioclásio	22			Titanita	7

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

- **Hornblenda:** Cristais prismáticos alongados de granulação 0,05 a 1 mm, com forte pleocroísmo de amarelo pálido a verde pálido com cor de interferência alta. Clivagem perfeita com uma direção na seção prismática e formato losangular nas seções basais. Textura nematoblástica com contatos predominantemente poligonais
- **Plagioclásio:** Cristais bastante saussuritizados com tons acinzentados e poucos domínios incolor. Em alguns cristais é possível observar maclas polissinténtica lei da albita. Ocorre na amostra em domininos disseminados
- **Titanita:** Cristais globulares de dimensão 0,015 mm, relevo alto e coloração de marrom pálido. Ocorrem associados com cristais opacos de illmenita
- **Clorita:** Ocorre em veios e fraturas presentes na rocha.Incolor, sem pleocroísmo e cor de interferência de azul "berlim"
- **Ilmenita:** granulares associados com titanita

Diagrama Composicional



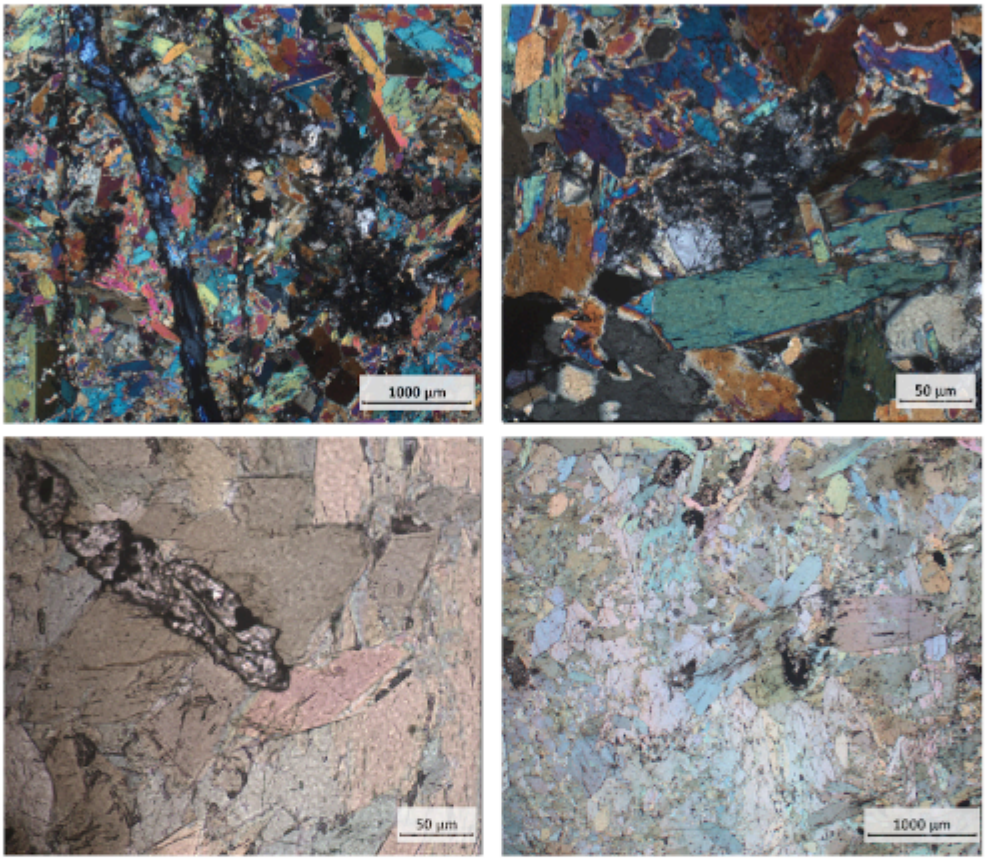
Paragênese: Hornblenda + plagioclásio

Textura: Rocha sem foliação aparente com textura diablástica marcada pelas hornblendas a granoblástica com contatos poligonais entre os cristais. Ocorrem veios de largura de 0,1 mm composto por clorita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador cruzado, observa-se veio de clorita atravessando a trama da rocha.
Polorizador cruzado, observa-se a textura diablástica da rocha marcada pela hornblenda.
Polorizador paralelo, observa-se cristal globular de titanita, com relevo alto.
Polorizador paralelo, visão geral da rocha.

Interpretação e Discussão

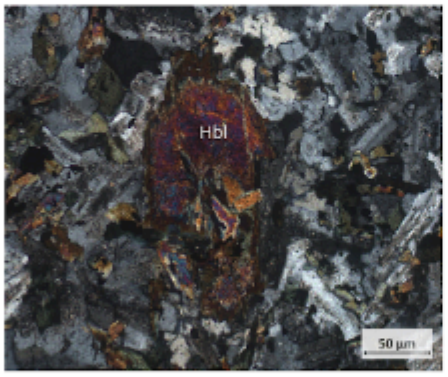
O prótolito desta rocha é bastante rica em CaO, FeO e MgO e de origem ígnea básica. A paragênese metamórfica com contatos poligonais de hornblenda e plagioclásio indicam um grau metamórfico de anfibolito.

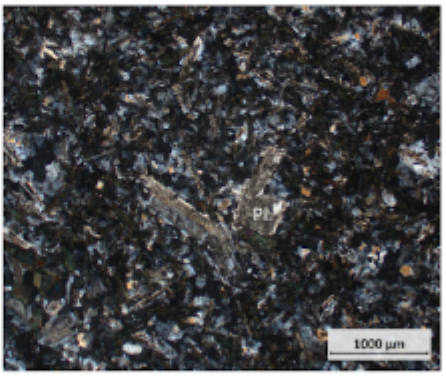
Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígneo Básico	Anfibolito	plagioclásio-hornblenda *fels*

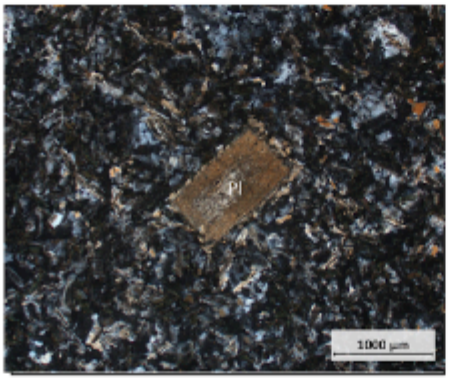
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

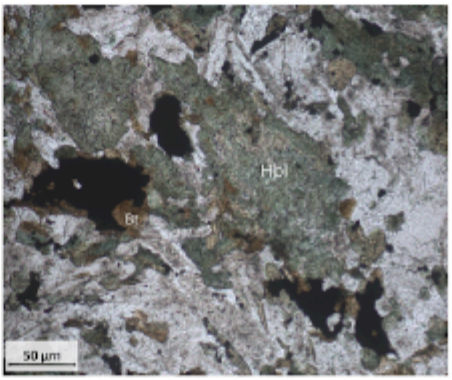
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias









Legenda Micrografias

Cristal de hornblenda apresentando cores de interferência anômalas, indicando alteração para biotita. Imagem a polarizador cruzado.
Fenocristais de plagioclásio saussuritizado na matriz da rocha, que é composta predominantemente de hornblenda e plagioclásio. Imagem a polarizador cruzado.
Fenocristal de plagioclásio saussuritizado na matriz da rocha, que é composta predominantemente de hornblenda e plagioclásio. Imagem a polarizador cruzado.
Fenocristal de hornblenda exibindo alteração para biotita. São observados também opacos, que geralmente se convontram associados a biotita. Imagem a polarizador paralelo.

Interpretações

Rocha plutônica devido ao seu grau de cristalinidade holocristalina, a partir do cálculo da moda, foi classificado como diorito, uma rocha mesocrática, intermediária e félsica. Apresenta textura porfirítica hipidiomórfica.Devido à sua classificação e mineralogia (com uma matriz composta principalmente de hornblenda e plagioclásio), aparenta ser uma fácies menos desenvolvida da Unidade Serra do Iran, que é predominantemente ácida.

Apresenta textura de sobrecrescimento, com zonamento nos cristais de plagioclásio, onde o centro está enriquecido com cálcio, demarcado pela saussuritização e sericitização.

Além disso, apresenta texturas secundárias nos minerais máficos presentes decorrente da hidratação em baixa temperatura dos mesmos, com piroxênio se alterando para hornblenda e hornblenda se alterando para biotita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P81B **Unidade:** Gnaisse Arenopólis **Coordenadas:** 435601 E 8186097 S

Descrição macroscópica:

Rocha de coloração verde clara, maciça, tato sedoso e magnetica. Composto por serpentina com hábito fibroso, talco e magnetita

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Serpentina	50	Opacos	10		
Talco	40				

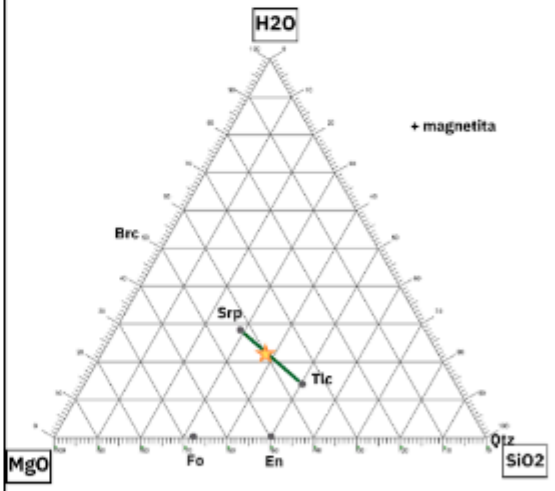
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Serpentina: Cristais incolor, sem pleocroísmo e relevo baixo, com hábito asbestiforme a fibroso, com textura de mesh e granulação entre 0,02 a 0,1 mm. Cores de interferência de cinza de 1ª ordem.

Talco: Ocorrem como cristais subédricos fibrosos e lamelares, com dimensões que variam de 0,05 a 3,0 mm e organizam-se como agregados sem orientação. Incolor sem pleocroísmo e com relevo baixo. Com cores de interferência altas de 3ª ordem e extinção mosqueada. Os agregados de talco estão englobando cristais de serpentina.

Magnetita: São cristais granulares a estirados, tamanho entre 0,04 a 0,5 mm e associados principalmente nos domínios ricos em talco.

Diagrama Composicional



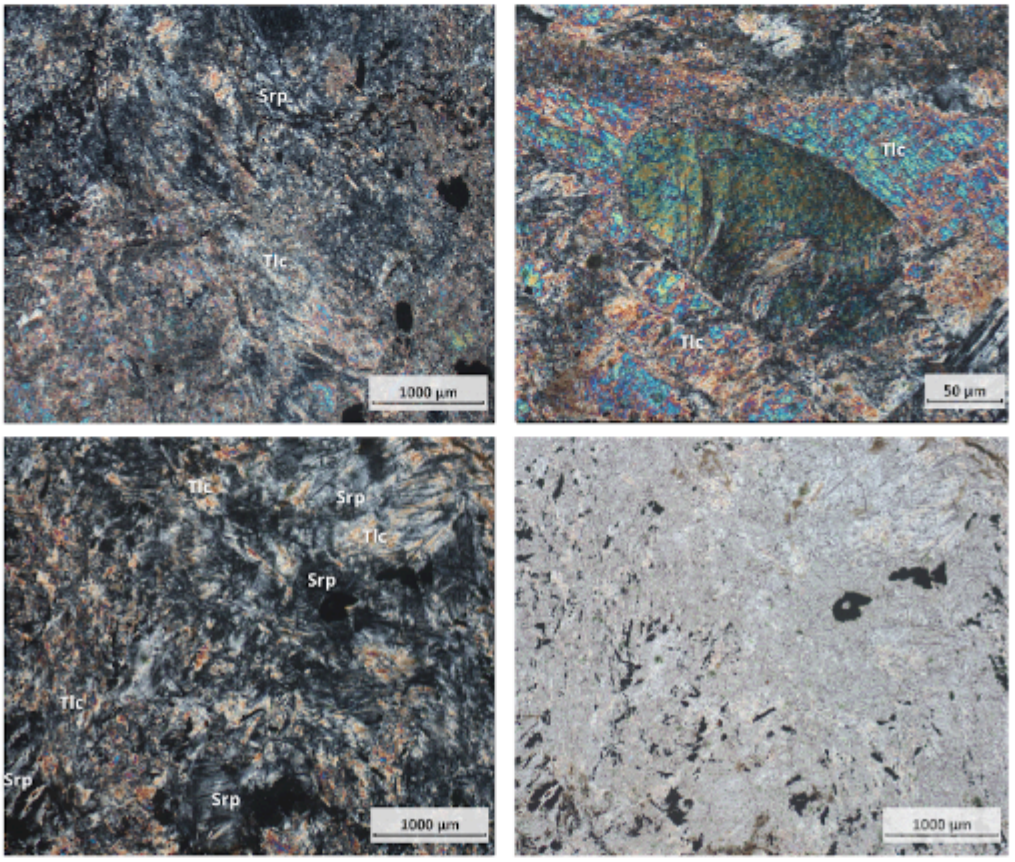
Paragênese: Serpentina + Talco + Magnetita

Textura: Rocha predominantemente isotrópica sem foliação, com os cristais de serpentina e talco ocorrendo com textura fibro radial, mas com domínios de textura diablástica marcados por lamelas prismáticas de talco. Possível observar um possível pseudomorfo de olivina reliquiar de tamanho de 0,2 mm.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador cruzado, talco-Sepertina **fels** sem foliação com cristais de serpentina e talco ocorrendo com textura fibro radial.
Polorizador cruzado, possível observar um possível pseudomorfo de olivina reliquiar de tamanho de 0,2 mm.
Polorizador cruzadp, agregados de talco estão englobando cristais de serpentina. Serpentina com textura *mesh*
Polorizador paralelo, agregados de talco estão englobando cristais de serpentina. Magnetita granulares e estirados associados com talco.

Interpretação e Discussão

O prótolito desta rocha é bastante rica em FeO, Mgo e Cao, provavelmente de uma rocha ígnea ultrabásica. A presença de minerais hidratados, como serpentina e talco indica que houve hidratação de fluído em H2O na rocha , onde é possível encontrar um possível pseudoformo de olivina. A paragênese com serpentina e talco são indicativos de metamorfismo de baixo grau, fácies xisto-verde.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígneo Ultrabásico	Xisto-verde	Talco-Sepertina *fels*

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P83D **Unidade:** Gnaisse Arenópolis **Coordenadas:**

Descrição macroscópica:

Rocha de coloração verde escura, foliada, de textura nematoblástica definida pelos cristais de clorita. Apresenta um leve tato sedoso. Majoritariamente composto por clorita.

Foto Macroscópica

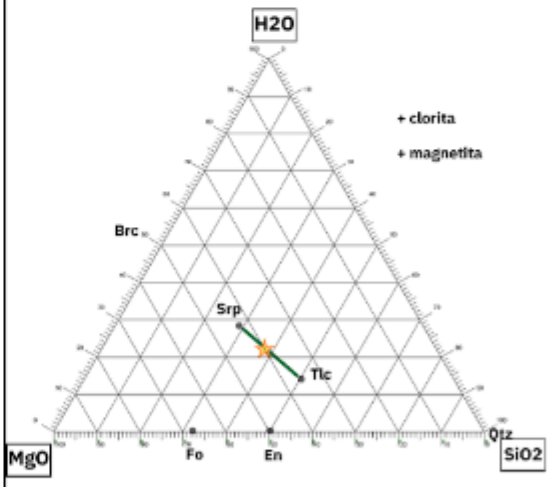
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Clorita	85	Opacos			
Talco	10				
Serpentina	5				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

- **Clorita:** cristais incolores de granulação densa variando entre 0,001 mm a 1 mm. São cristais de relevo baixo, subédrico e placosos com terminações fibrosas, responsável pela foliação principal da rocha, textura lepidoblástica mas que localmente apresenta-se em um arranjo desordenado. Possui extinção subparalela e é comum ocorrer inclusões de opacos.
- **Talco:** Ocorre de forma disseminada. É incolor, hábito prismático fibroso e cor de interferência de 3ª ordem. Possuem dimensões de 0,5 a 3 mm.
- **Serpentina:** Cristais incolor, sem pleocroísmo e relevo baixo, com hábito asbestiforme a fibroso, com textura de mesh e granulação entre 0,2 a 1 mm. Cores de interferência de cinza de 1ª ordem. Ocorrem de disseminados e sempre associados com talco.
- **Magentita:** Caracterizados por cristais de magnetita, possuem aproximadamente 0,5 mm e forma euédrica a aciculares. Associados com serpentina e talco.

Diagrama Composicional



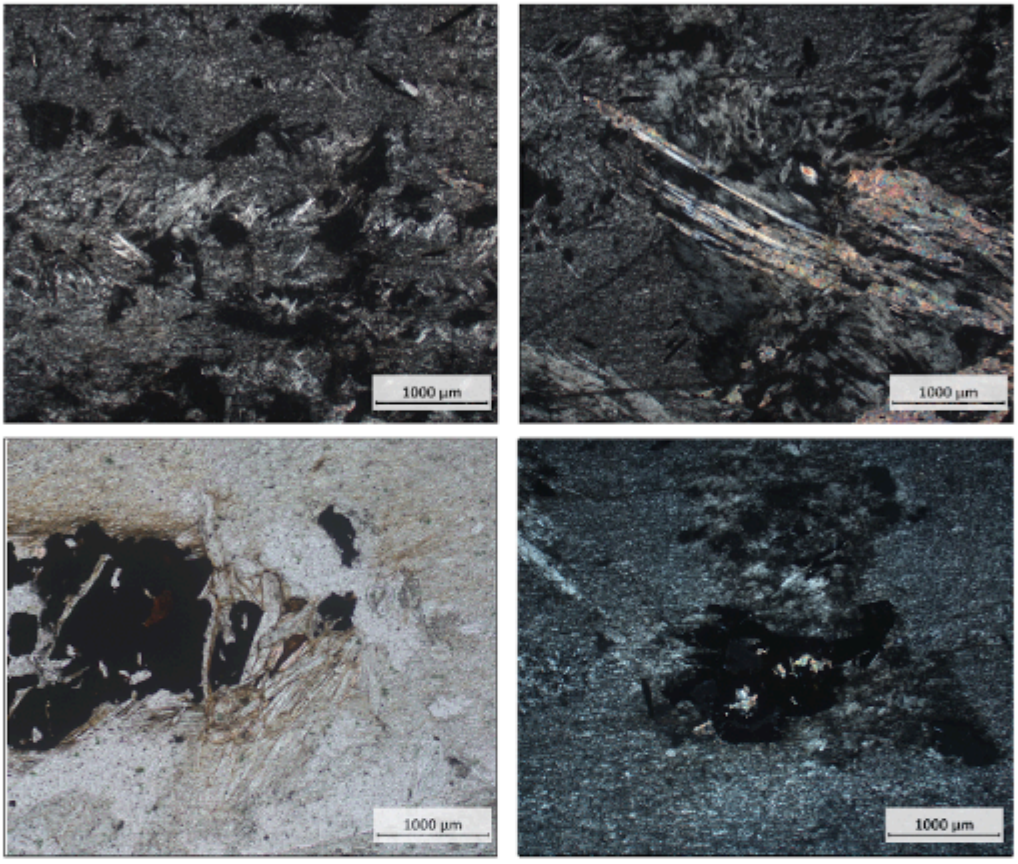
Paragênese: Clorita + Serpentina + Talco + Magnetita

Textura: Rocha foliada com textura predominantemente nematoblástica marcada pela orientação dos cristais de clorita. Ocorrem, de forma não contínua, domínios ricos em talco e serpentina fibro radial sem orientação preferencial.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador cruzado, visão geral do cloritito foliada com textura predominantemente nematoblástica marcada pela orientação dos cristais de clorita.
Polorizador cruzado, domínio não contínuo rico em talco e serpentina fibro radial sem orientação preferencial cortando a foliação.
Polorizador paralelo, observa-se opacos globulares formando "clusters" na rocha
Polorizador cruzado, observa-se um domínio composto por opacos, talco e serpentina. Ocorrem de forma dispersa e sem orientação preferencial.

Interpretação e Discussão

O prótolito desta rocha é bastante rica em FeO, Mgo e Cao, provavelmente de uma rocha ígnea ultrabásica. A presença de minerais hidratados, como serpentina e talco indica que houve hidratação de fluído em H2O na rocha , onde é possível encontrar um possível pseudoformo de olivina. A paragênese com clorita, serpentina e talco são indicativos de metamorfismo de baixo grau, fácies xisto-verde.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígneo Ultrabásico	Xisto-verde	serpentina-talco-clorita xisto

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-P181 **Unidade:** SMVS Arenópolis-Piranhas - Córrego da Onça **Coordenadas:** 432009 E 8185130 S

Descrição macroscópica:

Rocha de coloração cinza azulado escuro e estrutura maciça, apresenta granulação fina a densa que dificulta a observar a textura e os minerais de forma bem definida a olho nú.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais	(%)	Minerais Acessórios	(%)	Minerais Secundários	(%)
Hornblenda	43	Opacos	5		
Plagioclásio	33				
Quartzo	1				
Clinopiroxênio	18				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

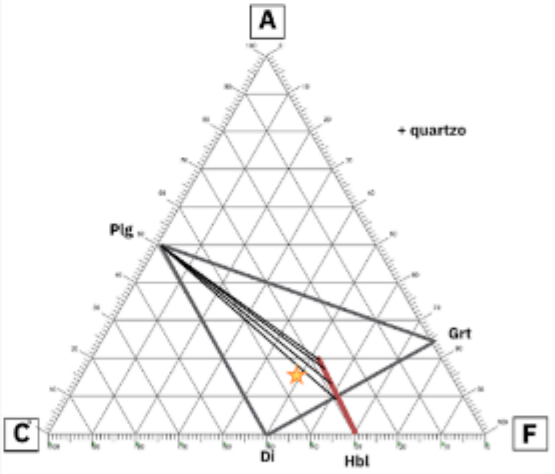
Hornblenda: Ocorrem em dois domínios principais, como cristais subeudrais a anedrais, granulação entre 0,02 a 0,05 mm e textura nematoblástica definindo a foliação principal da rocha. E ocorre também com hábito subprismático alongado, inequigranular de granulação entre 0,5 a 1,5 mm, discordante da foliação e com textura nematoblástica a diablástica com contatos curvados. Possuem um forte pleocroísmo variando de amarelo pálido a verde escuro e cores de interferência entre verde - laranja de 1°.

Clinopiroxênio. Cristais formando agregados subheudrais, com tamanho variando entre 0,01 a 0,08 mm, pleocroísmo fraco de coloração verde pálido e relevo médio. Possuem extinção oblíqua com ângulo médio de 40° com cores de interferência vermelho a azul de 2ª ordem. Em alguns cristais é possível observar uma zonação e contatos lobados com a hornblenda.

Plagioclásio: Cristais subheudrais a anedrais, com tamanho variando de 0,002 a 0,01 mm, incolor a levemente acastanhada, relevo baixo, formando agregados de textura granoblástica acompanhando a foliação, extinção ondulante e cor de interferência de 1ª ordem.
Quartzo: Cristais anedrais arredondados , de granulação fina de 0,01 mm, incolor, relevo baixo, cor de interferência de 1ª ordem, ocorre de forma dispersa.

Opacos: São cristais granulares arredondados a quadrados, de granulação densa a fina 0,002 a 0,08 mm. Ocorrendo principalmente concordante com a foliação e de forma disseminada.

Diagrama Composicional



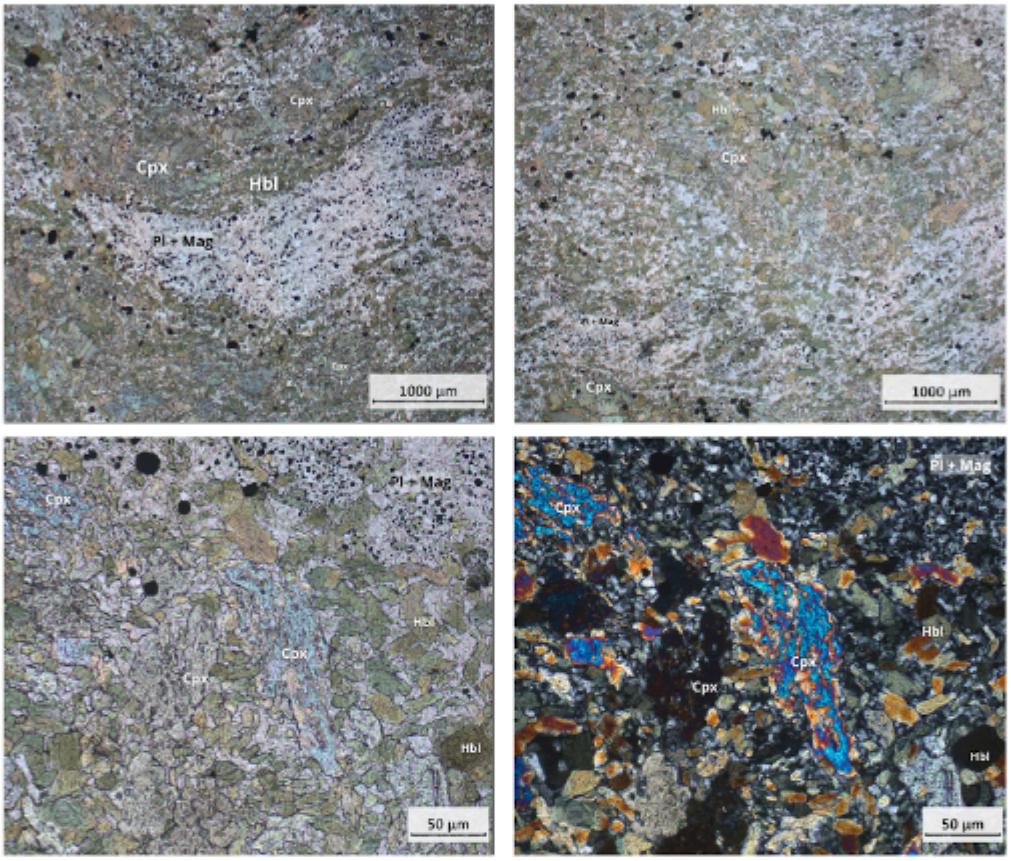
Paragênese:
Horblenda + Plagioclásio + Cpx + Quartzo

Textura: Rocha foliada, onde a foliação é definida principalmente por cristais de hornblenda de granulação de 0,02 a 0,05 mm de textura nematoblástica associadas com agregados granoblásticos de plagioclásio e piroxênio. Em porções da rocha, a foliação é marcada por bandamento composição não contínua e crenulada, onde ocorre bandas de dimensões de 0,05 a 1 mm de composição discriminadas ricas em plagioclásio mais opacos de granulação densa, alternando com bandas compostos por minerais máficos. Também por toda a amostra, ocorre de forma dispersa e sem orientação, domínios com hornblenda e piroxênio de granulação média, textura granoblástica com contato poligonais entre os grãos.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Polorizador paralelo, exibindo a foliação marcada por bandamento composição não contínua e crenulada, onde ocorre bandas de dimensões de 0,05 a 1 mm de composição discriminadas ricas em plagioclásio mais opacos de granulação densa, alternando com bandas compostas por minerais máficos.
Polorizador paralelo, trama textural mostrando a interação domínios não foliados composto por hornblenda e piroxênio de granulação média juntos com os domínios foliados de granulação fina a densa
Polorizador paralelo, cristais de clinopiroxênio contatos lobados com a hornblenda que ocorre no domínio disperso e sem orientação.
Polorizador cruzado, cristais de clinopiroxênio contatos lobados com a hornblenda que ocorre no domínio disperso e sem orientação.

Interpretação e Discussão

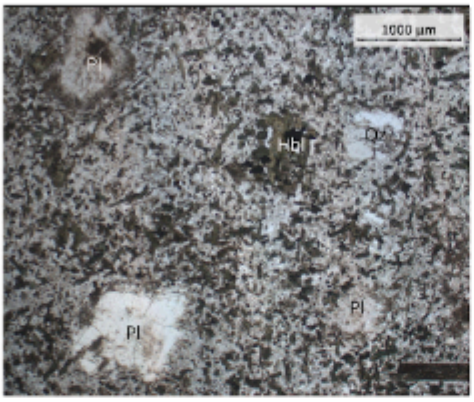
O prótolito desta rocha é bastante rica em CaO, FeO e MgO e de origem ígnea básica. A paragênese metamórfica com contatos poligonais de hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio indicam um grau metamórfico de anfibolito alto. A interpretação que ocorre um retrometamorfismo de fácies anfibolito alto para anfibolito se dar pela estabilização de alguns cristais de piroxênio que estão se alterando formando hornblenda nas bordas e fraturas. A presença de cristais de granulação mais grosa e que ocorrem de forma dispersa foi formada devido um fluído hidrotermal posterior que percolou a rocha.

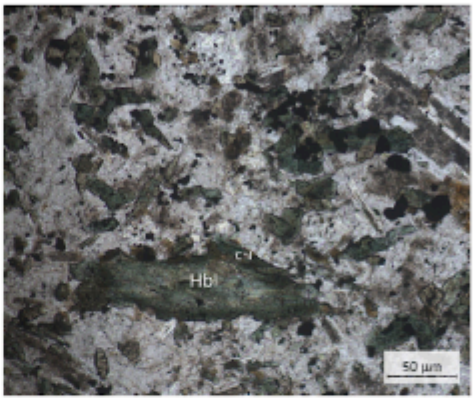
Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Ígneo Básico	Anfibolito alto	Anfibolito

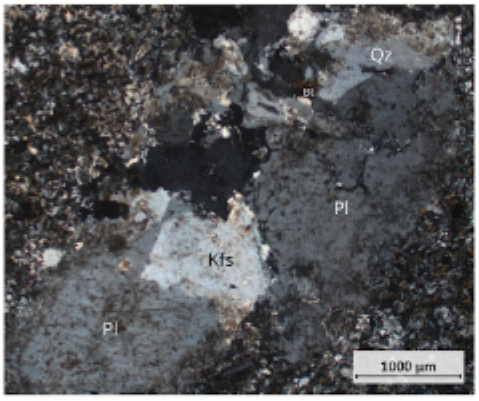
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

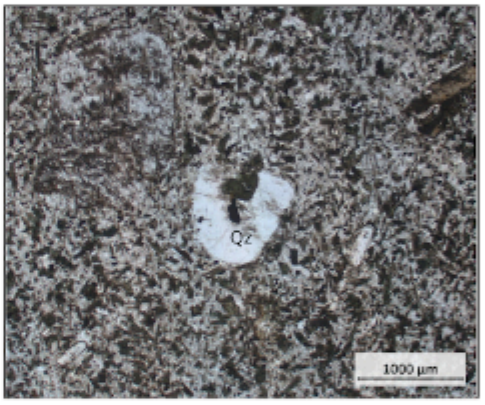
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias









Legenda Micrografias

Xenocristais de quartzo e plagioclásio e fenocristal de hornblenda em matriz predominada por plagioclásio e hornblenda, a polarizador paralelo.
Fenocristal de hornblenda exibindo alteração para clorita, a polarizador paralelo.
Porção xenolítica na rocha, composta de plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e biotita. Imagem a polarizador cruzado.
Xenocristal de quartzo, exibindo engolfamento, a polarizador paralelo.

Interpretações

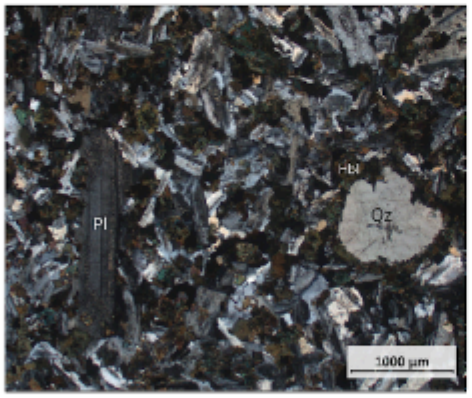
Rocha plutônica devido ao seu grau de cristalinidade holocristalina, a partir do cálculo da moda, foi classificado como quartzo-diorito, uma rocha mesocrática, intermediária e félsica. Apresenta textura porfirítica hipidiomórfica, com presença de muitos xenocristais e xenólitos félsicos dispersos por toda a matriz da rocha, que é composta predominantemente de hornblenda e plagioclásio. Esses xenocristais e xenólitos, com composição de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita, parecem ser uma evidência de hibridização desta rocha, a partir de um processo de *mingling* ocorrido na câmara magmática. Uma evidência que corrobora esta teoria é a observação de engolfamento em cristais de quartzo. Logo, esta rocha pode ser considerado um híbrido entre dois *end members* também analisados na Unidade Granito Serra do Iran: o sienogranito (fácies félsica e leucocrática) e o diorito (fácies mais máfica e mesocrática).

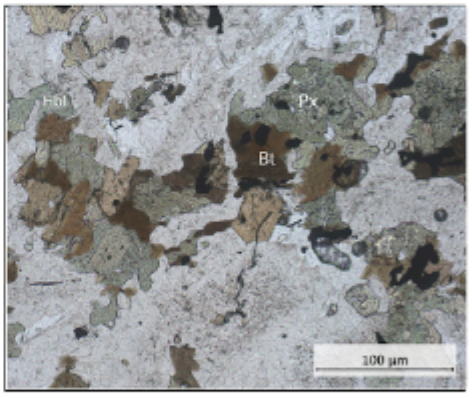
Também apresenta texturas secundárias decorrentes da hidratação a baixas temperaturas. Na hornblenda, ocorre a cloritização, gerando clorita. e nos cristais de plagioclásio, ocorre a sericitização, formando sericita.

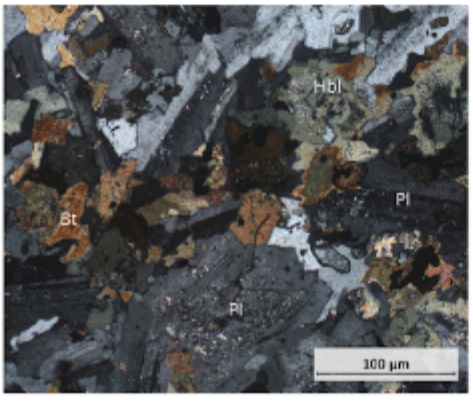
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

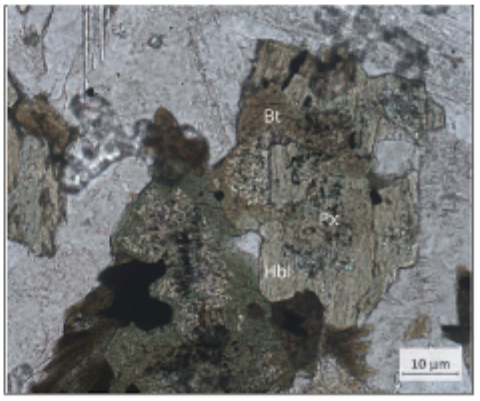
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias









Legenda Micrografias

Xenocristal de quartzo envolto por cristais de hornblenda. Também se observa fenocristal de plagioclásio em matriz predominada por hornblenda e palgioclásio. Imagem a polarizador cruzado.
Cristais de piroxênio que se alteram para hornblenda. A hornblenda, por sua vez, está sendo alterada para biotita, que parece estar associada a opacos. Imagem a polarizador paralelo.
Cristais de plagioclásio exibindo sericitização. Próximo a estes, observa-se biotita secundária formada a partir da hornblenda. Imagem a polarizador cruzado.
Cristal de piroxênio se alterando para hornblenda, que por sua vez se altera para biotita. Imagem a polarizador cruzado.

Interpretações

Rocha plutônica devido ao seu grau de cristalinidade holocristalina, a partir do cálculo da moda, foi classificado como quartzo-diorito, uma rocha mesocrática, intermediária e félsica. Apresenta textura porfirítica hipidiomórfica com presença de xenocristais de quartzo envoltos por cristais de hornblenda. Isto indica uma incorporação de uma fonte muito félsica (como a fácies granítica da Unidade Granito Serra da Iran) neste magma mais básico ou talvez um indício de mistura de magmas de composições diferentes na câmara magmática.

Além disso, apresenta texturas secundárias decorrentes da hidratação a baixas temperaturas. Nos piroxênios, ocorre uralitização, ocasionando na formação de hornblenda secundária. Na hornblenda ígnea primária e secundária, ocorre a biotitização, gerando biotita secundária. Nos cristais de plagioclásio, ocorre a sericitização, formando sericita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-V-143 **Unidade:** Granito Serra do Iran **Coordenadas:**

Descrição macroscópica

Rocha de coloração acinzentada, melanocrática, fanerítica, saturada, com granulação fina (0,01 a 1 mm), e textura equigranular.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
PLAGIOCLÁSIO	27%	OPACOS	10%	SERICITA	11%
HORNBLENDA	23%	APATITA	1%	BIOTITA	7%
QUARTZO	4%			HORNBLENDA	5%
PIROXÊNIO	12%				

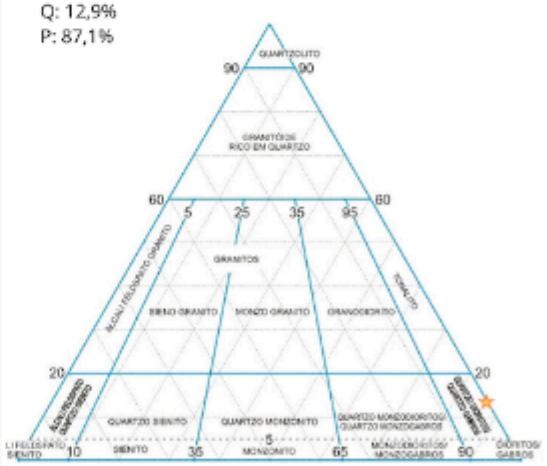
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Rocha holocristalina, porfirítica com presença de xenocristais de quartzo e fenocristais dispersos na matriz, de granulação de densa a média (0,05 a 1,5 mm), hipidiomórfica. Mineralogia da rocha composta por plagioclásio, hornblenda e quartzo.

- **Plagioclásio:** Classificado como Andesina (An50). Cristais subhedrais de granulação de densa a fina (de 0,04 a 0,8 mm) com maclas polissintéticas, muito abundantes na matriz. Muitos cristais são saussuritizados e/ou sericitizados. Também aparecem como fenocristais de granulação média (cerca de 2 mm)
- **Hornblenda Primária:** São caracterizados por cristais subédricos a anédricos com tamanhos que variam de 0,05 a 0,8 mm. Possui um forte pleocroísmo de verde escuro a amarelo claro e cores de interferência de verde a laranja de segunda ordem. Os cristais ocorrem tanto na matriz quanto nas bordas de xenocristais de quartzo coronitico.
- **Piroxênio:** Cristais subhedais a euhedrais apresentam-se alterando para hornblenda na matriz, que por sua vez estão se alterando para biotita.
- **Quartzo:** Cristais anedrais de granulação fina e relevo baixo, que se encontram dispersos na matriz, predominantemente de forma intersticial
- **Opacos:** Cristais isotrópicos, granulares e associados com a matriz.
- **Apatita:** Cristais de hábito acicular como bastões finos, incolor e de relevo baixo. Granulação com cerca de 0,05 mm.
- **Sericita:** Mineral que aparece como produto da sericitização das plagioclásios presentes na rocha.
- **Biotita:** Aparecem na rocha como produto de alteração da hornblenda primária da matriz, de coloração de marrom-claro, com cor de interferência anômala de marrom avermelhado.
- **Hornblenda Secundária:** Cristais anedrais que surgem da alteração do piroxênio, com pleocroísmo de verde escuro a amarelo claro e cores de interferência anômala.

Diagrama Composicional

Q: 12,9%
P: 87,1%

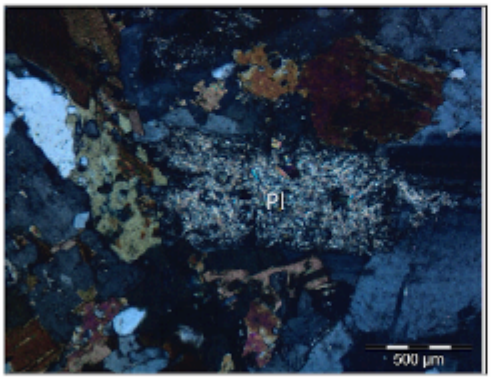


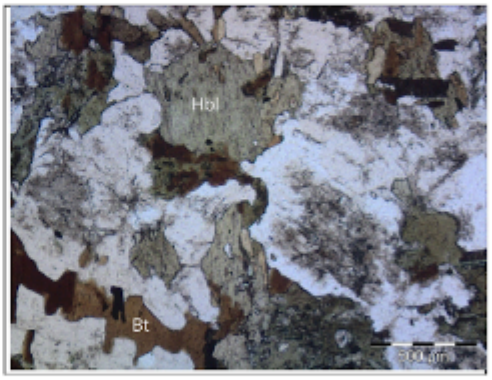
Classificação da Rocha: Quartzo-Diorito

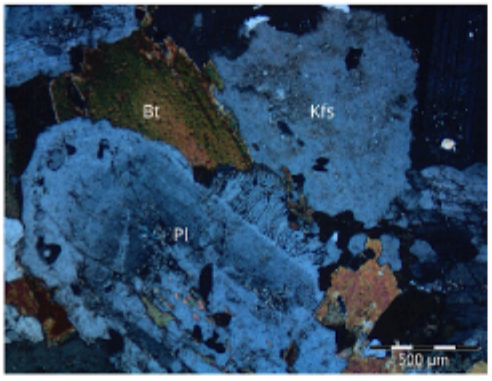
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

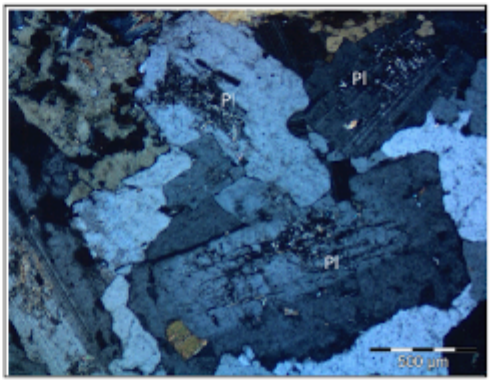
FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias









Legenda Micrografias

Cristal de plagioclásio bastante saussuritizado, a polarizador cruzado.
Cristais de hornblenda (de cor verde) se alterando para biotita (cor marrom), a polarizador paralelo.
Contato entre cristal de plagioclásio e cristal de feldspato potássico, que exibem textura mirmequítica. Imagem a polarizador cruzado.
Cristais de plagioclásio, a ploarizador cruzado, exibindo um centro sericitizado.

Interpretações

Rocha plutônica devido ao seu grau de cristalinidade holocristalina, a partir do cálculo da moda, foi classificado como tonalito, uma rocha mesocrática, intermediária e félsica. Apresenta textura inequigranular hipidiomórfica. Apresenta textura de intercrescimento e sobrecrescimento de cristais ocorridos durante a sua cristalização na câmara magmática. Como textura de sobrecrescimento, observa-se zonamento nos cristais de plagioclásio, onde o centro está enriquecido com cálcio, demarcado pela saussuritização e sericitização. As principais texturas de intercrescimento são a presença de pertita nos cristais de feldspato potássico e presença de mirmequita nos cristais de plagioclásio que estão em contato com os cristais de feldspato potássico.

Além disso, apresenta textura secundária de biotitização, no qual os cristais de hornblenda estão se alterando para biotita a partir da hidratação da hornblenda, fazendo com que coexistam na rocha dois tipos de biotita: a biotita ígnea, formada durante a cristalização da rocha, e a biotita secundária, proviniente da alteração da hornblenda.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-AV-P138 **Unidade:** Granito Serra do Iran **Coordenadas:**

Descrição macroscópica

Rocha de coloração escura, mesocrática, fanerítica, saturada, com granulação média (0,3 a 0,8 cm), e textura equigranular.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
QUARTZO	1%	APATITA	1,5%	CLORITA	5%
PLAGIOCLÁSIO	38%	OPACOS	9%	SERICITA	16%
HORNBLENDA	24%			BIOTITA	2%
PIROXÊNIO	3,5%				

Descrição Microscópica

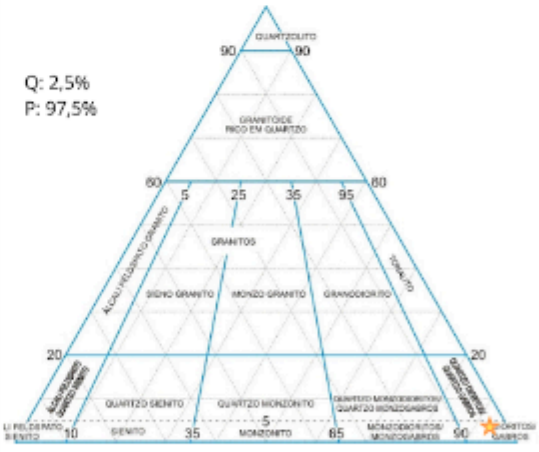
Orientada ☐

Rocha holocristalina, porfirítica, de granulação média (0,05 a 1,5 mm), hipidiomórfica. Matriz composta principalmente de plagioclásio e hornblenda e fenocristais também de hornblenda e plagioclásio. Além disso, possui piroxênio, quartzo, apatita, opacos, sericita e biotita.

- **Plagioclásio:** Classificado como Andesina (An45). Cristais subhedrais de granulação densa a fina (de 0,04 a 0,8 mm) com maclas polissintéticas e muitas vezes são saussuritizados e/ou sericitizados, muito abundantes na matriz. Também aparecem como fenocristais de granulação média (cerca de 2 mm). Os fenocristais também apresentam texturas de saussuritização e sericitização.
- **Hornblenda:** Cristais subhedrais na matriz, de granulação densa a fina (de 0,04 a 0,8 mm), de coloração verde-escuro e pleocroísmo de amarelo-claro a verde-escuro, muito abundantes em toda a matriz da rocha. Também são encontrados como fenocristais de granulação média (cerca de 2 mm). Em ambos os casos é possível observar biotita se formando a partir da alteração da hornblenda.
- **Quartzo:** Cristais anedrais de granulação fina (cerca de 0,3 mm) dispersos na matriz. Aparecem de forma intersticial e em pequenas quantidades.
- **Piroxênio**: Cristais subhedrais, muito alterados. Na maior parte das vezes, encontram-se totalmente alterado para hornblenda.
- **Apatita:** Cristais de hábito acicular como bastões finos, incolor e de relevo baixo. Granulação com cerca de 0,05 mm.
- **Opacos**: Cristais isotrópicos, granulares, geralmente associados com a biotita.
- **Sericita:** Mineral que aparece como produto da sericitização das plagioclásios presentes na rocha.
- **Biotita:** Aparecem na rocha como produto de alteração da hornblenda, de coloração de marrom-claro, com cor de interferência anômala de marrom avermelhado.

Diagrama Composicional

Q: 2,5%
P: 97,5%



Classificação da Rocha: Diorito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-AV-P138B **Unidade:** Granito Serra do Iran **Coordenadas:**

Descrição macroscópica

Rocha de coloração acinzentada, melanocrática, subfanerítica, saturada, com granulação fina (0,01 a 1 mm), e textura porfiritica com porções félsicas (possível xenólito) que contém xenocristais de quartzo, de plagioclásio e de feldspato potássico de granulação de 3 mm.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
QUARTZO	6%	APATITA	2%	CLORITA	4%
PLAGIOCLÁSIO	35%	OPACOS	10%	SERICITA	4%
HORNBLENDA	35%				
BIOTITA	4%				

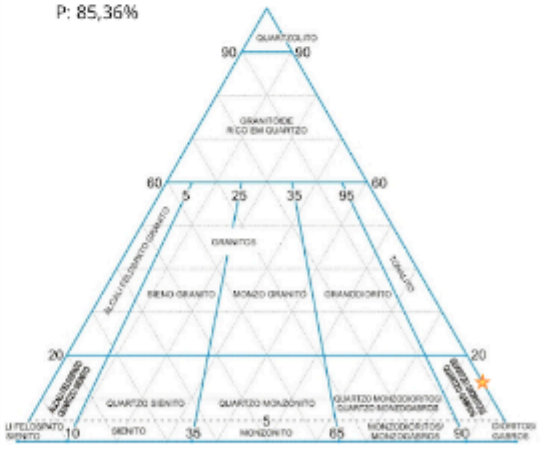
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Rocha holocristalina, porfirítica com presença de xenocristais e fenocristais dispersos na matriz, de granulação média (0,05 a 1,5 mm), hipidiomórfica. Mineralogia da rocha composta por plagioclásio, hornblenda, biotita, quartzo, apatita, opacos, sericita e clorita.

- **Plagioclásio:** Classificado como andesina (An48). Cristais subhedrais de granulação densa (de 0,05 a 0,1 mm) com maclas polissintéticas. Muitos cristais são saussuritizados e/ou sericitizados. Também aparece na rocha como xenocristais de granulação média (0,5 a 1 mm) e em porções agregadas com quartzo, biotita e feldspato potássico.
- **Hornblenda:** Cristais subhedrais, ocorrendo tanto na matriz como fenocristais de granulação densa a média (0,02 a 1 mm), com pleocroísmo de verde-claro a verde. Nos fenocristais é evidente a alteração para biotita.
- **Quartzo:** Aparecem na rocha ocorrendo tanto na matriz como cristais de granulação fina a densa (0,05 a 0,2 mm) tanto como xenocristais de granulação média (0,5 a 1 mm), com texturas de engolfamento. Também aparece na rocha em porções agregadas com plagioclásio, biotita e feldspato potássico.
- **Feldspato Potássico:** Aparecem na rocha como xenocristais de granulação média (0,5 a 1 mm), com textura micropertítica. Também aparece na rocha em porções agregadas com plagioclásio, biotita e quartzo.
- **Biotita:** Cristais anedrais, ocorrem bastante alterada, de coloração de marrom-claro, com cor de interferência anômala de marrom avermelhado.
- **Opacos:** Cristais isotrópicos, granulares e associados com a matriz.
- Apatita: Cristais de hábito acicular como bastões finos, incolor e de relevo baixo. Granulação com cerca de 0,05 mm.
- **Sericita:** Mineral que aparece como produto da sericitização das plagioclásios presentes na rocha.
- **Clorita:** Aparece como alteração da hornblenda verde presente na matriz e fenocristais.

Diagrama Composicional

Q: 14,36%
P: 85,36%



Classificação da Rocha: Quartzo-Diorito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-AV-P15 **Unidade:** Granito Serra do Iran **Coordenadas:** X 432736 Y 8188920

Descrição macroscópica

Rocha de coloração rosada, leucocrática, fanerítica, supersaturada, com granulação média (0,3 a 0,8 cm), e textura granular.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
QUARTZO	37%	APATITA	>1%	CLORITA	
PLAGIOCLÁSIO	15%	OPACOS	>1%	SERICITA	
FELDSPATO POTÁSSICO	40%				
BIOTITA	6%				

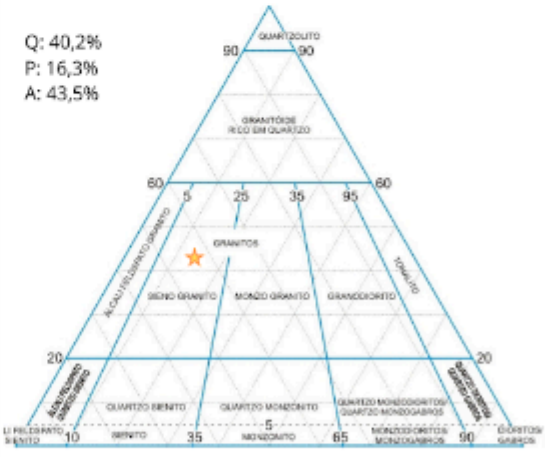
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Rocha holocristalina, inequigranular, de granulação variando de densa a média (0,1 a 8 mm), hipidiomórfica. Possui textura granular.

- **Plagioclásio:** Não foi possível obter o teor de anortita. Cristais subhedrais, ocorrendo predominante como aglomerados de granulação fina (de 0,05 a 1 mm) e poucos cristais possuem maclas polissintéticas. Apresenta zoneamento composicional, com enriquecimento de cálcio no centro, além de muitos cristais saussuritizados e/ou sericitizados. Presença de textura mirmequítica nos cristais de plagioclásio que estão em contato com os cristais de feldspato potássico. Também ocorrem como exsoluções em feldspato potássico, como textura micropertítica.
- **Feldspato potássico:** fenocristais subhedrais, de granulação média (cerca de 3 mm). Geralmente são micropertíticos, com inclusões de plagioclásio, o que é útil para diferenciar os cristais de plagioclásio dos cristais de feldspato potássico.
- **Quartzo:** Cristais anedrais, de granulação média (0,4 a 1 mm) , de forma intersticial na matriz. Sem pleocroísmo e incolor, relevo baixo e cor de interferência cinza de 1ª ordem,
- **Biotita:** Cristais euhedrais de hábito lamelar. Apresentam um forte pleocroísmo, de amarelo claro a marrom. Os cristais estão se alterando para clorita.
- **Clorita:** Ocorrem associados com a biotita, sendo resultado da alteração deste mineral. Cristais anedrais, de cor verde com pleocroísmo fraco, cor de interferência anômala.
- **Opacos:** Geralmente estão associados com a biotita que se altera e com a clorita.
- **Apatita:** Cristais ocorrem por toda a amostra, de hábito acicular como bastões finos, incolor e de relevo baixo. Granulação com cerca de 0,05 mm.
- **Sericita:** Mineral que aparece como produto da sericitização das plagioclásios presentes na rocha.

Diagrama Composicional

Q: 40,2%
P: 16,3%
A: 43,5%

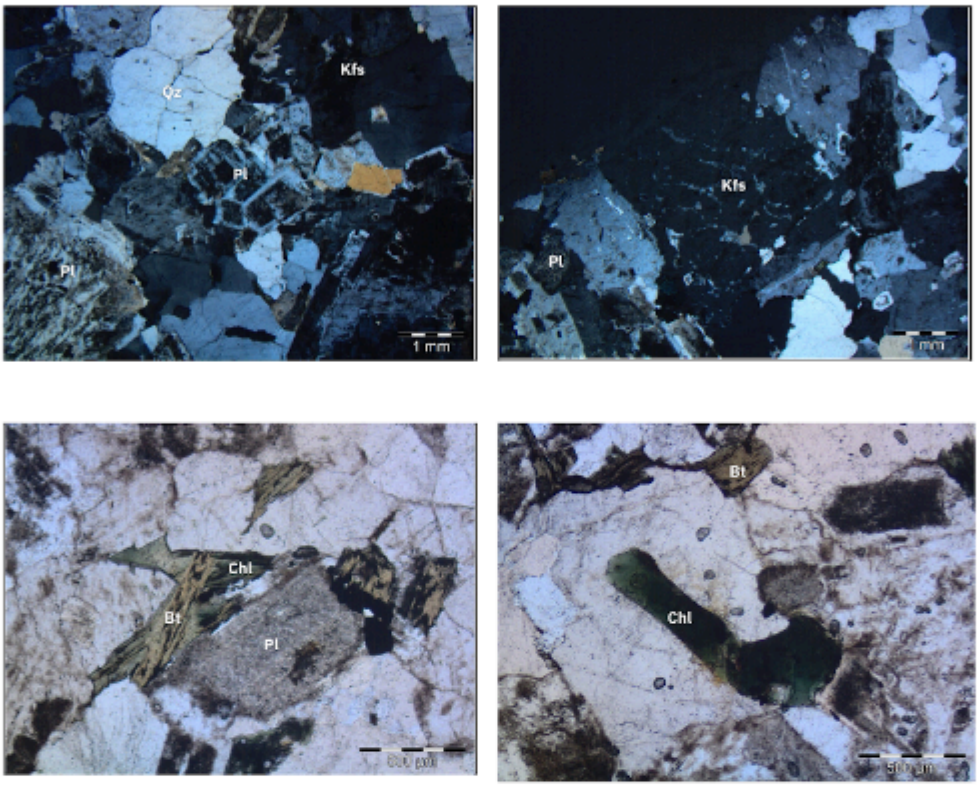


Classificação da Rocha: Sienogranito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Micrografias



Legenda Micrografias

Agregados de cristais de plagioclásio zonados, com o centro saussuritizado, a polarizador cruzado.
Textura micropertítica em cristais de feldspato potássico, a polarizador cruzado. Observa-se também um grão de plagioclásio sericitizado.
Cristais de biotita se alterando para clorita, a polarizador paralelo. Também se vê um cristal de plagioclásio próxmo, bastante saussuritizado.
Cristal de clorita resultante da alteração, exibindo cor verde escura. Imagem a polarizador paralelo.

Interpretações

Rocha plutônica devido ao seu grau de cristalinidade holocristalina, a partir do cálculo da moda, foi classificado como sienogranito, uma rocha leucocrática, ácida e félsica. Apresenta textura granular hipidiomórfica, o que indica um acomodamento mútuo entre os minerais durante a cristalização, tornando difícil determinar a ordem de cristalização da rocha.

Além disso, a rocha apresenta texturas de intercrescimento e de sobrecrescimento de cristais. Pode-se observar em plagioclásios uma zonação, no qual o centro dos cristais deste mineral estão mais enriquecidos em cálcio do que as bordas, demarcado pela saussuritização e sericitização ao centro, indicando que o plagioclásio está alterando sua composição conforme ele se forma durante o resfriamento (reagindo com o líquido). Como textura de intercrescimento, observa-se a presença de mirmequita nos cristais de plagioclásio que estão em contato com o feldspato potássico e lamelas de exsolução (pertita) nos cristais de feldspato potássico.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23-AV-P93 **Unidade:** Granito Serra do Iran **Coordenadas:** X 429954 Y 8185487

Descrição macroscópica

Rocha de coloração esbranquiçada, mesocrática, fanerítica, saturada, com granulação média (0,3 a 0,8 cm), e textura inequigranular.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
QUARTZO	13%	APATITA	>1%	BIOTITA	
PLAGIOCLÁSIO	40%	OPACOS	>1%	SERICITA	
FELDSPATO POTÁSSICO	5%				
BIOTITA	20%				
HORNBLENDA	20%				

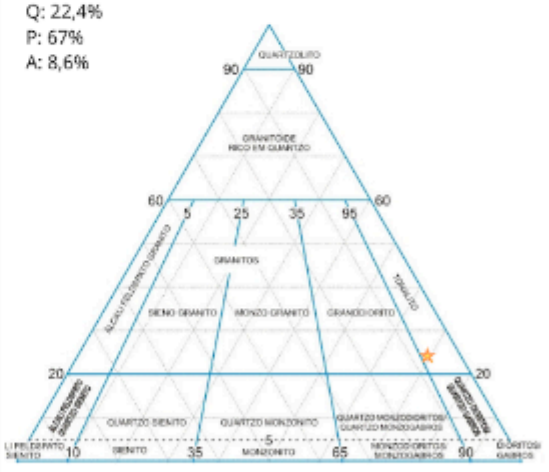
Descrição Microscópica — Orientada ☐

Rocha holocristalina, inequigranular, de granulação média (0,05 a 1,5 mm), hipidiomórfica. Mineralogia composta por plagioclásio, hornblenda, biotita, quartzo, feldspato potássico, apatita, opacos e sericita.

- **Plagioclásio:** Classificado como oligoclásio (An29). Cristais subhedrais, de granulação fina (de 0,05 a 1 mm) com maclas polissintéticas. Apresenta zoneamento composicional, com enriquecimento de cálcio no centro, além de muitos cristais saussuritizados e/ou sericitizados. Presença de textura mirmequítica nos cristais de plagioclásio que estão em contato com os cristais de feldspato potássico. Também ocorrem como exsoluções em feldspato potássico, como textura micropertítica.
- **Hornblenda:** Cristais subhedrais com tamanhos que variam 0,25 a 0,5 mm. Possui pleocroísmo forte de amarelo-esverdeado a verde. Clivagem perfeita com uma direção na seção prismatica com extinção ondulante de 20°. Apresenta muitos cristais alterando para biotita.
- **Biotita Primária:** Cristais euhedrais, de hábito lamelar e clivagem perfeita e extinção mosqueada. Apresentam pleocroísmo amarelo-claro a marrom-claro.
- **Biotita Secundária:** Ocorrem de forma anedral associados com os cristais de hornblenda. Possuem coloração de marrom avermelhado sem pleocroísmo, cor de interferência anômala e não possui clivagem.
- **Quartzo:** Cristais anedrais de relevo baixo, incolor e com de interferência de cinza de 1ª ordem. Aparece em pouca quantidade na rocha.
- **Feldspato Potássico:** Cristais subhedrais, de granulação média de 1 mm, micropertíticos com exsoluções de plagioclásio. Não possui maclas.
- **Apatita:** Cristais ocorrem por toda a amostra, de hábito acicular como bastões finos, incolor e de relevo baixo. Granulação com cerca de 0,05 mm.
- Opacos: Cristais isotrópicos e granulares, presentes por toda a rocha.
- **Sericita:** Mineral que aparece como produto da sericitização das plagioclásios presentes na rocha.

Diagrama Composicional

Q: 22,4%
P: 67%
A: 8,6%



Classificação da Rocha: Tonalito

ANEXO II: MAPA GEOLÓGICO DO PROJETO