



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PEDRO GUILHERME DO CARMO GONÇALVES DE AGUIAR
RAFAEL AYRES GONTIJO

**RELATÓRIO FINAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:50.000
DA REGIÃO DE ANICUNS (GO) – ÁREA 3**

GOIÂNIA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

TERMO



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC nº 1204/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG):

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): **PEDRO GUILHERME DO CARMO GONÇALVES DE AGUIAR e RAFAEL AYRES GONTIJO**

Título do trabalho: **RELATÓRIO FINAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:50.000 DA REGIÃO DE ANICUNS (GO) – ÁREA 3**

2. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF do TCCG.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo(a) orientador(a) e pelos(a)(s) autor(a)(es)(as).

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Versão GRT_BC_fev_2020



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Henrique Leão Santos, Professor do Magistério Superior**, em 30/11/2021, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL AYRES GONTIJO, Discente**, em 30/11/2021, às 19:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **PEDRO GUILHERME DO CARMO GONCALVES DE AGUIAR, Discente**, em 01/12/2021, às 06:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2533242** e o código CRC **84B6E495**.

PEDRO GUILHERME DO CARMO GONÇALVES DE AGUIAR
RAFAEL AYRES GONTIJO

RELATÓRIO FINAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:50.000 DA
REGIÃO DE ANICUNS (GO) – ÁREA 3

TF Área 3 / 2020

Relatório Final apresentado à
Faculdade de Ciências e
Tecnologia como parte dos
requisitos para a conclusão do
curso de Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Leão-Santos

Co-orientadores: Prof. Dr. Rodrigo Prudente de Melo;

Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto;

Prof.^a. Dr.^a Joana Paula Sanchez;

GOIÂNIA

2021

do Carmo Gonçalves de Aguiar, Pedro Guilherme
RELATÓRIO FINAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:50.000 DA
REGIÃO DE ANICUNS (GO) [manuscrito] : ÁREA 3 / Pedro Guilherme
do Carmo Gonçalves de Aguiar, Rafael Ayres Gontijo. - 2021.
213 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Leão Santos; co-orientador
Dr. Rodrigo Prudente de Melo; co-orientador Dr. Joana Paula Sanchez.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Campus Aparecida de Goiânia, Geologia, Goiânia,
2021.

1. Mapeamento geológico. 2. Sequência Metavulcanossedimentar
Anicuns-Itaberaí. 3. Complexo Anápolis-Itauçu. I. Ayres Gontijo,
Rafael. II. Leão Santos, Marcelo Henrique , orient. III. Prudente de
Melo, Rodrigo, co-orient. IV. Título.

CDU 55



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

BANCA EXAMINADORA

PEDRO GUILHERME DO CARMO GONÇALVES DE AGUIAR

RAFAEL AYRES GONTIJO

RELATÓRIO FINAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:50.000 DA REGIÃO DE ANICUNS (GO) –
ÁREA 3

Monografia apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Geologia.

Trabalho aprovado em 25 de novembro de 2021.

Prof. Dr. Marcelo Henrique Leão-Santos – Universidade Federal de Goiás (UFG-FCT)

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Heringer - Universidade Federal de Goiás (UFG-FCT)

Ms. Mateus Andrade Reis - Universidade de Brasília (UnB-IG)

Goiânia

2021



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Henrique Leão Santos, Professor do Magistério Superior**, em 30/11/2021, às 16:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mateus Andrade Reis, Técnico**, em 30/11/2021, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo de Almeida Heringer, Professor do Magistério Superior**, em 01/12/2021, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2533602** e o código CRC **F863B355**.

Dedicamos esse trabalho aos nossos avós que incentivaram os estudos, aos nossos Pais que os tornaram possíveis, aos amigos que nos apoiaram e às companheiras que nos trouxeram paz e amor durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar meus agradecimentos pelos meus familiares, meus pais que desde que eu comecei a andar me levaram a trilhar este caminho que estou seguindo hoje. Meu pai Marcelo do Carmo Rosa que esteve presente em vários momentos de minha caminhada na graduação, a minha mãe Vânia Regina Gonçalves de Aguiar que a cada dia depois de encarar 4 horas de ônibus sempre dizia uma frase que eu vou guardar para sempre: “Menos um dia?”, e agora chegou enfim o último dia.

Aos meus amigos de faculdade que estão formando hoje comigo, e os que ainda vão formar, por proporcionar momentos de risadas em meio as dificuldades e os desânimos durante a etapa de campo

Aos professores do curso de Geologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT-UFG), que compartilharam seus conhecimentos durante essa jornada da graduação. Em especial aos professores Dr^{es}. José Affonso Brod e Tereza Cristina Junqueira-Brod que foram os primeiros professores que nos mostraram o que é ser um geólogo.

Aos professores orientadores do Mapeamento Geológico professores Dr^{es}. Joana Paula Sanchez, José de Araújo Nogueira Neto, Rodrigo de Almeida Heringer e Rodrigo Prudente Melo pelos questionamentos que nos levaram a pensar em todo o contexto geológico que estávamos estudando, além das conversas de assuntos diversos durante o campo.

Um agradecimento especial ao professor Dr. Marcelo Henrique Leão-Santos pelos vários ensinamentos durante o curso, aos “puxões de orelha” que foram necessários para avançarmos tanto em Iniciações Científicas, quanto para concluirmos este relatório e por principalmente nos motivar a concluir o trabalho e não desistir.

Ao meu amigo Rafael Ayres Gontijo por ter aguentado junto comigo o stress de campo e o presente trabalho.

E por último, mas não menos importante eu gostaria de agradecer imensamente a minha esposa Jordana Gontijo Fernandes Aguiar pelo apoio e pelas palavras de motivação que foram extremamente importantes para chegar à conclusão deste trabalho. Por ter sido compreensiva durante minhas ausências devido a

estar em campo, perdendo aniversários e passando meus aniversários longe. Te amarei intensamente.

Pedro Guilherme do Carmo Gonçalves de Aguiar

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos professores orientadores, que durante todo o processo que se iniciou às margens da pandemia, e se estendeu por 2 anos, nos acompanharam pontualmente, dando todo o auxílio necessário para a elaboração do projeto.

Aos professores do curso de Geologia da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (UFG-FCT) que, através dos seus ensinamentos, tornaram possível a conclusão deste trabalho.

A todos que participaram das pesquisas, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de dados na etapa de campo, incluindo todos professores e orientadores envolvidos, os colegas de turma, os funcionários do hotel e os proprietários de fazendas que foram sempre tão solícitos com nosso trabalho.

Aos meus amigos, pela compreensão das ausências e pelo afastamento temporário.

E finalmente, aos meus pais, avós e minha companheira que me incentivaram a cada momento e não permitiram que eu viesse a desistir.

Rafael Ayres Gontijo

"Happiness only real when shared."

Christopher McCandless.

RESUMO

Esse relatório apresenta os resultados obtidos pelo mapeamento geológico na escala de 1:50.000, desenvolvido nas proximidades do município de Anicuns, Goiás. A região está localizada no contexto da Faixa Brasília, inserida no contato entre a Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI) e o Complexo Anápolis-Itauçu (CAI). O mapeamento teve por objetivo caracterizar as unidades geológicas, com início na revisão bibliográfica, interpretações fotolitológica, geoquímica e geofísica. Após a etapa de campo e descrição petrográfica foram definidas seis unidades litoestratigráficas. A SAI possui três unidades mapeadas na área: a unidade básico-ultrabásica, que inclui tremolita-talco-xistos, tremolititos e anfibolitos, alguns serpentinizados com assembleias mineralógicas que indicam fácies anfibolito; a unidade rítmica carbonatada, que inclui intercalações de magnetita quartzito, metacalcários, mármores e metarritmitos, afetados por falhas inversas associadas a zonas de cavalgamento; e, a unidade psamo-pelítica representada por intercalações entre quartzo mica-xistos (com ou sem granada) e quartzitos. O CAI é composto por rochas gnáissicas granulíticas que foram submetidas posteriormente a um retrometamorfismo de facies anfibolito alto, na área são identificadas como ortognaisses anfibolíticos compostos por quartzo, biotita, epidoto, granada, plagioclásio, hornblenda e piroxênio uralitizado; e, paragnaisses anfibolíticos representados por biotita-muscovita gnaisses, muscovita-granada gnaisses, granada-muscovita-biotita xisto portadores ou não de silimanita e gnaisses calciossilicatados. Por fim os granitos-gnaisses tonianos representado pelo granodiorito creoulos com textura porfirítica, leucocrático, rico em biotita e muscovita, sendo comum também a presença de hornblenda. A área tem três fases deformacionais progressivas associadas ao terceiro evento da Orogênese Brasileira (~790-545 Ma).

Palavras-chaves: Mapeamento geológico, Sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI), Complexo Anápolis-Itauçu (CAI).

ABSTRACT

This work presents the results of the 1:50,000 scale geological mapping, performed in Anicuns, Goiás. The region is located in the Brasília Belt context, inserted at contact between the Anicuns-Itaberaí Metavulcanosedimentary Sequence (AIS) and the Anápolis-Itauçu Complex (AIC). This mapping aimed to characterize the geological units, starting with the literature review, photolithological, geochemical and geophysical interpretations. After the field stage and petrographic description, six lithostratigraphic units were defined. The AIS has three units mapped in the area, the basic-ultrabasic unit, which include tremolite-talc-schists, tremolitites and amphibolites, some serpentized with mineralogical assemblages indicating amphibolite facies; carbonated rhythmic unit, which includes intercalations of quartzite magnetite, metalimestones, marbles and metarrhythmites, affected by reverse faults associated with thrust zones; and, psamopelitic unit represented by intercalations between quartz mica-schists (with or without garnet) and quartzites. The AIC represents gneiss rocks that underwent retrometamorphism leaving the granulite facies to high amphibolite, in the area they are identified as amphibolite orthogneisses with a composition containing quartz, biotite, epidote, garnet, plagioclase, hornblende and pyroxene being uralitized; and amphibolite paragneisses represented by biotite-muscovite gneisses, muscovite-garnet gneisses, garnet-muscovite-biotite schist with or without sillimanite and calciosilicate gneisses. Finally, the Tonian granite-gneisses represented by the granodiorite creoulos with porphyritic, leucocratic texture, rich in biotite and muscovite, with the presence of hornblende also being common. The entire area is affected by three deformation phases associated with the third event of the Brasiliiana Orogenesis (~790-545 Ma).

Keywords: *Geological mapping. Anicuns-Itaberaí Metavulcanosedimentary Sequence (AIS). Anápolis-Itauçu Complex (AIC).*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização da Área do Trabalho Final.	26
Figura 2: Parte Sul da Província Tocantins (retirado de Fuck <i>et al.</i> , 1994 <i>in</i> Laux (2004).....	32
Figura 3: Mapa geológico da Faixa Brasília (Fuck <i>et al.</i> , 2017). Área do mapeamento integrado em vermelho.....	35
Figura 4: Mapa geológico do Arco Magmático de Goiás com área de estudo (modificado de Pimentel <i>et al.</i> , 2000).	36
Figura 5: Fechamento do paleo oceano Goiás-Farusiano (adaptado de Cordani <i>et al.</i> 2013).	37
Figura 6: Mapa geológico esquemático da região do Arco Magmático de Arenópolis, adaptado de Pimentel <i>et al.</i> , 1999, 2000.	38
Figura 7: A) Quadro geral da região da Sinforma de Araxá mostrando o relacionamento entre as principais unidades tectono-estratigráficas e seus contatos tectônicos marcados por zonas de cisalhamento; as setas indicam os principais vetores cinemáticos. (modificado de Seer, <i>et al.</i> 2001).....	40
Figura 8: Mapa geológico simplificado mostrando as intrusões máficas a máfico-ultramáficas sin-orogênicas de 600 a 630Ma. Números de 1 a 7 indicam as intrusões no Arco Magmático de Arenópolis (1 – Americano do Brasil; 2 – Mangabal I e II; 3 – Água Fria; 4 – Adelândia; 5 – Fronteira Norte; 6 – Palmeiras; 7 – Mata Rica e Palmito); Números de 8 a 13 indicam as intrusões no Complexo Anápolis-Itauçú (8 – Águas Claras; 9 – Capelinha; 10 – Taquaral; 11 – Santa Rosa; 12 – Damolândia; 13 – Goiânia-Trindade) 14 e 15 indicam intrusões gabrodioríticas (14 – Córrego Seco; 15 – Santa Bárbara). Retirado de Silva <i>et al.</i> 2010.	44
Figura 9: Mapa estrutural simplificado da Faixa Brasília e porção adjacente do Cráton do São Francisco, com indicação dos domínios cratônico, externo e interno e com localização das seções estruturais. Retirado de Uhlein <i>et al.</i> 2012.	47
Figura 10: Mapa de zonas homólogas e estruturas extraídas durante a etapa de fotointerpretação.	51

Figura 11: Coluna para-estratigráfica esquemática da área de estudo.	52
Figura 12: Unidades mapeadas da Sequência Anicuns-Itaberaí na área de estudo.	53
Figura 13: (A) Bloco rolado de tremolitito (ponto 20TF03_202).; (B) Associação de tremolita-talco xisto com talco xisto (ponto 20TF03_055).	54
Figura 14: Amostra de talco-xisto do ponto 20TF03_054.	55
Figura 15: Bloco xisto quartzoso apresentando padrão M (ponto 20TF03_121).	57
Figura 16: Amostra de magnetita quartizito (ponto 20TF03_041).	57
Figura 17: Afloramento de mármore (ponto 20TF03_051).	58
Figura 18: Afloramento de grt-ms xisto (ponto 20TF03_181).	58
Figura 19: Corpos do Granodiorito Creoulos mapeados na área III.	60
Figura 20: Afloramento do granodiorito creoulos nas bordas do maior corpo (Morro do Chapéu) (ponto 20TF03_109).	61
Figura 21: Amostra do Granodiorito Creoulos (ponto 20TF03_190).	62
Figura 22: Unidades mapeadas do complexo granulítico anápolis-itaçu na área III.	63
Figura 23: Afloramento de ortognaisse próximo ao Rio Macacão (ponto 20TF03_060).	64
Figura 24: Amostras de paragnaisse (ponto 20TF03_033).	66
Figura 25: Mapa de domínios tectono-estruturais do segmento sul do Arco Magmático de Goiás, com área de estudo destacada em vermelho. Adaptado de Lacerda Filho <i>et al.</i> (2021).	68
Figura 26: Bloco diagrama representando as foliações observadas na área, modificado de Hobbs <i>et al.</i> 1976.	69
Figura 27: Dobras intra-foliares observadas em bloco rolado de mármore da unidade rítmica-carbonatada da SAI (ponto 20TF03_177).	70
Figura 28: Foliação S_n observada em afloramento de quartzitos da unidade psamo-pelítica da SAI (ponto 20TF03_127).	71
Figura 29: Projeção estereográfica dos pólos dos planos da foliação principal e seus autovetores é possível ver a distribuição principal na direção NE-SW. ...	71
Figura 30: Dobras de crenulação e foliação S_{n+1} marcada em mica-xisto da unidade psamo-pelítica da SAI (ponto 20TF03_038).	72

Figura 31: Projeção estereográfica dos polos dos planos da foliação S_{n+1} e seus autovetores, o padrão apresentado é NE-SW aproximadamente igual a S_n ...	73
Figura 32: Crenulação perpendicular a S_{n+2} indicando encurtamento provocado pela compressão N-S (ponto 20TF03_001).	74
Figura 33: Projeção estereográfica dos polos dos planos da foliação S_{n+2} e seus autovetores.	74
Figura 34: Bloco diagrama com os lineamentos principais da área de estudo.	75
Figura 35: Projeção estereográfica dos polos dos planos de lineamentos e seus autovetores com direção preferencial aproximadamente NS coincidente com as medidas alinhadas com a clivagem de crenulação S_{n+1} .	75
Figura 36: Lineamento mineral em gnaiss do CAI (ponto 20TF03_021).	76
Figura 37: Afloramento de mármore com dobras preservadas e rompimento do flanco (vermelho) (ponto 20TF03_051).	77
Figura 38: Afloramento com padrão de dobra em caixa (ponto 20TF03_142).	78
Figura 39: Afloramento de quartzito com padrão de “casca de ovo” (ponto 20TF03_137).	78
Figura 40: Afloramento de ortognaiss dobrado (ponto 20TF03_021).	79
Figura 41: Movimento dextral marcados em camadas segregadas de quartzo no Granodiorito Creoulos.	80
Figura 42: Detalhe mostrando a direção do empurrão.	81
Figura 43: Retroempurrões marcados por cristas de quartzito.	81
Figura 44: Direção do empurrão com acamamento subvertical em quartzito (ponto 20TF03_200).	82
Figura 45: Detalhe de dobras com vergência para W.	83
Figura 46: Fraturas preenchidas com quartzo em afloramento de xisto, associado a falhas com direção aproximadamente E-W (azul) (ponto 20TF03_201).	84
Figura 47: Projeção estereográfica dos polos dos planos de fratura e seus autovetores.	85
Figura 48: Localização dos principais depósitos minerais do Arco Magmático de Arenópolis. Retirado de Silva <i>et al.</i> (2014).	90
Figura 49: Mapa de uso do solo	92
Figura 50: Gráfico de Uso do Solo	93
Figura 51: Mapa Pedológico da área de estudo.	94

Figura 52: Mapa de Perfil de Elevação. Detalhe para a localização dos perfis.	96
Figura 53: Perfis de Elevação.	97
Figura 54: Diagrama ACF para metamorfismo de rochas máficas, com detalhe para o intervalo de metamorfismo de acordo com a assembleia mineralógica (Bucher and Grapes, 2011).	100
Figura 55: Projeções AFM do sistema KFMASH com detalhe no diagrama apresentando o a facie metamórfica dos Paragranulitos (Bucher and Grapes, 2011).	100
Figura 56: Diagrama com detalhe para a assembleia mineralógica das rochas da unidade básico-ultrabásica com intervalo de temperatura entre 520-680 °C, e pressão entre 0,5-1,6 GPa.	101
Figura 57: Diagrama AFM com detalhe para a região do metamorfismo das rochas da unidade psamo-pelítica, com intervalo de temperatura entre 550-680 °C, e pressão entre 0,5-1,1 GPa.	101
Figura 58: Curvas representando o metamorfismo observado na área de estudo. Modificado de Sorokhtin <i>et al.</i> (2018).	102
Figura 59: Evolução da deformação observada na área	103
Figura 60: Esquema da evolução geológica da porção oeste de Goiás, retirado de (Lacerda Filho <i>et al.</i> , 2021).	105
Figura 61: Mapa de potencial econômico.	108
Figura 62: Bloco de talco xisto (ponto 20TF03_126).	109
Figura 63: Gossan de Mn (ponto 20TF03_121)	110
Figura 64: A) Quartzito com Cianita (ponto 20TF03_195). B) Xisto com porfiroblastos de granada (ponto 20TF03_075).	110
Figura 65: Afloramento de mármore (ponto 20TF03_177).	112
Figura 66: Parque Rio dos Bois (ponto 20TF03_256).	113
Figura 67: Erosão do solo ocasionado pela prática de pastagem.	115
Figura 68: Erosão provocada pela criação de uma barragem.	115
Figura 69: Área de Preservação Permanente (APP) dentro da cidade de Anicuns.	116
Figura 70: Recorte do mapa geológico da CPRM na área de estudo.	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMG	Arco Magmático de Goiás
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASF	<i>Alaska Satellite Facility</i>
CAI	Complexo Anápolis-Itaçu
CMA	Campo Magnético Anômalo
CN	<i>Curve Number</i>
Co	Cobalto
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
Cr	Cromo
CSF	Cráton São Francisco
Cu	Cobre
DAAC	<i>Distributed Active Archive Center</i>
Diff4	Diferença de Quarta Ordem
EP	Evapotranspiração Potencial
FB	Faixa Brasília
FBS	Faixa Brasília Sul
FFT	Transformada Rápida de Fourier
GO	Goiás
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GPSALT	Altímetro do GPS
GWLF	<i>Generalized Watershed Loading Functions</i>
IGRF	<i>International Geomagnetic Reference Field</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
JAXA	<i>Japan Aerospace Exploration Agency</i>
K	Potássio
MAGIGRF	Campo Magnético Anômalo corrigido do IGRF
MDT	Modelo Digital de Terreno
METI	<i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i>
Mn	Manganês

MT	Mato grosso
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
RJ	Rio de Janeiro
SAI	Sequência Anicuns-Itaberaí
Sc	Escândio
SCS	Serviço de Conservação do Solo Estadunidense
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SEEG/OC	Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito estufa do observatório do Clima
SIEG	Sistema Estadual de Geoinformação
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
Th	Tório
U	Urânio
UHT	<i>Ultra High Temperature</i>
USLE	<i>Universal Soil Loss Equation</i>
USGS	<i>The United States Geological Survey</i>
V	Vanádio
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	24
1.1. Objetivo e justificativas	25
1.2. Localização e Vias de Acesso.....	26
2. MATERIAIS E METÓDOS	27
2.1. Pré-campo.....	27
2.1.1. Fotointerpretação	27
2.1.2. Geofísica	28
2.1.3. Geoquímica e Ocorrências Minerais	29
2.1.4. Levantamento Geoambiental	30
2.2. Campo	30
2.3. Pós-Campo	31
3. GEOLOGIA REGIONAL	31
3.1. Província Tocantins	31
3.2. Faixa Brasília	32
3.3. Arco Magmático de Goiás	34
3.3.1. Arco Magmático de Arenópolis.....	37
3.3.2. Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns – Itaberaí....	38
3.5. Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu	41
3.6. Intrusões Neoproterozóicas	43
3.6.1. Granitos Tonianos	43
3.6.2. Suíte Máfico-Ultramáfica Anicuns- Santa Bárbara	43
3.6.3. Suíte Máfico-Ultramáfica Tipo Americano do Brasil	43
3.7. Aspectos Tectônicos e Estruturais	45
3.7.1. Arcabouço Geotectônico	45
3.7.2. Estrutural.....	48

4.	APRESENTAÇÃO DOS DADOS	49
4.1.	Fotointerpretação.....	49
4.1.1.	Zonas Homólogas	49
4.1.2.	Fotoestruturas	50
4.2.	Geofísica.....	51
4.3.	Unidades litoestratigráficas mapeadas.....	52
4.3.1.	NP1ai - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí 53	
4.3.2.	Granitos-Gnaisses Tonianos	60
4.3.3.	Np1ait - Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu	62
4.4.	Geoquímica.....	67
4.5.	Geologia Estrutural.....	68
4.5.1.	Introdução	68
4.5.2.	Descrição dos Elementos Estruturais Mapeados	69
4.6.	Ocorrências Minerais.....	86
4.6.1.	Metalogênese do Arco Magmático de Goiás	86
4.6.2.	Metalogênese do Complexo Anápolis-Itauçu	89
4.7.	Levantamento Geoambiental	90
4.7.1.	Uso e ocupação do solo	91
4.7.2.	Tipos de Solo	93
4.7.3.	Susceptibilidade a erosão	94
4.7.4.	Delimitação das APPs	95
5.	DISCUSSÃO	98
5.1.	Metamorfismo	98
5.2.	Evolução da Deformação na Área.....	102
5.2.1.	Fases de deformação.....	102
5.3.	Evolução Geológica	104

5.3.1.	Estágio de arco intraocênico – 830-815 Ma	106
5.3.2.	Magmatismo sincolisional – 798-768 Ma.....	106
5.3.3.	Estágio de margem continental ativa – 790-640 Ma	107
5.4.	Potencial Econômico	108
5.4.1.	Minerais de uso industrial.....	108
5.4.2.	Agregados de construção civil.....	111
5.4.3.	Remineralizadores.....	111
5.4.4.	Potencial Geoturístico	112
5.5.	Aspectos Ambientais da Área.....	113
6.	CONCLUSÃO.....	117
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	APÊNDICE A: MAPA LITOLÓGICO.....	129
	APÊNDICE B: MAPA ESTRUTURAL	131
	APÊNDICE C: MAPA DE PONTOS	133
	APÊNDICE D: MAPA DE POTENCIAL ECONÔMICO	135
	APÊNDICE E – PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOFÍSICOS	134
	APÊNDICE F – PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS E	
	MAPAS TRANSFORMADOS	151
	APÊNDICE H: TABELA DE PONTOS	179
	APÊNDICE I: FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA	187
	APÊNDICE J: PRODUTOS INTEGRADOS	208

1. INTRODUÇÃO

A importância geológica da área é um grande fator para a sua escolha na confecção do Mapeamento integrado. Anicuns é uma cidade localizada no centro-oeste do estado de Goiás que comporta grande complexidade na sua geologia, onde entidades geológicas de suma importância para o entendimento da Faixa Brasília se encontram amalgamadas em um contexto que ainda necessita de estudo.

O Arco Magmático de Goiás (AMG) (Pimentel e Fuck, 1992) acontece em um contexto onde a fragmentação do Continente Rodínia resulta na geração de crosta oceânica por volta de 0,95 Ga. Posteriormente a desestabilização dessa crosta oceânica gerou zonas de subducção acompanhadas da formação de sucessivos arcos de ilhas acrecionários com idades distintas que dão origem ao AMG (Pimentel e Fuck, 1992). Ainda associados ao AMG, sequências metavulcanossedimentares como as de Anicuns-Itaberaí ocorrem intercaladas as rochas do arco, representam a evolução das suas bacias marginais com idades que variam entre 890 e 600 Ma, além de uma série de corpos intrusivos deformados que são antigas câmaras magmáticas que alimentavam esse arco (Pimentel e Fuck, 1992).

Já o Complexo Anápolis-Itauçu (CAI) resulta da exposição de rochas de alto grau metamórfico separados dos metassedimentos do Grupo Araxá por zonas de cisalhamento de baixo e alto ângulo (Piuzana *et al.*, 2003). Ainda segundo Piuzana *et al.* (2003) dados de geocronologia de U – Pb de núcleos de zircão nos ortogranulitos do complexo indicam idade de cristalização de 760 Ma.

Assim, a área de estudo coloca lado a lado entidades geológicas, que se diferenciam tanto em gênese quanto em grau metamórfico graças à evolução da Faixa Brasília que ocorreu ao longo de mais de 250 Ma. O mapeamento desse contexto aparece da necessidade de entender, em maior detalhe, como todo esse processo aconteceu e qual foram os resultados tanto geológicos como econômicos de tal evento. A cartografia da região contempla tanto trabalho mais antigos como recentes (Nunes, 1990; Laux *et al.*, 2005; Martins e Santos, 2019 a e b; Meneghini e Carneiro 2020 a e b; Lacerda Filho *et al.* 2021) e apesar da abrangência de estudos, nenhum dos estudos que são mapeamentos supera a escala de 1:100.000 no detalhamento, tornando o mapeamento na escala de

1:50.000 proposto nesse trabalho uma ferramenta importante no detalhamento das unidades.

1.1. Objetivo e justificativas

No ano letivo de 2021, os alunos de graduação do último ano de Geologia da Universidade Federal de Goiás (UFG), possuem como pré-requisito para a aquisição do título em bacharel em Geologia a realização da disciplina Preparação para Trabalho Final, Mapeamento Geológico Integrado e o presente relatório correspondente a disciplina Relatório Final de Graduação. Nove discentes fazem parte do trabalho que tem o apoio financeiro, de logística e de infraestrutura da UFG. O Trabalho Final de Graduação tem a coordenação e orientação do Prof. Dr. Rodrigo Prudente de Melo Nele, e a orientação dos professores (as): Prof. Dr. Marcelo Henrique Leão Santos, Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto, Prof.^a. Dr.^a Joana Paula Sanchez e Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Heringer.

Os discentes participantes realizaram o mapeamento geológico de detalhe, na escala de 1:50.000, na região centro-oeste do estado de Goiás, entre os municípios de Anicuns e Americano do Brasil. A área total mapeada possui aproximadamente 512 km² e é dividida em 4 subáreas equidimensionais de aproximadamente 128 km² cada. Os nove alunos participantes do mapeamento foram divididos em três duplas e um trio para o mapeamento da área. Este trabalho é o resultado da contribuição da área III dentro do projeto.

O trabalho de Mapeamento Geológico Final tem como objetivo a confecção de um mapa geológico de detalhe, na escala de 1:50.000 e a confecção de um relatório. Neste relatório final de graduação devem constar os resultados obtidos nas seis etapas pré-definidas no Manual de Orientação e Normas Para Elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso, redigido pelos professores orientadores e que regimentam todo o processo. Os objetivos específicos são:

- Levantamento bibliográfico e de dados públicos levantados na área,
- Fotointerpretação,
- Processamento e interpretação de dados geofísicos;
- Elaboração do relatório preliminar;
- Trabalho de campo com coletas de dados e amostras;

- Tratamento e interpretação dos dados geológicos, estruturais, geofísicos, geoquímicos e ambientais;
- Confecção do relatório final e arguição;
- E finalmente, a entrega da monografia, dos dados levantados e a incorporação das lâminas e amostras à coleção da UFG.

Em todas as etapas do trabalho, o projeto visa obter os resultados esperados para um mapeamento geológico de detalhe, e consequentemente aplicar todo o conhecimento adquirido durante o curso de graduação.

1.2. Localização e Vias de Acesso

A área do mapeamento localiza-se na região centro-oeste do estado de Goiás, entre os municípios de Anicuns, Nazário e Avelinópolis. Anicuns, o município de referência para o mapeamento, se encontra a aproximadamente 84 km da Capital do estado Goiânia. A região de estudo está inserida nas folhas cartográficas de Itaberaí (SE.22-X-A-III), Sanclerlândia (SE.22-X-A-II) e Nazário (SE.22-X-A-VI). A Área III possui 128 km² e se localiza na parte leste da cidade de Anicuns, abrangendo inclusive parte do próprio município (Fig. 1).

O principal acesso a área se dá, a partir da saída oeste da capital do estado de Goiás, via GO-060, passa pelos municípios de Trindade, Santa Bárbara de Goiás e Nazário, aonde se segue via GO-156 até Anicuns.

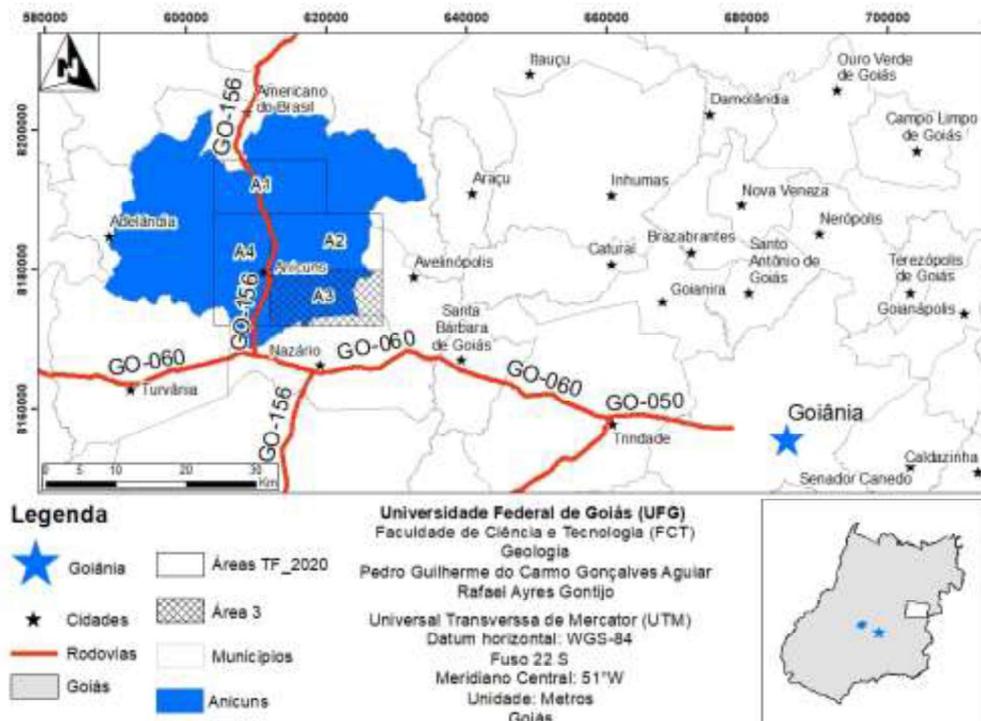


Figura 1: Mapa de localização da Área do Trabalho Final.

2. MATERIAIS E METÓDOS

A metodologia utilizada na realização do mapeamento geológico seguiu uma estrutura que teve início nas etapas de pré-campo, seguida do campo, que abrange principalmente a coleta de dados, e finalmente se concluem na etapa de pós-campo, onde se interpreta e expõe os resultados obtidos durante as etapas anteriores.

2.1. Pré-campo

Esta etapa compreende principalmente o estudo prévio da área a ser mapeada (levantamento bibliográfico), fotos aéreas, imagens de satélite, dados geofísicos aéreos, geoquímicos de sedimento de corrente e ambientais.

2.1.1. Fotointerpretação

O trabalho de fotogeologia é um processo importante na etapa pré-campo, pois a interpretação final de fotos aéreas relacionadas à área auxilia para uma melhor caracterização de todas as unidades a serem mapeadas. Esta etapa consiste na identificação dos diversos elementos geológicos expostos nessas imagens, com o propósito de cartografar e elucidar possíveis problemas geológicos (Arcanjo, 2011).

O estudo fotogeológico deve acompanhar todas as fases do mapeamento, principalmente com o uso das fotografias aéreas nos trabalhos de campo. Compreende vários temas das geociências, que envolvem aspectos geomorfológicos, estruturais, estratigráficos, litológicos e hidrogeológicos, além dos padrões de drenagem, topografia, tonalidade e vegetação. Assim quase todas as feições registradas nas imagens, têm suas correspondências e definições em afloramentos. (Arcanjo, 2011).

A etapa de fotoleitura consistiu-se na extração de drenagens e acessos, e identificação de elementos do relevo observadas a partir de fotos aéreas e imagens de satélite, assim como a caracterização de zonas homólogas com repetições de padrões estruturais e texturais, ligados a fatores geológicos.

As imagens utilizadas foram retiradas dos satélites *Resourcesat* e *Sentinel-2* e as fotos aéreas foram retiradas do Projeto USAF-63-32 que é um levantamento público pré-existente. A partir dessas imagens e fotos foram extraídas diversas características fotolitológicas da área, como lineamentos, alinhamentos e quebras de relevo, além de elementos essenciais para a

localização durante o trabalho de campo, como identificação de estradas e rodovias, fazendas, cidades, vilarejos, rios e outros. Também foi utilizado o SRTM com resolução de 1 arco de segundo para gerar o *hillshade* gerando o padrão de sobreamento de relevo.

A partir disto foi traçado inicialmente o padrão de drenagens, que estão intimamente ligados a fatores reológicos. Posteriormente foi feita uma verificação nas tonalidades que estão relacionadas com fatores como vegetação ou ampla exposição de área rochosa que mostram diferentes padrões de reflectância.

2.1.2. Geofísica

O levantamento aerogeofísico referente aos dados utilizados foram contratados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em forma de fomento à mineração e aos serviços de mapeamento geológico. Sendo a Lasa Engenharia e Prospecções S/A, a empresa contratada para a realização do levantamento, que teve duração de 3 meses no ano de 2014 cobrindo uma área total de 58.834 km² (Lasa Engenharia e Prospecções, 2004). Os parâmetros utilizados durante a execução do levantamento são descritos a seguir:

- Direção das linhas de voo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de voo: 0,5 km
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 5,0 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas magnetômetro: 0,1 s
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas espectrômetro: 1,0 s
- Altura média de voo: 100 m
- Resolução do magnetômetro: 0,001 nT;
- Faixa: 20.000 – 95.000 nT;
- Montagem: Stinger;
- Leitura: 0,1 segundo; e,
- Quantidade de canais do gamaespectrômetro: 256 canais espectrais.

O processamento dos dados gamaespectrométricos e magnetométricos iniciou-se a partir do controle de qualidade, onde realizou-se uma avaliação qualitativa e quantitativa dos dados. A análise consistiu em verificar não conformidades das alturas de voos, distância entre as linhas de aquisição, possíveis ruídos nos dados magnéticos através da diferença de quarta ordem e

análise estatística dos dados de gamaespectrometria averiguando a quantidade de valores não lidos pelo equipamento, verificando assim o percentual de dados não adquiridos. Todos esses passos buscaram verificar a integridade dos dados a serem utilizados na área de estudo. Todo o procedimento está descrito no Apêndice G.

2.1.3. Geoquímica e Ocorrências Mineraias

Na etapa de reconhecimento geoquímico foram utilizados os dados disponibilizados pela CPRM (GeoSBG) e pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG), contendo dados de levantamentos geoquímicos de sedimentos ativos de corrente oriundos de projetos da própria CPRM e da METAGO. As análises realizadas envolveram espectroscopia de absorção atômica e emissão ótica sendo por vezes aplicados ambos os métodos em conjunto em relação a um elemento.

Os dados foram processados inicialmente por meio do *software* Microsoft Excel 365, onde realizou-se um recorte dos dados para a área de estudo, união e normalização dos elementos com relação a seus teores, método analítico e de abertura. Após a limpeza no banco de dados prosseguiu-se à análise de distribuição espacial dos dados, nivelamento em dois métodos, mediana e logarítmico.

Para a interpolação dos dados, necessária para gerar os grids, utilizou-se da krigagem no *software* Oasis Montaj™ com o processamento padrão onde o tamanho da célula é calculado a partir da seguinte equação:

$$\frac{1}{4} \sqrt{\frac{\text{Área do Grid}}{\text{Quantidade de pontos}}}$$

Por fim foi realizada uma análise estatística multivariada Análise de Componentes Principais (ACP) uma técnica estatística de análise multivariada onde estabelece o conjunto de dados que possuem uma correlação entre si. O procedimento utilizado no processamento, análise estatística e grids gerados encontram-se no Apêndice H.

2.1.4. Levantamento Geoambiental

Inicialmente fez-se um levantamento dos dados disponíveis para analisar o contexto da área como um todo, tendo fundamental relação com a bacia hidrográfica abrangida pelos polígonos das áreas de mapeamento. Após a delimitação, os dados hidrológicos foram obtidos a partir dos dados de precipitação, tipo e uso do solo, média de temperatura, todos sendo utilizados de forma a auxiliar na definição da vulnerabilidade e da disponibilidade hídrica da bacia.

Para a delimitação da bacia foi utilizado o MDT (Modelo Digital do Terreno) do sensor Palsar 2 do satélite Alos, imageado por radar e com precisão de 12,5 x 12,5 m, obtido na plataforma ASF DAAC NASA fornecido pela JAXA/METI, gerado em 2015. Foram acrescentados dados de precipitação e temperatura na bacia a partir das estações pluviométricas de Anicuns, Inhumas, Itaberaí e Turvânia, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e as estações meteorológicas de Goiânia, Goiás e Paraúna, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), respectivamente. Para os cálculos pontuais foi utilizado o método do inverso da distância ao cubo. A estação pluviométrica de Goiás não foi utilizada por conter somente dados mais antigos.

Com relação aos parâmetros hidrográficos utilizados para estudo da bacia foi utilizado os dados anteriormente citados juntamente com dados de uso e tipo de solo, estes dados corroboraram no cálculo de susceptibilidade a erosão.

Outro produto gerado foram os mapas delimitando Áreas de Preservação Permanente (APPs) onde segue-se os termos da Lei Federal 12.727/12, conhecida como novo Código Florestal, consistindo em uma área coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

Toda matemática utilizada na confecção dos mapas, bem como estes encontram-se no Apêndice I.

2.2. Campo

A etapa de campo foi realizada entre os dias 23/08/2021 a 10/09/2021, com a realização de perfis de caminhamento, descrição litológica e estrutural de afloramentos, medições de direções das estruturas para que fossem feitas as correlações das unidades mapeadas de forma a confeccionar produtos

cartográficos (mapa geológico e estrutural) fidedignos às observações de campo.

Nesta etapa foram utilizadas cartas topográficas e imagens de satélite para localização, fotografias aéreas e estereoscópio de bolso, GPS – Garmin eTrex 10, martelo e marreta geológica, bússolas geológicas e lupa de bolso.

Durante o campo foi montado um escritório para integração dos dados, contendo estereoscópios de bancada e lupa eletrônica.

2.3. Pós-Campo

A etapa de pós-campo consistiu na descrição de dez lâminas petrográficas que foram escolhidas para abranger o maior número de unidades mapeadas e interpretação dos dados adquiridos em campo para que resultassem em produtos cartográficos, mapa geológico, mapa estrutural, coluna estratigráfica, perfis geológicos e nas revisões das etapas anteriores.

3. GEOLOGIA REGIONAL

3.1. Província Tocantins

A Província Tocantins (Fig. 2) é uma entidade litotectônica, resultante da convergência, durante a Orogênese Brasileira, dos crátons Amazônico, São Francisco e possivelmente um terceiro bloco cratônico denominado Paranapanema, sendo este recoberto pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Jost, 2014). Segundo Valeriano (2004) o ciclo Brasileiro pode estar relacionado com a formação da Província Tocantins, com rochas que datam do Arqueano ao Neoproterozóico. A Província Tocantins é ainda compartimentada em uma zona cratônica e três faixas de dobramentos: Brasília, Paraguai e Araguaia (Fuck *et al.*, 1993 e Fuck, 1994).

A Província pode ser dividida de leste para oeste na Zona Cratônica, Faixa Brasília, Maciço de Goiás, Arco Magmático de Goiás e Faixa Paraguai-Araguaia (Fuck *et al.*, 1993 e Fuck, 1994).

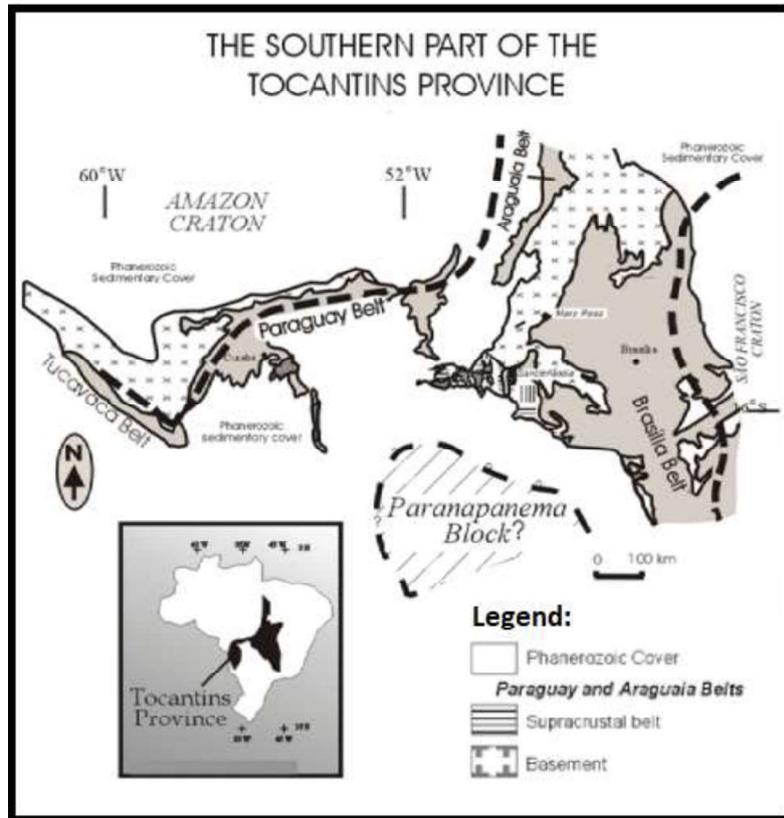


Figura 2: Parte Sul da Província Tocantins (retirado de Fuck *et al.*, 1994 in Laux (2004)

3.2. Faixa Brasília

A Faixa Brasília é um cinturão orogênico Neoproterozóico, localizado na porção leste da Província Tocantins e que teve seu maior desenvolvimento entre 900 a 600 Ma (Fig. 3). Sua formação é decorrente da convergência dos Crátons Amazônico, São Francisco, Paranapanema bem como outros blocos menores como o Maciço de Goiás, arcos magmáticos neoproterozóicos e sequências sedimentares meso-neoproterozóicas, esta convergência é decorrente da fusão ocorrida no Gondwana Ocidental. Possui dimensões amplas, com cerca de 1200 km de comprimento por 300 km de largura e é presente nos estados do Tocantins, Goiás e Minas Gerais (Uhlein *et al.* 2012; Pimentel, 2016).

A Faixa Brasília evoluiu envolvendo subducção, atividade ígnea, acreção de terrenos, resultando na obliteração da litosfera do oceano de Goiás (Pimentel, 2016). Durante este processo acrescionário estes corpos foram deformados em um regime compressivo, o que permitiu o desenvolvimento de vários sistemas de dobras, imbricamentos e empurrões com direção de vergência para o Cráton São Francisco (Fonseca *et al.* 1995; Bizzi *et al.* 2003; Pimentel, 2016). A partir da

intensidade dos processos deformacionais e metamórficos esta Faixa foi dividida em dois domínios, denominados por: Zona Interna e Zona Externa (Pimentel, 2016).

A Zona Interna contém o Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu além de rochas metassedimentares do Grupo Araxá, tectonicamente imbricadas com rochas do seu embasamento. A estruturação da Zona Interna é destacada por elevada tectônica tangencial, responsável pela formação de *nappes*, composta por escamas litotectônicas e possui evidências de uma *melange* ofiolítica. Já a Zona Externa compreende rochas metassedimentares dos grupos Canastra, Paranoá e Ibiá, além das formações Vazante e Paracatu. São representados por uma série de rochas de idades meso a neoproterozóicas derivadas de sedimentação de área cratônica que foram depositadas em ambientes de margem passiva (Fuck *et al.* 1993; Fuck, 1994; Bizzi *et al.* 2003).

A porção sul da Faixa Brasília compreende um amplo cinturão orogênico, com aproximadamente 800km de extensão, composto por rochas metassedimentares localizadas ao longo da margem sudoeste do Cráton São Francisco (CSF) (Valeriano, 2017). Embora tenha sido deformado pela orogenia Brasileira (650-610 Ma), ainda possui seções representativas da estratigrafia de uma das margens passivas desenvolvidas ao redor do paleocontinente São Francisco (Valeriano, 2017). Sua estrutura geral consiste em um cinturão dobrado que envolvem rochas metassedimentares cobertas por um sistema de *nappes* metamórficas em forma de colher sub-horizontal em fácies xisto verde a granulito (Valeriano, 2017). Segundo Valeriano *et al.* (2008), o grau metamórfico e conteúdo litoestratigráfico definem zonas tectônicas na FBS e no CSF adjacente, descritas abaixo da base para o topo:

- A Zona cratônica é caracterizada por assembleias do embasamento com mais de 1,8 Ga sobrepostas por inconformidade pelos estratos Neoproterozóicos dos grupos Vazante e Bambuí (Alkmim e Martins-Neto, 2012);
- O *Fold-thrust belt* metamórfico externo separa a zona cratônica do cinturão de dobras externas, em que associações metassedimentares alóctones tem paragêneses metamórficas de fácies xisto verde, que

atingem localmente a zona da granada. É composto, da base para o topo, pelos grupos Paranoá, Canastra e Ibiá (Valeriano, 2017); e,

- O complexo de *nappe* superior é composto por falhas de empurrão que são pervasivamente mais deformadas do que as unidades subjacentes e exibem paragêneses de fácies xisto verde, anfíbolito e granulito, o complexo é dominado principalmente por rochas do Grupo Araxá. Na porção oeste, essas *nappes* estão em contato tectônico com o Arco Magmático de Goiás, localmente exposto na região da Pontalina e na *nappe* de Guaxupé (Valeriano, 2017).

3.3. Arco Magmático de Goiás

O Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1992) (Fig. 4) consiste em terrenos de crosta neoproterozóica, constituído por um conjunto de gnaisses hololeucocráticos a mesocráticos, aos quais estão associados rochas metaultramáficas e metassedimentares (Pimentel e Fuck, 1992). Tal crosta juvenil tem assinaturas geoquímicas e isotópicas de arcos magmáticos intraoceânicos composta por basaltos com assinaturas de ilhas vulcânicas do pacífico (Perosi, 2006) e relacionados a sistemas de cordilheiras de margem ativa. (Pimentel e Fuck, 1992; Dardenne, 2000; Pimentel *et al.*, 2000; Valeriano *et al.*, 2004).

As rochas metaplutônicas do AMG possuem composições que variam de tonalito a granodiorito e em menor proporção diorito e granito, expostas entre faixas vulcano-sedimentares (Pimentel e Fuck, 1992). Inclusos no arco existem gnaisses derivados de rochas plutônicas alcalinas e tonalíticas, sequências vulcano-sedimentares com rochas antigas que possuem composição química similar às de arcos modernos, e granitos mais jovens, intrusivos, não deformados, por se alojarem após a formação da crosta. Incrustado em gnaisses ou nas sequências vulcano-sedimentares ocorre a presença de corpos ultramáficos que podem representar um testemunho do manto residual ou da crosta oceânica inferior (Perosi, 2006).

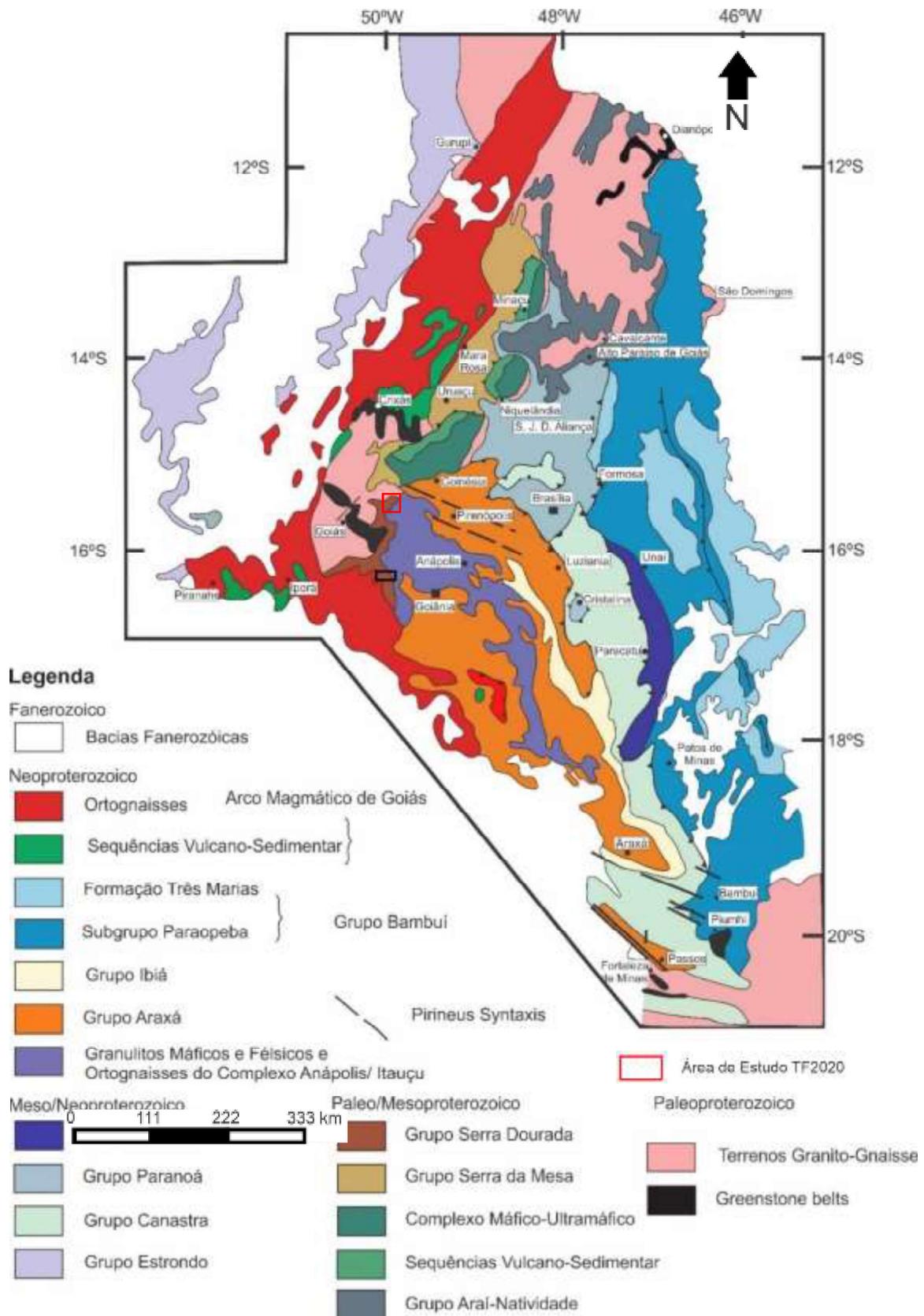


Figura 3: Mapa geológico da Faixa Brasília (Fuck *et al.*, 2017). Área do mapeamento integrado em vermelho.

As seqüências vulcanossedimentares associadas ao Arco Magmático de Goiás são segundo Pimentel e Jost (2006): (1) Bom Jardim de Goiás (2) Arenópolis (3) Iporá (4) Amornópolis (5) Jaupaci e (6) Anicuns-Itaberaí; e no Arco de Mara Rosa são conhecidas as seqüências de Mara Rosa e Santa Terezinha (Pimentel *et al.*, 2006).

Na seqüência vulcanossedimentar de Arenópolis, os terrenos são associados a tonalitos cálcicos a cálcio-alcálicos/gnaisses granodioríticos que possuem sua evolução relacionada a arcos de ilhas intraoceânicos (Pimentel e Fuck, 1986). De acordo com Cordani *et al.* (2013) esse contexto se dá a partir de subducção litosférica relacionada ao fechamento do paleo-oceano Goiás (Fig. 5), que teve início a cerca de 900 Ma e teve seu total fechamento em 300 Ma após os eventos iniciais. Neste fechamento ocorreram diversas colisões entre placas continentais que há cerca de 630 Ma geraram o principal metamorfismo dos arcos de ilha citados (Cordani *et al.* 2013).

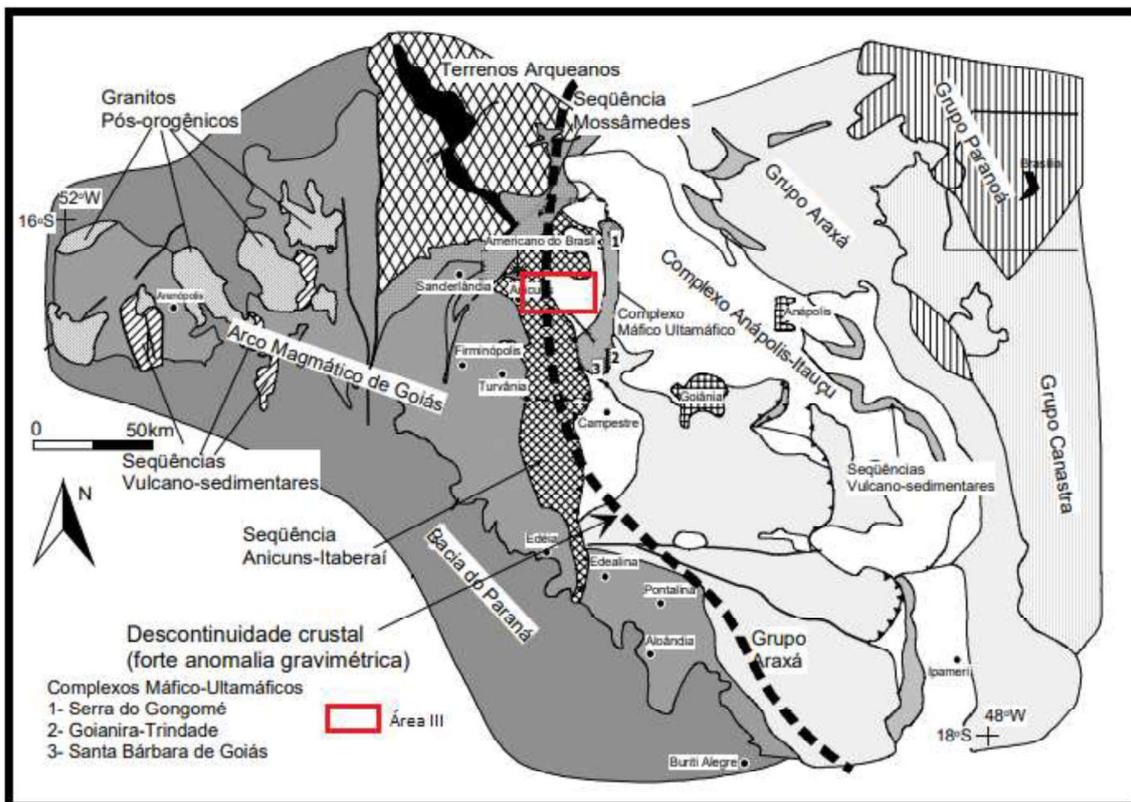


Figura 4: Mapa geológico do Arco Magmático de Goiás com área de estudo (modificado de Pimentel *et al.*, 2000).

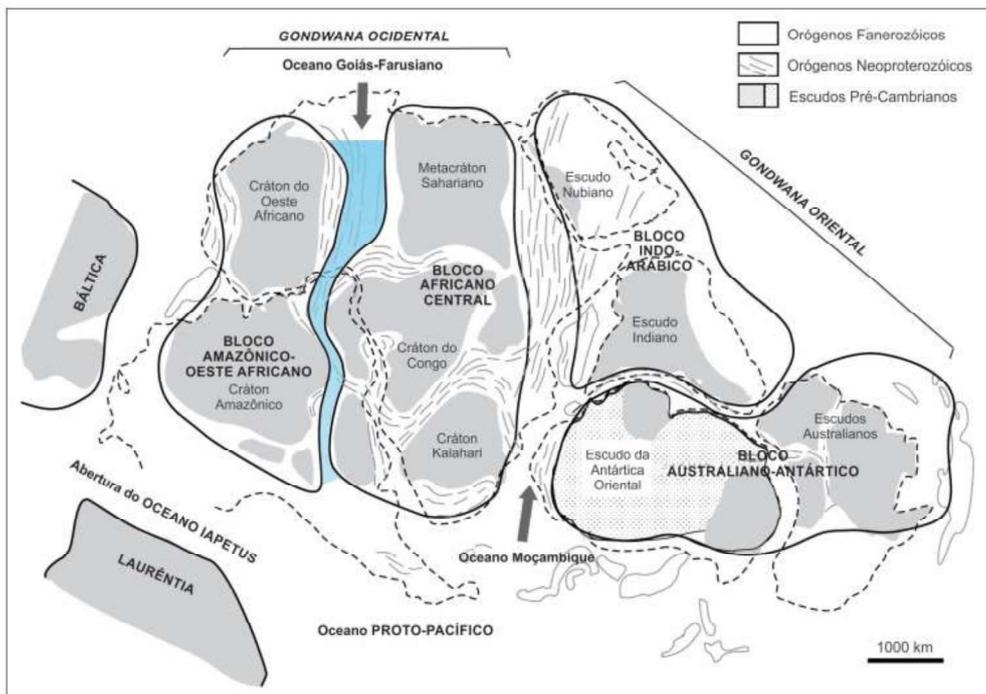


Figura 5: Fechamento do paleo oceano Goiás-Farusiano (adaptado de Cordani *et al.* 2013).

3.3.1. Arco Magmático de Arenópolis

O Arco Magmático de Arenópolis (Fig. 6) ocorre em extensas áreas de crosta neoproterozóica nas porções sudoeste e sul de Goiás, se limitam a oeste pela Faixa Paraguai e a leste pelo Maciço de Goiás. Tais áreas são constituídas por unidades supracrustais e ortognaisses, associados a planos de falhas direcionados NNW e NNE, ocorrem também granitos tardi a pós-tectônicos junto a corpos máficos-ultramáficos (Pimentel *et al.*, 2000, 2004; Terra, 2011).

Os ortognaisses denominados Arenópolis, Sanclerlândia, Matrinxã, Firminópolis e Turvânia são cálcicos a cálcio-alcalinos e compreendem metagranodioritos e metatonalitos de coloração cinza, que portam hornblenda e biotita. Os ortognaisses podem preservar texturas e estruturas ígneas, e conter assembléias mineralógicas indicativas de metamorfismo de fácies anfífolito. (Pimentel e Fuck, 1987, 1992; Rodrigues *et al.*, 1999; Pimentel *et al.*, 2000, Terra, 2011).

As sequências situadas a leste do Arco de Arenópolis (Iporá, Amorinópolis e Jaupací), compreendem suítes bimodais com metariolitos ricos em K₂O e metabasaltos toleíticos. (Pimentel e Fuck, 1992; Pimentel *et al.*, 1996; Terra, 2011).

O desenvolvimento comum de foliações direcionadas W a NW surgiram durante o último evento tectono-metamórfico do Ciclo Brasileiro, durante este período se alojaram os corpos máficos-ultramáficos, plútons graníticos e intrusões gabro-dioríticas no Arco Magmático de Arenópolis. (Pimentel *et al.*, 1999; 2004; Terra, 2011).

Os granitos tardi a pós-tectônicos denominados de leste para oeste de granitos Serra Negra, Serra do Iran, Caiapó, Iporá, Israelândia e Serra do Impertinente são de forma geral equigranulares, de coloração rósea, e ricos em biotita. (Pimentel e Fuck, 1987, 1994; Pimentel *et al.*, 1996; Rodrigues *et al.*, 1999, 2000; Hollanda *et al.*, 2003).

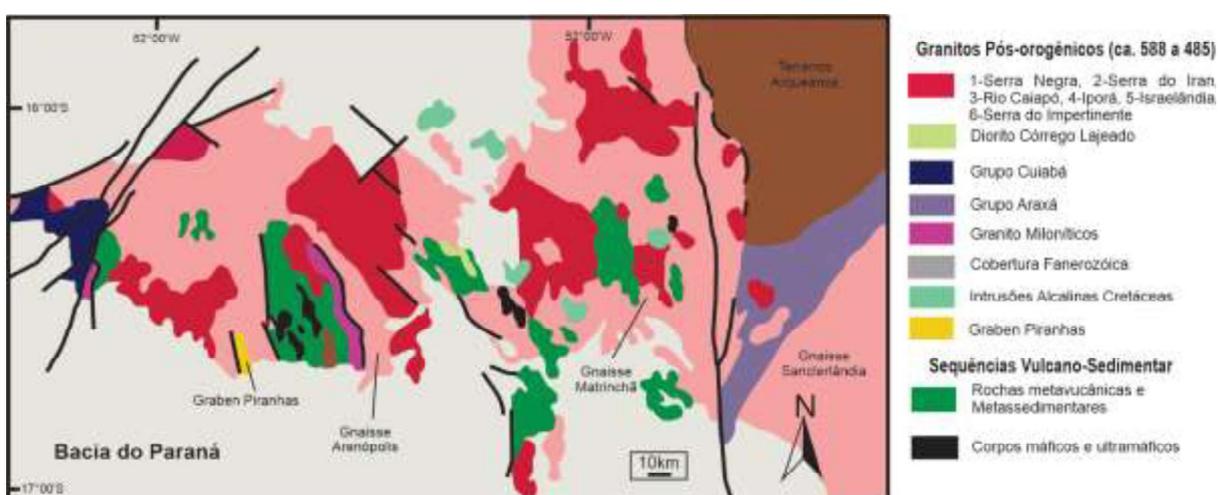


Figura 6: Mapa geológico esquemático da região do Arco Magmático de Arenópolis, adaptado de Pimentel *et al.*, 1999, 2000.

3.3.2. Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns – Itaberaí

Anteriormente relacionada como uma extensão do Grupo Araxá, a Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI) foi inicialmente estudada por Simões (1984), Barbosa (1987) e Nunes (1990). Corresponde a uma faixa irregular de direção E-W com geometria na forma de arco que apresenta dimensões de 160 km de comprimento por 20 km de largura média, que é dividida em dois segmentos. A porção norte inicia nas proximidades de Aurilândia e prossegue rumo a Mossâmedes, onde muda para direção sul e finaliza em Edealina (Moreira *et al.*, 2008). A leste faz contato com o Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu e o Grupo Araxá, e a oeste com as rochas do Arco Magmático de Goiás.

A interpretação de Barbosa (1987) para a região da Sequência Anicuns-Itaberaí (SAI), teve posteriormente uma subdivisão em duas unidades geológicas distintas por Nunes (1990) em: (i) Sequência Córrego Boa Esperança, que fica na porção oeste e é constituída por metatufos andesíticos/dacíticos, meta-basaltos cálcio-alcálinos, metapelitos e formações ferríferas; e (ii) a leste, a SAI é separado da sequência anterior por uma falha oblíqua de direção NNW, que é composta por rochas máfico/ultramáficas, metaritimitos, metacherts, além de lentes de mármore. Estudos geocronológicos posteriores de rochas máficas em Laux *et al.* (2004), corroboram uma ideia de que essas duas unidades são de mesma idade (Neoproterozóico) e que as suas rochas supracrustais foram formadas durante dois principais intervalos de tempo, o primeiro entre 890-815 Ma e o segundo entre 630-600 Ma. No trabalho de Araújo (1997), é feito um questionamento desta distinção em duas subunidades feita por Nunes (1990).

Os últimos estudos da região feitos por Laux *et al.* (2004) e Laux *et al.* (2010) com a integração de dados geocronológicos, isotópicos e de geofísica, permitiram que fosse sugerido que as sequências foram depositadas em diferentes ambientes e posteriormente sobrepostas por eventos tectônicos. Além disso, foi indicado que a sequência supracrustal exposta na região de Anicuns representa uma sequência anterior ou posterior que delimita uma fronteira tectônica que separa o Arco Magmático de Goiás a oeste da antiga placa continental do São Francisco a leste.

3.4. Grupo Araxá

Descrito de modo inicial sob a designação de Formação Araxá por Barbosa (1955) e de forma posterior para Grupo Araxá por Barbosa *et al.* (1970). Representa uma extensa área que começa desde o sudeste do estado de Goiás até o município de Araxá em Minas Gerais onde teve seu estudo inicial. Segundo Seer *et al.* (2001) a origem deste Grupo é dada por uma sucessão de sedimentos depositados em um ambiente de mar profundo na margem passiva do Cráton São Francisco.

O Grupo Araxá é composto predominantemente por quartzito micáceo e micaxistos, incluindo calcoxistos, clorita-muscovita xisto, biotita-granada xisto, estaurolita xisto e feldspato xistos, com poucas intercalações de paragneisses e mármores (Pimentel, 2016). A estratigrafia interna do grupo é pouco conhecida

devido à intensa deformação com o desenvolvimento de *nappes* de baixo ângulo (Pimentel, 2016). Rochas vulcânicas associadas aos micaxistos do Araxá são observadas em muitas áreas. Estas rochas são anfibolitos, meta-andesitos e riolitos (Pimentel e Fuck, 1992; Valeriano e Simões, 1997). Anfibolitos intercalados com xistos de Araxá próximos a Goiânia foram datados em 0,8 Ga, idade do zircão via U-Pb em SHRIMP (Piuzana *et al.*, 2003).

Em estudos publicado por Seer (1999) e Seer *et al.* (2001) o Grupo Araxá é considerado um sinformal regional que se encontra estruturado em três lascas tectônicas: inferior, intermediária e superior. Cada lasca apresenta arranjo litoestratigráfico interno próprio, reflexo de ambientes tectônicos-sedimentares-ígneos diferentes e está limitada por zonas de cisalhamento sub-horizontais e subverticais. As lascas tectônicas são classificadas em três tipos de terrenos tectoestratigráficos: a) lasca tectônica inferior Terreno Canastra – fragmento de margem continental passiva; b) lasca tectônica intermediária Terreno Ibiá – fragmento de porção sedimentar de arco vulcânico; c) lasca tectônica superior Terreno Araxá – fragmento de crosta oceânica intrudido por granitos colisionais (Fig. 7). Em seus trabalhos também é descrito a história de deformação e metamorfismo na sinforma de Araxá.

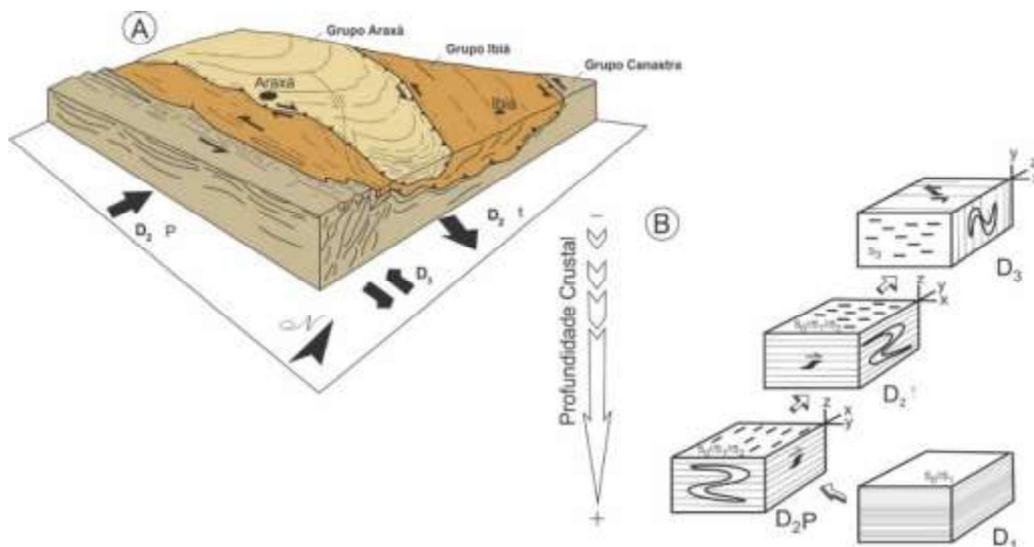


Figura 7: A) Quadro geral da região da Sinforma de Araxá mostrando o relacionamento entre as principais unidades tectono-estratigráficas e seus contatos tectônicos marcados por zonas de cisalhamento; as setas indicam os principais vetores cinemáticos. (modificado de Seer, *et al.* 2001).

De acordo com Cardoso (2016) o Grupo Araxá representa uma série de unidades metassedimentares distintas, que foram depositadas em diferentes configurações baciais, momentos e ambientes tectônicos durante o Neoproterozóico, que se sucederam desde margem passiva, acrecionária ativa, até ambiente sin-colisional. Com o desenvolvimento da Orogenia Brasileira o Grupo Araxá passou por intensas deformações tectônicas o que alterou a ordem estratigráfica original de sua deposição que geraram uma série de *nappes*, além de processos metamórficos que chegaram até a fácies anfíbolito.

As relações estratigráficas entre as rochas metaígneas e metassedimentares do Araxá ainda estão longe de ser claras e permanecem controversas devido a imbricações tectônicas (Pimentel, 2016). Outras características importantes associadas as rochas do Araxá é a presença de lentes de serpentinito, anfíbolito e talco xisto, com depósitos de cromita podiforme, que representam uma *melange* ofiolítica longa, aproximadamente NS (Strieder e Nilson, 1992).

3.5. Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu

O Complexo Anápolis-Itauçu (CAI) foi citado pela primeira vez por Barbosa *et al.* (1966) que agrupou suas rochas no contexto de um domínio dos terrenos arqueano-paleoproterozóico do embasamento cristalino, na época denominado Complexo Goiano (Cunha *et al.* 1981). Sendo posteriormente diferenciadas e inseridas em trabalhos de mapeamentos básicos da CPRM como os de Lacerda Filho (1994) e Baêta Jr. (1994). Estudos como os de Moraes *et al.* (2002), que se aprofunda no estudo da evolução metamórfica do CAI, e os de Piuzana *et al.* (2003) que usa datações do SHRIMP U-Pb para entender a cristalização e a paragênese do Complexo, são as mais recentes contribuições para o entendimento do CAI.

Segundo Moraes *et al.* (2002), o CAI consiste em uma extensa área de diversos grupos litológicos comportados no segmento centro-sul da Faixa Brasília e dispostos alongados em sentido paralelo a ela mesma com direção NW-SE, separado do Grupo Araxá por uma zona milonítica. O complexo é composto por rochas de alto grau metamórfico diferenciadas dos metassedimentos do Grupo Araxá (Pimentel *et al.*, 1999) com idades Neoproterozóicas que foram estudadas por Piuzana *et al.* (2003) em análises SHRIMP U-Pb de núcleos de zircão relacionadas a análises isotópicas de Sm-

Nd de granulitos relativos ao Complexo Anápolis-Itauçu, que é segundo Pimentel *et al.* (2006), uma porção da própria Faixa Brasília metamorfizada em mais alto grau.

Os litotipos foram definidos por Moraes *et al.* (2002) em cinco grupos distintos característicos, sendo eles: ortogranulitos derivados de corpos máfico-ultramáficos de composição tonalítica e granodiorítica; granulitos supracrustais expostos na forma de granulitos aluminosos, leptinitos, granadas gnaiss e pequenas ocorrências de mármore, rochas cálcio-silicatadas, quartzitos e granulitos máficos de granulação fina; rochas máficas-ultramáficas; granitos acomodados em intrusões alongadas sentido NW-SE; sequências vulcano-sedimentares compostas de anfibolitos, micaxistos, metavulcânicas félsicas, metacherts e formações ferríferas.

Moraes *et al.* (2002) em seus estudos sobre as assembleias minerais presentes nessas rochas, chegou a estimativas onde corroboram as condições de metamorfismo a temperaturas de aproximadamente 1100 °C e pressões com cerca de 10 kbar, dando-se o derradeiro metamorfismo em período condizente com a formação da Faixa Brasília. A evolução metamórfica dessas rochas de ultra-alta-temperatura, comentada ainda por Moraes *et al.* (2002), sugere hipóteses de magmatismo relacionado a afinamento de crosta ou acomodação de grandes volumes de magma basáltico como responsáveis pelas altas perturbações termais culminantes no derretimento e metamorfismo das fácies granulíticas que registraram caminhos de resfriamento quase isobáricos.

Os estudos de Moraes *et al.* 2002 ainda concluíram que a coexistência de safirina-quartzo em granada-ortopiroxênio-silimanita granulitos do Complexo Anápolis-Itauçu demonstram que condições metamórficas de UHT (*Ultra High Temperature*) foram alcançadas na formação da Faixa Brasília durante a orogenia Brasileira. As reações microscópicas observadas por Moraes *et al.* 2002, indicam uma posterior descompressão seguida de um resfriamento quase isobárico após o pico metamórfico, porém essas condições são bastante restritas no contexto geral do CAI, já que a interação das rochas do Complexo com magmas residuais pode ter sobreposto as evidências de metamorfismo de UHT.

3.6. Intrusões Neoproterozóicas

Laux *et al.* (2004) descrevem diversos corpos intrusivos que ocorrem encrustados nas rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu e da Sequência Anicuns-Itaberaí (Fig. 8). Esses corpos estão relacionados a intrusões tardias e podem ser tanto de composição granítica como de corpos máficos-ultramáficos (Laux *et al.*, 2004).

3.6.1. Granitos Tonianos

Dois grupos principais de granitos são descritos por Laux (2004) na região da área de estudo. O autor os relaciona ao Arco Magmático de Arenópolis e os diferencia com base em seu campo e características estruturais em: (i) corpos pequenos, extremamente deformados, pré- a sintectônicos e (ii) intrusões maiores ricas em K, suítes de diorito-granito tardi a pós-orogênicos e diques de microgranitos porfiríticos. Muito pouco se sabe sobre o primeiro grupo. Eles normalmente formam corpos estreitos e alongados que exibem texturas miloníticas e uma foliação milonítica vertical que é melhor desenvolvida ao longo de contatos com unidades de rochas adjacentes (Laux *et al.*, 2004). Dentre esses corpos se destacam os Granitos Santa Rosa, Lage, Creoulos e Lavrinha (Laux *et al.*, 2004).

3.6.2. Suíte Máfico-Ultramáfica Anicuns- Santa Bárbara

A suíte Máfico-Ultramáfica Anicuns-Santa Bárbara (Araújo, 1997) é um conjunto de plútons diferenciados de gabro-dioritos com piroxênitos subordinados que ocorrem associadas às rochas da Sequência Anicuns-Itaberaí e do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu. Os corpos possuem direção N-S e são divididos entre os corpos de Gongomé-Retiro, Córrego Seco e Santa Bárbara.

3.6.3. Suíte Máfico-Ultramáfica Tipo Americano do Brasil

A Suíte Máfico-Ultramáfica Tipo Americano do Brasil (Baêta Jr. *et al.*, 1998) está situada na região central de Goiás e consiste no agrupamento em uma única unidade dos corpos acamadados de Americano do Brasil, Adelândia, Fronteira do Norte, Mangabal I e II e corpos menores como os de Santa Rosa, Água Fria, Fazenda Tuti e Santa Luzia. Os corpos da Suíte ocorrem como sills e stocks de gabro, gabronorito, anfíbolito, dunito, hornblenda piroxenito, norito, peridotito e piroxênios (Lacerda Filho, 1995). Os corpos são tectonicamente

instalados em zonas de cisalhamento presentes em faixas de rochas da Sequência Anicuns-Itaberaí (Lacerda Filho, 1995; Baêta Jr. *et al.*, 1998).

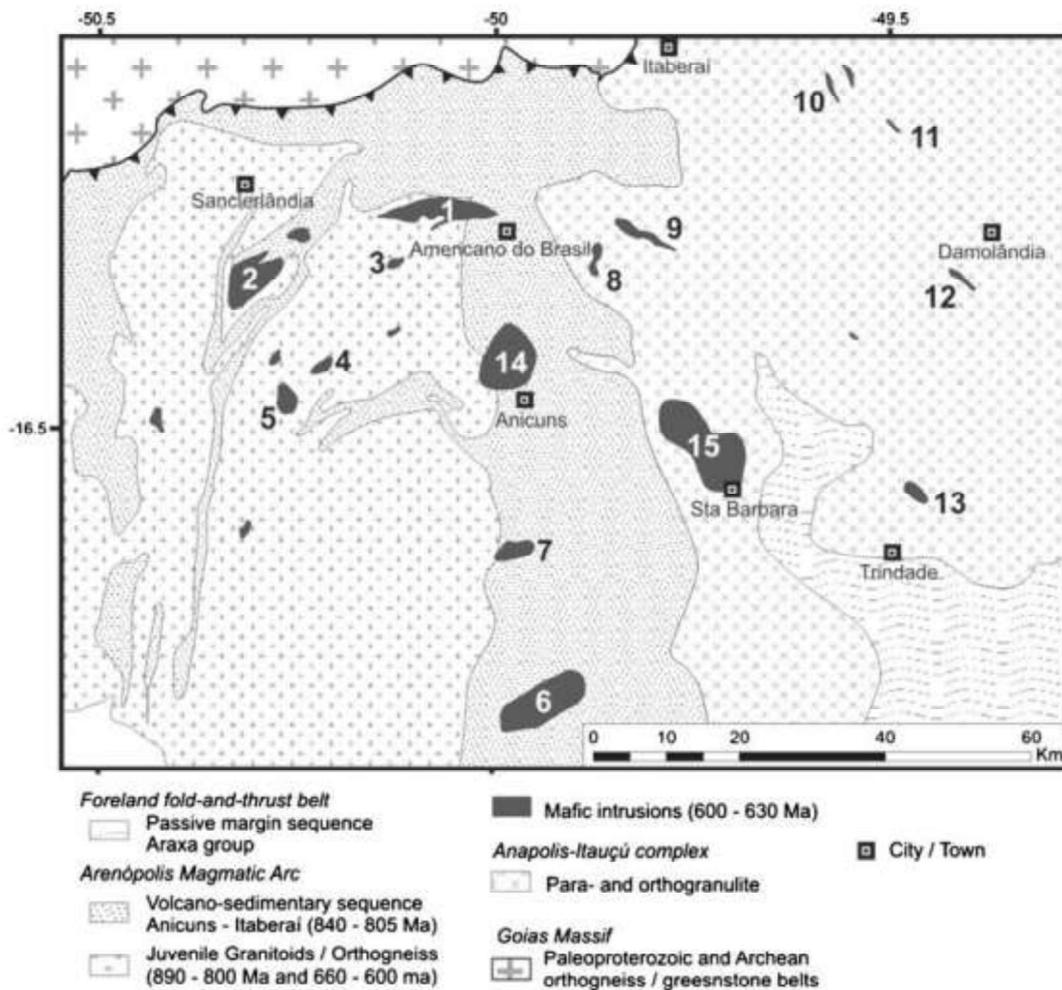


Figura 8: Mapa geológico simplificado mostrando as intrusões máficas a máfico-ultramáficas sin-orogênicas de 600 a 630Ma. Números de 1 a 7 indicam as intrusões no Arco Magmático de Arenópolis (1 – Americano do Brasil; 2 – Mangabal I e II; 3 – Água Fria; 4 – Adelândia; 5 – Fronteira Norte; 6 – Palmeiras; 7 – Mata Rica e Palmito); Números de 8 a 13 indicam as intrusões no Complexo Anápolis-Itaúçu (8 – Águas Claras; 9 – Capelinha; 10 – Taquaral; 11 – Santa Rosa; 12 – Damolândia; 13 – Goiânia-Trindade) 14 e 15 indicam intrusões gabrodioríticas (14 – Córrego Seco; 15 – Santa Bárbara). Retirado de Silva *et al.* 2010.

3.7. Aspectos Tectônicos e Estruturais

3.7.1. Arcabouço Geotectônico

O pré-Brasiliano e o Brasiliano, são os dois principais domínios que regem a estruturação geotectônica da plataforma sul-americana na região central do Brasil. No Neoproterozóico o Ciclo pré-Brasiliano contou com os crátons Amazônico e São Francisco para a evolução dos eventos que os regem, sendo as duas grandes placas continentais desse período, tendo sua estabilidade adquirida durante o transamazônico, ausentando-os das deformações do Ciclo Brasiliano da sua evolução.

Já o domínio Brasiliano, também datado do Neoproterozóico, gozou de uma sequência de eventos deformacionais que acometeram fragmentos menores de placas continentais ou microcontinentes, arcos magmáticos e terrenos alóctones. Essa complexa interação ocasionou uma interação estrutural marcada pelo amalgamento dessas unidades, gerando cinturões orogênicos as bordas de zonas cratônicas e fragmentos arqueanos de dimensões distintas, sendo posteriormente formado sobre esse arcabouço as Bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba e Paraná (Lacerda Filho *et al.*, 2000). É notável que a partir desse entendimento, a individualização de dez províncias estruturais do Brasil, propostas por Almeida (1997), sendo elas divididas entre os Crátons São Francisco, Tapajós e Rio Branco, Faixas Borborema, Mantiqueira e Tocantins e Bacias Costeira e Margem Continental, Paraná, Amazônica e Parnaíba.

Como já exposto, a área de estudo está inserida na Província Tocantins, sendo ela uma unidade geotectônica importante posicionada entre os crátons Amazônico e São Francisco, que obteve estabilidade no final do Ciclo Brasiliano. Seus representantes no estado de Goiás são as Faixas Araguaia, Paraguai e Brasília, caracterizadas por espessas sequências de rochas supracrustais dobradas e metamorfizadas, fragmentos arqueanos de composição granítico-gnáissica, associadas às sequências vulcanossedimentares e finalmente por terrenos antigos granulitizados (Lacerda Filho *et al.* 2000).

A Faixa Brasília é formada por uma unidade com evolução delimitada pelo meso ao Neoproterozóico, onde um cinturão móvel evoluiu sobre um embasamento constituído por terrenos granito-gnaissicos paleoproterozóicos, também deformados por dobramentos Neoproterozóicos. Segundo Fuck (1994),

se pode distinguir três unidades estruturais da Faixa de Dobramentos Brasília (Fig. 9).

A unidade Cratônica, ou Unidade estrutural do Cráton São Francisco é um domínio autóctone, onde o embasamento não se envolve na deformação e é constituída pelo Grupo Vazante e Grupo Bambuí, com formações dominadas por rochas pelítico-carbonáticas pouco dobradas e extensas coberturas Fanerozóicas.

A unidade externa, composta por um embasamento Arqueano-Paleoproterozóico com recristalizações devida ao Ciclo Brasileiro, sobrepostas por unidades metassedimentares do Mesoproterozóico como os Grupos Araí, Natividade e Canastra.

A unidade interna, que é composta por um embasamento intensamente ligado ao Ciclo Brasileiro, representados pelo Maciço de Goiás com remanescentes de *greenstone belts*. Além de unidades alóctones do Grupo Araxá e Serra da Mesa, complexos máficos-ultramáficos granulitizados e sequências vulcanossedimentares proterozóicas.

Torna-se necessário ainda, evidenciar o Arco Magmático de Goiás, que se caracteriza como um segmento de crosta juvenil que ocorre em uma faixa com características geoquímicas e isotópicas relacionadas a ambientes de arco de ilha intraoceânicos imaturos que evoluíram para situações de arco maduro ou margem continental ativa. Sendo amalgamada durante a extinção da área oceânica que segundo Fuck (1994) separava os Crátons Amazônico e São Francisco.

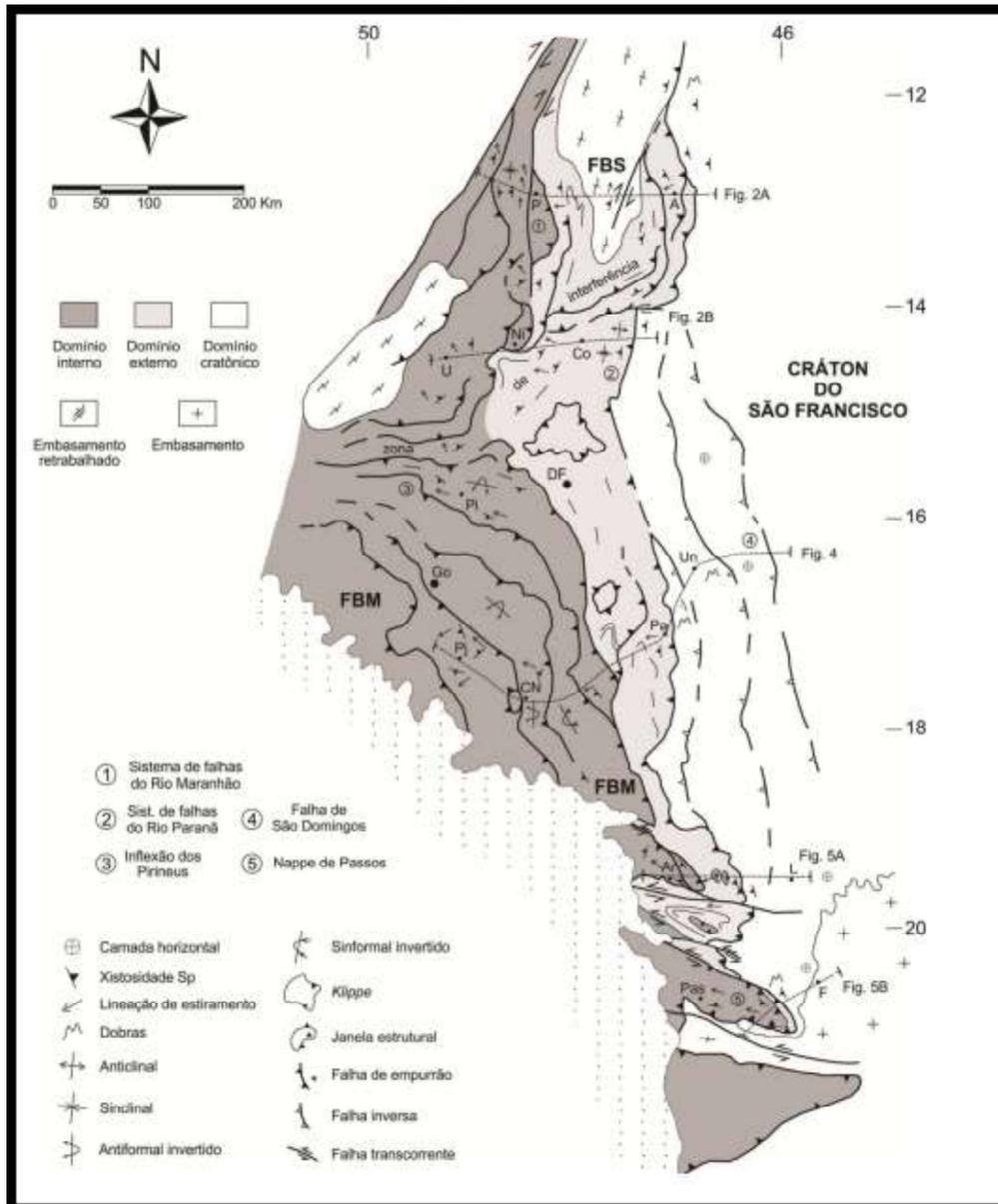


Figura 9: Mapa estrutural simplificado da Faixa Brasília e porção adjacente do Cráton do São Francisco, com indicação dos domínios cratônico, externo e interno e com localização das seções estruturais. Retirado de Uhlein *et al.* 2012.

3.7.2. Estrutural

Localmente na área estudada, Araújo (1997), responsável pelo mapeamento gerido pela CPRM, que gerou como resultado a folha Itaberaí (SE. 22-X-A-III), discorre sobre a deformação da área de estudo a partir dos dados disponíveis sendo possível, segundo ele dividir a deformação em três domínios distintos, a saber:

Domínio I: é constituído por uma zona cratônica pertencente ao Maciço Mediano de Goiás, estabilizado durante o Arqueano, suas rochas pertencem a um complexo granito-gnaissico de composição granodiorítica e granítica. Esses terrenos foram submetidos a deformações transamazônicas que obliteraram as estruturas pré-existentes, sendo apenas uma deformação D_n , representada pelo bandamento gnáissico, herança dessas antigas deformações. Ainda no limite entre os Domínios I e III são visíveis zonas de cisalhamento transcorrentes de direção E-W, sendo também possível observar estruturas comuns aos dois domínios representados principalmente nas rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí.

Domínio II: Rochas granulíticas orto e para derivadas, associadas com ortognaisses-migmáticos são encontradas nesse domínio, possivelmente oriundas do embasamento exposto graças às deformações do transamazônico, e teriam se desenvolvido quando movimentos conjugados predominantemente tangenciais (evento fases D_1/D_2), teriam adquirido forte componente transcorrente no final do ciclo, na fase D_3 .

Domínio III: Nesse domínio as rochas da Sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí são as principais constituintes, além de litotipos da Suíte gabro-diorítica e corpos granitóides. Sua característica é oriunda de blocos crustais sigmoidais, limitados por zonas de cisalhamento transcorrentes oblíquas, de direção EW e NW-SE, truncadas por uma tectônica dúctil-rúptil estreitamente espaçada, com direção NE-SW. Tendo como estruturas em escala de afloramento minidobras, estiramentos minerais, xistosidade e foliação milonítica.

Araújo (1997), subdividiu a evolução estrutural da área em dois grandes eventos. Neles são notáveis seis fases de deformação progressiva associadas a diversos episódios de cisalhamento. O primeiro evento está associado ao Ciclo Tectono-Metamórfico Transamazônico, e ocorre representado em três fases de

deformação (D_1 , D_2 e D_3). D_1/D_2 são relacionadas com uma tectônica tangencial, penetrativa e em regime dúctil. Estão presentes no Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu e originam-se a partir de um cisalhamento simples, de baixo ângulo, gerando estruturas escamadas e imbricadas. Já a terceira fase (D_3), marca um episódio transpressional ligado ao desenvolvimento da superfície milonítica, com orientação EW/NW-SE, formada em níveis crustais superiores. Este evento foi responsável pela ascensão dos blocos granulíticos, como resultado de sua descompressão, tendo como consequência a hidratação e o retrometamorfismo dos seus litotipos.

O segundo evento se desenvolveu ao nível das rochas do Grupo Araxá e da Suíte plutônica gabro norítica Anicuns-Santa Bárbara, com remobilizações das rochas do embasamento. Assim como no primeiro evento, também possuem três fases de deformação, associadas ao Ciclo Uruçuano, regidas por um contexto de cisalhamento dúctil-rúptil.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

4.1. Fotointerpretação

4.1.1. Zonas Homólogas

Na interpretação fotogeológica foi identificado nove zonas homólogas que são apresentadas na Figura 10. Essas zonas foram individualizadas de acordo com características específicas do seu relevo, estruturas, tipos de encostas e outras características. São as nove zonas homólogas as seguintes:

- **Zona Homóloga I:** localiza-se no extremo noroeste da área possui dentre as características que a individualizaram a baixa densidade das drenagens que apresentam sinuosidade mista, baixa rugosidade do relevo, topia pouco orientada e relevo simétrico, que implicam em características como uma baixa permeabilidade. Em relação às formas e características do relevo, apresenta baixa amplitude local, baixa declividade, formas de encosta retilíneas ou suavemente convexas, formas de vale aberto, e forma dos topos arredondadas;
- **Zona Homóloga II:** localiza-se logo abaixo da zona I e o que as diferencia é a densidade média de drenagens com sinuosidade curva e a declividade média do relevo;

- **Zona Homóloga III:** se encontra exatamente a sul da zona II, possui baixa densidade de drenagens com sinuosidade curva, baixa rugosidade, amplitude local e declividades baixas, tropia pouco orientada e topos arredondados;
- **Zona Homóloga IV:** apresenta baixa densidade de drenagens com sinuosidade mista, baixa rugosidade do relevo, amplitude local pequena, declividade baixa e encostas convexas com topos arredondados;
- **Zona Homóloga V:** apresenta densidade média das drenagens com sinuosidade curva, rugosidade média, amplitude do relevo pequena, com declividade baixa, encostas convexas e tropia pouco orientada;
- **Zona Homóloga VI:** possui baixa densidade de drenagens com sinuosidade mista, baixa rugosidade, amplitude local pequena, baixa declividade, relevo convexo e topos arredondados;
- **Zona Homóloga VII:** possui densidade baixa de drenagens com sinuosidade mista, com rugosidade baixa, amplitude local pequena, declividade baixa, encostas convexas e topos arredondados;
- **Zona Homóloga VIII:** zona com maior extensão da área apresenta baixa densidade de drenagens, baixa rugosidade, amplitude local baixa, declividade baixa, encostas convexas e topos arredondados; e,
- **Zona Homóloga IX:** possui baixa a média densidade das drenagens com sinuosidade curva, amplitude local baixa a média com áreas de declividade baixa a média, encostas de retílineas a convexas, e topos arredondados e pouco angulosos.

4.1.2. Fotoestruturas

A partir das imagens de satélite e fotos aéreas também foram retiradas estruturas do relevo que podem estar diretamente associadas com a geologia, sendo elas divididas em fraturas, falhas, foliação e alinhamento do relevo. O relevo da área não apresenta uma grande quantidade de estruturas foto mapeáveis, sendo que as estruturas extraídas se concentraram basicamente na porção NW e na porção SE da área. Essa concentração também revela a principal orientação das fraturas, foliações e do alinhamento do relevo NW-SE. Não condizente com esse alinhamento preferencial foi possível apenas observar uma possível falha com direção NE-SW.

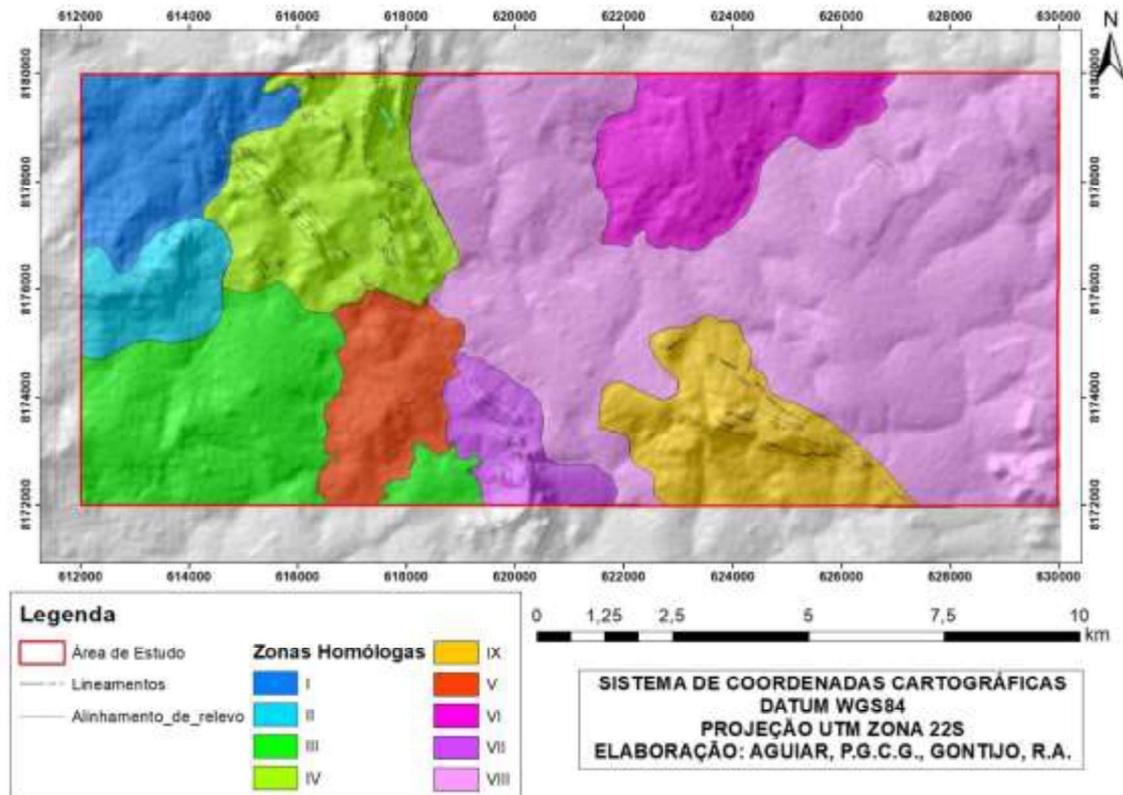


Figura 10: Mapa de zonas homogêneas e estruturas extraídas durante a etapa de fotointerpretação.

4.2. Geofísica

Com o processamento dos dados geofísicos de gamaespectrometria e magnetometria iniciou-se a interpretação e correlação da geologia com a geofísica. Para a interpretação de estruturas magnéticas foi utilizado três grids, inclinação do sinal analítico, delimitando as respostas magnéticas, o *tilt derivative*, utilizado para delimitar estruturas e o Gradiente Total importante para delimitar o corpo do granodiorito creoulos cisalhado.

Para a gamaespectrometria foi utilizada a ferramenta de cluster não supervisionado que consiste em agrupar células de valores iguais ou próximos em uma quantidade de grupos determinado previamente. Após alguns testes o cluster que melhor representou a área de estudo sem superestimar ou subestimar apresenta oito classes de cores que podem ser comparadas ao diagrama ternário afim de verificar a resposta de cada um dos três componentes. Mapas em anexo.

As unidades paragranelitos e ortogranelitos do CAI coincidem com importantes anomalias de Tório e Urânio, como demonstrados nos mapas temáticos para cada um desses elementos além do mapa ternário (vide Apêndice

G). As respostas de gama obtidas são condizentes com as esperadas para as unidades do CAI, o que transforma os dados e mapas gerados em uma importante ferramenta para o direcionamento em campo durante o mapeamento.

A sequência Anicuns-Itaberaí é bastante representada na área de estudo, sendo mapeadas, segundo a bibliografia, sequências psamo-pelíticas com importante anomalia de potássio evidenciada pela geofísica, associadas a uma unidade rítmica-carbonatada.

É importante ressaltar ainda como o mapa ternário se mostra importante na delimitação de corpos já mapeados na região, além de marcar, nas anomalias associadas a rochas da sequência Anicuns-Itaberaí, uma importante estruturação NW-SE das rochas dessa sequência, além de delimitar com precisão com grandes anomalias de Tório e Potássio os granitos e granodioritos (vide Apêndice G).

4.3. Unidades litoestratigráficas mapeadas

As unidades mapeadas na área podem ser definidas de acordo com sua ordem geocronológica, da base para topo, em:

- Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI);
- Granodiorito Creoulos; e,
- Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu (CAI).

A estratigrafia da área, porém, fora modificada pelos processos tectônicos que resultam em sistemas de empurrões que podem posicionar a SAI, unidade mais antiga, sobre o CAI. Na Figura 11 é apresentado a coluna estratigráfica da área mapeada.

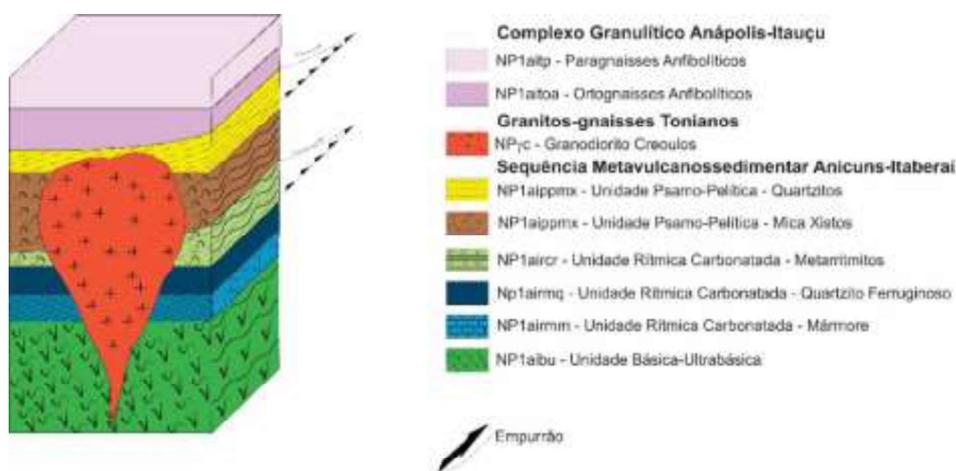


Figura 11: Coluna para-estratigráfica esquemática da área de estudo.

4.3.1. NP1ai - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí

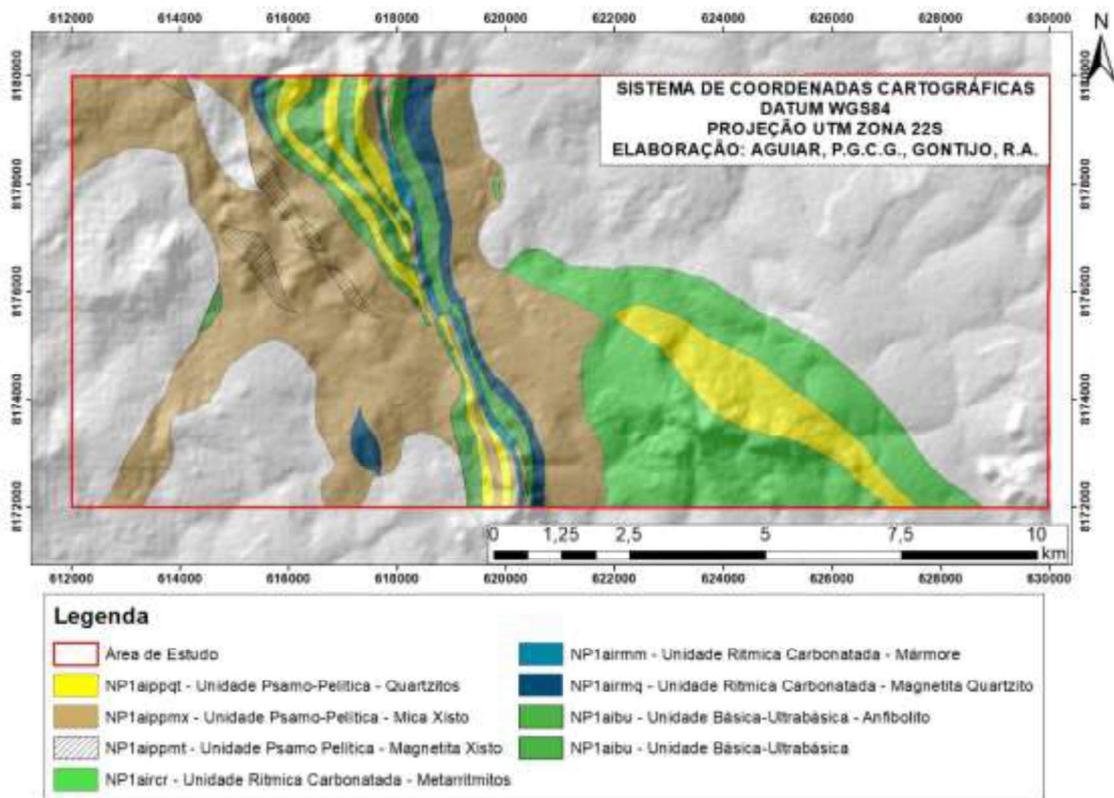


Figura 12: Unidades mapeadas da Sequência Anicuns-Itaberaí na área de estudo.

A Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI) recobre a maior parte da área mapeada (aproximadamente 48%). São reconhecidas 3 unidades pertencentes a Sequência Anicuns-Itaberaí na área de trabalho (Fig. 12), são elas:

- Unidade básico-ultrabásica;
- Unidade rítmica-carbonatada; e,
- Unidade psamo-pelítica.

Na escala de mapeamento adotada ainda foi possível subdividir essas três principais unidades da SAI. A unidade básico-ultrabásica engloba os anfíbolitos e as rochas ultrabásicas representadas por tremolita-talco-xistos, tremolititos e talco-xistos. A unidade rítmica-carbonatada se divide entre a subunidade dos metarrilitos, dos mármore e dos magnetita quartzitos. E por fim a unidade psamo-Pelítica se subdivide em micaxistos, magnetita xistos e quartzitos.

4.3.1.1. NP1aibu - Unidade básico-ultrabásica

Na porção central da área, rochas ultrabásicas que incluem tremolita-talco-xistos, tremolititos e talco-xistos, ocorrem em forma de corpos alongados em contato tectônico com outras unidades da SAI. Esses corpos normalmente têm alto grau de intemperismo com relação às encaixantes, e os talco xistos são fruto de alteração hidrotermal. As rochas dessa unidade parecem estar estruturadas em uma sequência de lascas tectônicas que afloram principalmente em encostas de morros, associadas à unidade rítmica-carbonatada e à unidade psamo-pelítica (Fig. 13).



Figura 13: (A) Bloco rolado de tremolitito (ponto 20TF03_202).; (B) Associação de tremolita-talco xisto com talco xisto (ponto 20TF03_055).

Lacerda Filho *et al.* (2021) atribui litofácies como anfibolitos, metaquartzo dioritos, talco xistos, tremolita-actinolita xistos e tremolititos à unidade básico-ultrabásica. Atribui também que o Granodiorito Creoulos está em contato intrusivo com essa unidade, porém localmente o mesmo intrude somente a unidade psamo-pelítica.

Essas rochas exibem uma foliação principal NW-SE com mergulho de 40 e 60 graus para SW e também duas gerações de dobras de crenulação (D_{n+1} e D_{n+2}) como será detalhado mais adiante no tópico de geologia estrutural.

Os talco-xistos (Fig. 14) são caracterizados pelo seu aspecto untuoso e coloração que varia de branco a cinza. A rocha é composta por talco ($\pm 95\%$) e tremolita ($\pm 5\%$) possui crenulação bem marcada. Ocorrem intercalados com os tremolititos que possuem tremolita ($\pm 85\%$), quartzo ($\pm 8\%$), serpentina ($\pm 6\%$) e

ortopiroxênio ($\pm 1\%$) e clorita-tremolita xistos, compostos por tremolita ($\pm 80\%$), muscovita ($\pm 10\%$) quartzo ($\pm 8\%$), serpentina ($\pm 1\%$) e ortopiroxênio ($\pm 1\%$). Em campo, observa-se que as rochas dessa unidade estão em contato tectônico com a unidades rítmica-carbonatada, sendo que diversos pacotes dessa sobreposição se repetem graças ao evento tectônico que empurrou a SAI sobre o CAI.



Figura 14: Amostra de talco-xisto do ponto 20TF03_054.

A tremolita nos tremolita-talco xistos possui cristais subédricos a anédricos com tamanhos que variam de 8 a 2 mm, com contato irregular entre os grãos e padrão de lineamento mineral. O plagioclásio é marcado pela presença de cristais subédricos a anédricos muito alterados, que formam argilominerais muito finos. E a serpentina ocorre com granulação muito fina, resultado da alteração dos cristais de tremolita.

Os tremolititos, os tremolita-actinolita xistos e os talco xistos devem representar a base da SAI, e são provenientes de ambiente vulcânico de arco de ilha (e.g., Baêta Jr., 1994). O contato entre os litotipos são sempre gradacionais, e indicam que estassão cogenéticas.

4.3.1.2. NP1air - Unidade rítmica-carbonatada

A unidade rítmica-carbonatada foi mapeada na porção central da área e inclui intercalações de magnetita quartzito, metacalcários, mármore e xistos, aqui chamados de metarritmitos, que ocorrem em corpos alongados na direção NW-SE. As rochas estão depositadas sobre rochas da unidade básico-ultrabásica, entretanto interpreta-se que foram afetadas por falhas inversas associadas a zonas de cavalgamento, que localmente muda a ordem do empilhamento estratigráfico das rochas. A relação observada no empilhamento das rochas na porção basal da unidade, onde porções da unidade rítmica-carbonatada ocorrem intercaladas com lascas da unidade básico-ultrabásica, indicam que o contato entre elas é tectônico, e que os cavalgamentos presentes na área fizeram com que porções do pacote desse empilhamento ocorram umas empurradas umas sobre as outras, e a leste, empurradas sobre o Complexo Anápolis-Itauçu (CAI).

Lacerda Filho *et al.* (2021) atribui a essa unidade *metacherts*, gonditos e metassedimentos ferruginosos, cobertos por metacalcários calcítico e mármore. Esta unidade tem grande importância econômica devido à presença de diversas ocorrências de manganês e calcário mapeadas em campo.

A principal estrutura observada nessas rochas é uma xistosidade com direção NW-SE e mergulho entre 40 e 60 graus para SW. Além disso é possível observar um padrão de redobramento que gera dobras na foliação principal, que são visíveis desde escala de mão até escala de afloramento, que caracterizam uma geometria de interferência do tipo “domos e bacias” ou “casca de ovos”.

Os metarritmitos abrangem magnetita-muscovita xistos (Fig. 15) compostos por quartzo ($\pm 70\%$), muscovita ($\pm 20\%$), magnetita ($\pm 10\%$) que ocorrem intercalados com camadas de espessura variável de metacalcários e magnetita quartzitos (quartzitos ferruginosos). Os quartzitos ferruginosos (Fig. 16) possuem composição modal de quartzo ($\pm 90\%$), magnetita ($\pm 9\%$) e localmente hematita ($\pm 1\%$). Os mármore (Fig. 17) são compostos por calcita e dolomita ($\pm 95\%$).



Figura 15: Bloco xisto quartzoso apresentando padrão M (ponto 20TF03_121).



Figura 16: Amostra de magnetita quartizito (ponto 20TF03_041).



Figura 17: Afloramento de mármore (ponto 20TF03_051).

4.3.1.3. NP1aipp - Unidade psamo-pelítica

A unidade psamo-pelítica mapeada na área III está distribuída nas porções central, NW, SW e SE da área. Essa unidade é representada por intercalações centimétricas a decamétricas entre quartzo mica-xistos (com mais ou menos granada) e quartzitos (Fig. 18). Os afloramentos dessas rochas são abundantes e ocorrem principalmente nas encostas de morros e em drenagens. O contato com as outras Unidades da SAI são, por vezes, gradacionais, por vezes, tectônicos. A unidade é a encaixante do Granodiorito Creoulos no sudoeste da área, e estão empurradas sobre as rochas do CAI.



Figura 18: Afloramento de grt-ms xisto (ponto 20TF03_181).

A rocha apresenta uma xistosidade principal (S_n) de direção NW-SE com mergulho de 40 a 60 graus para SW. A deformação gera padrões de crenulação em duas direções (S_{n+1} e S_{n+2}). Além da foliação principal, é importante ressaltar que os quartzitos no SE da área, apresentam-se estruturalmente invertidos, e são interpretados como resposta ao empurrão do tipo *back-thrust*. Por fim, foram observadas alterações hidrotermais nos xistos, relacionadas com zonas de cisalhamento. A geologia estrutural da unidade será detalhada em capítulo próprio.

Os mica-xistos mapeados são mineralogicamente variados e incluem principalmente: magnetita-muscovita xistos com $\pm 95\%$ de muscovita e $\pm 5\%$ de magnetita; granada-muscovita-biotita-xistos; granada-muscovita xistos; e granada-quartzo-muscovita xistos. Os quartzitos vão desde puros a muscovita quartzitos.

A muscovita ocorre como cristais transparentes a verde-pálidos, com 0,5 a 2 mm de comprimento. No quartzito, ocorre distribuída na rocha, e a orientação de seus cristais marca fases de deformação como S_n , crenulação, dobras intrafoliais, estruturas do tipo S-C e *mica fish*. O quartzo é anedral, com contatos suturados a lobulados, e extinção ondulante que sugere recristalização do tipo migração de borda de grão, indicando temperaturas da fácies anfibolito. A biotita possui cor marrom com pleocroísmo, têm entre 0,5 e 1 mm de comprimento e, junto com a muscovita, marca a foliação, por vezes apresenta-se em estruturas do tipo *mica-fish* e está substituída por óxidos de ferro em parte das amostras estudadas. Os cristais de granada ocorrem nas amostras, possuem coloração rosa, são euédricos a subédricos, hábito dodecaédrico, com tamanho de 1 a 4 mm.

Esta Unidade está estratigraficamente no topo da SAI, na área de estudo, e apresenta relações de contato que são, ora estratigráficas, ora tectônicas, com as outras unidades da SAI. Por exemplo, o contato entre o mica-xisto e o quartzito é, na maioria das vezes, gradacional, indicando que se trata de uma variação no ambiente de sedimentação do protólito.

4.3.2. Granitos-Gnaisses Tonianos

4.3.2.1. NP1_{γc} - Granodiorito Creoulos

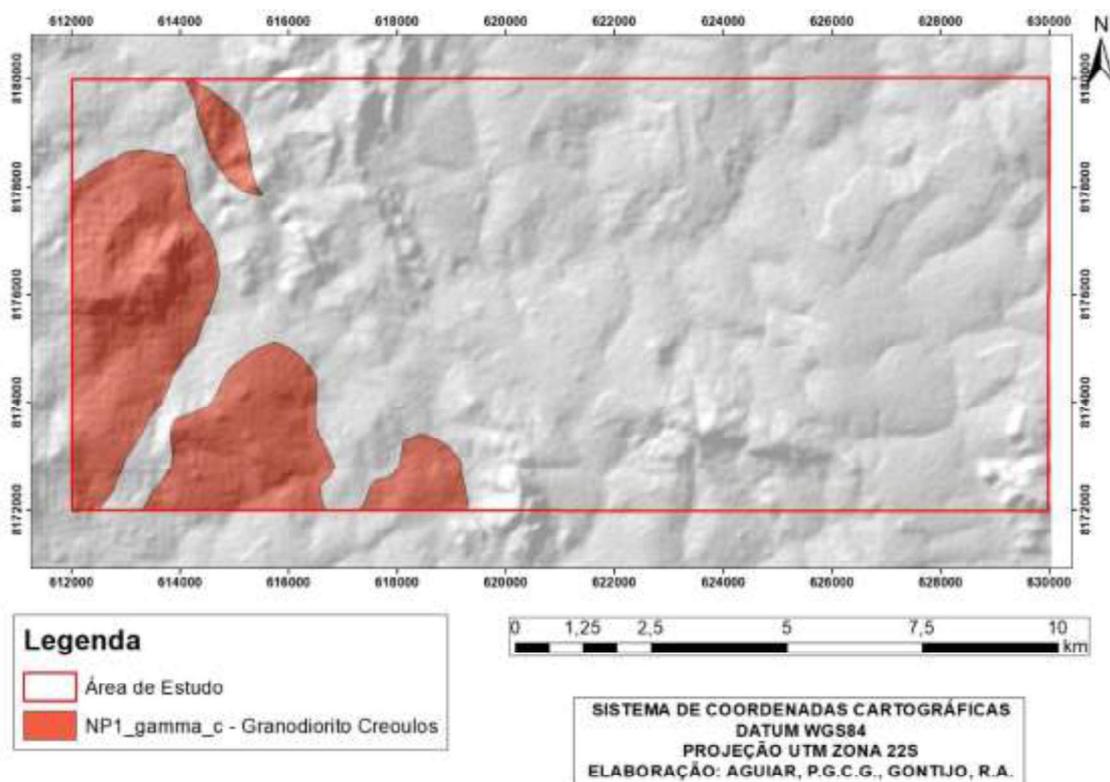


Figura 19: Corpos do Granodiorito Creoulos mapeados na área III.

Na literatura, esses maciços intrusivos estão relacionados às Sequências metavulcanossedimentares Anicuns-Itaberaí e Córrego da Boa Esperança. Foram primeiramente descritos por Nunes (1990), Oliveira *et al.* (1994) e Lacerda Filho *et al.* (2000) que os descreveram como granitos Tipo Piracanjuba. Posteriormente, Laux *et al.* (2004) denomina essas intrusões como Granodiorito Creoulos, denominação também adotada por Lacerda Filho *et al.* (2021) e pelo presente trabalho. Laux *et al.* (2005) datou essas rochas e teve a partir de análises U-Pb (zircão) as idades de 782 ± 14 Ma., TDM= 1,07 Ga e $\epsilon Nd(T) = +3,6$, que são contemporâneas ao período de colisão do Arco Magmático de Goiás.

Na porção sudoeste da área, foram individualizados em mapa quatro corpos de granodioritos leucocráticos, com textura porfirítica, ricos em biotita e muscovita, sendo comum também a presença de hornblenda (Fig. 19). Essas rochas afloram tanto em forma de pequenos lajedos como em paredões de grande extensão (Fig. 20), a exemplo do Morro do Chapéu que localizado a sul da cidade de Anicuns e que representa o maior afloramento da unidade na área.

Esses granitos são intrusivos nas rochas da unidade psamo-pelítica (NP1aipp) da SAI e o contato com as encaixantes é marcado por diferenças marcantes no relevo, padrão de drenagens e nas respostas gamaespectrométricas (Apêndice E).



Figura 20: Afloramento do granodiorito creoulos nas bordas do maior corpo (Morro do Chapéu) (ponto 20TF03_109).

Nos quatro corpos mapeados observa-se uma foliação milonítica bem marcada, principalmente nas bordas, e cujo mergulho tende a cair em direção às encaixantes. Localmente, a foliação milonítica têm padrões de redobramento e o seu mergulho varia desde de sub-horizontal a alto ângulo.

A composição mineralógica é dada por plagioclásio ($\pm 40\%$), feldspato potássico ($\pm 20\%$), quartzo ($\pm 10\%$), biotita ($\pm 10\%$), muscovita ($\pm 8\%$), epidoto ($\pm 5\%$), hornblenda ($\pm 5\%$) e titanita ($\pm 2\%$). As micas marcam a foliação. Os grãos de plagioclásio e feldspato potássico podem estar alterados por processos de alteração secundária como saussuritização nos plagioclásios e sericitização no feldspato potássico (Fig. 21).



Figura 21: Amostra do Granodiorito Creoulos (ponto 20TF03_190).

As diferenças mais marcantes entre os quatro corpos mapeados estão relacionadas à intensidade da deformação, sendo que o corpo maior apresenta milonitização mais intensa nas bordas quando comparado aos demais. Além disso, as respostas de gamaespectrometria do corpo maior têm contagens maiores para tório (Th) e potássio (K), enquanto os dois corpos menores possuem leituras maiores para tório (Th) e urânio (U) (Apêndice E).

4.3.3. Np1ait - Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu

Na literatura, Lacerda Filho (1994) e Baêta Jr. (1994) foram os primeiros a diferenciar os granulitos do CAI em trabalhos de mapeamento básicos da CPRM. Posteriormente estudos como os de Moraes *et al.* (2002) foram responsáveis pelas diferenciações dos litotipos e das suas condições de metamorfismo. Além desses, também merece destaque os estudos de Piuzana *et al.* (2003) em análises SHRIMP U-Pb de núcleos de zircão relacionados a análises isotópicas de Sm-Nd.

Moraes *et al.* (2002) definiu cinco grupos distintos característicos para o CAI. Dentre eles granulitos supracrustais expostos na forma de granulitos aluminosos, leptinitos, granada gnaiss e pequenas ocorrências de mármore,

rochas cálcio-silicatadas, quartzitos e granulitos máficos de granulação fina. Lacerda Filho *et al.* (2021) denomina como Ortogranulitos Ácidos charnockitos, enderbitos e charnoenderbitos, que podem conter finas lentes de rochas básico-ultrabásicas brechadas ou de tipos paraderivados.

Lacerda Filho *et al.* (2021), inclui nessa unidade litotipos como kinzigitos, cianita-biotita-muscovita gnaisses, epidoto-muscovita, granada-biotita protomiloníticos, hornblenda paragnaisses, mica-quartzo xistos com lentes de cianitito, muscovita-granada xistos com intercalações de grafita xisto, granada-silimanita gnaisses, quartzitos, gnaisses calcissilicáticos, mármore e gonditos, que podem conter safirina.

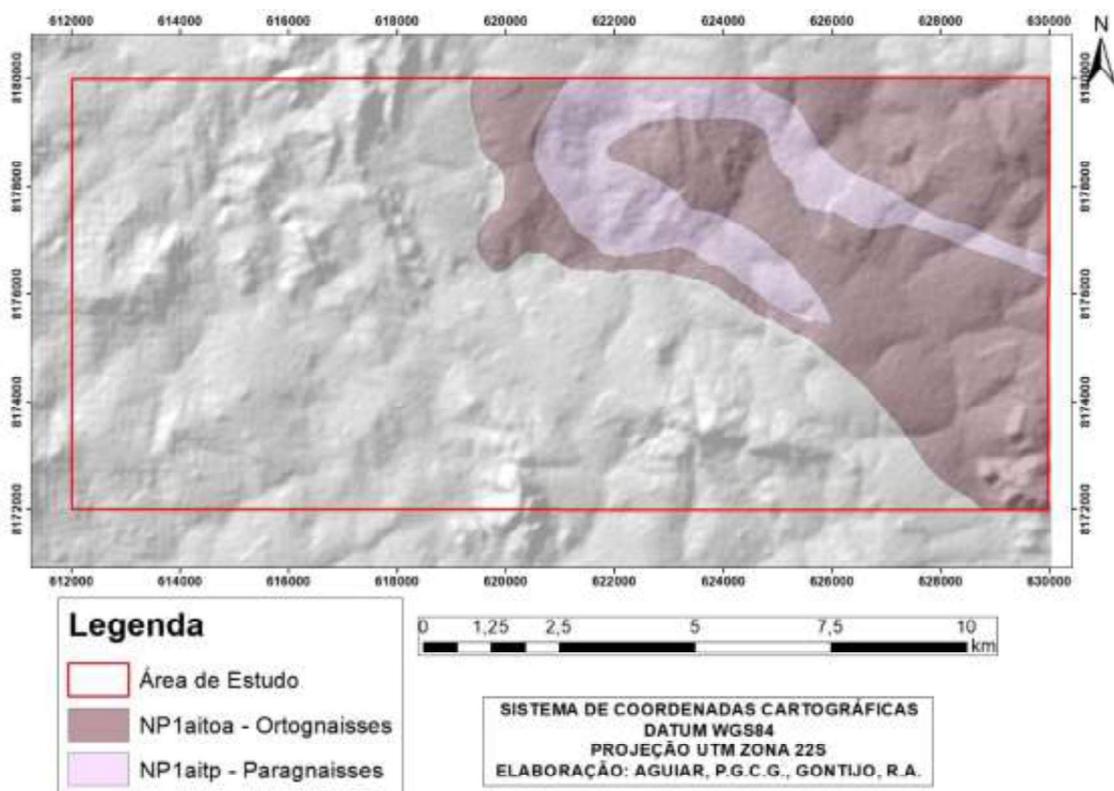


Figura 22: Unidades mapeadas do complexo granulítico anápolis-itaçu na área III.

Regionalmente o Complexo Anápolis-Itaçu (CAI) ocorre em uma faixa de rochas granulíticas alongada com direção NW (Fig. 22), incluídas principalmente nas folhas Nazário e Itaberaí, com contato a leste com as rochas do Grupo Araxá e a Oeste por Unidades da Sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Dentro dessas faixas granulíticas é comum a intercalação entre ortogranulitos e rochas paraderivadas representados por granulitos e gnaisses anatéticos (Lacerda Filho *et al.*, 2021). Esse contexto torna

complexa a delimitação de domínios e das relações de contato entre os diferentes litotipos apenas com base nas informações de campo. Nesse sentido, o mapeamento de unidades associadas ao Complexo Anápolis-Itaçu na área, foi baseado no predomínio de litotipos, com auxílio da resposta geofísica (aeromagnéticas e gamaespectrométricas) desses domínios (Apêndice E).

Rochas associadas ao CAI recobrem toda a porção ENE da área, e estão estruturadas na direção NW-SE que segundo Lacerda Filho *et al.* (2021) trata-se predominantemente de Paragranulitos.

Nessa porção da área a ocorrência de afloramentos é bastante restrita, com exceção de blocos rolados e afloramentos nos leitos de alguns córregos e drenagens, no entanto, grande parte da área de ocorrência dessas rochas está coberta por solos argilo-arenosos com coloração que variam entre amarelada a avermelhada.

4.3.3.1. NP1aitoa – Ortognaisses Anfibolíticos

Os ortognaisses anfibolíticos são as rochas predominantes na área (Fig. 23). Os afloramentos deste litotipo são restritos aos leitos de drenagens e córregos, representados principalmente por blocos e afloramentos de gnaisses félsicos que podem conter biotita, granada e plagioclásio.



Figura 23: Afloramento de ortogneiss próximo ao Rio Macacão (ponto 20TF03_060).

A foliação principal da rocha é dada por uma foliação gnáissica que segue a estruturação geral da área, ou seja, com direção NW-SE e mergulho sub-horizontal a sub-vertical para SW, e que localmente está redobrada.

As rochas mapeadas nessa unidade são predominantemente gnaisses félsicos que podem portar ortopiroxênios (Opx). Nessas rochas, classificadas como enderbitos e charnockitos, a presença de Opx em associação com quartzo é fundamental para sua classificação como ortogranulitos ácidos, porém, também foram incluídas nessa unidade rochas com foliação gnáissica e composição ácida com presença de feldspato potássico (KF), quartzo (Qtz), plágioclásio (Pgl) e menor quantidade de minerais máficos.

As rochas do SAI estão cavalgadas sobre a Unidade de Ortogranulitos do CAI. O contato de direção NW-SE foi mapeado como uma falha ou zona de cisalhamento transpressional sinistral. O contato entre as Unidades Ortogranulitos Ácidos e Paragranulitos não foi observado em campo devido à ausência de afloramentos e, como mencionado anteriormente, a individualização da unidade foi feita utilizando ferramentas secundárias como a geofísica e as imagens de satélite, pois possuem respostas gamaespectrométricas com altas contagens de tório (Th) e urânio (U).

4.3.3.2. NP1aitp – Paragnaisses e micaxistos portadores de silimanita

Os principais litotipos mapeados como pertencentes a essa unidade foram biotita-muscovita gnaisses, muscovita-granada gnaisses, granada-muscovita-biotita xisto portadores ou não de silimanita e gnaisses calciossilicatados (Fig. 24).



Figura 24: Amostras de paragneisse (ponto 20TF03_033).

As rochas da unidade têm foliação gnáissica com direção preferencial NW e mergulho sub-vertical, sendo exposta a redobramentos, que marcam texturas de crenulação.

Assim como ocorre na unidade de ortogranulitos, os afloramentos são escassos e ocorrem apenas na forma de blocos e eventualmente em leitos de drenagem, de maneira que a individualização de litotipos dentro da unidade é inviável. Dessa forma buscou-se agrupar nessa unidade o predomínio de rochas paraderivadas, mas não se descarta a ocorrência de gnaisses ortoderivados félsicos e máficos intercalados com essas rochas. As rochas paraderivadas, xistos e principalmente gnaisses, possuem variação na quantidade de granada, muscovita e biotita. Outra importante variação composicional é dada pela presença de rochas calciossilicatadas que sugerem que os protólitos da unidade são principalmente sequências de argilitos, metamargas a carbonatos.

Os xistos observados em na micrografia (20TF03_026) são compostos por quartzo (45%), biotita (20%), granada (10%) muscovita (10%), plagioclásio (12%), podendo conter ou não silimanita (3%). O quartzo tem extinção ondulante a oblíqua e contato suturado a lobulado que indica recristalização do tipo migração de borda de grão. A biotita tem cor marrom, 0,5 e 1 mm de comprimento e pleocroísmo. A muscovita tem 0,5 a 2 mm de comprimento, cor verde-clara. O plagioclásio possui contato irregular com demais minerais, forma anedral, tamanho de ~0,5 mm, com geminação da albita. A granada possui coloração rosa, hábito dodecaédrico isométrico e tamanho de 1,5 mm,

normalmente ocorre como porfiroblastos subédricos. Por fim, a silimanita ocorre com hábito prismático, subédrico, orientada segundo a foliação.

Assim como nos ortognaisses anfibolíticos, a individualização de litotipos dentro da sequência é complicada, sendo necessário a utilização de geofísica para mapear o contato com os ortogranulitos. As respostas gamaespectrométricas com altas contagens de tório (Th), urânio (U) e potássio (K), que dão tons de coloração branca no mapa ternário, e as respostas de contagem total também foram essenciais para delimitação do contato com os ortogranulitos (Apêndice E).

4.4. Geoquímica

A partir dos dados de PCA, é possível ver correlação entre os elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sc, V e Zn. Com essa informação foram gerados além dos grids individuais, as composições ternárias e binárias entre os elementos citados (Apêndice F).

As principais anomalias observadas acima são principalmente associadas às rochas unidades básico-ultrabásica. No granodiorito creoulos ocorrem porções mais ricas em Zn na sua borda e Mn em seu centro, porém não apresenta mais nenhuma outra anomalia considerável. Nos ortogranulitos é possível visualizar uma associação com resultados consideráveis para os elementos Cr-Cu-Zn.

Segundo os dados da CPRM na área de estudo é possível identificar metais nobres (ouro, prata e platina), substâncias metálicas (zinco, cobre e chumbo), além de rochas carbonáticas utilizadas tanto como rochas e minerais industriais ou ornamentais (mármore). Os requerimentos feitos corroboram para confirmação destes dados.

4.5. Geologia Estrutural

4.5.1. Introdução

Lacerda Filho *et al.* (2021) agrupa nove domínios tectônicos regionalmente (Fig. 25). Esses domínios foram individualizados de acordo com a homogeneidade das feições estruturais, do tipo e regime de deformação, além da relação entre os indicadores cinemáticos e as associações litológicas associadas.

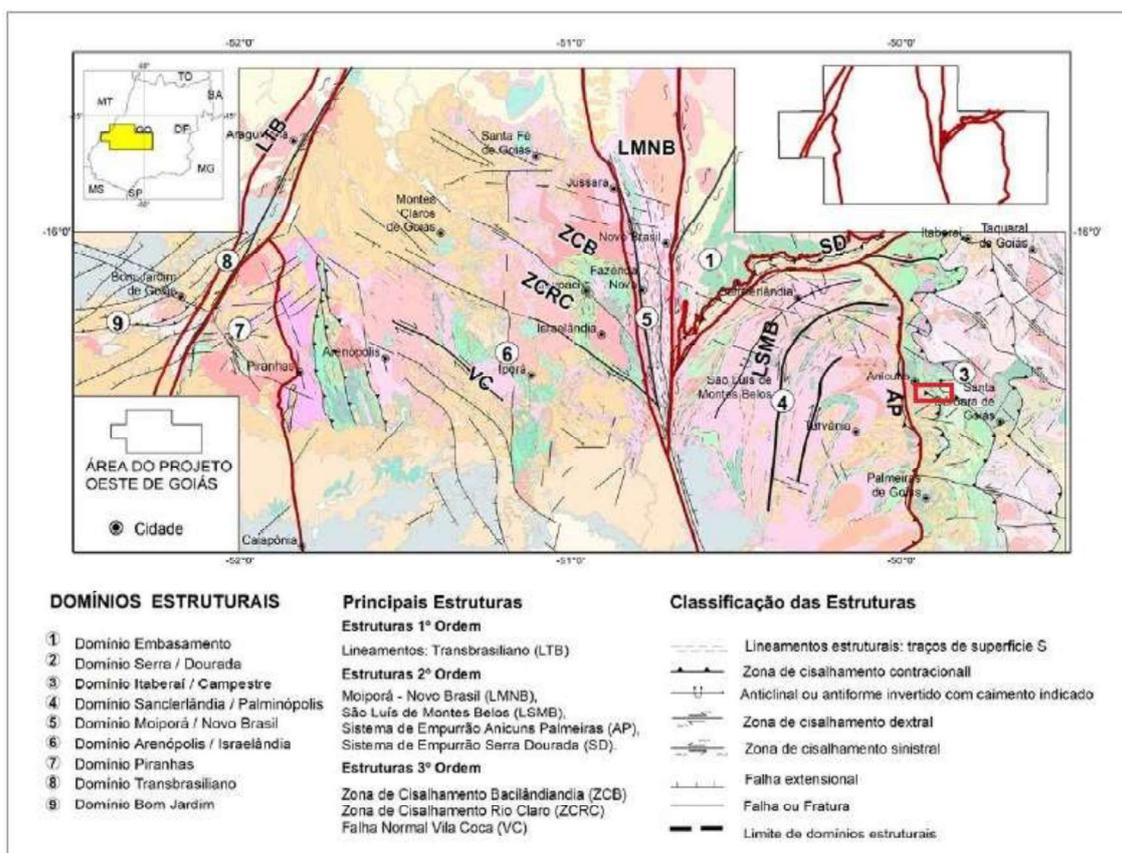


Figura 25: Mapa de domínios tectono-estruturais do segmento sul do Arco Magmático de Goiás, com área de estudo destacada em vermelho. Adaptado de Lacerda Filho *et al.* (2021).

Dentro desse contexto, a área de estudo está inserida no Domínio Itaberai/Campestre, que tem sua estruturação marcada por tectônica compressional e abrangem principalmente as rochas da SAI, do CAI e do Grupo Araxá. Destaca-se no domínio citado uma grande estrutura de segunda ordem chamada por Lacerda Filho *et al.* (2021) de Sistema de Empurrão Anicuns Palmeiras, que é representado pela formação de três principais rampas oblíquas com vergência para leste.

4.5.2. Descrição dos Elementos Estruturais Mapeados

4.5.2.1. Foliações

Durante a etapa de mapeamento foram identificadas três foliações principais (Fig. 26).

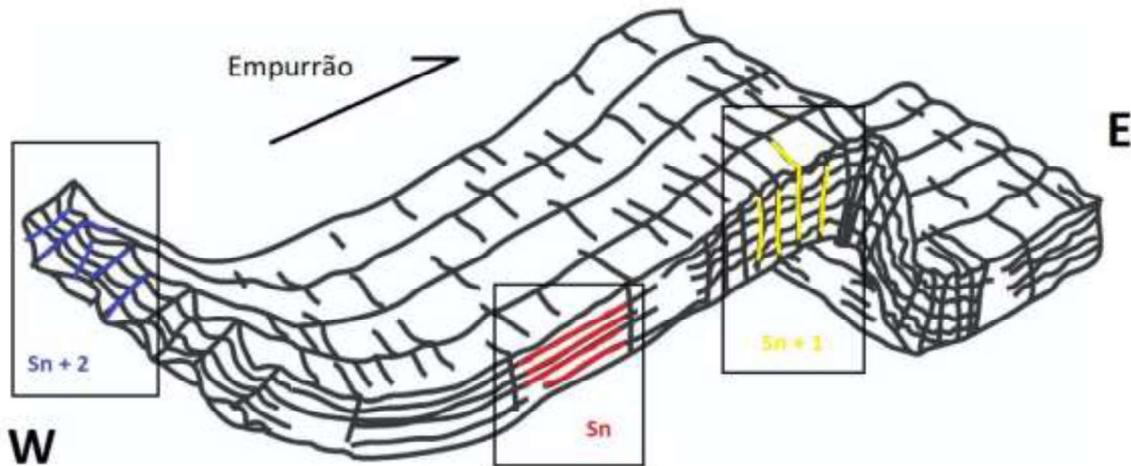


Figura 26: Bloco diagrama representando as foliações observadas na área, modificado de Hobbs *et al.* 1976.

4.5.2.1.1. Foliação Pretérita (S_{n-1})

A foliação mais antiga registrada na área de estudo, é exclusiva às rochas da Sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí. Essa foliação é apenas registrada pela presença de pequenas dobras intrafoliares em forma de laço que provavelmente são o registro de uma foliação pretérita aos eventos gerados pelo sistema de empurrão Anicuns-Palmeiras (Fig. 27).

Os eixos das dobras possuem direção E-W e sua visualização é bastante restrita, graças aos eventos posteriores que obliteraram quase que completamente os registros dessa foliação. Sendo observadas apenas em alguns micaxistos e mármore da SAI.



Figura 27: Dobras intra-foliares observadas em bloco rolado de mármore da unidade rítmica-carbonatada da SAI (ponto 20TF03_177).

4.5.2.1.2. Foliação principal (S_n)

A foliação principal na área é observada em praticamente todas as litologias mapeadas, ela se forma na etapa de deformação dúctil da evolução estrutural e é responsável pela xistosidade marcada nas rochas (Fig. 28). Essa foliação tem origem quando as rochas do protólito foram expostas a um progressivo encurtamento horizontal causado pela progressão da zona de empurrão regional para leste.

Seu mergulho preferencial é para oeste com caimento entre 40 e 75 graus, porém também ocorre para leste, tanto por decorrência de padrões de redobramento quanto pela inversão tectônica observada no extremo SE da área. A Figura 29 apresenta o estereograma das foliações principais.



Figura 28: Foliação S_n observada em afloramento de quartzitos da unidade psamo-pelítica da SAI (ponto 20TF03_127).

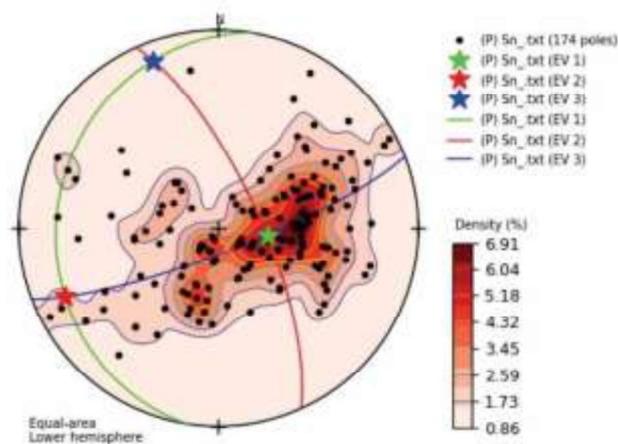


Figura 29: Projeção estereográfica dos pólos dos planos da foliação principal e seus autovetores é possível ver a distribuição principal na direção NE-SW.

4.5.2.1.3. Clivagens tardias (S_{n+1})

A foliação principal foi afetada por uma clivagem de crenulação posterior causada pela continuação da compressão E-W. Essa clivagem tem orientação preferencial NS, se sobrepõe à foliação principal gerando crenulação (Fig. 30). Os eixos das dobras de crenulação possuem a mesma orientação da clivagem e das lineações geradas nesse evento como pode ser visto nos estereogramas das Figuras 29 e 31. As rochas da SAI são as que melhor marcam essa crenulação, principalmente em suas porções xistosas.



Figura 30: Dobras de crenulação e foliação S_{n+1} marcada em mica-xisto da unidade psamo-pelítica da SAI (ponto 20TF03_038).

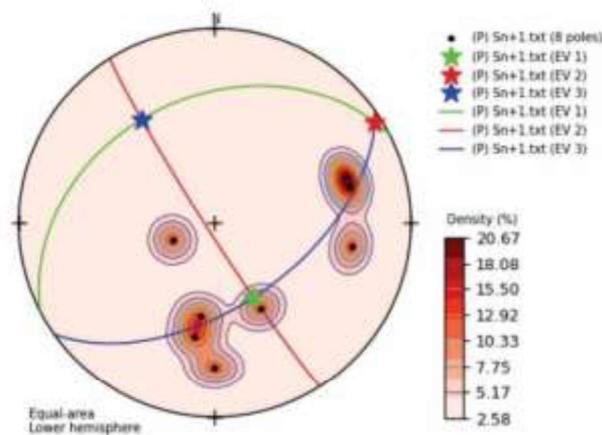


Figura 31: Projeção estereográfica dos polos dos planos da foliação S_{n+1} e seus autovetores, o padrão apresentado é NE-SW aproximadamente igual a S_n .

4.5.2.1.4. Clivagens Tardias (S_{n+2})

A clivagem S_{n+2} é formada em uma nova fase de deformação com encurtamento N-S que gera uma foliação W-E nas rochas (Fig. 32). Ela ocorre perpendicular à foliação principal e seu mergulho tem direção tanto para N como para S, com ângulos que variam de 60 graus a subvertical. As principais litologias que marcam essa foliação são os mica-xistos da SAI. Na Figura 33 o estereograma das medidas de foliação S_{n+2} é possível notar que há uma predominância no eixo NS coincidente com o evento de deformação gerador.



Figura 32: Crenulação perpendicular a S_{n+2} indicando encurtamento provocado pela compressão N-S (ponto 20TF03_001).

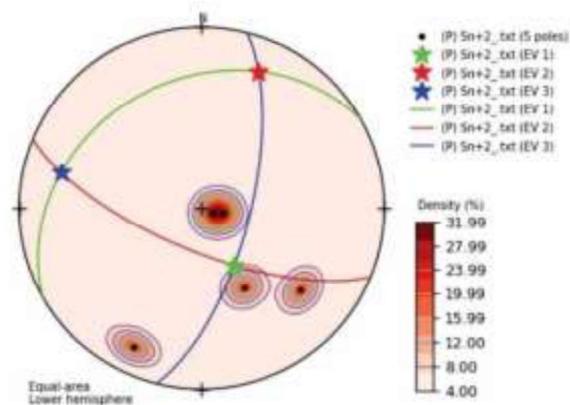


Figura 33: Projeção estereográfica dos polos dos planos da foliação S_{n+2} e seus autovetores.

4.5.2.2. Lineações

Na área de estudo foram identificadas pelo menos três lineações associadas a estirramento de minerais associados as deformações. A Figura 34 apresenta um bloco diagrama com os principais lineamentos observados em campo e a Figura 37 apresenta a direção preferencial.

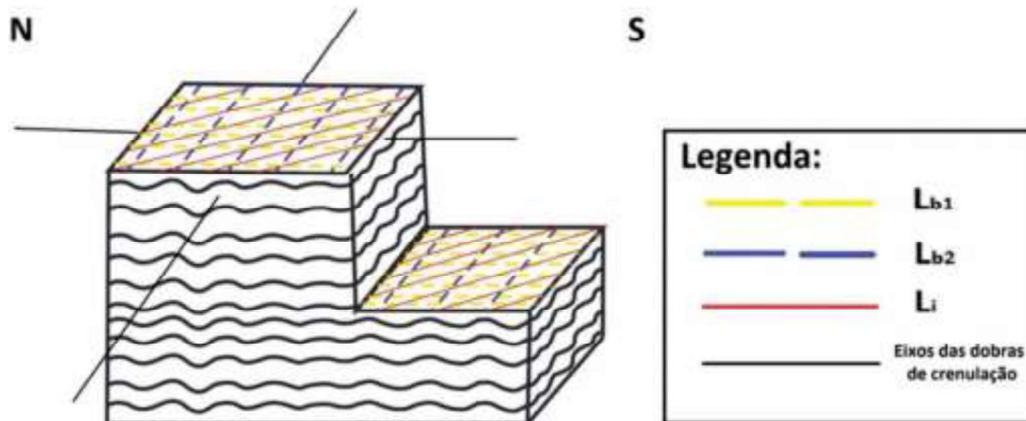


Figura 34: Bloco diagrama com os lineamentos principais da área de estudo.

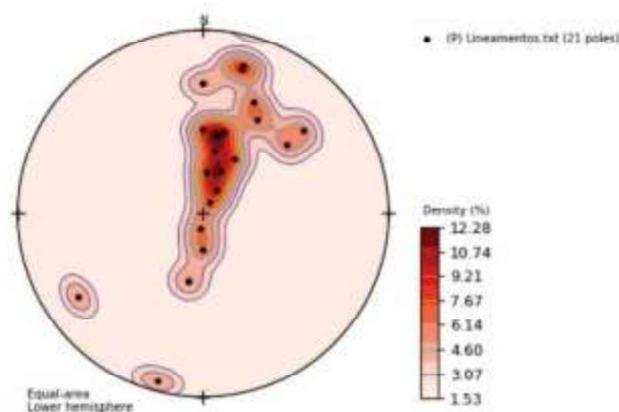


Figura 35: Projeção estereográfica dos polos dos planos de lineamentos e seus autovetores com direção preferencial aproximadamente NS coincidente com as medidas alinhadas com a clivagem de crenulação S_{n+1} .

4.5.2.2.1. Lineações Minerais (Lm)

As lineações minerais são compostas de minerais prismáticos, como os anfibólios orientados nos anfibolitos da SAI, ou por minerais e agregados minerais alongados, como agregados quartzo-feldspáticos nos gnaisses do CAI (Fig. 36). Por vezes as lineações minerais coincidem com as lineações de eixos de dobras e possuem direção que varia de NNW e WNW.



Figura 36: Lineamento mineral em gnaisse do CAI (ponto 20TF03_021).

4.5.2.2.2. Lineações de eixo de dobra (Lb)

Os eixos das dobras de crenulação tanto de S_{n+1} quanto de S_{n+2} geram os lineamentos de eixo de dobra Lb_1 e Lb_2 (Fig. 36). Lb_1 possui direção N-S, enquanto Lb_2 possui direção W-E. A visualização desses lineamentos é complexa, sendo observado em micaxistos e quartzitos da SAI.

4.5.2.2.3. Lineações de Intersecção (Li)

Os lineamentos de intersecção são resultado da intersecção entre duas clivagens, nesse caso S_{n+1} e S_{n+2} geram um lineamento resultante como demonstrado na Figura 36. Esses lineamentos são evidentes principalmente nos xistos e marcado pelo estiramento de grãos de quartzo. Os lineamentos de crenulação também são inseridos nas lineações de intersecção.

4.5.2.3. Estruturas Maiores

4.5.2.3.1. Dobras

A área de estudo apresenta padrões de dobramento associados principalmente ao cavalgamento ocasionado pela compressão E-W, geram dobras assimétricas e recumbentes com vergência para E.

Os xistos da unidade psamo-pelítica preservaram os padrões M, S e Z que indicam a vergência da dobra (Fig. 17). Os mármore por sua vez apresentam o padrão Z em camadas de segregação de quartzo onde é possível visualizar rompimentos no flanco curto (Fig. 37).

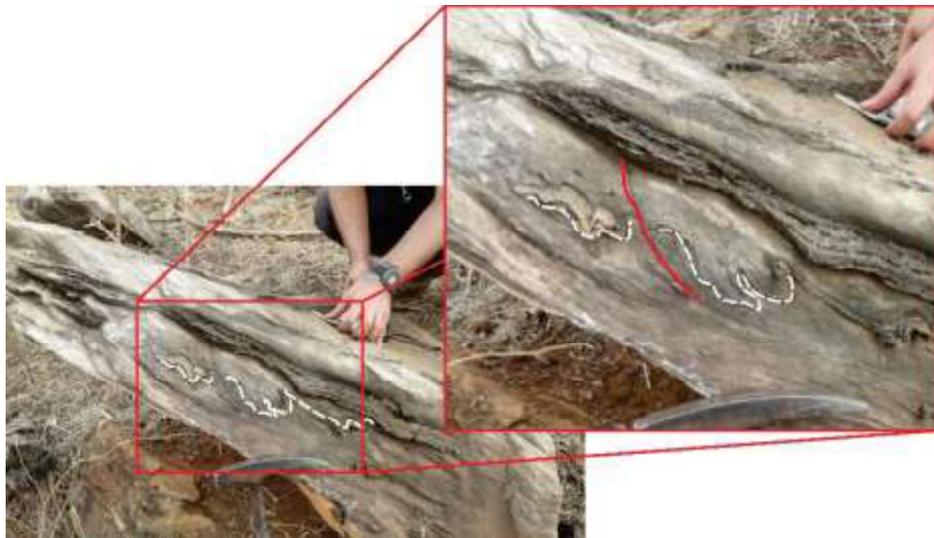


Figura 37: Afloramento de mármore com dobras preservadas e rompimento do flanco (vermelho) (ponto 20TF03_051).

Ainda nestes mesmos xistos a compressão N-S gerou, localmente, estilos de dobramento diferentes onde podemos verificar dobras em caixa (Fig. 38), o mesmo resultado pode ser visto em um afloramento de quartzito (ponto

20TF03_137) onde existe o padrão casca de ovo, com flancos aproximadamente N-S e WNW-ENE (Fig. 39).



Figura 38: Afloramento com padrão de dobra em caixa (ponto 20TF03_142).

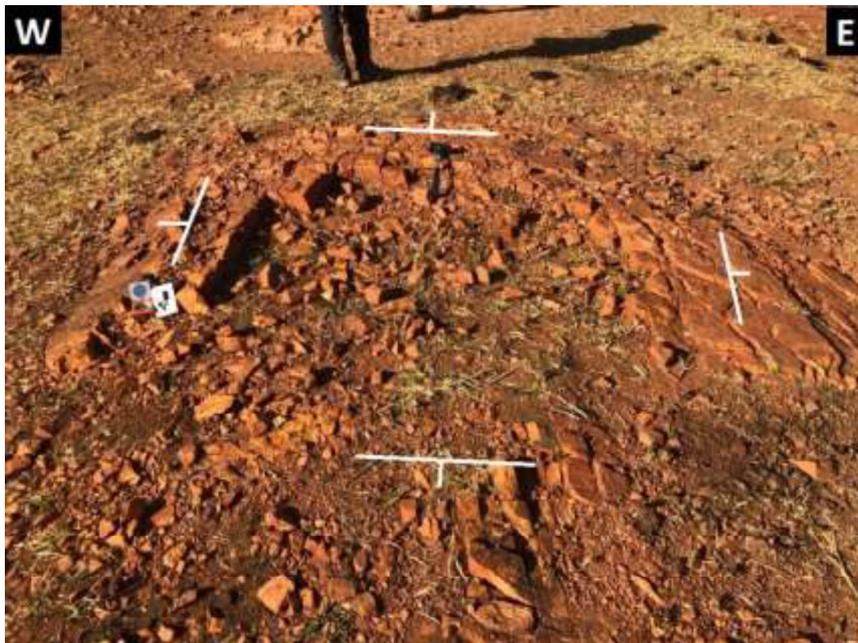


Figura 39: Afloramento de quartzito com padrão de “casca de ovo” (ponto 20TF03_137).

Os eventos deformacionais associados com o movimento de empurrão evidenciado no quartzito provocaram uma megaestrutura dobrada na porção NE da área, na unidade paragnaisse anfibolítica, delimitada pela associação das rochas, juntamente com as respostas da gamaespectrometria.

Uma evidência desse processo é vista em um afloramento no leito do córrego Ruibarbo (ponto 20TF03_021), que embora associado aos ortognaisses anfibolíticos, evidencia esse redobramento (Fig. 40) com S_n dobrado com direção NNW-SSE e S_{n+2} com direção E-W. Também no mesmo afloramento é observado dobras em padrão de laço que caracterizam a existência de S_{n-1} .



Figura 40: Afloramento de ortognaisse dobrado (ponto 20TF03_021).

4.5.2.3.2. Zonas de Cisalhamento

As zonas de cisalhamento da área possuem direção preferencial NW-SE. Elas são geradas no final da deformação no regime dúctil. Essas zonas de cisalhamento geram duas principais estruturas nas rochas da área.

No domínio do Granodiorito Creoulos, uma zona de cisalhamento localizada na porção NW da área é responsável por estirar e milonitizar um corpo menor dessa unidade (Fig. 41). Além disso essa zona de cisalhamento milonitiza as bordas da maior intrusão.

No contato entre o domínio da SAI e do CAI, existe também uma grande zona de cisalhamento transpressional sinistral que marca a interação do CAI com o retroempurrão registrado na porção SE da área.

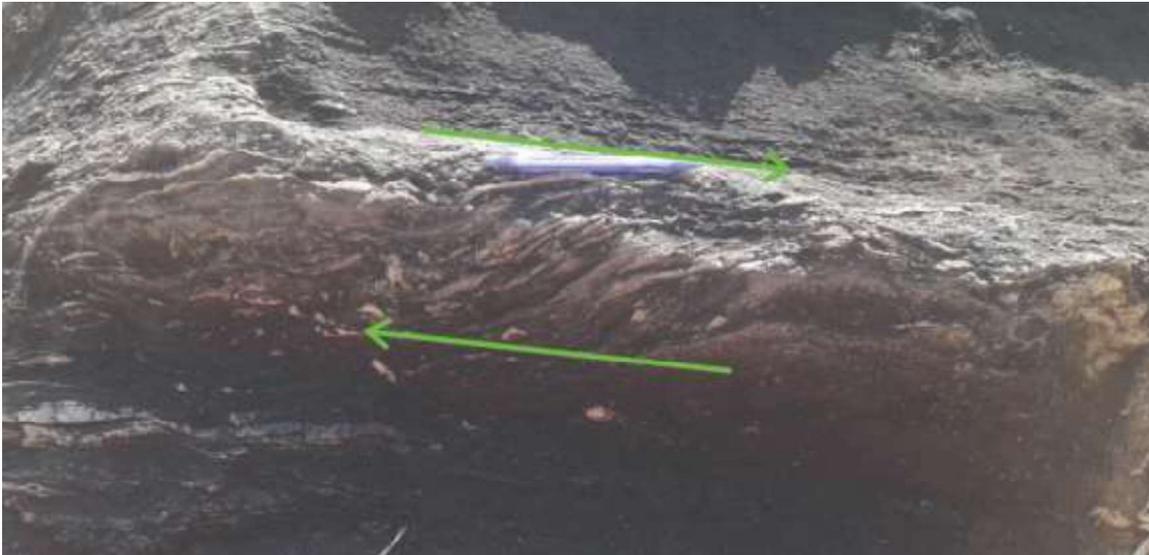


Figura 41: Movimento destal marcados em camadas segregadas de quartzito no Granodiorito Creoulos.

4.5.2.3.3. *Back-Thrust*

Na porção do extremo SE da área, é observado uma inversão estrutural nas rochas da unidade psamo-pelítica da SAI. Nessa região, predominam intercalações centimétricas a métricas de xistos e quartzitos onde todos os eventos estruturais são visíveis, porém com vergência para W, em desacordo com o resto da área que possui vergência para E (Figs. 42 e 43).



Figura 42: Detalhe mostrando a direção do empurrão.



Figura 43: Retroempurrões marcados por cristas de quartzito.

Em sistemas de empurrões é comum que os padrões de falhamento certas vezes sejam invertidos. Nas rampas dos empurrões podem haver complicações geométricas que produzem cavalgamentos ou falhas reversas com sentido oposto ao deslocamento original do empurrão, essas estruturas são chamadas de retroempurrões ou *back-thrust*.

É possível observar todas as fases de deformação encontradas nas demais porções da área com as atitudes invertidas. O acamamento principal gerado por S_n , tem direção média NW-SE, porém, com caimento para NE, enquanto os ângulos são relativamente mais altos, variando de 65° a subvertical (Fig. 44). Além de ser possível também estruturas como dobras com vergência para SW (Fig. 45).



Figura 44: Direção do empurrão com acamamento subvertical em quartzito (ponto 20TF03_200).



Figura 45: Detalhe de dobras com vergência para W.

4.5.2.3.4. Fraturas e falhas

Associados aos empurrões são encontrados na área de estudo fraturamentos do tipo par conjugado (*riedel* e *anti-riedel*) divididos em duas famílias J_1 e J_2 , sendo a primeira associada ao par com direções N-S/NW-SE com σ_1 NNW-SSE, e a segunda é representada pelos pares E-W/NE-SW com σ_1 ENE-WSW. Estas fraturas são preenchidas principalmente por quartzo recristalizado, em alguns pontos podem ser observadas falhas aproximadamente perpendiculares ao esforço principal (Fig. 46). A Figura 47 apresenta os estereograma das famílias de fraturas onde evidência a direção principal das fraturas NW-SE.

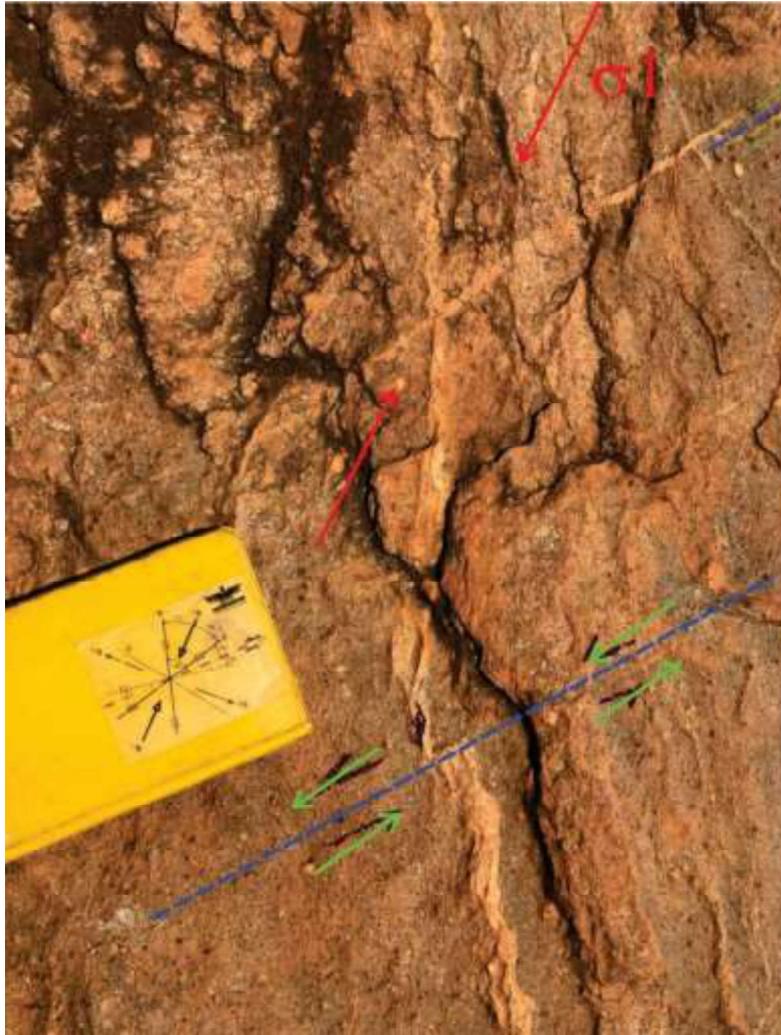


Figura 46: Fraturas preenchidas com quartzo em afloramento de xisto, associado a falhas com direção aproximadamente E-W (azul) (ponto 20TF03_201).

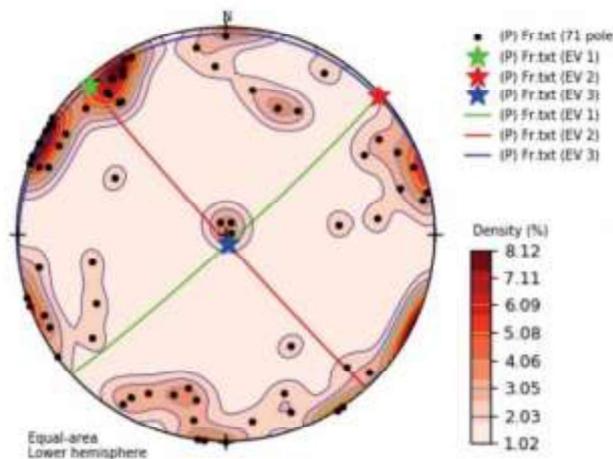


Figura 47: Projeção estereográfica dos polos dos planos de fratura e seus autovetores.

4.5.2.4. Domínios Estruturais

4.5.2.4.1. Rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí

O primeiro domínio está relacionado às rochas da SAI. Essa unidade é a mais expressiva da área e é caracterizada por empurrões com vergência principal para E. A relação de contato das suas litologias com as do domínio do CAI é marcada por zonas de cisalhamento transpressional sinistrais e por falhas de empurrão. Em relação ao domínio do Granodiorito Creoulos, o domínio da SAI se relaciona por contatos intrusivos.

A SAI é representada por corpos alongados de direção NW-SE. Suas rochas são as que melhor preservam as estruturas geradas pelos eventos deformacionais que ocorreram na região. Essa característica ocorre principalmente pela tendência mais dúctil das litologias dessa unidade, onde os micaxistos e mármore preservam diversos padrões de dobramentos e indicadores cinemáticos.

Além disso, uma importante inversão estrutural é marcada nesse domínio, onde a vergência do empurrão muda de E para W no extremo SE da área. Essa

inversão se dá pelos padrões de cavalgamento em cinturões orogênicos que geram rampas invertidas em processos de *back-thrusts*.

4.5.2.4.2. Rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu.

O segundo domínio estrutural abrange as rochas do CAI. Nesse domínio os ortognaisses e paragnaisses possuem bandamento com foliação gnáissica com direção preferencial NNW-SSE. Possuem dobras marcadas nas direções dos esforços principais das fases de deformação encontradas em toda área. O CAI é a base das rampas de empurrão na área, se relacionando por contato tectônico com as rochas da SAI, marcadas por zonas de cisalhamento transpressionais sinistrais.

4.5.2.4.3. Granodiorito Creoulos

O domínio relacionado às litologias do Granodiorito Creoulos é marcado por contatos intrusivos discordantes nas rochas da SAI. Essas litologias são marcadas por zonas de cisalhamento com direção NW-SE, responsáveis pela milonitização dos corpos intrusivos menores e das bordas das intrusões maiores. No corpo milonitizado a foliação tem caimento WSW e seu formato é alongado na direção do cisalhamento.

4.6. Ocorrências Minerai

A atividade mineral no Estado de Goiás é bastante diversificada e se desenvolve em diversas escalas, desde a atuação de grandes empresas de mineração até a atividade garimpeira. São 1720 jazimentos separados em metais nobres, substâncias metálicas, gemas e minerais de pegmatito, rochas e minerais industriais, rochas ornamentais e recursos hídricos/energéticos (Lacerda Filho *et al.*, 2000).

4.6.1. Metalogênese do Arco Magmático de Goiás

O Arco Magmático de Goiás contém ampla variedade de depósitos minerais gerados por processos metalogenéticos específicos que refletem sua evolução geológica complexa (Silva *et al.*, 2014). No início da década de 70, as rochas neoproterozóicas do arco juvenil eram correlacionadas aos *greenstone belts* arqueanos de Crixás-Hidrolina e, por conta disso, os trabalhos de

exploração mineral focavam na descoberta de depósitos de sulfetos maciços vulcanogênicos (Silva *et al.*, 2014).

Somente na década de 80, quando inúmeros estudos comprovaram a existência do Arco Magmático de Goiás, separando-o como unidade tectônica no contexto da Província Tocantins, que os trabalhos de exploração mineral se direcionaram à descoberta de outros tipos de depósitos (Silva *et al.*, 2014). Nesse contexto, destacam-se os depósitos cobre porfíricos, vulcanogênicos, ouro orogênicos e endomagmáticos (Silva *et al.*, 2014).

No Arco Magmático de Mara Rosa, os depósitos se dividem em quatro associações metálicas, sendo elas (Lacerda Filho *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2014):

- **Au-Ag-Ba** no depósito Zacarias, interpretado como vulcanogênico distal em ambiente de retro-arco. Apresenta reserva de 0,7 Mt com teores médios de 4,3 g/t de Au, 48,0 g/t de Ag e 10,7% de barita. O nível mineralizado consiste em um horizonte enriquecido em quartzo, subdividido numa parte superior constituída por *chert* rico em Ba (hidrotermalito) e uma inferior pobre em Ba contendo oellacherita (muscovita rica em bário);
- **Cu-Au** no depósito da Chapada, interpretado como cobre porfírico em ambiente de arcos de ilhas. Apresenta reserva de 421 Mt com teores médios de 0,31% de Cu e 0,225 g/t de Au. As rochas hospedeiras do depósito estão estruturadas segundo antifor-me aberta e compreendem ampla variação de xistos, gnaisses e anfibolitos. A mineralização (calcopirita, pirita e magnetita) dissemina-se ao longo da superfície axial das dobras e, em menor proporção, concentra-se nas charneiras das dobras ou em falhas e fraturas;
- **Au** no depósito de Posse, interpretado como ouro orogênico ligado a eventos metamorfo-deformacionais. Apresenta reserva de 1,7 Mt com teores médios de 2,24 g/t de Au. Trata-se de uma série de veios de

quartzo encaixados por microclínio gnaisses e controlados por zonas de cisalhamento; e,

- **Au-Cu-Bi** no depósito de Mundinho, interpretado como *intrusion related* associado aos eventos pós-tectônicos no Arco. Trata-se de uma série de veios de quartzo hospedados por rochas metaplutônicas e controlados por zonas de cisalhamento.

No Arco Magmático de Arenópolis, os depósitos se dividem em três associações metálicas, sendo elas (Fig. 48) (Lacerda Filho *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2014):

- **Cu-(Au)** no depósito de Bom Jardim de Goiás, interpretado como vulcanogênico distal em ambiente de retro-arco. Apresenta reserva de 4,8 Mt com teores médios de 0,92% de Cu. A mineralização (pirita, calcopirita) ocorre como um sistema de veios e vênulas discordantes encaixado nas rochas vulcanoclásticas hidrotermalizadas;
- **Au** no depósito da Fazenda Nova, interpretado como ouro orogênico ligado a eventos metamorfo-deformacionais. Apresenta reserva de 5,7 Mt com teores médios de 0,9 g/t de Au. A mineralização é controlada por um sistema de veios e vênulas entrelaçados (*stockwork*) encaixado por microdioritos, dioritos porfíricos e metavulcânicas ácidas (metadacitos); e,
- **Ni-Cu** no depósito de Americano do Brasil, interpretados como endomagmáticos associados aos complexos máfico-ultramáficos sin-orogênicos. Apresenta reserva de 5 Mt com teores médios de 0,62% de Ni e 0,65% de Cu. Os corpos mineralizados encontram-se alojados em três níveis distintos da pilha cumulática e são caracterizados por sulfeto maciço, semi-maciço, disseminado ou com textura em rede.

Os depósitos minerais do Arco Magmático de Goiás podem ser temporalmente e espacialmente relacionados ao modelo de evolução contínua de um orógeno acrescional (Silva *et al.*, 2014).

No primeiro estágio, caracterizado pela subducção intraoceânica (arcos de ilhas), formam-se os depósitos cobre porfiríticos (Cu-Au Chapada) e vulcanogênicos distais (Au-Ag-Ba Zacarias e Cu Bom Jardim de Goiás) (Silva *et al.*, 2014). No segundo estágio, caracterizado pela subducção continental (arcos continentais), formam-se os depósitos endomagmáticos (Ni-Cu Americano do Brasil), ouro orogênicos (Au Fazenda nova e Au Posse) e *intrusion related* (Au-Cu-Bi Mundinho) (Silva *et al.*, 2014).

Próximo a Anicuns, destacam-se pequenos depósitos de ouro (filoneano e em *placers*), manganês (supergênico), talco, titânio, wollastonita, gemas (schorlita, esmeralda) e rochas industriais e/ou ornamentais (granitos, calcários, quartzitos) (Lacerda Filho *et al.*, 2000). A mina abandonada Poço da Sociedade caracteriza-se como a principal ocorrência mineral da região, com ouro filoneano (Lacerda Filho *et al.*, 2000).

4.6.2. Metalogênese do Complexo Anápolis-Itaçu

A metalogênese dos ortogranulitos e paragranelitos do Complexo Anápolis-Itaçu se limita às ocorrências de Ni-Cu-Co nas rochas máfica-ultramáficas sin-orogênicas do Complexo Americano do Brasil. Essas intrusões, acamadadas, diferenciadas ou não, também estão hospedadas nas rochas metavulcanossedimentares do Arco Magmático de Arenópolis (Lacerda Filho *et al.*, 2000). Na região de Anicuns, destacam-se as ocorrências de Ni-Cu-Co na Serra do Brandão e no Maciço de Águas Claras (Lacerda Filho *et al.*, 2000).

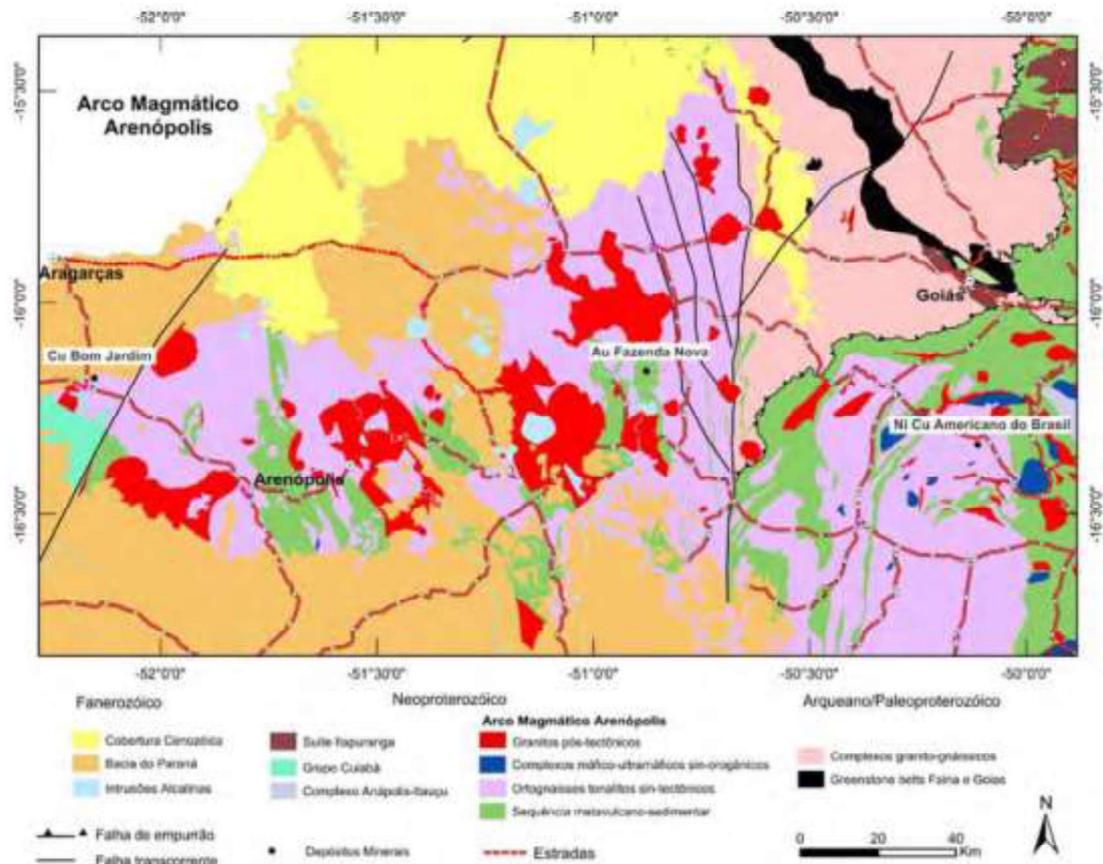


Figura 48: Localização dos principais depósitos minerais do Arco Magmático de Arenópolis. Retirado de Silva *et al.* (2014).

4.7. Levantamento Geoambiental

Para o levantamento de dados geoambientais foi necessário delimitar uma bacia para estudar os padrões hidrográficos da área. Foi delimitada uma bacia cuja abrangência é de aproximadamente 90% da área tendo como principais corpos hídricos o Rio dos Bois, o Rio Macacão e o Ribeirão Anicunzinho.

Com relação aos corpos hídricos citados o sistema de abastecimento deles é complexo, considerando que seus afluentes não seguem necessariamente a direção principal do rio e são abundantes, formando padrões ora retangulares ora dendríticos. Seu comportamento é muito ditado pela água vinda da precipitação, tanto após o escoamento superficial quanto após a

percolação dela. Da mesma maneira que as estações interferem nas chuvas, isso é refletido nos parâmetros hidrográficos, os meses com menos chuva têm menor escoamento superficial, percolação, infiltração e umidade do solo. Esse acompanhamento é quase direto para a umidade e para a infiltração, enquanto a percolação e o escoamento superficial dependem da continuidade das chuvas e da saturação do solo, por isso os seus picos são mais pontuais, eles não ocorrem quando as chuvas ainda são esparsas.

A evapotranspiração por sua vez depende tanto da umidade do solo quanto da temperatura e do estado da vegetação (crescente ou dormente). O fluxo de base da bacia também está intimamente ligado às chuvas na área, sendo que durante o período chuvoso ele cresce rapidamente e, no período de seca, diminui exponencialmente, sem alcançar zero em momento algum, até que as chuvas voltam e o fluxo aumenta novamente. É bem nítido como os anos com menos chuvas são os que têm os menores fluxos de base, a exemplo 2015, reforçando como as chuvas são importantes na manutenção do sistema hídrico da bacia.

4.7.1. Uso e ocupação do solo

Com relação ao uso e ocupação do solo utilizou-se do repositório do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias), uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima), os dados de uso do solo do bioma cerrado, correspondente à área de estudo, da coleção 5.0 (2019) com paleta de cores respectiva. No ArcGis® foi efetuado o recorte deles segundo os limites da área de estudo de forma que foi possível montar um gráfico em pizza dos percentuais dos principais usos de solo na região e obter um panorama da área de interesse neste estudo (Fig. 49 e 50).

Tabela 1 - Uso e Ocupação do Solo

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ÁREA (HA)
PASTAGEM	71125,34
FLORESTA NATURAL	12664,24
LAVOURA TEMPORÁRIA DE CANA	5003,77
LAVOURA TEMPORÁRIA DE SOJA	4422,16
OUTRAS LAVOURAS TEMPORÁRIAS	3672,59
INFRAESTRUTURA URBANA	453,42
FORMAÇÃO SAVÂNICA	352,95
CORPOS D'ÁGUA	166,28

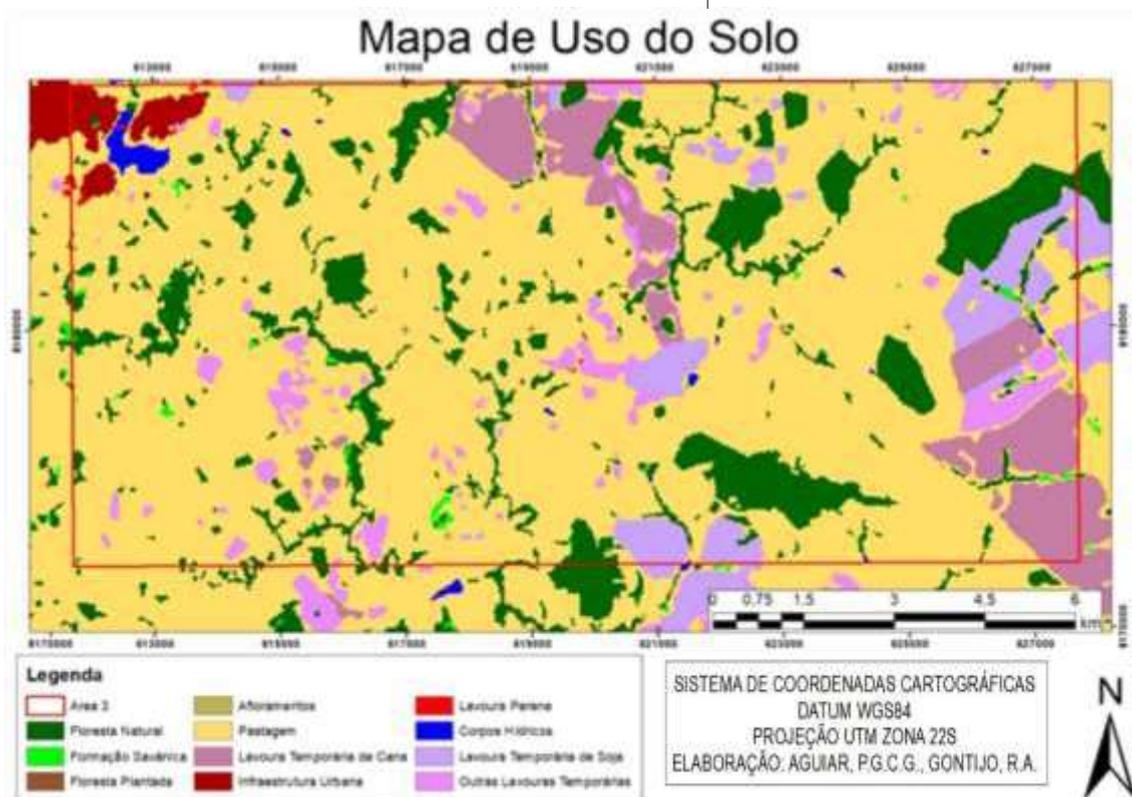


Figura 49: Mapa de uso do solo

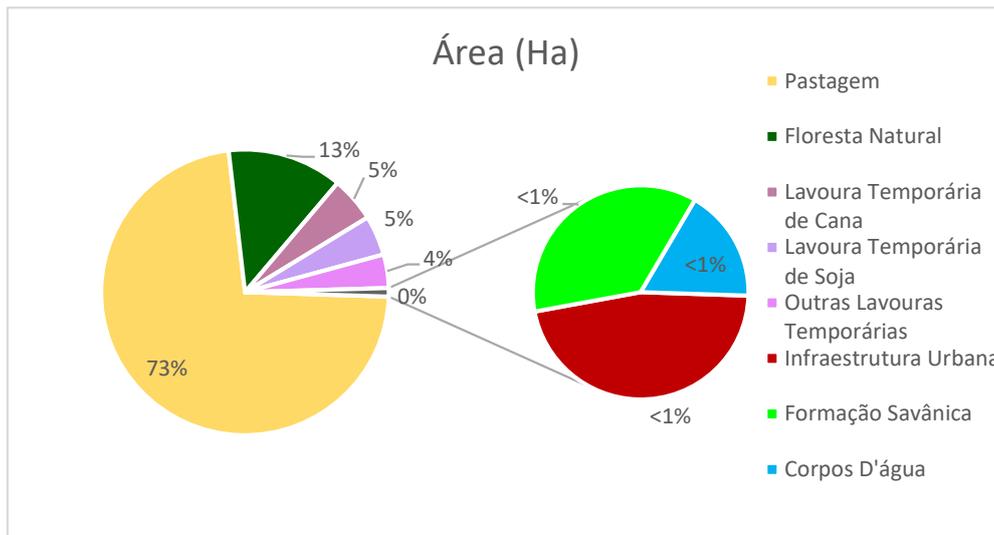


Figura 50: Gráfico de Uso do Solo

A Tabela 1 sumariza a distribuição em hectares destinado a cada tipo de uso e ocupação do solo, estes dados foram transformados em porcentagem e demonstrado em forma gráfico em pizza (Fig. 50). É possível observar a repetição do padrão de ocupação do solo no estado de Goiás onde temos um extenso domínio de pastagens e lavouras temporárias e embora haja porções de vegetação natural preservada ela se restringe principalmente aos topos dos morros e margens dos corpos hídricos, aquelas que não estão neste grupo encontram-se isoladas umas das outras não criando um corredor ecológico.

4.7.2. Tipos de Solo

O mapa dos tipos de solo foi gerado a partir dos dados disponibilizados pelo SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação) de Goiás sendo delimitados dentro da área de estudo e apresentam dois tipos de solo para o levantamento de 1:250.000 e são classificados dois tipos de solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) (Fig. 51):

- Argissolo Vermelho-Amarelo: compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico, com profundidade variável, cor avermelhada ou amarelada e mais raramente brunadas ou acinzentadas. Textura variável de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. Forte a moderadamente ácidos; e,

- Latossolo Vermelho: compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenado, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos.

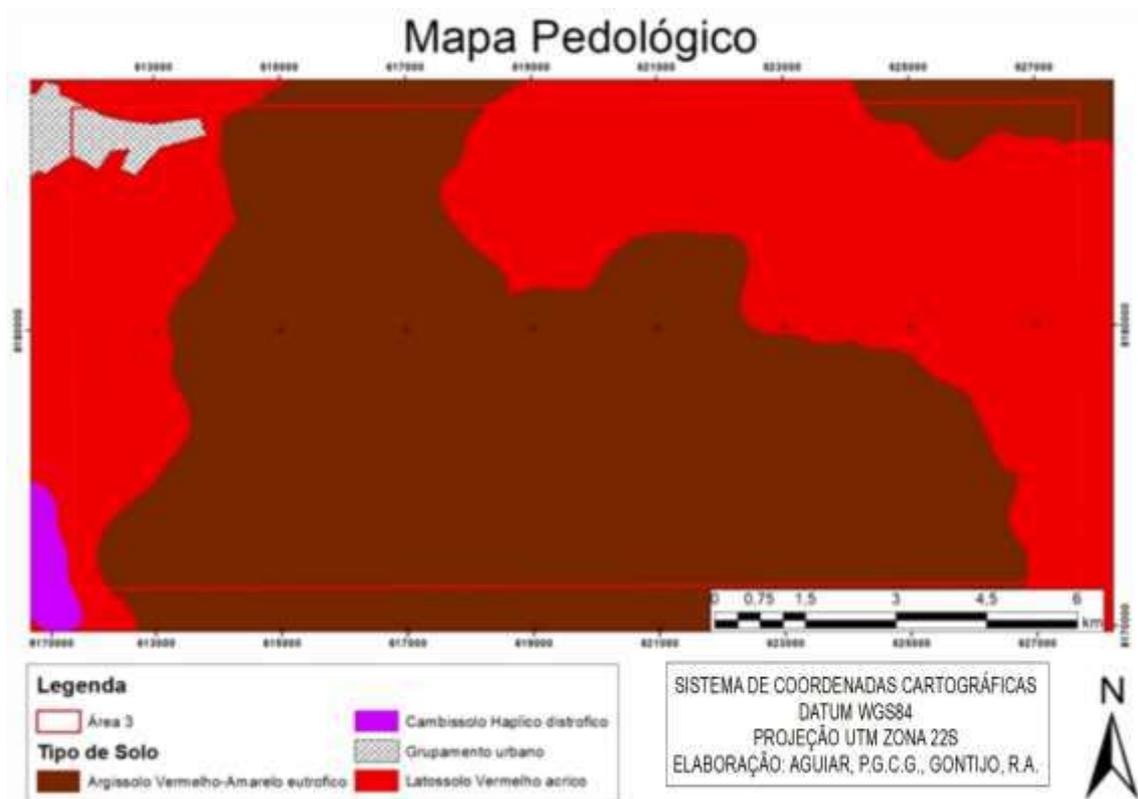


Figura 51: Mapa Pedológico da área de estudo.

4.7.3. Susceptibilidade a erosão

Na questão da susceptibilidade a erosão na bacia, foi possível identificar que ela é, na maior parte da área, fraca e moderada, com algumas porções de susceptibilidade alta. São raras as ocorrências de susceptibilidade a erosão de muito alta ou maior, e elas estão concentradas principalmente nas regiões com maior declividade, que também são as regiões menos desmatadas, o que é

evidenciado pelas áreas florestadas, associadas à topografia. Dessa forma, as regiões com maiores riscos de erosão são as regiões que estão mais protegidas, porém é importante manter isso em mente quando qualquer tipo de projeto estiver em andamento na área, seja de construção civil, agrária ou mineira, por exemplo para evitar ao máximo os riscos.

4.7.4. Delimitação das APPs

Assim como citado anteriormente baseado na Lei 12.727/12, no Art. 4º inciso I, considerando que os cursos d'água da área possuem menos que 10m de largura, a APP de curso d'água deve ser de no mínimo 30m. Ainda no Art. 4º em seu inciso IV, é apontado que nas nascentes e nos olhos d'água perenes, qualquer que seja a sua situação topográfica, deve-se respeitar um raio mínimo de 50m de largura. Seguindo estes critérios foi gerado os mapas de APPs referentes as drenagens da área de estudo (Apêndice C).

O Art. 4º V da Lei 12.651/12, considera como APP encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive. A partir de de imagens SRTM baixadas do banco de dados USGS (*The United States Geological Survey*), observou-se, que na área de estudo não há encostas com declive >45°, não gerando nenhum tipo de APP.

No inciso IX da mesma lei define como APP de topo de morro como sendo aquelas que tiverem altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

A partir desta definição os morros presentes na área não atendem a condição de inclinação média maior que 25°, para definir foi utilizada a ferramenta do Google Earth® onde é possível gerar um perfil de elevação. A Tabela 2 sumariza os valores de porcentagem constante nos perfis marcados na

Figura 52. Na Figura 53 são apresentados os perfis e marcadas as elevações médias em valores percentuais.

Tabela 2 - Inclinação dos perfis

	<i>Inclinação média (%)</i>	<i>Inclinação média (°)</i>
<i>Perfil 1</i>	9,5	4,2
<i>Perfil 2</i>	11,8	5,3
<i>Perfil 3</i>	17,9	8,1
<i>Perfil 4</i>	18,8	8,5
<i>Perfil 5</i>	10,2	4,6

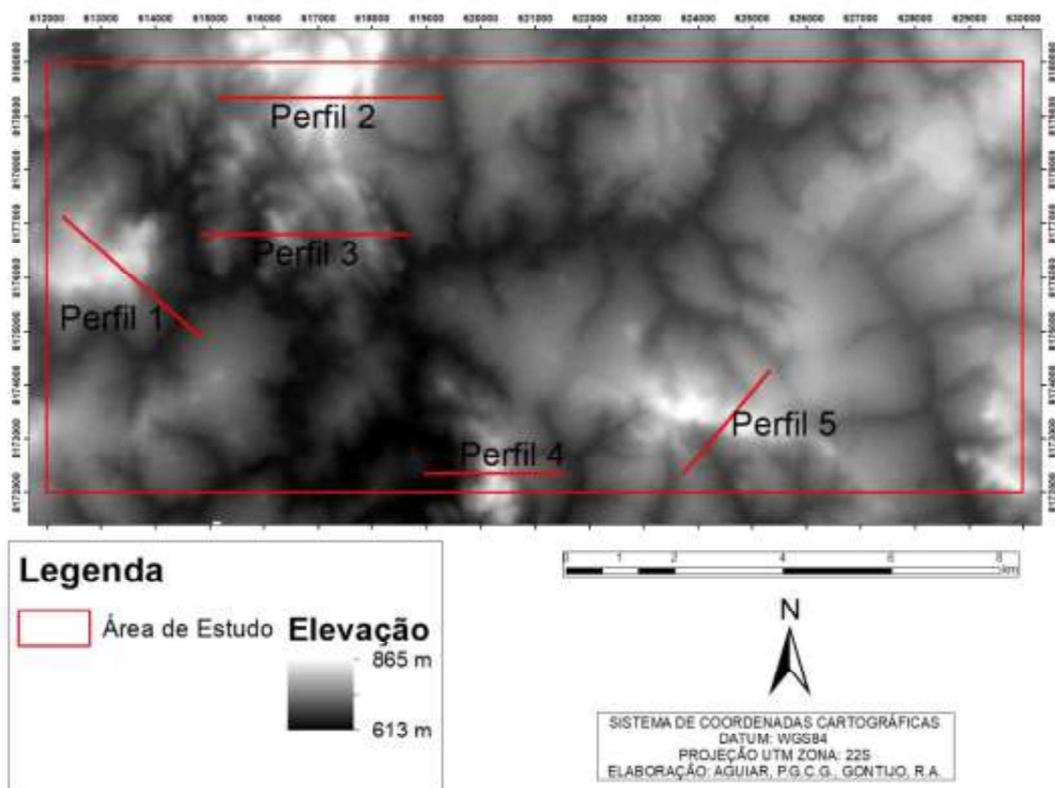


Figura 52: Mapa de Perfil de Elevação. Detalhe para a localização dos perfis.

Perfil 1



Perfil 2



Perfil 3



Perfil 4



Perfil 5

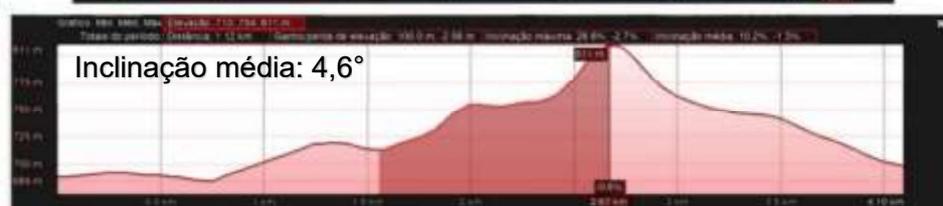


Figura 53: Perfis de Elevação.

5. DISCUSSÃO

5.1. Metamorfismo

Pimentel (2016) define que as principais associações de rocha do CAI como sendo de fácies granulito, representados por orto e paragrulitos. Os ortogrulitos são principalmente gnaisses tonalíticos a granodioríticos e os paragrulitos por granulitos aluminosos com quantidades variáveis de silimanita, granada, espinélio, cordierita e feldspato. Lacerda Filho *et al.* (2021) define os que os ortogrulitos são principalmente charnoquitoides e termos básico-ultrabásicos, representados por gabros, peridotitos, basitos e seus derivados metamórficos, enquanto os paragrulitos são representados principalmente por granada gnaisses.

Na área de estudo as rochas mapeadas como ortoderivadas pertencentes ao CAI apresentam as seguintes associações mineralógicas quartzo + biotita + epidoto + granada + plagioclásio ± hornblenda ± piroxênio (orto e clino). Pela associação mineralógica eles são classificados como ortognaisses anfíbolíticos, pertencentes a fácies anfíbolito alto (Fig. 54).

As rochas paraderivadas apresentam as associações mineralógicas quartzo + biotita + plagioclásio + muscovita + microclínio ± granada ± silimanita ± epidoto ± clinopiroxênio. Sendo assim também pertencente a fácies anfíbolito alto sendo classificado como paragnaisses anfíbolíticos (Fig. 55).

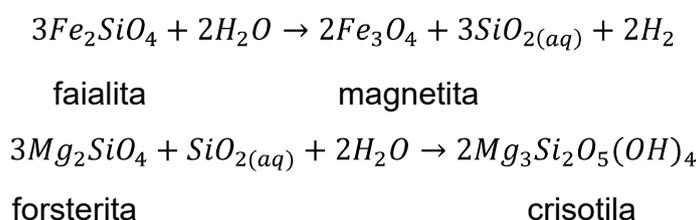
Embora as conclusões que as descrições das lâminas petrográficas estão contrastando com a literatura existem evidências de retrometamorfismo, os grãos de piroxênio apresentam uralitização, alguns grãos de plagioclásio estão saussuritizados. Esses fatos explicam os grãos de hornblenda e epidoto em um processo de retrometamorfismo de gnaisses granulíticos para anfíbolíticos seguindo a curva metamórfica representada na cor azul na figura 58.

As rochas pertencentes a SAI foram descritas anteriormente neste trabalho como rochas anfíbolíticas e metapelitos, sendo estes últimos com diferentes fácies litológicas como metacherts, mármore, ultramáficas, quartzitos com cianita e formações ferríferas.

As lâminas confeccionadas pertencentes a SAI apresentam as seguintes associações mineralógicas:

- Hornblenda + clinopiroxênio + quartzo+ plagioclásio + muscovita + granada;
- Tremolita + anortita+ serpentina (crisotila) + magnetita ± talco; e,
- Quartzo + muscovita + biotita ± granada ± rutilo ± cianita ± magnetita.

As rochas da SAI possuem assembleias mineralógicas que evidenciam metamorfismo na fácies anfibolito (Fig. 56 e 57). As rochas ultramáficas apresentam serpentinização indicando entrada de fluidos em processo hidrotermal, isso explica o não aparecimento de olivina na assembleia mineralógica sendo ela substituída por magnetita e crisotila segundo as equações abaixo:



Equação 1: Processo de substituição da olivina em magnetita e serpentina (crisotila) (modificado de Bucher and Grapes, 2011).

As curvas de metamorfismo estão representadas pela cor vermelha na figura 60.

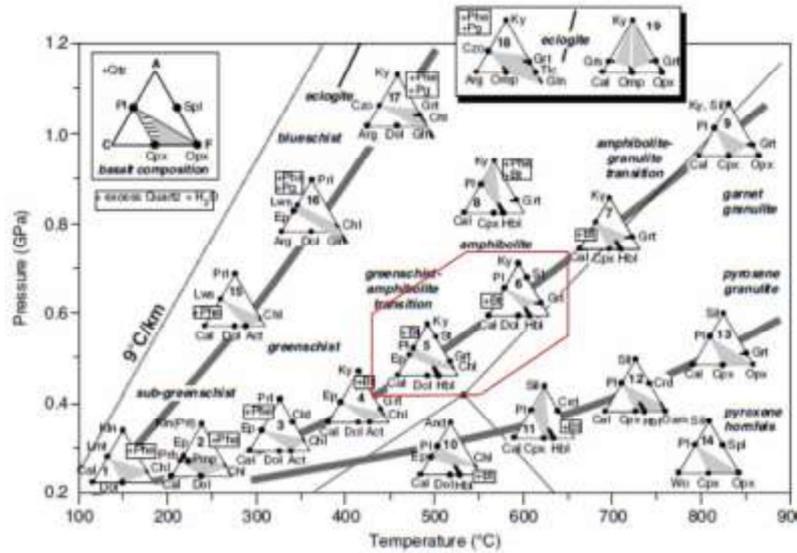


Figura 54: Diagrama ACF para metamorfismo de rochas máficas, com detalhe para o intervalo de metamorfismo de acordo com a assembleia mineralógica (Bucher and Grapes, 2011).

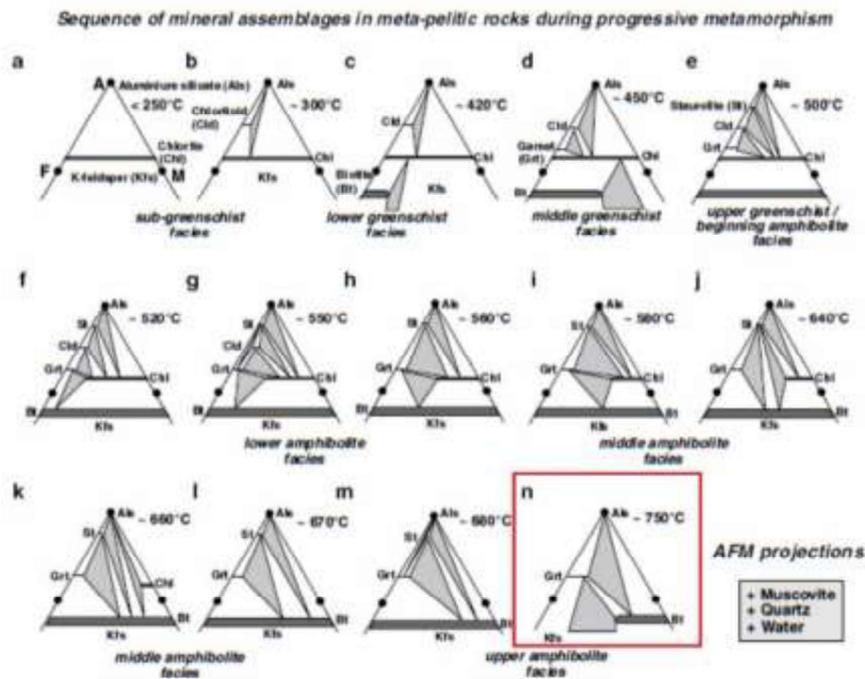


Figura 55: Projeções AFM do sistema KFMASH com detalhe no diagrama apresentando o a facie metamórfica dos Paragranelitos (Bucher and Grapes, 2011).

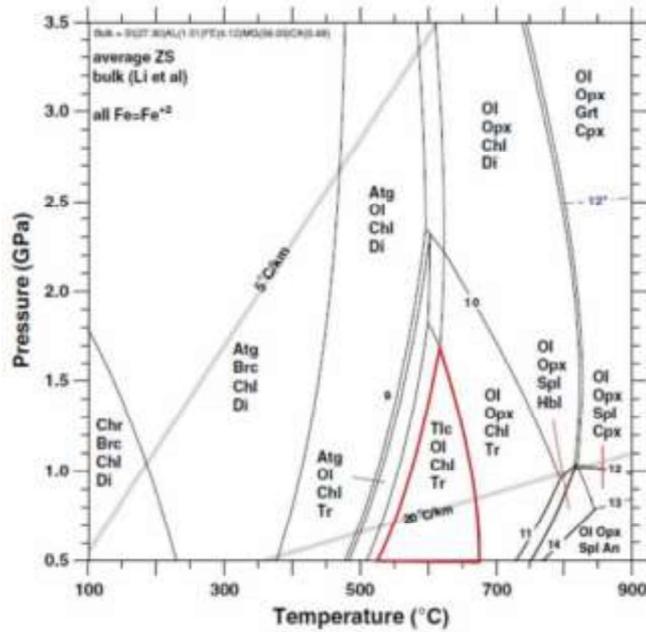


Figura 56: Diagrama com detalhe para a assembleia mineralógica das rochas da unidade básico-ultrabásica com intervalo de temperatura entre 520-680 °C, e pressão entre 0,5-1,6 GPa.

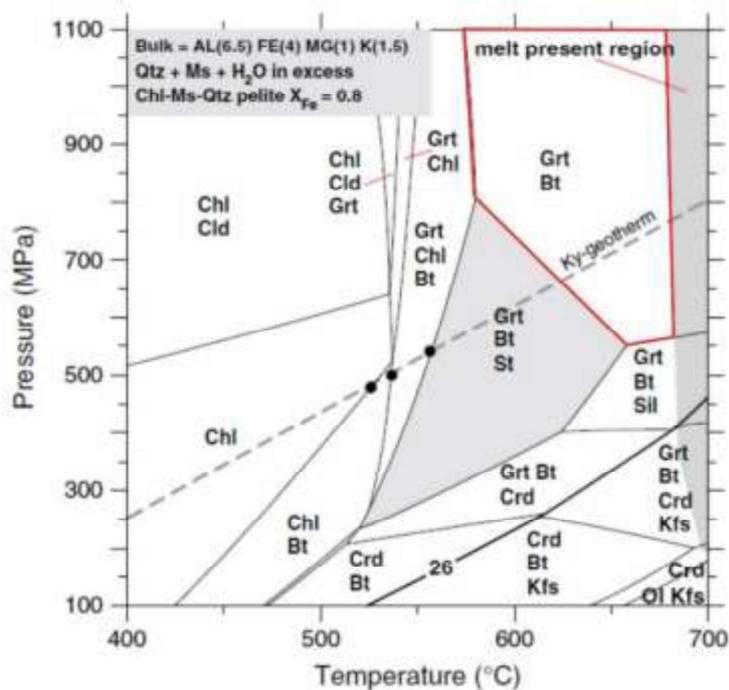


Figura 57: Diagrama AFM com detalhe para a região do metamorfismo das rochas da unidade psamo-pelítica, com intervalo de temperatura entre 550-680 °C, e pressão entre 0,5-1,1 GPa.

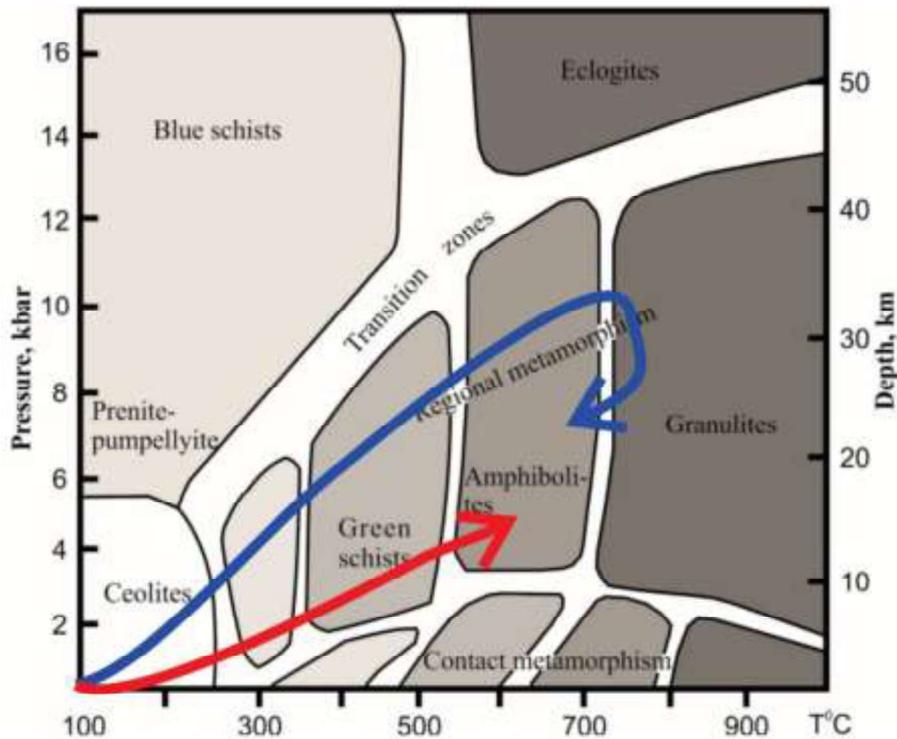


Figura 58: Curvas representando o metamorfismo observado na área de estudo.

Modificado de Sorokhtin *et al.* (2018).

5.2. Evolução da Deformação na Área

5.2.1. Fases de deformação

Na área de estudo foram identificadas ao menos três fases principais (D_1 , D_2 e D_3) que afetam as litologias como um todo. Essas estruturas estão associadas ao terceiro evento da Orogênese Brasileira (~790-545 Ma) com as fases deformando de maneira progressiva.

O início das fases é caracterizado pelo S_{n-1} que está associado a dobras intrafoliais marcadas por um evento anterior à deformação principal, sendo obliterado posteriormente pelos eventos deformacionais. Toda evolução está desenhada na Figura 59.

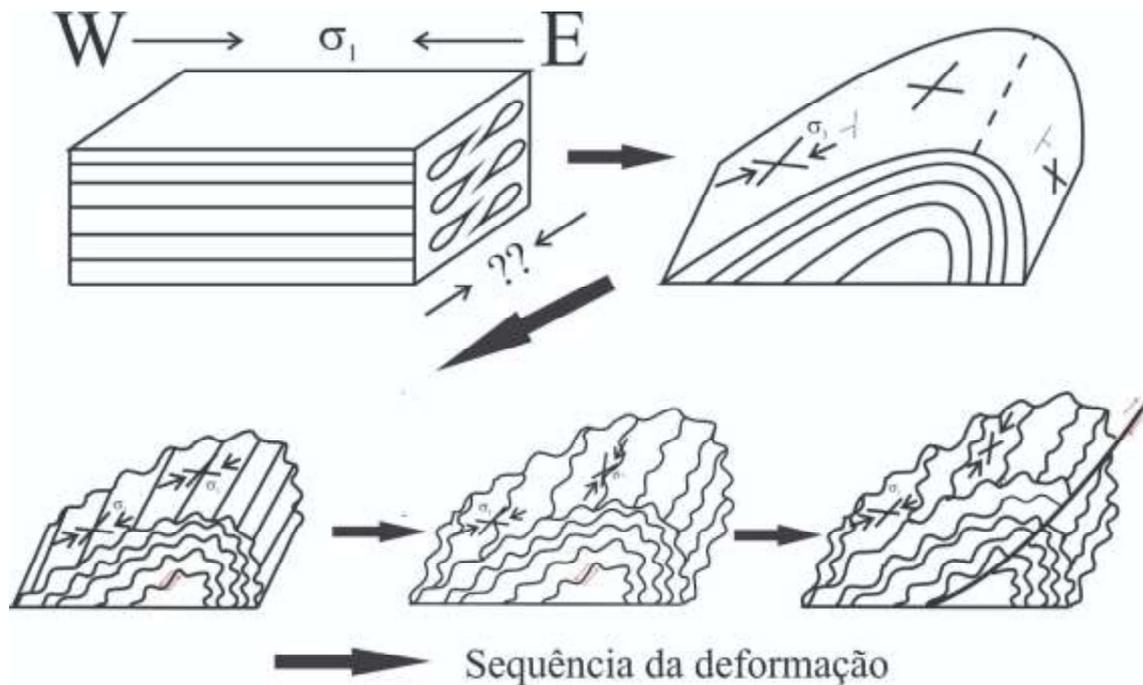


Figura 59: Evolução da deformação observada na área

5.2.1.1. Fase D₁

Esta fase é caracterizada por um evento compressional com vergência de W para E evidenciado pelos flancos longos com caimento para W, como na sequência rítmica carbonatada. Esse evento gera dobras de cavalgamento ocasionando o desenvolvimento das foliações S_n . As dobras dessa deformação são assimétricas reclinadas.

Com a continuação da compressão foram geradas clivagens de crenulação (S_{n+1}) concordantes com S_n , sendo este resultado de alívio de pressão durante o evento D₁. Esse é o responsável por criar zonas de percolação de fluidos ricos em sílica e ferro, associados aos gossans de manganês na charneira da dobra e alguns veios de quartzo associados à lente de mármore.

5.2.1.2. Fase D₂

A fase de D₂ é marcada pela compressão N-S que ocasiona uma crenulação perpendicular a S_{n+1} , com presença de dobras com vergência principal NNW. Essa fase deformacional é responsável pela geração de redobramentos e dobras em padrão de laço, transposição da foliação S_n .

5.2.1.3. Fase D₃

Essa fase é marcada pela continuação da deformação D₁ de maneira tardia, concomitantemente com D₂, sendo a fase rúptil, gerando as falhas de cavalgamento, com zonas de cisalhamento associadas.

Essa fase rúptil é bem evidenciada dentro dos ortognaisses anfíbolíticos e da sequência metapelítica, que preservam as zonas de fratura com presença de feições *riedel* e *anti-riedel*, com esforço principal NNW-SSE. Esses indicadores concordam com a direção das zonas de cisalhamento que são predominantemente NW-SE.

O final dessa fase é marcado pelo *back-thrust* marcado pelo quartzito da sequência metapelítica na porção sudeste da área evidenciando que houve uma diferença na velocidade de deformação e esta foi suficiente para alterar a direção do S₁ dos metarritmitos da unidade rítmica-carbonatada.

5.3. Evolução Geológica

Os dados levantados e integralizados no presente relatório, aliado a bibliografia acerca da evolução da Faixa Brasília revelam um contexto que se estende desde o Arqueano-Paleoproterozóico até o Neoproterozóico (Lacerda Filho *et al.*, 2021) (Fig. 60).

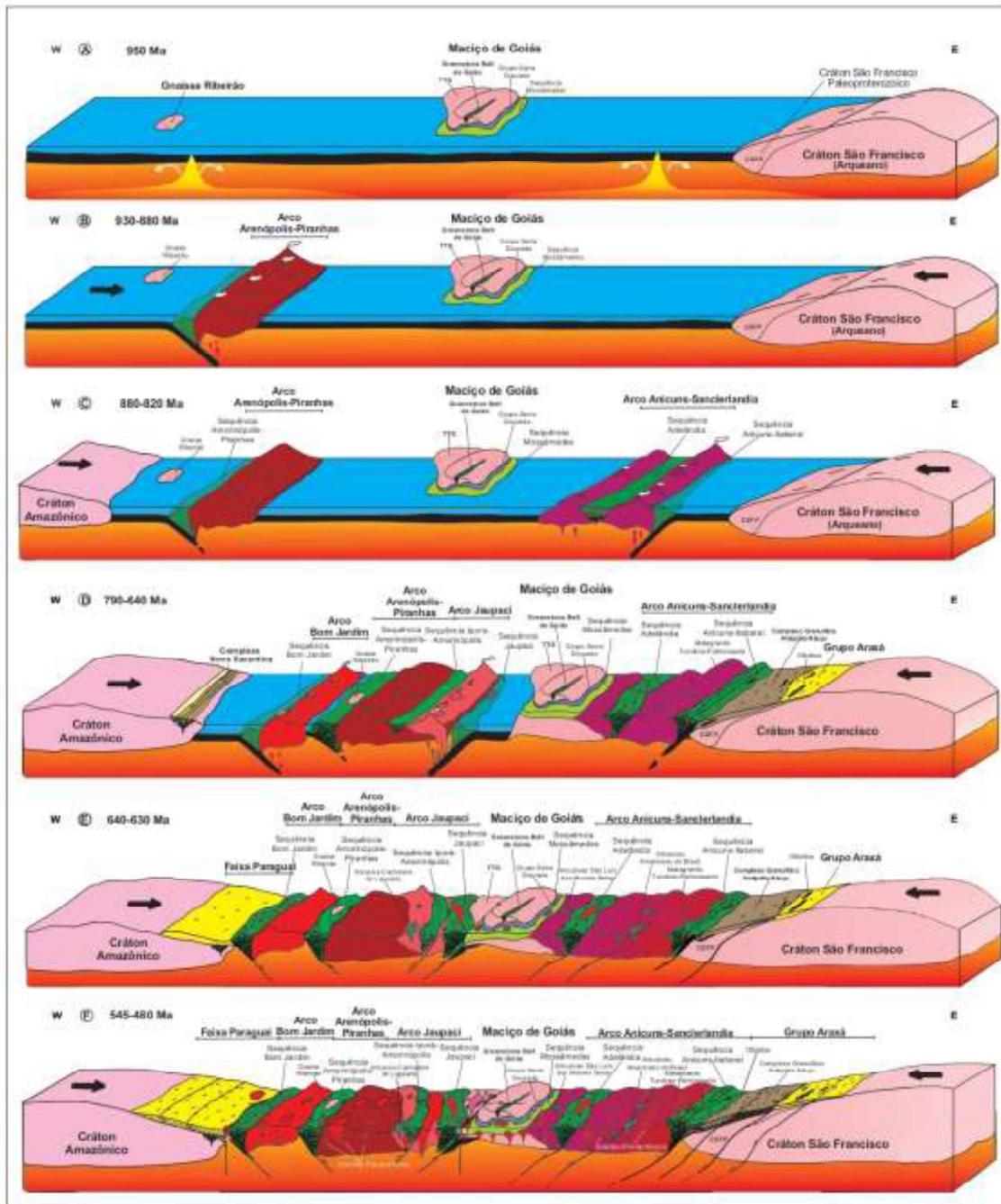


Figura 60: Esquema da evolução geológica da porção oeste de Goiás, retirado de (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

O paleocontinente Gondwana durante a sua compartimentação, gera porções Arqueanas como os Crátons São Francisco, Amazônico, Paranapanema e o Maciço de Goiás. Nessa compartimentação, o paleo-oceano Goíás é aberto, e

nele bacias de margens passivas, Arcos intra-oceânicos e sequências vulcanossedimentares são formadas (Pimentel e Fuck, 1986).

No Neoproterozóico os principais eventos da evolução da Faixa Brasília ocorrem. Onde os blocos arqueanos gerados se colidem no processo de fechamento do paleo-oceano Goiás (Cordani *et al.*, 2013). Esse evento marca sucessivos episódios de subducção, atividade ígnea e acreção de terrenos.

Nesse contexto, a evolução da área do projeto está inserida na acreção neoproterozóica dos terrenos da Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí (SAI) e seu magmatismo associado sobrepostas às rochas mais jovens do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu (CAI). Sendo possível fragmentar essa evolução em 4 estágios.

5.3.1. Estágio de arco intraoceânico – 830-815 Ma

O estágio de arco intraoceânico é marcado pelo magmatismo associado à instabilidade de crosta oceânica e posteriores processos de subducção e ascensão de arcos insulares (Lacerda Filho *et al.*, 2021). O Arco Anicuns-Sanclerlândia é formado nesse contexto, gerando rochas a partir de magmatismo de arco intraoceânico (Laux *et al.*, 2005).

Já as das unidades básico-ultrabásica, rítmica-carbonatada e psamopelítica são resultados da sedimentação relacionada à bacia do tipo “forearc” que marca o limite entre o Arco Anicuns-Sanclerlândia e a parte oeste do paleocontinente São Francisco com sua margem passiva associada aos sedimentos formadores do protólito do Grupo Araxá e do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu (CAI) (Laux *et al.*, 2004, 2005, 2010).

5.3.2. Magmatismo sincolisional – 798-768 Ma

Além do magmatismo relacionado ao Arco intraoceânico, é marcado na área também um magmatismo sincolisional decorrente da fase compressional do Arco Anicuns-Sanclerlândia que gera diversas intrusões graníticas meta a peraluminosos, representados pelo Granodiorito Creoulos na área.

Laux *et al.*, 2005, obteve idades de U-PB (zircão) de 782 ± 14 Ma., TDM= 1,07 Ga e ϵ Nd(T)= +3,6 em amostras retiradas do morro do Chapéu a sul de

Anicuns, que corresponde ao maior corpo mapeado do Granodiorito Creoulos na área.

5.3.3. Estágio de margem continental ativa – 790-640 Ma

Nesse estágio ocorre o fechamento do paleoceano Goiás-Farusiano, durante a colisão responsável pela formação da Faixa Brasília (Cordani *et al.*, 2013). Nesse contexto, a margem passiva do Cráton São Francisco é exposta a uma zona de subducção gerando uma inversão das suas bacias marginais. Esse evento marca o pico metamórfico da faixa Brasília e é responsável pela formação e exposição da CAI e da colagem arco-continente da porção leste da Faixa Brasília.

A fase de margem continental ativa ainda é responsável pela colocação de lascas ofiolíticas e por empurrões com superposições de nappes que soergueram as rochas da CAI, colocando lateralmente rochas de níveis crustais diferentes (PIMENTEL *et al.*, 1999, Pimentel, 2016). Nesse episódio também se inicia os empurrões que colocaram as rochas da SAI, mais antigas, sobre as da CAI na área.

5.3.4. Estágio colisional e pós colisional – 640-480 Ma

Nesse estágio o Cratón Amazônico e o Paranapanema finalmente colidem amalgamando todos os terrenos entre eles formando a Faixa Brasília. Na área, esse período é responsável pelas zonas de cisalhamento que cortam a área com direção NW-SE, gerando zonas miloníticas e fraturas em todos as unidades mapeadas.

5.4. Potencial Econômico

O potencial econômico foi subdividido em quatro, sendo eles:

- Minerais de uso tecnológico e industrial;
- Minerais utilizados como agregados na construção civil;
- Minerais de uso para agricultura (remineralizadores); e,
- Potencial geoturístico.

Na Figura 61 é apresentada a localização dos pontos de potencial econômico

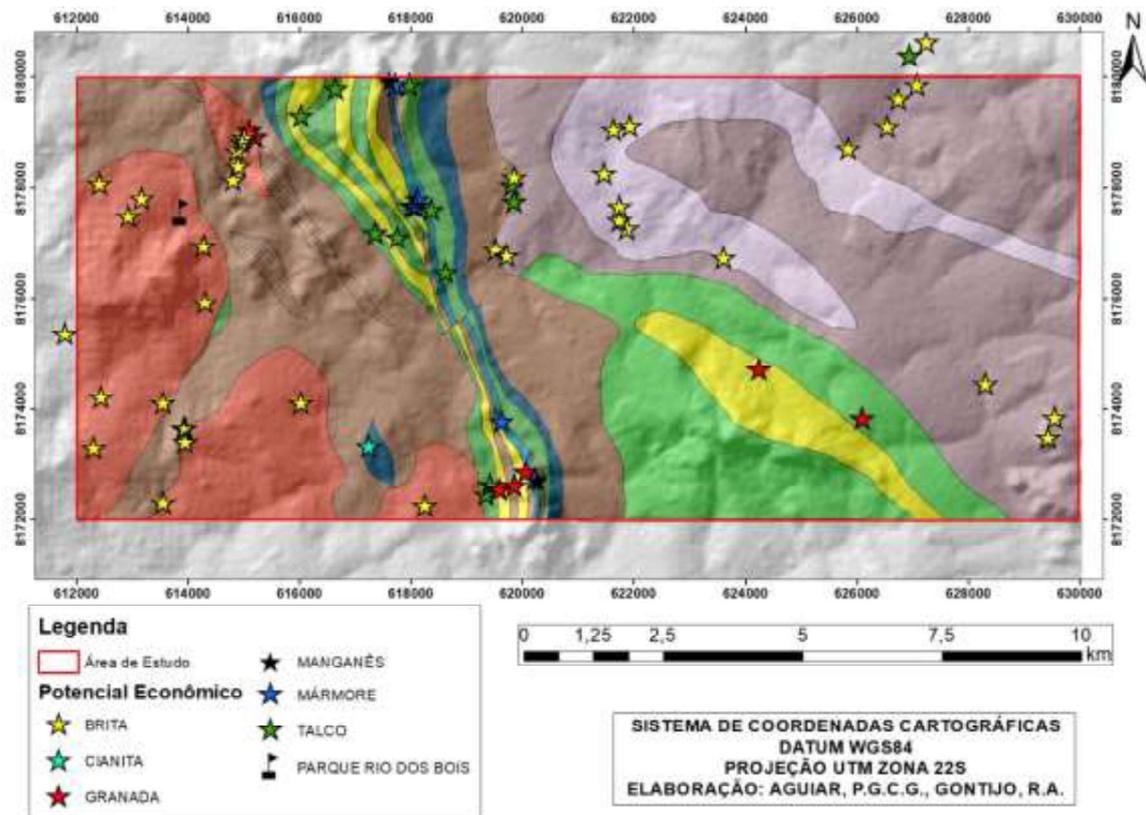


Figura 61: Mapa de potencial econômico

5.4.1. Minerais de uso industrial

Na área de estudo ocorrem blocos de talco-xisto (Fig. 62) associados com as unidades básicas-ultrabásicas, com afloramentos variando de métricos a decamétricos, geralmente em platôs próximos as encostas íngremes na porção central. Estes seguem o padrão de cisalhamento da área, tendo continuidade para norte (Área 2) e para sul (não mapeado).

Por suas características físicas, dentre elas a baixa condutividade térmica e elétrica, baixa densidade, brilho intenso, poder de lubrificação, baixo teor de umidade, o talco tem uma ampla aplicação no setor industrial (DNPM, 2009).

Dentro da indústria de papel e celulose ele é utilizado como carga (*filler*), pigmento alvejante e cobertura. Na indústria cerâmica, principal indústria consumidora, é utilizado principalmente com a finalidade de aumentar a resistência do produto final e como lubrificante no processo de prensagem na fabricação da cerâmica (DNPM, 2009).

A área também apresenta potencial para Mn, sendo este associado principalmente a unidade metarritmica carbonatada. Ele se apresenta sobre forma de finas camadas sedimentadas nos blocos de mármore, também ocorre um gossan próximo a um platô associado a rochas da unidade básica-ultrabásica (Fig. 63). Também podem ser citadas as granadas dos metapelitos para usos em abrasivos (Fig. 64a), a cianita, encontrada em um afloramento, pelo seu uso como refratário (Fig. 64b).

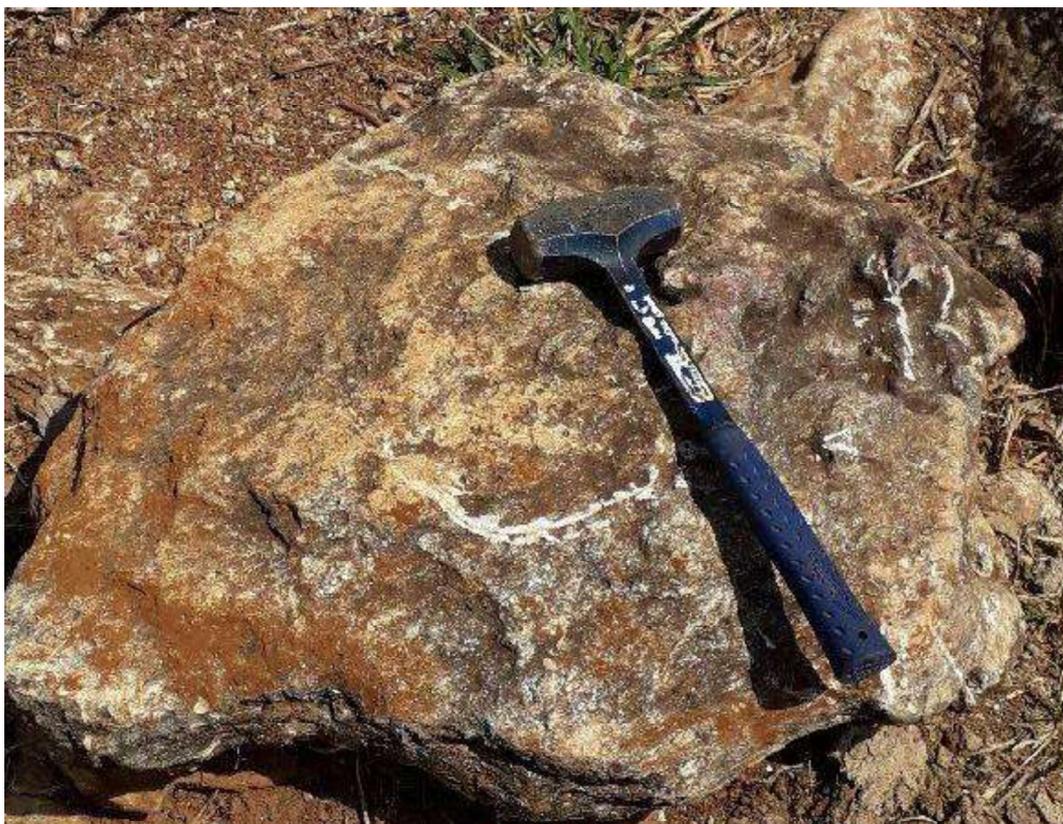


Figura 62: Bloco de talco xisto (ponto 20TF03_126).



Figura 63: Gossan de Mn (ponto 20TF03_121)

Utilizando os dados geoquímicos de sedimento de corrente processados e as relações de campo pode-se concluir que as rochas pertencentes a Unidade básico-ultrabásica possui anomalias consideráveis para Cr, Ni, Cu e Co. Da mesma forma os ortognaisses apresentam forte correlação para os elementos Pb-Zn (vide Apêndice B).



Figura 64: A) Quartzito com Cianita (ponto 20TF03_195). B) Xisto com porfiroblastos de granada (ponto 20TF03_075).

5.4.2. Agregados de construção civil

Segundo a definição agregados para construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil, tais como, a pedra britada, o cascalho e as areias naturais ou obtidas por moagem de rocha, além das argilas e dos substitutivos como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros (DNPM, 2009).

Dentre as unidades mapeadas podemos destacar o Granodiorito Creoulos como sendo de uso para brita, uma vez que estes apresentam intenso fraturamento e veios preenchido por quartzo, o seu uso como ornamental não seria aconselhável. Os ortognaisses também podem ser utilizados como brita por sua característica mais competente, sendo estes de resistência elevada.

5.4.3. Remineralizadores

Segundo a lei nº 12.890 de 2013 em seu artigo 3º, define como remineralizador o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (Brasil, 2013).

Por estar situada em uma região com extensas plantações de cana de açúcar e soja, tem-se um mercado consumidor muito forte, sendo assim necessário o uso de remineralizadores na rotação das culturas. Utilizando a definição foram classificadas três litologias como potenciais remineralizadores, sendo elas:

- Mármore: muito utilizado no processo de calagem, o mármore presente na região pode fornecer grandes quantidades de CaO reduzindo assim a acidez do solo (Fig. 65); e,
- Talco e tremolititos: pelo teor de MgO este pode ser utilizado para fornecimento deste nutriente importante no crescimento das plantas.



Figura 65: Afloramento de mármore (ponto 20TF03_177).

5.4.4. Potencial Geoturístico

Dentro da área de estudo temos o Parque Rio dos Bois, um balneário formado pela escavação do Rio dos Bois em rochas do Granito Creoulos (Fig. 66), similar ao Vale da Lua. Próximo ocorrem blocos que podem ser utilizados como mirante, tendo fácil acesso por estradas de terra que ligam sedes de fazendas podendo agregar no turismo local.



Figura 66: Parque Rio dos Bois (ponto 20TF03_256).

O Morro do Chapéu possui ainda grande interesse geoturístico por apresentar um grande potencial para a criação de um mirante com vista para toda a cidade de Anicuns. Além disso o Granodiorito Creoulos, também aflora no Rio dos Bois, formam um balneário já explorado pelo turismo, onde um empreendimento chamado Parque do Rio dos Bois criou uma estrutura para camping e lazer.

5.5. Aspectos Ambientais da Área

O estado de Goiás tem economia voltada a atividade agropecuária o que pode favorecer problemas estruturais no solo criando alta mobilização das partículas o que facilita a degradação acelerada. Na Figura 67 é possível ver uma erosão existente adjacente ao leito do córrego Macacão.

Uma análise preliminar indica que esta erosão ocorreu em função da abertura de pasto e conseqüente aumento e concentração do escoamento superficial. A remoção da cobertura natural do solo expõe o agregado de solo ao impacto das gotas de chuva causando a desagregação das partículas privilegiando o transporte (menores partículas necessitam de menos energia para o transporte) que, aliado ao aumento do volume de água, aumenta a energia e assim a capacidade de transporte de partículas de solo que evolui para um ravinamento e posteriormente para uma erosão.

Este processo pode ser contornado com a construção de curvas de nível, cuja função é reduzir a velocidade da água de escoamento superficial e aumentar a infiltração, diminuindo assim a energia da água escoada. Quando a erosão já está evoluída é importante retirar por completo o escoamento superficial e estabilizar os taludes protegendo suas bordas e com o plantio de vegetação em seu interior. O plantio de bambu pode ser uma boa prática se bem executado, contudo deve-se, sempre que possível optar por espécies nativas da região. Outro problema encontrado foi com relação a construção de pequenos barramento de terra, cuja finalidade é a retenção da água de pequenos cursos d'água. Nestes casos é comum observar que a falta de um vertedouro adequado tem ocasionado a erosão do barramento quando o acúmulo de água extrapola a capacidade da barragem.

Na Figura 68 é possível ver que com a criação da barragem, a água passou a percolar pela lateral (ponto mais suscetível ao fluxo) ocasionando a erosão de um pedaço da barragem, além dela ter sido construída em um declive abrupto onde a água da chuva atinge maior velocidade e conseqüentemente maior energia.

Um fato que é importante frisar é a indicação por meio de placa de APP presente na área, localizada dentro da cidade, onde anteriormente era uma olaria localizada em frente ao lago (Fig. 69). Ao longo do lago há um cuidado especial da prefeitura em indicar as atividades permitidas e as restrições de uso.



Figura 67: Erosão do solo ocasionado pela prática de pastagem.



Figura 68: Erosão provocada pela criação de uma barragem.



Figura 69: Área de Preservação Permanente (APP) dentro da cidade de Anicuns.

6. CONCLUSÃO

O mapeamento geológico integrado realizado neste trabalho é o mais recente na região oeste de Goiás e constituiu a cartografia em detalhe na escala 1:50.000. Outros trabalhos realizados englobam a área, em destaque o Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás feito pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Esse projeto gerou as folhas SE.22-X-A-III Itaberaí e SE.22-X-A-VI Nazário que recobrem a maior parte da área do mapeamento integrado em escala 1:100.000 Figura 70.

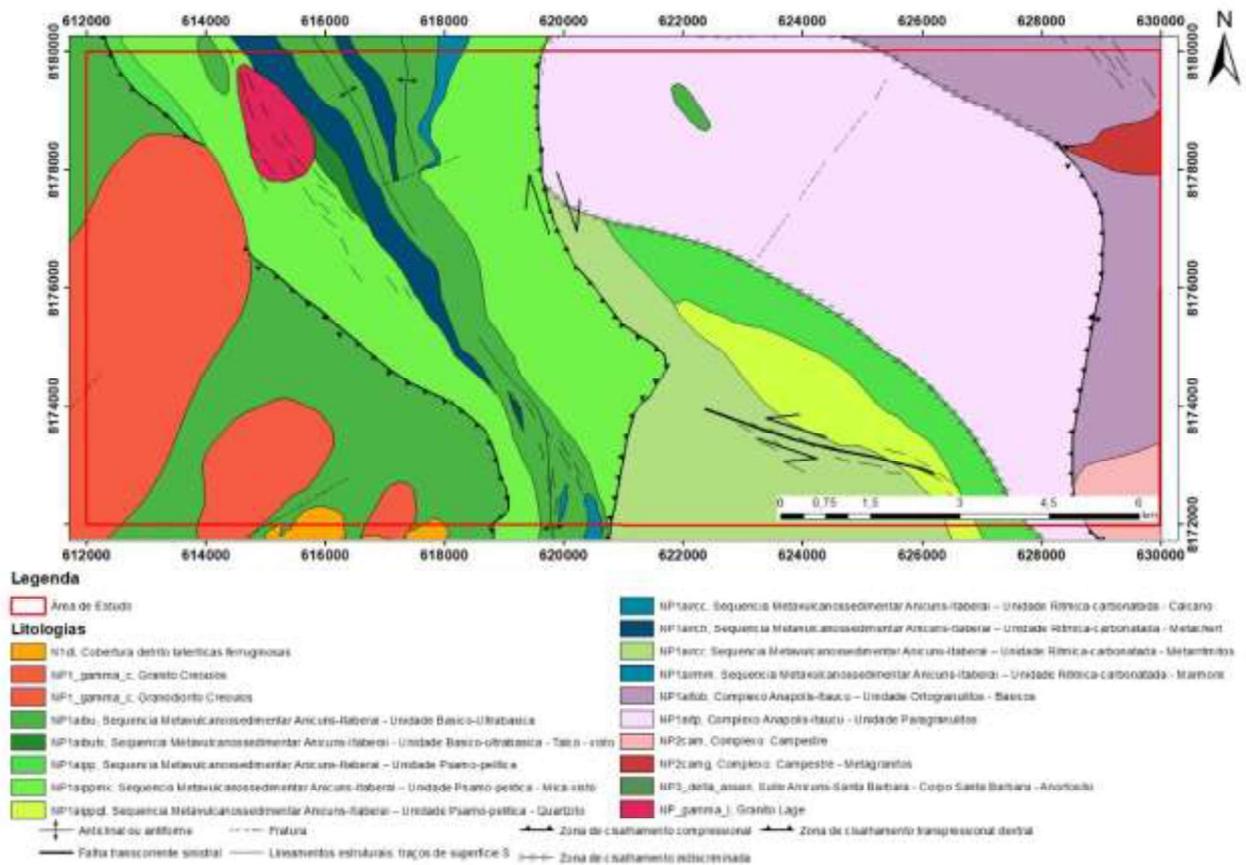


Figura 70: Recorte do mapa geológico da CPRM na área de estudo.

A escala de mapeamento com maior detalhe, naturalmente exibiu novas delimitações e descrições gerando o Mapa Geológico Integrado (Apêndice A), revendo a estruturação e a reinterpretando as unidades. Também em contraposição ao mapa da CPRM, a elaboração desse mapeamento não considerou as coberturas detrito-lateríticas como unidades mapeáveis, buscando evidenciar a diversidade das litologias e estruturas encontradas na região.

As rochas da SAI foram melhores delimitadas, subdividindo as unidades já mapeadas pela CPRM, trazendo maior detalhe para as rampas de empurrões de baixo ângulo com vergência para E que as colocaram sobrepostas às rochas do CAI. O pico do metamorfismo encontra-se na fácies anfíbolito, demonstrando que os eventos de metamorfismo foram diferentes em relação as rochas do CAI.

Na Unidade do Granodiorito Creoulos foi possível uma melhor delimitação das intrusões e a inclusão de um corpo mapeado antes como Granito Lage pela CPRM. Este foi incluído nos corpos do Granodiorito Creoulos, pela similaridade faciológica observada entre ele e as porções milonitizadas dos corpos maiores, bem como as assinaturas gamaespectrométricas parecidas. Esse corpo, porém, encontra-se totalmente milonitizado.

Datações em litologias do Granodiorito Creoulos também remete na literatura uma idade maior que as das rochas do CAI e esse modelo foi adotado no presente relatório. Estes foram inseridos no estágio de margem continental ativa, porém com intrusões anteriores ao choque com as rochas do CAI, o que em campo é observado por intrudirem apenas litologias da SAI.

As litologias associadas ao CAI foram mapeadas na porção ENE da área III, estruturados em um corpo alongado na direção NW-SE. A CPRM as descreve como rochas predominantemente paraderivadas e as denomina como Unidade Paragranulitos. O detalhamento na escala diferenciou esse corpo, observando e delimitando porções ortoderivadas e paraderivadas.

Nesse contexto também essas unidades foram renomeadas visando a melhor adequação com o encontrado em campo. A unidade dos paragranulitos foi renomeada como paragnaisses e mica-xistos portadores de silimanita, e a unidade de ortogranulitos, foi batizada como ortognaisses anfíbolíticos, graças a uma paragênese que desacordava com a facie granulito e se encaixava melhor na fácies anfíbolito alto, como demonstrado no tópico de metamorfismo.

É importante realçar que reações microscópicas descritas na literatura, indicaram um retrometamorfismo por decompressão após o pico metamórfico, podendo explicar a fácies anfíbolito alto para as rochas do CAI mapeadas na área III. Porém essas informações são especulativas e tal facie metamórfica pode ser

explicada apenas por uma amostragem que não abrangeu porções granulíticas dessas litofácies, necessitando maior aprofundamento no contexto metamórfico.

E finalmente, o presente trabalho aprofunda a discussão da evolução geológica do Arco Magmático de Goiás na sua porção sul e suas sequências metavulcanossedimentares associadas. Trazendo dados que corroboram a estruturação geotectônica descrita na literatura, onde o contato entre essas unidades e a margem passiva do Cráton São Francisco que geram as rochas do CAI e as sobrepõem com as rochas mais antigas da SAI.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim, F.F., Martins Neto, M.A. (2012). Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 33, n. 1, p. 127-139.

Almeida, S.H.S. (1997). Estruturação tectônica da borda norte da cunha de Guaxupé na região de Alfenas (MG). 1997. 156 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

Almeida, L., Resende, L., Rodrigues, A.P., Campos, J.E.G., (2006). Hidrogeologia do Estado de Goiás. In: Série Geologia e Mineração, Superintendência de Geologia e Mineração, Secretaria de Indústria e Comércio, Estado de Goiás, 232 p.

Alvares, M.T.P., Pimenta, M.T., (1998). Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas. In: IV Congresso da água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, Portugal.

Araújo V.A., (1997). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Itaberaí. Folha, SE.22.X-A-III. Estado de Goiás. Escala 1:100.000. Brasília: CPRM.

Arcanjo, J.B.A., (2011). Fotogeologia: conceitos, métodos e aplicações. Salvador: CPRM/SGB, 144 p.

Baêta Júnior, J.D.A. (org.). (1994). Folha Nazário: SE.22-XA-VI: estado de Goiás. Brasília: CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

Baêta Júnior, J.D., Souza, J.O., Moreton, L.C. (1998). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Folha SD.22-Z-C-II – Morro Agudo de Goiás; Folha SD.22-Z-C-V, Goiás; Folha SE.22- -X-A-II - Sanclerlândia. Escala 1:100.000. CPRM, Goiânia, 1998.

Baptista, G.M.M., (2003). Diagnóstico ambiental de erosão laminar: Modelo Geotecnológico e aplicação. Editora Universa. Brasília, DF, 140p.

Barbosa, O. (1955). Guia das Excursões. In: SBG, IX Congresso Brasileiro de Geologia., Not. Nº 3, São Paulo.

Barbosa, O., Ramos, J.R.A, Gomes, F., Helmbold, R. (1966). Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do “Projeto Araguaia”. DNPM. Mon, XLX, 94pp., ilust., mapa. Rio de Janeiro.

Barbosa, O., Braun, O.P.G., Dyer, R.C., Cunha, C.A.B.R. (1970). Geologia da

Região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 140p. (Boletim 136).

Barbosa, P.A.R. (1987). Geologia e Recursos Minerais das Sequências Supracrustais à Leste de Mossâmedes-GO. 226p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1987.

Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M., Gonçalves, J.H., (2003). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 692 p.

Blum, M.L.B. (1999). Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua Aplicação à Geologia Regional e à Prospecção Mineral. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 229p.

BRASIL. Lei Federal N° 12.651, de 25 maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em maio de 2021.

BRASIL. Lei Federal N° 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei n° 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em maio de 2021.

BRASIL. Lei Federal N° 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei n° 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências.. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12890-10-dezembro-2013-777603-publicacaooriginal-142208-pl.html>>. Acesso em outubro de 2021

Bucher, K., & Grapes, R. H. (2011). Petrogenesis of metamorphic rocks (8th ed.). Berlin; New York; Springer.

Cardoso, A.F., (2016). Proveniência Sedimentar e Ambientes Tectônicos do Grupo Araxá em sua Área Tipo Baseado em Dados U-Pb de Zircões Detríticos, Sm-Nd E 87Sr/86Sr. Implicações Para a Evolução da Porção Meridional do

Orógeno Brasília Durante o Neoproterozóico. 2016. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

Carvalho, F., (2018). Abstração inicial e valores CN em diferentes usos da terra no Cerrado com utilização de um simulador de chuva. Tese de Doutorado em Geografia e Gestão de Território, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

Cordani, U.G., Pimentel, M.M., Araújo, C.E.G., Fuck, R.A. (2013). The significance of the Transbrasiliano-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. *Brazilian Journal of Geology*, v. 43, n. 3, p. 583-597. DOI: 10.5327/Z2317-48892013000300012.

Costa, T.C.C., Lumbreras, J.F., Zaroni, M.J., Naime, U.J., Guimarães, S.P., Uzeda, M.C., (2005). Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 42 p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Levantamento aerogeofísico do estado de Goiás - 1ª etapa: arco magmático de Mara Rosa: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. [Rio de Janeiro]: Lasa Engenharia e Prospecções, 2004. 12 v.

Cunha, B.C., Potiguar, L.A.T., Ianhez, A.C., Bezerra, P.E.L., Pitthan, J.M.L., Souza Júnior, J.J., Montalvão, R.M.G., Souza, A.M.S., Hildred, T.R., Tassinari, C.C.C. (1981). Geologia. In: BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC.22 Tocantins, Rio de Janeiro: MME-SG, v. 31, p. 21-196. (Levantamentos de Recursos Naturais, 22).

Dardenne, M.A. The Brasilia fold belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. (Eds.). (2000). Tectonic Evolution of South America. INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000. p. 231

Davis, J.C. (1986). Statistics and data analysis in geology. John Wiley & Sons, 2. ed., U.S.A., 646p.

Desmet, P.J.J., Govers, G., (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5): 427-433.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006

Fonseca, M.A., Dardenne, M.A., Unbelein, A., (1995). Faixa Brasília, setor setentrional: Estilos Estruturais e arcabouço tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25:267-278.

Fuck, R.A., Jardim De Sá, E.F., Pimentel, M.M., Dardenne, M.A., Pedrosa-Soares, A.C. (1993). As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese dos conhecimentos. In: Dominguez, J. M. L., Misi, A. (eds.) O Craton do São Francisco, Salvador, SBG-BA/SGM/CNPq, 161-185.

Fuck, R.A., Pimentel, M.M., D'el-Rey Silva, L.J.H., (1994). Compartimentação Tectônica na porção oriental da Província Tocantins. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário de Camboriú. Anais,1:215-216.

Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., (2017) The Northern Brasília Belt. In: Heilbron, M.; Cordani, U.G; Alkmim, F. F. (Org.). São Francisco Craton, Eastern Brazil. 1ed. Zurich: Springer, v., p. 205-220.

Fuck, R.A., (1994). A Faixa Brasília, e a compartimentação tectônica na província Tocantins. IV Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. SBG, Brasília, 184-187.

Geosoft Inc. (2013). Oasis Montaj how-to guide. Complete Workflow for Oasis Montaj. Tonroto, Ontario, Canadá.

Guimarães, S.N.P. (2009). Avanços recentes na determinação das estruturas geológicas em subsuperfície da Província Uranífera Lagoa Real (BA) a partir de dados aerogeofísicos, Observatório Nacional. Dissertação de Mestrado. In: Santos, H.S., Cunha. G.N., Castro, J.R., (2016). Avaliação Qualitativa das Técnicas de Interpolação de Mínima Curvatura, Krigagem e Bidirecional na Formação de Imagens. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n. 4, pp. 2-16.

Haith, D.A., Mandel, R., Wu, R.S., (1992). Generalized Watershed Loading Functions Version 2.0 User's Manual. In: Department of Agricultural & Biological Engineering, Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Heringer, R.A., (2019). Estudo da influência do uso e ocupação do solo no regime hídrico da Bacia do Lago Paranoá. Relatório Técnico. Processo No: 0193.002054/2017. Distrito Federal.

Hobbs, B.E., Means, W.D., Williams, P.F. (1976). An Outline of Structural Geology. Wiley.

Hollanda, M.H.B.M., Pimentel, M.M., Armstrong, R., (2003). Isotopic and Geochronological Constraints for the Origin of Syn- to Post-Brasiliano Mafic Magmatism and Crustal Re-Melting in the Brasília Belt (Central Brazil).

Hongyu, K., Sandanielo, V., Junior, G. (2016). Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. E&S - Engineering and Science 2015, v. 50, p. 83-90. DOI: 10.18607/ES33982014%25e1%25001.

Lacerda Filho, J. V. (1994). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Folha SE.22-X-B-VI Caraíba. Goiânia: CPRM/DNPM, 1994. 149p. Relatório Inédito.

Lacerda Filho, J.V. (1995). Geologia e esboço tectônico da folha Goiânia - SE.22-X. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTROOESTE, 5., 1995, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: SBG, p. 160-165.

Lacerda Filho, J.V., Rezende, A., Silva, A. (2000). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal, 2ª edição, 589 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB. Escala 1:500.000, Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/5021>>. Acessado em 25 de maio de 2021.

Lacerda Filho, J.V. (Coord.), (2021). Projeto geologia e metalogenia da porção oeste de Goiás. CPRM, 424p.

Landim, P.M.B., Mello, C.S.B., Serra, A.C.S., Macedo, A.B. (2007). Metodologia estatística multivariada em geoquímica. In: Licht, O.A.B., Mello, C.S.B. & Silva, C.R. (Eds). Prospecção Geoquímica Depósitos Minerais Metálicos, Não-Metálicos, Óleo e Gás. SBGq/CPRM. Rio de Janeiro. 778p. Cap 20, p. 619-660.

Laux, J.H., (2004) Evolução do Arco Magmático de Goiás com base em dados geocronológicos U-Pb e Sm-Nb. Universidade de Brasília. Brasília, Tese de Doutorado n° 067, 98 p.

Laux, J.H., Pimentel, M.M., Dantas, E.L., Armstrong, R., Armele, A., Nilson, A.A. (2004). Mafic magmatism associated with the Goiás Magmatic Arc in the Anicuns region, Goiás central Brazil: Sm-Nd isotopes and new ID-TIMS and SHRIMP U-Pb data. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(7): 599-614.

Laux, J.H., Pimentel, M.M., Laux, J.H., Pimentel, M.M., Dantas, E.L., Armstrong, S.A., Junges, S.L., (2005). Two Neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília Belt, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 18: 183-198.

Laux, J.H., Pimentel, M.M., Gioia, S.M.C.L., Ferreira, V.P. (2010). The Anicuns-Itaberai Volcano-Sedimentary Sequence, Goiás Magmatic Arc: New Geochemical And Nd-Sr Isotopic Data. *Geochimica Brasiliensis*. 24, 1 (Feb. 2012), 13.

Lima, G.S.A., Ferreira, N.C., Ribeiro, H.J., Nogueira, S.H.M., (2017). Simulação de cenários de perda do solo por erosão laminar na região metropolitana de Goiânia. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –

SBSR. 3656-3663.

Lombardi Neto, F., (1977). Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette: Purdue Univ. 53p. M.Sc. Thesis.

Macleod, I.N., Vieira, S., Chaves, A.N. (1993). Analytic signal and reduction-to-the-pole in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes. In: CONGR. INT. SOC. BRAS. GEOF., 3, Rio de Janeiro, 1993. Anais... Rio de Janeiro, SBGf, v.2, p. 830-835.

Mannigel, A.R., Carvalho, M.P., Moreti, D., Medeiros, L.R., (2002). Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. In: Acta Scientiarum Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340.

Marques, J.F., Lombardi Neto, F., Bacellar, A.A.A., (2003). Erosão do Solo: Indicadores Físicos e Econômicos. In: Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 129-153.

Martins, F.R., Santos, D.R.V., (2019a). Carta Geológica, Folha Sanclerlândia. Escala 1:100.000. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2019. Programa Novas Fronteiras - Levantamento Geológico e Potencial de Novas Fronteiras. Projeto Oeste de Goiás. Mapa col.

Martins, F.R., Santos, D. R. V., (2019b). Carta Geológica – Geofísica, Folha São Luís de Montes Belos. Escala 1:100.000. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2019. Programa Novas Fronteiras - Levantamento Geológico e Potencial de Novas Fronteiras. Projeto Oeste de Goiás. Mapa col.

Meneghini, P.F.V.B., Carneiro, J.S.M., (2020a). Carta Geológica, Folha Itaberaí. Escala 1:100.000. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2020. Programa Novas Fronteiras - Levantamento Geológico e Potencial de Novas Fronteiras. Projeto Oeste de Goiás. Mapa col.

Meneghini, P.F.V.B., Carneiro, J.S.M., (2020b). Carta Geológica, Folha Nazário. Escala 1:100.000. Goiânia: CPRM: Serviço Geológico do Brasil, 2020. Programa Novas Fronteiras - Levantamento Geológico e Potencial de Novas Fronteiras. Projeto Oeste de Goiás. Mapa col.

Moraes, R., Brown, M., Fuck, R.A., Camargo, M.A., Lim, T.M. (2002). Characterization and P-T evolution of the melt-bearing ultrahigh temperature granulites: an example from the Anápolis-Itaçu Complex of the Brasília fold belt, Brazil, *Journal of Petrology*, 43(9), 1673- 1705.

Moreira, M.L.O., Moreton, L.C., Araújo, V.A., Lacerda Filho, J.V., Costa, H.F. (2008). Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM; SIC -

FUNMINERAL. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil (PGB); Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás.

Nunes, N.S. (1990). Geologia e Potencial Mineral da Região de Anicuns, Goiás. 195p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 1990.

Oliveira, C.C. (org.). (1994). Folha SE.22-X-B-V – Leopoldo de Bulhões. Estado de Goiás. Escala 1:100.000. Goiânia: DNPM/ CPRM, 172 p. Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil - PLGB.

Oliveira, C.G., Queiroz, C.L., Pimentel, M.M. (2000). The Arenópolis-Mara Rosa gold-copper belt, Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(2): 219-221.

Perosi, F.A., 2006. Estrutura crustal do setor central da Província Tocantins utilizando ondas P, S e fases refletidas com dados de refração de sísmica profunda. Unpublished PhD thesis, Universidade de São Paulo, 162 p.

Pimentel, M. M., (2016). The Tectonic Evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil: A Geochronological and Isotopic Approach. *Brazilian Journal Of Geology*, São Paulo, v. 46, p. 67-82, jun.

Pimentel, M.M. Fuck, R.A.; Gioia, S.M.C.L., (2000). The Neoproterozoic Goias Magmatic Arc, Central Brazil: A review and new Sm-Nd isotopic data. *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (1): 35-39.

Pimentel, M.M.; Jost, H., Fuck, R.A., (2004). In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito Neves, B.B. (eds.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 355-368.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A. (1986). Geologia da Sequência Vulcano-sedimentar de Arenópolis (GO). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 217-223.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Alvarenga, C.J.S., (1996). Post-Brasiliano (Pan-African) High K granitic magmatism in Central Brazil: the role of late Precambrian-early Paleozoic extension. *Precambrian Research* 80, 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*, 28: 463-483.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., (1992). Neoproterozoic Crustal Accretion in central Brazil. *Geology* 20, 375-379.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., (1994). Geocronologia Rb-Sr da porção sudoeste do Maciço de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 24 (2): 104-111.

Pimentel, M.M., Fuck, R.A., (1987). Origem e Evolução das rochas metavulcânicas e metaplutônicas da região de Arenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (1): 2- 14.

Piuzana, D., Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Armstrong, R.A., (2003). SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data for the Araxá Group and associated rocks: Constrains for the age of sedimentation and geodynamic contexto of the Southern Brasília Belt, central Brazil. *Precambrian Research*, v. 125: 139-160 p.

Rodrigues, J.B., Gioia, S.M.C.L., Pimentel, M.M., (1999). Geocronologia e Geoquímica de Ortognaisses da região entre Iporá e Firminópolis: Implicações para a evolução do Arco Magmático de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 29 (2): 207-216.

Santos, H.S., Cunha. G.N., Castro, J.R., (2016). Avaliação Qualitativa das Técnicas de Interpolação de Mínima Curvatura, Krigagem e Bidirecional na Formação de Imagens. *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana* n. 4, pp. 2-16.

Seer, H.J., (1999). Evolução Tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na Sinforma de Araxá, Araxá, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. Tese de Doutorado, 267p.

Seer, H.J., Brod, J.A., Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Boaventura, G.R., Dardenne, M.A. (2001). Grupo Araxá em sua área tipo: Um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. *Revista Brasileira de Geociências*, 31 (3), 385-396.

Silva, M.L.N., Freitas, P.L., Blancaneaux, P., Curi, N., (1997). Índices De Erosividade Das Chuvas Da Região De Goiânia, GO. In: *Pesq. agropec. bras*, Brasília, v.32, n. 10, p.977-985.

Silva, M.G., Rocha Neto, M.B., Jost, H., Kuyumjian, R.M. (2014). Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras. Belo Horizonte: CPRM, p. 455-465.

Simões, L.S. (1984). A Geologia do Grupo Araxá na região de Mossâmedes, Goiás e as ocorrências minerais associadas. 219 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 1984.

Smith, W.H.F., Wessel, P., (1990). Gridding with continuous curvature splines in tension, *Geophysics*, v.55, n.3, p.293-305. In: Santos, H.S., Cunha. G.N., Castro, J.R., (2016). Avaliação Qualitativa das Técnicas de Interpolação de Mínima

Curvatura, Krigagem e Bidirecional na Formação de Imagens. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n. 4, pp. 2-16.

Sorokhtin, N., Nikiforov, S., Kozlov, N. (2018). Crust-mantle branch of the global carbon cycle and origin of deep-seated hydrocarbons. Vestnik MGTU. 21. 61-79. 10.21443/1560-9278-2018-21-1-61-79.

Strieder, A.J., Nilson, A.A. (1992). Melange ofiolítica nos metassedimentos do Grupo Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. Revista Brasileira de Geociências, 22:204-215.

Terra, C.F.B. (2011). Caracterização estrutural da mineralização aurífera da Mina de Fazenda Nova – GO. 92f.Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP, Rio Claro.

Uhlein, A., Fonseca, M.A., Seer, H.J., Dardenne, M.A. (2012). Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – Setores Setentrional e Meridional. Revista Geonomos, 2(20):1-14.

Valeriano, C.M., Simões, L.S.A. (1997). Geochemistry of Proterozoic mafic rocks from the Passos nappe (Minas Gerais, Brazil): tectonic implications to the Evolution the Southern Brasília belt. Revista Brasileira de Geociências, 27:99-110.

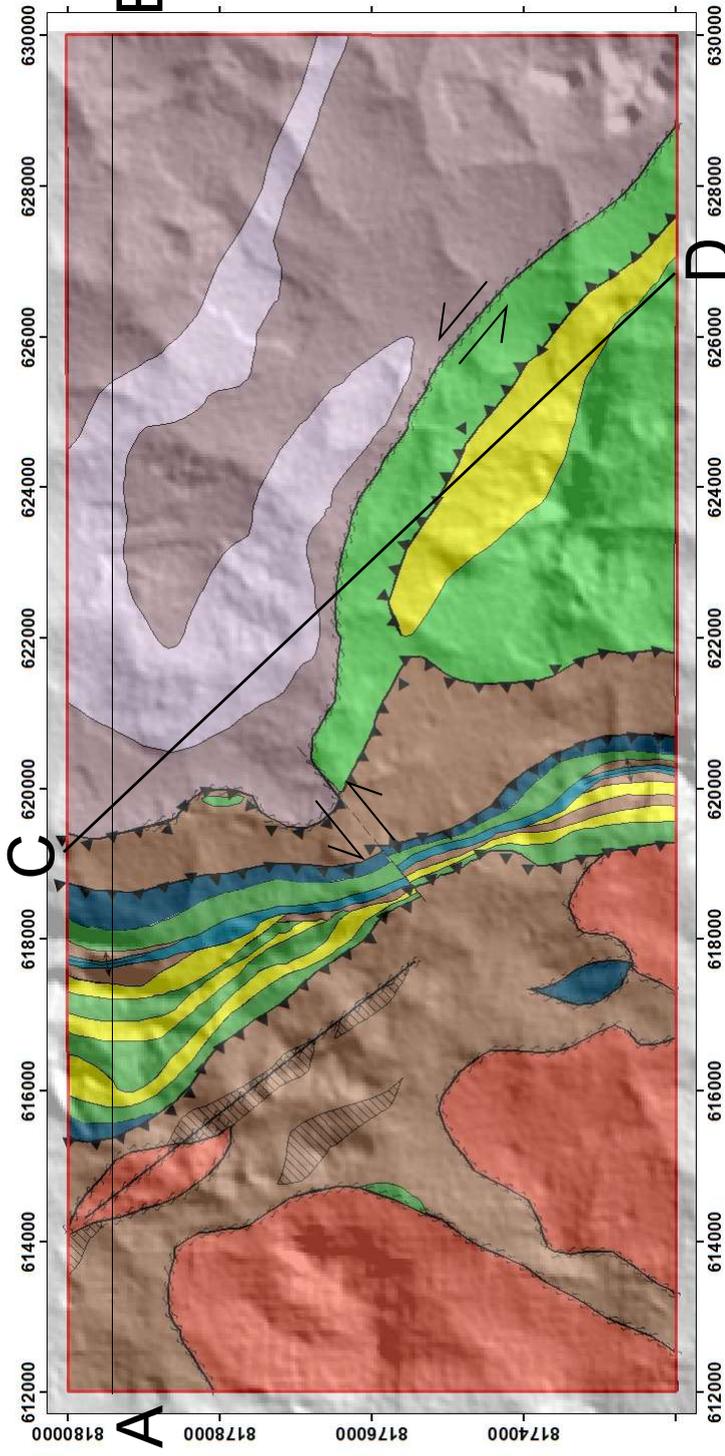
Valeriano, C.M., Machado, N., Simonetti, A., Valladares, C.S., Seer, H.J., Simões, L.S.A. (2004). U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. Precambrian Research, v. 130, n. 1, p. 27-55.

Valeriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H., Trouw R.A.J., (2008). Tectonic evolution of the Brasília belt, central Brazil, and early assembly of Gondwana. In: Pankhurst R.J., Trouw R.A.J., BritoNeves B.B., De Wit M.J. (Eds.), West Gondwana: Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region. Geological Society, London, Special Publications, 294: 197-210.

Valeriano, C.M. (2017). The Southern Brasília Belt. In: Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim F.F. (eds.). São Francisco craton, eastern Brazil. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent. Regional Geology Reviews, Springer International Publishing Co., p. 189-203.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. In: USDA. Agricultural Handbook, Washington, D.C. 57 p

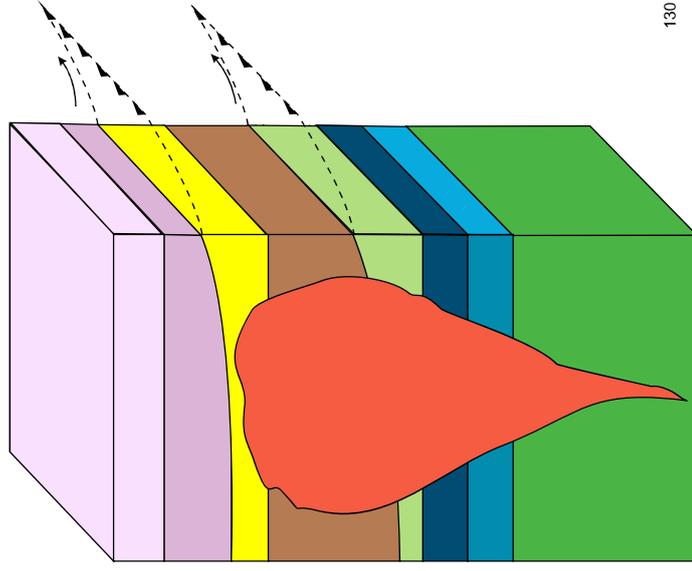
APÊNDICE A: MAPA LITOLÓGICO



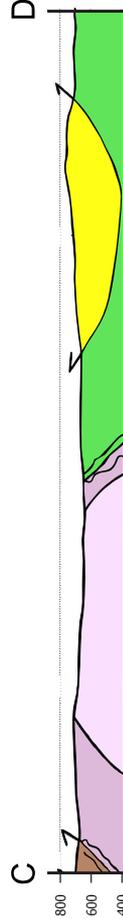
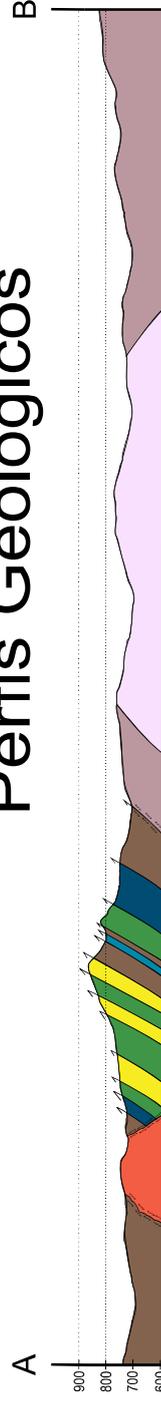
Legenda

- Área de Estudo
- Dobra Anticlinal
- Zona de Cisalhamento Compressiva
- Falha Sinistral Inferida
- Zona de Cisalhamento
- NP1aitoa - Ortognaisses
- NP1aitp - Paragnaisses
- NP1_gamma_c - Granodiorito Creoulos
- NP1aipmt - Unidade Psamo Pelítica - Magnetita Xisto
- NP1aipmx - Unidade Psamo-Pelítica - Mica Xisto
- NP1aippt - Unidade Psamo-Pelítica - Quartzitos
- NP1aircr - Unidade Ritmica Carbonatada - Metarrritmitos
- NP1airmm - Unidade Ritmica Carbonatada - Mármore
- NP1airmq - Unidade Ritmica Carbonatada - Magnetita Quartzito
- NP1aibu - Unidade Básica-Ultrabásica
- Zona de cisalhamento compreensivo/empurrão

Coluna Paraestratigráfica



Perfis Geológicos



Exagero vertical 2x

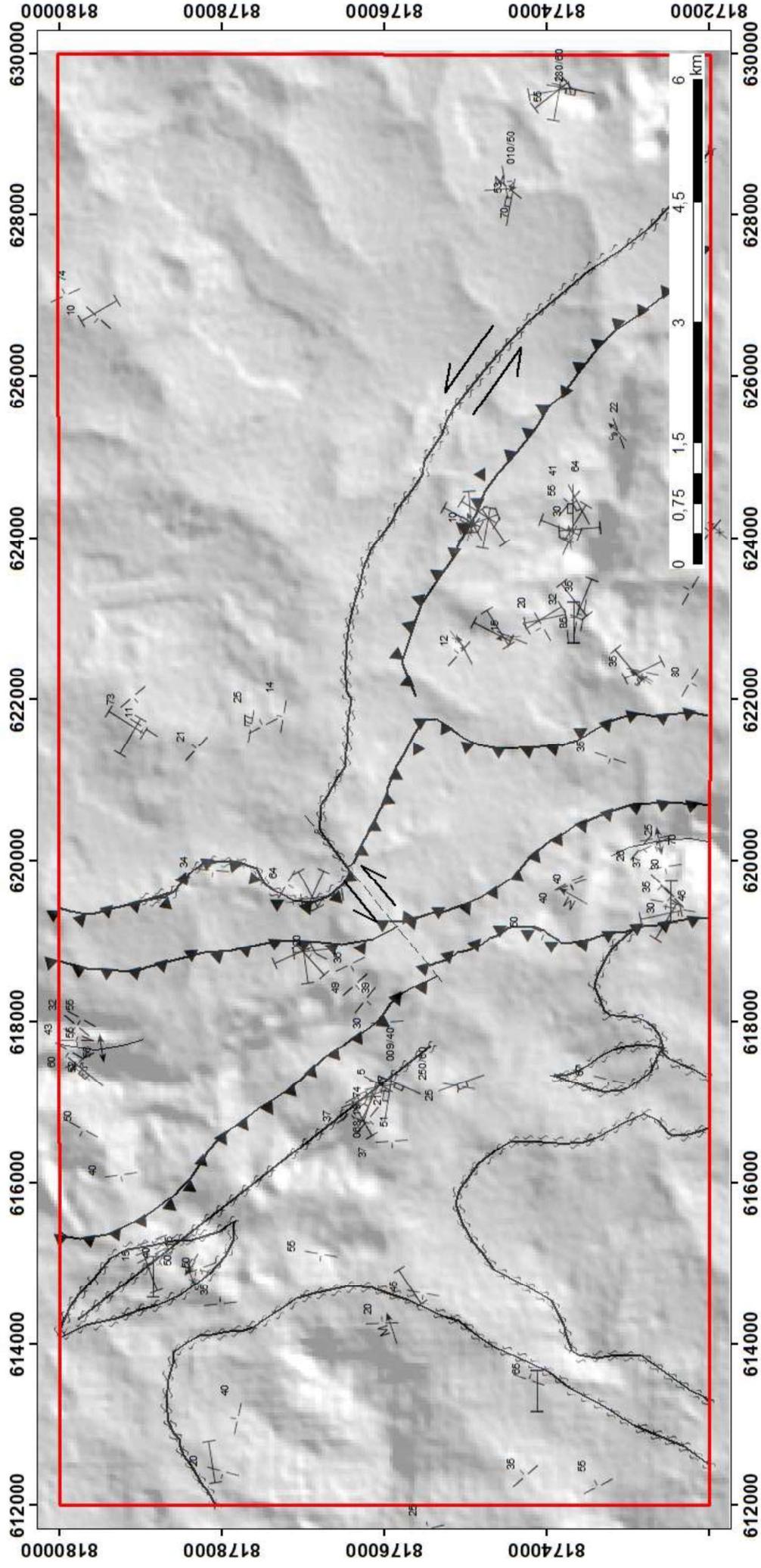


1:50.000



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

APÊNDICE B: MAPA ESTRUTURAL

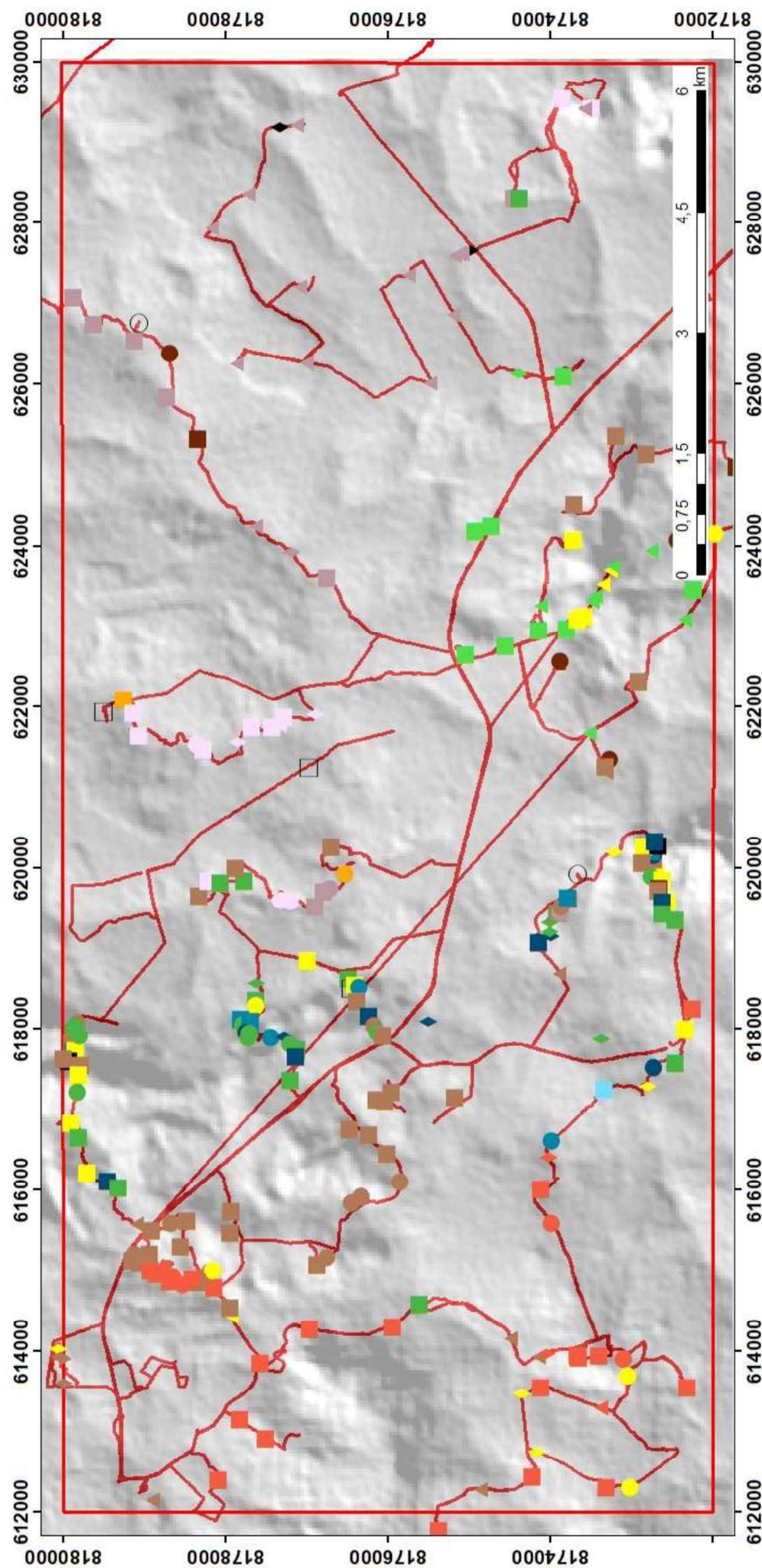


Legenda

-  Área de Estudo
-  Dobra Anticlinal
-  Zona de Cisalhamento Compressiva
-  Falha Sinistral Inferida
-  Zona de Cisalhamento
-  Sn
-  Sn+1
-  Sn+2
-  Le
-  Li
-  Li (?)
-  Ln
-  Ln+1
-  Ln+2
-  Fraturas

SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

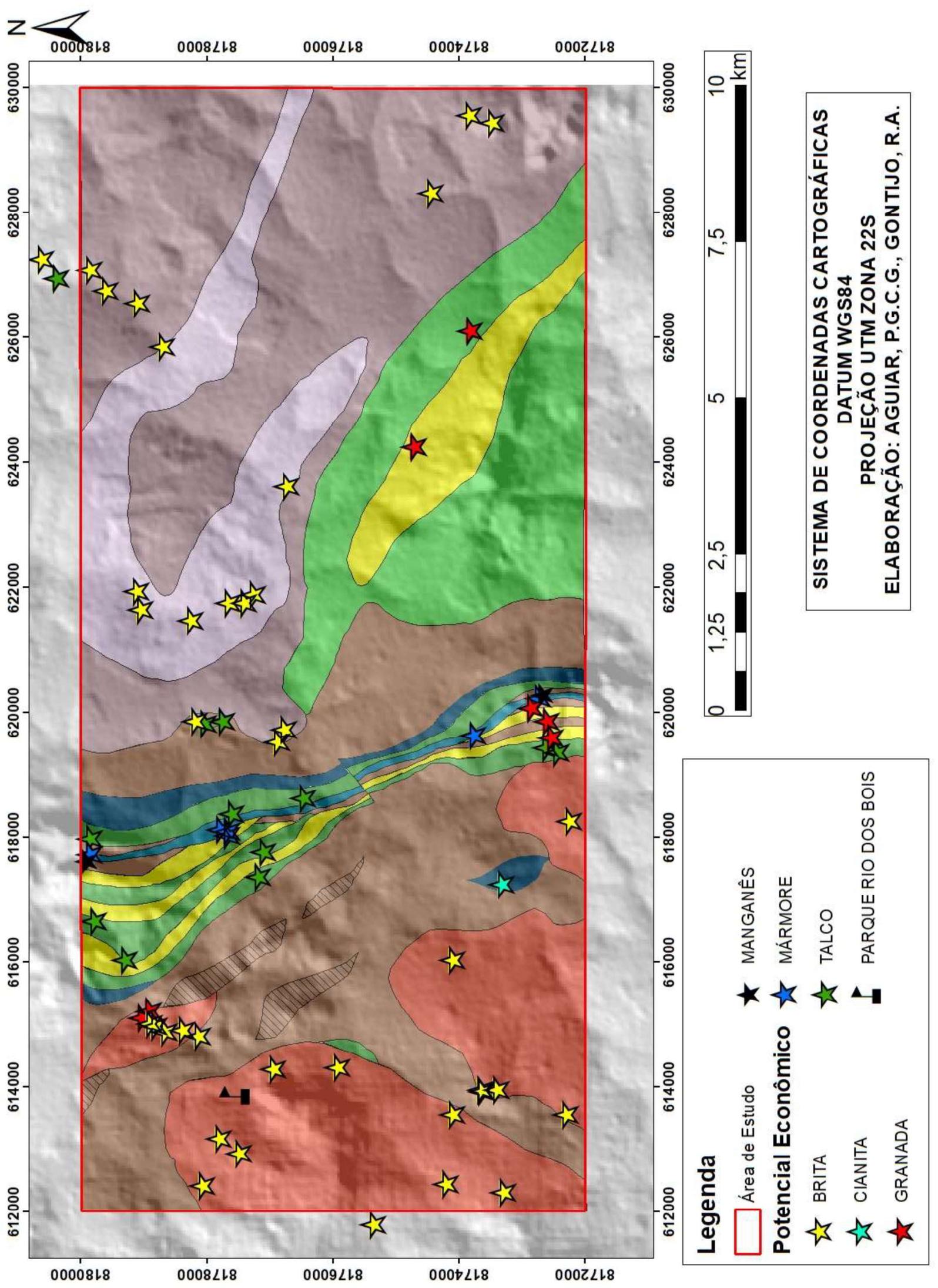
APÊNDICE C: MAPA DE PONTOS



Legenda

- | | | | |
|--|------------------------------------|--|---|
| | Área de Estudo | | BLOCO ROLADO, MÁRMORE |
| | Caminhamento | | BLOCO IN SITU, ORTOGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | AFLORAMENTO, BÁSICA-ULTRABÁSICA | | BLOCO IN SITU, PARAGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | AFLORAMENTO, CALCIOSSILICATADA | | BLOCO IN SITU, QUARTZITO |
| | AFLORAMENTO, GOSSAN DE Mn | | BLOCO IN SITU, QUARTZITO FERRUGINOSO |
| | AFLORAMENTO, GRANODIORITO CREOULOS | | BLOCO IN SITU, VEIO DE QUARTZO |
| | AFLORAMENTO, KY-QUARTZITO | | BLOCO ROLADO, BÁSICA-ULTRABÁSICA |
| | AFLORAMENTO, LATERITA | | BLOCO ROLADO, CALCIOSSILICATADA |
| | AFLORAMENTO, METARRITMITO | | BLOCO ROLADO, GRANODIORITO CREOULOS |
| | AFLORAMENTO, MICA-XISTO | | BLOCO ROLADO, MAGNETITITO |
| | AFLORAMENTO, MÁRMORE | | BLOCO ROLADO, METARRITMITO |
| | | | BLOCO ROLADO, MICA-XISTO |
| | | | BLOCO ROLADO, MICA-XISTO |
| | | | BLOCO ROLADO, ORTOGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | | | BLOCO ROLADO, PARAGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | | | BLOCO ROLADO, QUARTZITO |
| | | | BLOCO ROLADO, QUARTZITO FERRUGINOSO |
| | | | SOLO, GRANODIORITO CREOULOS |
| | | | SOLO, METARRITMITO |
| | | | SOLO, MICA-XISTO |
| | | | SOLO, ORTOGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | | | SOLO, PARAGNAISSE ANFIBOLÍTICO |
| | | | SOLO, QUARTZITO |

APÊNDICE D: MAPA DE POTENCIAL ECONÔMICO



8172000 8174000 8176000 8178000 8180000

8172000 8174000 8176000 8178000 8180000



Legenda

Área de Estudo

MANGANÉS

Potencial Econômico

MÁRMORE

BRITA

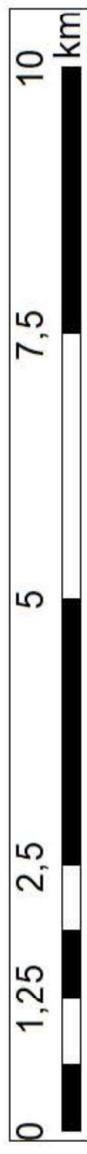
TALCO

CIANITA

PARQUE RIO DOS BOIS

GRANADA

SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.



612000 614000 616000 618000 620000 622000 624000 626000 628000 630000

APÊNDICE E – PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOFÍSICOS

E.1. Distribuição, uniformidade e densidade

O levantamento apresenta uma distribuição regular ao longo das linhas de voo que estão em paralelo entre si, o espaçamento das linhas de voo regular de 500 metros e as de controle de 5.000 metros. O conjunto de dados é uniforme pois apresenta a mesma densidade amostral para todas as linhas. O intervalo amostragem magnetométrica é de 8 metros e gamaespectrométrica de 80 metros q. Altura da aeronave em relação à superfície do terreno em média de 100 metros. Devido a irregularidade do terreno altura da aeronave pode variar mais de 200 metros em relação a superfície prejudicando a qualidade dos dados levantados.

E.2. Controle de Qualidade

Uma etapa fundamental para o processamento de dados na geofísica é o controle de qualidade. Nesta etapa foi verificada os eventuais desvios nas linhas de voo N-S cujo espaçamento deveria ser de 500m, a altitude do voo que deveria ser menor que 100m e a consistência dos dados onde é possível identificar ruídos na aquisição de dados.

Com relação ao espaçamento das linhas de voo, foram identificadas algumas linhas cujo espaçamento excedia os 600m, porém esses eventuais afastamentos caracterizam uma pequena porção do levantamento na parte leste da área como mostra a Figura E.1. Esses desvios se forem recorrentes podem provocar uma perda na qualidade do processamento tendo em vista que as células de interpolação serão pensadas em termos do espaçamento contido no contrato.

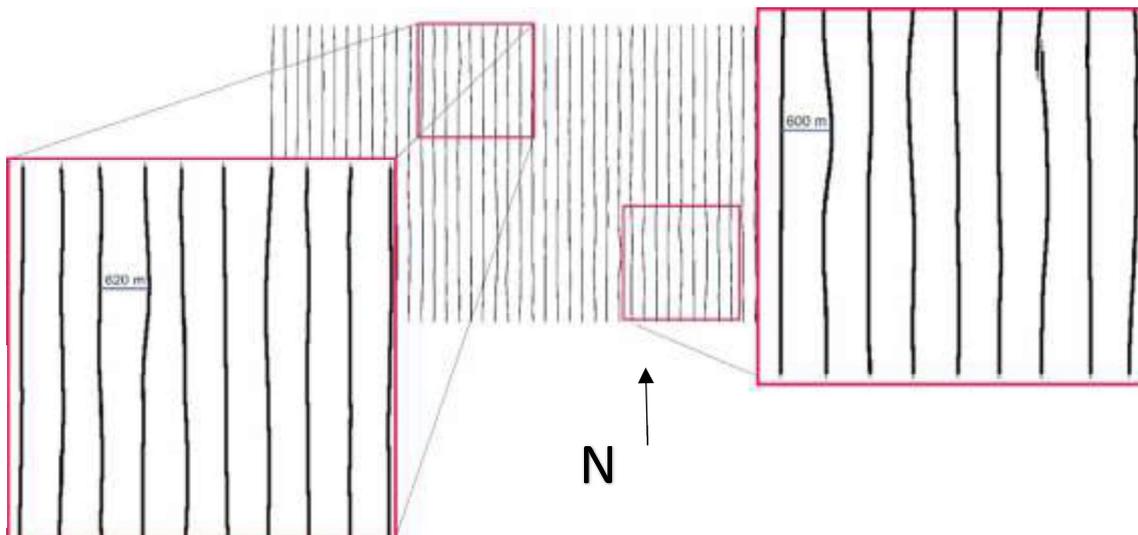


Figura E.1: Espaçamento das linhas de voo, com detalhamento para locais com divergências no espaçamento do levantamento.

Outro importante controle que devemos ter é com relação a altitude do levantamento, como estamos trabalhando com sensor aéreo quanto mais próximo ao chão mais confiável será meu dado. Para essa análise foi primeiramente obtido o sumário estatístico do canal RAD (Tabela E.1) que é obtido pela subtração do GPSALT e do MDT configurando assim a altitude de voo.

Tabela E.1 – Sumário estatístico do canal RAD.

Sumário Estatístico (RAD)	
Mínimo (m)	63,53
Máximo (m)	243,70
Média (m)	120,30
Desvio Padrão	22,53

Além da estatística é necessário verificar os perfis de voo, pois por motivos de segurança o piloto da aeronave teve que sobrevoar acima da altitude de contrato o que é apresentado na Figura E.2 onde aparece a maior distância na altitude relacionada com um vale.

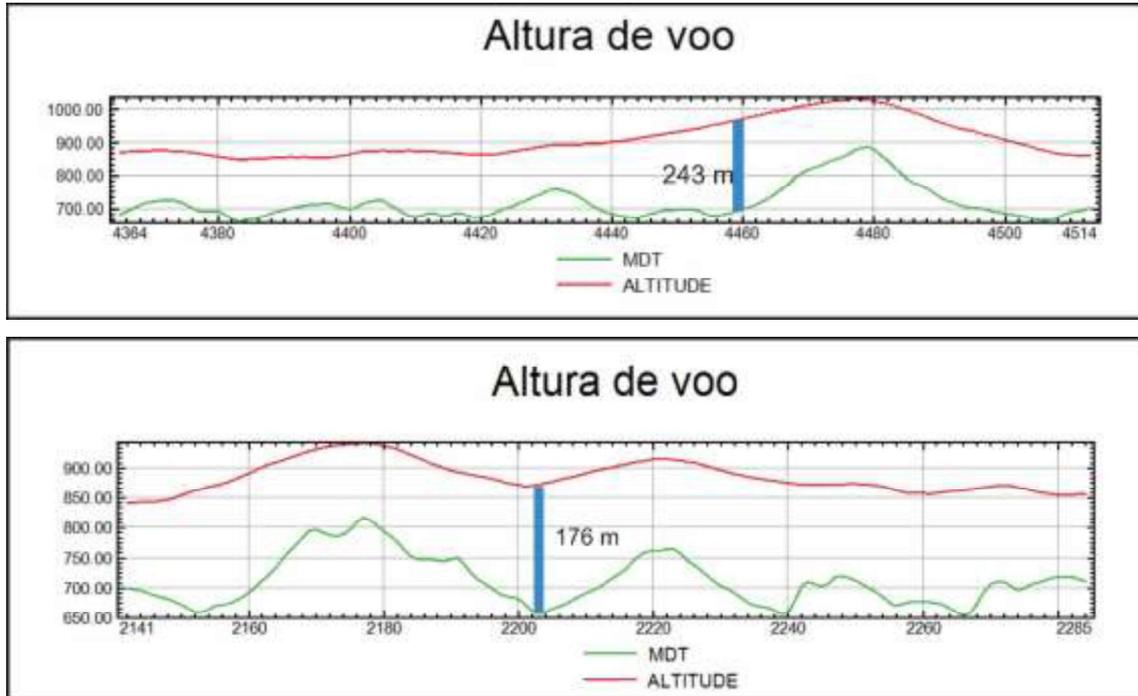


Figura E.2: Perfis apresentando a altitude de duas linhas de voo. Detalhe para a distancia entre o solo e o avião em azul.

O terceiro controle de qualidade aplicado é a consistência de dados onde foi aplicada a derivada de quarta ordem que é utilizada para identificar inconsistência dos dados. O método consiste em substituir o valor de um ponto de uma linha de voo pela diferença entre o segundo ponto anterior e o segundo ponto posterior ao ponto em questão (Blum, 1999).

Esse filtro ressalta os sinais de alta frequência que são gerados por ruídos do sinal medido que ocorrem devido a existência de informações inconsistentes, como o "efeito pepita" (*nuggets*) ou picos (*spikes*). Esses picos são valores anômalos extremamente altos em relação a vizinhança que muitas vezes estão relacionados a erro de medição ou amostral.

Aplicando esse método nos dados obtidos do levantamento, revelou nenhuma inconsistência dos dados, como já era de se esperar, visto que os dados recebidos já foram corrigidos devidamente (Fig. E.3).

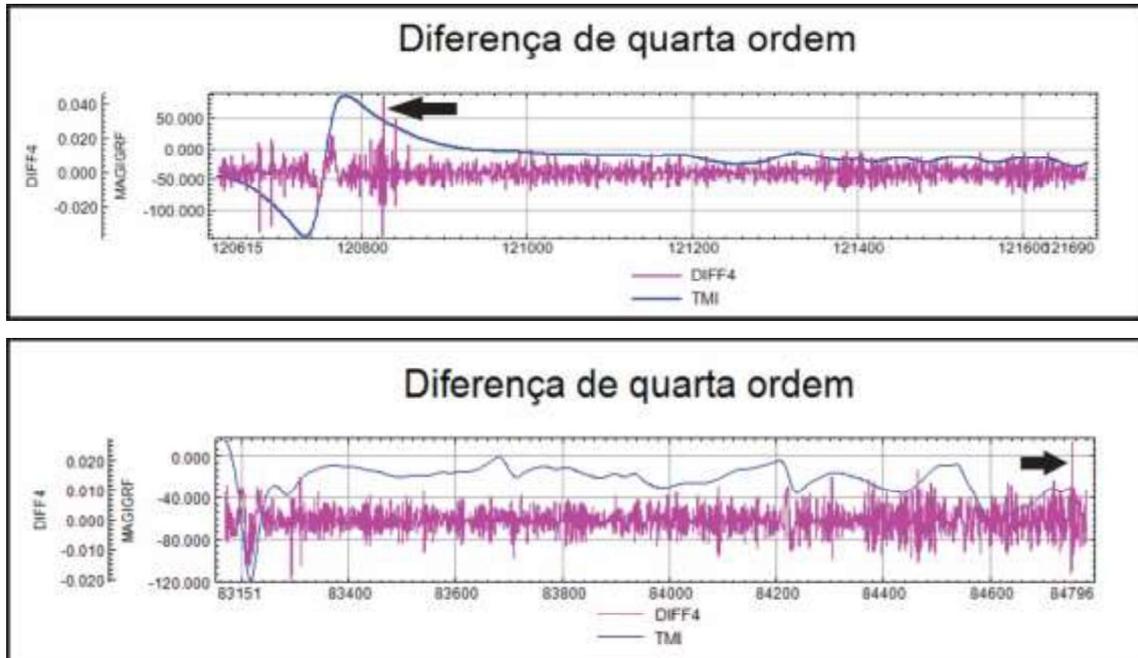


Figura E.3: Diferença de quarta ordem, aplicada aos dados indicando possíveis ruídos na aquisição dos dados.

O último controle de qualidade utilizado foi a verificação dos dados de gamaespectrometria sendo realizado uma análise estatística da quantidade de dados adquiridos e *dummies* (valores não medidos), se a quantidade destes for muito grande o levantamento será comprometido e na interpolação teremos valores muito desconformes com a realidade. Na Tabela E.2 é apresentado o sumário estatístico dos dados adquiridos:

Tabela E.2 – Sumário estatístico da aquisição dos canais de potássio, tório e urânio.

CANAL	NÚMERO DE ITENS	NÚMERO DE <i>DUMMIES</i>	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIO PADRÃO
TCRAW	6313	0	546,00	3229,00	431,24
KRAW	6313	0	29,00	425,00	53,83
THRAW	6313	0	8,00	144,00	21,60
URAW	6313	0	10,00	114,00	14,74

E.3. Interpolação

A interpolação é um método que tem por finalidade a aproximação valores de um conjunto discreto, utilizando-se de informações prévias para o preenchimento de uma malha com dados que não foram amostrados (Menezes, 2013 *in Santos et al.*, 2016). Como no caso deste trabalho visa a interpolação dos dados entre as linhas de voo.

Foram testados dois métodos de interpolação (mínima curvatura e bidirecional) com o espaçamento de célula de 1/5 da distância entre as linhas de voo para evitar superestimação e subestimação dos dados interpolados, a seguir uma breve explicação de cada método e a comparação entre eles.

Mínima curvatura: o método de Mínima Curvatura interpola os dados a serem gridados com uma superfície que tem as derivadas segundas contínuas, gerando uma superfície suavizada na qual todos os dados são atravessados. Devido a isso, ele se caracteriza por ser um interpolador não exato e como consequência os dados nem sempre são apresentados com seus valores reais (Smith e Vessel, 1990 *in Santos et al.*, 2016).

Bidirecional: é utilizada para dados de levantamento em linhas regulares e paralelas, linhas paralelas que possuam as mesmas linhas de controle ou linhas paralelas irregulares, ela é ideal para dados de levantamentos geofísicos aéreos potenciais, especialmente quando a densidade de dados é muito alta (Guimarães, 2009 *in Santos et al.*, 2016).

A Figura E.4 mostra os resultados de cada um dos métodos de interpolação e uma comparação visual dos dois métodos.

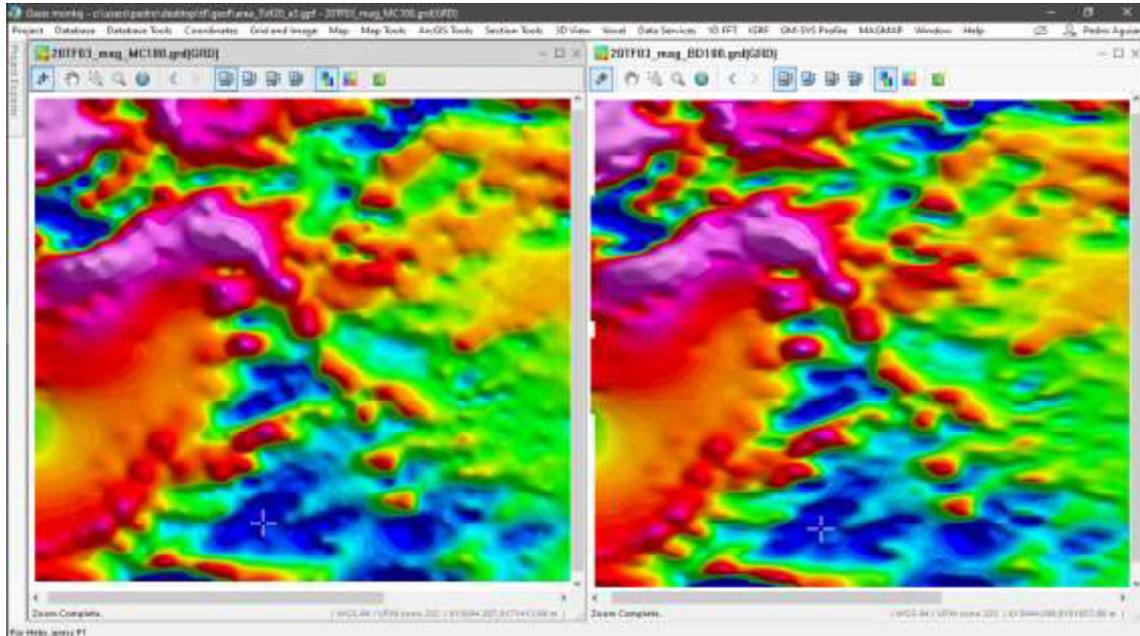


Figura E.4: Produtos da interpolação. Mínima curvatura (esquerda) e bidirecional (direita).

Após a criação dos grids interpolados é necessário escolher qual o tipo de interpolação que será utilizado para isso foi levado em consideração a fidelidade dos dados com o levantamento aéreo e também a comparação dos métodos com os perfis de aquisição dos dados como mostra a Figura E.5.

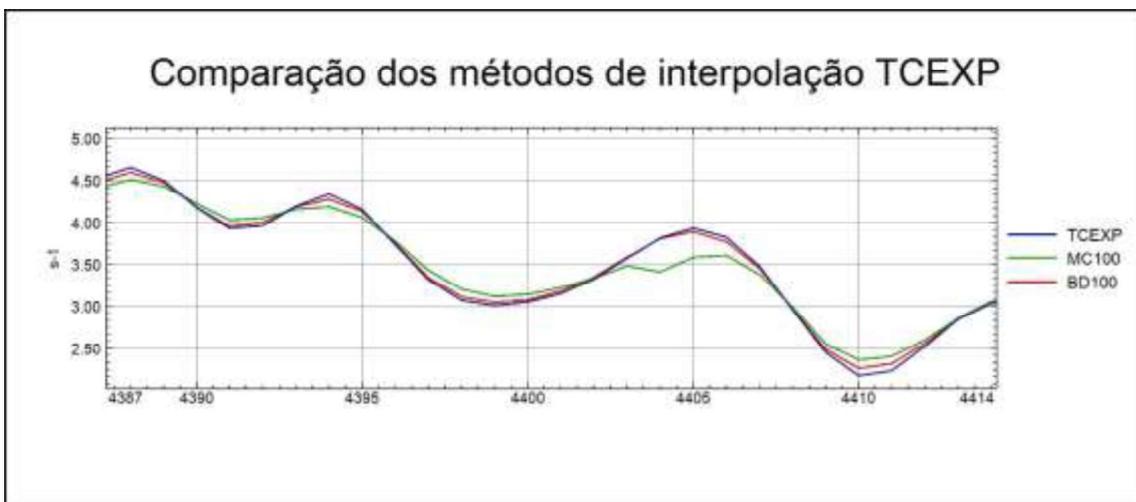
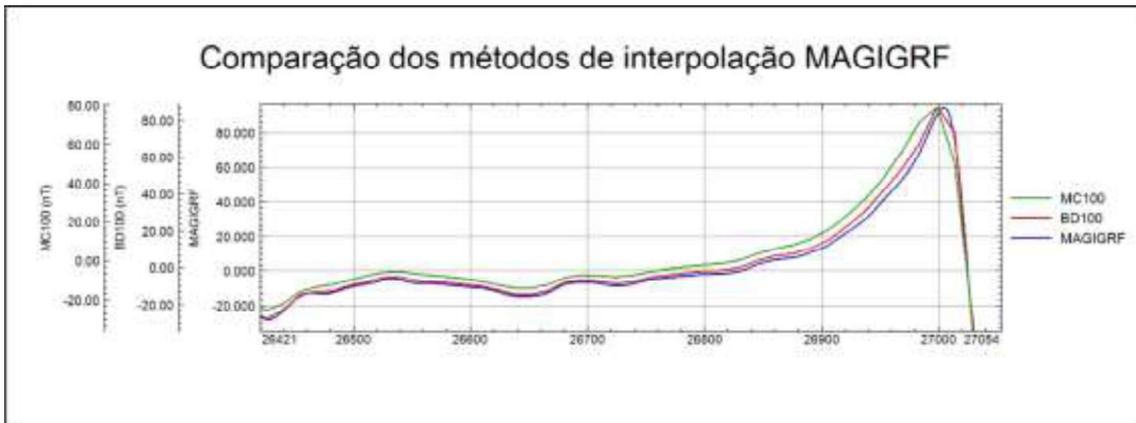


Figura E.5: Comparação entre as células interpoladas evidenciando a superestimação e subestimação dos dados no método de mínima curvatura (MC).

A partir destes dados comparativos foi escolhido o método de interpolação bidirecional por apresentar menores distorções dos dados para todos os casos. Escolhido o método de interpolação o passo seguinte foi realizar uma filtragem com o intuito principal de retirar algumas tendências, como as linhas de voo, nos grids produzidos. O processo de filtragem é uma parte que demanda uma certa sensibilidade, pois ao mesmo tempo que ele melhora a visualização, ele também perde informações no processo e isso demanda uma análise crítica dos dados filtrados.

Após alguns testes com as várias opções de filtragem foi escolhido o filtro de convolução 5x5 que consiste em uma processar a imagem através de uma

matriz 5x5 de convolução como mostra a matriz apresentada na Tabela E.3. Utilizamos o filtro *Least Square* onde os dados foram multiplicados pela matriz e o resultado inserido na célula central diminuindo o ruído da imagem. Esse passo foi realizado duas vezes na área analisada (FiE. E.6).

Tabela E.3 - Matriz de convolução

-0,07428	0,01142	0,04000	0,01142	-0,07428
0,01142	0,09714	0,12571	0,09714	0,01142
0,04000	0,12571	0,15428	0,12571	0,04000
0,01142	0,09714	0,12571	0,09714	0,01142
-0,07428	0,01142	0,04000	0,01142	-0,07428

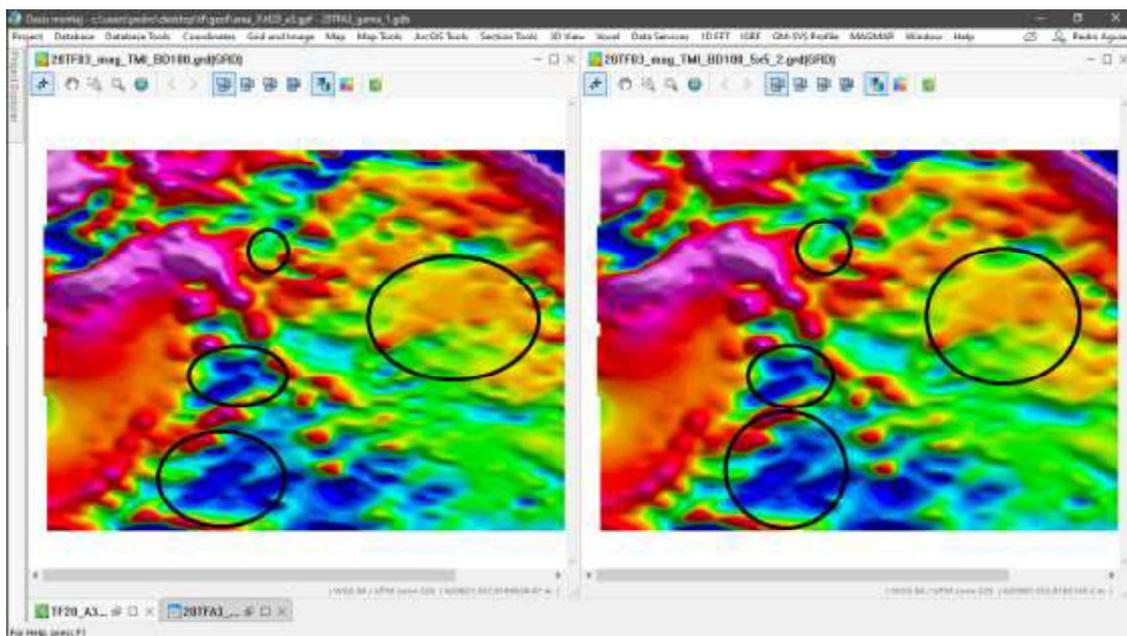


Figura E.6: Comparativo entre o Grid Bidirecional sem filtragem (à esquerda) e o produto filtrado (à direita). Nos círculos pretos é possível visualizar a diminuição da tendência.

Agora para o processamento das imagens é necessário que seja feita uma transformação dos dados que são espaciais para temporais representados por ondas sendo então necessário a realização de uma transformada rápida de Fourier (FFT, em inglês) que realiza a transformação de dados que estão no domínio do espaço para o domínio do tempo

E.4. Transformada de Fourier

Fourier (1768-1830) em 1807, estudando as formas de ondas, mostrou que qualquer padrão periódico de onda, por mais complicado que seja, pode ser representado como uma combinação de movimentos harmônicos simples (Blum, 1999). Segundo Blum (1999) essa combinação é referida como análise harmônica, podendo ser expressa por uma função periódica, série de Fourier ou desenvolvimento de Fourier, definida da seguinte forma:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n \cdot x + b_n \sin n \cdot x)$$

Onde:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos n \cdot x \, dx ;$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin n \cdot x \, dx \quad e$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \, dx,$$

com $n=1,2,3\dots$

Blum (1999) afirma ainda que quando os movimentos não são periódicos a soma da série de Fourier é substituída por uma integral, chamada de integral de Fourier. Dessa integral decorre que, se

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-iku} \, dx$$

Então,

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{-ikx} dx$$

O uso da FFT na estimativa do formato dos corpos reproduz com grande aproximação às formas desses corpos, desde que as anomalias encontradas em dados magnéticos sejam causadas por corpos de forma arbitrária com magnetização constante ou densidade uniforme, embora esse processo seja instável. Essas anomalias podem ser expressas como uma convolução entre uma função da propriedade física e a função de Green (depende da geometria da fonte e dos pontos de medida) (Blum, 1999).

E.5. Derivada Vertical

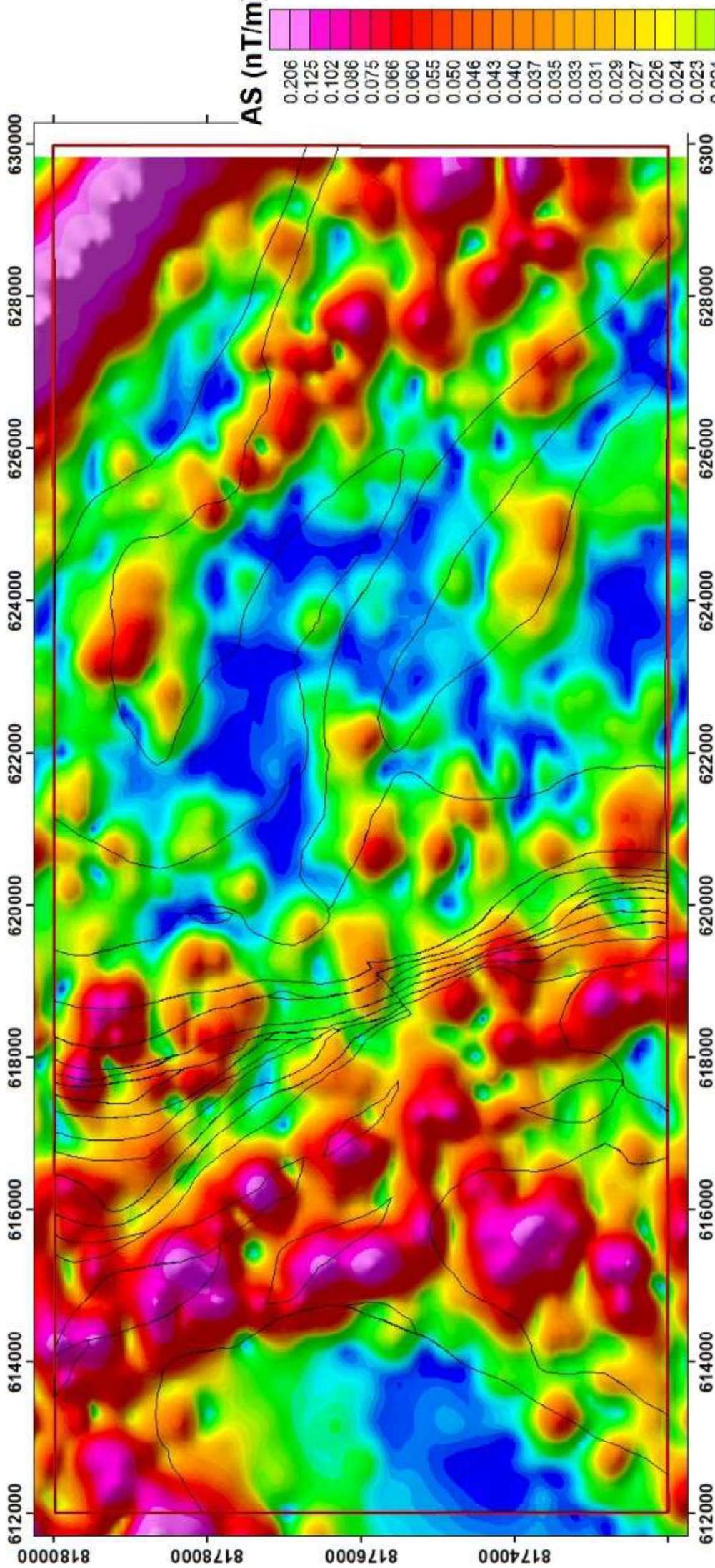
De acordo com Blum (1999) a derivada vertical amplifica a informação de comprimentos de ondas curtos em detrimento dos comprimentos longos (é um filtro passa-alta). A derivada vertical é comumente aplicada aos dados do campo magnético total para realçar as fontes geológicas mais rasas e suprimir as fontes mais profundas nos dados. Assim como outros filtros que aprimoram os componentes de alta frequência de onda do espectro, é recomendado a aplicação de filtros do tipo passa-baixa para remover o ruído de alto número de onda (no caso foram aplicadas convoluções simétricas 5x5 duas vezes). A derivada vertical também pode ser aplicada em ordens fracionárias de diferenciação (por exemplo, 0,5) para reduzir o ruído de alto número de onda. Geralmente a primeira ou a segunda derivada acentuam os gradientes nas bordas de corpos magnéticos rasos. (Geosoft, 2013). A fórmula da derivada vertical é definida por (Davis, 1986; Geosoft, 2013):

$$L(r) = r^n$$

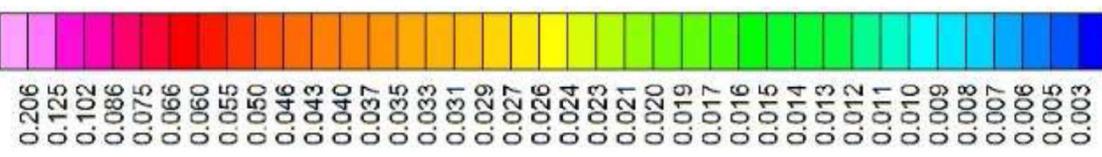
onde, $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ e n é a ordem de diferenciação.

E.6. Sinal Analítico

O sinal analítico (AS) é uma técnica eficiente de determinação de parâmetros geométricos, como localização de limites (geológicos e estruturais) e profundidades de corpos (Blum, 1999). O sinal analítico pode se mostrar ainda mais útil para localizar as bordas de corpo com magnetismo remanente e centralizar anomalias sobre seus corpos em áreas de latitude magnética baixa (Macleod *et al.*, 1994, Geosoft, 2013), por não depender dos parâmetros do campo magnético terrestre e da direção de magnetização da fonte (Blum, 1999). A obtenção do AS é feita com a combinação de diversos métodos automáticos ou semiautomáticos baseados no uso de derivadas horizontais e verticais de um campo potencial (Blum, 1999).



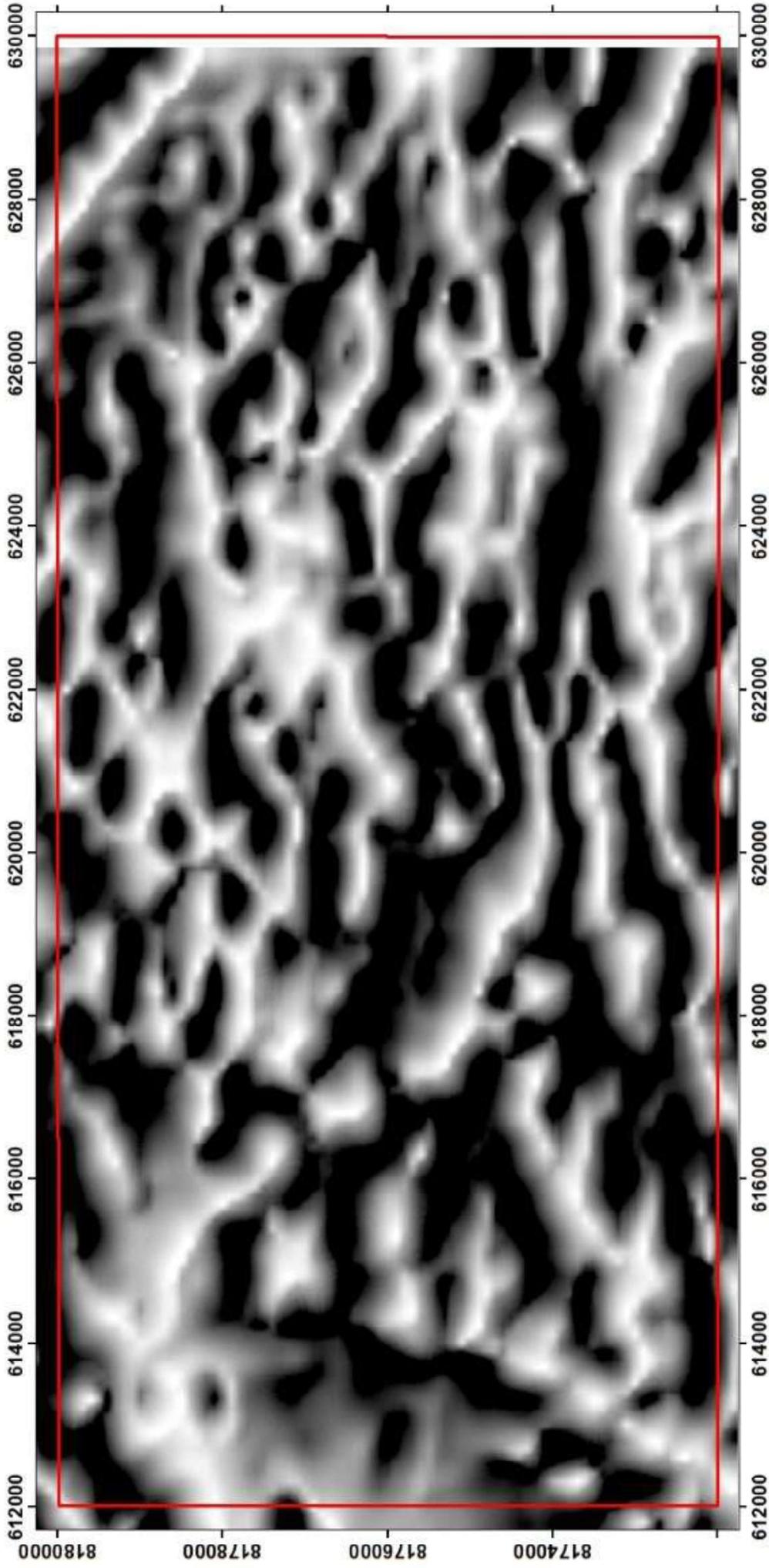
AS (nT/m)



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo



Tilt (rad)

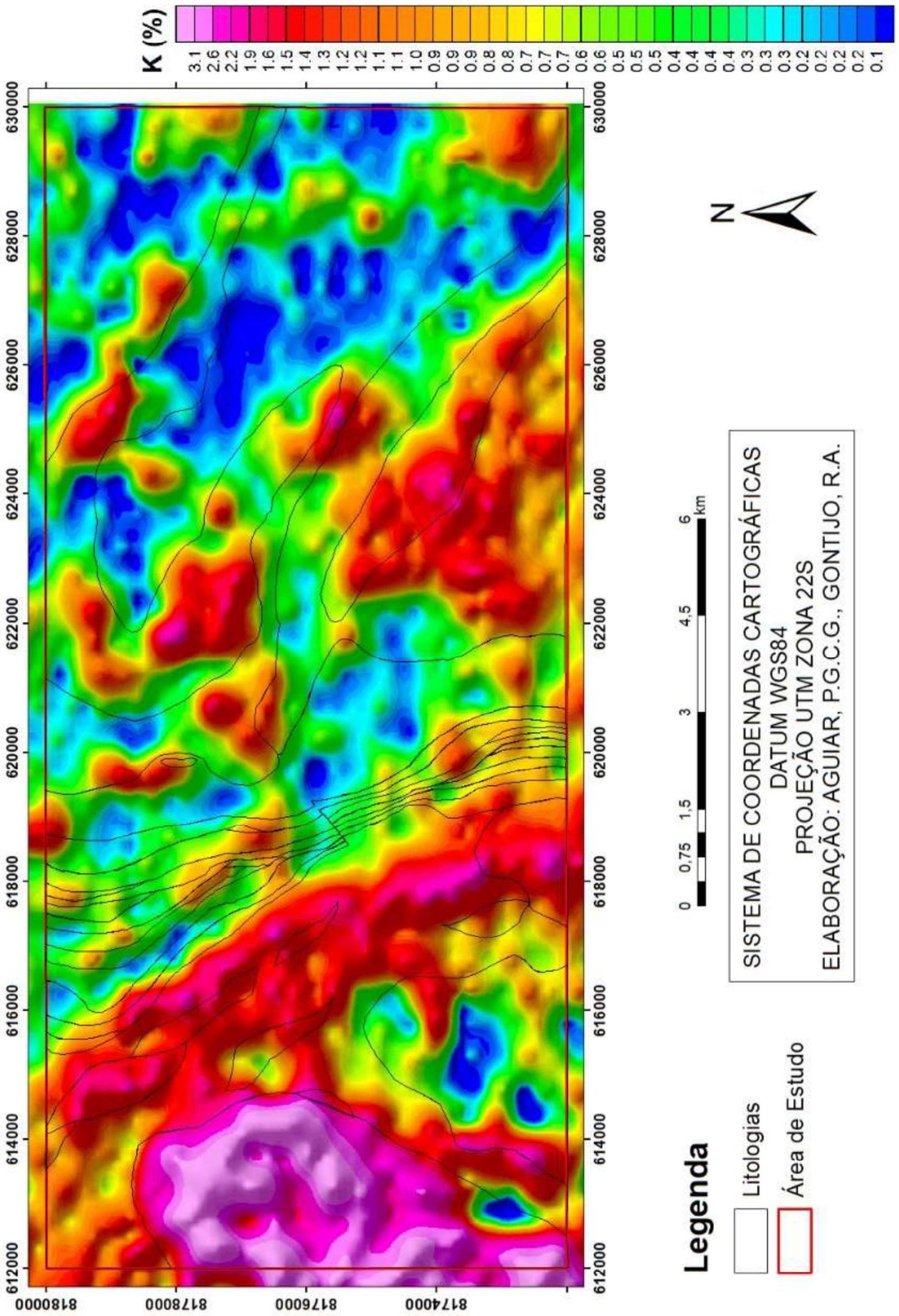


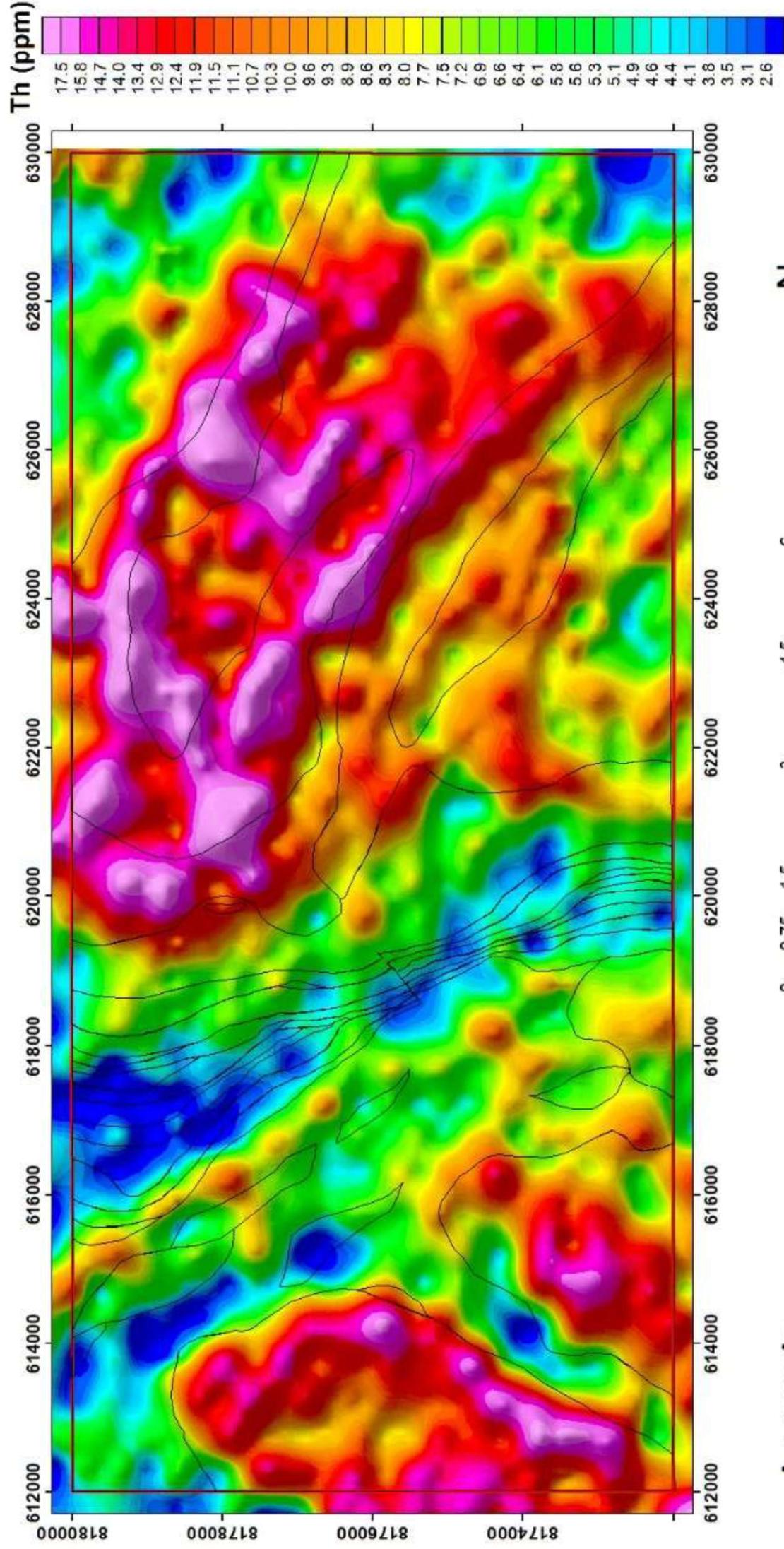
Legenda

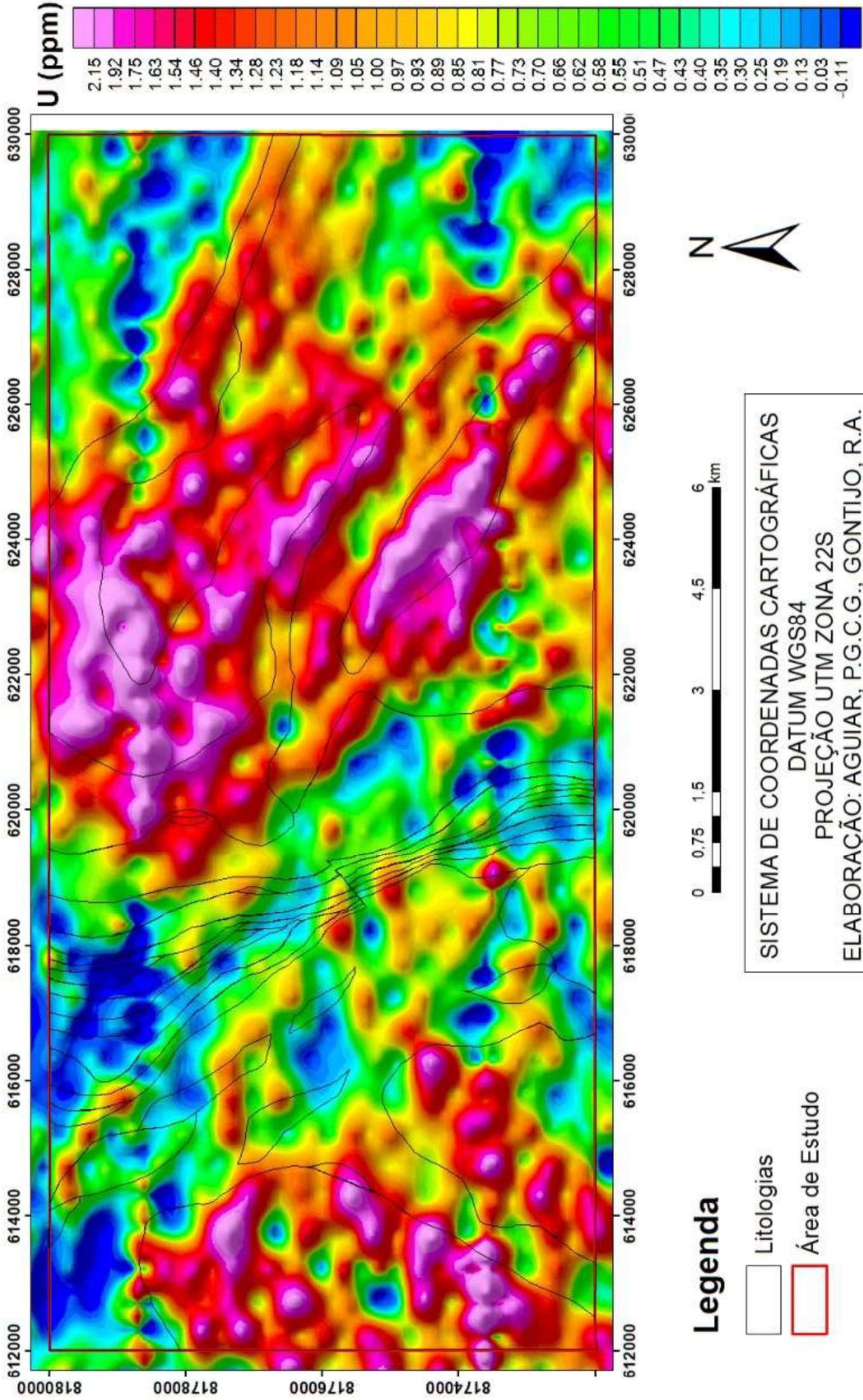
Área de Estudo

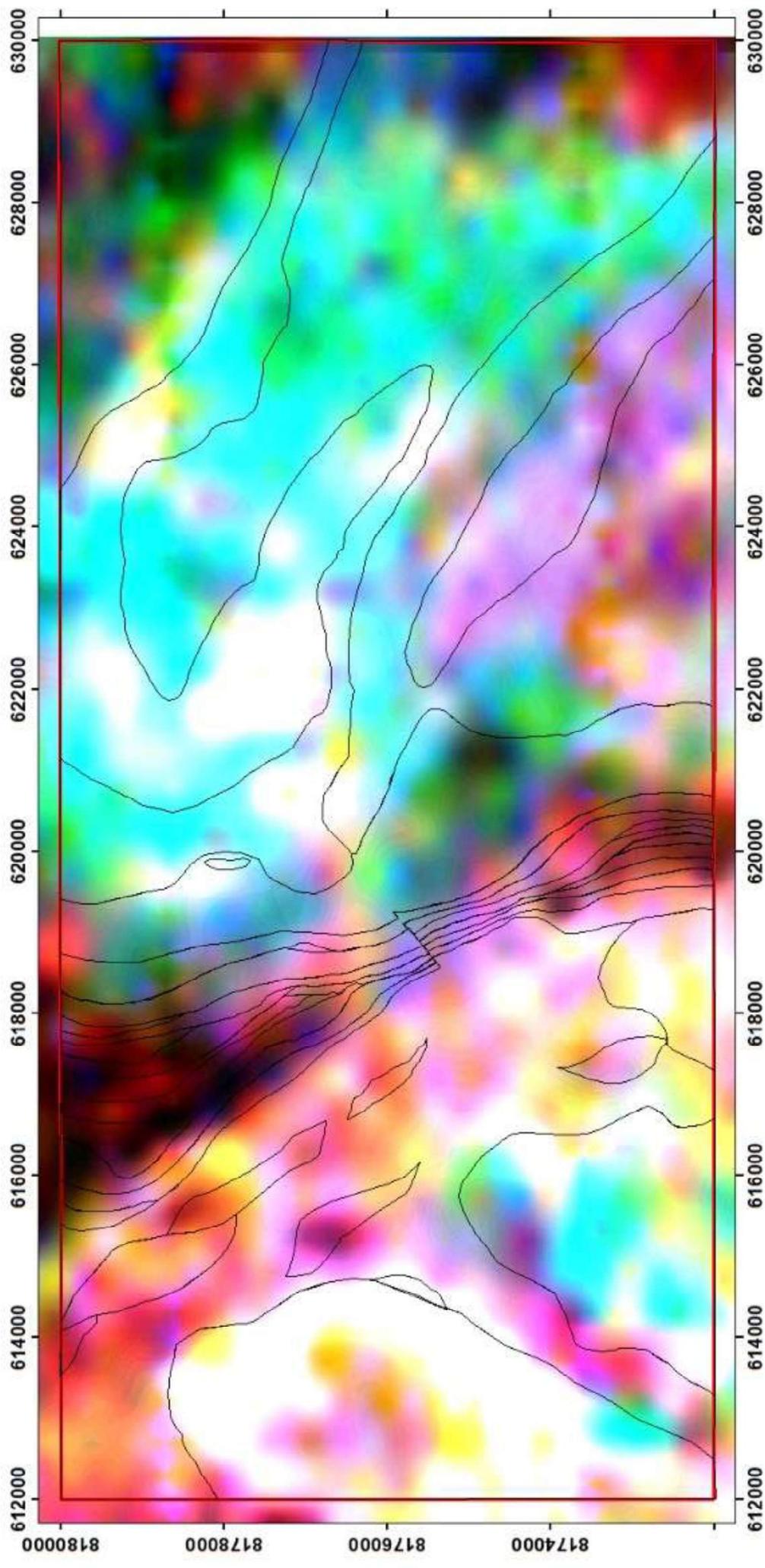


SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

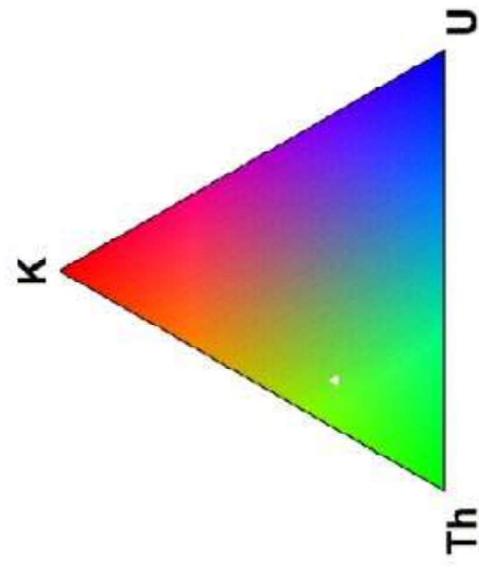








K



Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo

SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.



SISTEMA DE COORDENADAS UTM
DATUM WGS84 22S
AGUIAR, P.G.C.G.
1:50.000

Legenda

	Área de Estudio		Alto U		Alto K, Th e U
	Alto Th		Alto K		
	U e Th		K e Th		
			Ke U		

**APÊNDICE F – PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS E MAPAS
TRANSFORMADOS**

O nivelamento dos dados foi realizado por estes se tratarem de dados históricos envolvendo diversas metodologias. Testou-se dois métodos de nivelamento, o primeiro escolhido foi a mediana e segundo foi logarítmico, sendo este o que apresentou melhor estatística na correlação dos elementos. Na Figura F.1 temos os histogramas comparativos de cada elemento juntamente com seu boxplot para o dado original, nivelado pela mediana e nivelado de forma logarítmica e na Figura F.2 está apresentado a matriz de correlação dos elementos nivelados.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (Hongyu *et al.*, 2015). Esta técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos. A análise agrupa os indivíduos de acordo com sua variação, isto é, os indivíduos são agrupados segundo suas variâncias, representado pela variação do conjunto de características que define o indivíduo agrupando os indivíduos de uma população segundo a variação de suas características (Hongyu *et al.*, 2015).

Segundo Landim *et al* (2007) quando as variáveis, devido a escalas diferentes de mensurações empregadas, não podem ser diretamente comparadas, torna-se necessário preliminarmente a padronização, de modo que as variáveis transformadas passem a ter média zero e variância unitária, o que é conseguido pela transformação logarítmica.

A primeira análise consiste numa transformação linear de “m” variáveis originais em “m” novas variáveis, de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior variação possível existente no conjunto de dados, a segunda pela maior variação possível restante e assim por diante, até que toda a variação do conjunto tenha sido explicada (Landim *et al.*, 2007).

Se cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis, esta análise transforma os dados de tal modo a descrever a mesma variabilidade total existente, com o mesmo número de eixos originais, porém não mais

correlacionados entre si. Gráficamente pode ser descrita como a rotação de pontos existentes num espaço multidimensional originando eixos, ou componentes principais, que dispostos num espaço a duas dimensões representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado (Landim *et al.*, 2007) (Fig. F.3).

Histogramas

Project: 20TFA3
Scientist: Aguilar, P.G.C.G.
Project date: 2021/08/01
Report date: 2021/08/01



Figura F.1: Histograma comparativo dos dados. Para cada elemento segue a seguinte sequência: dado original , nivelado logaritmicamente e nivelado pela mediana.

Correlation

Project: 20TFA3
 Scientist: Aguiar, P.G.C.G.
 Project date: 2021/06/01
 Report date: 2021/06/01

	Ag	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Ga	La	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Y	Zn	Zr	
Ag																										
As (N<2)																										
Au -0.20 (N<2)																										
B -0.23 0.19 -0.12																										
Ba -0.01 0.40 0.06 -0.14																										
Be 0.02 0.00 0.14 -0.04 0.06																										
Bi 0.00 (N<2) 0.00 0.00 0.00																										
Co -0.11 0.07 -0.34 0.30 -0.06 -0.53 0.00																										
Cr -0.13 -0.10 -0.12 0.49 -0.31 -0.57 0.00 0.76																										
Cu -0.14 0.05 -0.14 0.45 -0.09 -0.67 0.00 0.65 0.76																										
Ga 0.05 (N<2) 0.16 -0.72 0.43 0.62 0.00 -0.41 -0.56 -0.45																										
La -0.04 -0.07 0.05 -0.28 0.25 0.31 0.00 -0.11 -0.04 -0.20 0.12																										
Mn -0.14 0.23 -0.20 0.41 -0.02 -0.52 0.00 0.77 0.66 0.73 -0.40 -0.12																										
Mo 0.09 (N<2) 0.13 -0.20 -0.02 0.13 0.00 -0.12 -0.09 -0.10 0.12 -0.04 -0.13																										
Nb -0.14 0.02 0.34 -0.03 -0.20 0.37 0.00 -0.18 -0.14 -0.24 -0.07 0.24 -0.13 -0.18																										
Ni -0.12 0.11 -0.10 0.36 -0.19 -0.51 0.00 0.65 0.66 0.75 -0.46 -0.02 0.66 -0.09 -0.10																										
Pb -0.13 0.02 -0.09 -0.05 0.02 -0.23 0.00 0.56 0.40 0.52 -0.06 0.24 0.54 -0.04 0.02 0.46																										
Sc -0.07 0.34 -0.18 0.44 -0.06 -0.50 0.00 0.66 0.68 0.70 -0.37 -0.11 0.55 -0.02 -0.17 0.63 0.28																										
Sn 0.07 0.00 0.06 -0.21 0.04 0.09 0.00 -0.07 -0.08 -0.17 0.20 0.00 -0.14 0.09 0.01 -0.02 -0.10 0.03																										
Sr -0.11 0.43 0.06 -0.19 0.41 -0.02 0.00 0.09 0.03 0.10 0.24 0.42 0.04 -0.24 -0.08 0.12 0.33 0.06 -0.05																										
Ti -0.21 0.16 -0.00 0.52 -0.19 -0.60 0.00 0.23 0.43 0.41 -0.52 -0.06 0.28 -0.10 0.12 0.30 0.41 -0.15 0.08																										
V -0.20 0.41 -0.09 0.59 0.07 -0.66 0.00 0.60 0.66 0.75 -0.50 -0.03 0.56 -0.18 -0.08 0.55 0.36 0.71 -0.16 0.26 0.66																										
Y -0.00 0.50 0.27 -0.33 0.36 0.49 0.00 -0.35 -0.44 -0.36 0.50 0.08 -0.36 0.05 0.34 -0.34 -0.25 -0.17 0.19 0.11 -0.21 -0.21 -0.15																										
Zn -0.11 -0.10 0.19 0.09 0.04 -0.18 0.00 0.62 0.47 0.66 0.04 -0.03 0.52 -0.03 -0.04 0.57 0.46 0.51 -0.05 0.27 0.15 0.41 -0.07																										
Zr 0.12 (N<2) 0.24 -0.54 0.33 0.31 0.00 -0.44 -0.47 -0.39 0.44 0.13 -0.42 0.16 0.10 -0.43 0.18 0.27 -0.16 -0.32 0.49 -0.12																										

Colour Coding (significance 0.3%)
 very strong
 strong
 moderate
 weak
 very weak
 null

Sample Size 256

Figura F.2: Matriz de correlação para os 25 elementos.

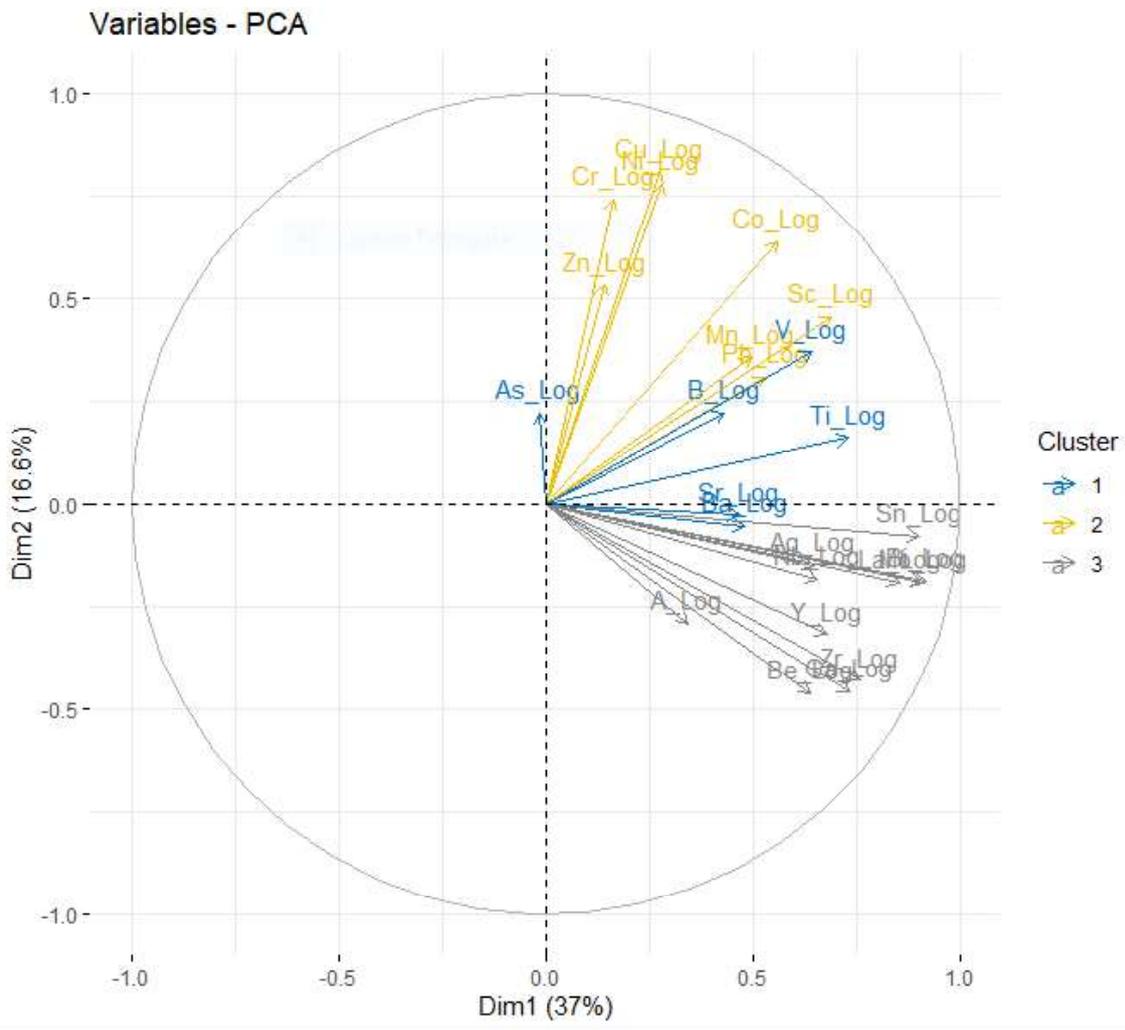
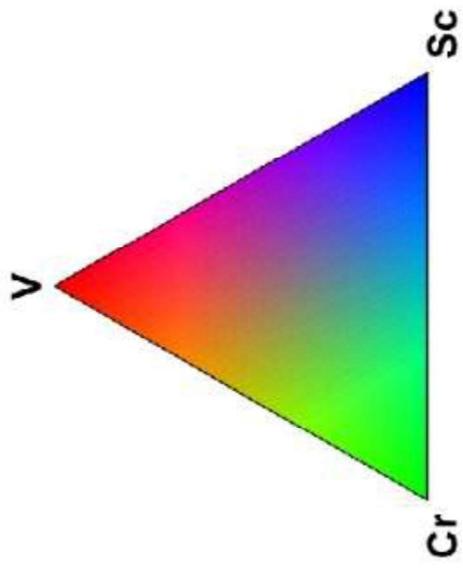
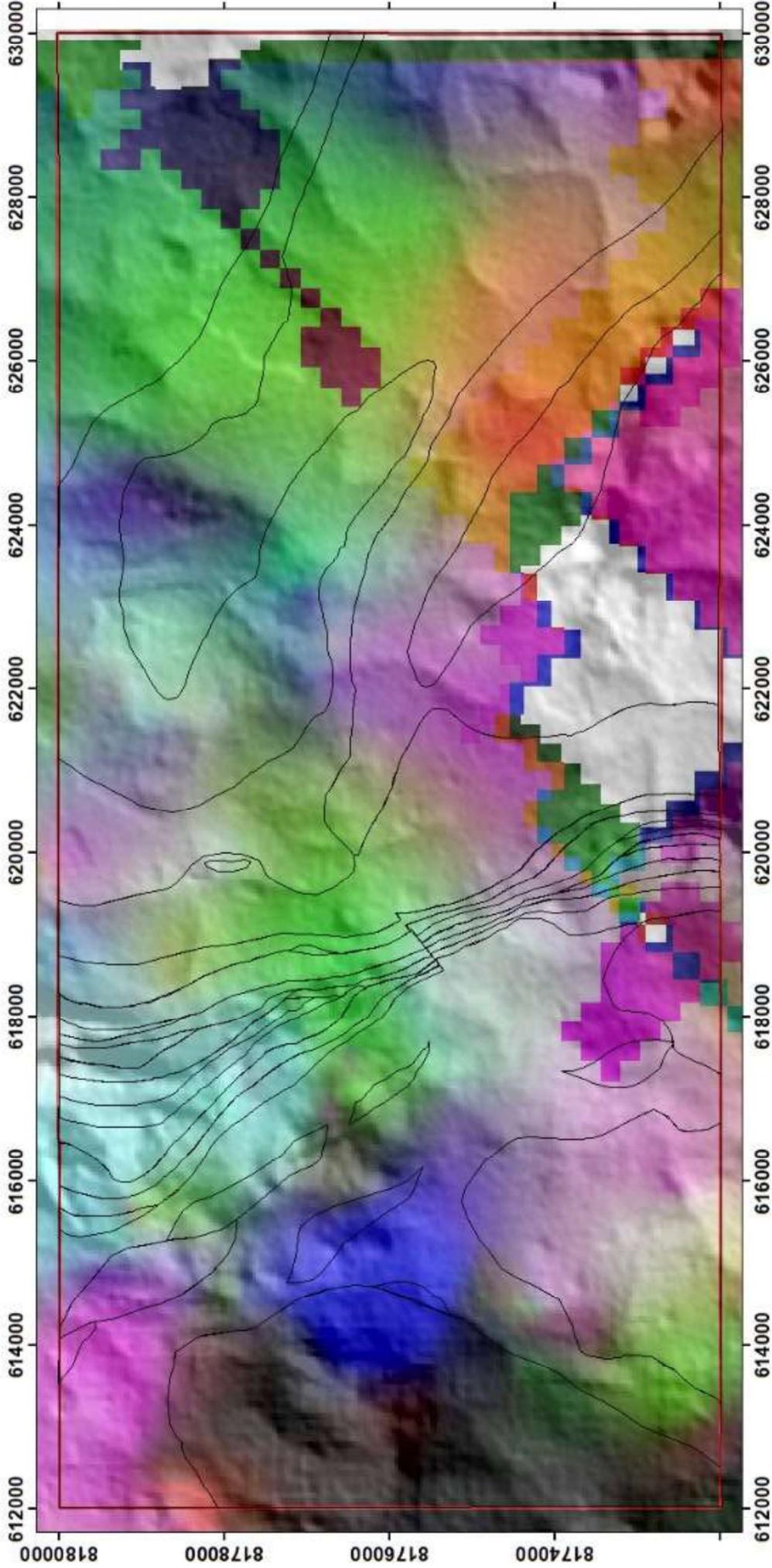


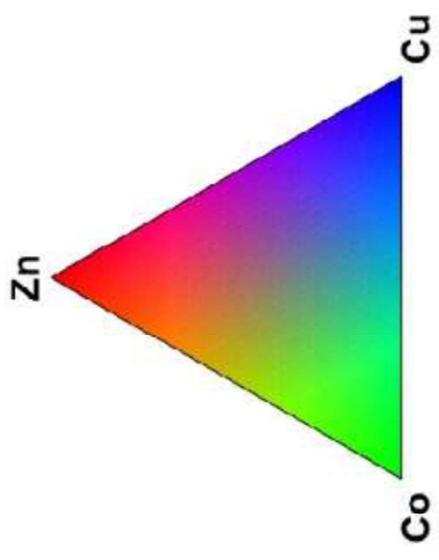
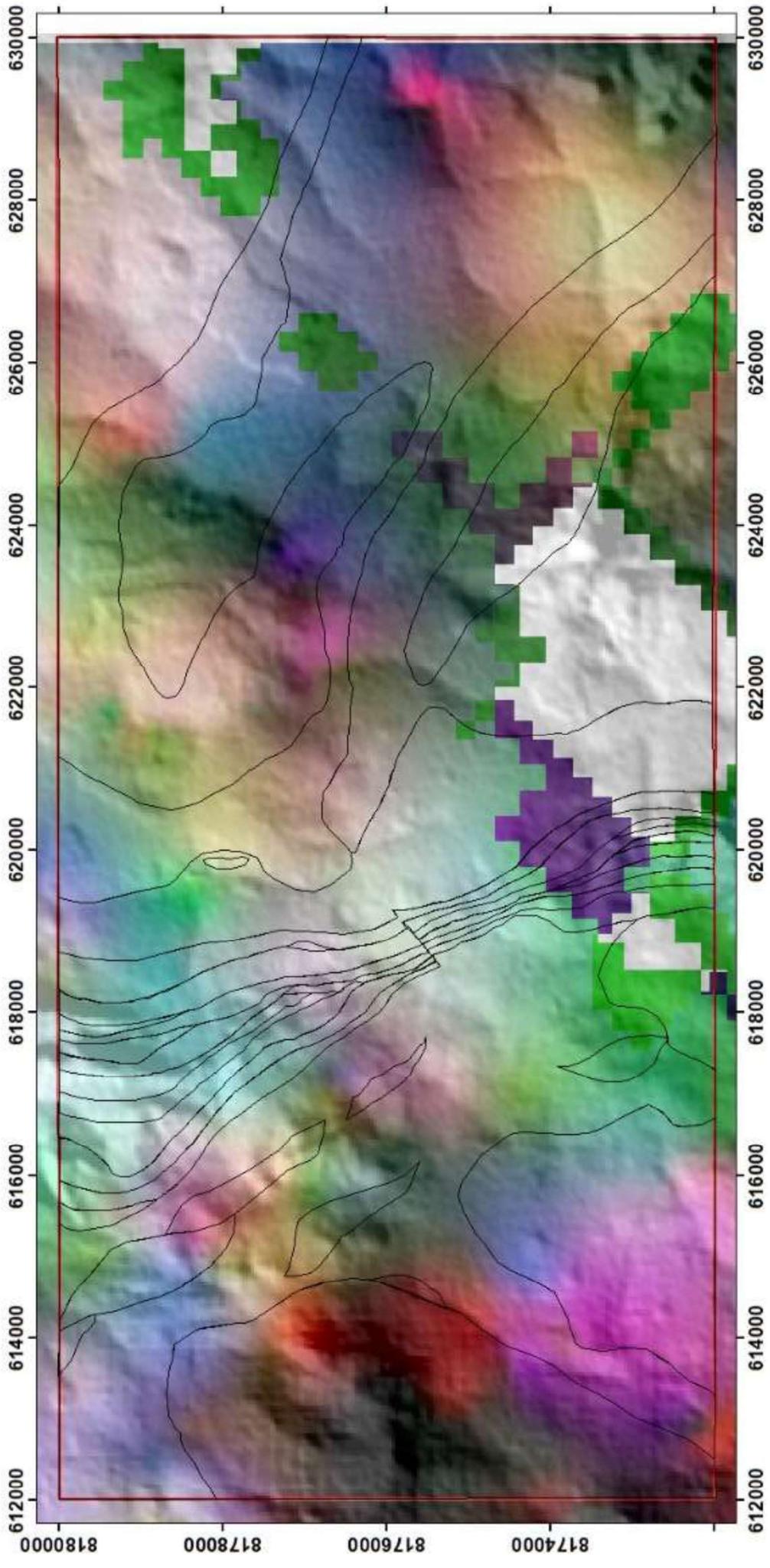
Figura F.3: ACP dimensão 1 e 2.



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo

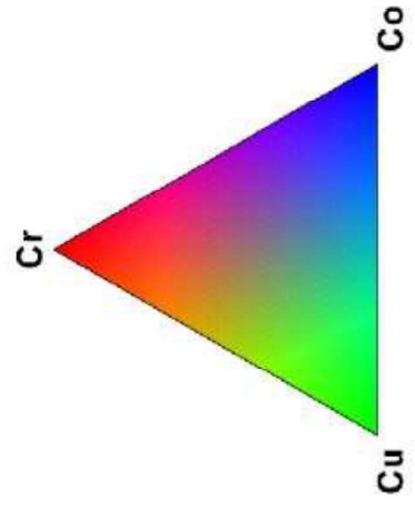
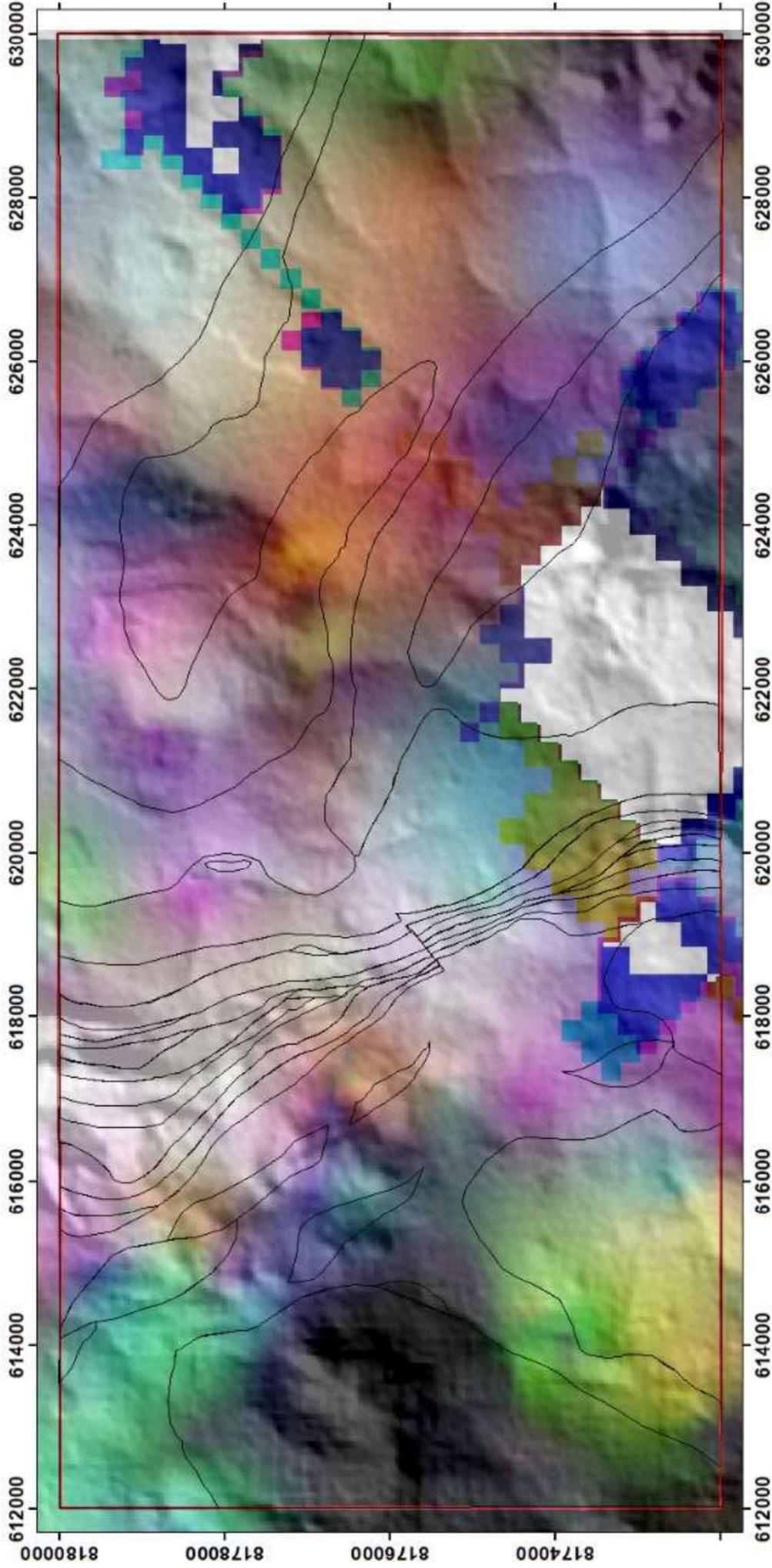


Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

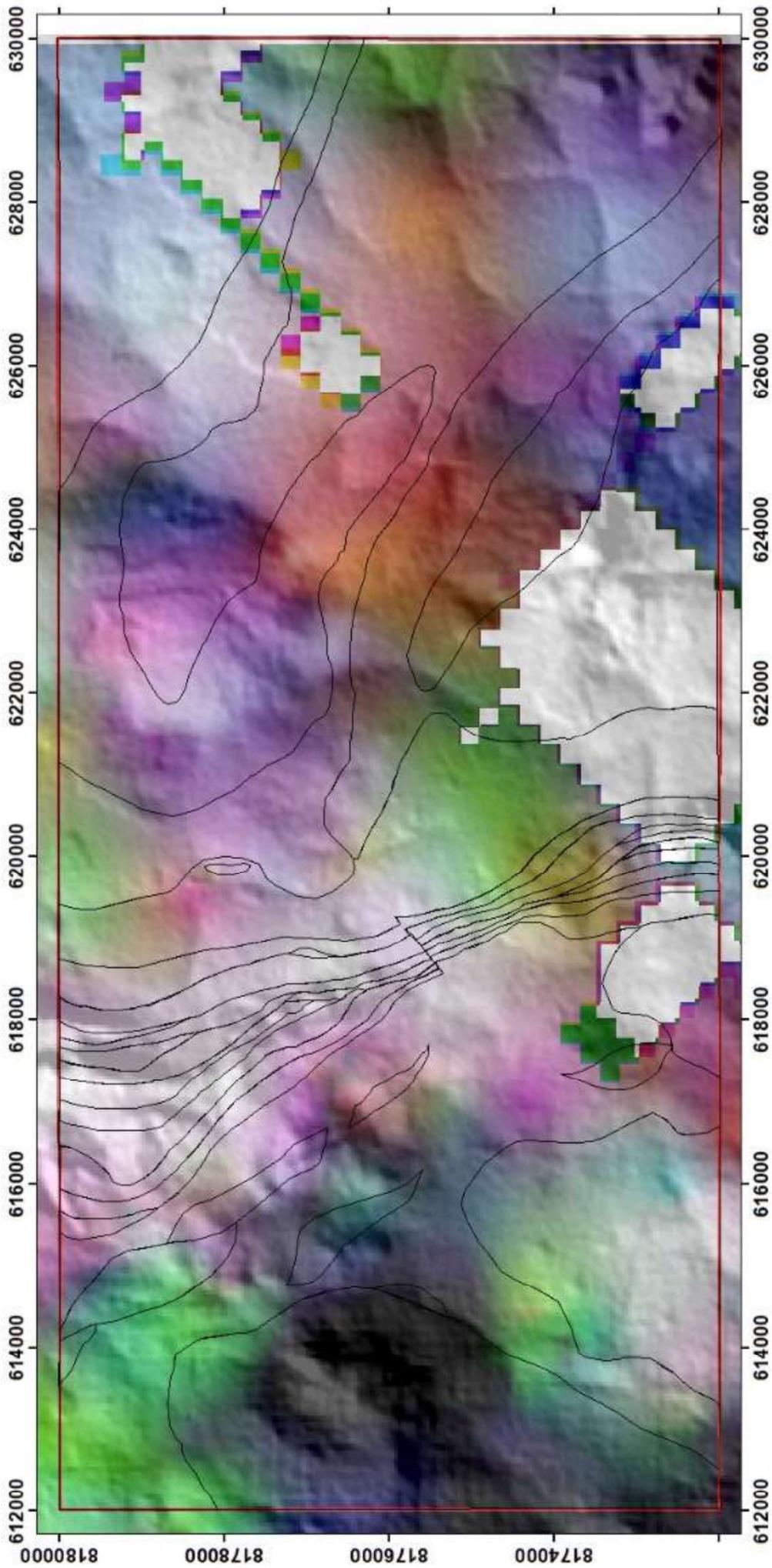


Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

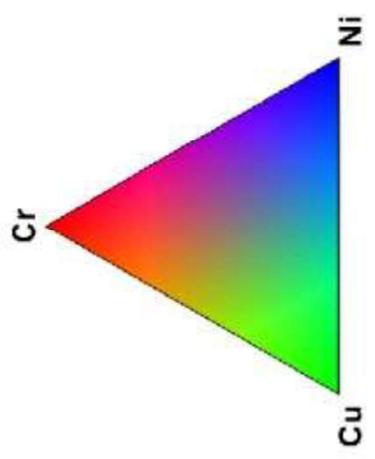


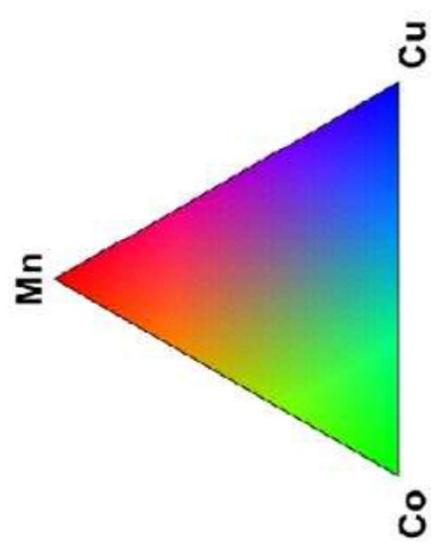
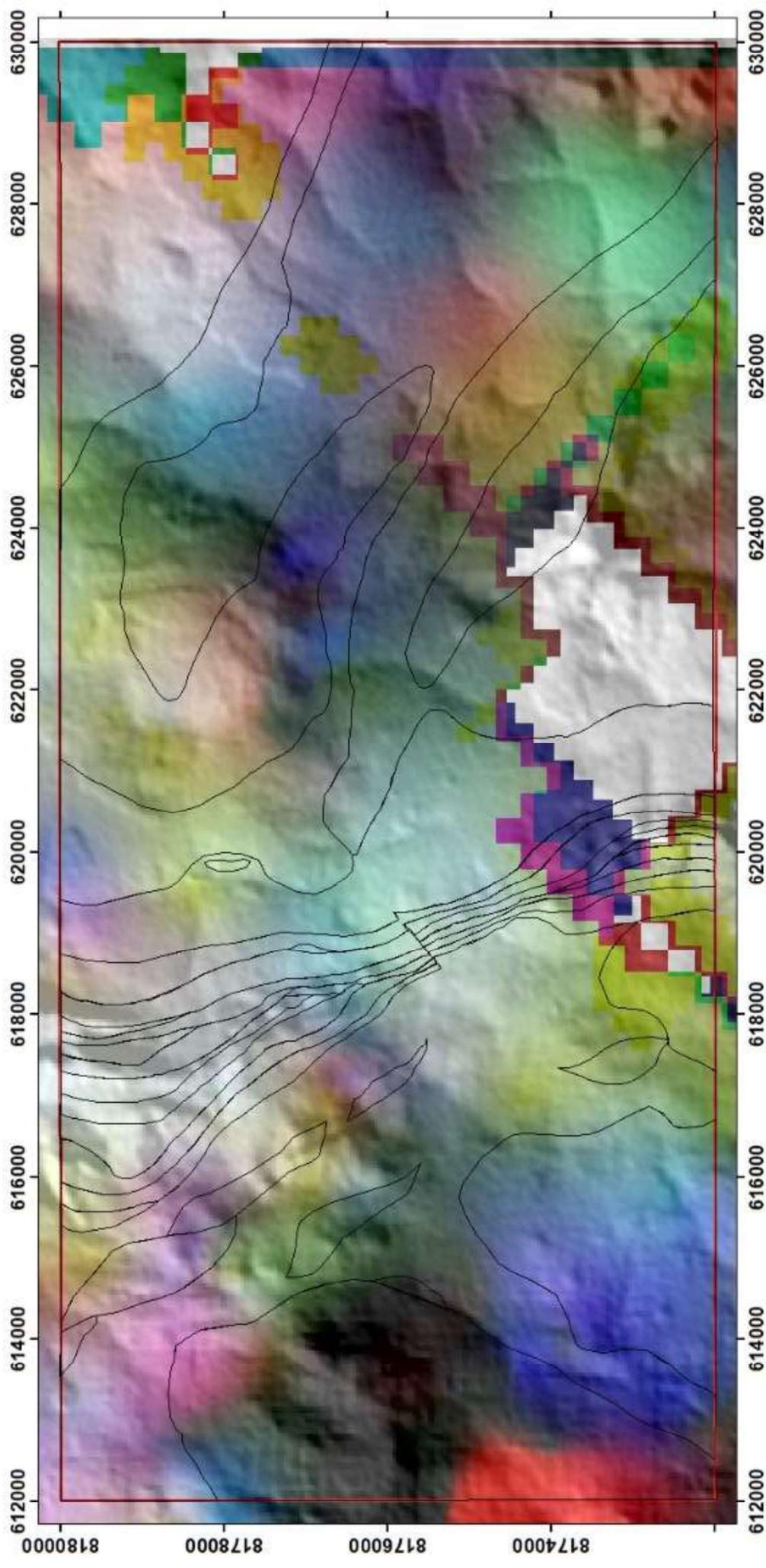
Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.





Legenda

-  Litologias
-  Área de Estudo



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

**APÊNDICE G – PROCESSAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS E
HIDROGELÓGICOS**

Inicialmente foi delimitada uma bacia hidrográfica, cujos limites não necessariamente coincidem com os da área de estudo. Após a delimitação dessa bacia, os dados hidrológicos dela podem ser obtidos através de dados de precipitação, tipo de solo, uso do solo e temperatura, incluindo cálculos que adicionam parâmetros interessantes e permitem a definição da vulnerabilidade e da disponibilidade hídrica da bacia, que é um dos objetivos do trabalho. Além dos dados em relação à área da bacia, foram delimitadas também as Áreas de Preservação Permanente (APPs) presentes na área de mapeamento do TF. Outras áreas de proteção não foram encontradas na área nos bancos de dados disponíveis, por isso não serão abordadas.

G.1. Delimitação de Bacias

Este processo conta com ferramentas em SIG (Sistema de Informações Geográficas) já consolidadas e em suma, necessita de uma superfície de terreno e um ponto exutório escolhido qualitativamente de modo que drene uma bacia que perfaça o mínimo de 90% da área de estudo, para validar sua representatividade. A Tabela G.1 resume os procedimentos no QGis para delimitação de uma bacia.

Tabela G.1 - Extensões do QGis e produtos relacionados, que, progressivamente, culminam na bacia.

Extensão	Ferramenta	Produto
SAGAGIS	Channel network and drainage basins	Direção de Fluxo
		Conectividade de Fluxo
		Ordem Strahler
		Bacias de Drenagens
		Canais
		Junções
GRASS	r.watershed	Microbacias Hidrográficas
	r.water.outlet	Delimitar bacia da região de interesse

O MDT (Modelo Digital do Terreno) utilizado foi do sensor Palsar 2 do satélite Alos, imageado por radar e com precisão de 12,5 x 12,5 m, obtido na plataforma ASF DAAC NASA fornecido pela JAXA/METI, gerado em 2015. A partir deste obteve-se as drenagens, unidas e agrupadas em bacias. A área ocupada pela bacia aumenta à medida que o ponto exutório é definido mais a jusante, de modo que se finaliza quando esta ocupa mais de 90 % da área de estudo, conforme indica a Figura G.1.

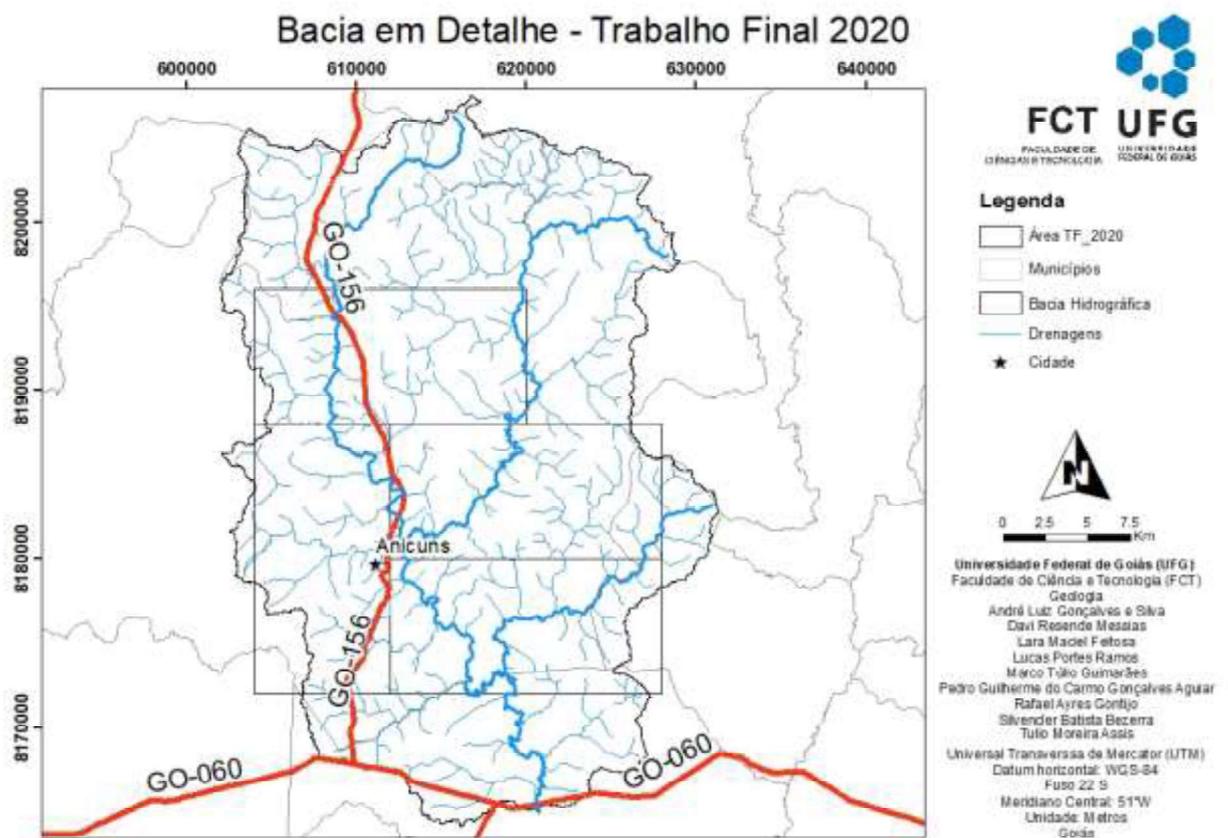


Figura G.1: Bacia hidrográfica delimitada para a área de mapeamento do TF de 2020, com as drenagens que a compõem.

G.2. Estações

Os dados de precipitação e temperatura na bacia foram obtidos a partir de estações específicas. Para precipitação, foram utilizadas cinco (5) estações pluviométricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA). E para temperatura, foram utilizadas três (3) estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O mapa na Figura G.2 apresenta todas as estações utilizadas, onde cada cor representa um tipo de estação.

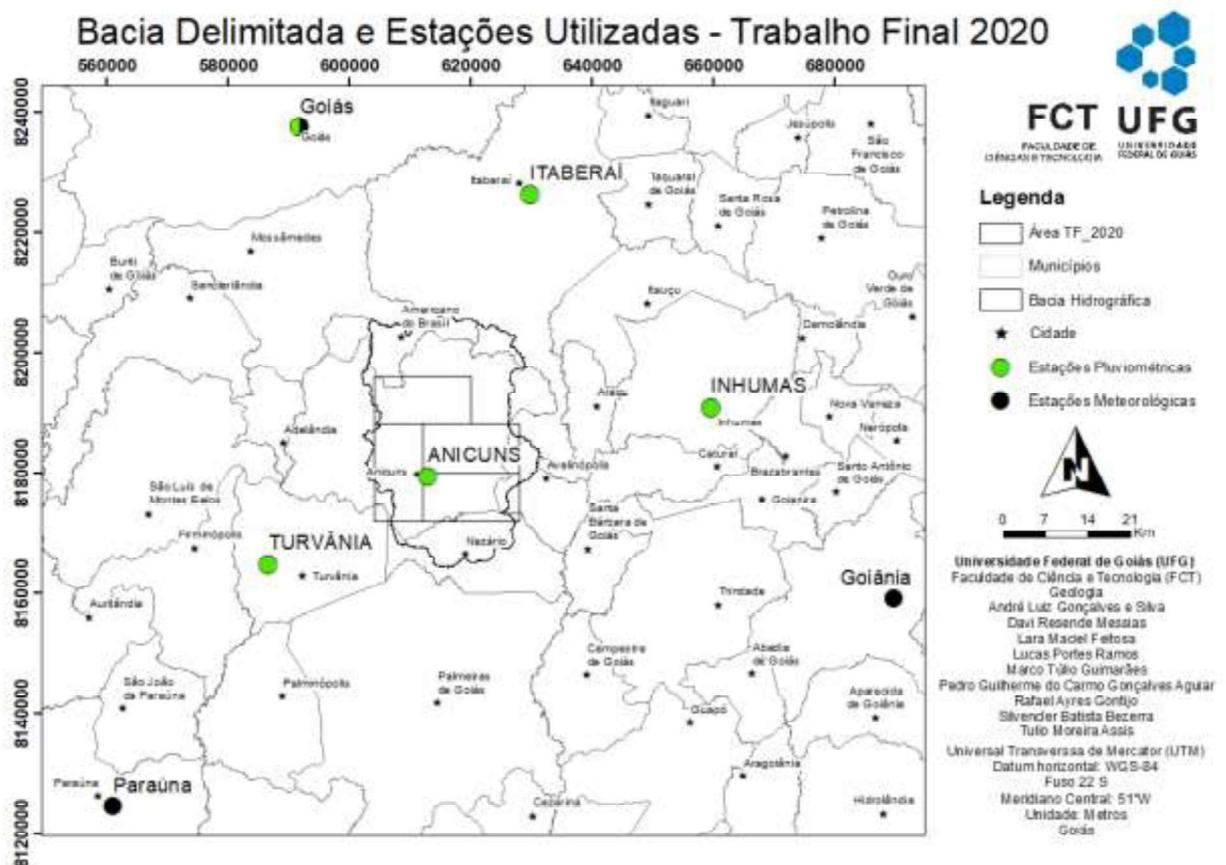


Figura G.2: Localização das estações utilizadas no trabalho, em relação à bacia.

Em preto, as estações meteorológicas e em verde as pluviométricas.

G.3. Precipitação

Uma etapa importante, antes de começar a gerar os produtos de precipitação para a bacia, é fazer o controle de qualidade dos dados das estações pluviométricas. Isso foi feito para todas as cinco estações (Anicuns, Goiás, Inhumas, Itaberaí e Turvânia). Dados de precipitação disponibilizados para uma estação foram comparados com valores calculados a partir dos dados das outras quatro por meio de três métodos: média ponderada usando o inverso da distância; o inverso da distância ao quadrado; e o inverso da distância ao cubo.

Os menores erros foram encontrados para o cálculo utilizando o inverso da distância ao cubo. Por isso, todos os dados ausentes das estações foram calculados utilizando a média ponderada das outras quatro, para a mesma data, usando o inverso da distância ao cubo como fator de ponderação. Ao todo, foram preenchidos 215 dados faltantes.

Uma das maneiras coerentes de observar a precipitação na bacia delimitada é empregar a técnica de polígonos de Thiessen. Esse método poligonaliza a área no entorno de um ponto, no caso as estações, de forma que seus limites são traçados a meia distância dos pontos vizinhos. Dessa forma, é possível reconhecer que a estação com maior influência sobre a área da bacia é a Anicuns, como demonstra a Figura G.3. Por isso, os gráficos de precipitação por tempo, da Figura G.4, foram gerados utilizando dados somente dela.

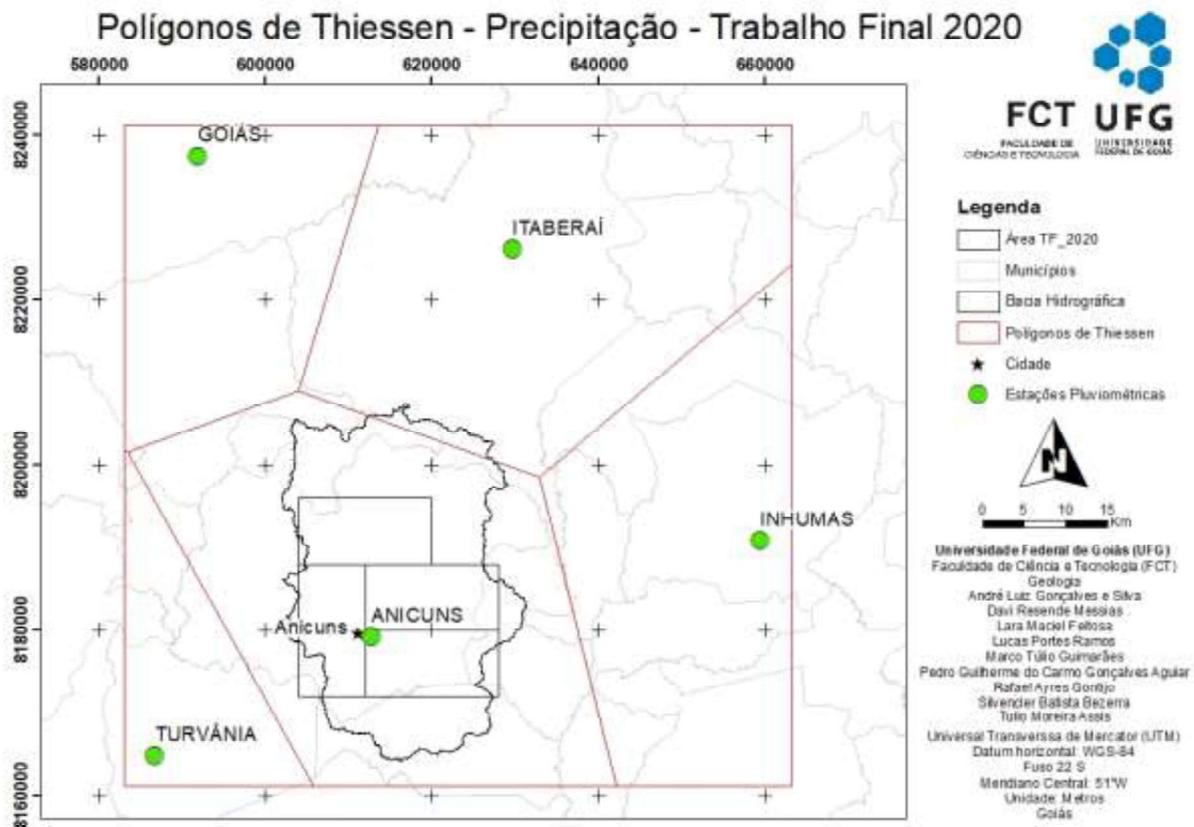


Figura G.3: Polígonos de Thiessen das estações pluviométricas para a bacia delimitada.

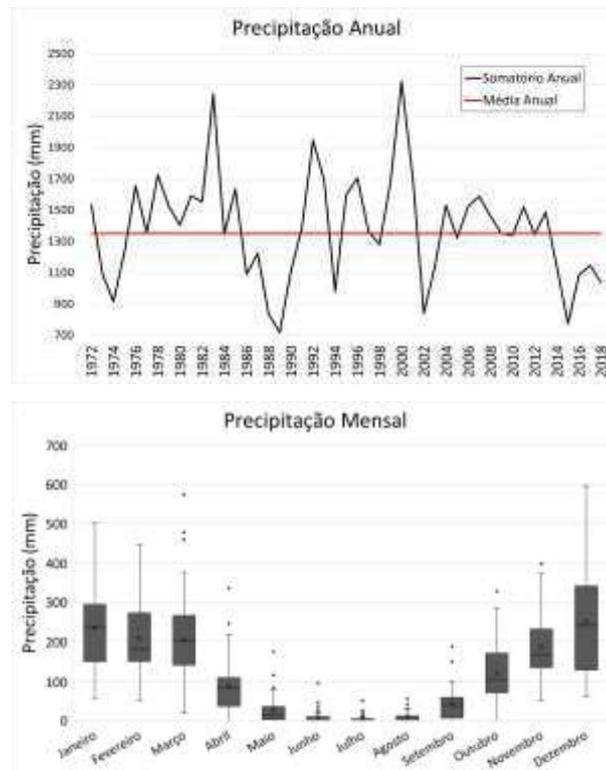


Figura G.4: Gráficos de precipitação da estação pluviométrica de Anicuns. Em A, a precipitação anual, utilizando dados de 1972 a 2018. Em B, a precipitação mensal em Anicuns no mesmo período.

Em uma bacia hidrográfica, é importante conhecer os valores de precipitação em toda sua área para entender como esse fator influencia, junto com o relevo, a variabilidade do comportamento da água na área da bacia. Para alcançar esse objetivo, foram feitos cálculos pontuais em toda a área da bacia, utilizando os valores das estações pluviométricas ponderados pelo inverso da distância ao cubo. Foram utilizadas, para gerar esse produto, as estações Anicuns, Inhumas, Itaberai e Turvânia, localizadas nos municípios homônimos. A estação Goiás não foi utilizada por conter somente dados mais antigos.

Para isso, primeiramente, uma malha de pontos foi feita na área da bacia, com células de 12,5m, para coincidir com a do MDT utilizado. Então, foi feito o cálculo das distâncias entre cada ponto e cada estação pluviométrica. Em seguida, foi calculada uma média anual de precipitação para cada estação, utilizando os dados entre 2000 e 2018. Por fim, a precipitação de cada ponto na área da bacia foi estimada a partir da média ponderada das médias de precipitação das estações,

utilizando o inverso da distância ao cubo como peso. Para ilustrar esses valores, foi gerado então um mapa da precipitação na bacia, incluindo as isoietas (Fig. G.5).

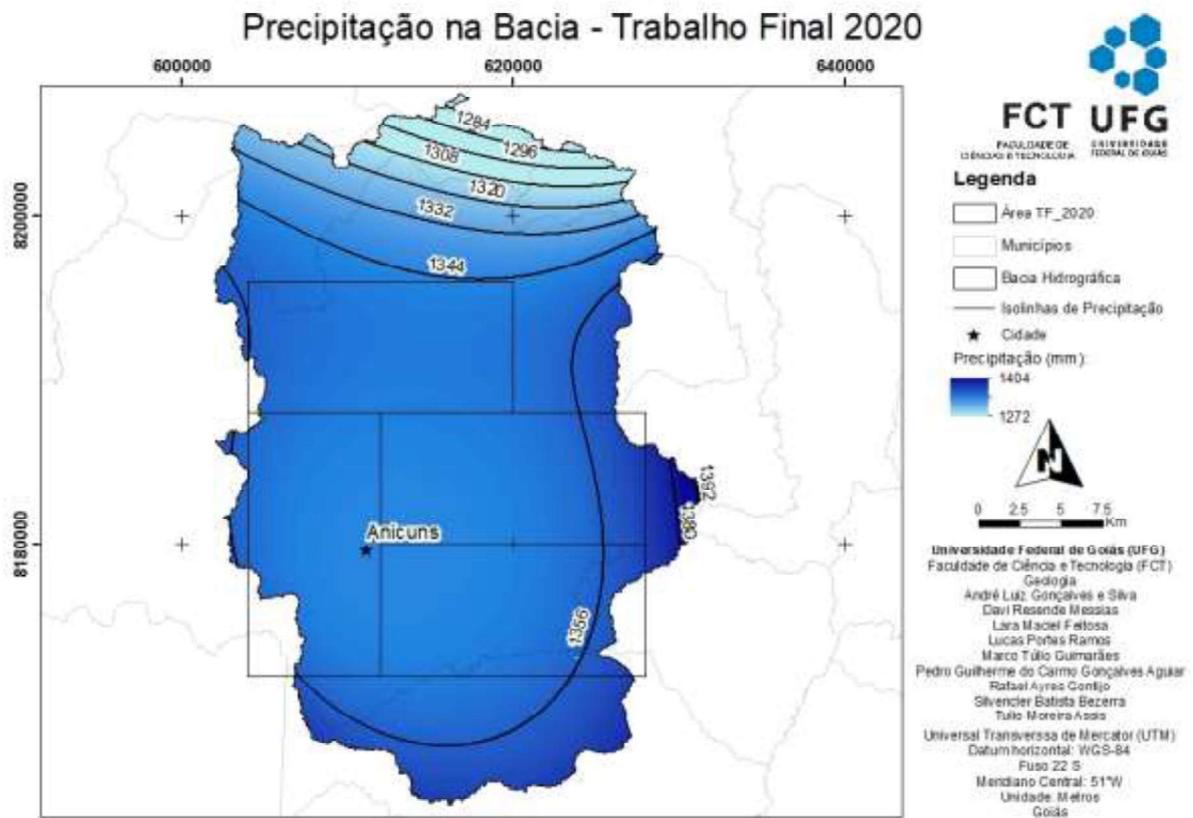


Figura G.5: Mapa de Precipitação média anual calculada para a bacia delimitada, utilizando dados de 2000 a 2018.

G.4. Parâmetros hidrográficos

Diversos parâmetros hidrográficos são necessários para fazer toda a análise hidrográfica da bacia, os quais nem sempre podem ser medidos e/ou coletados. Assim, para obter valores de escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração, umidade do solo e percolação, foi utilizado o GWLF (Generalized Watershed Loading Functions – Haith *et al.*, 1992). Esse modelo usa valores de precipitação, temperatura, uso e tipo de solo para calcular os parâmetros citados.

O cálculo é feito para toda a área e por isso é necessário calcular os valores médios de precipitação e temperatura para o centro geométrico da bacia. Então, para centro geométrico dela foi gerada uma tabela de dados com frequência diária, contendo data, precipitação e temperatura. Foi escolhido um intervalo de 2008 a 2018, devido à falta de dados anteriores de temperatura. Tanto a temperatura quanto a precipitação foram calculadas a partir da média ponderada dos valores

diários das estações, utilizando o inverso da distância ao cubo, do centro geométrico da bacia às estações. Para a precipitação, foram utilizadas as mesmas quatro estações pluviométricas da ANA citadas anteriormente, enquanto para a temperatura foram utilizadas três estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), Goiânia, Paraúna e Goiás, localizadas nos municípios homônimos. Da mesma forma, esses dados passaram por um controle de qualidade, substituindo valores ausentes pela média ponderada dos valores das outras duas estações, utilizando o inverso da distância ao cubo como peso. Ao todo foram gerados 129 valores faltantes.

O modelo GWLF se baseia no método Curve Number (CN) do Serviço de Conservação do Solo Estadunidense (SCS – *Soil Conservation Service*) para a estimativa do escoamento superficial. A infiltração é calculada por balanço de massas e a evapotranspiração pelo GWLF a partir do valor de Evapotranspiração Potencial (EP) da área para o período dormente e para o período de crescimento vegetal. O CN é definido a partir do grupo hidrológico do solo, que se refere à capacidade de escoamento superficial da água de cada tipo de solo, e do uso/cobertura do solo. O grupo do solo foi definido utilizando os trabalhos de Almeida *et al.* (2006) e Haith *et al.* (1992) e o CN então escolhido com base no trabalho de Carvalho (2018), de forma que o valor de CN final para a bacia foi de 53,8. Já a EP dormente e de crescimento foram definidas a partir do tipo de cobertura do solo, tanto vegetal quanto urbana, extraída dos usos do solo, utilizando parâmetros especificados por Haith *et al.* (1992) e os valores finais da área foram 0.35 para a EP dormente e 0.98 para a EP de crescimento. Além disso, para medir o fluxo de base é necessário definir as constantes exponenciais r e s , que representam quanto da percolação vai para o fluxo do rio (r) e quanto infiltra em aquíferos mais profundos (s), como feito em Heringer (2019). A partir dos valores demonstrados no trabalho citado e simulações com diferentes valores, foram estimados um r igual a 0.006 e um s igual a 0.0005 (estimado por uma aproximação de 10% de r).

Com todos esses valores, foram simulados o escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração, umidade do solo, percolação e fluxo de base, a partir

dos quais foram confeccionados gráficos, apresentados na Figura G.6, para melhor analisar o comportamento desses valores ao longo do tempo e entre eles.

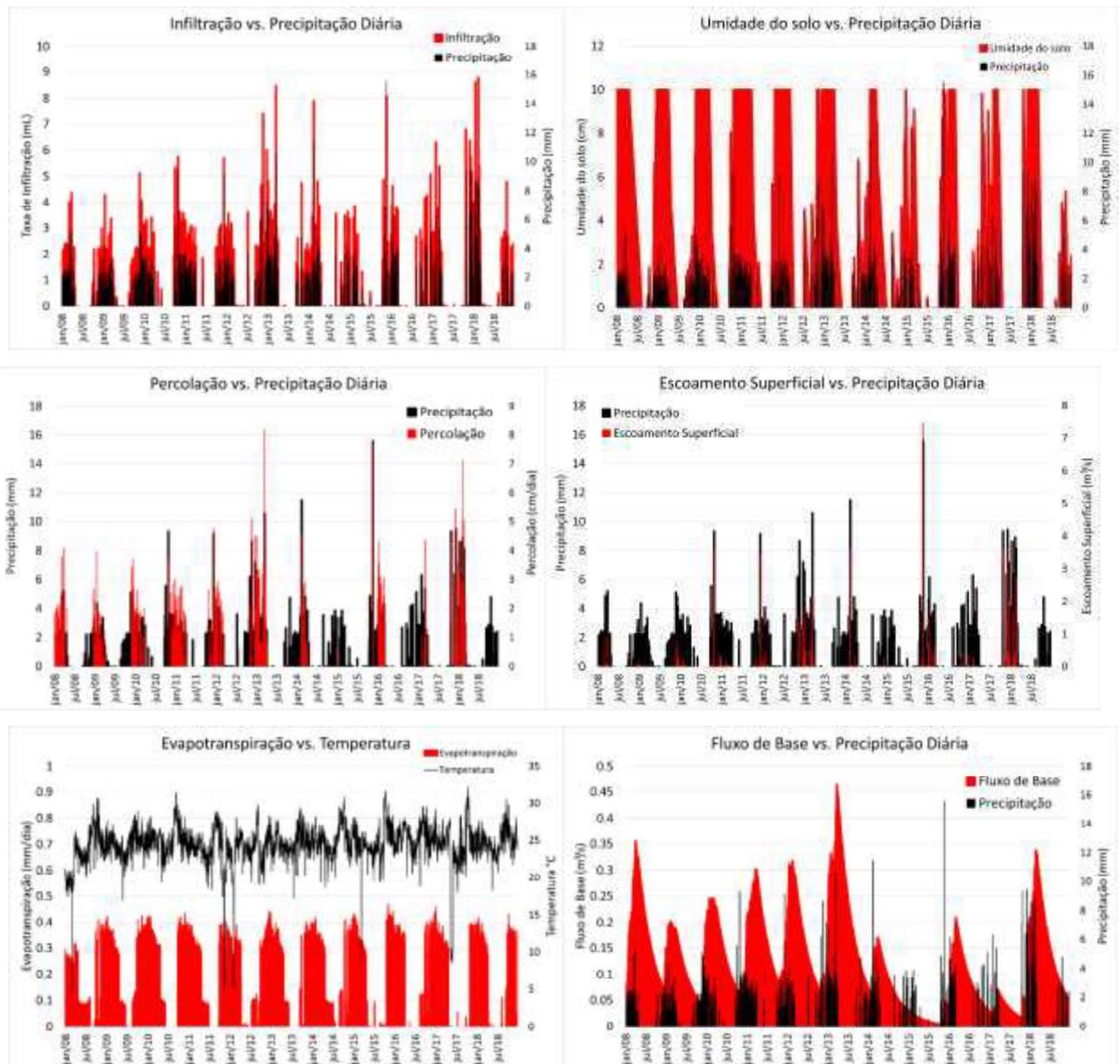


Figura G.6: Gráficos dos parâmetros hidrológicos em relação ao tempo.

G.5. Susceptibilidade a Erosão

A susceptibilidade a erosão é uma característica natural do solo, e é influenciada pela erosividade, relacionada à intensidade e à energia cinética das chuvas, pela erodibilidade, determinada a partir dos fatores químicos e físicos do solo, pela topografia, pela cobertura do solo e pelo manejo do solo (Alvares & Pimenta, 1998; Costa *et al.*, 2005). Com a quantificação desses fatores, é possível estimar a susceptibilidade a erosão de uma área a partir da USLE (*Universal Soil Loss Equation*), uma equação empírica desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Wischmeier & Smith, 1978).

É importante ressaltar que a aplicação da USLE implica em imprecisões, pois ela foi calibrada em experimentos controlados, sem outros fatores como o acúmulo de sedimentos. Dessa forma, os valores de susceptibilidade a erosão devem ser interpretados qualitativamente. A equação da perda de solo é dada por:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Nela, A é a perda de solo (em ton/ha*ano), R é o fator de erosividade da chuva (em MJ*mm/há*h*ano), K é o fator de erodibilidade do solo (em ton*h/MJ*mm), L e S são os fatores topográficos (comprimento de rampa e declividade, respectivamente) e C e P são os fatores de uso do solo (manejo e práticas conservacionistas, respectivamente).

O fator R foi calculado pela equação desenvolvida por Lombardi Neto (1977), que utiliza as médias de precipitação mensal e anual, associadas a constantes que variam de região para região. O cálculo foi feito utilizando as constantes obtidas por Silva *et al.* (1997) para a região de Goiânia, devido à proximidade das áreas estudadas. Assim, o R foi obtido por:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 215,33 + 30,23 * (p_i^2 / p)$$

Tal que p é a média mensal de precipitação, ao longo do tempo estudado e P é a média anual ao longo do tempo estudado e o somatório inclui os doze meses do ano.

Para gerar o mapa do valor de R na bacia, foi feito o cálculo para cada uma das quatro mesmas estações pluviométricas utilizadas na definição da precipitação

apresentada anteriormente, também utilizando os dados de 2000 a 2018. Com esses dados foi feita a interpolação pelo inverso da distância ao cubo.

O valor de K foi obtido dos trabalhos de Marques *et al.* (2003) e Mannigel *et al.* (2002), que apresentam valores de K para vários tipos de solo, incluindo os encontrados na área de estudo. Foi utilizado, para o Cambissolo Háplico Distrófico, K igual a 0.0254 ton*h/MJ*mm, para o Latossolo Vermelho Ácrico, K igual a 0.0172 ton*h/MJ*mm e para o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, K igual a 0.028 ton*h/MJ*mm.

Os fatores L e S foram calculados juntos, pela fórmula de Desmet & Govers (1996), aplicada diretamente ao MDT no *software* QGis pela ferramenta denominada “LS-factor, field based”. E por último os fatores C e P também foram obtidos juntos no trabalho de Lima *et. al.* (2017), que mostra a definição de Baptista (2003) para o fator CP em áreas urbanas, de pastagem, agricultura e vegetação savânica, cujos valores foram associados aos dados de uso do solo apresentados anteriormente. Todas as áreas com “No Data” para uso do solo foram consideradas como pastagem no cálculo, por essa ser a mais abundante na área de estudo.

Por fim, foi feita a multiplicação desses fatores todos e os valores de A na área puderam ser encontrados (Fig. G.7). Eles foram classificados de acordo com Lima *et al.* (2017) e essa classificação para a área pode ser observada na Figura G.8.

Perda de solo na área da bacia - Trabalho Final 2020

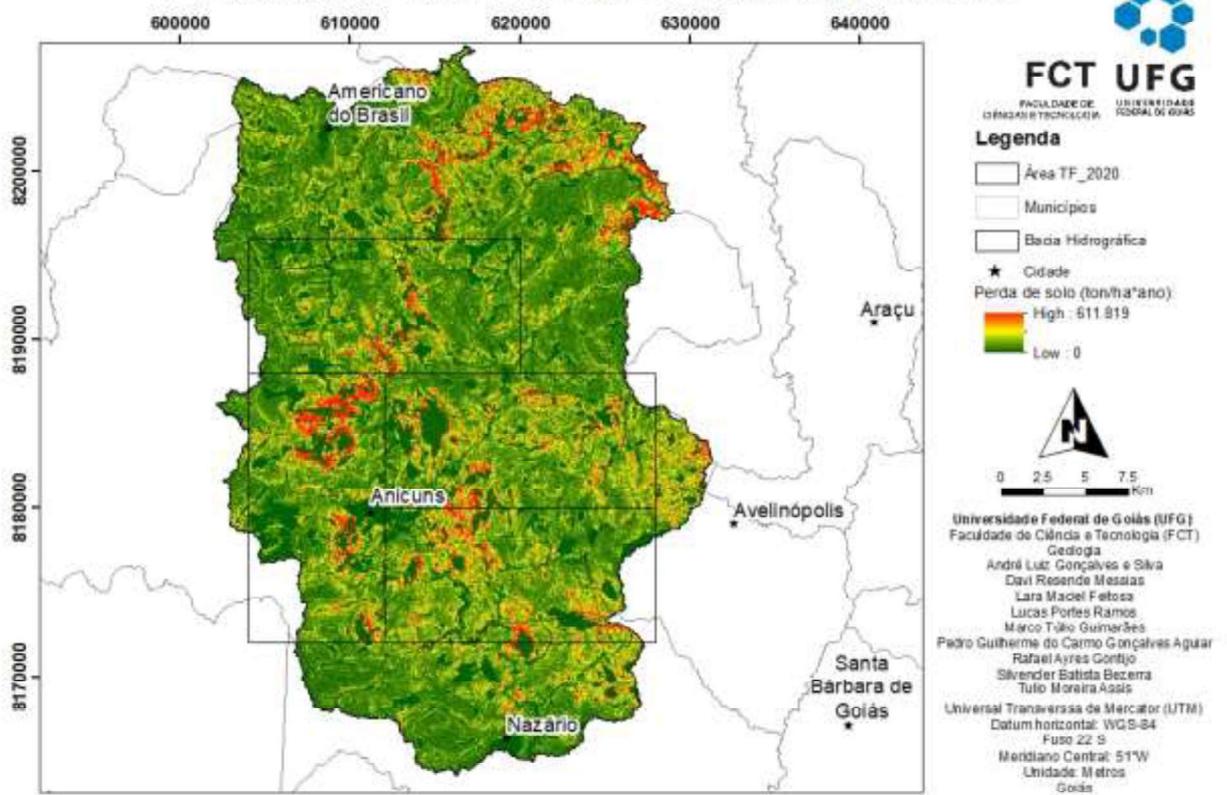


Figura G.7: Mapa da perda de solo por erosão na área de estudo.



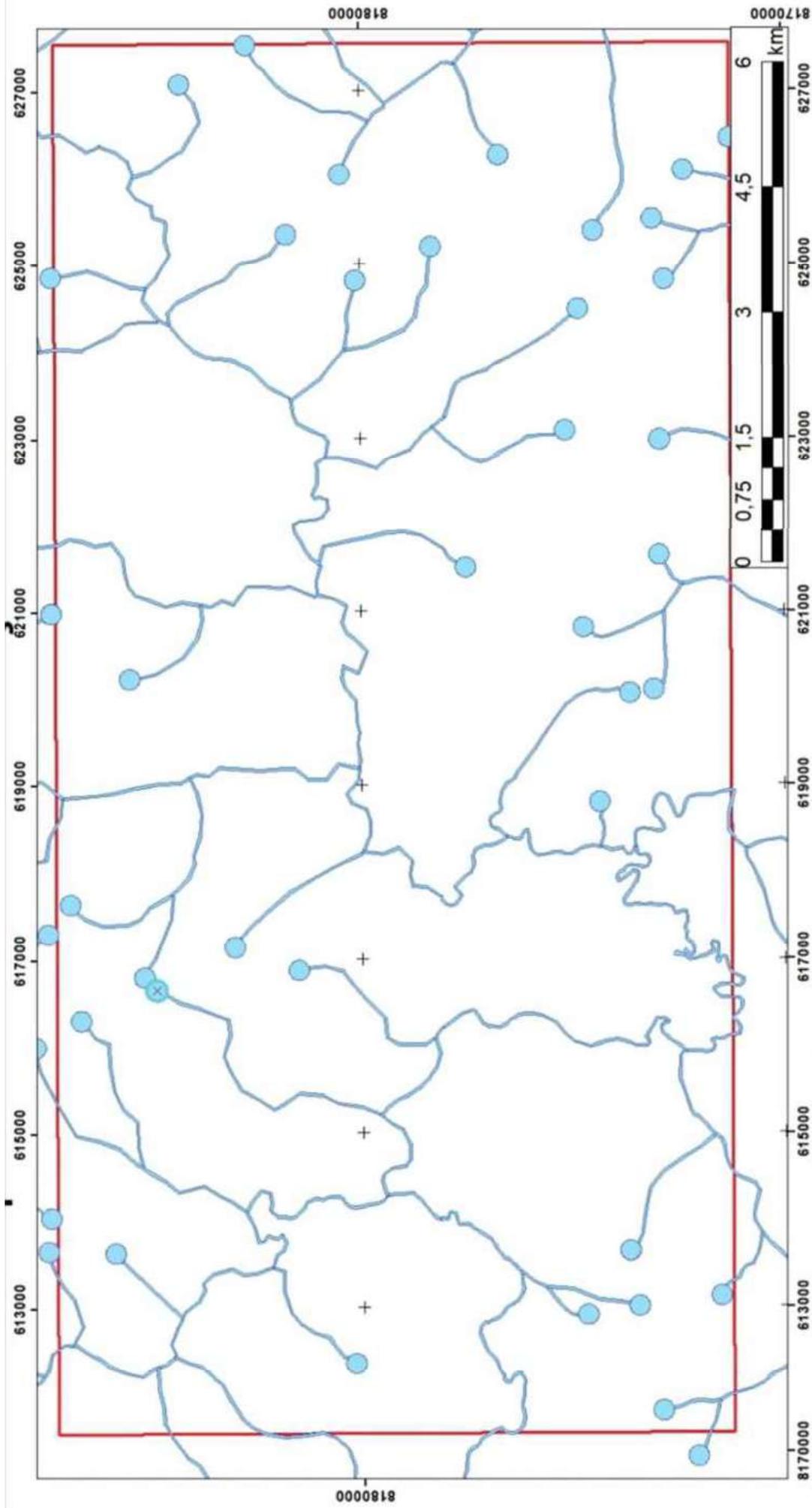
Figura G.8: Mapa de susceptibilidade a erosão na área de estudo.

G.6. Áreas de Preservação Permanente

Área de Preservação Permanente (APP), nos termos da Lei Federal 12.727/12, conhecida como novo Código Florestal, consiste em uma área coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. A delimitação das APPs é fundamental no processo de conservação e recuperação dos recursos naturais (Peluzio *et al.* 2010). A partir da Lei Federal 12.727/12 foram delimitadas as APPs da área de estudo no *software ArcGis 10.6.1*.

G.6.1. Delimitação das APPs de Curso D'Água

A partir do Art. 4º I a) (Lei 12.727/12), considerando que os cursos d'água da área possuem menos que 10m de largura, delimitou-se a princípio as APPs de curso d'água com um *buffer* de 30m. Caso em campo note-se a existência de cursos d'água com largura maior que 10m, um novo mapa de APPs será gerado. O mesmo artigo aponta que nas nascentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m de largura. A partir disto foi criado um shape de pontos para identificação das nascentes das drenagens previamente extraídas e por fim o *buffer* de 50m.



Legenda

- Área de Preservação Permanente
- Área 3
- Nascentes

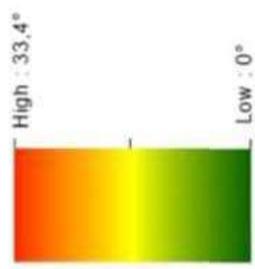
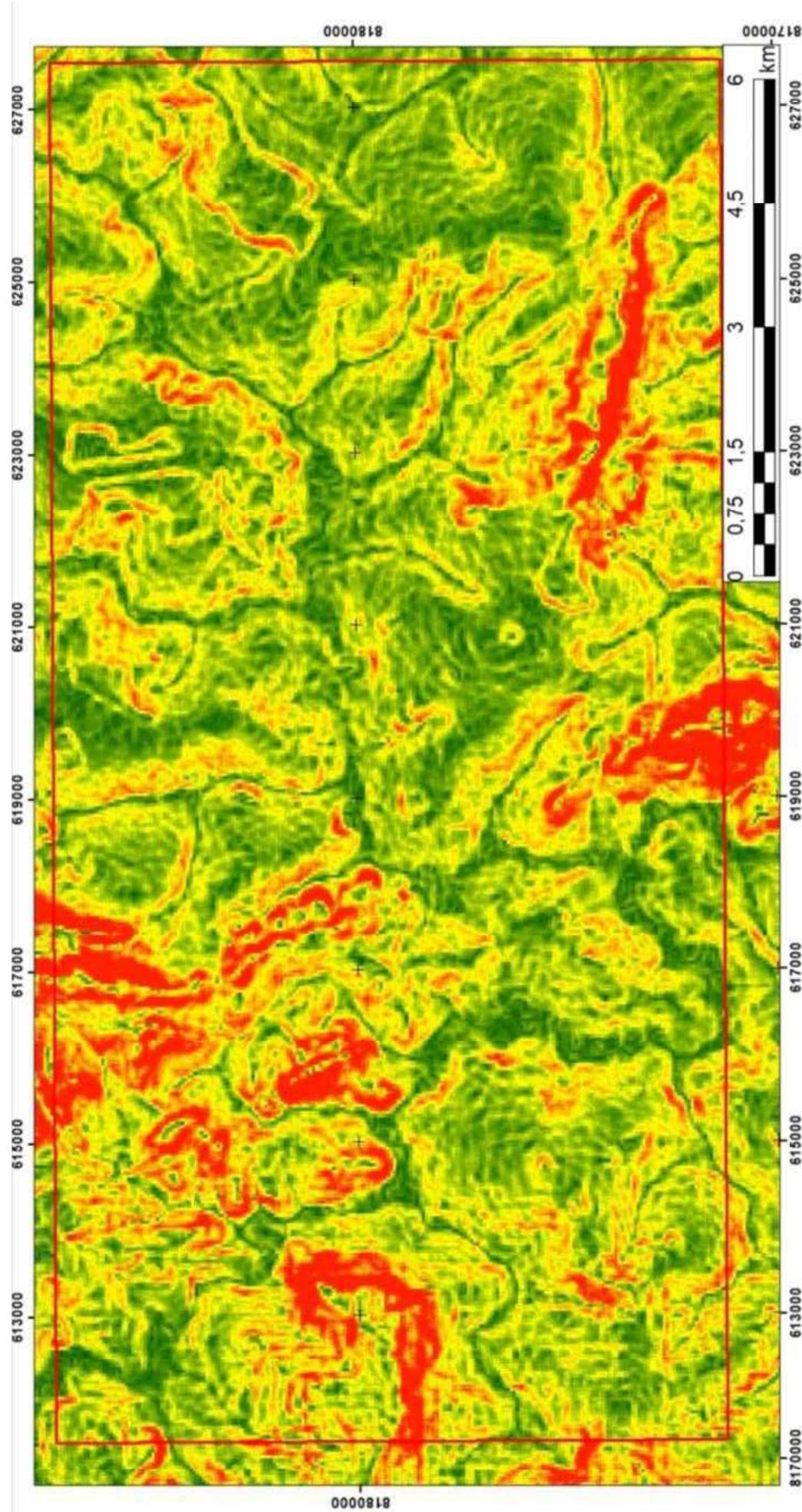
Buffer de Drenagem: 30m
 Buffer de Nascente: 50m

SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
 DATUM WGS84
 PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
 ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

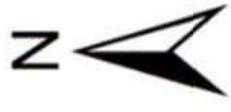


G.6.2. Delimitação das APPs de Declividade (Encostas) e Topo de Morro

O Art. 4º V do novo Código Florestal, prevê APPs para encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive. A partir de de imagens SRTM baixadas do banco de dados USGS (The United States Geological Survey), observou-se, como mostra o mapa a seguir, que na área de estudo não há encostas com declive >45°, tornando dispensável a delimitação de APPs.



APP Encosta



SISTEMA DE COORDENADAS CARTOGRÁFICAS
DATUM WGS84
PROJEÇÃO UTM ZONA 22S
ELABORAÇÃO: AGUIAR, P.G.C.G., GONTIJO, R.A.

APÊNDICE H: TABELA DE PONTOS

PONTO	X	Y	Z	TIPO	LITOLOGIA
20TF03_001	624242	8174733	715	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_002	626268	8177002	733	SOLO	GRANULITO
20TF03_003	626256	8177872	728	SOLO	GRANULITO
20TF03_004	627209	8177087	719	SOLO	GRANULITO
20TF03_005	628358	8177723	769	SOLO	GRANULITO
20TF03_006	629195	8177332	764	BLOCO ROLADO	MAGNETITO
20TF03_007	629216	8177119	749	SOLO	GRANULITO
20TF03_008	627935	8178169	769	SOLO	GRANULITO
20TF03_009	626016	8175487	758	SOLO	GRANULITO
20TF03_010	627353	8175754	700	SOLO	GRANULITO
20TF03_011	626865	8175188	731	SOLO	GRANULITO
20TF03_012	626142	8174400	764	BLOCO ROLADO	MICA XISTO
20TF03_013	627663	8174996	701	BLOCO ROLADO	MAGNETITO
20TF03_014	627592	8175182	682	SOLO	GRANULITO
20TF03_015	627614	8175124	680	SOLO	GRANULITO
20TF03_016	627625	8175083	685	SOLO	GRANULITO
20TF03_018	629438	8173497	804	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_019	629423	8173582	801	SOLO	GRANULITO
20TF03_020	629553	8173856	769	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_021	628312	8174458	683	AFLORAMENTO	ORTOGRANULITO
20TF03_022	628305	8174380	685	AFLORAMENTO	ANFIBOLITO
20TF03_023	621933	8179505	683	AFLORAMENTO	VEIO DE QUARTZO
20TF03_024	622088	8179249	658	AFLORAMENTO	CALCIOSILICATADA
20TF03_025	621924	8179142	659	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_026	621636	8179068	656	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_027	621531	8178357	658	BLOCO IN SITU	PARAGRANULITO
20TF03_028	621465	8178278	660	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_029	621563	8177857	651	BLOCO ROLADO	PARAGRANULITO
20TF03_030	621749	8177679	655	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_031	621742	8177432	658	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_032	621768	8177340	628	SOLO	PARAGRANULITO
20TF03_033	621870	8177283	669	AFLORAMENTO	PARAGRANULITO
20TF03_034	621899	8176898	651	BLOCO ROLADO	PARAGRANULITO
20TF03_035	621249	8176978	656	AFLORAMENTO	VEIO DE QUARTZO
20TF03_036	617220	8175959	682	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_037	617117	8176036	684	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_038	617123	8176146	687	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_039	617160	8175176	655	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_040	618694	8173898	618	SOLO	MS XISTO
20TF03_041	619070	8174154	659	AFLORAMENTO	QUARTZITO FERRUGINOSO

20TF03_042	619154	8174002	668	BLOCO ROLADO	QUARTZITO FERRUGINOSO
20TF03_043	619206	8174022	679	BLOCO ROLADO	BÁSICA-ULTRABÁSICA
20TF03_044	619325	8174016	704	BLOCO ROLADO	XISTO GRAFITOSO
20TF03_045	619441	8173920	711	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_046	619446	8173906	682	BLOCO IN SITU	BÁSICA-ULTRABÁSICA
20TF03_047	619445	8173889	678	BLOCO IN SITU	ORTOGNAISSE
20TF03_048	619518	8173874	670	BLOCO IN SITU	MICA XISTO
20TF03_049	619621	8173779	693	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_050	619623	8173795	688	AFLORAMENTO	MÁRMORE
20TF03_051	620204	8173221	688	BLOCO ROLADO	QUARTZITO
20TF03_052	619916	8173669	695	BLOCO IN SITU	VEIO DE QUARTZO
20TF03_053	627800	8181081	709	BLOCO ROLADO	QUARTZITO FERRUGINOSO
20TF03_054	627564	8180971	699	BLOCO IN SITU	TLC XISTO
20TF03_055	627814	8180839	721	AFLORAMENTO	SERPENTINITO
20TF03_056	627462	8181021	660	AFLORAMENTO	TREMOLITITO
20TF03_057	627255	8180640	687	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_058	627088	8180631	697	BLOCO ROLADO	TREMOLITITO
20TF03_059	627029	8180505	701	BLOCO IN SITU	TLC XISTO
20TF03_060	626949	8180404	696	AFLORAMENTO	TLC XISTO
20TF03_061	626931	8180341	686	SOLO	ORTOGRANULITO
20TF03_062	627076	8179875	701	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_063	626742	8179629	680	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_064	626552	8179120	674	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_065	626767	8179070	668	BLOCO IN SITU	VEIO DE QUARTZO
20TF03_066	626388	8178685	693	BLOCO IN SITU	LATERITA
20TF03_067	625853	8178729	669	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_068	625316	8178339	667	AFLORAMENTO	LATERITA
20TF03_069	624252	8177625	634	SOLO	GRANULITO
20TF03_070	623935	8177186	663	BLOCO ROLADO	ORTOGNAISSE
20TF03_071	623604	8176758	664	AFLORAMENTO	ORTOGNAISSE
20TF03_073	624187	8174932	675	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_074	612410	8178087	683	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_075	622749	8174556	754	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_076	622646	8175048	739	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_077	622946	8174144	765	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_078	624071	8173722	807	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_079	623259	8174126	768	SOLO	MICA XISTO
20TF03_080	622563	8173883	722	BLOCO IN SITU	LATERITA
20TF03_081	622968	8173807	771	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_082	623309	8173487	780	SOLO	MICA XISTO
20TF03_083	623688	8173256	766	SOLO	QUARTZITO
20TF03_084	623743	8173234	761	SOLO	MICA XISTO
20TF03_085	623525	8173358	773	SOLO	QUARTZITO

20TF03_086	623380	8173443	787	SOLO	MICA XISTO
20TF03_087	623124	8173595	775	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_088	623083	8173665	779	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_089	613940	8174146	650	SOLO	MS XISTO
20TF03_090	613979	8174054	661	BLOCO ROLADO	GRANITO CREOULOS
20TF03_091	613953	8173669	716	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_092	613923	8173659	715	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_093	613951	8173412	713	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_094	613911	8173108	692	BLOCO IN SITU	GRANITO CREOULOS
20TF03_095	613704	8173048	726	BLOCO IN SITU	QUARTZITO
20TF03_096	612307	8173021	739	BLOCO IN SITU	QUARTZITO
20TF03_097	612311	8173318	745	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_098	612746	8174170	693	BLOCO ROLADO	QUARTZITO
20TF03_099	612442	8174227	678	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_100	612289	8174866	682	SOLO	MICA XISTO
20TF03_101	611788	8175383	635	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_102	613474	8174362	672	BLOCO ROLADO	QUARTZITO
20TF03_103	613550	8174119	666	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_104	613300	8173386	707	SOLO	GRANITO CREOULOS
20TF03_105	613555	8172316	657	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_106	614169	8174496	651	SOLO	MICA XISTO
20TF03_107	614582	8175617	637	AFLORAMENTO	ANFIBOLITO
20TF03_108	614312	8175946	671	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_109	614284	8176968	663	AFLORAMENTO	GRANITO CREOULOS
20TF03_110	614438	8177931	647	SOLO	QUARTZITO
20TF03_111	614544	8177950	617	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_112	615470	8177943	719	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_113	615736	8177935	678	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_114	618101	8175509	673	BLOCO ROLADO	QUARTZITO FERRUGINOSO
20TF03_115	618076	8179823	757	BLOCO IN SITU	MICA XISTO
20TF03_116	618029	8179845	788	BLOCO IN SITU	BÁSICA-ULTRABÁSICA
20TF03_117	617967	8179873	815	AFLORAMENTO	BÁSICA-ULTRABÁSICA
20TF03_118	617824	8179891	811	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_119	617724	8179880	802	AFLORAMENTO	MÁRMORE
20TF03_120	617734	8179845	800	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_121	617608	8179930	806	AFLORAMENTO	GOSSAN DE Mn
20TF03_122	617634	8179990	801	AFLORAMENTO	MICA XISTO
20TF03_123	617548	8179781	844	AFLORAMENTO	QTZ XISTO
20TF03_124	617433	8179809	859	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_125	617920	8179793	851	BLOCO IN SITU	BÁSICA-ULTRABÁSICA
20TF03_126	617223	8179826	839	BLOCO IN SITU	TLC XISTO
20TF03_127	616835	8179903	797	AFLORAMENTO	QUARTZITO
20TF03_128	616654	8179814	792	AFLORAMENTO	BÁSICA-ULTRABÁSICA

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **2020TF03_021B**

Petrógrafo

Rafael Ayres Gontijo

Nº Ponto: 021

Grupo: **Grupo 3**

Data: 02/10/2021

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Não se aplica

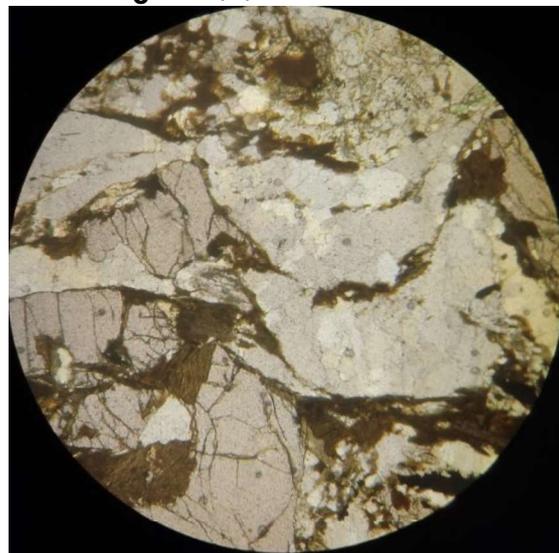
Índice de cor:

Não se aplica

Estrutura:

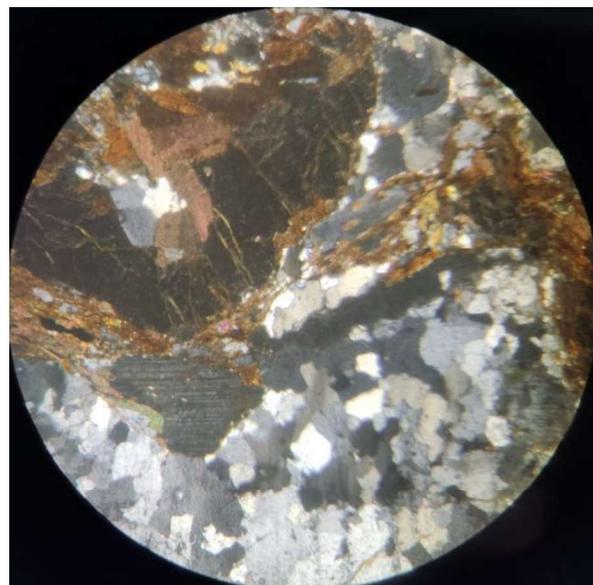
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), luz transmitida, a foto retrata a foliação principal e a mesma dobrando e formando sigmóides devido a minerais maiores como a granada.

Fotomicrografia (B)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), em NX, mostra as inclusões na granada já que o mineral é isotrópico, os minerais inclusos não seguem a orientação geral da foliação.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

Possui textura geral granolepidoblástica, também possui textura porfiroblástica marcada pelas granadas.

Descrição estrutural:

Possui xistosidade penetrativa marcada pela Bt, feições sigmoidais e uma leve crenulação.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Quartzo	45	Essencial
Biotita	30	Essencial
Plagioclásio	12	Essencial
Epidoto	10	Essencial
Granada	3	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Qtz – mineral incolor, devido a morfologia do grão não é possível distinguir o tamanho, anédricos, relevo baixo, extinção ondulante a oblíqua, possui contato suturado à lobular. Apresenta feições de recristalização do tipo migração de borda de grão.

Bt – mineral de coloração marrom, com comprimento até 1 mm e disperso na amostra, marrom, sem

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

pleocroísmo, relevo baixo, clivagem em uma direção, extinção reta a mosqueada, marca bem a foliação Sn. Está sendo substituída por óxidos de ferro em parte da amostra, em contato planar com os demais minerais.

Plg – mineral cinza a incolor, em contato irregular por vezes planar com demais minerais, de hábito prismático, relevo baixo, anédrico a subédrico, com tamanho de até 1,2 mm, com macla segundo lei da albita, extinção oblíqua.

Grt: mineral de coloração rosa, hábito dodecaédrico, isométrico, de tamanho de 1,5 mm, ocorrendo disperso na amostra, anédrico a subédrico em relação de contato irregular por vezes planar, apresenta-se rotacionada. Possui minerais inclusos que não apresentam a direção de S, sendo mais uma evidencia de rotação.

Epidoto – mineral verde claro, pleocroísmo fraco (de verde a rosa), geralmente está granular, mas ocorre como prisma curtos, uma direção de clivagem, birrefringência alta, ocorre disperso pela amostra em contato planar a irregular.

Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.		Sn-1	Sn	Sn+1		Sn+2	
Qtz	-----						
Ms	-----						
Bt	-----						
Grt	-----						
Ep	-----						

Nome Rocha:

Sil-Grt-Ms-Bt xisto

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Anfibolito

Protólito (Rochas Metamórficas):

Pelito arenoso

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **20TF03_21D**

Nº Ponto: 021D

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo:

Grupo: **Grupo 3**

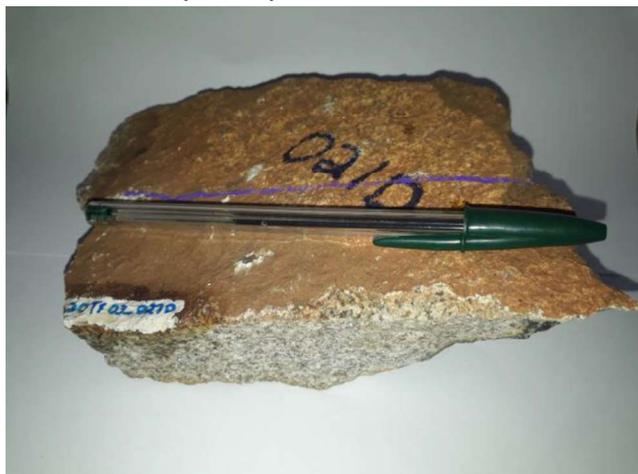
Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Pedro Guilherme do Carmo G. Aguiar

Data: 02/10/2021

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Amostra proveniente de um corpo intrusivo correlato ao Sn+2, lépido-granoblástica

Grau de visibilidade:

Fanerítica

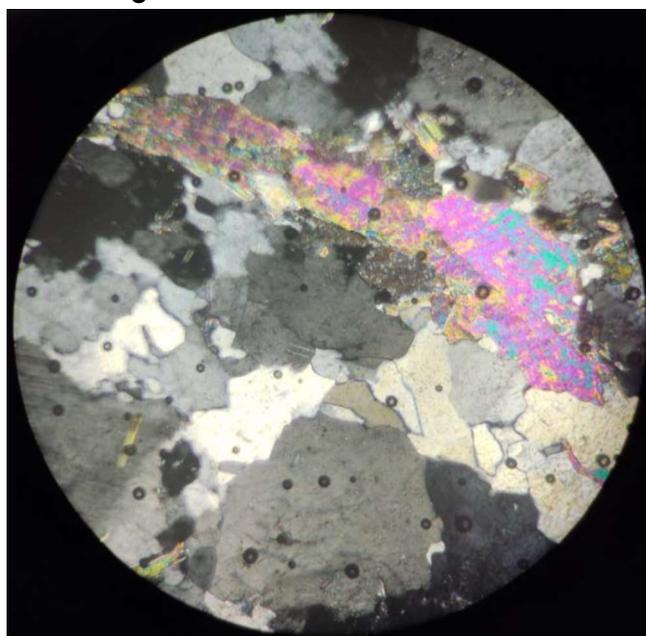
Índice de cor:

Leucocrática

Estrutura:

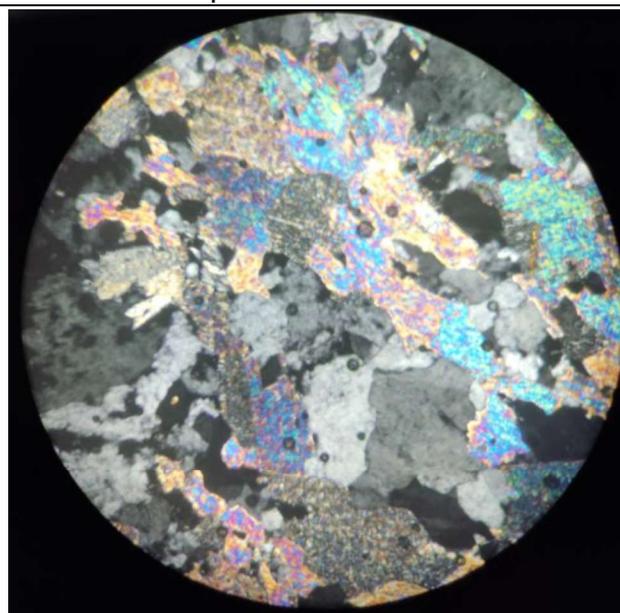
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), nicóis cruzados

Fotomicrografia (B)



Legenda:Objetiva de 5x (4mm de diâmetro) à nicóis cruzados, evidenciando saussuritização dos grãos de plagioclásio.

Grau de cristalinidade:

Holocrystalina

Descrição textural:

A rocha apresenta textura grano-lepidoblástica

Descrição estrutural:

Existe orientação preferencial marcado pelos grãos de quartzo em formato de *ribbons*, sendo esse Ln 15/110 (Informação de campo) coincidente com o Sn+2

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Porfírica

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Quartzo	40	Essencial
Plagioclásio	20	Essencial
K-feldspato	25	Essencial
Mica (Ms e Bt)	10	Secundário
Epidoto	5	Secundário

Descrição das relações entre os minerais:

Quartzo: apresenta-se como grãos anédricos a subédricos formando *ribbons*, com extinção ondulante muito forte e principalmente apresenta migração de borda de grãos evidenciando um processo de recristalização, apresenta contato mais suturado com os grãos de Pl e Kf

Plagioclásio: apresenta-se em grãos anédricos a subédricos sendo saussuritizado (evidencia de retrometamorfismo), pela lei de Michel-Levy trata-se de Labradorita, este está bem espalhado na amostra com contatos mais decussados com os grãos de mica e epidoto.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Micas: apresenta-se na forma de cristais euédrico, menos comum sendo concentrado em uma porção única da amostra

Feldspato: apresenta textura gráfica, tem contato suturado com os grãos de Pl.

Epidoto: cristais anédricos em contato com grãos de Pl, variando desde grãos milimétricos até micrométricos (nas bordas entre grãos de Pl) não apresentam direção preferencial, formaram-se pela percolação de fluido que aproveitou as aberturas ocasionadas pelas etapas de deformação.

Evolução paragenética

Min. Abrev.	Sn	Sn+1	Sn+2
Qtz	-----		
Pl	-----		
Kf	-----		
Mica	-----		
Ep		-----	-----

Nome Rocha:

Ms-Bt-Ep Monzogranito

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Xisto Verde

Protólito:

Monzogranito.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **20TF03_024**

Nº Ponto: 024

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo:

Grupo: **Grupo 3**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Pedro Guilherme do Carmo G. Aguiar

Data: 03/10/2021

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Subfanerítica

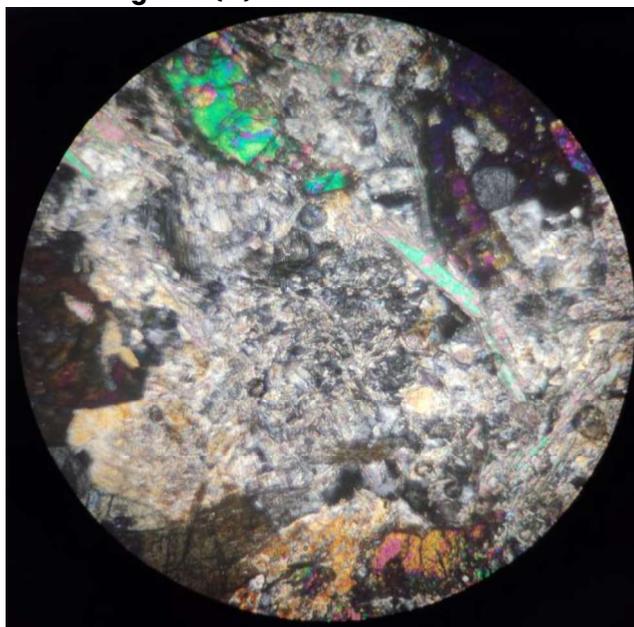
Índice de cor:

Leucocrática

Estrutura:

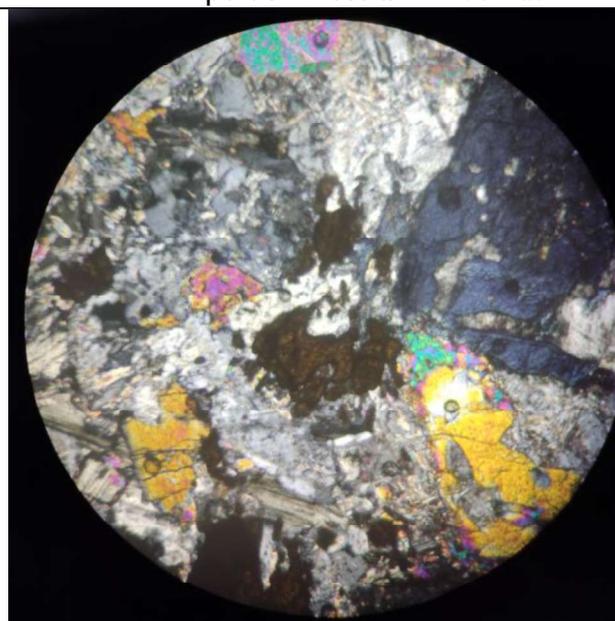
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), apresentando a sericitização dos grãos de Pl.

Fotomicrografia (B)



Legenda:Objetiva de 5x (4mm de diâmetro) evidenciando a assembléia mineral.

Grau de cristalinidade:

Não se aplica

Descrição textural:

Granoblástica

Descrição estrutural:

A rocha não apresenta orientação preferencial dos minerais.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Porfíritica

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Plagioclásio	38	Essencial
Microclínio	15	Essencial
Quartzo	10	Secundário
Muscovita	10	Secundário
Epidoto	25	Essencial
Clinopiroxênio	2	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Plagioclásio: grãos euédricos a subédricos, sendo saussuritizado formando grãos anédricos de epidoto, juntamente com processo de sericitização da mesma forma acontece com os grãos de microclínio, alguns grãos apresentam contato geométrico com os grãos de microclínio e muscovita, pela lei de Michel-Levy é bytownita e anortita.

Microclínio: cristais reliquias a esqueléticos sendo sericitizado e saussuritizando, as bordas são angulares.

Qtz: Cristais anédricos com forte extinção ondulante, contato geométrico juntamente com migração de borda de grãos com outros quartzos e microclínio.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Ms e Bt: grãos euédricos, apresentando cloritização e sericitização, não apresentam direção preferencial.

Epidoto: Grãos anédricos de coloração amarelado a nicóis cruzados, com contato de migração de borda de grãos com os plagioclásios.

Clinopiroxênio: Alguns grãos esparsos na amostra, esqueletais cercado por sericita.

Evolução paragenética

Min. Abrev.	Sn	Sn+1	Sn+2
Pl	-----		
Mcl	-----		
Qtz	-----		
Ms	-----		
Bt	-----		
Ep		-----	
Src			-----
Cpx	-----		

Nome Rocha:

Metagranito

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Xisto-Verde

Protólito:

Granito

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **2020TF03_026**

Petrógrafo

Rafael Ayres Gontijo

Nº Ponto: 026

Grupo: **Grupo 3**

Data: 02/10/2021

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Não se aplica

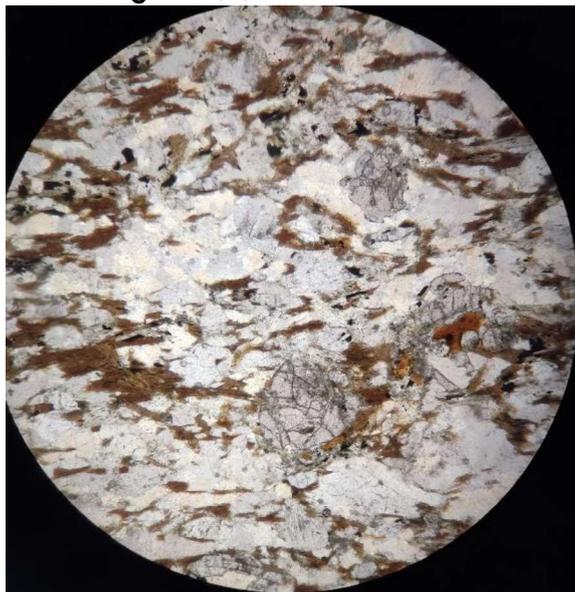
Índice de cor:

Não se aplica

Estrutura:

Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), luz transmitida, a foto retrata a foliação principal e a granadas.

Fotomicrografia (B)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), em NX, a foto retrata a foliação principal e os minerais lamelares e prismáticos orientados.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

textura granolepidoblástica

Descrição estrutural:

Possui xistosidade penetrativa marcada pela Ms e Bt, e feições sigmoidais.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Quartzo	45	Essencial
Biotita	20	Essencial
Plagioclásio	12	Essencial
Muscovita	10	Essencial
Granada	10	Essencial
Sillimanita	3	Essencial

Descrição das relações entre os minerais:

Qtz – mineral incolor, devido a morfologia do grão não é possível distinguir o tamanho, anédricos, relevo baixo, extinção ondulante a oblíqua, possui contato suturado à lobular. Apresenta feições de recristalização do tipo migração de borda de grão.

Bt – mineral de coloração marrom, com comprimento entre 0,5 e 1 mm e disperso na amostra, marrom, sem

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

pleocroísmo, relevo baixo, clivagem em uma direção, extinção, marca bem a foliação S_n , e por vezes. Está sendo substituída por óxidos de ferro em parte da amostra, em contato planar.

Ms – mineral transparente a verde pálido, com comprimento variando de 0,5 a 2 mm, relevo baixo a moderado, clivagem em uma direção, extinção mosqueada. Ocorre em lamelas e disperso na amostra, marca as fases de deformação como S_n e ocorre em contato planar.

Plg – mineral cinza a incolor, em contato irregular com demais minerais, de hábito prismático, anédrico, com tamanho de 0,5 mm, com macla segundo lei da albita, extinção oblíqua ($3-39^\circ$).

Grt: mineral de coloração rosa, hábito dodecaédrico, isométrico, de tamanho de 1,5 mm, ocorrendo disperso na amostra, anédrico a subédrico em relação de contato irregular por vezes planar, ocorre inclusões que não estão na mesma orientação indica que a mesma ocorreu entre duas fases de deformação, apresenta zonação e rotacionada.

Sil – mineral cinza, hábito prismático, subédrico, possui relação de contato planar com os demais minerais, extinção reta, esta orientado segundo a foliação.

Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.	S_{n-1}	S_n	S_{n+1}	S_{n+2}
Qtz	-----			
Ms	-----			
Bt	-----			
Grt	-----			
Sil	-----			

Nome Rocha:

Sil-Grt-Ms-Bt-Qtz xisto

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Anfibolito

Protólito (Rochas Metamórficas):

Pelito arenoso

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **20TF03_055**

Nº Ponto: 055

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo:

Grupo: **Grupo 3**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Pedro Guilherme do Carmo G. Aguiar

Data: 03/10/2021

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Afanítica

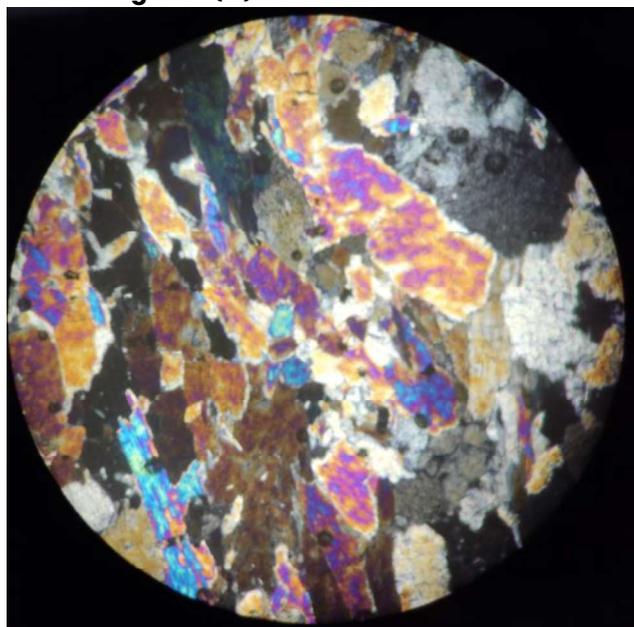
Índice de cor:

Ultramelanocrática

Estrutura:

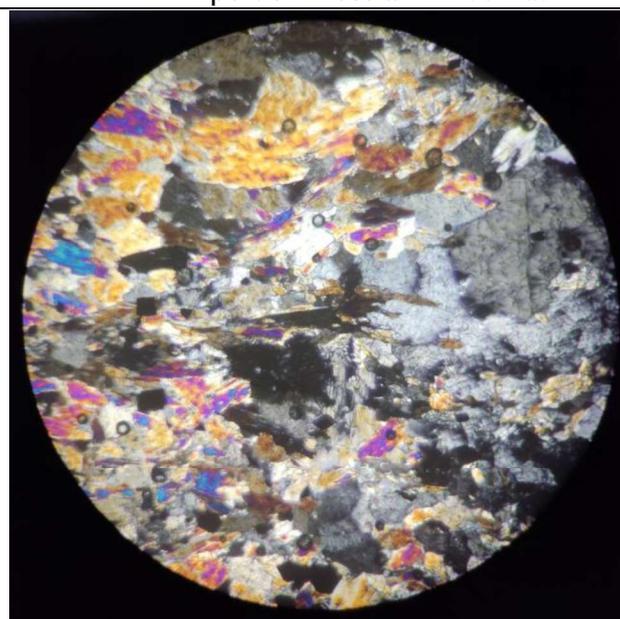
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Fotomicrografia (B)



Legenda:Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

A rocha apresenta textura nematoblástica

Descrição estrutural:

A rocha não apresenta orientação preferencial dos minerais e xistosidade.

Granulação/granulometria:

Fina

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Tremolita	80	Essencial
Plagioclásio	12	Essencial
Serpentina	3	Acessório
Magnetita	5	Secundário

Descrição das relações entre os minerais:

Tremolita: cristais subédricos a anédricos com tamanho variando de 8 a 2mm, com contato irregular entre os grãos, apresentando padrão de lineamento.
Magnetita: minerais opacos de formato octaédrico, fortemente magnéticos.

Plagioclásio: presença de cristais subédricos a anédricos muito alterados, formando argilominerais muito finos.

Serpentina: Serpentina muito fina fruto da alteração dos cristais de tremolita

Evolução paragenética

Min. Abrev.	Sn	Sn+1	Sn+2
Tr	-----		
Pl	-----		
Srp		-----	
Mt	-----		

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Nome Rocha:

Tremolita serpentinito

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Xisto Verde

Protólito:

Rocha ultramáfica.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **2020TF03_077**

Petrógrafo

Rafael Ayres Gontijo

Nº Ponto: 202

Grupo: **Grupo 3**

Data: 02/10/2021

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Não se aplica

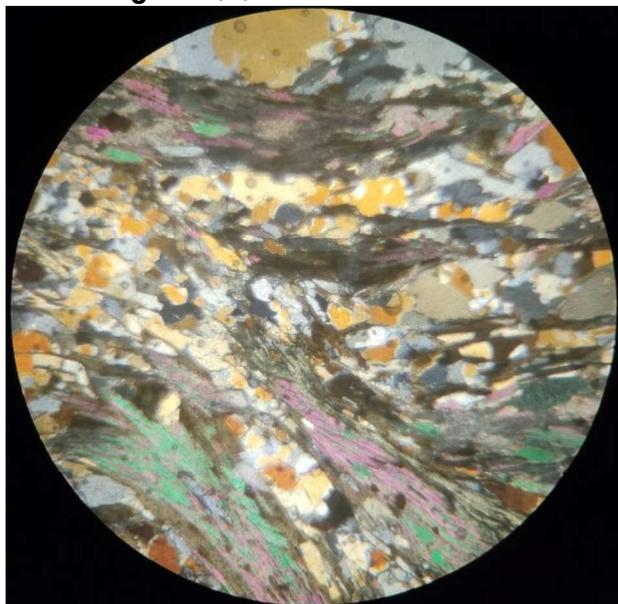
Índice de cor:

Não se aplica

Estrutura:

Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), em Nx, a foto retrata a foliação principal e o mica fish.

Fotomicrografia (B)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), luz transmitida, a foto retrata a foliação principal e um exemplo de dobra intrafoliar.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

textura granolepidoblástica

Descrição estrutural:

Possui xistosidade penetrativa marcada pela Ms e Bt, crenulação marcada pelas micas, dobras intrafoliares, mica fish e feições sigmoidais, além de início de desenvolvimento de foliação S-C.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Quartzo	45	Essencial
Moscovita	30	Essencial
Biotita	19	Essencial
Granada	5	Essencial
Rutilo	1	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Ms – mineral transparente a verde pálido, com comprimento variando de 0,5 a 2 mm., relevo baixo a moderado, clivagem em uma direção, extinção mosqueada. Ocorre em lamelas e disperso na amostra, marca as fases de deformação como Sn, crenulação, estruturas do tico S-C, mica fish e dobras intrafoliais, podendo indicar cisalhamento.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Qtz – mineral incolor, devido a morfologia do grão não é possível distinguir o tamanho, anédricos, relevo baixo, extinção ondulante a oblíqua, possui contato suturado à lobular. Apresenta feições de recristalização do tipo migração de borda de grão, o que sugere temperaturas no campo de PT da fácies metamórfica anfibolito, apresentação rotação de subgrão

Bt – mineral de coloração marrom, com comprimento entre 0,5 e 1 mm e disperso na amostra, marrom, sem pleocroísmo, relevo baixo, clivagem em uma direção, birrefringência de segunda a terceira ordem, extinção reta e biaxial negativo. marca bem a foliação Sn, e por vezes desenvolve mica-fish. Está sendo substituída por óxidos de ferro em parte da amostra.

Grt: mineral de coloração rosa, hábito dodecaédrico, isométrico, de tamanho de 1 - 4 mm, ocorrendo disperso na amostra, euédrico a subédrico em relação de contato planas por vezes irregulares.

Rutilo – mineral de coloração marrom amarelado, em contato irregular com os demais minerais, mas ocorre mais frequentemente granulare mais pontualmente como prismas curtos relevo muito alto, birrefringência muito alta. ocorre dispenso pela amostra.

Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.	Sn-1	Sn	Sn+1	Sn+2
Qtz				
Ms				
Bt				
Grt				
Rt				

Nome Rocha:

Grt-Bt-Ms-Qtz Xisto

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Anfibolito

Protólito (Rochas Metamórficas):

Pelito arenoso

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **20TF03_107**

Nº Ponto: 107

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo:

Grupo: **Grupo 3**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Pedro Guilherme do Carmo G. Aguiar

Data: 03/10/2021

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Amostra grano-nematoblástica com presença de cristais centimétricos de granada, hornblenda, pequenos cristais de PI e quartzo.

Grau de visibilidade:

Fanerítica

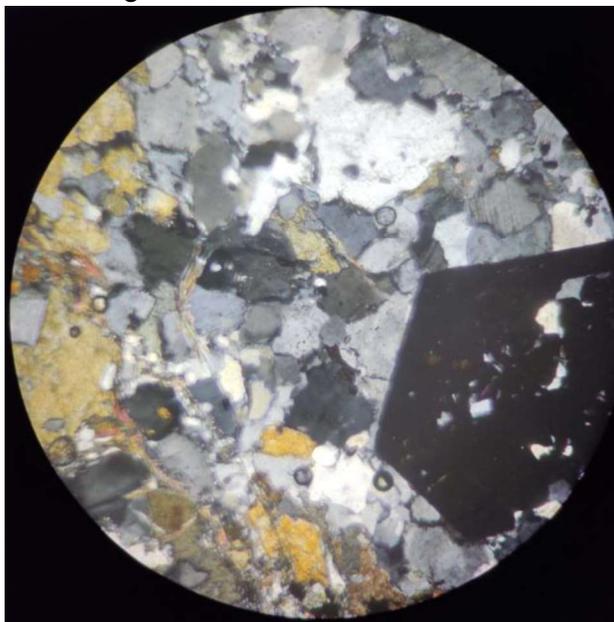
Índice de cor:

Mesocrática

Estrutura:

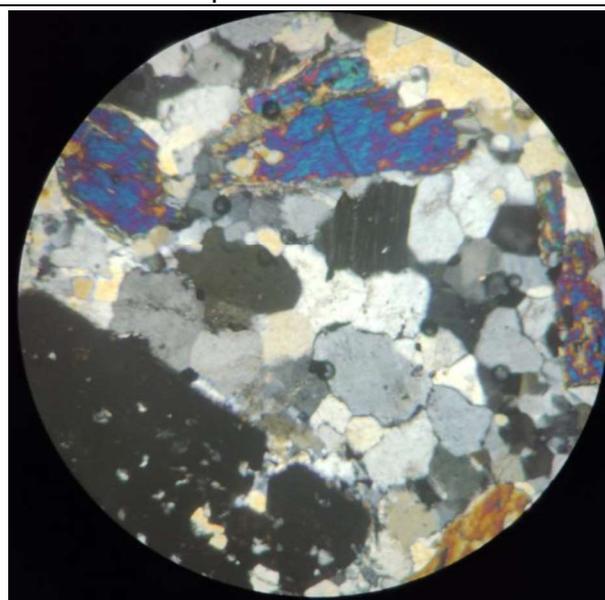
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Obj 5x mostrando o contato do grão de Grt com o restante.

Fotomicrografia (B)



Legenda: Obj 5x apresentando o contato dos grãos

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

Apresenta textura Nemato-granoblástica

Descrição estrutural:

A rocha apresenta deformação marcada pelas muscovitas.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Porfírica

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Hornblenda	50	Essencial
Clinopiroxênio	3	Acessório
Quartzo	25	Essencial
Plagioclásio	15	Essencial
Muscovita	1	Acessório
Granada	6	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Granadas: presentes em forma de grãos euédricos a subédricos, com alguns grãos reliquias tendo em seu interior a formação de grãos de quartzo e feldspato, com bordas decussadas, não apresentam rotação, tendo assim contato geométricos com os grãos de Hbl e PI, também ocorrem grãos de muscovita no contato Grt-Hbl.

Clinopiroxênio: grãos euédricos de piroxênio apresentando uralitização, juntamente com ocorrência de muscovita entre os grãos. Alguns alterando para argilominerais (sericitização?).

Quartzo: apresentam forte extinção ondulante, contato apresentando recristalização e migração de bordas de grão.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Plagioclásio: poucos grãos anédricos a subédricos, com as bordas sericitizadas, segundo a classificação de Michel-Levy trata-se de Andesina, provavelmente os grãos foram saussuritizados formando os cristais de Epidoto.

Muscovita: grãos euédricos sem direção preferencial, sendo estes aparentes em contatos entre grãos de quartzo.

Epidoto: grãos anédricos espalhados na matriz, associado principalmente a grãos mais esqueletais de Plagioclásio.

Evolução paragenética

Min. Abrev.	Sn	Sn+1	Sn+2
Qtz	-----		
Pl	-----		
Cpx	-----		
Hbl	-----		
Ms		-----	
Ep			-----
Grt			-----

Nome Rocha:

PI-Qtz-Grt Anfibolito

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Anfibolito

Protólito:

Rocha básica.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **20TF03_171**

Nº Ponto: 171

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo:

Grupo: **Grupo 3**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Pedro Guilherme do Carmo G. Aguiar

Data: 02/10/2021

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Amostra de anfibolito encontrada dentro de uma drenagem em contato com o granito Creoulos.

Grau de visibilidade:

Fanerítica

Índice de cor:

Melanocrática

Estrutura:

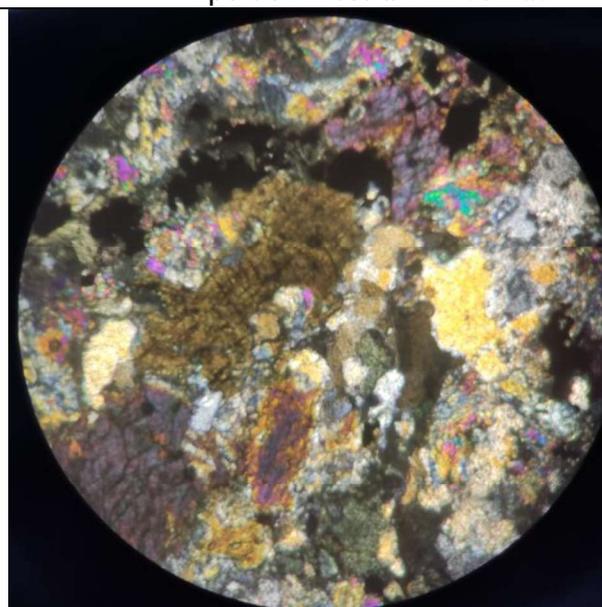
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x, apresentando cristais de hornblenda verde (pleocroismo intenso).

Fotomicrografia (B)



Legenda:Objetiva de 5x

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

A rocha apresenta textura Nematoblástica

Descrição estrutural:

A rocha apresenta orientação preferencial dos minerais, marcado principalmente pelas ribbons de quartzo, além de apresentar grãos de hbl dobrados.

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Porfírica

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Hbl	70	Essencial
Ep	13	Essencial
Qtz	10	Essencial
Opaco	5	Secundário
Opx	1	Acessório
PI	1	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Hornblenda: grãos anédricos a subédricos com pleocroismo verde bem intenso, em alguns grãos ocorre opx no núcleo.

Epidoto: grãos euédricos de epidoto formado a partir da epidotização do PI presente como grãos anédricos, alguns ainda tem PI preservado em suas bordas, este porém está bastante alterado, sendo esquelético.

Quartzo: apresenta extinção ondulante, em algumas porções esta com contato suturado, ocorrem grãos recristalizados e com migração de borda, em alguns casos ocorre grãos de qtz dentro das hbl.

Ortopiroxênio: grãos esqueléticos sendo uralitizados para formar Hbl.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Opaco: grãos euédricos de magnetita (amostra de mão apresenta magnetismo).

Evolução paragenética

Min. Abrev.	S _n	S _{n+1}	S _{n+2}
Hbl	-----		
Ep	-----		
Qtz	-----		
Opx	-----		
Pl	-----		

Nome Rocha:

Qtz-Ep Anfibolito com magnetita

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Anfibolito

Protólito:

Rocha máfica.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **2020TF03_198**

Petrógrafo

Rafael Ayres Gontijo

Nº Ponto: 198

Grupo: **Grupo 3**

Data: 03/10/2021

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Não se aplica

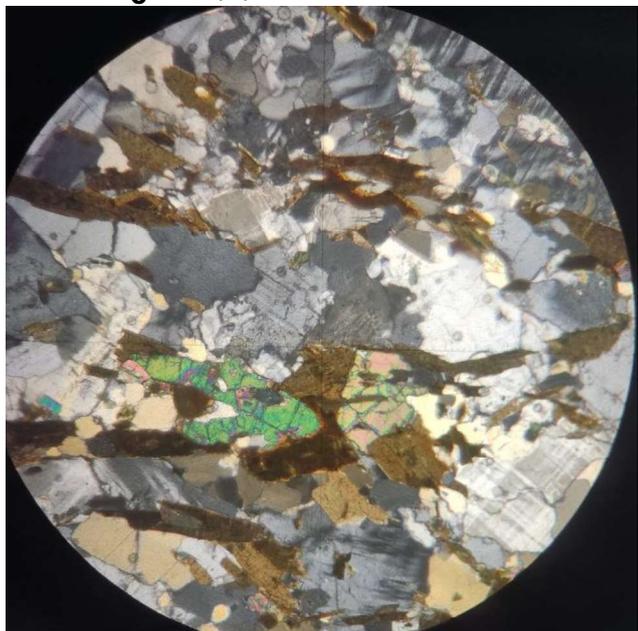
Índice de cor:

Não se aplica

Estrutura:

Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), em NX, a foto retrata a foliação principal.

Fotomicrografia (B)



Legenda:Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), luz transmitida, a foto retrata a foliação principal e uma crenulação.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

textura lepdogranoblástica

Descrição estrutural:

Possui xistosidade marcada pela biotita e leve crenulação

Granulação/granulometria:

Média

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Plagioclásio	32	Essencial
Kf	20	Essencial
Quartzo	17	Essencial
Biotita	15	Essencial
Microclinio	7	Essencial
Epídoto	8	Secundário
Hornblenda	3	Essencial
Titanita	1	Acessório

Descrição das relações entre os minerais:

Qtz – mineral incolor, de até 1 mm de tamanho, mas no geral de difícil distinção devido a morfologia do grão, anédricos, relevo baixo, extinção ondulante, possui contato suturado à lobular. Apresenta feições de recristalização do tipo migração de borda de grão.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

Bt – mineral de coloração marrom, com comprimento entre 0,5 e 2 mm, disperso na amostra de forma intersticial e localmente incluso no plagioclásio, marrom, relevo baixo, clivagem em uma direção, extinção reta (mosqueada), marca bem a foliação Sn. Está substituindo a hornblenda por processo de biotitização, geralmente em contato planar.

Plg (+ Ep) – mineral de coloração incolor a cinza, em contato planar a irregular com demais minerais, de hábito prismático, eudrico a subédrico, com tamanho variando de 0,5 - 4 mm, com macla segundo lei da albita, possui alteração por processo de saussuritização, Extinção oblíqua possui textura mimerquítica e simplerquitito, é observável inclusão de hornblenda e biotita.

Kf - mineral creme, em contato planar por vezes irregular, de tamanho dos cristais entre 0,5 e 3 mm, hábito prismático, clivagem em duas direções, cristais euédrico a subédrico, relevo baixo, é possível observa em alguns grãos processo de seritização

Microclínio) - mineral incolor, em contato irregular com os demais minerais, de tamanho 1,5 mm (objetiva de 5x), com hábito prismático, anédrico a subédrico, com relevo baixo, não possui clivagem visível, possui macla em duas direções gerando um efeito de extinção em xadrez, é possível observa em alguns grãos forte processo de seritização.

Hbl - mineral de coloração verde, subédrico, podendo ter até 1 mm de tamanho, clivagem em uma direção, possui relação de contato planar por vezes irregular, está alterando para biotita.

Epidoto – mineral verde claro, pleocroísmo fraco (de verde a rosa), geralmente está granular, mas ocorre como prisma curtos, uma direção de clivagem, birrefringência alta, ocorre disperso pela amostra em contato planar a irregular.

Titanita – mineral marrom claro, relevo alto, esta disposto de forma losangular, birrefringência alta, clivagem em uma direção, extinção reta na seção basal, ocorrendo na lamina de forma intersticial e incluso, euédrico, em contato planar.

Fácies Anfibolito

Protólito (Rochas Metamórficas):
Granito ou granodiorito

Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.	Sn-1	Sn	Sn+1	Sn+2
Qtz				
Bt				
Kf				
Plg				
Ep				

Nome Rocha:

Estaurolita-Hbl-Bt meta granito (classificar o tipo)

Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

ID Amostra: **2020TF03_242**

Petrógrafo

Rafael Ayres Gontijo

Nº Ponto: 242

Grupo: **Grupo 3**

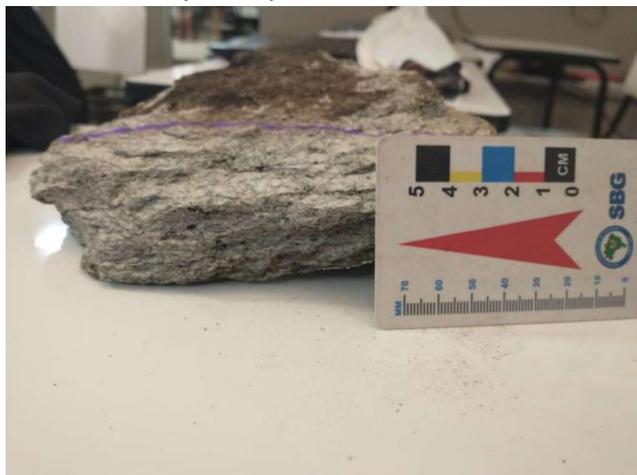
Data: 02/10/2021

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: **Lâmina Delgada**

Tipo de Amostra: Am. de mão

Foto amostra (macro)



Legenda: Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Descrição da amostra:

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Grau de visibilidade:

Não se aplica

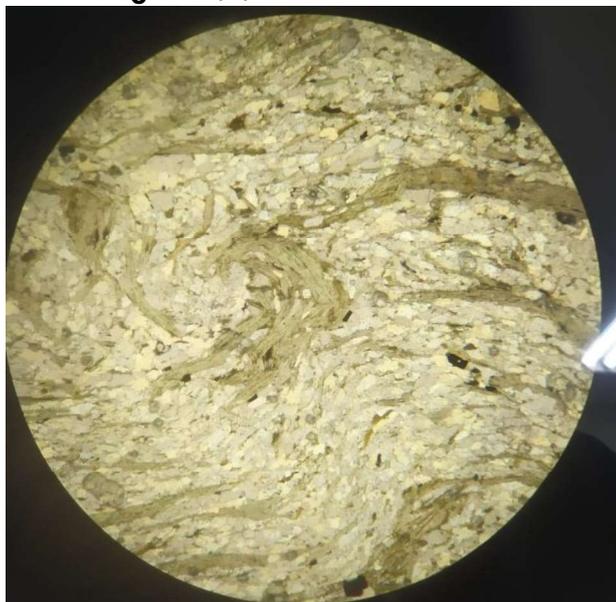
Índice de cor:

Não se aplica

Estrutura:

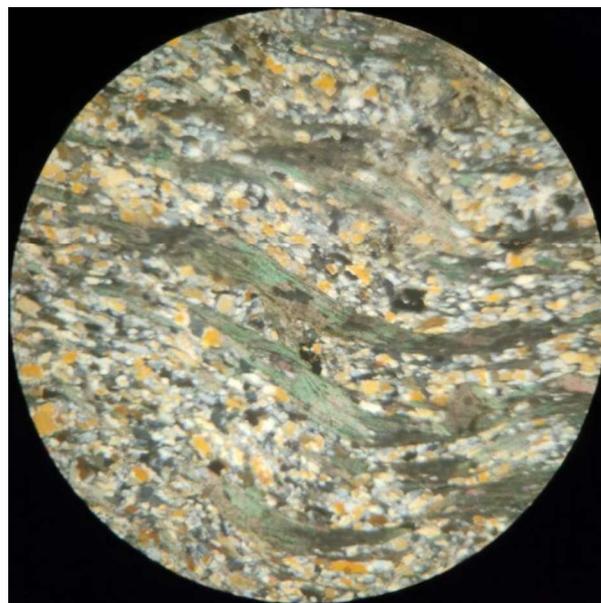
Maciça

Fotomicrografia (A)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), luz transmitida, a foto retrata a foliação principal e um exemplo de dobra intrafoliar.

Fotomicrografia (B)



Legenda: Objetiva de 5x (4mm de diâmetro), foto em NX mostrando a foliação principal crenulada.

Grau de cristalinidade:

Holocristalina

Descrição textural:

textura granolepidoblástica

Descrição estrutural:

Possui foliação S-C, xistosidade penetrativa marcada pela Ms, crenulação tb marca pela muscovita, dobras intra foliares, mica fish, transposição da foliação.

Granulação/granulometria:

Muito fina

Tamanho relativo dos cristais:

Inequigranular

Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Quartzo	65	Essencial
Moscovita	30	Essencial
Magnetita	5	Essencial

Descrição das relações entre os minerais:

Ms – mineral verde pálido, com comprimento variando de 0,5 a 2 mm, com ausência de pleocroísmo, relevo baixo a moderado, clivagem em uma direção, birrefringência de segunda a terceira ordem, extinção mosqueada e biaxial negativo. Ocorre em lamelas e disperso na amostra, marca as fases de deformação como Sn, crenulação, estruturas do tico S-C, mica fish e dobras intrafoliares, podendo indicar cisalhamento.

Qtz – mineral incolor, devido a morfologia do grão não é possível distinguir o tamanho, anédricos,

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

TF – TURMA 2020

desprovidos de clivagem e pleocroísmo, relevo baixo, birrefringência de primeira ordem (cinza), extinção ondulante a oblíqua, possui contato suturado à lobular. Apresenta feições de recristalização do tipo migração de borda de grão, o que sugere temperaturas no campo de PT da fácies metamórfica: anfibolito, apresentação rotação de subgrão

Magnetita – mineral opaco, hábito octaédrica a cúbica.

Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.		S _{n-1}	S _n	S _{n+1}		S _{n+2}	
Qtz	-----						
Ms	-----						
Mg	-----						

Nome Rocha:

Muscovita quartzito portador de magnetita

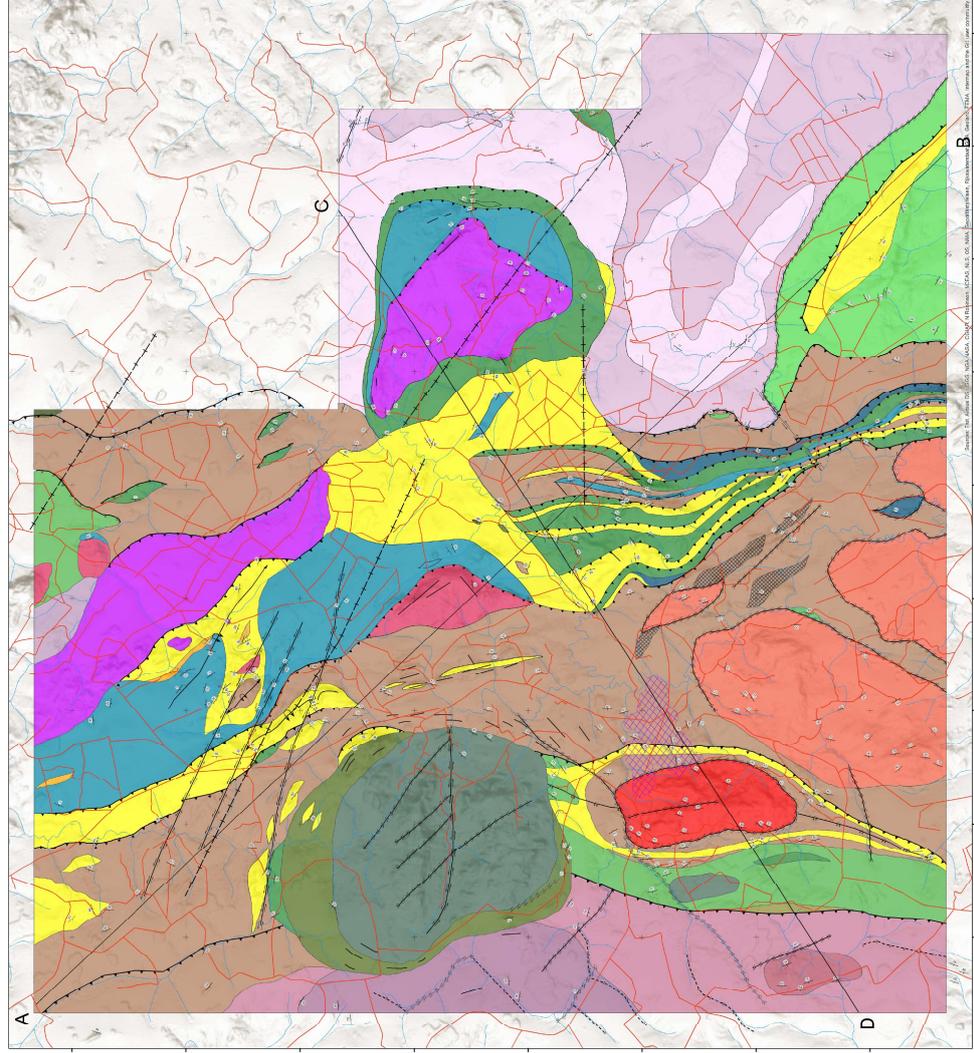
Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Anfibolito

Protólito (Rochas Metamórficas):

Arenito

APÊNDICE J: PRODUTOS INTEGRADOS



↗ Zona de cisalhamento compressivo/empurrão

⊙ Falha reversa (bloco elevado)

⊗ Falha reversa (bloco afundado)

Litologias

- NP33aessg - Suite Anicuns-Santa Barbara - Complexo Gabro-Diorítico Córrego Seco - Unidade Intusiva
- NP33aesyv - Suite Anicuns-Santa Barbara - Complexo Gabro-Diorítico Córrego Seco - Unidade Vulcânica
- NP3_mu_tc - Suite Máfico-Ultramáfica Taquaral - Trindade - Corpo Capelina dos Gomes
- NP1aiteoa - Complexo Anapolis-Itaucú - Unidade Ortognaisses Anfíbolíticos
- NP1aiteob - Complexo Anapolis-Itaucú - Unidade Ortognaisses - Básicos
- NP1aitip - Complexo Anapolis-Itaucu - Paragnaisses
- NP1yc - Granito Creoulos
- NP1ycl - Granito Córrego da Lavrinha
- NPyl - Granito Lega
- NPysr - Metadiortc Córrego Santa Rosa
- NP1aipcl - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Litofácies Metaigmimbritos
- NP1aibu - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Básica-Ultrabásica - Litofácies Anfícolitos
- NP1aippqt - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Psamo Pelítica - Litofácies Quartzitos
- NP1aiairc - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Rítmica-Carbonatada - Calciossilicatada
- NP1aippmx - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Psamo Pelítica - Litofácies Micaxistos
- NP1aippmx - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Psamo Pelítica - Litofácies Micaxistos com magnetita
- NP1aippmx - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Psamo Pelítica - Litofácies Micaxistos com magnetita
- NP1airmq - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Rítmica-Carbonatada - Magnetita Quartzito
- NP1airmm - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Rítmica-Carbonatada - Litofácies Mármore
- NP1aibutx - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Litofácies Talco Clorita xistos
- NP1aibutx - Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai - Unidade Básica-Ultrabásica - Litofácies Ultramáficas
- NP1yrmsdr - Metagranito Sancerlândia - Gnaisses Diorítico
- NP1yrmsgr - Metagranito Sancerlândia - Gnaisses Granítico
- NP1yrmsgd - Metagranito Sancerlândia - Gnaisses Granodiorítico

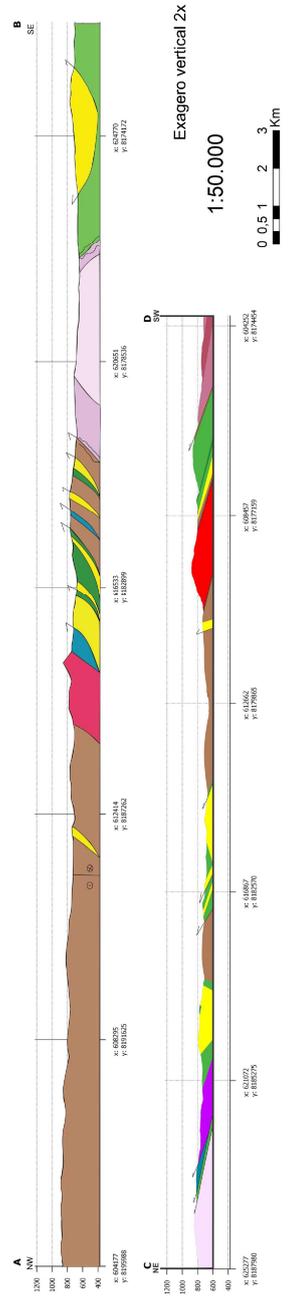
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT)
Curso de Geologia

Alunos:

- André Luiz Gonçalves e Silva
- Davi Resende Messias
- Lara Maciel Feitosa
- Lucas Portes Ramos
- Marco Túlio Guimarães
- Pedro Guilherme do Carmo Gonçalves de Aguiar
- Rafael Ayres Gonfjo
- Silvener Batista Bezerra
- Túlio Moreira de Assis

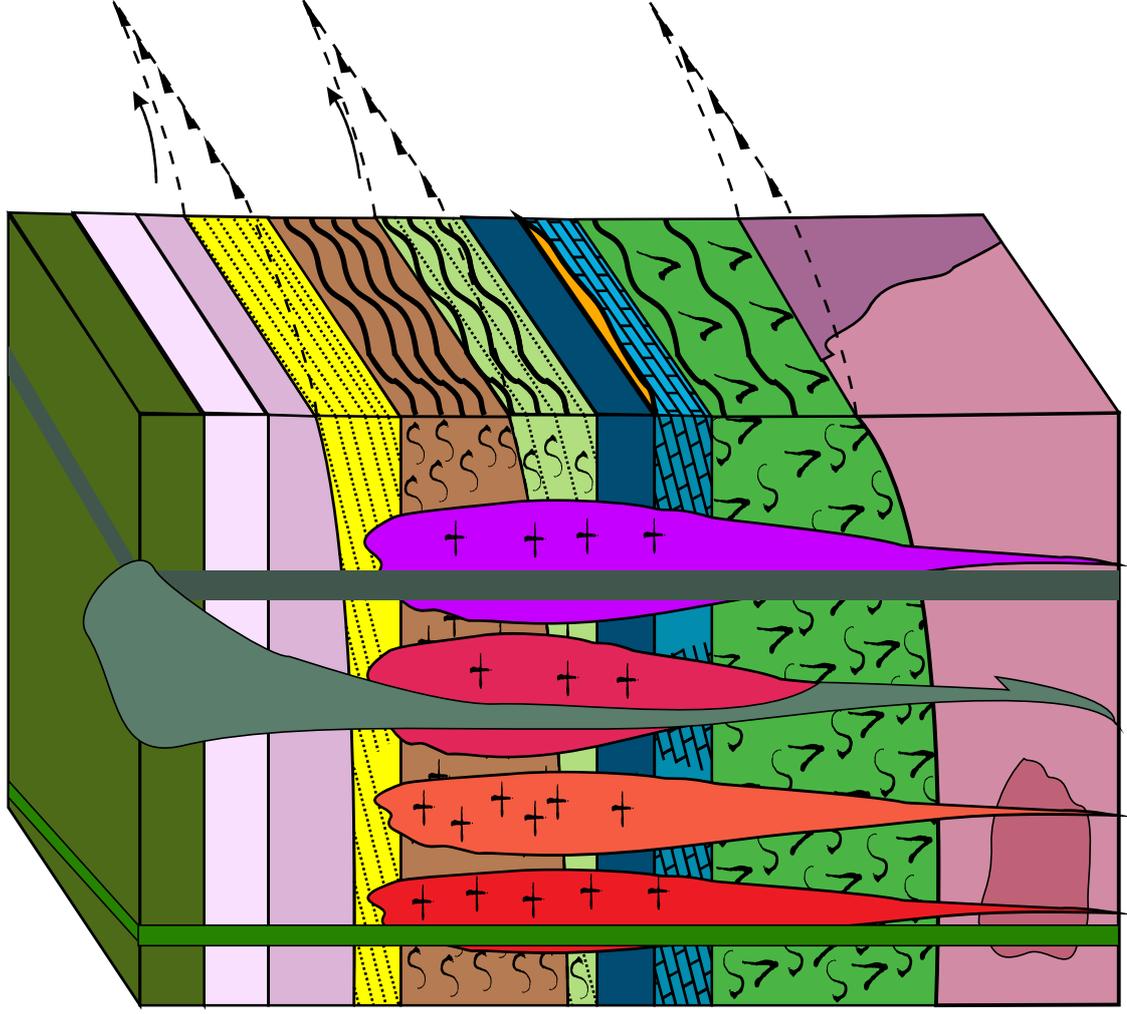


Perfis geológicos



Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: WGS-84
Fuso 22 S Meridiano Central: 51°W
Unidade: Metros
Goiás

EMPIILHAMENTO LITOEESTRATIGRÁFICO



Suíte Anicuns-Santa Bárbara

- NP3δassg - Suíte Anicuns-Santa Bárbara - Complexo Gabro-Diorítico Córrego Seco - Unidade Intrusiva
- NP3δasv - Suíte Anicuns-Santa Bárbara - Complexo Gabro-Diorítico Córrego Seco - Unidade Vulcânica
- NP3μtc - Suíte Máfico-Ultramáfica Taquaral-Trindade - Corpo Capelinha dos Gomes

Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu

- NP1aitp - Paragneisses Anfíbolíticos
- NP1aitoa - Ortogneisses Anfíbolíticos

Granitos-gnaisses Tonianos

- NPγc - Granodiorito Creoulos
- NPγcl - Granito Córrego da Lavrinha
- NPγl - Granito Laje
- NPγsr - Metadiorito Córrego Santa Rosa

Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberai

- NP1aipmx - Unidade Psamo-Pelítica - Quartzitos
- NP1aipmx - Unidade Psamo-Pelítica - Mica Xistos
- NP1aircr - Unidade Rítmica Carbonatada - Metarrilitos
- NP1airmq - Unidade Rítmica Carbonatada - Quartzito Ferigunoso
- NP1airmm - Unidade Rítmica Carbonatada - Mármore
- NP1aibu - Unidade Básica-Ultrabásica

Arco Magmático de Goiás

- NP1γmsdr - Gnaisse Diorítico-Tonalítico
- NP1γmsgr - Gnaisse Granítico
- NP1γmsgd - Gnaisse Granodiorítico



Empurrão