

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
***CAMPUS* MONTE CARMELO**

IZABELE DE CÁSSIA ROSA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO
APLICADO AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DE
GOIÁS E PIRES DO RIO, SUDESTE DO ESTADO DE GOIÁS.**

Monte Carmelo (MG)

Janeiro/2023

IZABELE DE CÁSSIA ROSA

**TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO
APLICADO AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DE
GOIÁS E PIRES DO RIO, SUDESTE DO ESTADO DE GOIÁS.**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Área de concentração: Geologia

Orientador: Prof. Dr. Breno de Souza Martins

Coorientadora: Profa. Dra. Marília Inês Mendes Barbosa

Monte Carmelo (MG)

Janeiro de 2023

IZABELE DE CÁSSIA ROSA

**TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO
APLICADO AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DE
GOIÁS E PIRES DO RIO, SUDESTE DO ESTADO DE GOIÁS.**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Área de Concentração: Geologia

Monte Carmelo, janeiro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alan Silveira

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Profa. Dra. Juliana Pertille

Universidade Federal de Pelotas - UFPEL

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha saudosa mãe, que sempre está em meus pensamentos e em meu coração. Cada lembrança de sua imagem bondosa e amorosa, me torna mais forte e corajosa para querer viver todos os meus sonhos. Como você sempre dizia “Deus não une pessoas e sim propósitos”, obrigada por ter sido o melhor propósito da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu querido pai Ary por ter me dado força e sustentabilidade financeira durante o curso para chegar a esse momento, além de todo amor dedicado.

Agradeço a minha querida orientadora Marília, que chamo carinhosamente de “Mãerília”, por toda paciência, conhecimento, pelas oportunidades de aprendizagem. Obrigada por ser essa profissional inspiradora e pelo acolhimento durante todos esses anos de faculdade.

Ao meu orientador Breno pelos ensinamentos e orientação neste trabalho e durante a minha formação acadêmica.

Minhas queridas amigas Bruna Helena e Roberta, que sempre me apoiaram e foram minha base para minha vida, desejo a vocês muito amor e carinho.

Aos parceiros de campo Robson e Patrícia que foram prestativos e amigos em tantos momentos.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram nesses processos de transformação acadêmica e profissional.

RESUMO

O presente trabalho localizado no estado de Goiás, entre as cidades de Santa Cruz de Goiás e Pires do Rio, apresenta a aplicação do uso de sensoriamento remoto e do geoprocessamento no auxílio do mapeamento geológico da região, onde apresenta uma complexidade lito-estrutural entre os contatos das diversas litologias presentes na área do mapeamento. Segundo a literatura, as rochas aflorantes na área de estudo apresentam idades paleoproterozoica sendo representado pelo Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu e rochas de idades meso-neoproterozoicas, composto pela sequência metavulcano sedimentar Maratá, granitos Sin a Tarditectônicos e o Grupo Araxá. A complexidade estrutural da área é de difícil entendimento já que ocorreram grandes transformações nas estruturas das rochas, sendo possível observar essas mudanças em escalas meso, macro e microscópicas. Desta forma, o auxílio para interpretação e a correlação dos dados dos produtos produzidos por imagens multiespectrais Sentinel 2, por meio de matemática de bandas e composições RGB permitiram uma análise das respostas espectrais dos minerais presentes no mapeamento. Além dos dados de ALOS-PALSAR que possibilitou a correlação com os aspectos do relevo, os principais lineamentos marcantes da área e alguns possíveis contatos litológicos por meio dos produtos do relevo sombreado, declividade e modelo digital de elevação. Em resumo, para que o uso dos produtos de sensoriamento remoto fornecesse um melhor resultado carecia que a área apresentasse uma maior dimensão de espaço e uma diversidade geológica para que os dados fossem comparados visualmente. Por meio desta análise de dados, foi confeccionado um mapa geológico na escala de 1:40.000.

Palavras-chave: Santa Cruz de Goiás, Mapeamento Geológico, Sentinel 2, ALOS PALSAR, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The present work, located in the state of Goiás, between the towns of Santa Cruz de Goiás and Pires do Rio, presents the application of the use of remote sensing and geoprocessing to aid in the geological mapping of the region, which presents a lithostructural complexity among the contacts of the various lithologies present in the mapping area. According to the literature, the outcropping rocks in the study area present Paleoproterozoic ages being represented by the Anapólis-Itauçu Granulite Complex and rocks of meso-Neoproterozoic ages, composed by the Maratá metavolcano-sedimentary sequence, Sin to Tarditectonic granites and the Araxá Group. The structural complexity of the area is difficult to understand since major transformations have occurred in the rock structures, and it is possible to observe these changes at meso, macro and microscopic scales. Thus, the aid for data interpretation and the correlation of data from products produced by Sentinel 2 multispectral images, through band mathematics and RGB compositions allowed an analysis of the spectral responses of the minerals present in the mapping. In addition to the ALOS-PALSAR data that enabled the correlation with the relief aspects, the main striking lineaments of the area and some possible lithological contacts through the products of the shaded relief, slope and digital elevation model. In summary, for the use of the remote sensing products to comprise a better result, the area needed to present a larger dimension of space and a geological diversity for the visually comparative results to be satisfactory. Through this data analysis, a geological map was made on the scale of 1:40,000.

Keywords: Santa Cruz de Goiás, Geological Mapping, Sentinel 2, ALOS PALSAR, Remote Sensing, Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização da área de trabalho. a) Mapa do Brasil b) Mapa de Localização do município de Santa Cruz de Goiás e Palmelo -GO c) Localização da área mapeada.....	9
Figura 2: Caracterização do passo a passo para a elaboração das imagens coloridas de Sentinel 2. (Fonte: Autora).....	15
Figura 3: Caracterização do passo a passo para a o uso da imagem de radar ALOSPALSAR. (Fonte: Autora)	17
Figura 4: Arcabouço Geológico da Faixa Brasília mostrando a área enfoque estudada. Fonte: Dardenne (2000).....	24
Figura 5: Composição de bandas coloridas RGB – 4-3-2, satélite Sentinel 2. Fonte: Autora.....	26
Figura 6: Composição de bandas coloridas RGB – 8-11-4, satélite Sentinel 2. Fonte: Autora.....	27
Figura 7: Parâmetros de assinatura eletromagnética das bandas Sentinel-2. Fonte: Deodoro et al. (2020).....	28
Figura 8: Respostas espectrais obtidas a partir de imagens Sentinel-2, conforme a classe textural. Fonte: Deodoro et al. (2020).	28
Figura 9: Composição RGB 4/3 – 8/12 – 2/5, ressaltando as principais respostas espectrais quartzosas. Fonte: Autora.	29
Figura 10: Composição RGB 5/4 – 3/2 – 7/5, ressaltando as principais características da resposta espectral de óxidos de ferro. Fonte: Autora.....	30
Figura 11: Elevação Altimétrica gerada pela ferramenta Tin no Arcmap 10.4.1. Fonte: Autora.	31
Figura 12: Modelo de declividade gerada pela ferramenta Slope ArcMap 10.4.1. Fonte: Autora.	32
Figura 13: Figuras do relevo sombreado gerada a partir da ferramenta Hill Shade no ArcMap 10.4.1 com os principais azimutes e altitudes da área de estudo. Fonte: Autora.	33
Figura 14: Fotointerpretação das principais zonas homólogas a partir da compilação e interpretação dos dados de sensoriamento remoto da área de interesse. Fonte: Autora.....	34
Figura 15: Interpretação dos principais lineamentos do tipo 1 e tipo 2 da área de interesse. Fonte: Autora.....	35

Figura 16: Estereograma dos contornos plano S1. a) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas do Complexo Granulítico Anapólis-Itaçu com direção principal NW/SE. b) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas da sequência metavulcano sedimentar Maratá, com direção principal NW/SE. Fonte:Autora	66
Figura 17: Estereograma dos contornos plano S1. a) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas do Complexo Granulítico Anapólis-Itaçu com direção principal NW/SE. Fonte:Autora	67
Figura 18: Estereograma dos dados da formação da foliação S2 nas rochas do Grupo Araxá. Fonte: Autora	69
Figura 19: Diagrama de Roseta das principais famílias de fraturas presentes na área mapeada. Fonte: Autora.....	70
Figura 20: Digrama de pressão e temperatura resumindo o metamorfismo de rochas de origem ígnea. Os pontos rosas indicam as condições de metamorfismo que inicialmente (1) e posteriormente foram retrometamorfizados para fácies xisto verde (2). Fonte: Extraído e modificado de Winter (2014)	73
Figura 21: Diagrama de Pressão e Temperatura resumindo o metamorfismo de rochas de origem metassedimentares. Os pontos rosas representam as plotagens das assembleias mineralógicas das rochas metassedimentares. Fonte: Spear e Chenez, modificada pela autora.	74
Figura 22: Mapa simplificado da área mapeada entre as cidades de Pires do Rio e Santa Cruz de Goiás. Fonte: Autora.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição das classes de declividade Embrapa (1979).....	18
Tabela 2: Principais categorias temáticas de interpretação visual da composição RGB- 8114. Fonte: Autora.....	27
Tabela 3: Relação das assembleias mineralógica das principais unidades reconhecidas em campo.....	72

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1:a) Terrenos mapeados (campos limpos); b) Florestas densas do tipo cerradões; c) Beira de estrada com vegetações típicas do cerrado brasileiro. Fonte: Autora... 11

Fotografia 2: Tipos de solo na região mapeada. a) e b) Neossolo apresentando horizonte A, assentado em rochas do Grupo Araxá (Ponto 56); c) e d) Argissolo bem desenvolvido em rochas graníticas (Ponto 122). Fonte: Autora..... 13

Fotografia 3: Aspectos macroscópicos da subunidade biotita ortognaisse do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu. a) b) c) Afloramento de grandes blocos (Ponto 128). d) e) Afloramento em forma de lajedos e com bandamentos gnáissicos. (Ponto 130). f) Afloramento milonitizado. (Ponto 129). Fonte: Autora..... 37

Fotografia 4: Amostra de mão que representa a unidade Complexo Granulítico Anápolis – Itauçu e tem diferentes estruturas geológicas na rocha. a) Estrutura milonítica; b) Estrutura bandamento composicional. (Tamanho da caneta: 14,5cm). Fonte: Autora..... 38

Fotografia 5: Aspectos macroscópicos dos afloramentos granada, biotita gnaïsse, pertencente ao Complexo Anápolis- Itauçu. a) Observa-se duas principais foliações da rocha (Ponto 22). b) Afloramento ocorrendo em forma de lajedos (Ponto 40). c) Afloramento intemperizado com coloração avermelhada d) Afloramento em drenagem. Fonte:Autora..... 41

Fotografia 6: Amostra de mão do biotita-granada gnaïsse do Complexo Anápolis-Itauçu. a) Amostra com granulação grossa e cristais de muscovitas bem formado. b) Amostra com granulação média, apresentando pequenos bandamentos em torno de um porfiroclasto de feldspato. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora. 42

Fotografia 7: Aspectos macroscópicos da subunidade biotita-muscovita-epidoto paragnaisse da Sequência Metavulcanossedimentar Maratá a) Bandamento composicional da rocha (Ponto 34); b) Orientação preferencial (Ponto 33); c) Afloramento em grandes lajedos próximos as drenagens (Ponto 33); d) Presença de porfiroclastos de plagioclásio (Ponto 35). Fonte: Autora..... 45

Fotografia 8:Amostra de mão biotita-muscovita-epidoto paragnaisse da sequência metavulcano sedimentar Maratá. a) Amostra com bandamento gnáissico e granulação fina (Ponto 148). b) Amostra com granulação média a grossa e maior presença de cristais de biotita. (Ponto 166). (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora. 46

Fotografia 9:Xisto Granadífero pertencente a sequência metavulcano sedimentar Maratá. a), b), c) Afloramento de xisto granadífero com coloração variando de avermelhado ao

arroxeadado. (Pontos 53, 53, 171). b) e d) Grande quantidade de granada nos xistos (Ponto 171).
Fonte: Autora..... 49

Fotografia 10: Afloramentos da rocha biotita-granito pertencente ao Granito Rio Piracanjuba. a) b) Grandes blocos aflorantes em morros. (Ponto 34) (Ponto 38); c) Bloco de granito com capa de intemperismo (Ponto 81) ; d) Afloramentos de lajedos métricos próximo a drenagens (Ponto 88). Fonte: Autora..... 50

Fotografia 11: Amostra de mão do granito I – do Rio Piracanjuba. a) Amostra de mão com granulação grossa e cor cinza escura. b) Amostra de mão com granulação média e cor cinza claro esbranquiçado. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora 51

Fotografia 12: Formas de ocorrência do muscovita quartzito, pertencentes ao Grupo Araxá. a) Ponto 92, cachoeira do Ló; b) Ponto 138, cachoeira da fazenda Indaiá; c) Ponto 138, contato entre quartzitos e muscovita clorita xisto; d) Contato quartzito com biotita xisto. Fonte: Autora 55

Fotografia 13: Amostra de mão muscovita quartzito do Grupo Araxá. a) Apresentando cor amarelo esbranquiçado, quando menos intemperizada (Ponto 11). b) Cor amarelo avermelhado por conta do intemperismo (Ponto 92). Fonte: Autora 55

Fotografia 14: Aspectos macroscópicos da subunidade muscovita- clorita xisto do Grupo Araxá. a) Afloramento de rocha com pouca alteração (Ponto 96; b) Rocha com cor cinza esverdeado, quando se apresenta pouca intemperizada (Ponto 97); c) Afloramento em forma de lajedos, com cor avermelhada causada pelo intemperismo (Ponto 98); d) Contato entre rochas pouco intemperizadas e porções de rocha intemperizada com cor avermelhado – reação oxi-hidróxido de ferro (Ponto 93). Fonte: Autora..... 57

Fotografia 15: Amostra de mão Muscovita clorita xisto do Grupo Araxá. a) Apresenta foliação principal e foliação de crenulação na amostra. b) Amostra com foliação principal e agregado de mineral clorita. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora 58

Fotografia 16: Aspectos macroscópicos da subunidade muscovita-biotita xisto do Grupo Araxá. a) Principal foliação da rocha intemperizada (Ponto 30); b) Principal foliação da rocha menos intemperizada (Ponto 29); c) Pequenas intrusões de quartzo (Ponto 87); d) Dobra no afloramento (Ponto 88). Fonte: Autora..... 61

Fotografia 17: Amostra de mão muscovita biotita xisto pertencente ao Grupo Araxá. a) Amostra de mão com xistosidade pouco preservada e cor cinza avermelhado (Ponto 88). b) Amostra de mão com xistosidade bem preservada e cor cinza escuro (Ponto 31). (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora 62

Fotografia 18: Aspectos macroscópicos do granito II, pertencente ao granito do tipo Ipameri. a) Afloramento rocha intemperizada (Ponto 117); b) Bloco de rocha foliado (Ponto 119); c) e d) Afloramento de blocos de diversos tamanhos (Ponto 160 e Ponto 165). Fonte Autora.....	63
Fotografia 19: Amostra de mão granito II– Maratá. a) Amostra com foliada e com granulação fina (Ponto 117). b) Amostra com granulação média e cristais de granada (Ponto 161). (Tamanho da caneta: 14,5cm). Fonte:Autora.....	64
Fotografia 20: Bandamentos gnáissicos a) Estiramento dos cristais de quartzo nos ortognaisse do Complexo Granulítico Anapólis Itauçu. b) Foliação S1 presente na sequência Maratá de baixo mergulhos. Fonte: Autora.	65
Fotografia 21: Estruturas presentes no xisto do Grupo Araxá. a) Lineamentos dos minerais de quartzo. b) Xistosidade com médio mergulho. Fonte: Autora.....	68
Fotografia 22: Contato entre quartzito e muscovita-biotita xisto, onde é possível observar a foliação S1 e a crenulação S2 nos xistos. Fonte: Autora.	69
Fotografia 23: Par conjugado de fraturas no quartzito pertencente ao Grupo Araxá (Ponto 9). Fonte Autora.....	71
Fotografia 24: Estruturas formadas nas rochas do Grupo Araxá. a) e b) Indicadores cinemáticos boudins. c) e d) Dobras nos xistos do Grupo Araxá. Fonte: Autora.	71
Fotografia 25: Aspectos do relevo da área mapeada e identificado no pré-campo. a) e b) Feições de morros presentes em grande parte da área. c) Fotografia panorâmica entre diferentes padrões de relevo, mais a fundo da fotografia presença de morros em forma de serra e a frente relevo plano. Fonte: Autora.	76

LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografia 1: Aspecto microscópicos da biotita ortognaisse pertencente ao Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu. a) 4x nicol paralelo titanita próximo a muscovita com epidotos; b) lupa 0.7x bandamentos; c) 4x nicol cruzado textura pertítica no cristal do microclínio; d) 4x nicol cruzado textura pertítica no cristal de microclínio e micro veios de quartzo; e) lupa 0.7x mica fish; f) 10x nicol mica fish. Fonte: Autora.40

Fotomicrografia 3: Aspecto microscópicos granada-biotita gnaisse, pertencente ao Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu. a) 4x nicol cruzado microclínio com plagioclásio saussuritização; b) 4x nicol paralelo biotita granada quartzo; c) 4x nicol cruzado bandamento composicional da rocha. d) 4x nicol paralelo características da biotita com bordas fraturadas. Fonte: Autora44

Fotomicrografia 4: Aspecto microscópicos biotita ortognaisse. a) 4x Nicol cruzado microclínio passando para albita com textura petítica e macla xadrez; b) 4x Nicol cruzado porfiroclasto de microclínio rodeado de muscovita; c) 10x Nicol paralelo epidoto biotita muscovita; d) 10x Nicol paralelo zoesita com biotita; e) 4x Nicol paralelo textura biotita e porfiroclasto de plagioclásio; f) 10x Nicol paralelo cristal de titanita. Fonte: Autora.....48

Fotomicrografia 5: Aspecto microscópicos do granito I – Rio Piracanjuba. a) 4x nicol paralelo saussuritização; b) 4x nicol paralelo porfiroclasto de plagioclásio intensa saussuritização; c) 4x nicol paralelo zoesita com biotita; d) 4x nicol paralelo contato entre plagioclásio biotita e quartzo fraturado preenchido com oxi-hidroxio de ferro; e) 20x nicol paralelo contato entre plagioclásio bordas de quartzo e plagioclásio saussuritização intensa. f) 20x nicol cruzado microclínio fraturado e preenchido com quartzo e oxi-hidroxido de ferro. Fonte: Autora.....53

Fotomicrografia 6: Aspecto microscópicos do muscovita quartzito do Grupo Araxá. a)4x nicol paralelo contato serrilhado quartzo; b) 4x nicol cruzado contato serrilhado quartzo c)4x nicol paralelo Muscovita em formato anastomosado; d) 4x nicol cruzado Muscovita em formato anastomosado; Fonte: Autora.56

Fotomicrografia 7: Aspectos microscópicos muscovita-clorita xisto do Grupo araxá a) Nicol 4x cruzado sn e sn+1; b) 20x nicol cruzado apatita; c) 4x nicol cruzado turmalina; d) 4x nicol paralelo clorita - biotita- quartzo seguindo orientação e bandas separadas entre quartzo e biotita. Fonte: Autora60

SUMÁRIO

Páginas

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. OBJETIVO	8
1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	9
2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS	10
2.1. CLIMA.....	10
2.2. HIDROGRAFIA	10
2.3. GEOMORFOLOGIA.....	10
2.4. PEDOLOGIA.....	11
2.5. VEGETAÇÃO	13
3. METODOLOGIA	14
3.1. ETAPA PRÉ-CAMPO	14
3.1.1. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS	14
3.1.2. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS DE RADAR... 16	
3.2. ETAPA CAMPO	18
3.3. ETAPA PÓS-CAMPO.....	19
4. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	20
4.1. ESTRATIGRAFIA	20
4.1.1. ASSOCIAÇÃO ORTOGNAISSICA MIGMATÍTICO.....	20
4.1.2. COMPLEXO GRANULÍTICO ANAPÓLIS- ITAUÇU	20
4.1.3. SEQUÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR MARATÁ....	21
4.1.4. GRANITO SIN A TARDITECTÔNICO DO TIPO RIO PIRACANJUBA.....	21
4.1.5. GRUPO ARAXÁ.....	21
4.1.6. GRANITOÍDE SINTECTÔNICO DO TIPO IPAMERI.....	22
4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL	22

4.3. ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO.....	22
5. SENSORIAMENTO REMOTO	25
5.1. PRODUTOS GERADOS A PARTIR DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS SENTINEL 2.....	25
5.1.1. Composição Colorida RGB.....	25
5.1.2. Composição Colorida RGB a Partir da Matemática de Bandas.....	27
5.2. PRODUTOS DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE RADAR ALOS PALSAR	30
5.2.1. Modelo Digital de Elevação.....	30
5.2.2. Declividade	31
5.2.3. Relevo Sombreado	32
5.3. INTERPRETAÇÃO E VETORIZAÇÃO DOS DADOS A PARTIR DOS PRODUTOS GERADOS	34
6. ESTRATIGRAFIA E LITOLOGIA.....	36
6.1. COMPLEXO GRANULÍTICO ANAPÓLIS-ITAUÇU	36
6.1.1. Biotita-Epidoto Ortognaisse.....	36
6.1.2. Granada-Biotita Gnaisse	41
6.2. SEQUÊNCIA METAVULCANO SEDIMENTAR MARATÁ.....	44
6.2.1. Biotita-Muscovita-Epidoto Paragnaisse	44
6.2.2. Xisto Granadífero	48
6.3. GRANITO RIO PIRACANJUBA	50
6.4. GRUPO ARAXÁ.....	53
6.4.1. Muscovita Quartzito.....	54
6.4.2. Muscovita-Clorita Xisto.....	57
6.4.3. Muscovita-Biotita Xisto.....	60
6.5. GRANITO DO TIPO IPAMERI	62
7. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	65
7.1. FOLIAÇÃO S1 E LINEAMENTO L1	65

7.2. FOLIAÇÃO S2 E LINEAÇÕES S2	68
7.3. FRATURAS E DOBRAS	70
8. METAMORFISMO	72
9. DISCUSSÃO	75
9.1. SENSORIAMENTO REMOTO <i>VERSUS</i> ASPECTOS DO RELEVO..	75
9.2. SENSORIAMENTO REMOTO <i>VERSUS</i> LITOLOGIA.....	76
9.3. SENSORIAMENTO REMOTO <i>VERSUS</i> ESTRUTURAL.....	77
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.	79
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXO I	85
ANEXOII.....	86

1. INTRODUÇÃO

A presente monografia tem por finalidade apresentar e descrever as principais atividades desenvolvidas pelo uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento para o auxílio do mapeamento geológico de menores escalas. A área de estudo abrange cerca de 320km², na região de Santa Cruz de Goiás, Palmelo e Pires do Rio, localizado a sudeste do estado de Goiás.

Geologicamente, a região mapeada abrange ortognaisses e gnaisses pertencentes ao Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu, paragnaisse e xistos granadíferos da sequência metavulcano sedimentar Maratá, além de rochas intrusivas do Rio Piracanjuba, nomeado granito I, e Ipameri, denominado granito II. Além das rochas pertencentes ao Grupo Araxá como quartzitos e xistos.

Estruturalmente, a área é marcada por uma geologia estrutural complexa, e foi possível identificar duas foliações principais, além de observar indicadores cinemáticos, fraturas e dobras.

Como a área de estudo representa uma área geologicamente complexa, abrangendo diversos tipos litológicos e elementos estruturais, o processamento de dados a partir de imagens de radar e satélites auxiliam na compreensão e no desenvolvimento da interpretação dos estudos do mapeamento de uma escala menor, porém sendo mais assertivos nos principais detalhes da área.

1.1.OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são:

- A) Confeccionar um mapa geológico em escala de 1:40.000 da região de Santa Cruz de Goiás e Palmelo, sudeste do Estado de Goiás.
- B) Integração dos dados obtidos a partir dos processamentos de dados bases como imagens aéreas (Sentinel) e imagens de radar (ALOSPALSAR).
- C) Integração dos dados obtidos em campo no mapeamento geológico, a partir das informações coletadas em campo como rochas e medidas estruturais e a interpretação dos dados feitos em laboratórios, a partir das análises petrográficas das rochas analisadas.

D) Contribuir com o conhecimento geológico da região sudeste de Goiás, visto que a escala de mapeamento é 1:40.000 e os mapas disponibilizados, através do Serviço Geológico Brasileiro estão em escala 1:250.000.

1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na porção sudeste do Estado de Goiás e geograficamente é delimitada pelos paralelos 17°15' e 17°22'S e os meridianos 48°22' e 48°40'W, abrangendo os municípios de Palmelo, Pires do Rio e Santa Cruz de Goiás (Figura 1). O acesso à área, a partir de Monte Carmelo (MG), dá-se pelas rodovias MG-190 por 10km, seguindo pela MG-223 até alcançar a rodovia BR-050, nas imediações de Araguari (MG) totalizando 80 km. Deste ponto em diante, deve-se ir até a cidade de Catalão (GO) em um percurso de 60 km, seguindo pela rodovia BR-352 por 115 km até a cidade de Pires do Rio. Por fim, segue-se para oeste pela rodovia BR-352 por mais 25 km até atingir a cidade de Santa Cruz de Goiás.

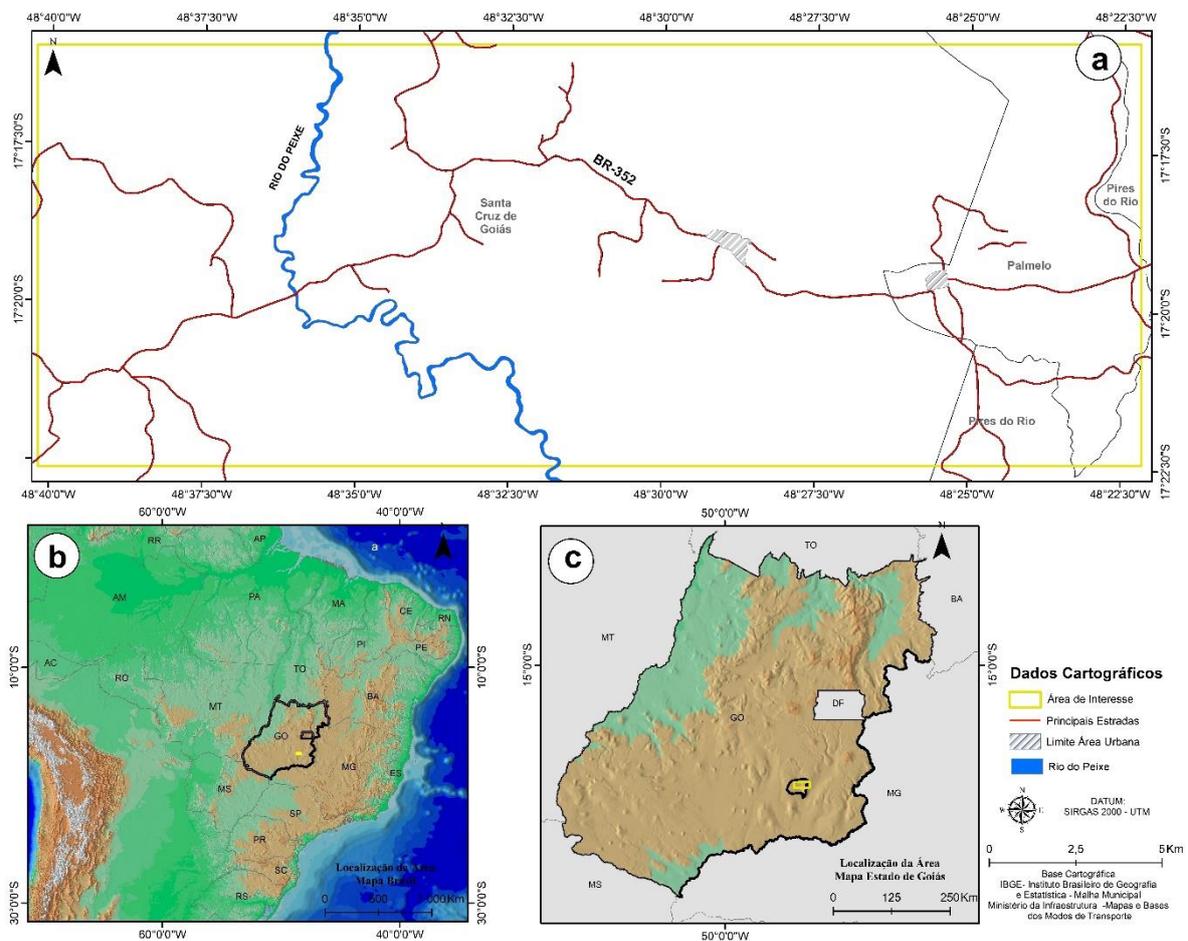


Figura 1: Mapa de Localização da área de trabalho. a) Mapa do Brasil b) Mapa de Localização do município de Santa Cruz de Goiás e Palmelo -GO c) Localização da área mapeada

2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Abaixo seguem as principais características fisiográficas e socioeconômicas da região de estudo que abrange os municípios de Santa Cruz de Goiás, Pires do Rio e Palmelo, no estado de Goiás.

2.1. CLIMA

A área de estudo é caracterizada por apresentar invernos secos e verões chuvosos (NIMER, 1989), além de baixa umidade ocasionada pela constante atuação do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e de suas pequenas dorsais que se formam sobre a parte continental sul-americana (CARDOSO *et al.*, 2014).

Desta forma, as regiões das cidades de Santa Cruz de Goiás e Palmelo, apresentam altos volumes de precipitação pluviométrica na estação chuvosa, com índices variando entre 1.800 mm e 2.200 mm, baixa umidade em períodos de inverno e, por fim, mostram média anual de temperatura que oscila em torno de 26°C. (INMET, 2020).

2.2. HIDROGRAFIA

A região de estudo apresenta grande diversidade de drenagens presentes ao longo da área, sendo o Rio do Peixe a mais significativa que corta a área de trabalho. Uma das principais características da área é a presença de cachoeiras de pequeno porte e corredeiras.

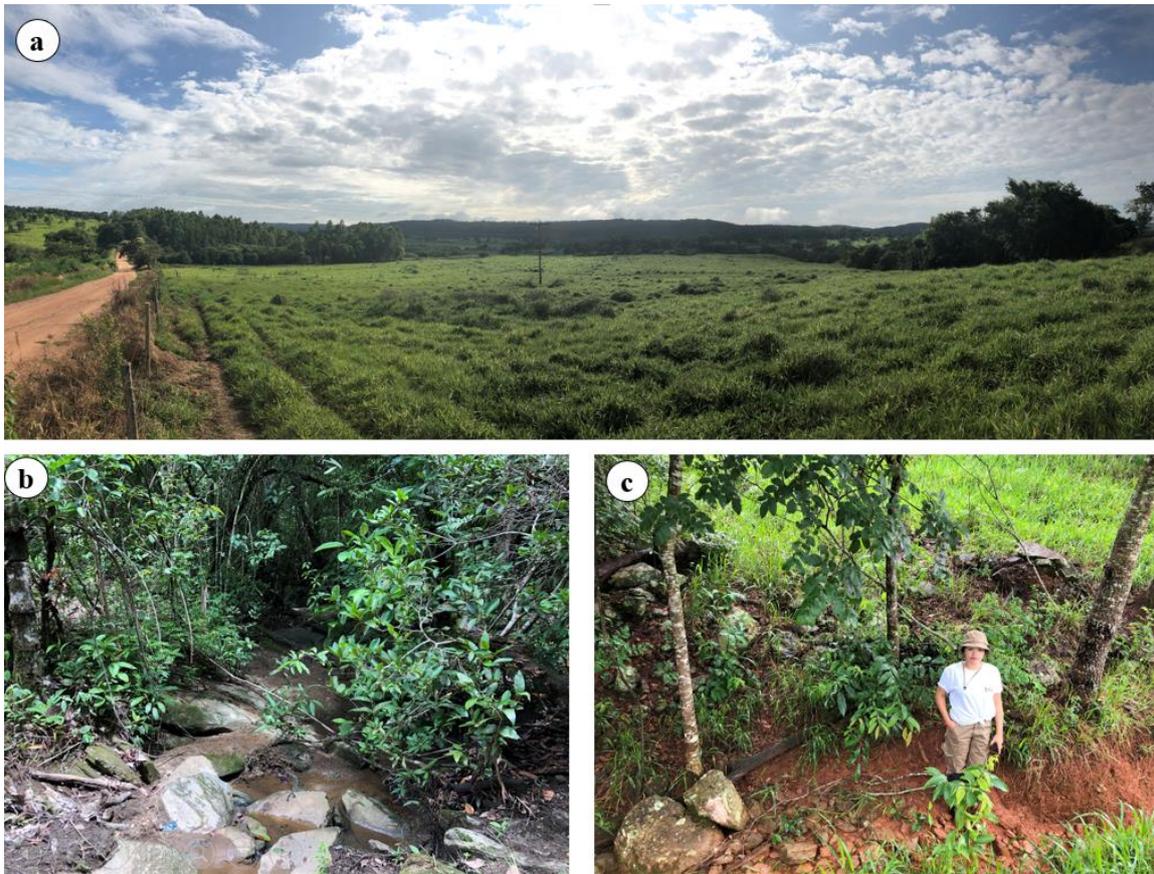
O Rio do Peixe encontra-se em rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu onde apresenta uma direção NW-SE e no decorrer da área mostra um entalhamento N-S, onde esta característica também se manifesta em rocha do Grupo Araxá.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Sob o ponto de vista da geomorfologia, a região de estudo está situada no Planalto Central Goiano, e inserida na subunidade Planalto do Alto Tocantins Paranaíba (NASCIMENTO, 2008). As feições geomorfológicas são bastantes diversificadas predominando relevos heterogêneos, com formas convexas, aguçadas e tabulares. Corresponde, portanto, ao relevo residual do ciclo de erosão Sul-Americano (MAMEDE, 1981).

As intrusões graníticas desenvolvem estruturas dômicas, com formatos circulares e ovais, cujos núcleos rebaixados são contornados por cristas e *hog-backs*, havendo ainda, entre os corpos, semelhanças altimétricas (NASCIMENTO, 2008).

A área mapeada apresenta grande diversidade em paisagens, abrangendo desde campos limpos (Fotografia 1a), presença de rios rochosos (Fotografia 2b) e terrenos íngremes e rochosos com pouca vegetação típica. (Fotografia 1c).



Fotografia 1:a) Terrenos mapeados (campos limpos); b) Florestas densas do tipo cerradões; c) Beira de estrada com vegetações típicas do cerrado brasileiro. Fonte: Autora.

2.4.PEDOLOGIA

Albano e Neiva (1994), determinaram que a área de estudo inserida na região de Santa Cruz de Goiás e Palmelo, apresenta quatro tipos principais de solos, sendo eles: a) Argissolos; b) Latossolos; c) Cambissolos e d) Solos Litólicos.

De acordo com o Mapa de Solos do Brasil, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), a área de estudo encontra-se assentada sobre solos do tipo Argissolos + Latossolos + Neossolos Litólicos.

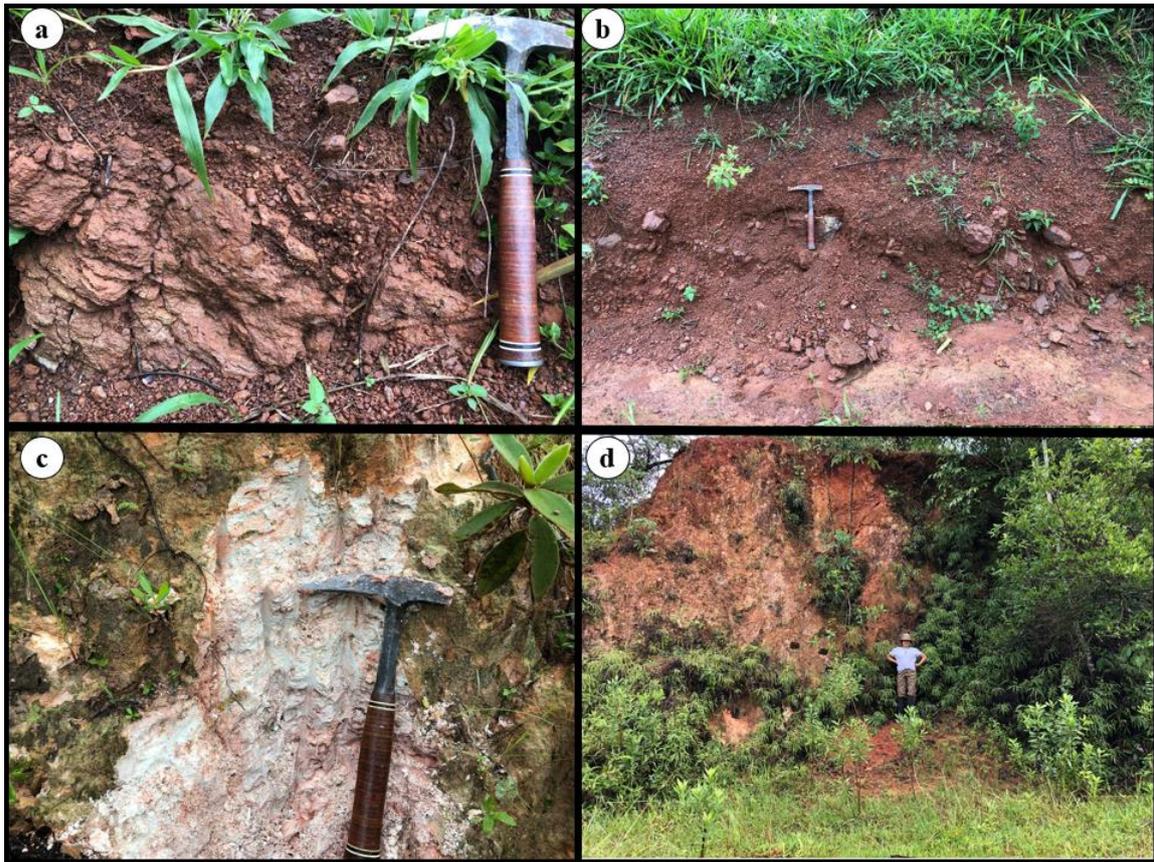
Os solos citados acima, são descritos pelo Instituto Agrônômico (IAC, 2010), ligado à secretaria de Agricultura e Abastecimentos do Estado de São Paulo, como:

A) Os Argissolos são solos minerais com fácil diferenciação entre seus horizontes, podendo ser reconhecidos em campo pelo aumento abrupto de

teores de argila em profundidade. Geralmente, ocorrem em áreas de relevo mais acidentados e dissecados, e as maiores restrições estão relacionadas a casos de susceptibilidade à erosão, devido a sua maior retenção de água nos horizontes mais argilosos.

- B) Já os Latossolos, são solos minerais homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecidos facilmente pela cor quase homogênea do solo em profundidade. Os Latossolos são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa). Em especial, os latossolos da região possuem teores de Fe_2O_3 , encontrados na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.
- C) Já os Neossolos, são solos pouco evoluídos, apresentando espessura de 20 cm, compostos por matéria orgânica ou material mineral, com fragmentos de rochas, apresentando o horizonte A assentado diretamente sobre rochas ou assentados no próprio saprólito, não ocorre um desenvolvimento bem definido do tipo horizonte B diagnóstico.

Em campo foram identificados Neossolos (Fotografia 2a e 2b) que têm horizonte A pouco desenvolvido e, logo em seguida, um saprólito, ou mesmo rocha ligeiramente intemperizada. Há, ainda, Argissolos (Fotografia 2c d 2d) desenvolvidos em rochas graníticas e, por fim. Latossolos que afloram sempre na área mais aplainada na região.



Fotografia 2: Tipos de solo na região mapeada. a) e b) Neossolo apresentando horizonte A, assentado em rochas do Grupo Araxá (Ponto 56); c) e d) Argissolo bem desenvolvido em rochas graníticas (Ponto 122). Fonte: Autora.

2.5. VEGETAÇÃO

A vegetação da área mapeada é bastante diversificada, variando de formas campestres, como os campos limpos até formações florestais densas, do tipo cerradões (cerrado *stricto sensu*). Os fatores que possibilitam essas variedades de fitofisionomias estão diretamente relacionados aos tipos de solo, clima e relevo, caracterizado como o Cerrado Brasileiro (NASCIMENTO, 2008).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas que serão descritas abaixo.

3.1. ETAPA PRÉ-CAMPO

A etapa de pré-campo teve como objetivo contribuir para o mapeamento geológico. Desta forma, o primeiro passo para compreender a geologia da área de interesse foi a busca dos levantamentos bibliográficos, abrangendo artigos, trabalhos anteriores, teses e a aquisição do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal (Folha NE), disponibilizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2018).

Foram utilizadas imagens multiespectrais Sentinel-2A, sensor SAR e órbita polar que foram adquiridas através do site *USGS - Science for a changing world*, além do uso de imagens de radar do satélite ALOS PALSAR com resolução de 12,5m, pelo sensor Prism para aquisição da imagem MDE, disponibilizado no site *AFS -Alaska Satellite Facility*.

Tanto as imagens multiespectrais como as imagens de radar, foram processadas e confeccionadas a partir dos *softwares* ENVI 5.0 e ArcGis 10.5 e a metodologia utilizada será detalhada nos próximos subtópicos a seguir.

3.1.1. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS

As imagens de satélite utilizadas nesse trabalho compreenderam as bandas do visível e do infravermelho do satélite Sentinel 2. Para o recobrimento total da área de estudo foi necessário apenas uma cena. Foi obtida a imagem (S2AMSIL1CN0400R081T22KGF), com todas as 12 bandas disponíveis.

Para o tratamento inicial da imagem Sentinel 2, foi utilizado o processador *Sen2Cor*, que é um processador responsável por executar a correção atmosférica, do terreno e qualquer erro dos dados de entrada causados por vapor de água e probabilidade de nuvens (ESA, 2022). O produto gerado por meio desse processamento são imagens JPEG, com três resoluções diferentes 60, 20 e 10m, sendo a última utilizada para a confecção dos dados do presente trabalho.

O tratamento desta imagem de satélite corrigida foi realizado por meio do *software Envi 5.2*, adotando os seguintes procedimentos da Figura 2.

As imagens selecionadas com as que apresentaram melhores resultados foram incorporadas no *software ArcMap 10.4.1*, para integrarem uma base de dados georreferenciados da área. Por meio deste *software*, foi realizado a vetorização dos lineamentos principais e a delimitação das unidades geológicas.

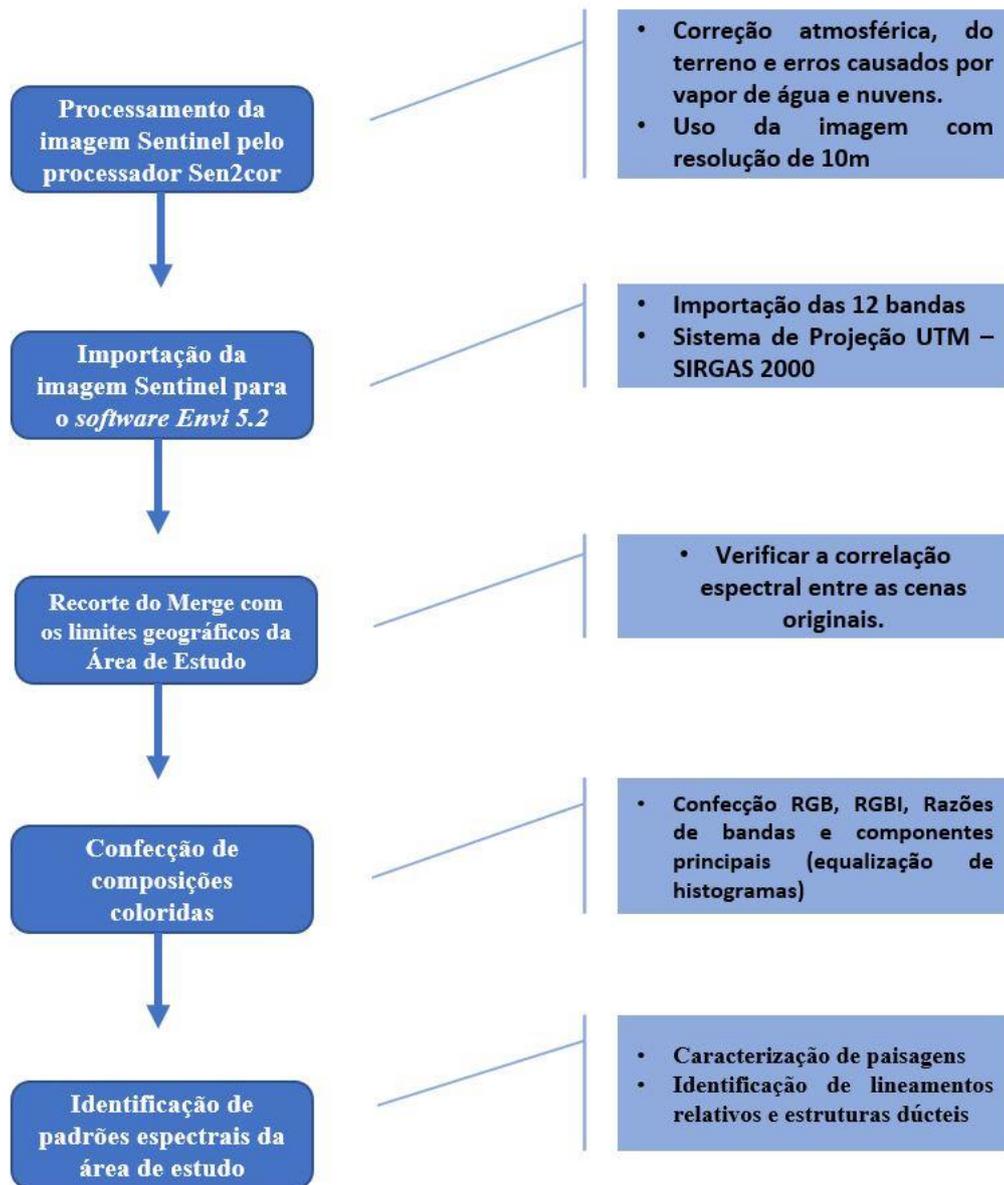


Figura 2:Caracterização do passo a passo para a elaboração das imagens coloridas de Sentinel 2. (Fonte: Autora)

Caracterização das unidades geológicas foi realizada a partir do reconhecimento de padrões espectrais que pudessem contribuir para a delimitação por meio de uma análise integrada de composições coloridas de bandas individuais e razões de bandas. A escolha das melhores composições foi feita por meio de verificação visual.

3.1.2. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS DE RADAR

Para um melhor entendimento da área, foi utilizado imageamento de radar ALOS PALSAR (imagem AP21559FBSF6830RT1) que resulta em produto com resoluções de 30m para os dados SAR, enquanto os dados DEM apresentam resolução de 12,5m por pixel.

Os dados gerados pelo sensor PALSAR, no modo de observação de alta resolução são disponibilizados em quatro níveis de processamento: 1.0, 1.1, 1.5 e ALOS PALSAR RTC (Correção Radiométrica do Terreno), os quais caracterizam o grau de correção radiométrica e geométrica (ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction, 2022).

Para que a imagem tivesse uma melhor resolução da área de estudo, foi realizado a correção radiométrica e geométrica a partir do *software ASF map Ready*. Após esse tratamento de resolução, todos os produtos gerados por esta imagem foram elaborados pelo *software Arcgis 10.4.1* (Figura 3).

A caracterização das unidades geológicas foi realizada a partir do reconhecimento de padrões lineares que pudessem contribuir para um melhor entendimento de como a geologia estrutural em escala macroscópica da área de estudo se apresenta e qual seria sua contribuição para a interpretações dos dados para a pesquisa.

Amaro e Strieder (1994) propuseram a distinções de dois tipos básicos de lineamentos que foram empregados para a interpretação dos dados, a partir dos produtos gerados pela imagem RTC, que são elas:

- a) Lineamentos tipo 1, associados a estruturas dúcteis (foliações, bandamentos gnáissicos ou lineações), desenvolvem feições geomorfológicas positivas e negativas em arranjos lineares ou curvilíneos, decorrentes de processos de erosão.
- b) Lineamentos denominados tipo 2, simbolizam estruturas frágeis (falhas, juntas, zonas de cisalhamento) configurando feições geomorfológicas negativas retilíneas decorrentes de processos de truncamento de limites geológicos.

A extração destes principais lineamentos através da interpretação visual está relacionados a estruturas principais, foi efetuada a partir de uma análise conjunta dos produtos extraídos da imagem RTC, que são imagens do modelo digital de elevação,

declividade, relevo sombreado com diferentes filtros direcionais, para uma melhor compreensão de como classificar os diferentes lineamentos da área.

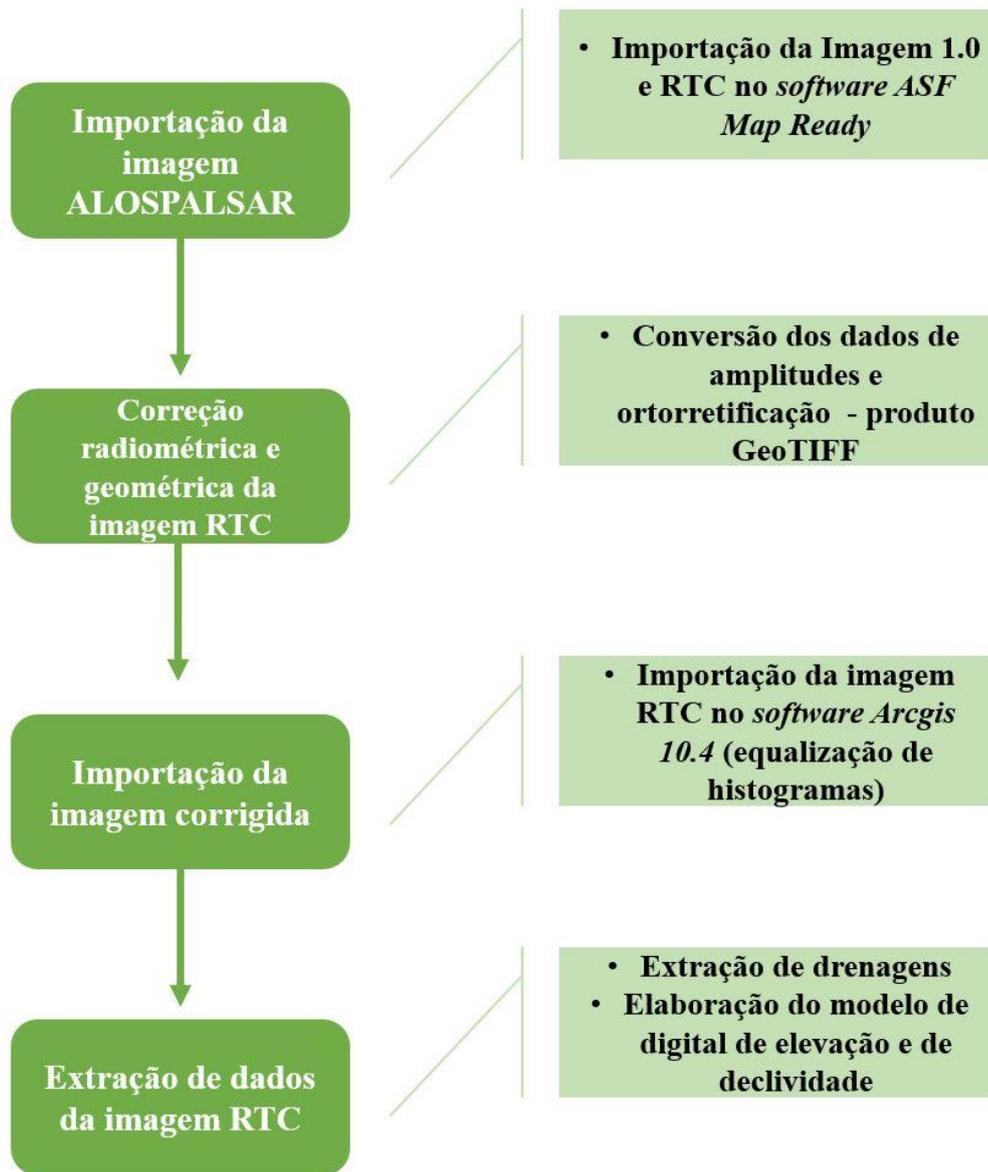


Figura 3:Caracterização do passo a passo para a o uso da imagem de radar ALOSPALSAR. (Fonte: Autora)

- **Modelo digital de Elevação**

O modelo digital de elevação é definido pelo IBGE (2022), como “*um modelo que representa as altitudes da superfície topográficas agregadas aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações*”.

A partir desta definição acima, compreende-se que o modelo digital de elevação ajuda a estabelecer padrões altimétricos da área de estudo e entender o comportamento geomorfológico pode estar relacionado com características estruturais e litológicas.

- Declividade

Segundo Embrapa (1999), a definição da classificação das declividades é descrita como classificação de elevações variando em diferentes altitudes, com a finalidade de quantificar a ocorrência em relação à elevação e o declive do terreno. A Tabela 1 apresenta a classificação apresentada pela classe de declividade do Embrapa (1979)

Tabela 1:Distribuição das classes de declividade Embrapa (1979).

Terreno	Porcentagem
Suave	0-3%
Suave ondulado	3-8%
Ondulado	8-20%
Forte -Ondulado	20-45%
Montanhoso	45-75%
Forte-montanhoso	>75%

- Relevo Sombreado

A definição de relevo sombreado segundo o suporte *Esri* é a seguinte “*A iluminação hipotética de uma superfície de acordo com um azimute e altitude especificados para o Sol. O relevo sombreado cria um efeito tridimensional que fornece uma sensação de alívio visual para a cartografia e uma medida relativa da luz incidente para análise*”.

Desta forma, foram feitos diferentes testes de azimute e altitude para compreender melhor a análise estrutural da área de interesse e classificar quais são os dados como lineamentos do tipo 1 e do tipo 2.

3.2.ETAPA CAMPO

A etapa de campo ocorreu em duas etapas, nos dias 24 e 26 de outubro de 2019 e entre 27 de janeiro e 04 de fevereiro de 2020, efetuando o mapeamento litoestrutural na escala 1:40.000, em um polígono de aproximadamente de 320 km².

Foram descritos 173 pontos (Anexo I), coletando informações das coordenadas em Universal Transversa de Mecator - UTM, por meio do GPS (Garmin eTrex 10), medidas estruturais, como foliação e lineação, utilizando-se a bússola *Clar* e a caracterização dos litotipos em escala de afloramento, além de amostragem de rochas e registro fotográficos dos afloramentos.

3.3.ETAPA PÓS-CAMPO

Na etapa pós-campo foram confeccionadas seis lâminas delgadas representativas das unidades mapeadas para análises petrográficas, como a identificação mineralógica, feições microestruturais e paragêneses mineral. Além da confecção do relatório contendo fotografias, os tratamentos dos dados coletados em campo visando a interpretação da geologia da área de estudo e por fim, a confecção do mapa geológico em um Sistema de Informação Geográfico - SIG integrando todas as etapas descritas acima.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

4.1. ESTRATIGRAFIA

4.1.1. ASSOCIAÇÃO ORTOGNAISSICA MIGMATÍTICO

A associação ortognáissica migmatítica é composta por metatonalitos, metatonalitos aluminosos, metagranitos, metagranodioritos e migmatitos com relictos de rochas supracrustais, que gradam lateralmente para gnaisses quartzo-feldspáticos migmatizados. Essa gradação sugere fusão parcial de intensidade diferenciada a partir dos gnaisses paraderivados pertencentes ao Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu (OLIVEIRA, 1994; LACERDA FILHO E OLIVEIRA, 1995).

A unidade descrita acima ocorre em faixas alongadas ou corpos isolados, intercalados com rochas do Complexo Anápolis-Itaçu, na porção mais NE da cidade de Santa Cruz de Goiás e Pires do Rio.

Marini *et al.* (1984) descrevem essa sequência de rocha como sendo de idade arqueana e estaria associada ao Ciclo Jequié. Por outro lado, Tassanari (1988) descreve essa mesma unidade como sendo um processo de migmatização que ocorreu no Paleoproterozoico.

4.1.2. COMPLEXO GRANULÍTICO ANAPÓLIS- ITAÇU

O Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu compreende um conjunto de rochas gnáissicas de alto grau metamórfico, que ocorrem na porção sudeste do Estado de Goiás. Associados ao retrometamorfismo dos granulitos e ocasionando uma diminuição nas temperaturas de metamorfismo, envolvendo lentes de anfibolitos e estão superpostos tectonicamente com os metassedimentos do Grupo Araxá (OLIVEIRA, 1994).

O Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu é caracterizado como sendo um domínio de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos, do embasamento cristalino e denominado como Complexo Crustal (BARBOSA *et al.*, 1966) ou Complexo Goiano (MARINI *et al.*, 1984). Lacerda Filho e Oliveira (1985), caracterizaram essa mesma unidade como sendo de idade paleoproterozoica.

4.1.3. SEQUÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR MARATÁ

A sequência metavulcano-sedimentar Maratá, em associação com as faixas Indianópolis, Palmeirópolis, Rio Veríssimo, Silvânia e Rio do Peixe, formam um grande conjunto de rochas metavulcano-sedimentares (LACERDA Filho, 2000).

A sequência Maratá é constituída por anfibolitos, xistos e lentes de quartzo e se estende entre as regiões de Pires do Rio até o sul de Ipameri (PIMENTEL *et. al.*, 1995). Barbosa *et. al.* (1966) atribui esta sequência como pertencente à base do Grupo Araxá. Essas rochas são interceptadas pelo granito sintectônico Maratá (LACERDA Filho *et. al.*, 1995). Segundo Leonardos *et.al.* (1990), importantes mineralizações auríferas (Urutaí, Santa Cruz de Goiás, Ipameri) desenvolvem-se em zonas de cisalhamento e em associação a sequência metavulcano-sedimentar Maratá de idade mesoproterozoica.

4.1.4. GRANITO SIN A TARDITECTÔNICO DO TIPO RIO PIRACANJUBA

Os granitos do tipo Rio Piracanjuba, são descritos como sendo de composição granítica a tonalítica, pertencentes a uma série de granitoides crustais porfiríticos, e estão espacialmente distribuídos na porção centro-sul do Estado de Goiás, entre a região de Santa Cruz de Goiás e Urutaí (LACERDA Filho e OLIVEIRA, 1995).

Segundo Tassinari *et.al.* (1981), esta unidade é representada por metagranitos, metadioritos e metatonalitos que geralmente ocorrem intrudindo, discordantemente, as rochas metamórficas regionais ao longo de zonas de cisalhamentos dúcteis. Via de regra, estas rochas exibem indícios de deformação tais como, milonitização, formas estiradas de plútons e bandamentos composicionais (LACERDA Filho e OLIVEIRA, 1995). Tassinari *et. al.* (1981), classificou esta unidade como sendo de origem crustal e datada de 1,3 a 0,7 Ga.

4.1.5. GRUPO ARAXÁ

O Grupo Araxá tem se mostrado como uma das unidades estratigráficas mais controversas da região central do Brasil (ALBANO e NEIVA, 1994), sendo classificado e subdividido em Araxá A e B, por Barbosa *et.al.*, (1967, 1970).

Segundo Dardenne (2000) o Grupo Araxá A é composto por: (i) quartzito micáceo; (ii) micaxisto; (iii) paragnaisses com biotita e hornblenda; (iv) pequenas lentes localizadas de mármore dolomítico. A unidade B, por outro lado, é composta

essencialmente por: (i) xistos, (ii) lentes de metacalcários; (iii) quartzitos micáceos; e, (iv) lentes de anfíbolito.

4.1.6. GRANITOÍDE SINTECTÔNICO DO TIPO IPAMERI

Lacerda Filho *et al.* (1995) classificam os granitoídes sintectônicos do Tipo Ipameri como uma série de plútons graníticos milonitizados. Ainda conforme os autores na região há quatro tipos de granitos descritos como: (i) granito Maratá; (ii) granito Encruzilhada; (iii) granito Sesmária e (iv) granito Tambu (LACERDA Filho, 2000).

Pimentel *et al.* (1997) ressalta entre as principais características destes granitos, o fato de: (i) serem sintectônicos, em relação as principais deformações crustais do Grupo Araxá; (ii) ocorrerem intrudindo e encaixando, principalmente, os metassedimentos do Grupo Araxá; (iii) exibindo um caráter ácido metaluminoso a peraluminoso; (iv) hospedando mineralizações de cassiterita e, (v) posicionados em zonas miloníticas.

4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Segundo Klein (2008), a área de estudo encontra-se em um sistema de empurrões que ocorreu durante uma fase de compressão regional, derivada de dois eventos deformacionais dúctil a dúctil-rúptil (D1 e D2) em regime cisalhante simples, associados ao Ciclo Brasileiro. O mesmo autor associa que estes eventos deformacionais afetaram principalmente as superfícies primárias (S0) caracterizadas nos quartzitos e xistos do Grupo Araxá. Já as rochas granitoides apresentaram como consequência destes eventos de deformação formatos alongados preferencialmente na direção N-S, mostrando caráter milonítico em suas bordas (D'EL-REY *et al.*, 1999).

Segundo Martins e Roesner (1986), o embasamento da área de estudo encontra-se polideformado com intrusões de granitos que perturbam foliações pretéritas. Os autores descrevem que o Complexo Anapólis-Itaçu apresenta duas principais fases de deformação, sendo que a primeira é caracterizada por dobramentos isoclinais com plano axial em atitude N40W/75NE e eixo 30N10W e posteriormente a segunda é marcada pelo desenvolvimento de fraturas dúcteis com direção N70E/N70W que truncam a foliação.

4.3. ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO

A Faixa Brasília foi proposta por Fuck *et al.* (1994) como um extenso sistemas de dobramentos neoproterozóico compartimentada em duas zonas que são: i) FBM - Faixa Brasília Meridional, também chamada de Zona Interna, que é caracterizada por um

domínio de rochas do Grupo Araxá e por unidades alóctones de micaxistos e associações vulcanosedimentares; e (ii) FBS Faixa Brasília Setentrional, também conhecida como Zona Externa, que contorna o Cráton São Francisco, representada por um grande domínio de rochas do Grupo Paranóia, Canastra e Ibiá, estruturadas em dobras e falhas, por empurrões, colocando as rochas mais antigas, sobre unidades mais novas (FONSECA E DARDENNE, 1995).

A província Tocantins pode ser localizada entre os estados de Goiás, Tocantins e Mato Grosso, em maiores proporções, nos estados de Minas Gerais e Pará. Observa-se também que é uma unidade geotectônica representada por um cinturão móvel que evoluiu do Meso ao Neoproterozóico, deformado às margens do Cratón São Francisco, sobre um embasamento constituído por terrenos graníticos paleoproterozóicos e afetados por um processo de dobramentos neoproterozóicos (DARDENNE, 2000), como pode ser observado na Figura 4.

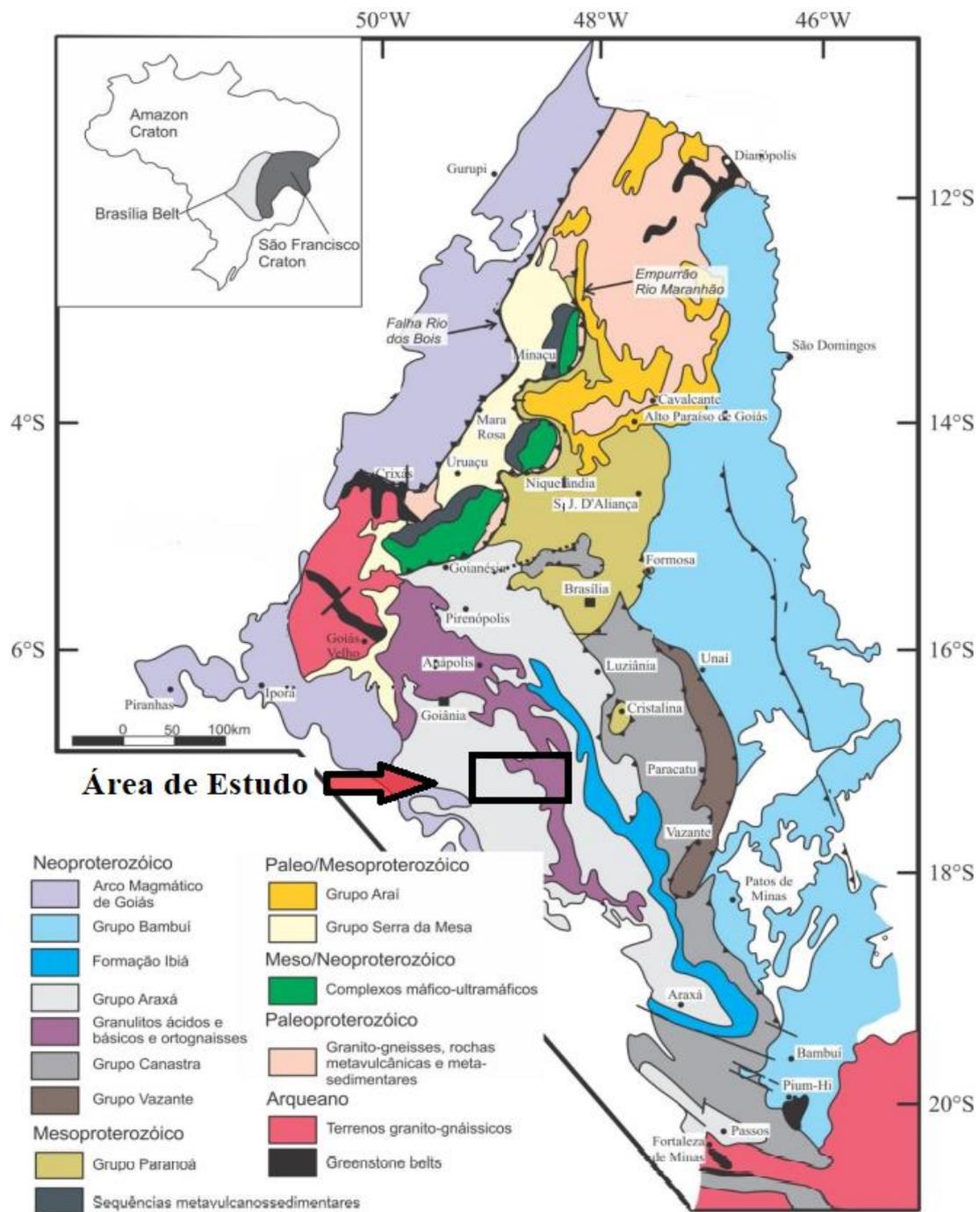


Figura 4: Arcabouço Geológico da Faixa Brasília mostrando a área enfoque estudada. Fonte: Dardenne (2000).

5. SENSORIAMENTO REMOTO

O objetivo deste capítulo é apresentar os procedimentos e os resultados obtidos a partir do processamento digital das imagens multiespectrais e de radar por meio das técnicas de sensoriamento remoto. Esses estudos foram desenvolvidos em três etapas principais.

- a) Verificação dos padrões espectrais em composições coloridas que permitissem uma correlação com as principais unidades litológicas presentes na área de estudo.
- b) Interpretação visual sistemática de lineamentos relacionados aos eventos de deformação.
- c) Análise das principais composições coloridas com o apoio em modelo digital de elevação e imagens de radar ALOS PALSAR.

O uso dos dados de composição espectrais para delimitação das unidades deve ser baseado na experiência do intérprete sobre os tratamentos empregados, nas características de reflectância espectral do terreno e no reconhecimento de campo, assim relacionar as características de forma, tamanho, orientação e densidade textural dos lineamentos (CUNHA, 2007).

5.1. PRODUTOS GERADOS A PARTIR DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS SENTINEL 2.

Conforme foi explicado no tópico 3.1.1, duas metodologias foram aplicadas para gerar produtos que possam auxiliar no reconhecimento de padrões espectrais, sendo elas a composição colorida RGB das bandas individuais e a composição colorida RGB a partir da matemática de bandas.

5.1.1. Composição Colorida RGB

Diversos conjuntos de composição colorida RGB foram testados, onde duas auxiliaram para a interpretação visual e nas descrições das feições resultantes desta composição, onde cor, tonalidades, texturas, formas e tamanhos ajudaram a compreender a geomorfologia, drenagens, vegetação da área e definir possíveis zonas homologas.

- Composição de bandas RGB-432

A composição cor real da área de estudo teve como fonte as bandas 4, 3 e 2 do satélite Sentinel, sendo que o uso da composição RGB-432, foi possível a visualização de feições de relevo, o encaixe das drenagens (Figura 5), além de permitir uma razoável interpretação dos possíveis limites de zonas homologas caracterizadas por diferentes texturas, cores e formas.

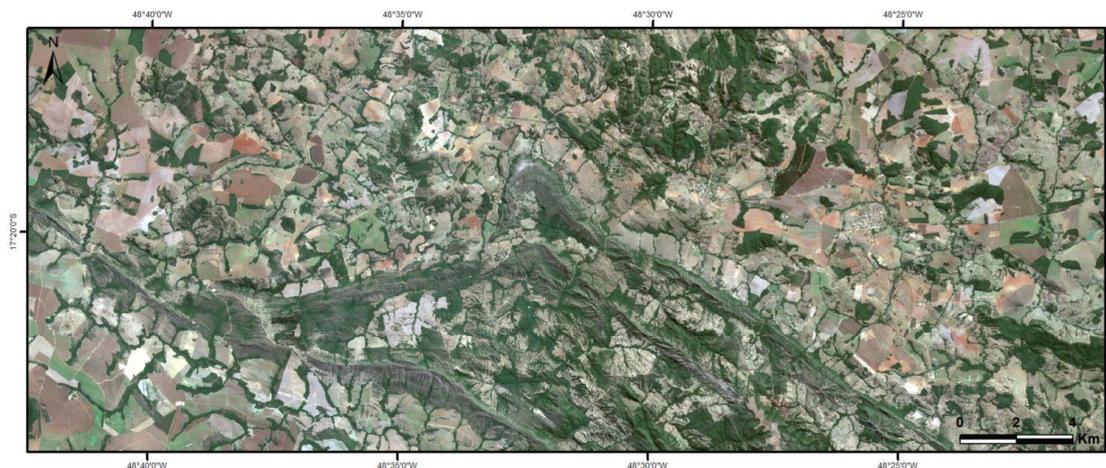


Figura 5: Composição de bandas coloridas RGB – 4-3-2, satélite Sentinel 2. Fonte: Autora

Outra caracterização marcante da área de estudo observada na composição RGB-432, é o detalhamento das principais drenagens com sentidos diversos de lineamentos estruturais, que podem ser observados em texturas mais rugosas e entalhadas, classificando como áreas de menos planares e elementos menos rugosos como áreas mais planares da área de interesse.

- Composição de bandas RGB - 8114

A composição falsa-cor (NDVI) realizada para área de estudo teve como fonte as bandas 8, 11 e 4 do satélite Sentinel, sendo que o uso da composição RGB-8114 (Figura 6), foi possível melhorar a visualização das diferentes feições existentes na área e ainda identificar os diferentes tipos de uso do terreno da área.

O NDVI, possibilita a determinação do índice de vegetação, ou seja, funciona como uma leitura da reflectância nas bandas do infravermelho próximo e vermelho, deste modo, apresenta de uma maneira geral a reflectância das folhas, portanto quando mais verde maior sua reflectância. Possibilitando assim o monitoramento da quantidade de biomassa das culturas (FONTANA *et al.*, 2019).

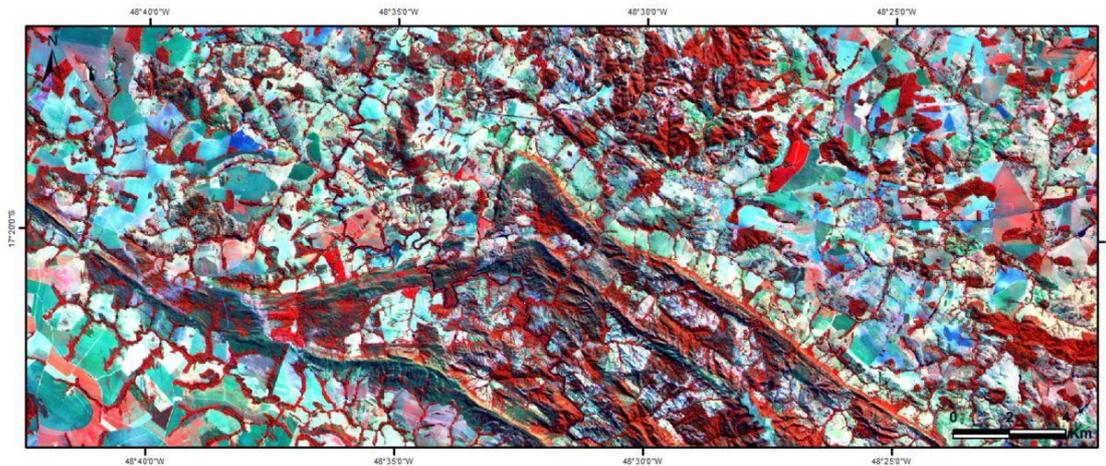


Figura 6: Composição de bandas coloridas RGB – 8-11-4, satélite Sentinel 2. Fonte: Autora

A combinação destas bandas, baseadas no método de classificação e interpretação visual, fez-se a descrição de categorias temáticas de vegetações que pode ser apresentado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Principais categorias temáticas de interpretação visual da composição RGB-8114. Fonte: Autora

Categorias Temáticas	Descrição
Vegetação Natural	A vegetação natural da área de estudo é classificada como típicos campos limpos e florestas densas do Cerradões brasileiros, desta forma foi possível diferenciar a partir da textura, rugosidade e cor. O Cerrado sentido campos limpos com pouca vegetação nativa apresentam tons vermelhos claros a laranjas, onde é possível notar rugosidade e textura média a lisa, formas mais regulares e não muito densas. Já o Cerrado típico de florestas mais densas apresenta coloração vermelho escuro em razão a cobertura total do solo, textura rugosa, formas menos regulares, além de estarem presentes contornando as drenagens da área.
Pastagem	A unidade de solo com cobertura de pastagens apresenta uma tonalidade esbranquiçada variando de verde-claro a azul, onde está relacionada diretamente com o número de vegetação típica de pastagens.
Corpos d'água (Drenagens)	Possui uma cor tons pretos, não apresenta um tamanho específico pois este depende da quantidade de corpo d'água presente, muitas vezes apresentam tamanhos curvilíneos e irregulares.

5.1.2. Composição Colorida RGB a Partir da Matemática de Bandas

As técnicas de razões de bandas são normalmente utilizadas para a manutenção dos valores de brilho relacionados à topografia gerando uma melhor distinção entre

diferenças espectrais dos alvos e por isso são muito empregadas visando o mapeamento geológico (MARINO E TIBALDI, 1988).

A seleção das bandas está diretamente ligada a assinatura espectral eletromagnético das bandas Sentinel-2 (Figura 7), desta forma ao serem utilizadas no numerador e no denominador da razão possibilita o realce de diferenças nas radiâncias correspondentes à presença de materiais específicos da curva de assinatura espectral de alguns alvos.

Intervalos do espectro eletromagnético das bandas Sentinel-2 utilizadas		
Banda	Intervalo espectral (nm)	Posição espectral (nm)
B2	458–523	490
B3	543–578	560
B4	650–680	665
B5	698–713	705
B6	733–748	740
B7	773–793	783
B8	785–900	842
B8A	855–875	865
B11	1565–1655	1610
B12	2100–2280	2190

Figura 7: Parâmetros de assinatura eletromagnética das bandas Sentinel-2. Fonte: Deodoro *et al.* (2020).

Os dados utilizados para realizar a matemática de bandas foram baseados no trabalho de Deodoro *et al.* (2020), onde parâmetros para classificar dados espectrais do solo que foram capazes de discriminar a textura de areia, silte e argila (Figura 8). Desta forma, as bandas que tiveram melhores respostas para essas texturas foram utilizadas para compreender quais seriam as características litológicas da área de estudo.

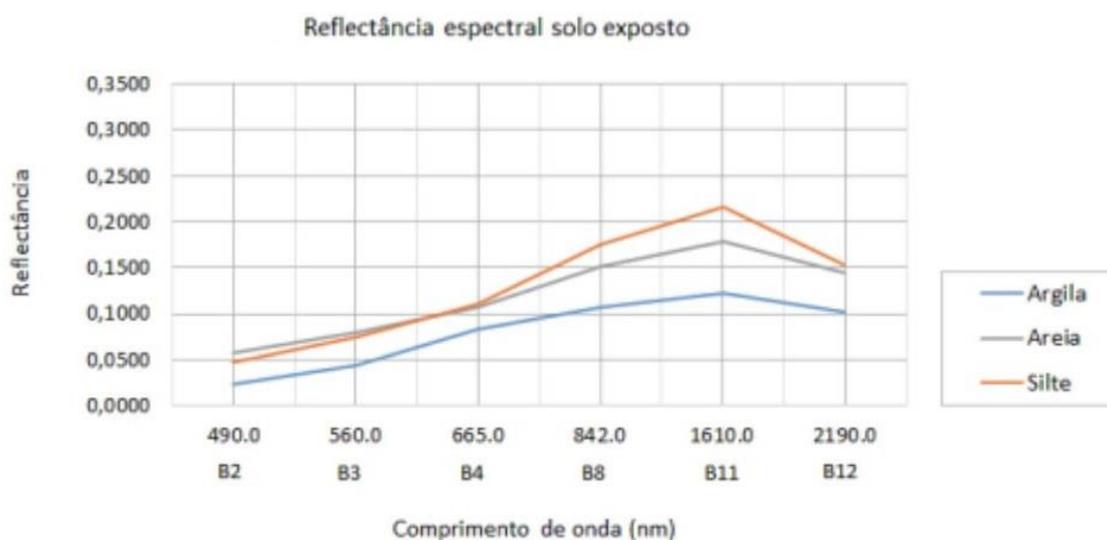


Figura 8: Respostas espectrais obtidas a partir de imagens Sentinel-2, conforme a classe textural. Fonte: Deodoro *et al.* (2020).

- Composição Matemática de Bandas RGB 4/3-8/12-2/5.

A composição RGB da matemática de bandas 4/3-8/3-2/5 (Figura 9) foi baseada na resposta espectral da areia onde sua composição na maioria das vezes tem quartzo, desta forma foi utilizado para obter uma caracterização das possíveis unidades quartzosas da área de estudo.

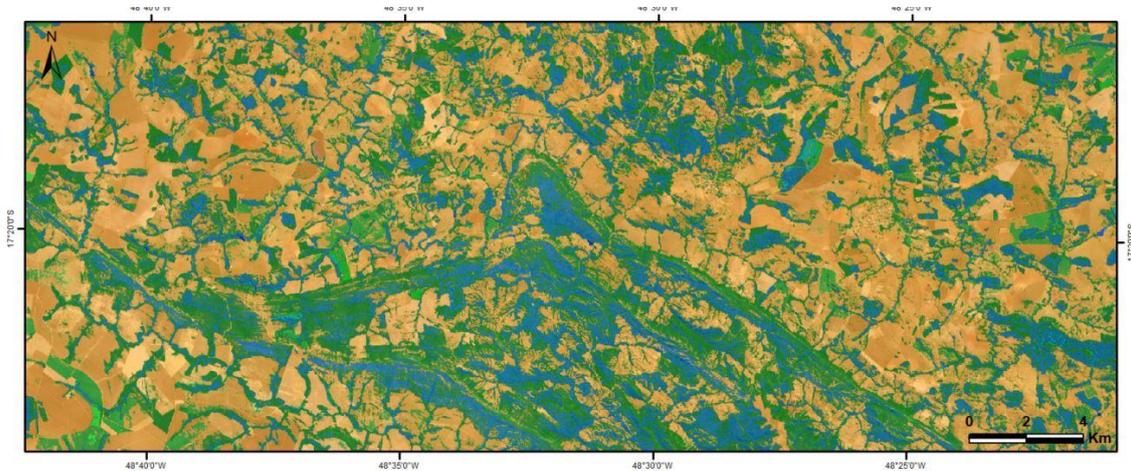


Figura 9: Composição RGB 4/3 – 8/12 – 2/5, ressaltando as principais respostas espectrais quartzosas. Fonte: Autora.

As principais características notadas é as diferentes tonalidades de cores azuis e em alguns pontos azuis esverdeados, levando em consideração que a área de estudo apresenta como litologias quartzitos, granitos e gnaisses a composição apresenta uma resposta positiva, levando em consideração a interpretação de diferentes texturas e feições da área de interesse apresentaram um mesmo padrão.

- Composição Matemática de Bandas RGB 5/4-3/2-7/5

A composição RGB da matemática de bandas 5/4-3/2-7/5 (Figura 10) foi baseada na resposta espectral dos óxidos de ferro, como hematita e goetita, onde a resposta espectral atuam principalmente no intervalo de 400 e 750nm (VITORELLO e GALVÃO, 1996).

Desta forma, sua presença causa uma absorção nesta faixa espectral o que pode ser correlacionado a absorção de mais energia e diminuindo assim a intensidade de reflectância. As bandas que apresentam está faixa de resposta espectral que apresentaram um resultado satisfatório foram as bandas 2, 3, 4, 5 e 7.

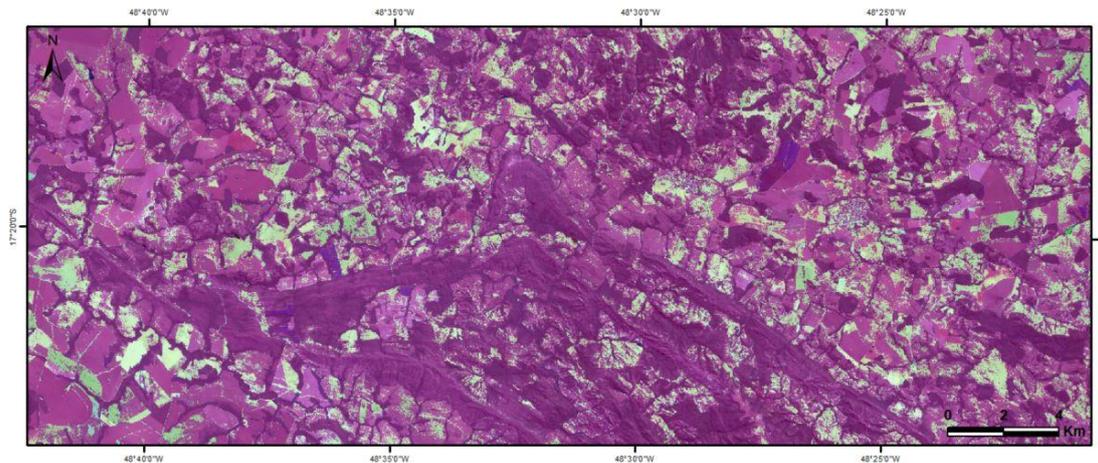


Figura 10: Composição RGB 5/4 – 3/2 – 7/5, ressaltando as principais características da resposta espectral de óxidos de ferro. Fonte: Autora

Analisando o produto gerado a partir da composição RGB das matemáticas de bandas para óxidos de ferro é representada pela variação de tonalidades verdes, onde é possível fazer a correlação de áreas próximas a drenagens, por consequência disso, as rochas estão mais expostas ao intemperismo.

5.2. PRODUTOS DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE RADAR ALOS PALSAR

Conforme foi explicado no tópico 3.1.2, foram aplicados três tipos de metodologias para gerar produtos que possam auxiliar no reconhecimento da altimetria do terreno, a descrição da declividade e do relevo sombreado.

5.2.1. Modelo Digital de Elevação

A confecção do modelo digital de elevação ajudou a compreender e a estabelecer os diferentes padrões altimétricos da área de estudo, além de associar o comportamento geomorfológico aos diferentes padrões estruturais e litológicos.

O modelo digital de elevação foi confeccionado a partir de curvas de 25 metros, para ser detalhado e compreendido quais os patamares de terreno mais planares e mais íngremes presentes na área mapeada. O intervalo de elevação altimétrica da imagem de rede triangulada foi entre os intervalos de 75m entre as paletas de cores utilizadas (Figura 11).

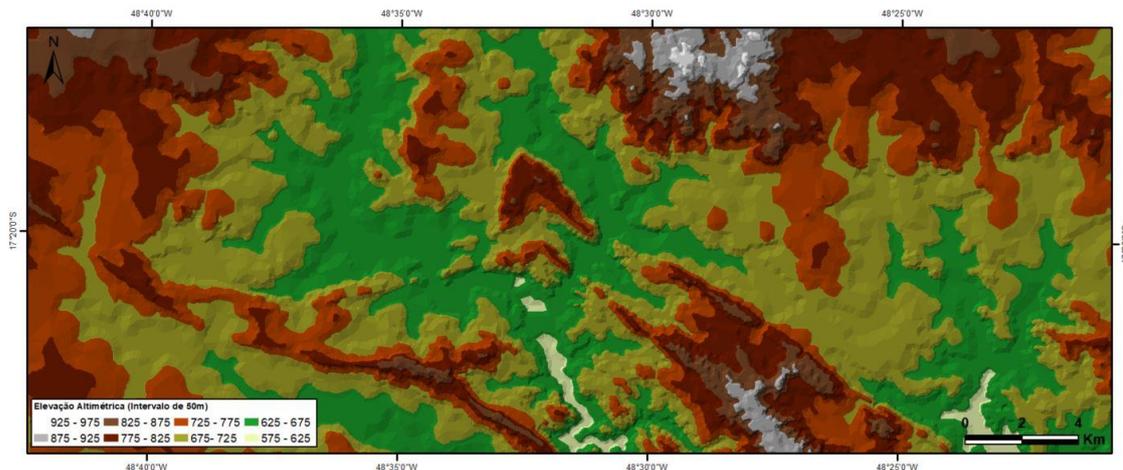


Figura 11: Elevação Altimétrica gerada pela ferramenta Tin no *Arcmap 10.4.1*. Fonte: Autora.

O produto gerado apresenta como nível mais alto área com cerca de 975 metros, onde pode-se notar áreas ao norte central da área de interesse que também apresentam uma característica de mudança de paleta de cores variando até 775 metros.

Representando a média da elevação altimétrica, nota-se que apresenta cerca de 725 a 625 metros distribuídas praticamente em quase todas as direções e sentidos da área mapeada. Vale ressaltar que a área é marcada por diversas drenagens o que muitas vezes justifica as diferentes elevações altimétricas.

5.2.2. Declividade

A confecção do modelo de declividade da área de estudo, teve como finalidade compreender a relação da elevação e o declive do terreno. A figura 12 representa o produto gerado a partir da imagem RTC, por meio do software *ArcMap 10.4.1*.

Como foi descrito no tópico 3.1.2, para gerar as classificações da declividade da área foi utilizado a divisão das classes de porcentagem de declividade da Embrapa (1999), desta forma observou-se que o polígono de estudo apresenta porções variantes entre 3% e 45% de declive.

As porções que apresentam as menores porcentagens são representadas por terrenos suaves e suaves ondulados (cerca de 3% até 8%), podendo ser representados pelas tonalidades de verdes mais intensas e cobrem cerca de grande parte da área de estudo.

Os terrenos com classificação de ondulado e forte-ondulado são representados pelas maiores porcentagens da área de interesse (entre 20% até 45%), e são observados em tonalidades de verdes e laranjas mais claros.

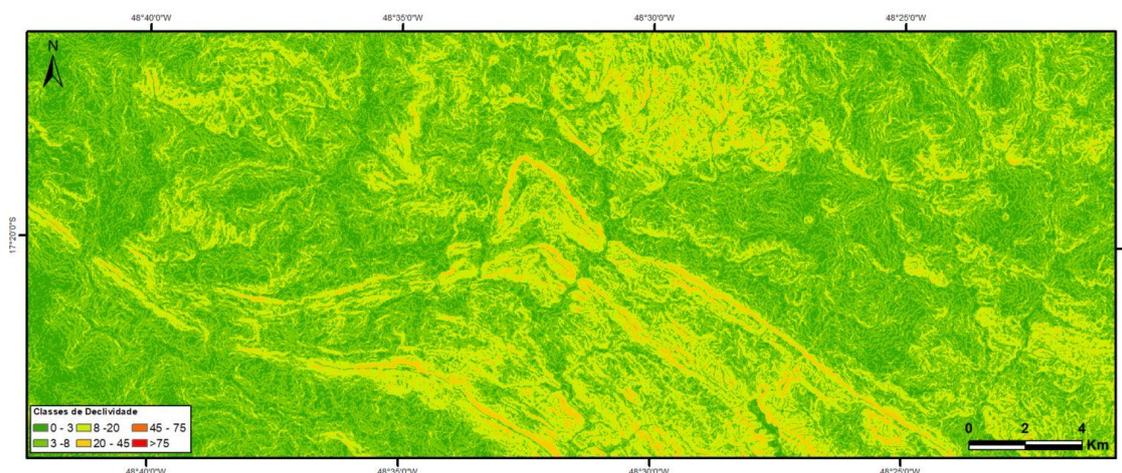


Figura 12: Modelo de declividade gerada pela ferramenta *Slope ArcMap 10.4.1*. Fonte: Autora.

A correlação entre os produtos gerados a partir do modelo digital de elevação e modelo de declividade apresentam uma grande importância para compreender as diferentes feições e texturas que foram observadas nas figuras de imagens multiespectrais confeccionadas para definir as principais zonas homologas com os elementos declives e altitudes.

5.2.3. Relevo Sombreado

Para compreender o comportamento hipotético da superfície estrutural da área de estudo, foram realizados diferentes testes de azimutes e altitude para identificar os diferentes lineamentos gerados pelo produto do relevo sombreado.

Os respectivos azimutes e altitudes utilizadas para uma melhor compreensão da área foram: 320/45 - 210/ 60 e 270/30, como pode ser observado na Figura 13.

Como foi descrito no tópico 3.1.2. a interpretação destes dados são a partir das formas de dois tipos de lineamentos, onde o primeiro está associado estruturas dúcteis como foliações, bandamentos ou lineação. Já o segundo representa estruturas rúpteis como falhas, juntas e zonas de cisalhamento. Desta maneira, foram vetorizados os principais lineamentos gerados pelos produtos do relevo sombreado.

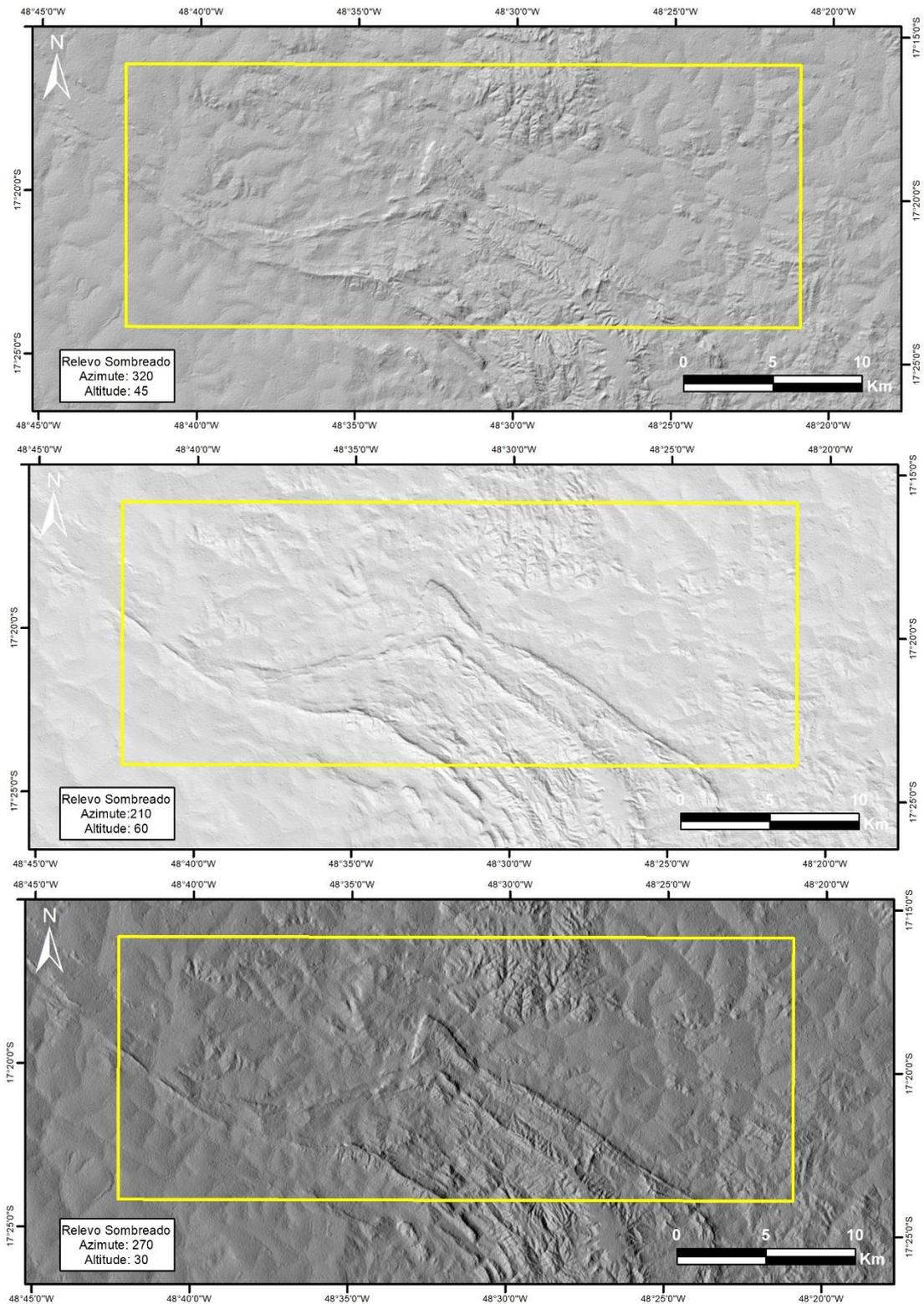


Figura 13: Figuras do relevo sombreado gerada a partir da ferramenta *Hill Shade* no *ArcMap 10.4.1* com os principais azimutes e altitudes da área de estudo. Fonte: Autora.

5.3. INTERPRETAÇÃO E VETORIZAÇÃO DOS DADOS A PARTIR DOS PRODUTOS GERADOS

As interpretações dos dados são correspondentes as diferentes tonalidades de cor, presença de vegetação ou a falta dela, textura de rugosidade dos relevos observados na imagem de satélite e padrão de drenagens. Além do uso das respostas espectrais dos produtos RGB gerados pela matemática de bandas, as quais foram relacionadas a composição das possíveis rochas da área de estudo.

A partir destas interpretações a área de estudo foi classificada em sete zonas homólogas que podem ser observadas na Figura 14.

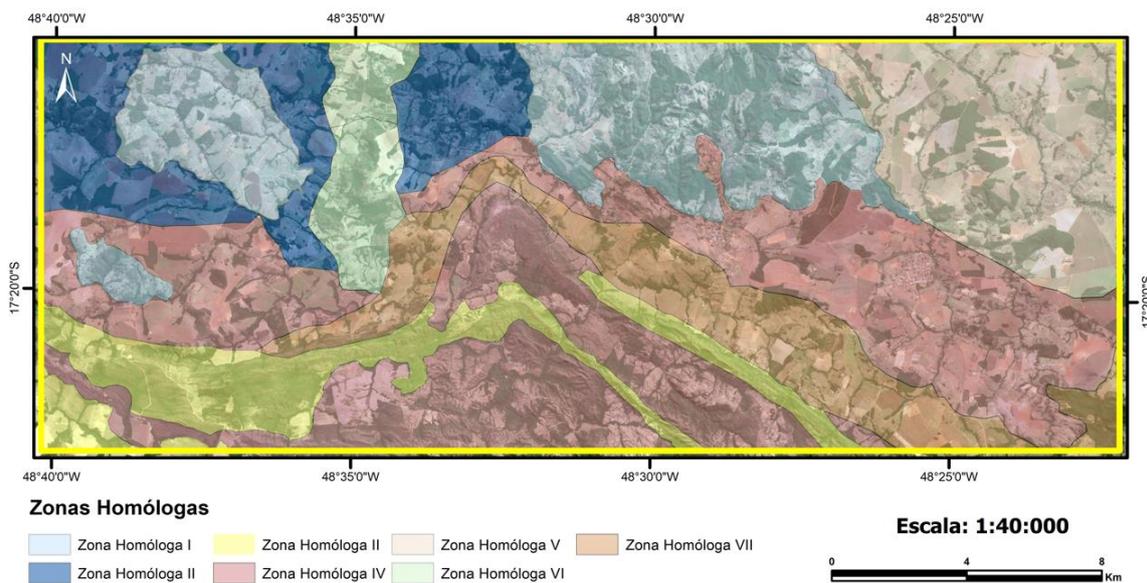


Figura 14: Fotointerpretação das principais zonas homólogas a partir da compilação e interpretação dos dados de sensoriamento remoto da área de interesse. Fonte: Autora.

A interpretação dos dados ALOS PALSAR foi de suma importância para compreender grande parte das feições lineares da área e a correlação com as principais foliações principais da área a partir dos dados do relevo sombreado.

Na Figura 15 é possível observar os principais lineamentos do tipo 1, onde apresentam arranjos lineares e levemente curvilíneos e lineamentos do tipo 2 interpretados como feições retilíneas podendo ser gerados por uma zona de cisalhamento ou truncamento de limites geológicos.

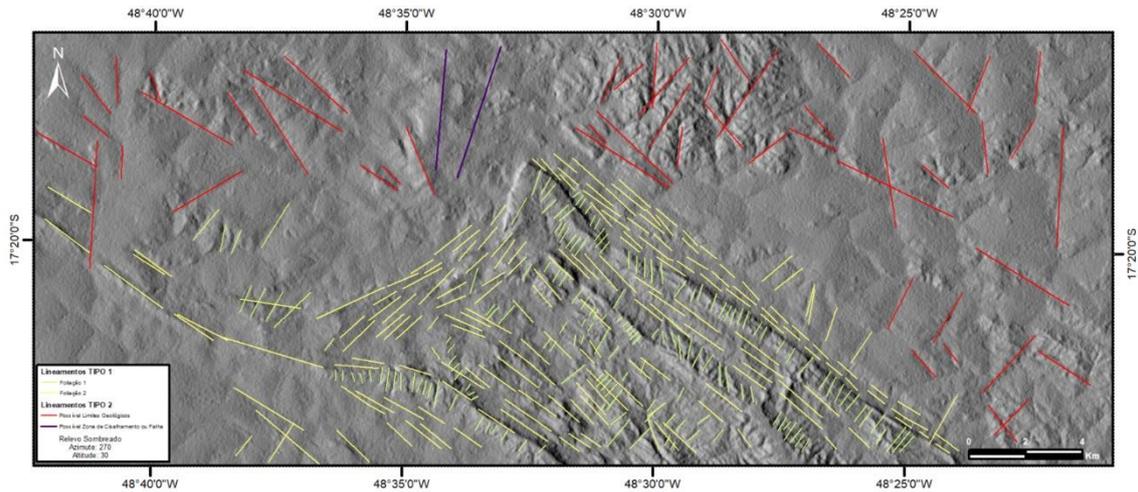


Figura 15: Interpretação dos principais lineamentos do tipo 1 e tipo 2 da área de interesse. Fonte: Autora.

Por fim, a integração dos dados do sensoriamento remoto permitiu a geração de uma base pré-campo que teve suma importância para o estudo e a interpretação das principais feições geomorfológicas que estão diretamente ligadas a litoestrutural da área, que possibilitou a definição de pontos estratégicos para o estudo e interpretação do campo e pós campo.

6. ESTRATIGRAFIA E LITOLOGIA

Neste capítulo serão apresentadas as descrições das unidades cartografadas no mapeamento geológico.

Para a descrição das unidades foram utilizados os dados coletados em campo, em escala de afloramento, bem como a análise petrográfica de seis lâminas delgadas representativas da área de estudo.

As unidades descritas foram divididas como: Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu, sequência metavulcano sedimentar Maratá, granito Rio Piracanjuba, rochas pertencentes aos Grupo Araxá e granito Maratá. Com a junção das informações geradas, foi possível elaborar um mapa geológico em escala 1:40.000 (Anexo 2).

6.1. COMPLEXO GRANULÍTICO ANAPÓLIS-ITAUÇU

O Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu abrange cerca de 30% da área mapeada aproximadamente 98km² do espaço sendo formado por ortognaisses e gnaisses. As rochas afloram na forma de lajedos que são mais bem observados em drenagens, ou em blocos de dimensões decimétricas a métricas dispersos pela área. Grande parte das rochas estão intemperizadas, com coloração vermelha-amarelado, o que impossibilita a definição dos limites na escala mapeada.

De forma geral, as rochas deste complexo estudado apresentam, em sua composição modal, os minerais quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e granada.

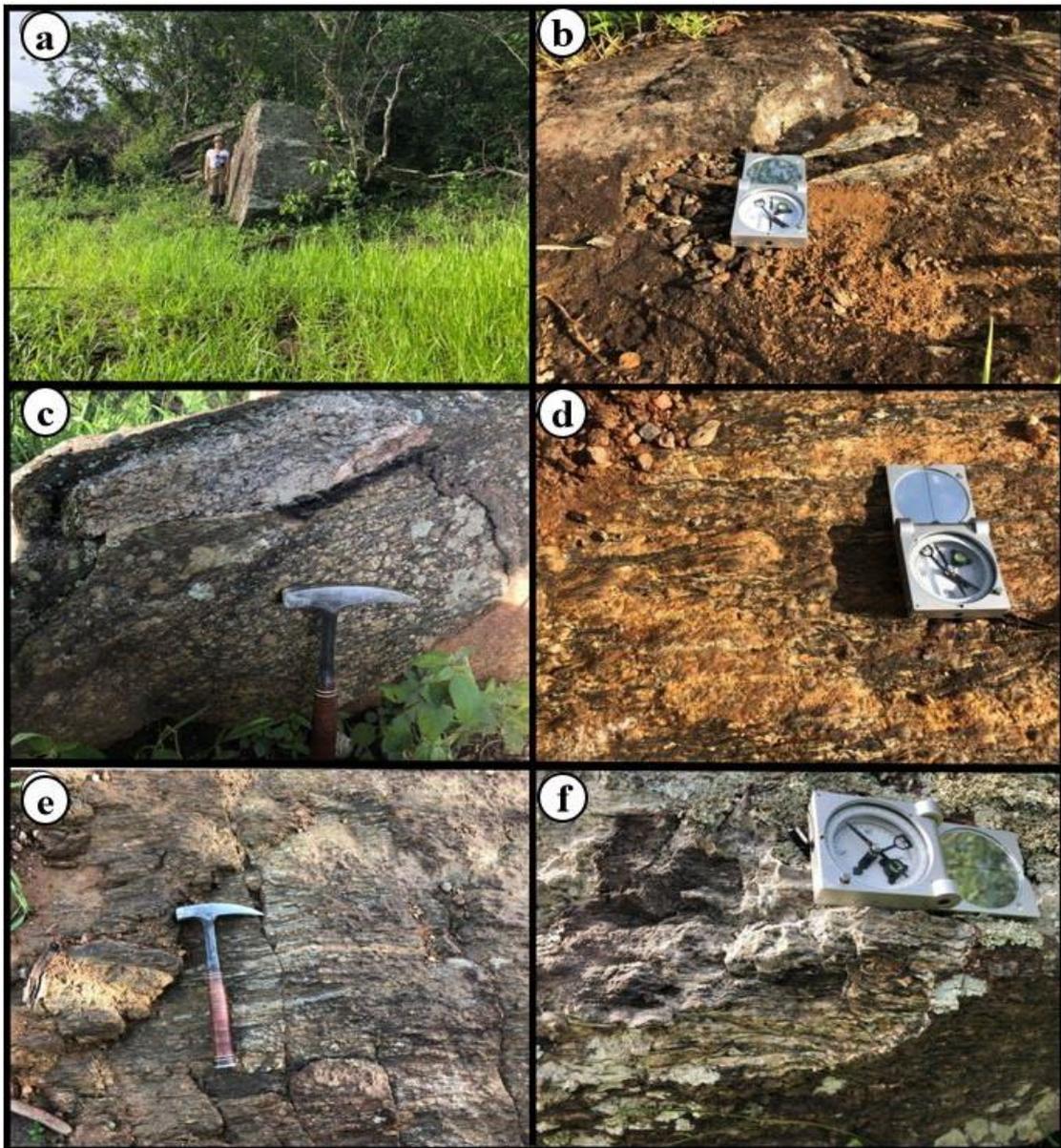
6.1.1. Biotita-Epidoto Ortognaisse

A rocha biotita-epidoto ortognaisse abrange cerca de 22km² da área de estudo, que aflora cerca de 8% da área total e ocorre com maior expressão na porção noroeste.

A biotita-epidoto ortognaisse aflora em faixas altimétricas de 800 a 730 metros e foi possível observar duas principais maneiras aflorantes destas rochas, onde a primeira encontra-se exposta na forma de lajedos de porções métricas e grandes blocos. Sendo possível observar que estas rochas tem cor cinza escuro com granulação média a grossa e marcante bandamento composicional, além de apresentar estrutura milonítica (Fotografia 3).

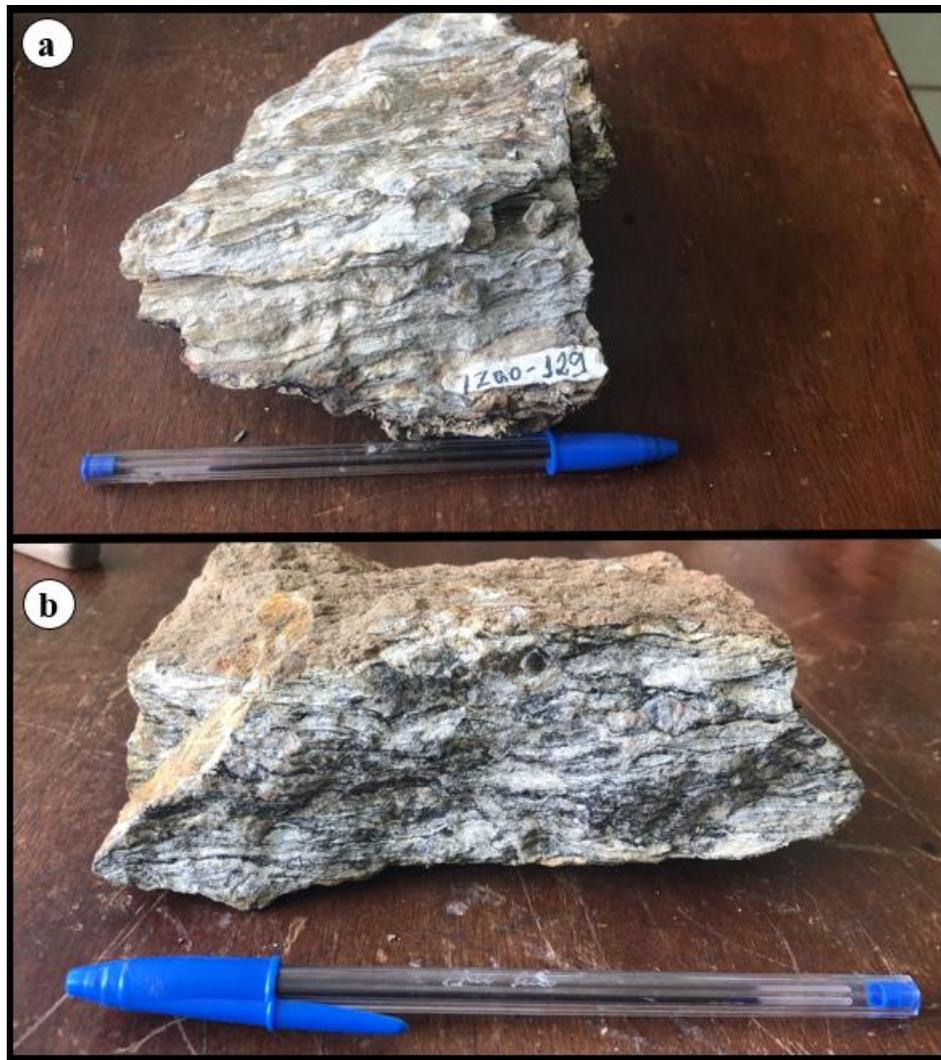
Apresentando também injeções de quartzo e em alguns afloramentos aparecem estruturas na forma de *boudins* e dobras locais com tamanhos milimétricos e métricos. Vale ressaltar que, quando os afloramentos estavam distantes dos contatos com os granitos, o bandamento composicional é mais marcante, em contrapartida quando estavam próximos apresentavam estruturas milonitizadas.

Já a segunda forma de exposição, o biotita-epidoto ortognaisse encontra-se próxima de drenagens e grande parte das vezes apresentam-se intemperizadas e com coloração avermelhada.



Fotografia 3: Aspectos macroscópicos da subunidade biotita ortognaisse do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu. a) b) c) Afloramento de grandes blocos (Ponto 128). d) e) Afloramento em forma de lajedos e com bandamentos gnáissicos. (Ponto 130). f) Afloramento milonitizado. (Ponto 129).
Fonte: Autora

Em termos de amostra de mão, foram identificados os seguintes minerais: quartzo, plagioclásio (albita), k-feldspatos, biotita e granada. Os feldspatos alcalinos ocorrem de forma incipiente. Foram identificadas duas estruturas marcantes nas rochas como estruturas miloníticas (Fotografia 4a) e bandamento composicional (Fotografia 4b).



Fotografia 4: Amostra de mão que representa a unidade Complexo Granulítico Anapólis – Itauçu e tem diferentes estruturas geológicas na rocha. a) Estrutura milonítica; b) Estrutura bandamento composicional. (Tamanho da caneta: 14,5cm). Fonte: Autora.

Microscopicamente, uma amostra representativa exhibe k-feldspato representado como microclínio (30%), plagioclásio como albita (22%), quartzo (15%), biotita (13%) e muscovita (12%) como minerais principais. Apatita, granada, zoesita, epidoto e titanita ocorrem como minerais acessórios (8%).

Como pode ser observado na Fotomicrografia 1, o arranjo dos minerais é granoblástico, tem feições reliquiares como textura gráfica e pertítica, além de apresentar

estrutura milonítica e bandamentos composicionais. Também ocorre microveios de quartzo inter e intracristalino, além de apresentar textura *micafish*.

O microclínio apresenta formato subédrico a euédrico, os cristais apresentam dimensões entre 0,3mm a 5,00mm, grande parte são porfiroclastos que apresentam macla xadrez nas dimensões maiores, ocorrem também a existência de macla *carlsbad* e grande parte destes cristais apresentam estruturas obliteradas. O contato com outros minerais é difuso e em alguns locais apresentam contato regular, além de apresentar pequenas fraturas entre os cristais.

A albita apresenta dimensões variadas entre 0,6mm quando estão inclusos em porfiroclastos de microclínio e cristais maiores com dimensão de 3,00mm. Os cristais possuem macla albita, estruturas reliquiares e muitas vezes estas estruturas encontram-se obliterada.

O contato dos cristais de albita com os outros minerais como quartzo, microclínio e muscovita são difusos e regulares e alguns locais apresentam textura gráfica.

O quartzo presente na lâmina possui dimensões entre 0,5mm a 2,00mm. Os cristais de Quartzo são visualizados de duas maneiras principais onde a primeira encontram-se fraturados e preenchidos com oxi-hidróxido de ferro e o segundo apresenta-se em forma de microveios intra e inter cristalinos nos cristais de microclínio, albita e biotita.

A biotita apresenta pleocroísmo que varia entre marrom claro a verde, é subédrica e os cristais possuem dimensões inferiores a 5,00mm. As bordas dos cristais encontram-se obliteradas e tem alteração de oxi-hidróxido de ferro, além de apresentar localmente contato com o epidoto que contorna os cristais de biotita. Ocorre também como microveios de quartzo inter e intracristalino, além de apresentar textura *micafish*.

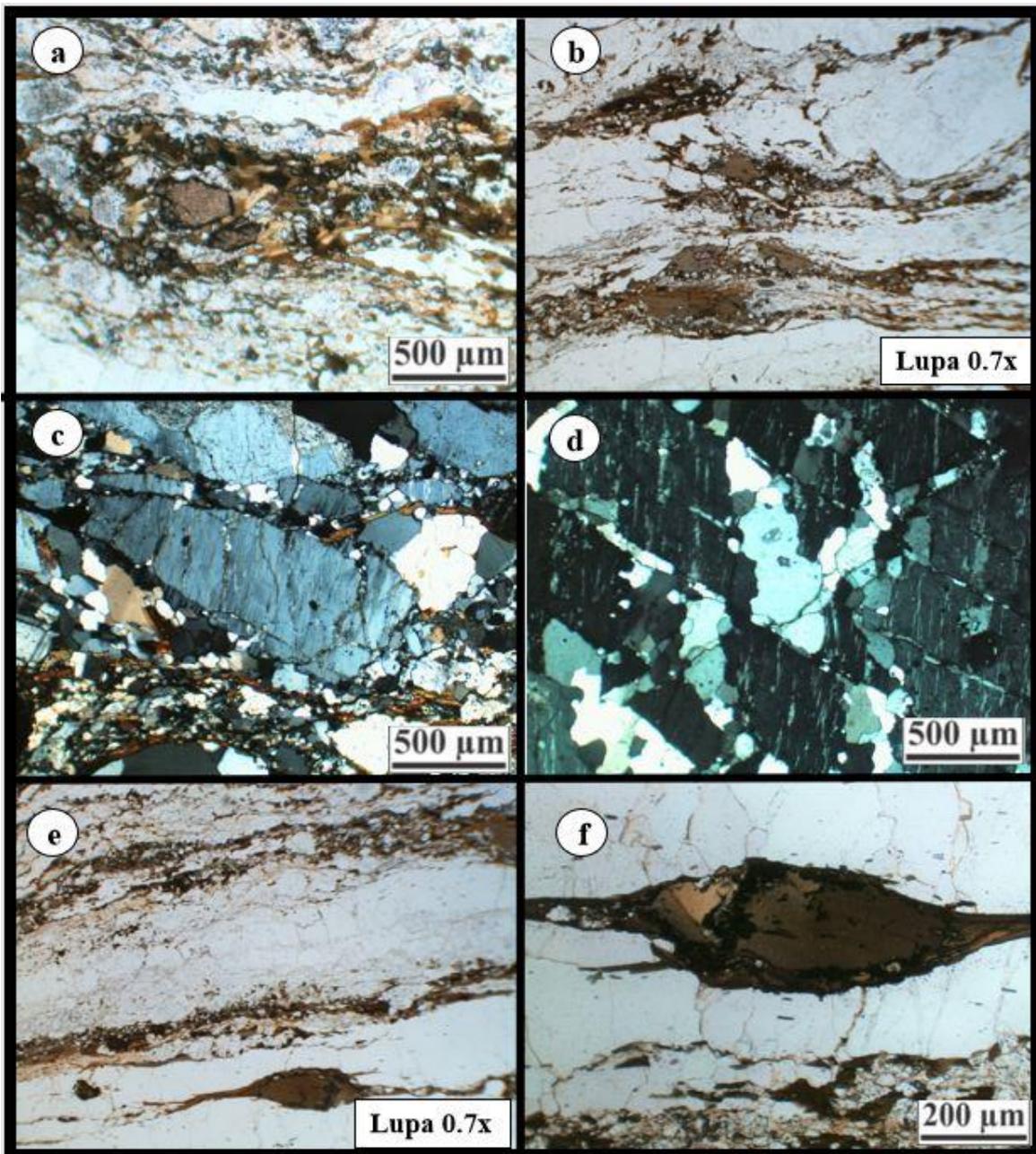
Os cristais de muscovitas encontram-se na forma de agregados com os cristais de biotita e suas dimensões variam entre 0,1mm a 0,8mm.

Os minerais acessórios mais representativos da lâmina são o epidoto e granada sendo que ambos apresentam -se como minerais de alteração sendo formados a partir de saussuritização ou epidotização e a granada em específico encontram-se “dentro” dos cristais de biotita.

O epidoto é observado em forma de microcristais com dimensões entre 0,05mm a 0,1mm, apresentando-se sempre em contato com biotitas e plagioclásios. Podendo ser

observado a zoesita também é encontrada na lâmina, apresentando formato subédrico a euédrico apresentando dimensões de 0,1mm de 0,4mm.

A granada apresenta-se em forma de agregados, com formato subédrico a euédrico.



Fotomicrografia 1: Aspecto microscópicos da biotita ortognaisse pertencente ao Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu. a) 4x nicol paralelo titanita próxima a muscovita com epidotos; b) lupa 0.7x bandamentos; c) 4x nicol cruzado textura pertítica no cristal do microclínio; d) 4x nicol cruzado textura pertítica no cristal de microclínio e micro veios de quartzo; e) lupa 0.7x mica *fish*; f) 10x nicol mica *fish*.
Fonte: Autora.

6.1.2. Granada-Biotita Gnaiss

A granada-biotita gnaiss representa cerca de 73km² e corresponde 22% da área mapeada, abrangendo porções sentido norte da área com maior expressão ocorrendo a nordeste.

Os afloramentos ocorrem em faixas altimétricas de 800 a 700 metros, onde em faixas maiores apresentam-se expostas em lajedos em terrenos mais suaves e que podem ser observados em cortes de estrada. Já as faixas menores afloram geralmente em pequenos fundos de vales e próximos a drenagens (Fotografia 5).

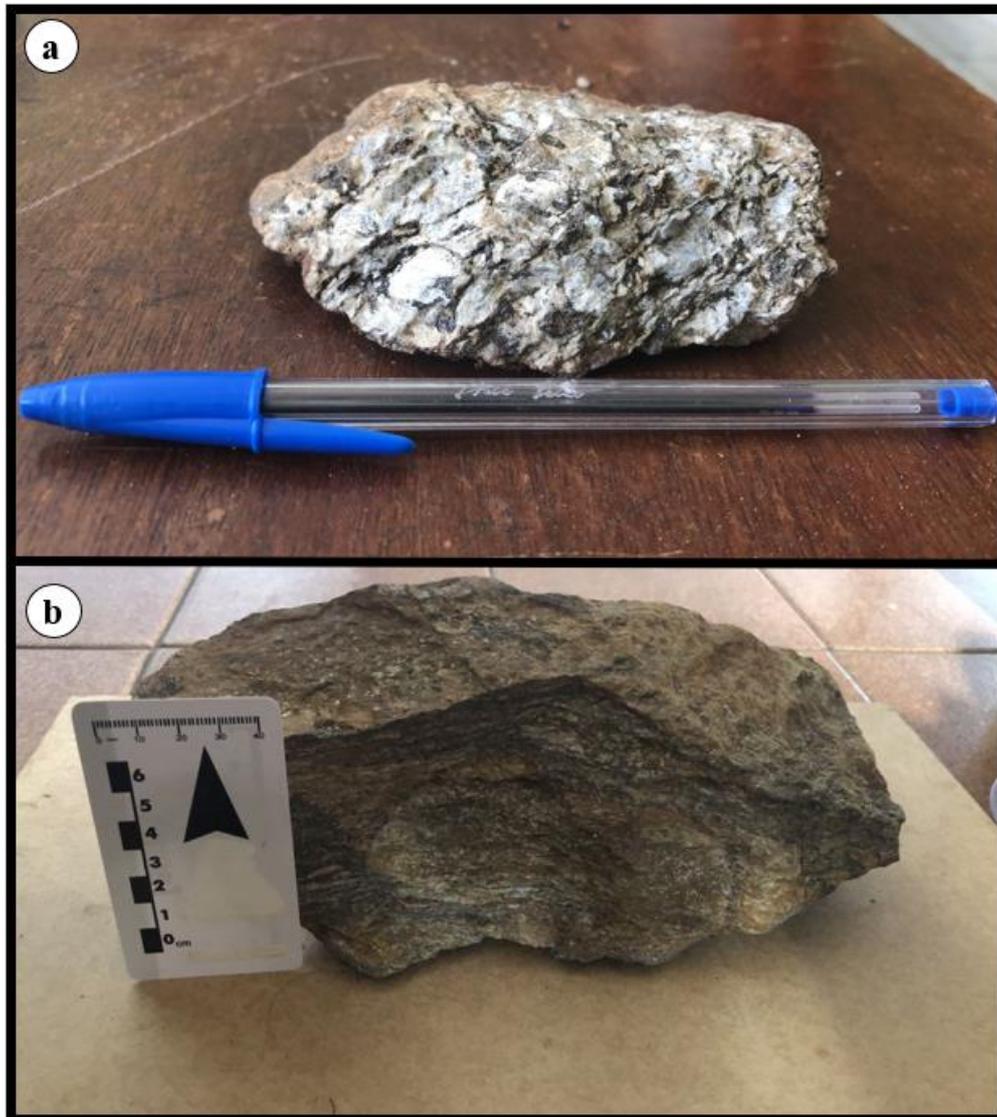
As rochas aflorantes podem ser encontrados em dois formatos, a primeira quando encontrada pouco intemperizada apresenta cor cinza escuro e marcante bandamento composicional. Já a segunda maneira encontra-se intemperizadas e exibem uma cor avermelhada devido a alteração oxi-hidróxido de ferro.

Os afloramentos apresentam seqüências de fraturas NE/SW, indicadores cinemáticos, assimetria de dobramentos, *boudins* e injeções de quartzo.



Fotografia 5: Aspectos macroscópicos dos afloramentos granada, biotita gnaiss, pertencente ao Complexo Anápolis- Itauçu. a) Observa-se duas principais foliações da rocha (Ponto 22). b) Afloramento ocorrendo em forma de lajedos (Ponto 40). c) Afloramento intemperizado com coloração avermelhada d) Afloramento em drenagem. Fonte:Autora.

Em termos de amostra de mão, observou-se que a rocha apresenta granulação média a grossa, sendo identificado plagioclásio, quartzo, biotita e ocorrências de granada e muscovitas. Foram identificadas duas feições marcantes nas rochas como estruturas com granulação mais grosseiras e bandamento insipientes (Fotografia 6a), já em outra rocha apresenta granulações médias e um bandamento composicional bem definido (Fotografia 6b).



Fotografia 6: Amostra de mão do biotita-granada gnaiss do Complexo Anápolis- Itauçu. a) Amostra com granulação grossa e cristais de muscovitas bem formado. b) Amostra com granulação média, apresentando pequenos bandamentos em torno de um porfiroclasto de feldspato. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora.

Microscopicamente, uma amostra representativa exibe k-feldspato representado pelo microclinio (25%), plagioclásio (20%), quartzo (15%), biotita (15%), granada (8%)

e muscovita (5%) representando os minerais essenciais. Já os minerais acessórios representam cerca de 12% da lâmina e são compostos por apatita, zircão, minerais opacos e epidoto.

Em lâmina delgada, o granada biotita gnaisse apresenta textura granolepidoblástica inequigranular. É possível observar textura reliquiar em porfiroclastos de plagioclásio, algumas porções de quartzo apresentam textura mosaico.

Os cristais de microclínio apresentam dimensões entre 0,3mm a 7,5mm, sendo possível observar macla xadrez e em alguns cristais a geminação encontra-se obliterada (Fotomicrografia 2a).

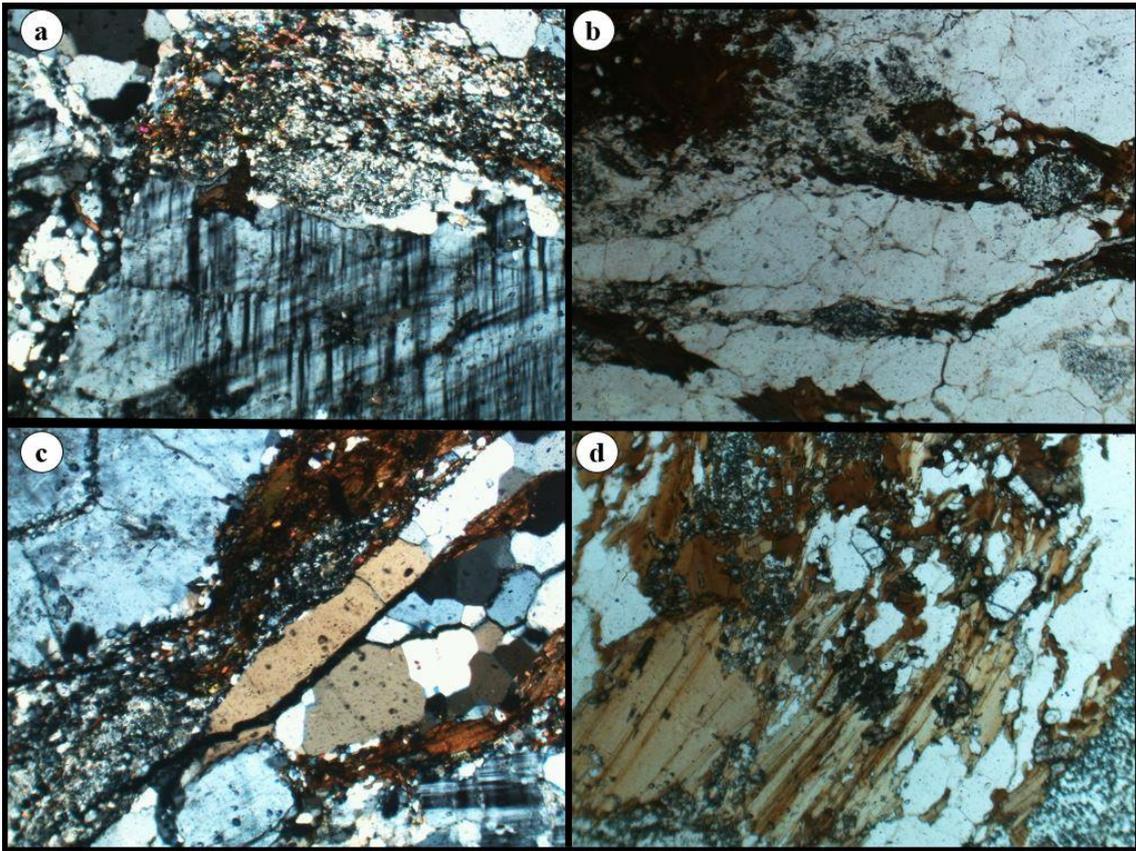
No geral, o contato entre os plagioclásios é irregular ou difuso, em torno destes é possível observar veios preenchidos por agregados de quartzo vermiformes. (Fotomicrografia 2c).

Os quartzos presentes na lâmina encontram-se fraturados e em forma de microveios, além de apresentarem contato difuso com os cristais de microclínio e biotita. Apresentam dimensões entre 0,2mm a 3,0mm com extinção paralelas e ondulantes.

Os cristais de biotita apresentam dimensões entre 0,2mm a 1,0mm, com formato euédrico a subédrico e pleocroísmo de tons verdes. O contato com outros minerais é difuso e em alguns cristais as bordas encontram-se fraturadas.

A granada apresenta formato subédrico a édrico, sendo possível observar cristais que não se desenvolveram por completo, mostrando alguns cristais, crescimento intersticial em contato com a matriz quartzo feldspática.

Os minerais acessórios mais representativos da lâmina é o epidoto que pode ser observado sendo formados a partir de saussuritização ou epidotização. Pode-se observar também o intenso fraturamento que ocorre entre os minerais o que facilita uma maior percolação de oxi-hidróxido de ferro e intensifica estes processos.



Fotomicrografia 2: Aspecto microscópico granada-biotita gnaiss, pertencente ao Complexo Granulítico Anapólis-Itaçu. a) 4x nicol cruzado microclinio com plagioclásio saussurificação; b) 4x nicol paralelo biotita granada quartzo; c) 4x nicol cruzado bandamento composicional da rocha. d) 4x nicol paralelo características da biotita com bordas fraturadas. Fonte: Autora

6.2. SEQUÊNCIA METAVULCANO SEDIMENTAR MARATÁ

A sequência metavulcano sedimentar Maratá abrange aproximadamente 50km² equivalente a 15% da área mapeada e é composta por paragneisses e xistos. As rochas afloram na forma de lajedos que são observados em drenagens. Grande parte das rochas encontram-se intemperizadas, com coloração cinza- avermelhada, o que impossibilita a definição dos limites na escala mapeada.

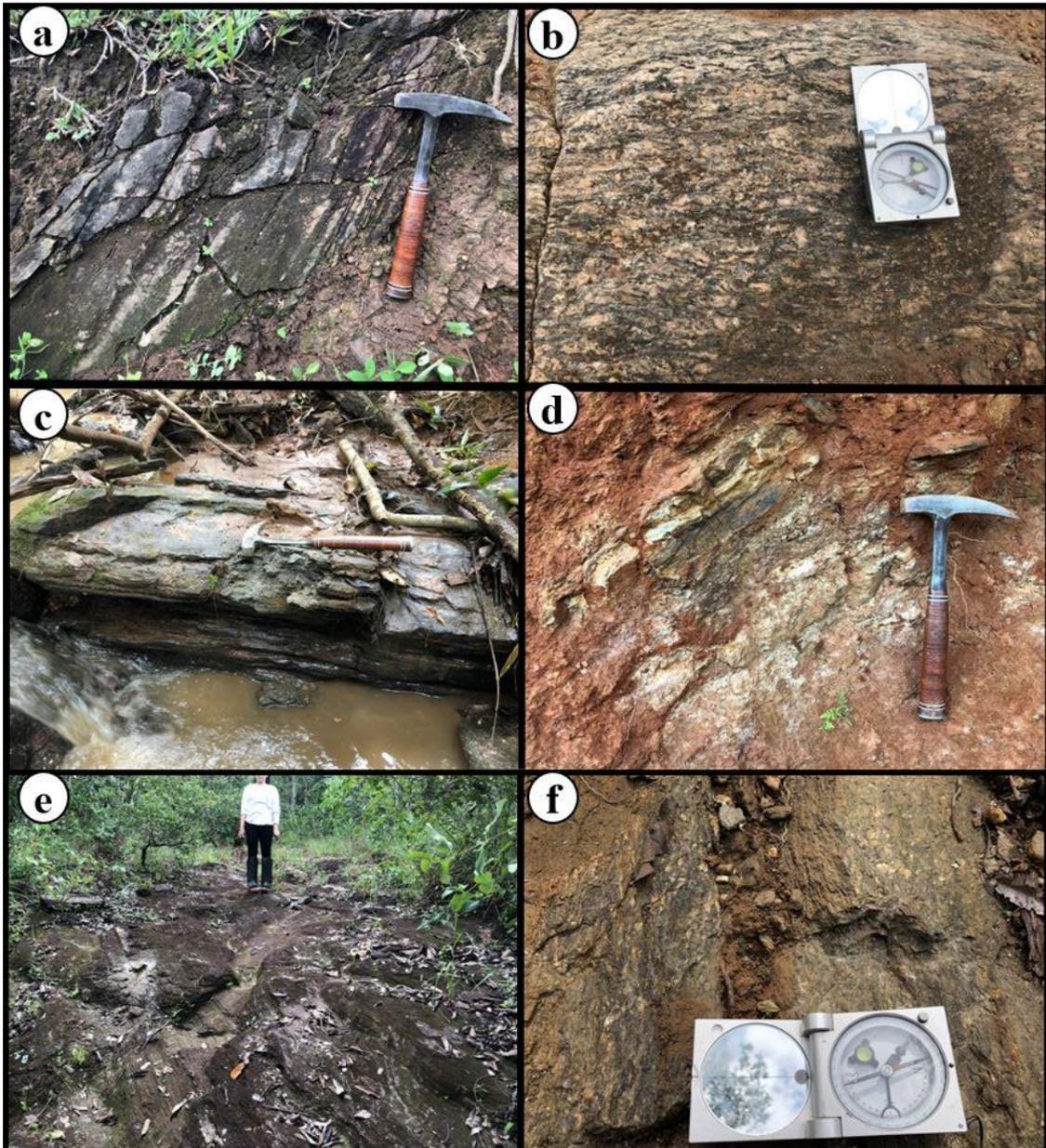
Abaixo serão descritos os aspectos macro e microscópicos de cada subunidade que foi mapeada.

6.2.1. Biotita-Muscovita-Epidoto Paragneisse

O biotita-muscovita-epidoto paragneisse aflora principalmente na porção central da área, mas podem ser localizadas tanto à leste quanto à oeste. Abrange uma área de 38 km² sendo cerca de aproximadamente 12% da área de estudo.

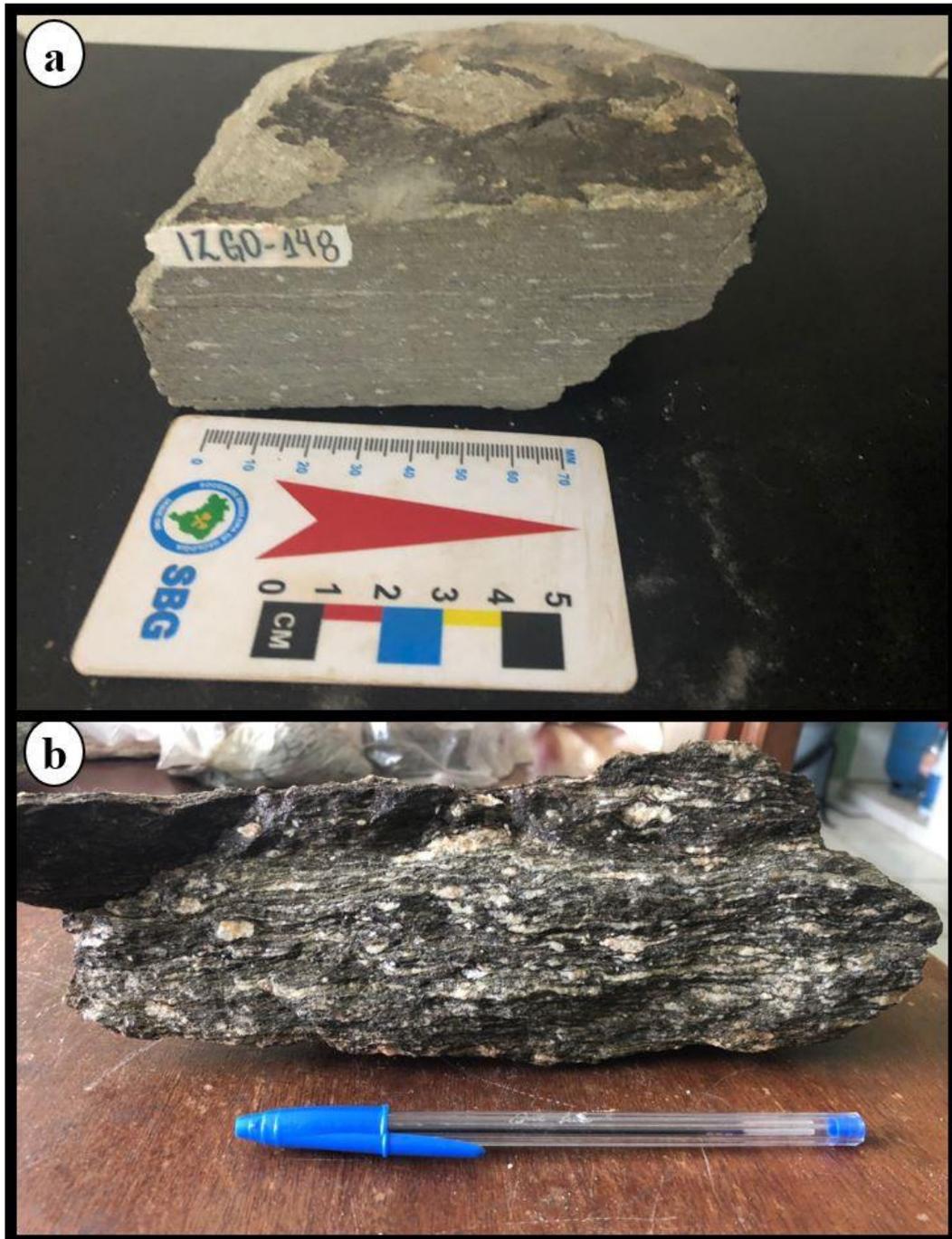
Os afloramentos ocorrem em porções topográficas mais baixas da área de estudo variando entre de 700m em terrenos mais suaves e aproximadamente 825m em terrenos com um declive maior.

Ocorrem na forma de grande lajedos e blocos de dimensões métricas (Fotografia 7), onde na maioria das vezes afloram em drenagens. Apresentam como coloração tons de cinza quando não intemperizadas, em contrapartida quando intemperizadas apresentam-se esbranquiçadas e avermelhadas.



Fotografia 7: Aspectos macroscópicos da subunidade biotita-muscovita-epidoto paragnaisse da Sequência Metavulcanossedimentar Maratá a) Bandamento composicional da rocha (Ponto 34); b) Orientação preferencial (Ponto 33); c) Afloramento em grandes lajedos próximos as drenagens (Ponto 33); d) Presença de porfiroclastos de plagioclásio (Ponto 35). Fonte: Autora

Em termos de amostra de mão, observou-se que a rocha apresenta granulação fina a média (Fotografia 8a e 8b), sendo identificado plagioclásio, quartzo, biotita e biotita. Pode-se identificar bandamentos distintos compostos por coloração mais clara contendo quartzo e plagioclásio, intercalados por colorações mais escuras composto por biotita e muscovitas.



Fotografia 8: Amostra de mão biotita-muscovita-epidoto paragnaisse da sequência metavulcano sedimentar Maratá. a) Amostra com bandamento gnáissico e granulação fina (Ponto 148). b) Amostra com granulação média a grossa e maior presença de cristais de biotita. (Ponto 166). (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora.

Microscopicamente, a biotita-muscovita-epidoto paragnaisse é composto por quartzo (25%), microclínio (20%), albita (15%), biotita (15%), muscovita (10%) e epidoto (5%) como minerais principais. Granada, zircão, titanita, apatita representam os minerais acessórios e correspondem a cerca de 10% da lâmina.

Este paragnaisse é composto por texturas porfiroblásticas a granolepidoblásticas, apresentando a existências de texturas reliquiares em porfiroclastos de microclínio e albita. Além de bandamento composicional com faixas máficas (biotita) e félsicas (quartzo) alternada.

Os cristais de quartzo apresentam dimensões entre 0,5mm a 2,0mm, extinção ondulante, encontram-se em forma de microveios, além de apresentarem contato difuso com os cristais de microclínio e biotita.

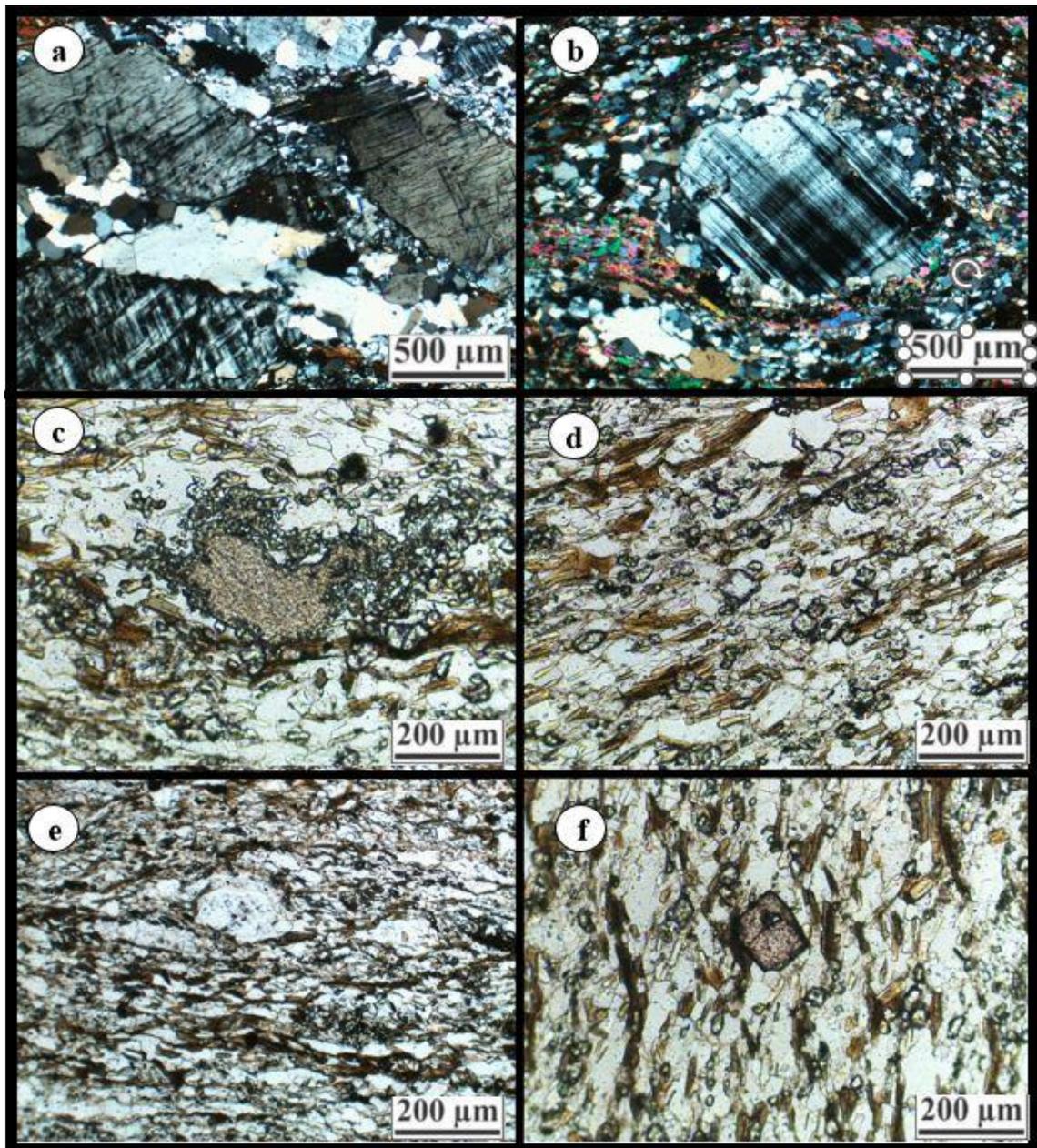
O microclínio apresenta dimensões inferiores a 1,1mm, grande parte dos cristais são porfiroclastos, apresentando macla xadrez, porém em alguns cristais encontram-se com macla obliterada, além de ocorrer albitização, que acaba perdendo a textura (Fotomicrografia 3a e 3b).

A albita, apresenta macla albita, são cristais reliquiares, ou seja, porfiroclastos, porém encontram-se também na matriz.

Os cristais de biotita apresentam extinção paralela, pleocroísmo variando de verde a marrom claro, cristais com dimensões entre 0,1mm a 0,6mm, com orientação preferencial na rocha (Fotomicrografia 3c). Grande parte dos minerais na lâmina encontra-se fraturado e apresentam alteração oxi-hidróxido de ferro.

A muscovita é que dá a orientação preferencial na rocha (Fotomicrografia 3e) os cristais ocorrem em forma de agregados, apresentando um contato irregular com os cristais de quartzo e quando encontram-se em contato com as biotitas, suas bordas apresentam contatos fraturados com outros minerais.

Como minerais acessórios, apresenta epidoto e zoesita, (Fotomicrografia 3d e 3f) em grande quantidade, possuindo birrefringência alta, formato subédrico a euédrico, com dimensões inferiores a 0,5mm e microcristais de 0,2mm.



Fotomicrografia 3: Aspecto microscópicos biotita ortognaisse. a) 4x Nicol cruzado microclinio passando para albita com textura petítica e macla xadrez; b) 4x Nicol cruzado porfiroclasto de microclinio rodeado de muscovita; c) 10x Nicol paralelo epidoto biotita muscovita; d) 10x Nicol paralelo zoesita com biotita; e) 4x Nicol paralelo textura biotita e porfiroclasto de plagioclásio; f) 10x Nicol paralelo cristal de titanita. Fonte: Autora

6.2.2. Xisto Granadífero

A subunidade xisto granadífero aflora em diversos pontos da sequência. As rochas aparecem expostas na forma de lajedos de porção métricas (Fotografia 9a). O xisto granadífero é encontrado em cerca de 3% da área totalizando aproximadamente 12km², na porção nordeste e sudeste da área. Ocorre na maior parte da área em relevo mais suave,

porém na porção sudeste aflora em relevo acidentado com pouca intensidade de drenagens.

As rochas que afloram nesta subunidade apresentam coloração cinza avermelhada quando não intemperizada ou mais comumente avermelhada e rosada, associada ao intemperismo da rocha que causa oxidação e gera alterações de óxido-hidróxido de ferro. (Fotografia 9b e 9c). A estrutura é marcada pela xistosidade com a textura lepidoblástica dada pela orientação preferencial da biotita e muscovita.

A mineralogia principal é constituída por cristais de granada (40-50%) milimétricos a centimétricos (cristais de até 1 cm), plagioclásio (20-25%) quartzo (10-15%), biotita (10-15%), muscovita (10-5%). A granada é dominante nas rochas da porção nordeste da área (Fotografia 9c e 9d). As rochas apresentam famílias de juntas e altos valores de mergulho próximo ao contato litológicos com os granitos do Rio Piracanjuba (Fotografia 9b e 9d).



Fotografia 9: Xisto Granadífero pertencente a sequência metavulcano sedimentar Maratá. a), b), c) Afloramento de xisto granadífero com coloração variando de avermelhado ao arroxeado. (Pontos 53, 53, 171). b) e d) Grande quantidade de granada nos xistos (Ponto 171). Fonte: Autora.

6.3. GRANITO RIO PIRACANJUBA

O Granito Rio Piracanjuba ocorre com maior expressão na porção nordeste da área, entretanto não se limita a essa localização. Abrange cerca de 50km², totalizando aproximadamente 16% da área mapeada.

Essa subunidade, denominada como granito I – biotita granito, afloram nas porções altimétricas maiores da área cerca de 780 a 900m e geomorfológicamente apresentam feições de morros. Os afloramentos do granito I encontram-se expostos na forma de grandes blocos (Fotografia 10a e 10b) e como de lajedos próximos a drenagens (Fotografia 10c e 10d).

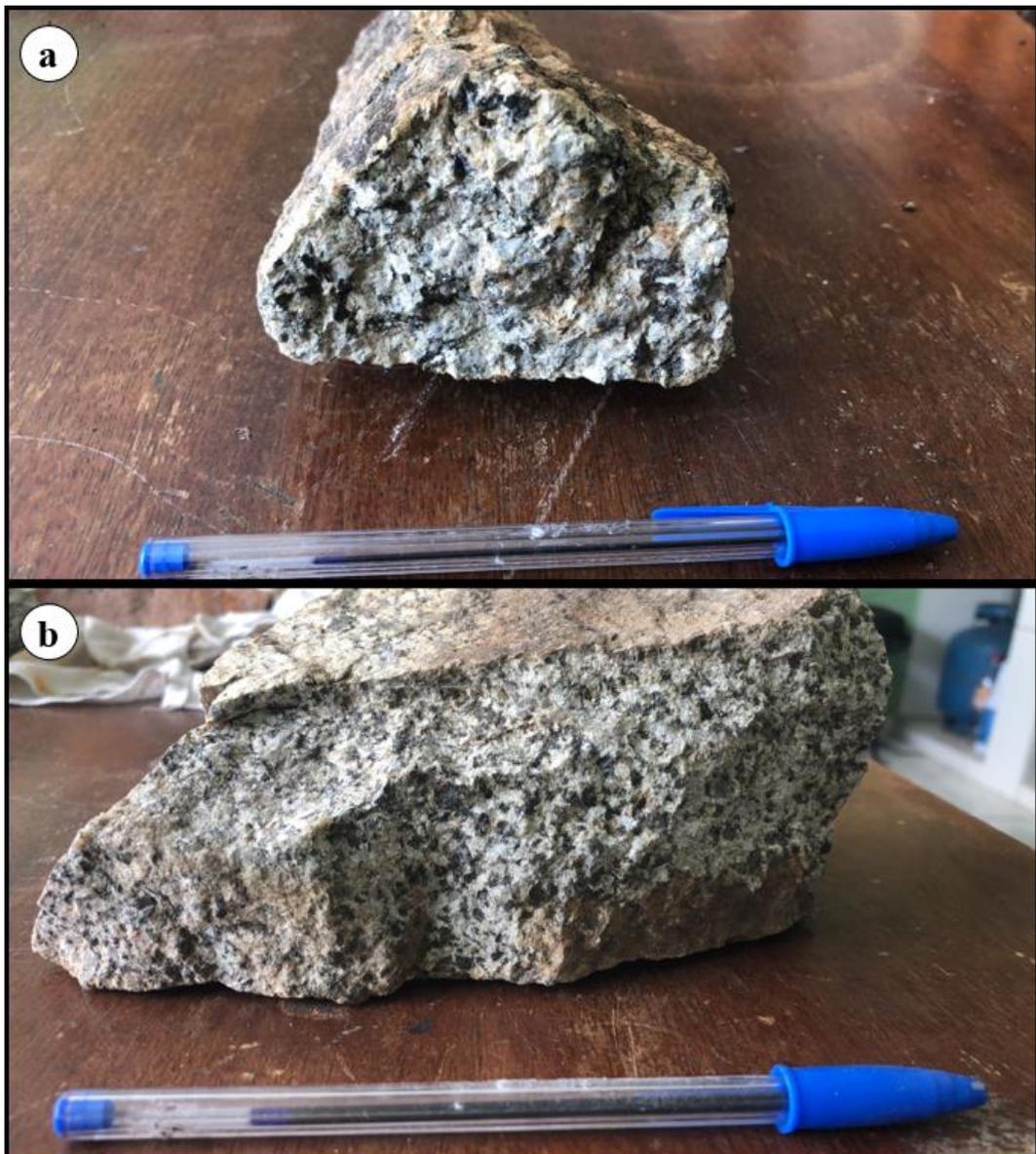
A maioria dos afloramentos apresentam apenas uma “capa” intempérica das rochas expostas que apresentam uma coloração cinza escuro e as vezes tonalidades amareladas. Desta forma, a exposição das rochas “abaixo” desta capa intempérica apresentam um padrão de cor cinza esbranquiçado e granulação entre média e grossa.



Fotografia 10: Afloramentos da rocha biotita-granito pertencente ao Granito Rio Piracanjuba. a) Grandes blocos aflorantes em morros. (Ponto 34) (Ponto 38); c) Bloco de granito com capa de intemperismo (Ponto 81) ; d) Afloramentos de lajedos métricos próximo a drenagens (Ponto 88). Fonte: Autora

Em relação às amostras de mão, o granito I apresentam cor cinza escuro e granulação grossa (Fotografia 11a), onde é possível identificar cristais de biotita, plagioclásio bem formados. Apresentam também amostras onde a granulação é média com coloração cinza claro (Fotografia 11b).

De uma forma geral, os granitos são leucocráticos, holocristalinos, variando entre tons de cinza escuro a cinza esbranquiçado, equigranular de granulação média e grossa. Sendo possível identificar os minerais de quartzo, biotita, plagioclásio, feldspato alcalino.



Fotografia 11: Amostra de mão do granito I – do Rio Piracanjuba. a) Amostra de mão com granulação grossa e cor cinza escura. b) Amostra de mão com granulação média e cor cinza claro esbranquiçado. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora

Microscopicamente, a assembleia mineral é composta por quartzo (30%), microclínio (25%), biotita (25%), muscovita (5%) e granada (5%). Os principais minerais acessórios perfazem 10% e são zircão, zoesita, titanita, epidoto e apatita (Fotomicrografia 4a e 4b).

Os cristais apresentam texturas reliquiares, gráfica e pertítica porfiroclástico. A granulação é variante com grãos finos a grossos e o contato entre os grãos são irregulares.

O microclínio apresenta texturas reliquiares como as texturas gráficas e pertíticas, além de mostrarem inclusão de plagioclásio nos cristais maiores. O contato destes cristais com os outros minerais da lâmina delgada é difuso e, em alguns locais, este contato mostra-se regular, além de apresentar fraturas preenchidas com oxi-hidróxido de ferro (Fotomicrografia 4c e 4d).

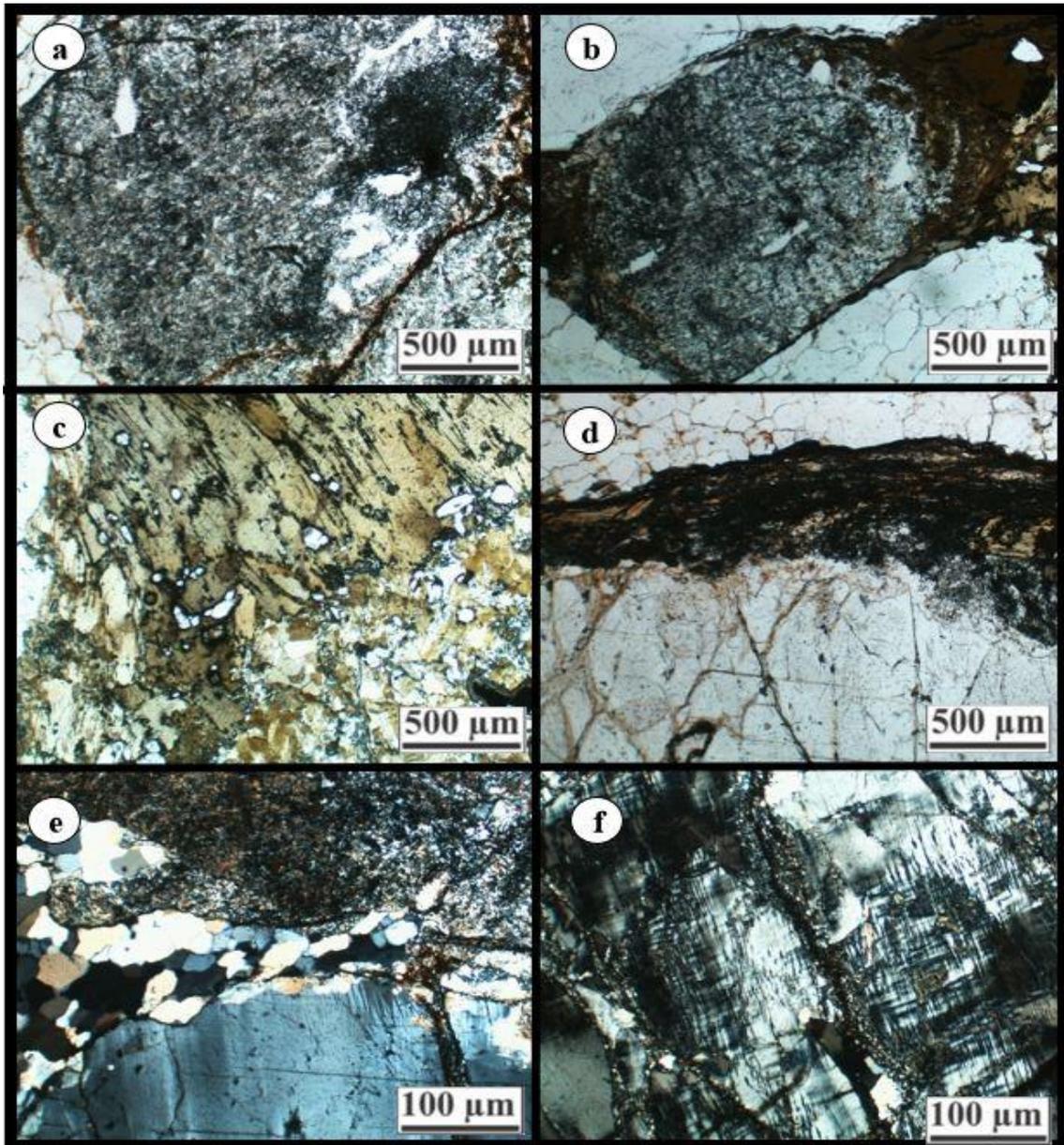
Os cristais de biotita apresentam um pleocroísmo que varia entre marrom claro a verde, tem o formato subédrico, hábito placoide e extinção paralela. Os cristais apresentam dimensões inferiores a 5,0mm. As bordas dos cristais apresentam alteração de oxi-hidróxido de ferro, além de apresentar em alguns locais da lâmina contato com o epidoto que contorna os cristais de biotita. Ocorrendo também microveios de quartzo inter e intracristalinos (Fotomicrografia 4e e f).

Os plagioclásios de cristais maiores e menores estão fraturados, apresentam percolação de oxi-hidróxido de ferro e intenso processo de saussuritização e epidotização formando microcristais de epidoto e sericita.

Os cristais de quartzo apresentam extinção ondulante, dimensões inferiores a 0,5mm, mostram contato regular com outros minerais e por muitas vezes seguem a orientação da foliação do granito.

O epidoto, por sua vez, apresenta-se na forma incolar e com coloração verde, formato subédrico a euédrico, apresentando-se em forma de microcristais inferiores a 0,1mm, composto por agregados colunares a prismáticos em inclusões de cristais de plagioclásio.

A estrutura geral da lâmina é tipicamente anastomosada, porém não há uma deformação intensa e apresenta características de cisalhamento nos cristais.



Fotomicrografia 4: Aspecto microscópico do granito I – Rio Piracanjuba. a) 4x nicol paralelo saussuritização; b) 4x nicol paralelo porfiroclasto de plagioclásio intensa saussuritização; c) 4x nicol paralelo zoesita com biotita; d) 4x nicol paralelo contato entre plagioclásio biotita e quartzo fraturado preenchido com oxi-hidróxido de ferro; e) 20x nicol paralelo contato entre plagioclásio bordas de quartzo e plagioclásio saussuritização intensa. f) 20x nicol cruzado microclinio fraturado e preenchido com quartzo e oxi-hidróxido de ferro. Fonte: Autora

6.4.GRUPO ARAXÁ

As rochas do Grupo Araxá ocupam cerca de 31% da área abrangendo aproximadamente 99km² correspondendo a principal unidade mapeada, cobrindo parte sudeste, central e principalmente sudoeste na forma de faixas dobradas de direção NW-SE e NE-SW. O relevo é bem marcante, com alta declividade e densidade de drenagens.

São constituídas por diversas rochas como muscovita quartzitos, biotita muscovita xisto, muscovita clorita xisto e a maior parte de contatos intercalados de muscovitas xistos e quartzitos. Os afloramentos da unidade são encontrados com facilidade, ao longo de cortes, grandes lajedos de estradas e aflorando em *situ*, próximo as drenagens, estas que marcam os contatos das subunidades.

6.4.1. Muscovita Quartzito

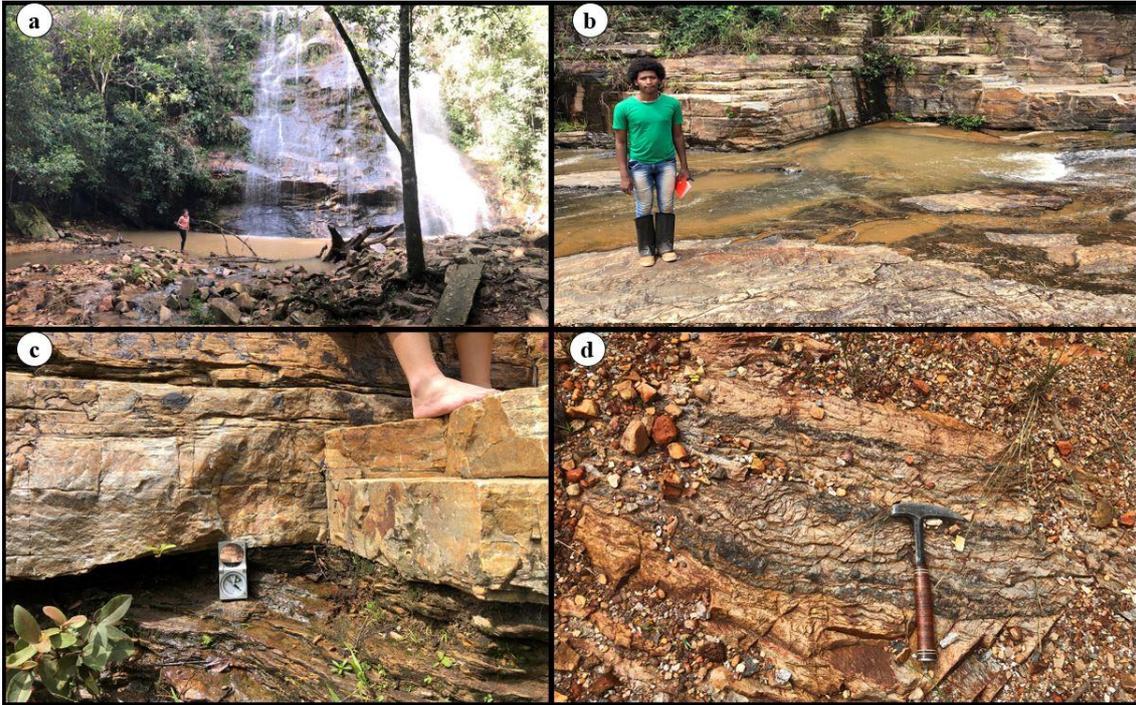
O muscovita quartzito representa aproximadamente 30km² cerca de 10% da área mapeada e aflora principalmente na porção oeste e sudoeste. Não apresentam um padrão específico em relação a topografia, já que afloram tanto em contatos topográficos de 680m a porções maiores como 820m.

O contato dos quartzitos é marcado quase sempre pela quebra de relevo, em alguns pontos como por exemplo nas grandes cachoeiras mapeadas na área, como a cachoeira do Ló (Fotografia 12a) e a cachoeira dentro da propriedade da fazenda Indaiá (Fotografia 12b).

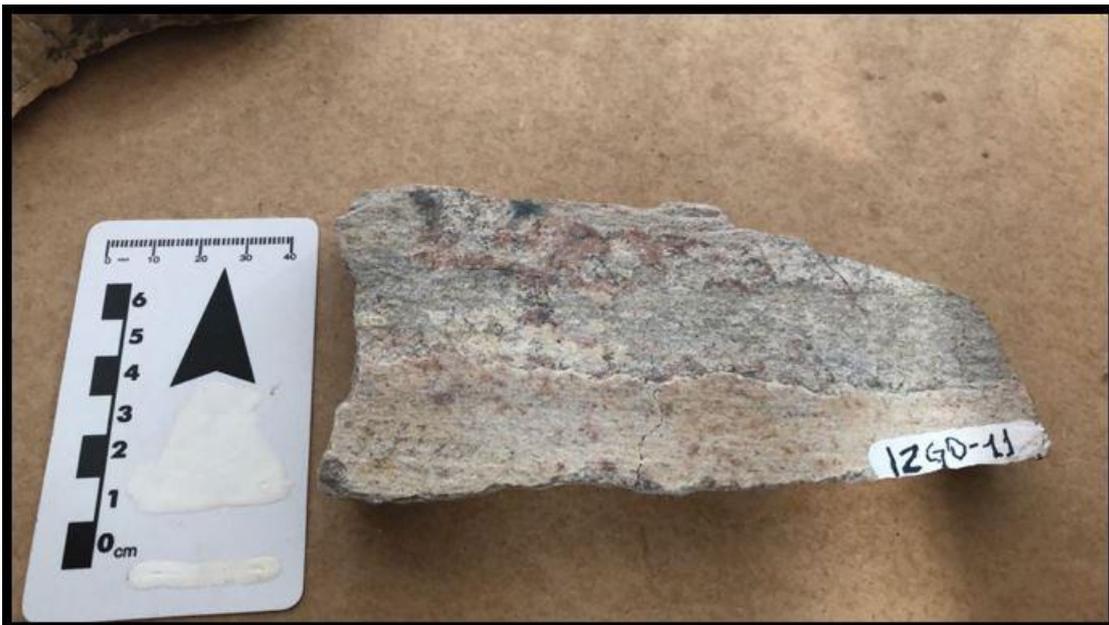
Sendo possível ser identificado claramente a contato de diferentes litologias (Fotografia 12c), também ser observado um padrão nas proximidades destas mudanças litológicas, pois quando mais próximo dos contatos ocorre um aumento de muscovitas próximos aos contatos das rochas de biotita xisto e muscovita xisto (Fotografia 12d).

O muscovita quartzito presente na área apresenta duas estruturas bem definidas onde a primeira apresenta estrutura maciça, aflorando em grandes lajedos e sem intercalações de outras litologias. Já a segunda aflora em blocos e lajedos que encontram-se em contato intercalado com xisto do Grupo Araxá e apresentam estruturas foliadas. Nestas porções aflorantes é comum a presença de dobras e uma maior concentração de biotita.

Na amostra de mão (Fotografia 13). é possível identificar em sua composição quartzo e muscovita, além de apresentar uma estrutura maciça, com textura lepidoblástica devido a presença de muscovita. No geral sua coloração varia entre amarelo esbranquiçado e amarelo avermelhado quando intemperizada.



Fotografia 12: Formas de ocorrência do muscovita quartzito, pertencentes ao Grupo Araxá. a) Ponto 92, cachoeira do Ló; b) Ponto 138, cachoeira da fazenda Indaiá; c) Ponto 138, contato entre quartzitos e muscovita clorita xisto; d) Contato quartzito com biotita xisto. Fonte: Autora

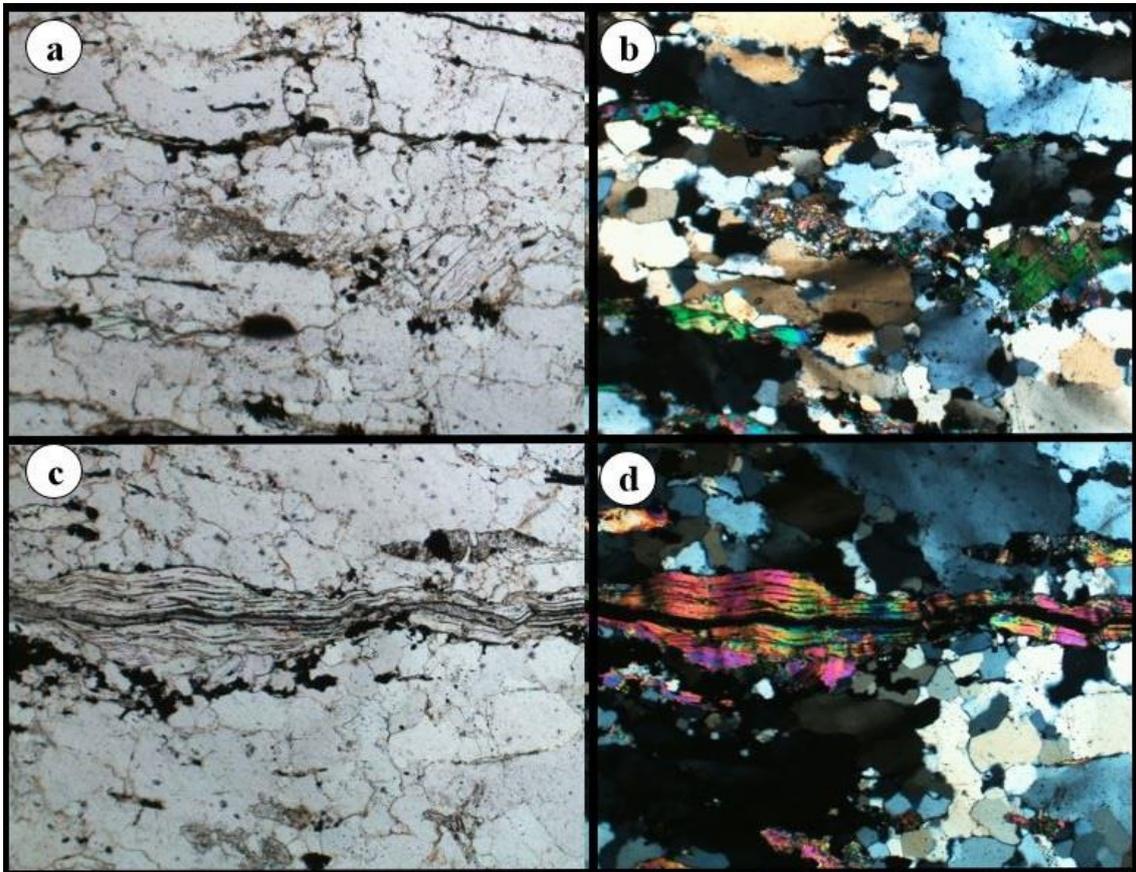


Fotografia 13: Amostra de mão muscovita quartzito do Grupo Araxá. a) Apresentando cor amarelo esbranquiçado, quando menos intemperizada (Ponto 11). b) Cor amarelo avermelhado por conta do intemperismo (Ponto 92). Fonte: Autora

Microscopicamente é composto por quartzo (60%), muscovita (25%), plagioclásio (10%) como fases principais. As fases subordinadas são formadas por minerais opacos e biotita (5%). Apresenta textura granolepidoblástica atribuída à muscovita.

O quartzo presente na lâmina delgada apresenta dimensões entre 0,2mm a 0,9mm, mostra extinção ondulante. O contato entre alguns cristais de quartzo é serrilhado e em minerais de composição distinta apresenta contato difuso (Fotomicrografia 5a e 5b).

A muscovita tem dimensões pequenas e médias, muitas vezes com formato anastomosado (Fotomicrografia 5c e 5d), além de apresentar uma orientação preferencial. Grande parte dos cristais presentes na lâmina delgada, apresentam alteração de oxi-hidróxido de ferro.



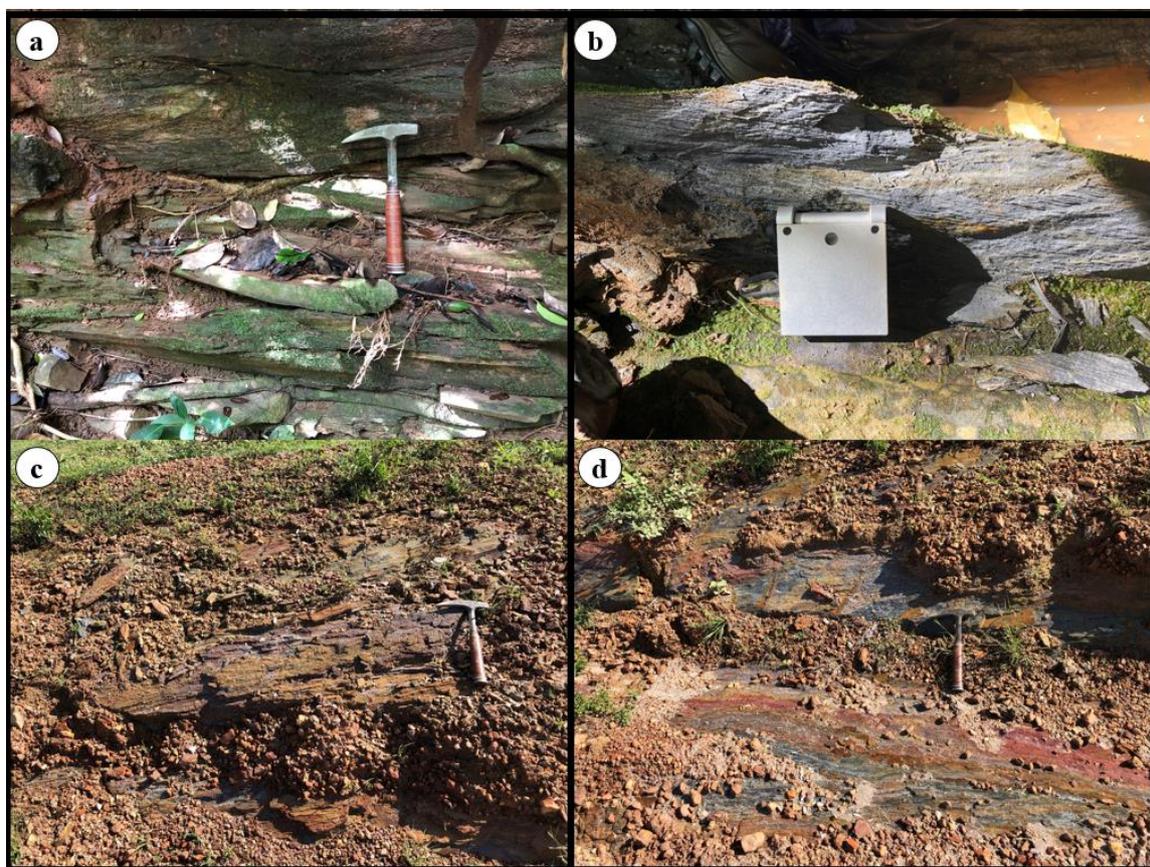
Fotomicrografia 5: Aspecto microscópios do muscovita quartzito do Grupo Araxá. a)4x nicol paralelo contato serrilhado quartzo; b) 4x nicol cruzado contato serrilhado quartzo c)4x nicol paralelo Muscovita em formato anastomosado; d) 4x nicol cruzado Muscovita em formato anastomosado; Fonte: Autora.

6.4.2. Muscovita-Clorita Xisto

O muscovita-clorita xisto aflora em diversos pontos da área de estudo e é encontrada em cerca de 6% da área o equivalente a aproximadamente 18km².

Topograficamente, o muscovita-clorita xisto aflora principalmente nas feições de morros e maiores declives, sua altimetria varia entre 750m a 830m. Por muitas vezes, as rochas são encontradas em formas de lajedos métricos próximos a drenagens (Fotografia 14a e 14b) e aflorantes em lajedos intercalados com o muscovita quartzito do Grupo Araxá.

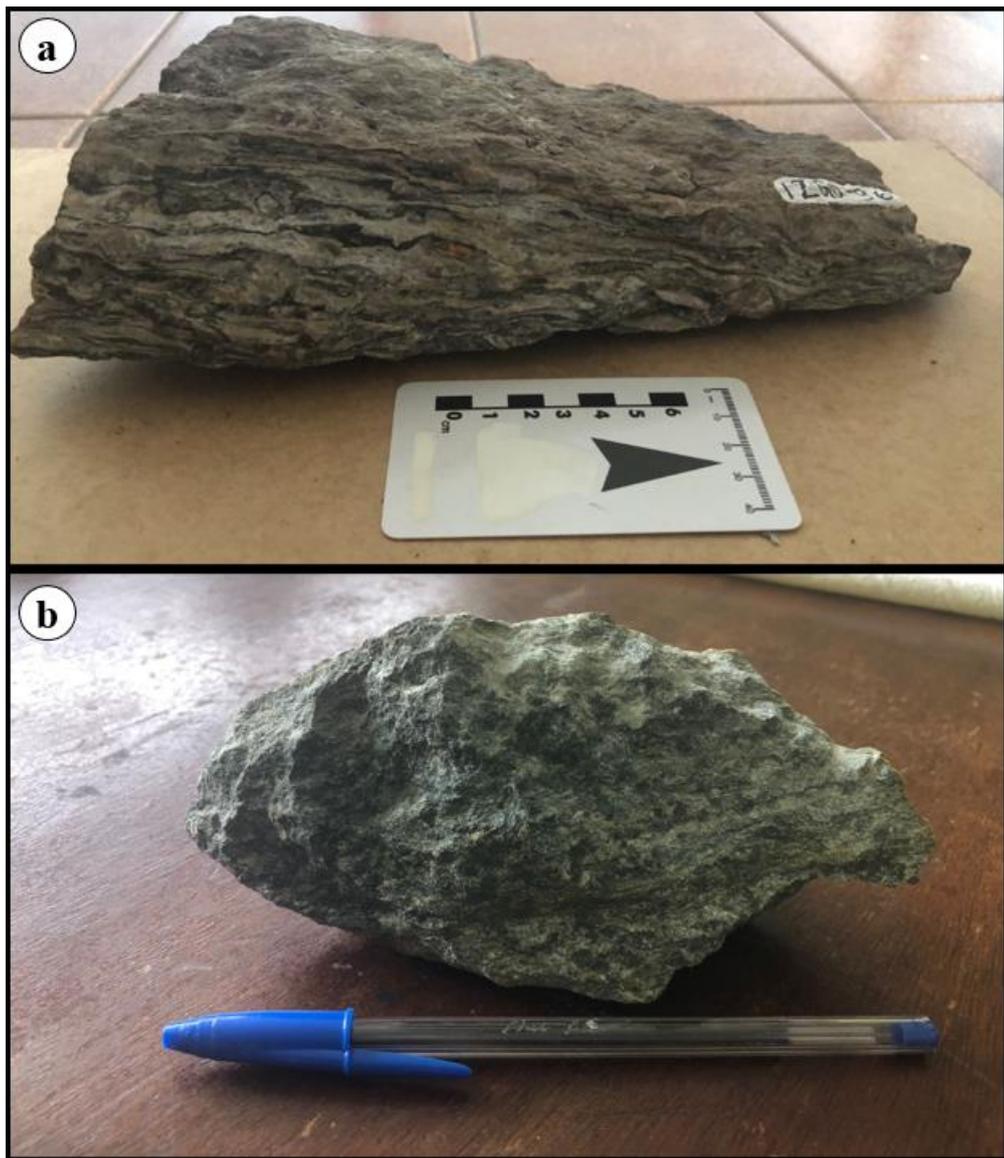
Em escala de afloramento é possível identificar a estrutura de xistosidade bem preservada (S_{n+1}), além de ser possível identificar clivagem de crenulação (S_{n+2}) entre estas xistosidades. Observa-se também indicadores cinemáticos, dobras assimétricas e *boudins*.



Fotografia 14: Aspectos macroscópicos da subunidade muscovita- clorita xisto do Grupo Araxá. a) Afloramento de rocha com pouco alteração (Ponto 96; b) Rocha com cor cinza esverdeado, quando se apresenta pouco intemperizada (Ponto 97); c) Afloramento em forma de lajedos, com cor avermelhada causada pelo intemperismo (Ponto 98); d) Contato entre rochas pouco intemperizadas e porções de rocha intemperizada com cor avermelhado – reação oxi-hidróxido de ferro (Ponto 93). Fonte: Autora

Em relação às amostras de mão coletada em campo, é possível identificar quartzo, clorita, muscovita, plagioclásio e biotita, além de apresentar uma textura lepidoblástica marcada pela orientação das muscovitas e cloritas.

Existem dois tipos marcantes do muscovita-clorita xisto, onde a primeira apresenta granulação média a grossa e xistosidade muito bem preservada (Fotografia 15a), além de apresentar cor cinza esverdeado. Já a segunda apresenta uma granulação variando entre fina e as vezes alguns grãos médios, apresentando uma verde (Fotografia 15b).



Fotografia 15: Amostra de mão Muscovita clorita xisto do Grupo Araxá. a) Apresenta foliação principal e foliação de crenulação na amostra. b) Amostra com foliação principal e agregado de mineral clorita. (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora

Microscopicamente, uma amostra representativa exhibe quartzo (35%), clorita (25%), biotita (15%), muscovita (10%), Apatita (10%), como minerais principais. A apatita, zircão, turmalina ocorrem como minerais acessórios e perfazem cerca de 5%. (Fotomicrografia 6b e 6d)

A lâmina delgada apresenta textura lepidoblástica, xistosidade com microdobramentos, micro veios com preenchimento de quartzo, sendo assim foliação metamórfica S_n e clivagem de crenulação S_{n+1} (Fotomicrografia 6a e 6c).

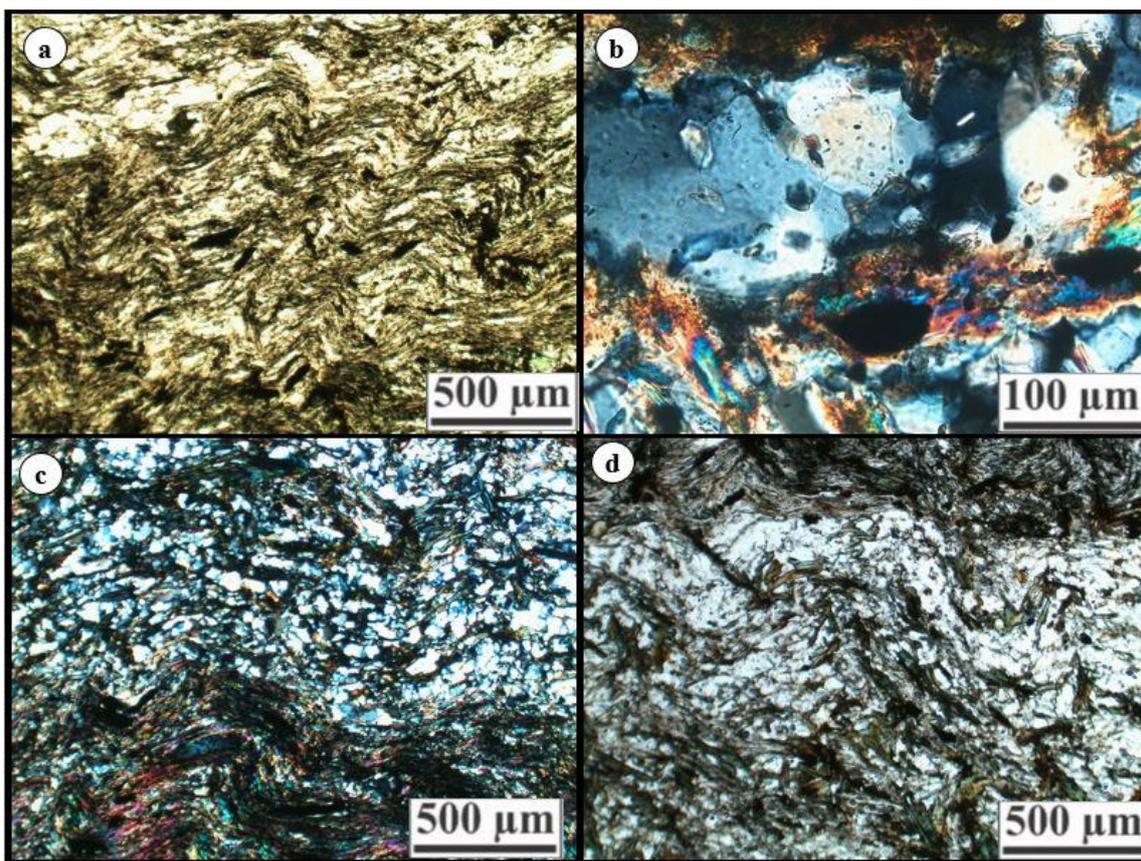
Os cristais de quartzo presente na lâmina, possuem como características dimensões inferiores a 0,1mm, apresenta contato irregular com outros minerais e muitas vezes presença de bandas de quartzo seguindo uma orientação preferencial dos minerais de clorita e biotita. O quartzo apresenta um início de recristalização com fragmentação em cristais poligonizados.

A clorita apresenta cristais com dimensões entre 0,1mm a 0,3mm, hábito anastamosado, sua cor varia entre verde pálido a verde acizentado. O contato com outros minerais é irregular e em alguns cristais é possível observar a inclusões de minerais opacos.

Os minerais de muscovita são incolores, apresentam formato anastamosado e encontram-se dobrado. Os cristais apresentam dimensões inferiores a 0,1mm.

Os minerais acessórios perfazem cerca de 5% da lâmina total e se chama atenção para dois minerais muito marcantes que é a turmalina e a grande quantidade de minerais opacos.

A apatita encontra-se em forma de “bastonetes” como inclusão nos cristais de quartzo, porém em grande presença, apresentam dimensões inferiores a 0,05mm.



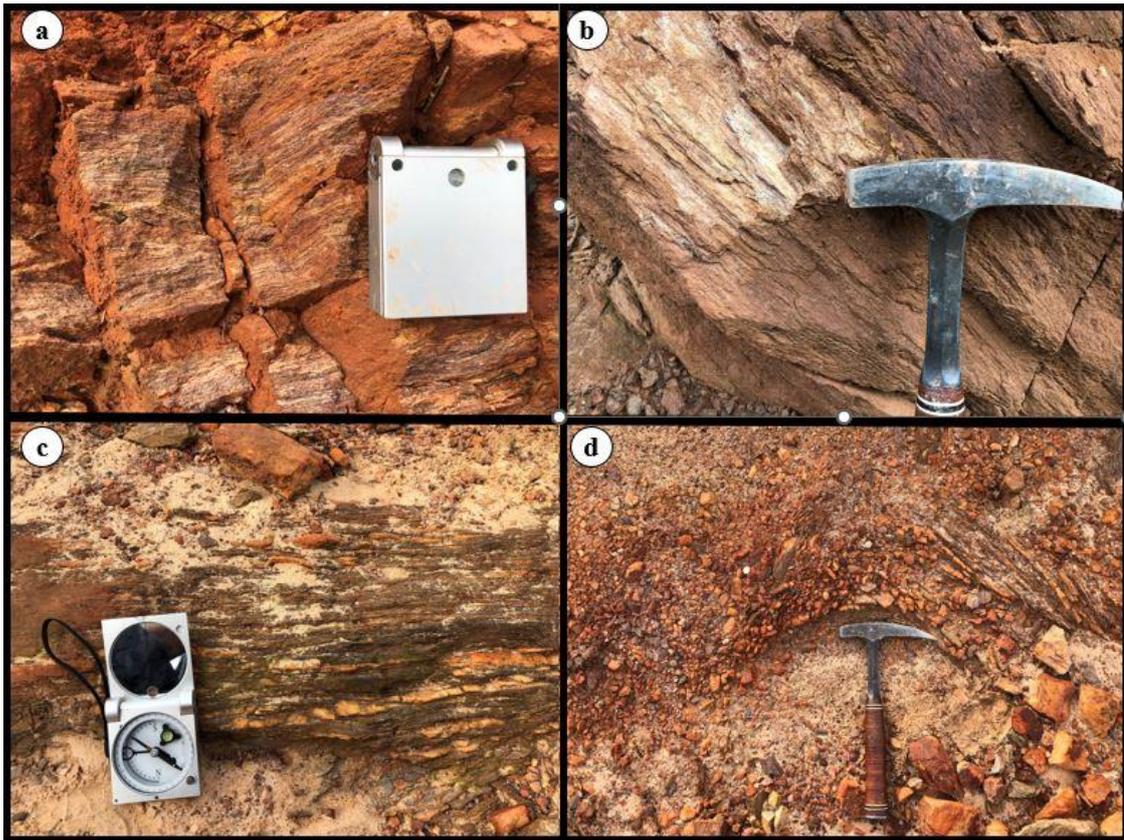
Fotomicrografia 6: Aspectos microscópicos muscovita-clorita xisto do Grupo araxá a) Nicol 4x cruzado sn e sn+1; b) 20x nicol cruzado apatita; c) 4x nicol cruzado turmalina; d) 4x nicol paralelo clorita - biotita- quartzo seguindo orientação e bandas separadas entre quartzo e biotita. Fonte: Autora

6.4.3. Muscovita-Biotita Xisto

O muscovita-biotita xisto aflora aproximadamente 54km², cerca de 16 % da área mapeada. Ocorre predominantemente no extremo sudeste e porções centrais.

Apresenta altitudes entre 630m nos níveis mais baixos, onde apresenta uma declividade mais suave e por consequência um relevo mais plano. Em contrapartida, os maiores níveis altimétricos variam entre 790m a 800m, apresentando maiores índices de declive que foram classificados como fortemente ondulado e consequentemente aflorantes em morros.

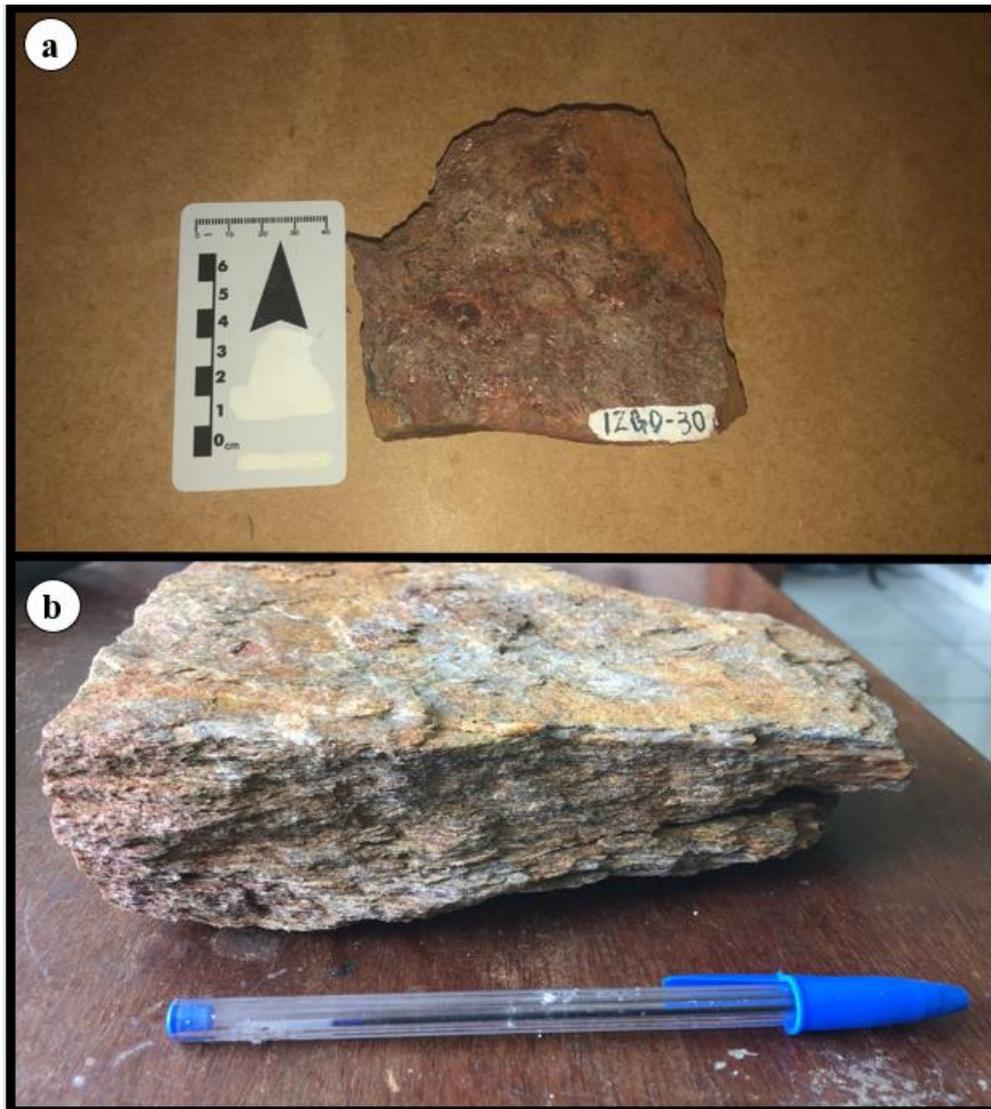
Os afloramentos do muscovita-biotita xisto são encontrados em forma de lajedos de dimensões métricas, muitos dessas rochas aparecem em beira de estradas e a maioria dos afloramentos estão intemperizados (Fotografia 16). Além de apresentarem veios de quartzo concordante a foliação do xisto que também exhibe dobras e clivagem de crenulação.



Fotografia 16: Aspectos macroscópicos da subunidade muscovita-biotita xisto do Grupo Araxá. a) Principal foliação da rocha intemperizada (Ponto 30); b) Principal foliação da rocha menos intemperizada (Ponto 29); c) Pequenas intrusões de quartzo (Ponto 87); d) Dobra no afloramento (Ponto 88). Fonte: Autora

Devido ao alto índice de intemperismo que esta rocha possui, as amostras de mão coletadas são de difícil interpretação de sua composição, porém conseguiu identificar-se os minerais de quartzo, muscovita, biotita, plagioclásio e granada.

Via de regra a rocha apresenta estrutura xistosa pouco preservada (Figura 17 a) e bem preservada (Figura 17b) mesmo com muito intemperismo ocorrendo em sua composição. Apresentam granulação fina a média, cor entre cinza escuro a cinza avermelhado.



Fotografia 17: Amostra de mão muscovita biotita xisto pertencente ao Grupo Araxá. a) Amostra de mão com xistosidade pouco preservada e cor cinza avermelhado (Ponto 88). b) Amostra de mão com xistosidade bem preservada e cor cinza escuro (Ponto 31). (Tamanho da caneta: 14,5cm) Fonte: Autora

6.5.GRANITO DO TIPO IPAMERI

O Granito do tipo Ipameri ocorre em menor escala, ocupando cerca de 23 km² o equivalente a aproximadamente 7% da área mapeada. As rochas aflorantes foram denominadas de granito II e encontram-se à sudeste da área mapeada.

Topograficamente, os granitos II afloram em menores escalas altimétricas variando entre 620m até no máximo 730m. A geomorfologia da área é a porção mais planar e suave em toda área mapeada.

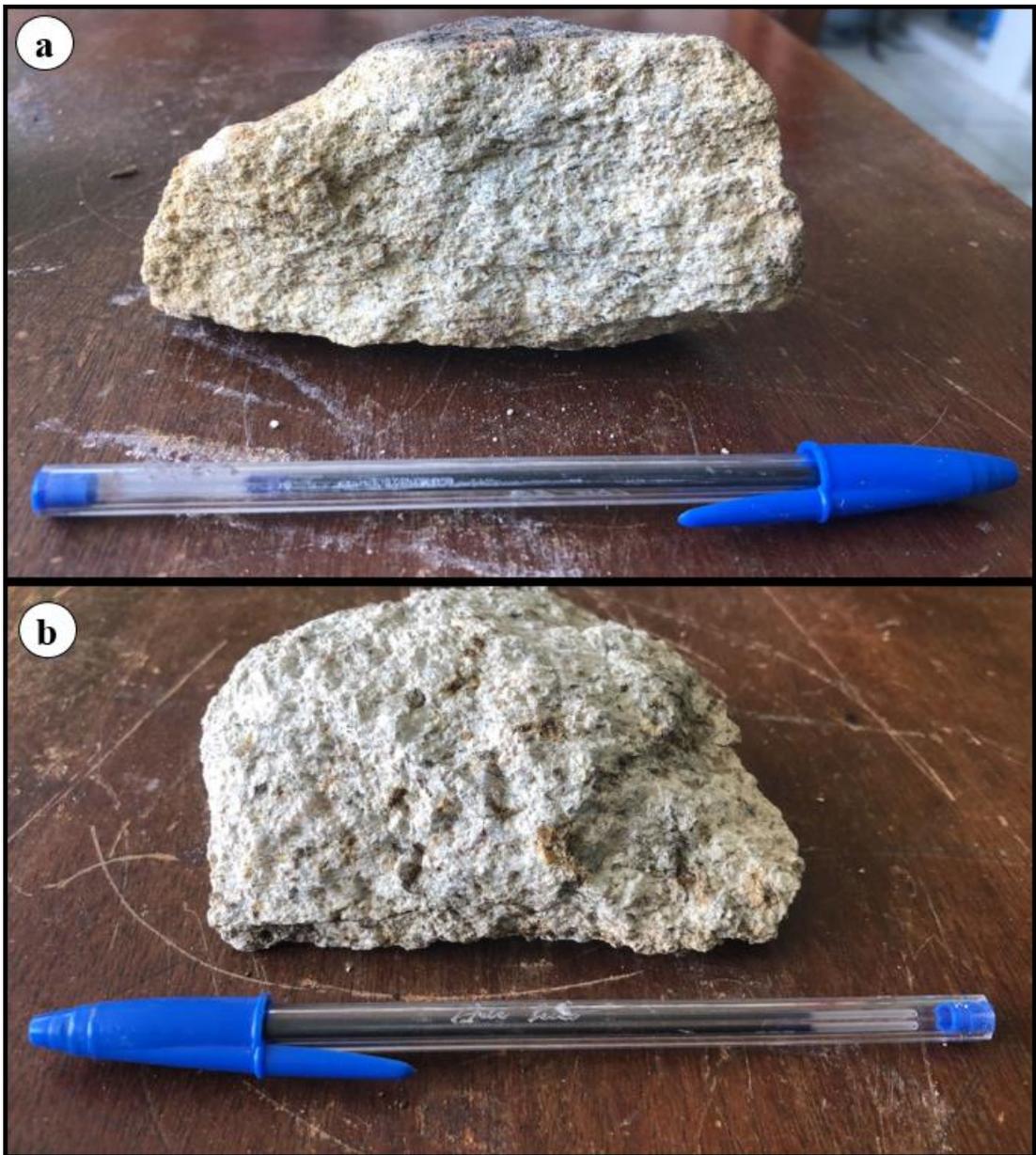
O granito II apresenta-se bastante intemperizados onde ocorre grandes paredões de solo residual rico em feldspato (Fotografia 18a). Quando não intemperizados afloram em forma de pequenos a médios blocos (Fotografia 18b, 18c e 18d).

Em geral são formado por monzogranitos, isotrópicos apresentando por vezes texturas equigranular fina a média. No granitoíde foi identificado o Sc referente ao fluxo ígneo, onde a foliação preferencial é 110/25 e pode ser observada pelo minerais.



Fotografia 18: Aspectos macroscópicos do granito II, pertencente ao granito do tipo Ipameri. a) Afloramento rocha intemperizada (Ponto 117); b) Bloco de rocha foliado (Ponto 119); c) e d) Afloramento de blocos de diversos tamanhos (Ponto 160 e Ponto 165). Fonte Autora

As amostras de mão apresentam rochas leucocráticas, holocristalinas, de coloração cinza esbranquiçado, equigranular de granulação fina a média. Onde apresentam foliação na granulação mais fina (Fotografia 19a), porém não sendo observada em granulações médias (Fotografia 19b). A paragênese é composta por quartzo, granada, biotita e plagioclásio.



Fotografia 19: Amostra de mão granito II– Maratá. a) Amostra com foliada e com granulação fina (Ponto 117). b) Amostra com granulação média e cristais de granada (Ponto 161). (Tamanho da caneta: 14,5cm). Fonte: Autora

7. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Para análise deste capítulo, foi avaliado a estrutural da área mapeada foram levados em considerações as atitudes das rochas em campo, aliados às feições texturais observadas em lâminas delgadas.

7.1. FOLIAÇÃO S1 E LINEAMENTO L1

A foliação mais antiga encontrada na área relaciona-se a responsável pelo desenvolvimento de uma foliação, designada S1, observada em todas as litologias, com exceção das rochas pertencentes ao Granito do Tipo Ipameri, que são datadas como rochas do Neoproterozoico. É possível também notar a formação de lineamentos representados por estiramentos minerais nos gnaisses e ortognaisses da área.

Os ortognaisses e gnaisses do embasamento pertencentes ao Complexo Granulítico Anapólis- Itauçu apresentam lineamentos minerais marcados no bandamentos composicionais que mostram espessura milimétrica e centimétrica, nos estiramentos dos cristais de quartzo (Fotografia 20a). A foliação S1 apresenta como medida mergulhos baixos a médios que variam entre 20-45 NW (Figura 16a).

A sequência Maratá apresenta a sua foliação preferencial S1 com mergulhos baixos a médios onde a direção varia entre 15-50 NW/SE (Figura 16b). É caracterizada por bandamentos gnáissicos (Fotografia 20b), apresentando também lineamentos dos cristais de quartzo e plagioclásio que encontram-se estirados, sendo possível observar grão anteriores à formação da rocha pretérita em alguns pontos.



Fotografia 20: Bandamentos gnáissicos a) Estiramento dos cristais de quartzo nos ortognaisses do Complexo Granulítico Anapólis Itauçu. b) Foliação S1 presente na sequência Maratá de baixo mergulhos. Fonte: Autora.

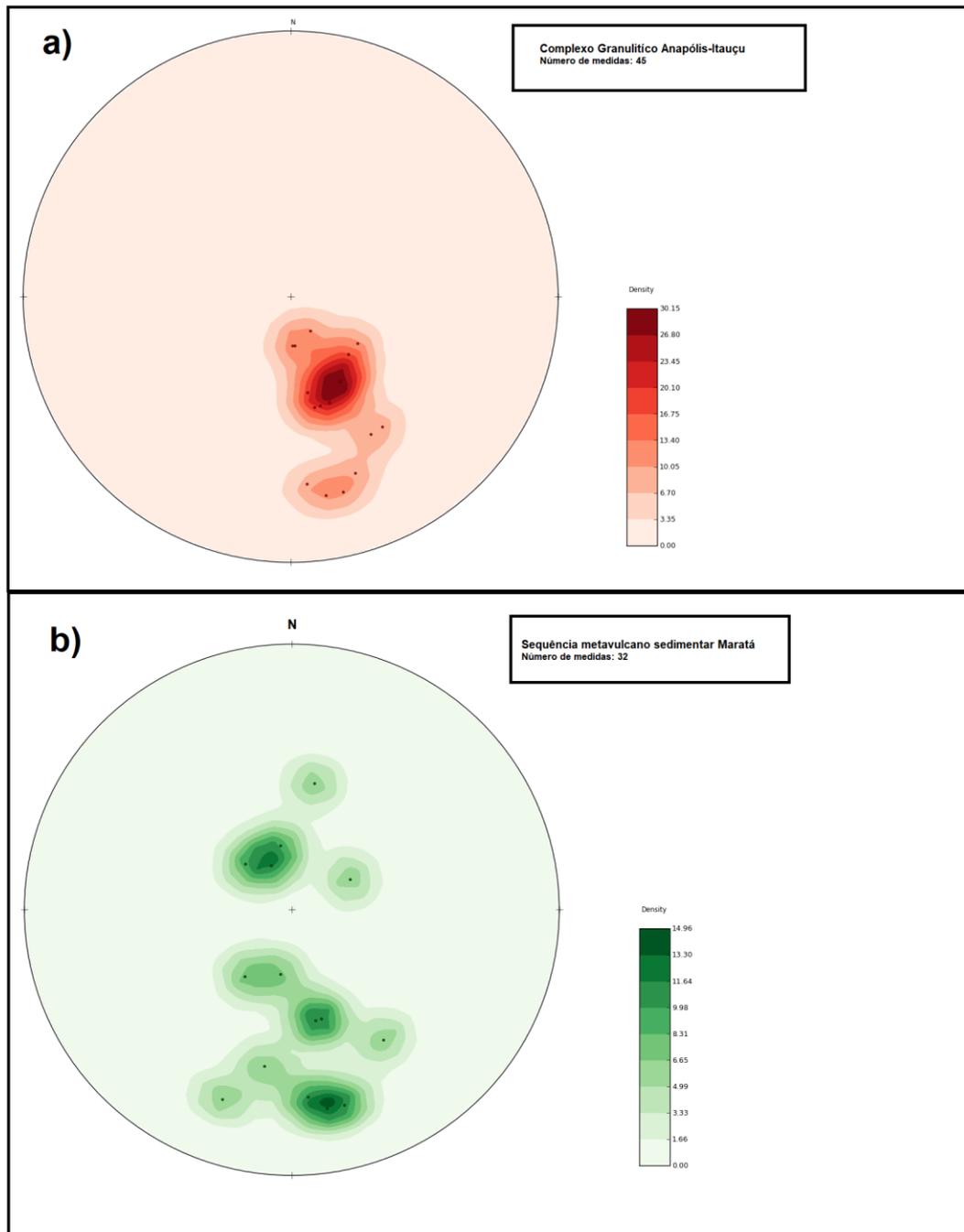


Figura 16: Estereograma dos contornos plano S1. a) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas do Complexo Granulítico Anapólis-Itaçu com direção principal NW/SE. b) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas da sequência metavulcano sedimentar Maratá, com direção principal NW/SE. Fonte: Autora

Os quartzitos apresentam a foliação S1 com direção entre 25NE/SW (Figura 17a), mostrando algumas medidas dispersas que é responsável pela formação de dobras e lineamentos posteriores a S1.

As rochas do Grupo Araxá, por sua vez, apresentam foliação S1 com direção preferencial entre NE/SW. Para a compreensão das medidas coletadas em campo e

levando em conta a complexidade de dobras de eventos posteriores, foi analisado separadamente medidas dos xistos do Grupo Araxá que não apresentavam com tanta intensidade as deformações, desta forma a foliação S1 apresenta direção média de 30 NE/SW (Figura 17b).

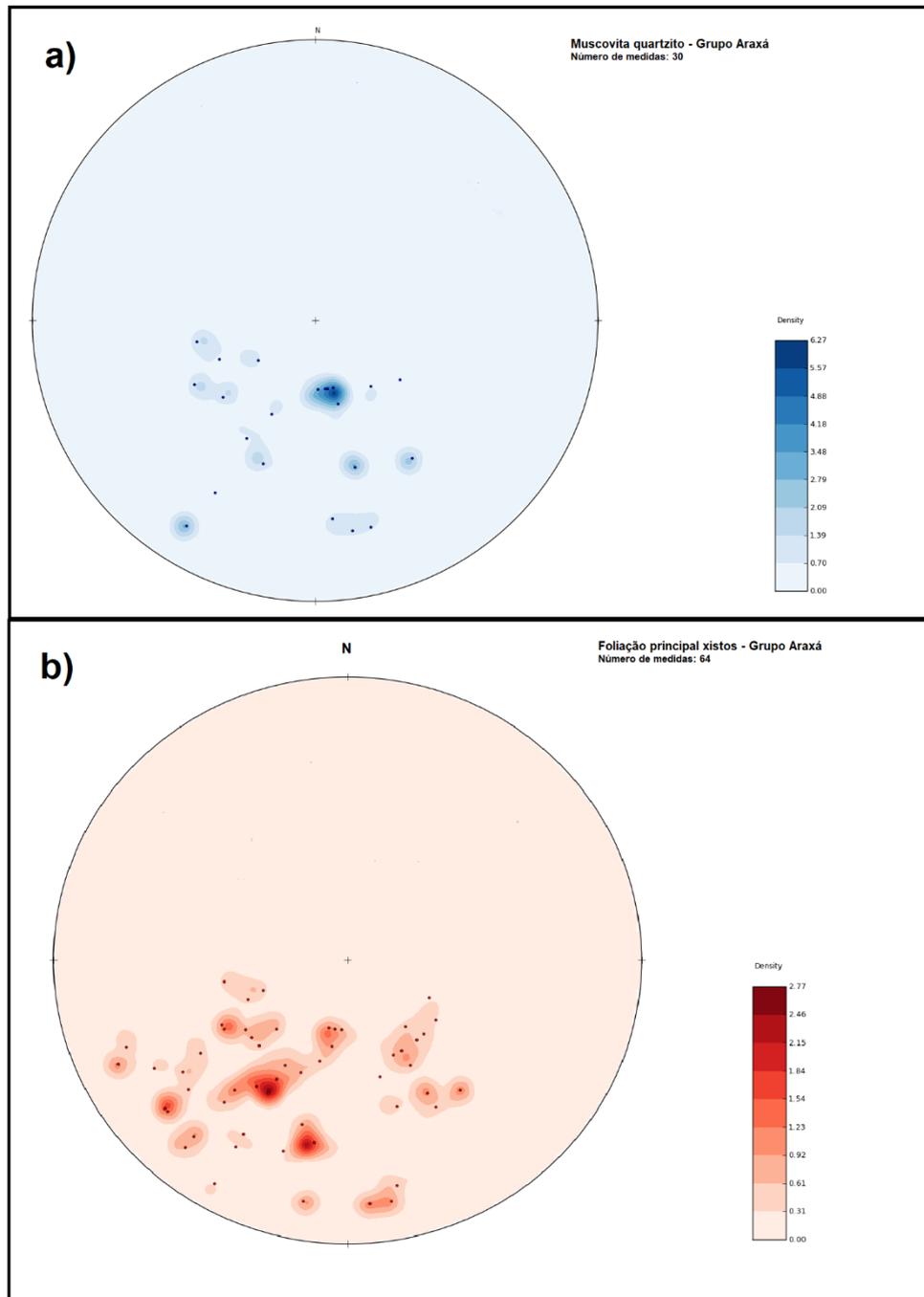
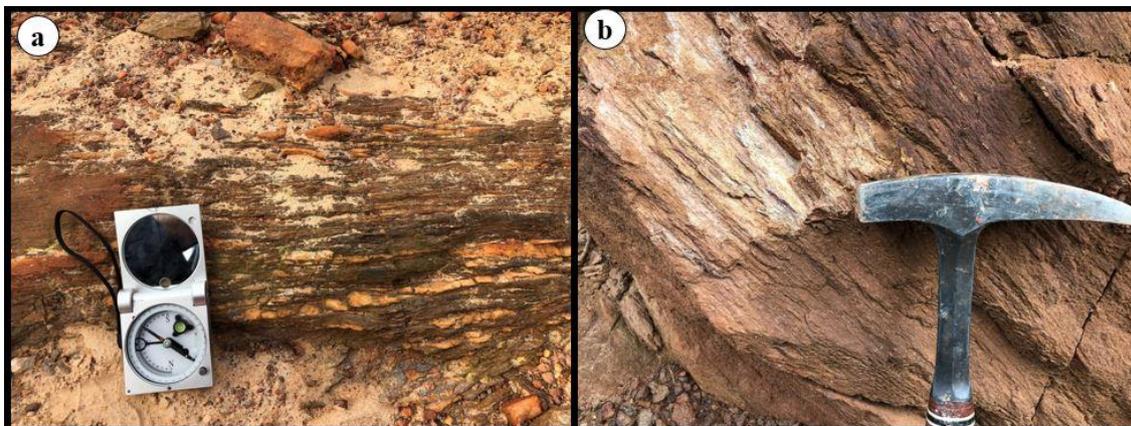


Figura 17: Estereograma dos contornos plano S1. a) Estereograma das medidas coletadas em campo das rochas do Complexo Granulítico Anapólis-Itauçu com direção principal NW/SE. Fonte:Autora

Os xistos apresentam o lineamento L1 representado pelo estiramento dos minerais de quartzo (Fotografia 21a) em alguns locais, porém na maioria das vezes, apresentam apenas a xistosidade bem formada sem esse lineamento presente (Fotografia 21b)



Fotografia 21: Estruturas presentes no xisto do Grupo Araxá. a) Lineamentos dos minerais de quartzo. b) Xistosidade com médio mergulho. Fonte: Autora

7.2. FOLIAÇÃO S2 E LINEAÇÕES S2

A foliação S2 é marcada por dobramentos que afetam e configuram uma clivagem de crenulação (S2) nas rochas pertencentes ao Grupo Araxá e um estiramento de minerais das rochas do Complexo Anapólis Itauçu.

O estiramento dos minerais das rochas biotita-epidoto ortognaisse apresentam-se próximas a intrusões do granito Rio Piracanjuba, sendo possível notar o estiramento dos minerais de quartzo e formação de *boudins*. Apresentando um contraste notório entre as camadas dos gnaisses do Complexo Anapólis-Itauçu.

A clivagem de crenulação encontrada nos xistos do Grupo Araxá (Fotografia 22) apresentam direção perpendicular com o S1, com mergulhos baixos entre 30-45 NW/NE (Figura 18). A crenulação pode ser observada nas três escalas estudadas neste trabalho, sendo possível ser observada em escala meso (confecção das imagens de *hillshade*), macro (detalhamento em afloramento) e microscópica.

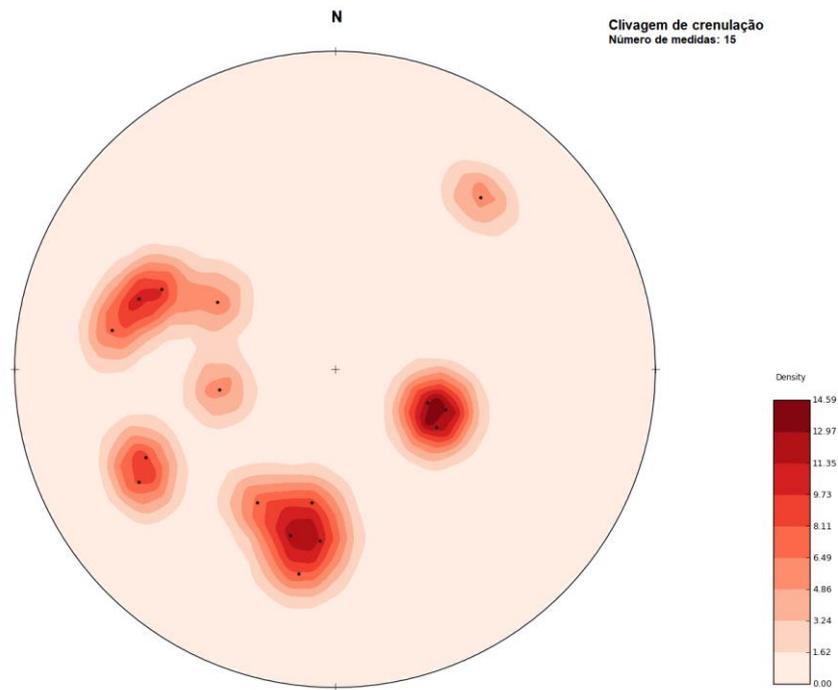


Figura 18: Estereograma dos dados da formação da foliação S2 nas rochas do Grupo Araxá. Fonte: Autora



Fotografia 22: Contato entre quartzito e muscovita-biotita xisto, onde é possível observar a foliação S1 e a crenulação S2 nos xistos. Fonte: Autora.

7.3.FRATURAS E DOBRAS

A área mapeada apresenta três famílias distintas de fraturas nas rochas, sendo a primeira mais numerosa com o sentido NW/SE e, em menor número, a família NE/SW (Figura 19).

As fraturas presentes na área de estudo ocorrem em par conjugados (Fotografia 23) e são observados com mais frequências nos xistos e quartzitos do Grupo Araxá. Observa-se, também, grandes quantidades de fraturas ocorrendo nos granitos do Tipo Ipameri, essas fraturas facilitam a circulação de fluidos o que leva um maior intemperismo nos granitos mapeados.

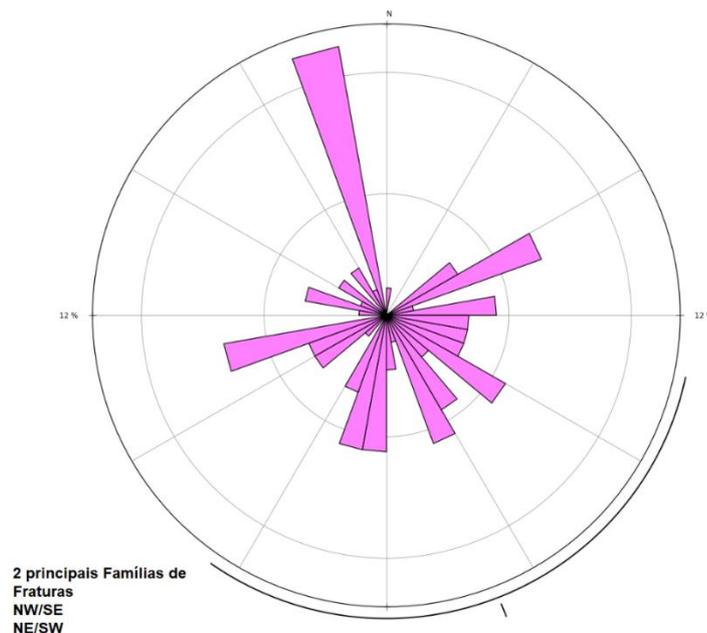


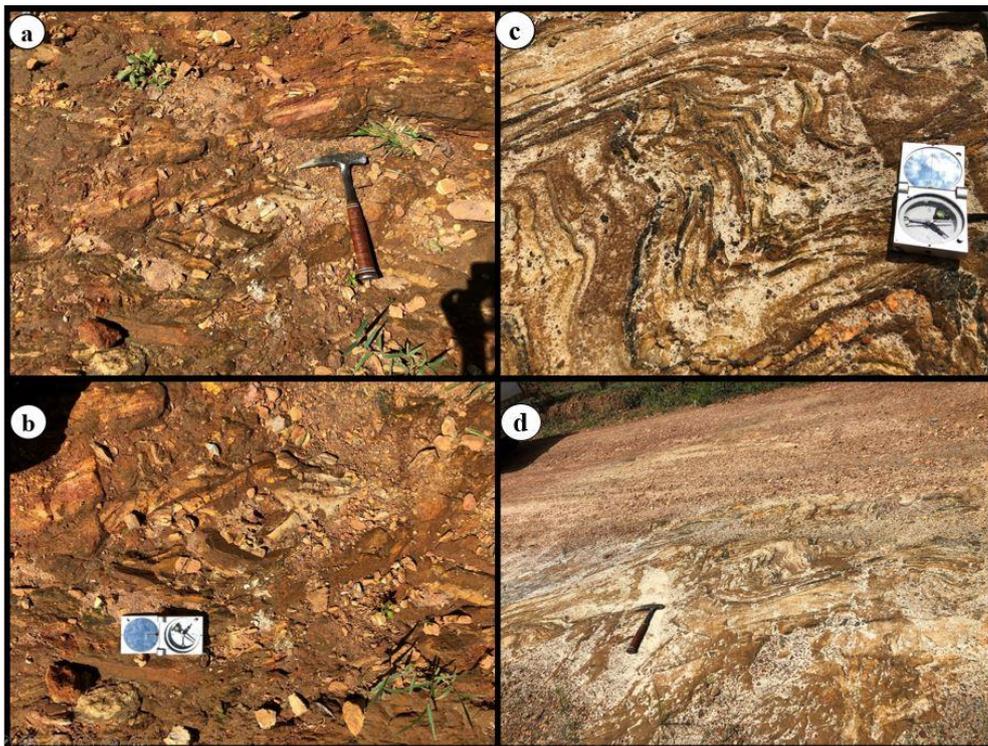
Figura 19:Diagrama de Roseta das principais famílias de fraturas presentes na área mapeada. Fonte: Autora.

A área de interesse apresenta dobras principalmente nas rochas do Grupo Araxá sendo possível verificar tanto em campo, quanto em imagens de satélite. Os dados colhidos em campo mostram que a maioria das dobras tem flanco 1 com medidas NW e flanco 2 SE e, por vezes, com medidas de flanco 1 NE e flanco 2 NW. Essas dobras são bem visíveis em rochas com muscovita e biotita em sua composição (Fotografia 24b), além de serem de caráter dúctil.

Por fim, encontra-se em campo indicadores cinemáticos como *boudins* onde predominam direções no sentido NE. Estes *boudins* estão presentes, em maior frequência, nos xistos e quartzitos do grupo Araxá (Figura 24a).



Fotografia 23: Par conjugado de fraturas no quartzito pertencente ao Grupo Araxá (Ponto 9). Fonte Autora



Fotografia 24: Estruturas formadas nas rochas do Grupo Araxá. a) e b) Indicadores cinemáticos *boudins*. c) e d) Dobras nos xistos do Grupo Araxá. Fonte: Autora.

8. METAMORFISMO

Para a elaboração deste capítulo foram utilizados dados petrográficos e estruturais obtidos nas atividades de campo e de laboratório, além das informações da pesquisa bibliográfica para auxiliar no entendimento da área.

Foram analisadas seis lâminas delgadas dos principais tipos de rochas metamórficas que ocorrem na área de estudo, cujo os resultados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Relação das assembleias mineralógica das principais unidades reconhecidas em campo.

Unidades	Rocha Representativa	Assembleia Mineralógica
Complexo Granulítico Anapólis Itauçu	Biotita Epidoto Ortognaisse	Biotita + Epidoto + Granada + Albita + Titanita
Complexo Granulítico Anapólis Itauçu	Granada Biotita Gnaiss	Plagioclásio + Biotita + Granada + Epidoto
Sequência Metavulcano Sedimentar Maratá	Biotita Muscovita Epidoto Paragnaisse	Albita + Microclínio + Biotita + Muscovita + Epidoto
Grupo Araxá	Muscovita Clorita Xisto	
Grupo Araxá	Muscovita Quartzito	Quartzo + Muscovita+ Biotita

Segundo Winter (2014), fácies metamórficas estão relacionadas à pressão, temperatura e profundidade, que representam uma associação das condições que a rocha foi submetida até que os minerais presentes estejam estáveis.

As rochas ortognáissicas e gnáissicas pertencentes ao Complexo Granulítico Anapólis Itauçu apresentam associações que indicam o auge do metamorfismo da área de estudo. Estas assembleias mineralógicas das rochas indicam condições de metamorfismo com temperaturas entre 580-700°C e pressões em torno de 7-9 Kbar, como representado na Figura 20. Estas rochas mostram grau de metamorfismo mais alto e são classificadas como fácies anfibolito e, posteriormente, retrometamorfizadas na fácies xisto verde.

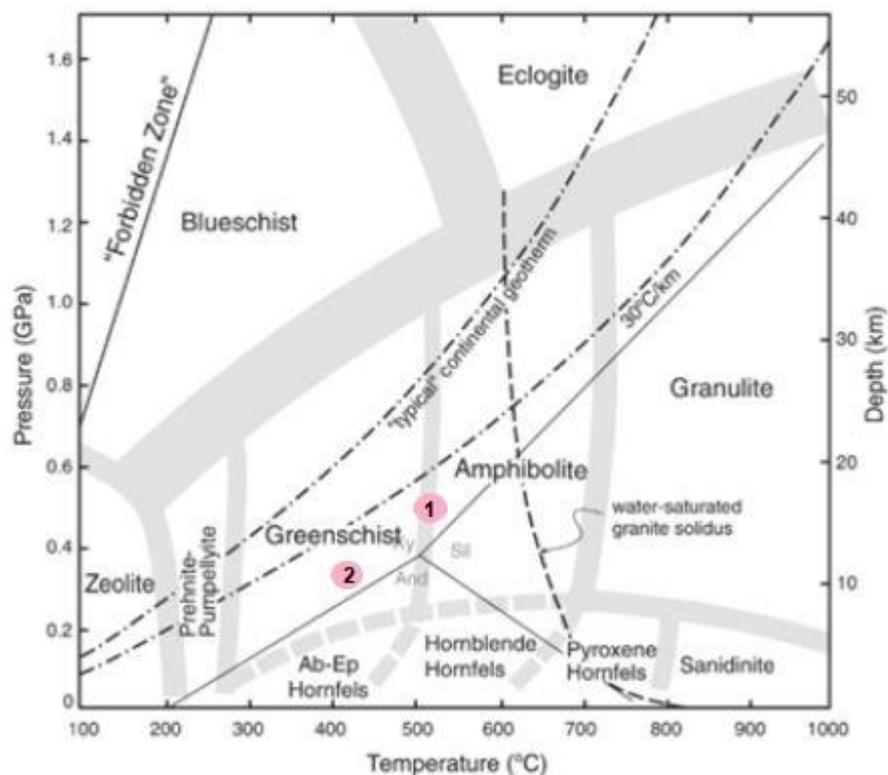


Figura 20: Digrama de pressão e temperatura resumindo o metamorfismo de rochas de origem ígnea. Os pontos rosas indicam as condições de metamorfismo que inicialmente (1) e posteriormente foram retrometamorfizados para fácies xisto verde (2). Fonte: Extraído e modificado de Winter (2014)

Já as rochas de origem metassedimentares são representadas por rochas do Grupo Araxá, como muscovita-clorita xisto e muscovita quartzito. A sequência metavulcano sedimentar Maratá como rochas biotita muscovita epidoto paragnaisse, que foram analisadas microscopicamente.

Como representado na Figura 21, as rochas citadas acima mostram metamorfismo de médio grau metamórfico, enquadrando-se na zona da granada (fácies xisto verde superior), que são rochas associações típicas com granada, biotita, clorita, quartzo, albita e, por vezes, epidoto.

Apresentando uma reação continua no diagrama FMASH, representado por:

- Clorita + Muscovita = Granada + Biotita + Quartzo + H₂O
- Ferro – Clorita = Granada + Magnésio + H₂O

Pode-se observar, na Figura 16, que a paragênese metamórfica indica condições de temperatura entre 400 - 700 °C e condições de pressão em torno de 6 a 8 Kbar.

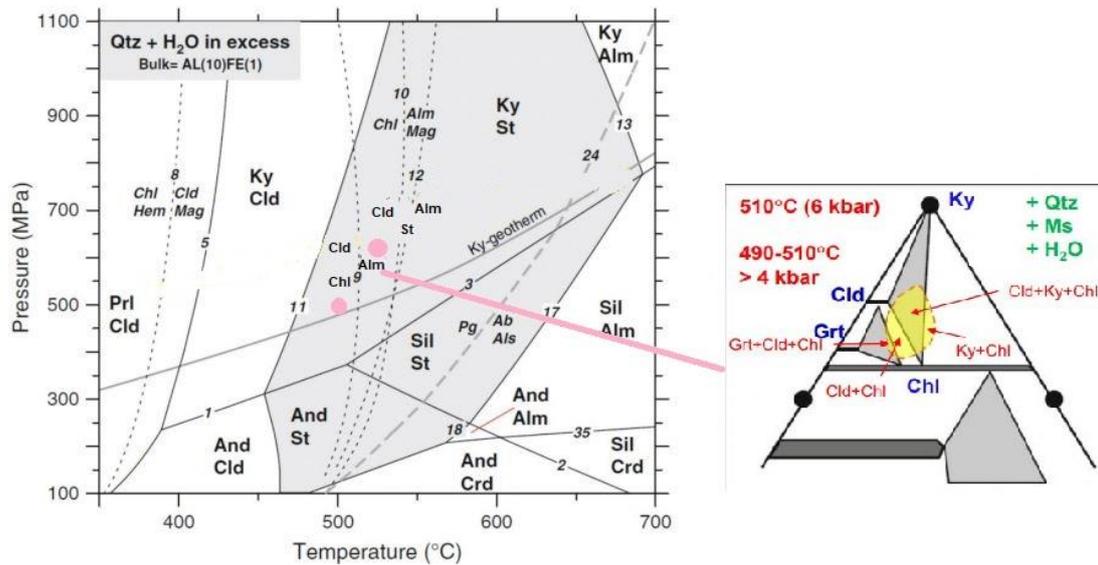


Figura 21: Diagrama de Pressão e Temperatura resumindo o metamorfismo de rochas de origem metassedimentares. Os pontos rosas representam as plotagens das assembleias mineralógicas das rochas metassedimentares. Fonte: Spear e Chenez, modificada pela autora.

Além dessas associações mineralógicas citadas acima, também foram observadas paragéneses que indicam condições de retrometamorfismo nas diferentes rochas apresentadas.

- Granada alterando para biotita e clorita
- Saussoritização de plagioclásio
- Formação de Muscovita através da alteração da biotita
- Epidotização dos macros cristais de Microclínio formando microcristais de epidoto e sericita.

Essas associações minerais, tanto para as rochas ortognáissicas e rochas metassedimentares, indicam condições de retrometamorfismo do fácies anfíbolito// Fácies xisto verde superior para fácies para fácies xisto verde inferior.

9. DISCUSSÃO

O presente capítulo irá abordar as principais características que foram relevantes para a interpretação do uso de sensoriamento remoto para o refinamento e detalhamento do mapeamento geológico realizado.

9.1. SENSORIAMENTO REMOTO *VERSUS* ASPECTOS DO RELEVO

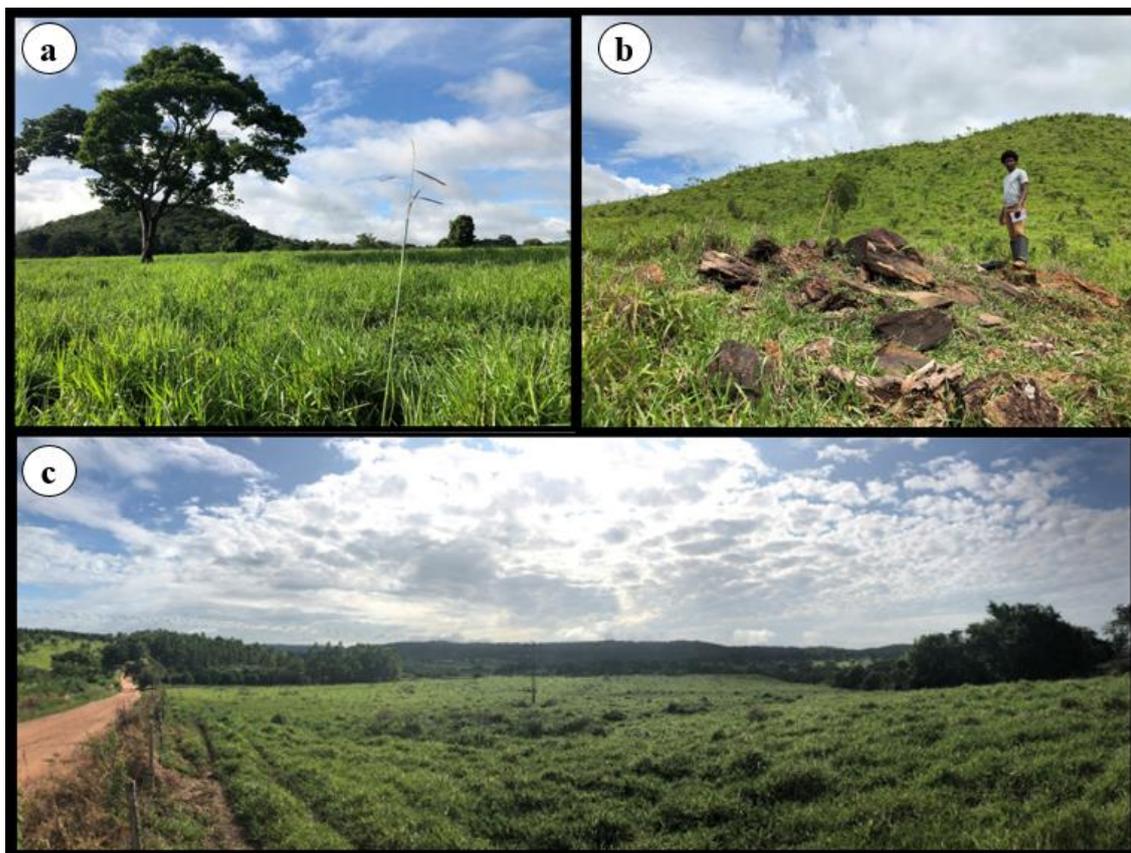
Para a interpretação prévia dos principais aspectos do relevo como os principais aspectos topográficos, as feições geomorfológicas e drenagens da área de interesse foram interpretados pelos produtos gerados através dos dados DEM ALOS PALSAR, o qual foram descritos no tópico 5.2. do relatório.

Por meio da definição do Embrapa (2022) e do IBGE (1999) respectivamente falando sobre o modelo digital de elevação e da definição de declividade, foi possível identificar que a área de estudo apresenta vertentes com um grau de declividade entre 20% e 40% e estão correlacionadas aos maiores níveis altimétricos da área de estudo entre 840m e 920m. Em contrapartida, os níveis de declividades mais baixos que variam entre 3 a 9% e representam grande parte da área, não tem uma ligação direta com os valores altimétricos.

Em campo foi possível a identificar que a área apresenta como principal feições geomorfológicas morros (Fotografia 24a e 24b) na região central e em porções norte da área. Onde foi analisado e definido previamente através da fotointerpretação (Figura 14). das zonas homologas I, IV e VII. Estas zonas apresentaram feições mais rugosas e concentrações de cores mais intensas de vegetação.

As regiões mais planares observadas em campo (Fotografia 24c) apresentam vales encaixados e poucas ondulações e rugosidades, porém na etapa pré-campo foi possível diferenciar essas regiões através de diferentes comportamentos do entalhe dos vales e das vegetações da Figura 6 de composição RGB-8114.

A compilação de dados de imagens multiespectrais e radar auxiliaram a organização do campo, onde classificar as diferentes altimetrias com os índices de declives, junto com a composição RGB das imagens Sentinel 2 ajudou a compreender quais os pontos que demandariam mais tempo e atenção para ser mapeado.



Fotografia 25: Aspectos do relevo da área mapeada e identificado no pré-campo. a) e b) Feições de morros presentes em grande parte da área. c) Fotografia panorâmica entre diferentes padrões de relevo, mais a fundo da fotografia presença de morros em forma de serra e a frente relevo plano. Fonte: Autora.

9.2. SENSORIAMENTO REMOTO *VERSUS* LITOLOGIA

Para compreender a litologia da área e como o sensoriamento remoto poderia auxiliar nessa interpretação foi utilizado principalmente imagens multiespectrais Sentinel 2.

A confecção das imagens a partir da matemática de bandas para rochas quartzosas - RGB 4/3-8/12-2/5 (Figura 9) apresentou grande relação na resposta espectrais com a realidade encontrada em campo. Já que ressaltou cores azuis porções onde encontram-se o granito I e o granito II, além de locais pontuais que afloram quartzitos como pode ser observado no mapa geológico simplificado apresentado como Figura 22 e completo no Anexo II.

Já a composição RGB 5/4-3/2-7/5 utilizada para apresentar as áreas com principal ocorrência de óxidos de ferro apresentou uma relação além da interpretada inicialmente, onde as cores verdes representavam áreas de drenagens que poderia intensificar o

intemperismo. Ocorrendo também drenagens em grande parte a nordeste da área onde afloram os granada-biotita gnaisses pertencentes ao Complexo Granulítico Anapólis-Itaçu, na qual a rocha encontra-se menos intemperizadas próximos a drenagens.

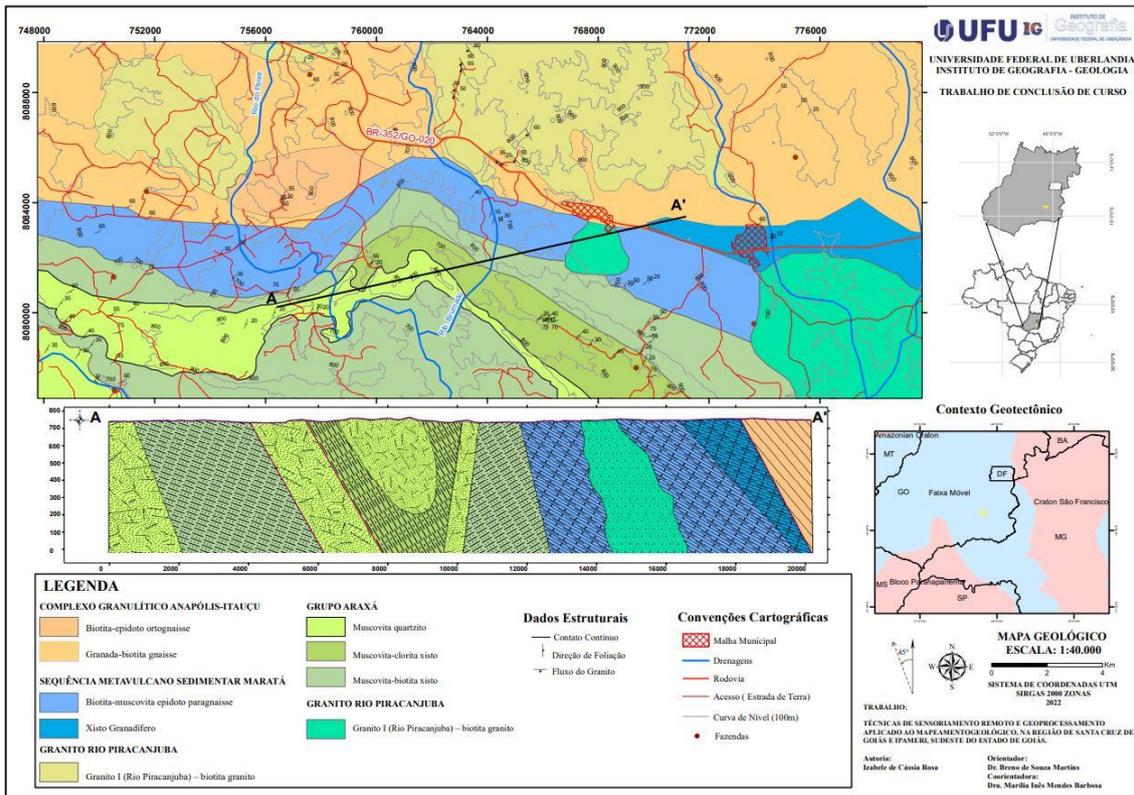


Figura 22: Mapa simplificado da área mapeada entre as cidades de Pires do Rio e Santa Cruz de Goiás. Fonte: Autora.

Além do uso da matemática de bandas a utilização apenas das composições de cor real RGB-432 e NDVI RGB-8114 ajudaram a interpretar o fechamento dos limites das diferentes litologias através das feições, estruturas e vegetações que estas figuras ressaltaram.

9.3. SENSORIAMENTO REMOTO *VERSUS* ESTRUTURAL

A relação do Sensoriamento Remoto e a estrutural foi de suma importância para compreender os diferentes da área mapeada. Grande parte da interpretação foi correlacionada as feições lineares observadas dos produtos gerados a partir do processamento da imagem ALOSPALSAR.

Como a área é caracterizada por grandes feições macroestruturais, foi possível observar dois eventos S1 e S2. Para a interpretação e correlação dos dados, foi necessário a compreensão dos diferentes tipos de dados estruturais coletados em campo e buscar na

literatura o que era discutido sobre o comportamento destes eventos em macroestruturas da área.

Desta forma, a partir da interpretação da Figura 15, onde foi utilizado as medidas 270/30, foi possível correlacionar as lineação do tipo 1 como correspondente ao S_{n+1} , onde ocorre a formação das principais foliações da área que foi representada como foliação 1 e S_{n+2} sendo interpretada como foliação 2. Ambas as foliações são referentes a litologias pertencentes ao Grupo Araxá.

Observa-se também uma macroestruturação regional da área através das imagens de satélite, onde são representadas por lineamentos estruturais em feições geomorfológicas sustentados por rochas do Grupo Araxá. A características principal desta deformação dúctil é dobras tanto em escalas macroscópicas visualmente vistas em imagens de satélite.

Em campo, foi observado que há uma tendência de lineamentos em “M”, que apresentam pequenas dobras entre as estruturas de dobra regional principal.

A estrutural da área é bastante complexa, temos grande números de lineamentos cortantes a foliação principal das diferentes litologias, o entalhamento do rio do peixe através de domínio estrutural desta charneira da grande dobra regional presente na área.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.

A área de estudo, inserida nas proximidades dos Municípios de Santa Cruz de Goiás, Palmelo e Pires do Rio, no sudeste do estado de Goiás, apresentam cinco unidades de idades distintas.

Onde os terrenos cristalinos paleoproterozoicos pertencentes ao complexo Granulítico Anapólis- Itauçu, unidades mesoproterozoicas como rochas da sequência metavulcano sedimentar Maratá e por fim, unidades neoproterozoicas que englobam rochas tanto do Grupo Araxá, como terrenos cristalinos do granito Sin a Tarditectônico do Tipo Rio Piracanjuba e granitoídes Sintectônico do Tipo Ipameri.

Para a interpretação dos dados deformacionais da área de interesse, foi realizado a análise dos sucessivos eventos estruturais obtidos em campo e que permitiu a identificação e a caracterização de uma evolução metamórfica estrutural marcado por pelo menos três episódios de deformação dúctil, onde foi possível a identificação de duas novas formações de foliações (S_{n+1} e S_{n+2}) e a formação de grandes feições de dobras em macro escala.

As rochas pertencentes ao Complexo Granulítico Anapólis – Itauçu são predominantemente gnaisses e ortognaisses que apresentam bandamentos composicionais, mesoscópicamente e petrograficamente possuem texturas granoblástica a lepidoblásticas, com granulação média a grossa e estruturas fortemente anisotrópicas, marcada por uma forte orientação predominante dos cristais.

Os afloramentos da unidade sequência metavulcano sedimentar Maratá são composta por xistos e paragnaisses, que ocorrem na forma de lajedos, muitas vezes intemperizados. Estas rochas apresentam como característica em sua composição os minerais biotita, muscovita, granada e epidoto em grande quantidade.

Já as rochas pertencentes ao Grupo Araxá são compostas de xisto e quartzitos, apresentando as maiores características estruturais da rocha visíveis em escalas meso, macro e microscópicas da área de estudo, podendo ser observado a foliação S_1 e S_2 . Os xistos são composto por clorita, biotita e muscovita, já o quartzito aflorante na área é rico em muscovita em sua composição principalmente em áreas de contato entre xisto e quartzitos.

As unidades graníticas da área foram classificadas como granito I, pertencente ao granito Rio Piracanjuba que apresenta características leucocráticas, holocristalinas cor cinza esbranquiçado e granulação média a grossa.

Já o granito II pertence a unidade granito Rio Piracanjuba que no geral são formado por monzogranitos, isotrópicos apresentando por vezes texturas equigranular fina a média, onde muitas vezes apresenta uma foliação.

O uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento para o auxílio do mapeamento apresentou utilidades favoráveis, já que a compilação dos dados campo e os produtos gerados conciliaram uma interpretação favorável. O que facilitou traçar os limites entre as diferentes litologias e principalmente a interpretação dos dados estruturais e seus diferentes eventos deformacionais da área de interesse.

Um futuro estudo sobre aplicar os produtos do geoprocessamento para classificar limites e diferentes composições distintas de rochas seria de grande relevância, auxiliando a compreensão de pontos chaves para análise em campo e seu comportamento litoestrutural da evolução geológica da área.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO H.A & NEIVA R.O; Projeto Sucuri, Relatório de Graduação. Mapeamento Geológico – SUBÁREA 2, Brasília UnB, 1994

ALMEIDA F.F.M. de. Evolução tectônica do Centro-Oeste brasileiro no Proterozóico Superior. An. Acad. Bras. Ciências, 40(supl.): 225-295. 1968

ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. - Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 8, Campina Grande, Atas, 1977, p.363-391.

AMARO V.E. & STRIEDER A.J. Análise de fotolineamentos e padrões estruturais em imagens de satélite. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Anais, Balneário Camboriú, 1994, p. 443-444.

ASFDAAC 2015ALOSPALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_low_res; Inclui Material © JAXA/METI 2007. Acessado através do ASF DAAC em 17 de outubro de 2020. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>

BARBOSA, O. - Guia das Excursões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, 1955, São Paulo. Not. São Paulo: SBG. Not. 3.

BARBOSA, O. Guia das Excursões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, São Paulo. Not. São Paulo: SBG. Not. 3, 1966.

BARBOSA, O. et al. - Geologia Estratigráfica, Estrutural e Econômica da área do “Projeto Araguaia”. Monografia da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro n.19, 1966, p.1-94.

BARBOSA, O. et al. Projeto Brasília – Goiás: geologia e inventário dos recursos minerais. Goiânia: DNPM, 1969. 225p (inédito).

BARBOSA, O. et al. Projeto Goiânia - Relatório Preliminar. Goiânia: DNPM/PROSPEC, 1970, 75p. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 511).

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. e BARROS, J. R. 2014 *apud* Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. *ACTA Geográfica*, 8(16), (jan./março) - ISSN 1980-5772).

CUNHA, Fábio Souza e Silva da. Condicionamento estrutural das zonas de cisalhamento da região de Forquilha, domínio Ceará Central: uma abordagem integrada de sensoriamento remoto e geologia estrutural. 2007. 174 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica; Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

EUROPEAN SPACE AGENCY – ESA – Snap supported plugins Sen2Cor, 2022. Acessado através do: <https://step.esa.int/main/snap-supported-plugins/sen2cor/> em 28 de dezembro de 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal, Escala 1:500.000 2018. 141p

DARDENNE M.A. The Brasília Fold Belt. *In*: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho e D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG, 2014, p. 231-263.

D'EL-REY SILVA L. J. H.. Basin infilling in the southern-central part of the Sergipano Belt, NE Brazil, and implications for the tectonic evolution of the Pan-African/Brasiliano crátons and Neoproterozoic sedimentary cover. *Journal of South American Earth Sciences*, 1999. 12, 453-470

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 2006. p. 2^a ed.

FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A. Estilos Estruturais e a Compartimentação Tectônica do Segmento Setentrional da Faixa de Dobramentos Brasília. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS - SNET, 5, 1995. Gramado. Atas ...Gramado:SBG, 1995. P. 36-38.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; D'EL-REY SILVA, L. J. H. Compartimentação Tectônica na Porção Oriental da Província Tocantins. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. Bol. Res. Expand. Camboriú: SBG, 1994. v.1, p. 215-216.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas (1961/1990). Brasília - DF, 1992. Acessado através do <https://portal.inmet.gov.br/> em 20 de outubro de 2020.

INSTITUTO AGRONÔMICO – IAC. Centro de Solos e Recursos Ambientais, 2010. Acessado através do <https://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/solos/> em 20 de outubro de 2020.

KLEIN, Percy Boris Wolf. Geoquímica de rocha total, geocronologia de u-pb e geologia isotópica de sm-nd das rochas ortognáissicas e unidades litológicas associadas da região ipameri - Catalão (Goiás). 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Geologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LACERDA FILHO, J. V. Geologia e Esboço Tectônico da Folha Goiânia-SE.22-X. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 5, 1995, Goiânia. Anais. Goiânia:SBG-Núcleos Centro-Oeste e Brasília, 1995. p.160-165

LACERDA FILHO, J. V. de; OLIVEIRA, C. C. Geologia da Região Centro-Sul de Goiás. Boletim de Geociências do Centro-Oeste, v. 18, 1/2, 1995. p. 3-19.

LACERDA FILHO, J.V; Projeto de Mapeamento Geológico/Metalogenético Sistemático, CPRM, 2000. (Convênio CPRM/SMET-GO/ METAGO/UnB)

LEONARDOS, O. H.; JOST, H.; FUCK, R. A.; BARROS, J. G. C. Geologia da região aurífera de Santa Cruz de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Boletim de Resumos, Natal: SBG, p. 338.

MAMEDE, L.; NASCIMENTO, M.A.L.S. do; FRANCO, M do S. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.22 Goiás. Rio de Janeiro, 1981.

MARINI, O. J. et al. As Faixas do Dobramento Brasília, Uruaçu, a Paraguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. In: SCHOBENHAUS, C. et al. Geologia do Brasil. Brasília: DNPM-Brasília, 1984, p. 251-30.

MARINO C.M. & TIBALDI A. Use of Landsat and Seasat data as a tool in kinematic analysis: the Tunisian atlas. International Journal of Remote Sensing, 9:1659-1673, 1988

MARTINS, E.S. & ROESNER, E.H. Projeto Santa Cruz: Geologia da área Maratã. Brasília, 1986. 241 p. (Relatório de Graduação, IG/UnB)

NASCIMENTO, M. A. L. Geomorfologia do Estado de Goiás. Boletim Goiano de Geografia, 2008. 12(1), 1-22.

O'LEARY D.W., FRIEDMAN J.D., POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geol. Soc. Am. Bull., 1976. (87:1463-1469)

O'LEARY D.W., FRIEDMAN J.D., POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geol. Soc. Am. Bull., 1976. (87:1463-1469)

OLIVEIRA, C. C. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Folha SE.22-X-B-V - Leopoldo de Bulhões. Escala 1:100 000. Goiânia: CPRM/DNPM, 1994. 151p.

PIMENTEL, M. M. Magmatismo Ácido peraluminoso associado ao Grupo Araxá na região entre Pires do Rio e Ipameri, Goiás: características geoquímicas e implicações geotectônicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 5, 1995, Goiânia. Anais...Goiânia, 1995. P. 6

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., DARDENNE, M. A., RIBEIRO, R. J. C. Características Isotópicas (Sr e Nd) e Geoquímicas do Magmatismo Granítico Associado ao Grupo Araxá na Região de Ipameri, Goiás. In.: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 6, Cuiabá, 1997. Ata ... Cuiabá:SBG, 1997. p. 11-14.

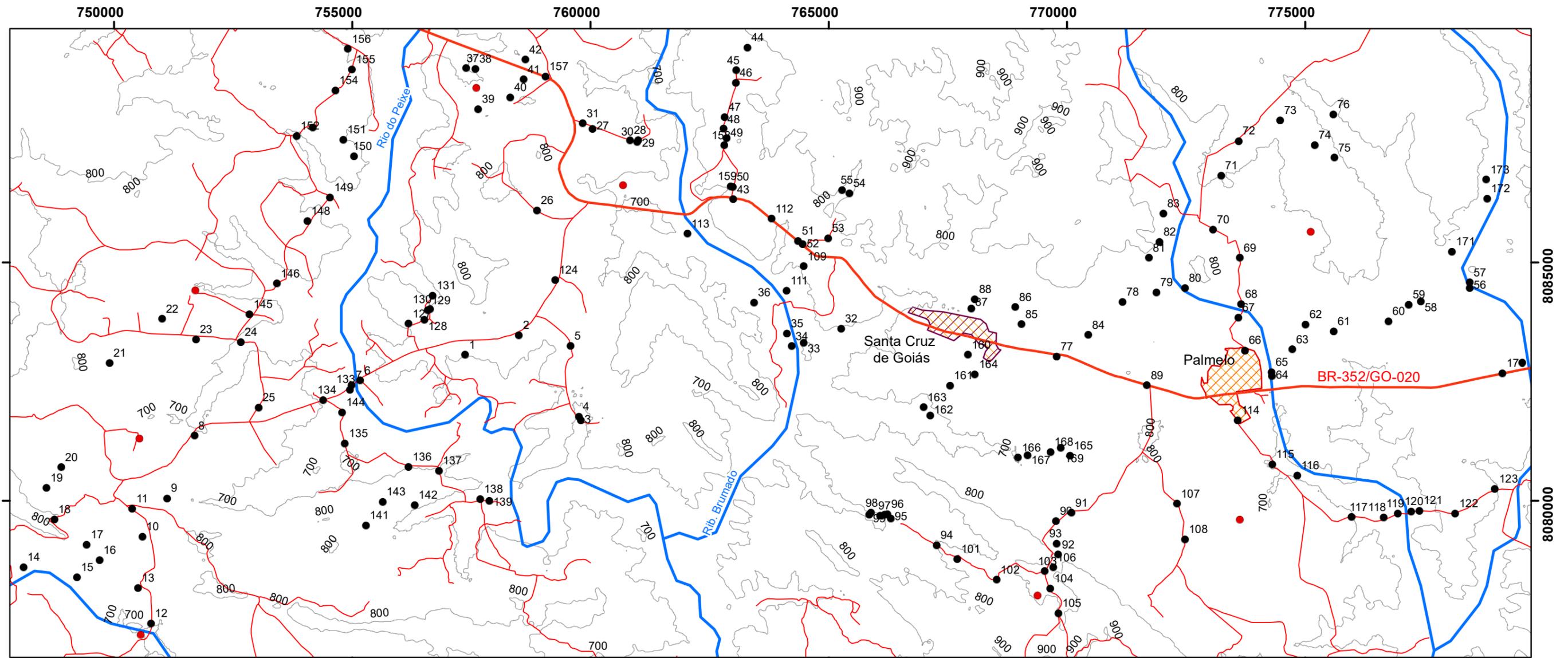
SABARAENSE, Lília Dias. Proveniência dos grupos Araxá e Ibiá na porção sul da Faixa Brasília. [101] f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

TASSINARI, C. C. G.; SIGA JR., O.; TEIXEIRA, W. Panorama Geocronológico do Centro-Oeste brasileiro: soluções, problemática e sugestões. In.: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1, Goiânia, 1981. Atas...Goiânia:SBG, 1981. v.1, p.93-116.

VITORELLO, I.; GALVÃO, L.S. Spectral properties of geologic materials in the 400 to 2500 nm range: Review for applications to mineral exploration and lithologic mapping. In: POUGET, M.J.; GUYOUT, G. Spectral properties and remote sensing of soils and rocks. Photo interpretation Paris : Eska, 1996. V.34, p.77-96.

WINTER J.D. 2014. Principles of igneous and metamorphic petrology. Pearson New International Edition,739

ANEXO I - MAPA DE PONTOS



Convenções Cartográficas

-  Malha Municipal - Palmelo
-  Malha Municipal - Santa Cruz de Goiás
-  Drenagens
-  Rodovia
-  Acesso (Estrada de Terra)
-  Curva de Nível (100m)
-  Pontos Visitados
-  Fazendas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA - GEOLOGIA

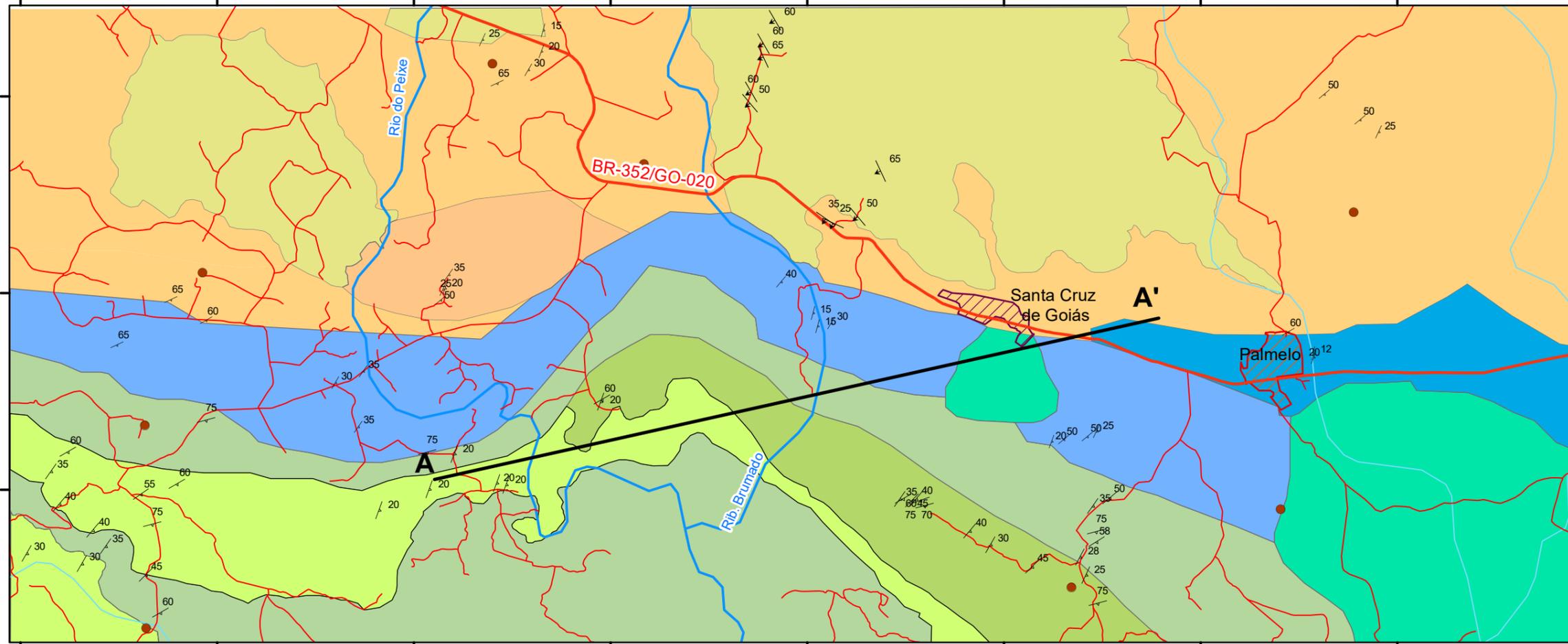
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
TRABALHO:

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DE GOIÁS E PIRES DO RIO, SUDESTE DO ESTADO DE GOIÁS.

748000 752000 756000 760000 764000 768000 772000 776000

Orientador: Dr. Breno de Souza Martins
Coorientadora: Dra. Marília Inês Mendes Barbosa

Autora: Izabele de Cássia Rosa



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

GRANITO DO TIPO IPAMERI

Granito II

GRUPO ARAXÁ

Muscovita quartzito

Muscovita-clorita xisto

Muscovita-biotita xisto

GRANITO RIO PIRACANJUBA

Granito I

SEQUÊNCIA METAVULCANO SEDIMENTAR MARATÁ

Biotita-muscovita epidoto paragnaisse

Xisto Granadífero

COMPLEXO GRANULÍTICO ANAPÓLIS-ITAUÇU

Biotita-epidoto ortognaisse

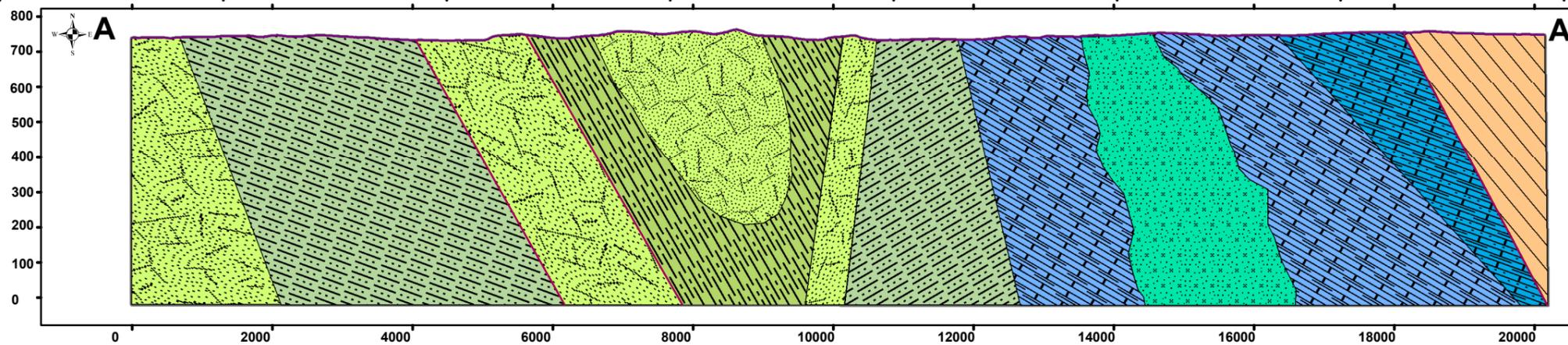
Granada-biotita gnaisse

Dados Estruturais

- Contato Contínuo
- Direção de Foliação
- Fluxo do Granito

Convenções Cartográficas

- Malha Municipal - Palmelo
- Malha Municipal - Santa Cruz de Goiás
- Drenagens
- Rodovia
- Acesso (Estrada de Terra)
- Fazendas

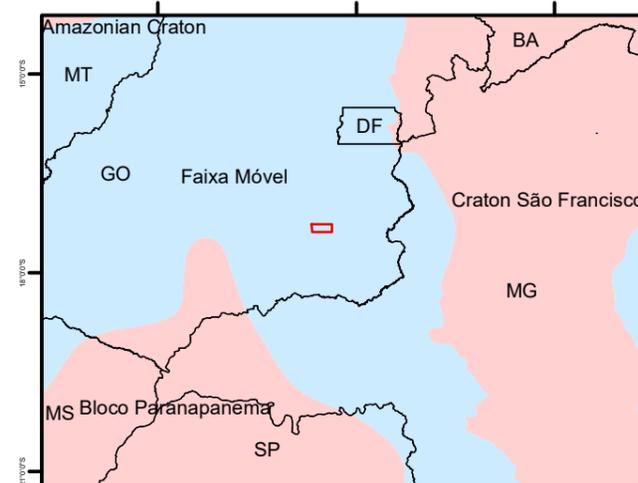


Contexto Geotectônico

Contexto Estadual



Contexto Brasil



TRABALHO:

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO, NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DE GOIÁS E PIRES DO RIO, SUDESTE DO ESTADO DE GOIÁS.

SISTEMA DE COORDENADAS UTM SIRGAS 2000 DATUM 22S ANO: JANEIRO DE 2023

MAPA GEOLÓGICO ESCALA: 1:40.000

