



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

Luana da Fonseca Rosa
Lucas Carvalho Fontenele de Brito
Pedro Gonçalves Dias Alves

TF 2022- Projeto Mara Rosa-GO

Área I

Brasília/DF
2023

Luana da Fonseca Rosa
Lucas Carvalho Fontenele de Brito
Pedro Gonçalves Dias Alves

Projeto Mara Rosa-GO

Área I

Trabalho de mapeamento geológico final do curso de graduação em Geologia apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Coordenador

Prof.Dr. Claudinei Goveia de Oliveira
Prof^a.Dr^a. Maria Emilia Schutesky

Equipe:

Prof.Dr. Elton Luiz Dantas
Prof.Dr. Guilherme de Oliveira
Gonçalves
Prof.Dr. Henrique Llacer Roig
Prof.Dr. Luís Gustavo Ferreira Viegas
Prof^a.Dr^a. Natalia Hauser
Prof^a.Dr^a. Roberta Mary Vidotti
Prof.Dr. Valmir da Silva Souza

Brasília/DF
2023

Luana da Fonseca Rosa
Lucas Carvalho Fontenele de Brito
Pedro Gonçalves Dias Alves

Projeto Mara Rosa-Go

Área I

Trabalho de mapeamento geológico final do curso de graduação em Geologia apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Prof^a.Dr^a. Roberta Mary Vidotti
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Edi Mendes Guimarães

Prof. Dr. Martino Giorgioni

Brasília/DF
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, e a minha mãe Maria Raquel que sempre me apoiou, e deu todo suporte nessa caminhada. Não posso deixar de agradecer a duas pessoas que não estão mais aqui, mas sempre sonhou por esse dia que é meu avô e tia Lourdes, que nunca deixou de acreditar que esse dia ia chegar. A minha irmã, família e namorado pelo apoio e paciência que teve nesse ano e minha amiga Suelen, meu presentinho da Geologia Aos professores do Instituto de Geociência-IG, pelo conhecimento adquirido e a maturidade pra enfrentar o mercado de trabalho, aos motoristas Mendes, por todo cuidado. E ao Projeto Mara Rosa.

Luana Rosa.

Agradeço a Deus, a minha mãe por todo o apoio durante esses longos anos, todo amor e confiança que me fez chegar até aqui. Agradeço a todos os amigos e colegas, professores e funcionários que de alguma maneira contribuíram para o meu crescimento como pessoa, e por fim, a Universidade de Brasília pela estrutura oferecida.

Lucas Brito.

Agradeço primeiramente a minha mãe, Dona Márcia, que sempre acreditou e apoiou para que esse dia acontecesse. Agradeço aos meus colegas de equipe, Luana e Lucas, por todo o esforço para que esse trabalho e esse ciclo fossem concluídos. Agradeço ao Coordenador do Projeto Mara Rosa, Claudinei Gouveia e a toda equipe de professores pelo empenho e determinação em transmitir todo o conhecimento para todas essas gerações de futuros grandes cidadãos.

Pedro Alves.

RESUMO

A geologia da área do Projeto Mara Rosa, localizada na porção norte do Estado de Goiás, entre os municípios Mara Rosa e Alto Horizonte, foi cartografada em escala 1:25.000. O contexto geológico desta região abrange o extremo oeste da Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), porção sul da Província do Tocantins, que inclui principalmente uma espessa sequência metassedimentar e uma grande área onde estão expostas rochas juvenis do Arco Magmático de Goiás, que corresponde a uma grande área de crosta juvenil do Neoproterozoico, exposta ao norte pelo Arco Magmático de Mara Rosa e a sul pelo Arco Magmático Arenópolis. O Arco Magmático de Mara Rosa é representado principalmente pela sequência Vulcano-Sedimentar, composta por três faixas estreitas com direção NNE e mergulho para NW intercalados por corpos alongados de ortognaisse e denominadas como faixas leste, oeste e central. As faixas leste e central compõem a sequência Vulcano-sedimentar Mara Rosa (900 a 800 Ma) cujos anfíbolitos são de caráter toleítico ou natureza calcialcalina comumente associados a rochas metassedimentares químicas, as rochas metassedimentares detríticas, xistos, também são abundantes na área com intercalações de metagrauvaca e metavulcânicas, representadas por metadacitos e metariolitos. Já a faixa Oeste é denominada como a Sequência Santa Terezinha (670 a 600 Ma) representada pela subunidade metassedimentar, representada por muscovita-xistos, muscovita-quartzo xisto e por clorita xistos. As rochas metassedimentares são intrudidas por uma série gabro-diorítica e granítica tardia e pós-tectônica, nomeados como Amarolândia e Granito Faina (576 Ma), último evento da FDB. Na área I, foram mapeadas rochas metassedimentares e paragnaisses da Sequência Santa Terezinha, tais como biotita-quartzo gnaisse, muscovita-xisto, clorita xisto quartizitos, e gonditos. Estas rochas são intrudidas pelos granitos e tonalitos da Suíte faina. A evolução do Arco Magmático de Goiás foi dividida em 5 estágios principais, sendo eles: (1) Arco paleoproterozoico; Arco Intra-Oceânico Neoproterozoico; (2) Colisão Arco-Continente; Colisional a Pós-Colisional; e (3) Extensional Pós-Orogênico. Foram definidos 4 domínios estruturais: (I) Transbrasiliano, presente nas áreas I, II e VII é caracterizado por corredores transcorrentes de direção NE e zonas de cisalhamento compressionais; (II) Mara Rosa que contempla maior parte da área mapeada e é afetada pelas zonas de cisalhamento Serra do Faina, Rio Formiguinha/Amaralina e Garimpo do Mundinho; (III) Bom Jesus caracterizado por um corredor de cisalhamento que se estende de NE a SW com inflexões de E-W nos setores centro-leste e sudoeste; e (IV) Campinorte presente na área X do projeto com geometria de faixa arqueado com direção N-S e inflexão para NE-SW em sua porção norte. O projeto desenvolveu: i) refinamento dos contatos, ii) nova disposição de unidades e iii) descarte das unidades anteriormente cartografadas além de contribuições para determinar potenciais econômicos na região.

Palavras-chave: Faixa de Dobramentos Brasília, Província do Tocantins, Arco Magmático de Goiás, Arco Magmático Mara Rosa, Sequência Santa Terezinha, Suíte Faina

ABREVIACÕES

ALOS	<i>Advanced Land Observing Satellite</i>
AM	Anomalia Magnética
AMG	Arco Magmático de Goiás
An	Anortita
ASCII	<i>American Standard Code Information Interchange</i>
Bt	Biotita
Chl	Clorita
CMA	Campo Magnético Anômalo
CMT	Campo Magnético Total
CODEVASF	<i>Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba</i>
CPRM	Campanha de Pesquisa e Recursos Minerais
DX-DY	Derivada Horizontal
DZ	Derivada Vertical
Ep	Epidoto
FDB	Faixa de Dobramentos Brasília
Fe	Ferro
FICO	Ferrovia de Integração do Centro-Oeste
GHT	Gradiente Horizontal Total
Grt	Granada
IG	Instituto de Geociências
IGRF	<i>Internacional Georeference Field</i>
INPE	<i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i>
IMB	<i>Instituto Mauro Borges</i>
IUGS	<i>International Union of Geological Sciences</i>

KF	Feldspato Potássico
LABLAM	Laboratório de Laminação
LTB	Lineamento Transbrasiliano
MDE	Modelamento de Elevação Digital
MG	Maçico de Goiás
MME	Ministério de Minas Energia
Ms	Muscovita
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PALSA	<i>Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar</i>
PCA	Principal Component Analysis
Pl	Plagioclásio
PMR	Projeto Mara Rosa
Qtz	Quartzo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TDM	Idade Modelo do Manto Depletado
UnB	Universidade de Brasília
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

Sumário

1- INTRODUÇÃO	7
1.1-OBJETIVOS.....	7
1.2-LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	7
1.3- ETAPAS DE CARTOGRAFIA	9
1.3.1-Etapa pré-campo.....	9
1.3.2-Etapa Campo.....	9
1.3.3 Etapa Pós-campo.....	9
1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	10
1.4.1Hidrografia	10
1.4.2-Solos.....	11
1.4.3-Clima e vegetação.....	11
1.4.4Relevo	12
2- GEOLOGIA REGIONAL	13
2.1- A Província Tocantins	13
2.1.1- Compartimentação da Faixa Brasília	13
2.1.2-Embasamento da Faixa Brasília	16
2.1.3- O Arco Magmático de Goiás	16
2.1.4 Arco Magmático de Mara Rosa	17
2.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS ASSOCIADAS A ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.2.1- Unidades Supracrustais.....	20
2.2.2- Ortognaisses Tonalíticos.....	20
2.2.3-Granitos Tardios e Pós-orogênicos.....	21
2.3- EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DA FAIXA BRASÍLIA	21
3- SENSORIAMENTO REMOTO E AEROGEOFÍSICA.	24
3.1-SENSORIAMENTO REMOTO.....	24
3.1.1 - Aquisição de dados.....	24
3.1.2 Processamento dos dados.....	25
3.1.3 Interpretação dos dados.....	27
3.3- AEROGEOFÍSICA.....	31
3.3.1- Magnetometria	31
3.3.2- Gamaespectrometria.....	32
3.3.3- Dados Aerogeofísicos	33
3.3.4-Processamento de dados	34
3.3.5 Análise e Interpretação dos dados	40

4.1-Arco Magmático Campinorte	45
4.2-Arco Magmático Mara Rosa.....	47
4.2.1-Unidade Metavulcanossedimentar Mara Rosa	47
4.2.2-Unidade Metavulcanossedimentar Santa Terezinha	48
4.2.3-Rochas Intrusivas Pré a Sin-tectônicas	49
4.2.4 Unidade de Alteração Hidrotermal	49
4.3-Grupo Serra da Mesa	50
4.4-Rochas Intrusivas Tardi a Pós-tectônicas.....	50
5-GEOLOGIA DA ÁREA I.....	52
5.1- Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha	52
5.1.1- Biotita-Quartzo Gnaiss	54
5.1.2 Muscovita-Xisto	56
5.1.3- Quartzito.....	58
5.1.4- Clorita-Xisto	59
5.1.5- Gonditos	61
5.2-Suíte Faina	62
5.2.1- Biotita-Granito	63
5.2.2- Tonalitos	65
5.3- EVOLUÇÃO DO METAMORFISMO NA ÁREA I.....	67
5.3.1- Metamorfismo de rochas metapelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha.....	67
5.3.2- Suíte Intrusiva Tardi pós-tectônica.....	68
6-GEOLOGIA ESTRUTURAL DO PROJETO MARA ROSA.....	69
6.1.1-Domínio I - Transbrasiliano.....	71
6.1.2-Domínio II - Mara Rosa	72
6.1.3-Domínio III - Bom Jesus.....	73
6.1.4-Domínio IV - Campinorte	75
6.2-GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA I	77
6.2.1- Foliações.....	79
6.2.2- Lineações.....	82
6.2.3-Dobras	83
6.2.4 Zonas de Cisalhamentos	85
6.3- EVOLUÇÃO DA DEFORMAÇÃO NA ÁREA I.....	89
7-GEOLOGIA ECONÔMICA	91
7.1-Recursos Minerais do Projeto Mara Rosa.....	91
7.1.1-Sistema Pórfiro-Epitermal	92

7.1.2-Sistema Aurífero Orogênico.....	92
7.1.3-Sistema Residual/Supergênico	93
7.1.4- Minerais e Rochas Industriais	93
7.2 RECURSOS MINERAIS DA ÁREA I.....	95
7.2.1 Ocorrência de Mn.....	95
7.3-Considerações Metalogenéticas.....	98
8-EVOLUÇÃO TECTÔNICA	99
8.2. Evolução Tectônica do Arco Magmático Goiás.....	100
8.2.1. Estágio de Arco Paleoproterozóico	101
8.2.2. Estágio de Arco Intra-Oceânico Neoproterozoico.....	104
8.2.3-Estágio de Colisão Arco-Continente.....	105
8.2.4. Estágio Colisional a Pós-Colisional.....	107
8.2.5-Estágio Extensional Pós-Orogênico.....	108
9- CONCLUSÕES	110
9.1- Mudanças Cartográficas	110

REFERENCIAS

ANEXOS

1- INTRODUÇÃO

O Projeto Mara Rosa abrange as atividades desenvolvidas no âmbito das disciplinas de Preparação do Mapeamento Geológico Final (Cód. IGD0114) e Trabalho de Mapeamento geológico final (cód. IGD0179), referentes ao curso de graduação em Geologia da Universidade de Brasília. A área do projeto é inserida entre os municípios de Mara Rosa e Alto Horizonte, no norte do Estado de Goiás, região Centro-Oeste brasileira, abrangendo as folhas Campinorte, Mutunópolis, Bonfinópolis e Santa Terezinha de Goiás. O trabalho final corresponde ao mapeamento geológico em escala de 1:25.000, de uma área de 647 km², dividida em 11 áreas, sendo de 9 áreas com 60 km² (6x10 km), 1 de 80 km² (8x10 km) e 45,5 km² (

A região entre Mara Rosa e Alto Horizonte, fica localizada no extremo oeste da unidade geológica regional chamada de Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), dentro do contexto da Província do Tocantins, constituída pelo Arco Magmático de Mara Rosa.

1.1-OBJETIVOS

O Projeto Mara Rosa tem como objetivo principal o desenvolvimento de mapeamento geológico básico de uma área de 647 km², compartimentada em 11 áreas. Cada trio de alunos ficou responsável pelo mapeamento de uma das 11 áreas, utilizando a metodologia empregada nos trabalhos de campo do curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Ao final do trabalho, foi apresentado um mapa integrado na escala de 1:25.000 e notas explicativas correspondentes a cada área mapeada por cada trio de alunos, contempladas pela revisão bibliográfica, interpretação geofísica, sensoriamento remoto, petrografia, análise estrutural, potencialidade econômica e evolução tectono-estrutural com eventuais análises geoquímicas.

1.2-LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área do Projeto Mara Rosa está localizada na porção norte do Estado de Goiás e foi definida por um polígono a oeste da cidade de Mara Rosa e norte do Município de Alto Horizonte, sendo Mara Rosa a cidade sede do projeto. A distância de Brasília (DF) até Mara Rosa é de 351 km e o acesso se dá por meio da BR-070 até a cidade de Cocalzinho de Goiás, onde se acessa a BR-414 até a localidade de Campinorte, daí então se acessa a GO-239 até a cidade de Mara Rosa (Figura 1.1).

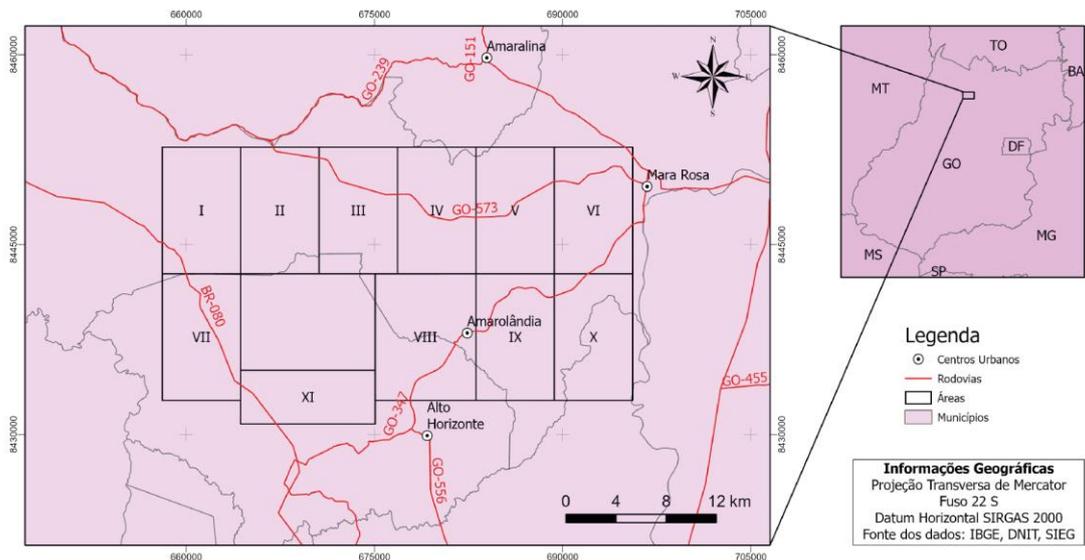
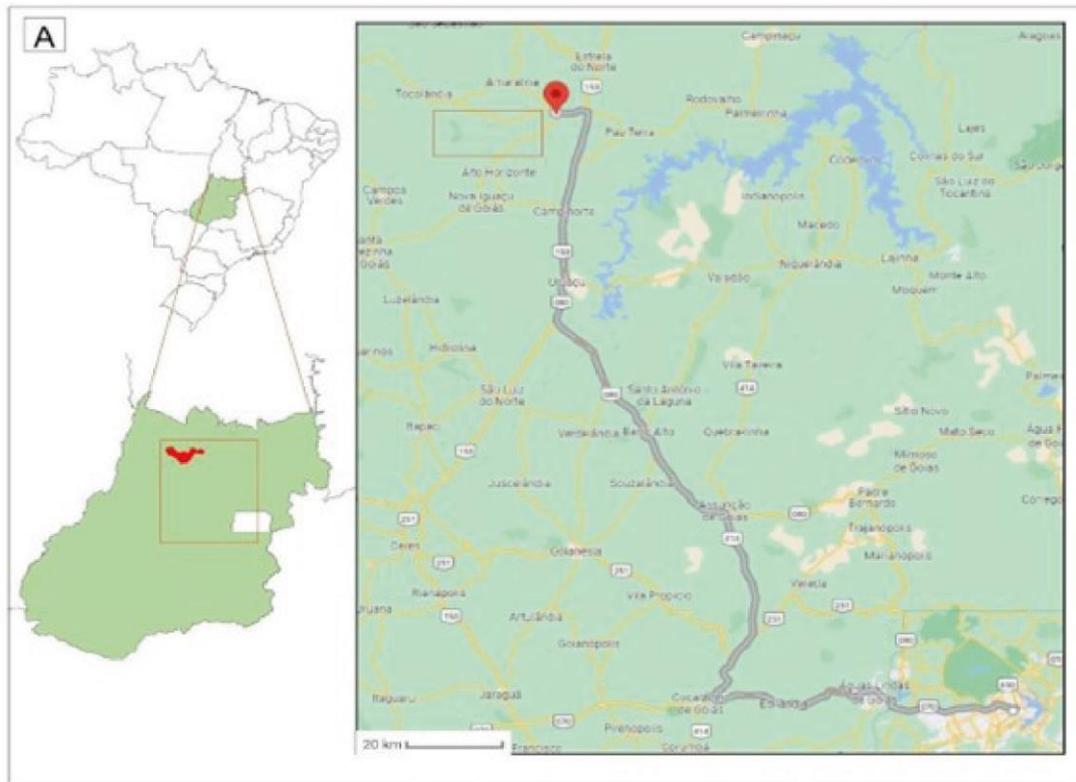


Figura 1.1 – Localização do Projeto Mara Rosa A) mapa de localização do Projeto Mara Rosa; B) mapa de distribuição das subáreas e principais estradas dentro do projeto Mara Rosa.

1.3- ETAPAS DE CARTOGRAFIA

1.3.1-Etapa pré-campo

A etapa pré-campo ocorreu entre os meses de julho e meados de setembro de 2022 (Fig. 1.2). Nesse período foram feitas as revisões bibliográficas acerca do contexto geológico regional e estudo preliminar da área por meio das geotecnologias, tendo como principais produtos do sensoriamento remoto os (i) mapa base, por meio da extração de drenagens, corpos d'água, localidades urbanas e rurais e vias de acesso, (ii) mapa de relevo, (iii) mapa de zonas homólogas e (iv) mapa de lineamentos morfoestruturais. Foram obtidos produtos também do levantamento aerogeofísico do Arco Magmático de Mara Rosa, a partir do processamento de dados magnetométricos e gamaespectrométricos, visando destacar as principais litologias e estruturas presentes na área do projeto e nas devidas subáreas. Para esses processos utilizamos os softwares ARCGIS 10.8, GOOGLE EARTH Pro, EstereoNet e Geosoft Oasis Montaj.

1.3.2-Etapa Campo

A etapa campo foi realizada entre os dias 16 de setembro e 02 de outubro de 2022 e consistiu no mapeamento por meio de caminhamentos, perpendiculares entre si, de leste para oeste, quando possível. Foi utilizado o sistema de projeção de coordenadas Universal Transversa Mercator, com Datum horizontal SIRGAS 2000 (Zona UTM 22S) e declinação magnética de $-21^{\circ} 31'$, crescendo $-6'$ por ano. As atividades consistiram em descrição de litologias, medidas estruturais planares e lineares e coleta de amostras representativas para posterior laminação e análises geoquímicas. Nessa etapa foram utilizados os mapas gerados na etapa pré-campo e o aplicativo Avenza para navegação e planejamento dos caminhamentos. O produto principal foi o mapa geológico integrado na escala de 1:25000. Para a área 1 foram feitos 167 Pontos de descrição, 37 medidas estruturais e coleta de 53 amostras litológicas.

1.3.3 Etapa Pós-campo

A etapa pós-campo foi realizada entre os meses de outubro de 2022 a fevereiro de 2023 e consistiu, essencialmente, em refinar, integrar e interpretar os dados coletados nas etapas pré-campo e campo, onde foram gerados o (i) mapa geológico e descrição das unidades geológicas e potencialidades econômicas, (ii) mapa de domínios estruturais. Selecionamos 5 amostras representativas das principais litologias para a confecção de

lâminas delgadas no Laboratório de Laminação (LABLAM/IG-UnB), analisadas nos microscópios de luz transmitida e refletida no Laboratório de Microscopia (IG-UnB).

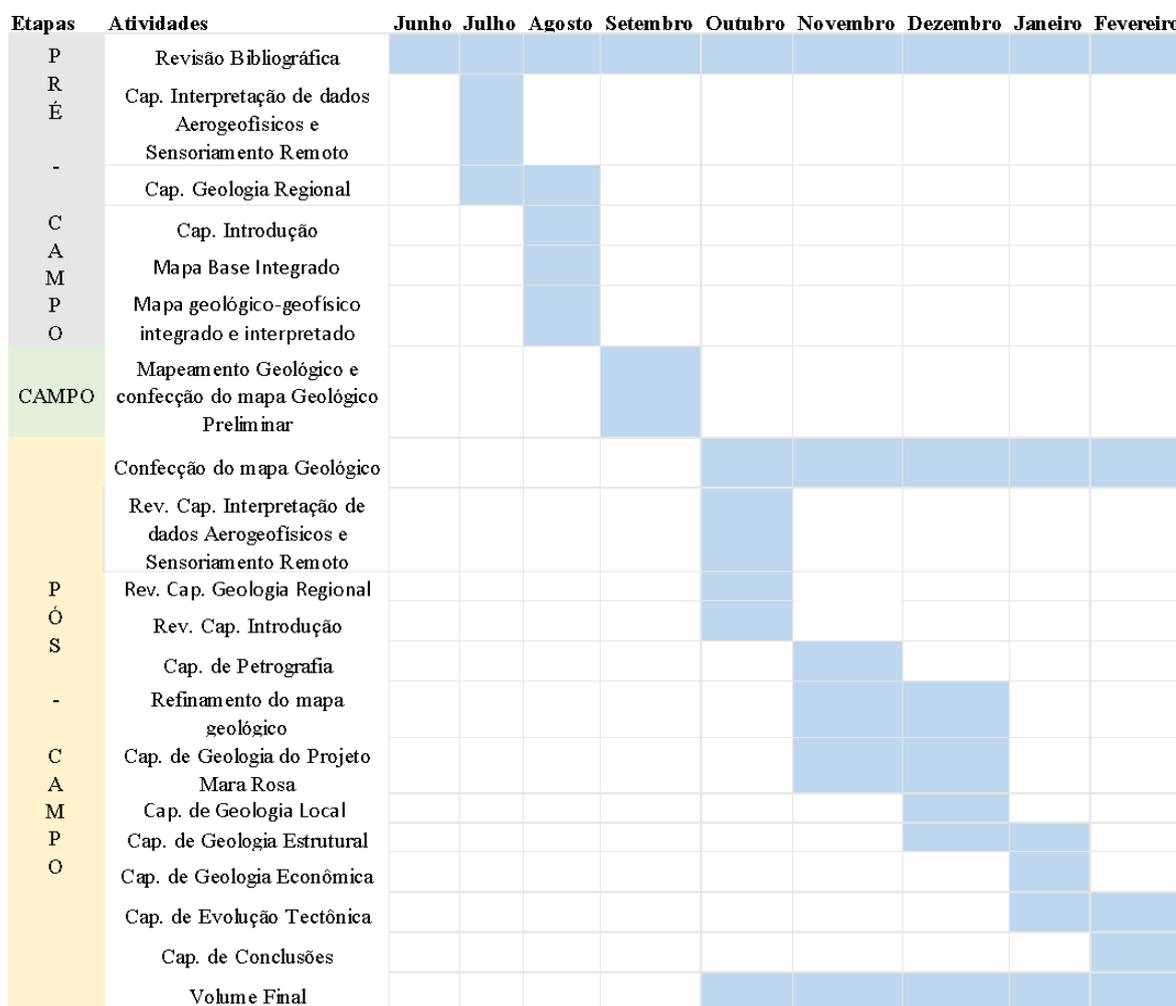


Figura 1.2 – Fluxograma de atividades das etapas de cartografia

1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

1.4.1 Hidrografia

O estado de Goiás está inserido nas regiões hidrográficas das bacias Araguaia/Tocantins, São Francisco e Paraná (IMB, 2021). A área do projeto está situada na região hidrográfica Araguaia/Tocantins, é englobada pelo sistema hidrográfico Rio Tocantins/Rio dos Bois. Nesta região são encontradas as bacias Córrego do Armador, Ribeirão Santa Maria, Rio Formiga e Rio do Ouro. Na área I, destaca-se o Ribeirão Santa Maria, e o Córrego Sapé, ambos corpos hídricos secos. A região do norte de Goiás é representada por rios intermitentes, apresenta os piores índices hidrológicos, região

hidrográfica dos afluentes goianos do médio Araguaia (vazão específica média entre 9 e 15 L.s-1. (km²)-1 (CODEVASF, 2021) (Mapa Hidrográfico PMR ANEXO).

1.4.2-Solos

O estado de Goiás possui uma variada tipologia de solos, cujos principais tipos são: argissolos, cambissolo, chernossolo, gleissolo, latossolo, neossolo, nitossolo, organossolo, planossolo e plintossolo (IMB, 2021). Na região do projeto, há o predomínio de plintossolos, cambissolos, latossolos vermelhos, latossolos amarelos, neossolos e argissolos. Na área I, especificamente, predomina os plintossolos pétrico concrecionário e latossolos vermelhos distróficos. Os plintossolos da área I estão associados com o relevo suavemente ondulado e bordas de platôs, enquanto os latossolos estão associados a regiões mais planas a suavemente onduladas (Mapa de Solos PMR ANEXO).

1.4.3-Clima e vegetação

O clima do estado de Goiás é do tipo tropical semi-úmido, cuja temperatura média anual na porção norte do estado, envolvendo a área do projeto, chega a 23°C. A concentração das chuvas ocorre entre os meses de outubro a março (primavera e verão), enquanto que o período de estiagem ocorre entre abril e setembro (outono e inverno) (CODEVASF, 2021).

O cerrado corresponde a 70% do território goiano, a maior parte do estado apresenta o tipo de vegetação escassa do cerrado com árvores e arbustos de galhos tortuosos, cascas grossas, folhas cobertas por pelos e raízes muito profundas (Figura 1.3) (Mapa de uso e cobertura PMR- ANEXO).



Figura 1.3- Vista parcial da vegetação da área I.

1.4.4 Relevo

Cerca de 65% da superfície de Goiás é formada por terras relativamente planas (chapadões), configurando quatro superfícies regionais de aplainamento: I) entre 1.100 e 1600m de altitude; II) entre 900 e 1000m; III) entre 650 e 1000m; IV) entre 250 e 550 (CODEVASF, 2021). Na área do projeto, o relevo é marcado predominantemente por morros e colinas e com uma superfície regional de aplainamento (IVC) com cotas entre 250 e 400m, com dissecação fraca desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas (Figura 1.4) (Mapa Geomofologico PMR- ANEXO).



Figura 1.4 - Visão geral da área com relevo aplainado e suave ondulado.

2- GEOLOGIA REGIONAL

O projeto Mara Rosa abrange o extremo oeste da Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), na Província do Tocantins. A FDB - meridional e setentrional, nas direções NNE-SSW e NNW-SSE, respectivamente (Fuck et al., 2017). A porção meridional da Província Tocantins é o resultado da interação entre os crátons São Francisco e Paranapanema, pelos arcos Mara Rosa e Arenópolis, por outro lado, a porção setentrional registra interação entre Crátons do São Francisco e Amazônico (Uhlein et al., 2012).

O Arco magmático de Mara Rosa é representado por estreitas faixas de sequências vulcano-sedimentares, tal como as sequências Mara Rosa e Santa Terezinha, além de volumosos corpos intrusivos sin-tectônicos. Trabalhos pioneiros do reconhecimento da área do Arco Mágmatco de Mara Rosa são atribuídos a, dentre os autores, Pimentel e Fuck (1987), Arantes et al (1991), Pimentel et al (1991), Kuyumjian (1994), Vianna (1995) Palermo (1996), e recentes trabalhos por Oliveira et al. com o mapeamento geológicos das folhas Campinorte (2006), Mutunópolis (2007), Santa Terezinha (2007) e Bonfinópolis (Moreton et al.,2018), vinculados aos trabalhos finais de graduação (chamados de TF) do curso de graduação em Geologia da Universidade de Brasília.

2.1- A Província Tocantins

A Província Tocantins, situada na porção central do Brasil, representa faixas orogênicas brasileiras originadas durante o Neoproterozóico, encoberto pelas rochas sedimentares do Fanerozóico da Bacia do Paraná (Almeida et al. 1995; Cordani et al., 2009) (Figura 2.1A e 2.2). A junção dessas áreas continentais associa-se da aglutinação do Gondwana Ocidental (Brito Neves & Cordani 1991), conhecido como evento Orogênese Brasileira/Pan-Africana, 750-500 Ma (Brito Neves et al., 2014), que resultou na formação das Faixas Araguaia e Paraguai a oeste e Brasília à leste da Província (Brito Neves, 1999). A área do Projeto situa-se na porção sul da Província Tocantins, que inclui principalmente uma espessa sequência metassedimentar e uma grande área onde estão expostas rochas juvenis do arco magmático do Neoproterozóico.

2.1.1- Compartimentação da Faixa Brasília

A FDB compõe um cinturão de dobras e falhas de empurrão com vergências tectônica e metamorfismo progressivo em direção ao cráton do São Francisco (Pimentel et al 1995) (Figura 2.1), se estende aproximadamente por 1200 km na direção N-S,

coabrindo os estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. Fuck et al (1994; 2006), subdividiu a FDB em Arco Magmático e as zonas interna e externa, delimitadas por falhas, respectivamente a oeste e a leste da Falha Rio Maranhão. Trabalhos recentes (Fuck et al, 2017; Uhlein et al., 2012) descrevem a FDB diacrónica, compartimentada em segmentos meridional e setentrional, e a separação é estabelecida pela Sintaxe dos Pirineus, direção WNW-ESE (Araújo Filho, 2000).

2.1.1.a. Zona Externa

A zona externa é composta por uma unidade extensa de rochas metassedimentares do Meso-Neoproterozóico, e por porções menores do embasamento Arqueano-Paleoproterozóico (Fuck et al 1994), as rochas sedimentares depositadas do Paleoproterozóico até o Neoproterozóico foram deformadas e empurradas sobre o cráton São Francisco em dois eventos um entre 760-750 Ma, a convergência do cráton São Francisco e outro do cráton Amazônico juntamente com o Maciço de Goiás convergido com o cráton São Francisco a leste em ~630-610 Ma (Pimentel et al, 2004). A porção mais ao norte, os Grupos Araí e Natividade registram eventos extensionais do Meso-Neoproterozóico inicial, localizado a oeste do cráton São Francisco, o embasamento da Faixa Brasília. Seguindo-se para a porção centro-sul é marcada por estruturas de dobras e empurrões de médio a baixo grau metamórfico, formados por rochas clásticas dos Grupos Canastra, Paranoá, Ibiá e no limite da zona ocorrem os grupos Vazante e Bambuí é representado por sedimentos plataformais carbonáticos, depositadas ao longo de margens passivas do paleocontinente da Amazônia e São Francisco, durante a expansão de um grande oceano (Dardenne, 2000; Fuck et al., 1994).

2.1.1.b Zona Interna

Estão inclusas as unidades alóctones do Grupo Araxá, representada por rochas metassedimentares em condições metamórficas variando entre fácies xisto verde e anfibolito e porções de embasamento remobilizado. O complexo Anápolis-Itaçu é uma unidade importante dentro da Faixa Interna, pois pertence ao núcleo metamórfico de alto grau com fácies variando desde o anfibolito alto a granulito, relacionado à orogenia brasileira (Piuzana et al. 2003). E o Arco Magmático de Goiás, subdividido em Arco Magmático de Mara Rosa, na porção ao norte da faixa, e o Arco Arenópolis, ao sul.

Legenda

- Coberturas Fanerozóicas

- Faixas Paraguai e Araguaia**
- NPap Grupo Alto Paraguai NPt Grupo Tocantins
- NPc Grupo Cuiabá NPe Grupo Estrondó
- Granulitos/ortognaisses (Embasamento?)

- Faixa Brasília**
- Zona Externa**
- NPb Grupo Bambuí (inclui a cobertura sobre o Cráton São Francisco)
- NPpc Grupos Paranoá e Canastra
- PPAr Grupo Araí PPn Grupo Natividade
- Greenstone belts / Ortognaisses
- Zona Interna**
- MPoa Mélange Ofiolítica / Grupo Araxá
- Terrenos Granulíticos + ortognaisses

- Arco Magmático de Goiás**
- Seqüências vulcano-sedimentares
- Ortognaisses

- Maciço de Goiás**
- MPsm Coberturas dobradas / Grupo Serra da Mesa
- Complexos máfico-ultramáficos / seqüências vulcano-sedimentares adjacentes:
 PPMpbj - Barro Alto / Juscelândia
 PPMpnc - Niquelândia / Coitezeiro
 PPMpcp - Cana Brava / Palmeirópolis
- Greenstone belts/Ortognaisses

- Convenções**
- Principais elementos estruturais:
 1 - Lineamento Transbrasiliano
 2 - Sintaxe dos Pirineus
- Falhas de empurrão (rampas frontais e oblíquas)
- Limites geológicos
- Limites da Província Tocantins
- Limites estaduais
- Limite da folha Campinorte

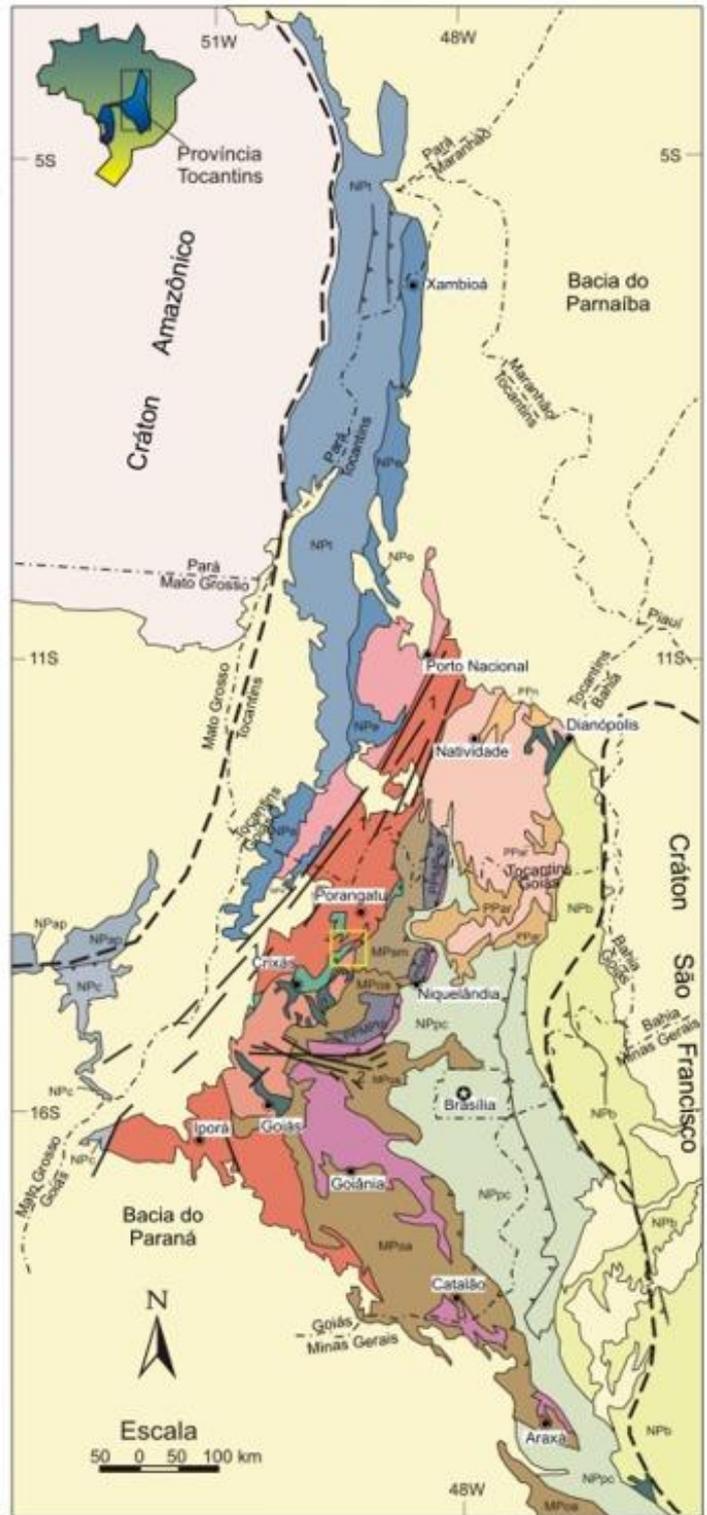


Figura 2.1: Província Tocantins; Mapa simplificado da porção centro-oeste da Província Tocantins (Pimentel et al. 2004).

2.1.2-Embasamento da Faixa Brasília

O Embasamento da porção norte da Faixa Brasília forma uma área de 600 km de extensão e 150 km de largura, tendendo a NE entre os crátons da Amazônia e do São Francisco e bloco cratônico Paranapanema (Pimentel et Al., 2000), é representado por um evento acrescionário Paleoproterozóico evidenciadas nas Suite Campinorte do Maciço de Goiás, associadas com sequências sedimentares (Giustina et al. 2009). Os embasamentos foram agrupados em diferentes nomes como o Maciço de Goiás - MG (Pimentel et al, 2000), e em uma nova nomenclatura Cordeiro (2014), subdividiu o MG de sudeste a nordeste nos domínios Crixás-Goiás, Campinorte, Cavalcante-Arraias e Almas-Conceição do Tocantins.

2.1.2.a. Maciço de Goiás

O Maciço de Goiás (MG), predominante Paleoproterozóico, localizado na parte norte da Faixa Brasília, e onde se desenvolve os orógenos Neoproterozóicos. O MG era descrito como um terreno aloctone parte de um microcontinente agregado ao cráton São Francisco durante a colagem do Paleoproterozóico (Pimentel et al 2000) e a margem leste do Maciço de Goiás é marcada por uma descontinuidade gravimétrica regional, Falha Rio Maranhão era típica de zonas de sutura, o que levou os autores a interpretar o Maciço de Goiás como um bloco alóctone amalgamado a Faixa Brasília durante a orogenia Neoproterozóica (Brito Neves e Cordani, 1991; Fuck et al,1994; Pimentel et al., 2000). Mas estudos recentes como Cordeiro e Oliveira (2017), com base em evidências, representam o MG como parte do próprio São Francisco, o embasamento da faixa. Já D'el Rey Silva et al, (2005) propõe que a Falha Rio Maranhão é uma estrutura intracontinental, o que se constatou com evidências gravimétricas (Cordeiro e Oliveira, 2017).

O domínio Paleoproterozóico de Campinorte é limitado pelo empurrão do Rio dos Bois a oeste e pelo empurrão do Rio Maranhão a leste com limites norte e sul não expostos. As rochas metassedimentares da Serra da Mesa do Meso-Neoproterozóico cobrem a maior parte desse terreno, tornando a determinação de unidades subjacentes possível apenas dentro de janelas estruturais e nos sopés dos complexos máficos-ultramáficos de Barro Alto e Niquelândia (Giustina et al., 2009).

2.1.3- O Arco Magmático de Goiás

O Arco Magmático de Goiás (AMG), uma unidade importante da Faixa Brasília, pois corresponde a uma grande área de crosta juvenil Neoproterozóica (Pimentel e Fuck,

1992; Fuck et al., 1994) exposto tanto no norte o Arco Magmático de Mara Rosa, quanto ao sul da FDB, o Arco Magmático Arenópolis. Estudos recentes demonstraram que o AMG expressa as rochas juvenis do Neoproterozóico estão subjacentes a uma área muito maior do que se pensava antes (Laux et al., 2005), constituído por rochas vulcano-sedimentares e ortognaisses típicas de ambiente de arco de ilhas de composição toleítica (Mara Rosa) e tonalítica a granodiorítica (Arenópolis), metaluminosos, de caráter pré-colisional. Ocorrem ainda intrusões graníticas tardi e pós-tectônicas na área de Arenópolis são metaluminosos, enquanto, em Mara Rosa, essas rochas tardias/pós-orogênicas são leucocráticas e comumente, possuem moscovita, indicando uma natureza aluminosa.

O AMG se desenvolveu em dois eventos acrescionários, qual o primeiro evento ocorre entre 900 a 800 Ma, num cenário de arcos de ilhas interoceânico modernos que inclui a sequência Mara Rosa, e um segundo evento que ocorreu entre 670-600 Ma, de arco magmático continental o qual se formou a sequência Santa Terezinha (Figura 2.2) (Laux et al., 2005; Oliveira et al. 2016). Uma das evidências para os respectivos eventos é a assinatura magnética dos produtos aerogeofísicos na sequência Santa Terezinha. Durante o estágio colisional foi desenvolvido um importante sistema de zonas de cisalhamentos de transcorrência (590-560 Ma) com direções N-S, com lineamento transbrasiliiano e o sistema de Falha Rio dos Bois, com transporte tectônico NW-SE.

2.1.4 Arco Magmático de Mara Rosa

O Arco Magmático de Mara Rosa é representado principalmente pela sequência Vulcano-Sedimentar, composta por três faixas estreitas (2 a 7 km de largura), com direção NNE e um mergulho para NW, que se intercalam com corpos alongados de ortognaisse (Arantes, 1991), e denomina-se como faixas leste, oeste e central (Figura 2.3 B). Segundo Oliveira et. (2006), e considera-se hoje, as faixas leste e central fazem parte da sequência vulcano-sedimentar Mara Rosa (900 a 800 Ma) e subunidades metavulcano metassedimentar e metavulcânica máfica. E a faixa oeste é denominada como a sequência Santa Terezinha (670 a 600 Ma) representada pela subunidade metassedimentar.

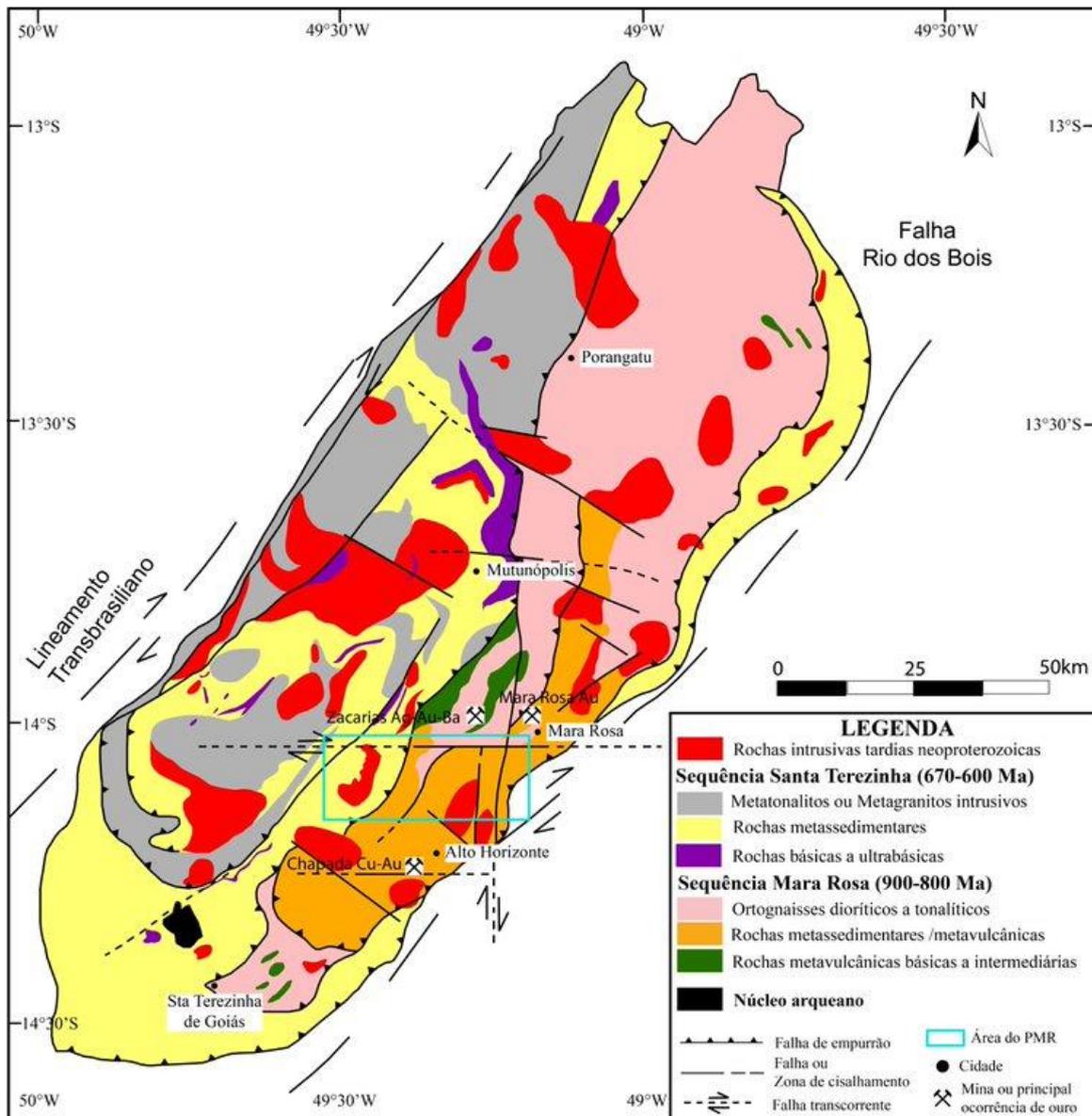


Figura 2.2- Mapa esquemático do arco Mara Rosa, o terreno toniano (evolução pré-brasiliana, arco insular) da parte centro-norte da Província do Tocantins. Com base em Junges et al. (2008), Pimentel et al. (2014), Oliveira et al. (2014), entre outros. (Extraído Pimentel et al., 2014).

As estruturas deformacionais são melhor desenvolvidas nas rochas supracrustais e limitadas por empurrões de transcorrência, com intrusivas sin-tectônicas. As principais estruturas penetrativas encontradas nessas rochas, por sua maioria, possuem foliação de baixo e alto ângulo com direção NNE mergulhando para oeste, com empurrões para NE, e indicadores cinemáticos indicam transporte tectônico para leste. As estruturas são cortadas por lineamentos rúpteis na direção NW (Arantes et al. 1996; C.G Oliveira et al. 2016), e um metamorfismo de fácies xisto verde alto a anfíbolito que respectivamente atingiu as rochas desta região. Mineralização de Au estão dentro desse contexto de arco e associadas a essas regiões de Chapada e Mara Rosa, o qual de acordo com Arantes et

al., (1991), essa mineralização foi introduzida após o pico do metamorfismo que afetou essas rochas, ao trend NE. Já a mineralização de cobre está associada a corpos tardi pós-tectônicos com direção NE ou NW.

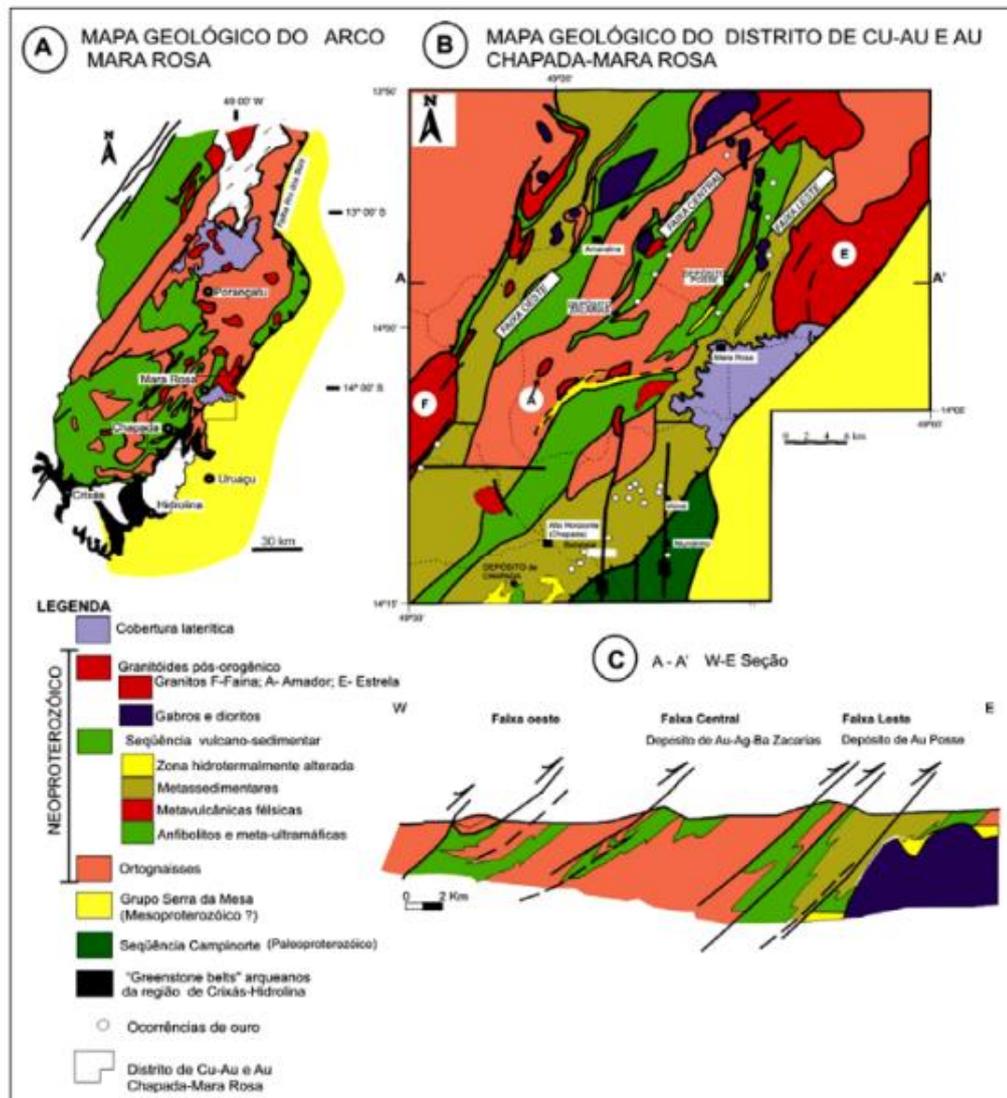


Figura 2.3: A) Mapa Geológico esquemático do arco magmático de Mara Rosa (Pimentel et al. 1997). B) Mapa da Chapada-Mara Rosa (modificado de Arantes et al. 1991), incluindo as faixas: leste, central e oeste do Arco de Mara Rosa. C) Seção esquemática através do arco magmático Mara Rosa (Palermo et al. 2010), indicando a direção preferencial NNE das estruturas.

2.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS ASSOCIADAS A ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo referente ao Projeto Mara Rosa abrange algumas unidades geológicas da porção norte do AMG, bem como, sequência de Campinorte, abrange a Suíte Pau de Mel e as sequências Mara Rosa e Santa Terezinha (Figura 2.2- 2.3 A). A sequência Mara Rosa agrupa um conjunto de rochas metavulcanossedimentares (anfíbolitos, xistos, metabasaltos, metadacitos, metariolitos, quartzitos, metagrauvacas, metacherts, formações ferríferas e gonditos) e Ortognaisses.

2.2.1- Unidades Supracrustais

Nas unidades supracrustais, os anfíbolitos são as rochas mais comuns. Os anfíbolitos da sequência vulcano-sedimentar Mara Rosa possuem um caráter toleíticos, ou são granada-epidoto-anfíbolitos de natureza cálcioalcalina derivada de basaltos alcalinos. Esses anfíbolitos comumente estão associados a rochas metassedimentares químicas (chert, gonditos e formações ferríferas) (Oliveira et al., 2006). Rochas metassedimentares detríticas (hornblenda-biotita xistos com cianita, granada-biotita xisto, granada-estauroлита-biotita xistos, muscovita-cianita xistos) também são abundantes na área, formados por intercalações de metagrauvaca e metavulcânicas (Arantes et al., 1991). Essas rochas menos comuns, as metavulcânicas intermediárias a félsicas, são representadas pelos metadacitos e metariolitos (Oliveira et al., 2006), o qual se intercala com clorita-muscovita xistos, anfíbolio xistos, quartzo xisto e quartzitos. E os metassedimentos, tipicamente ricos em feldspatos de cor cinza a esverdeados, metamorfizados em fácies xisto-verde e anfíbolito (Junges, 2002). A sequência Santa Terezinha está predominantemente formada por rochas metassedimentares representada por xistos (muscovita xistos, muscovita-quartzo xistos e por clorita-xistos).

2.2.2- Ortognaisses Tonalíticos

As áreas supracrustais são sobrepostas por ortognaisses de granulação grossa, bandamento gnáissico bem desenvolvido em algumas porções e outras menos e composição toleítica a diorítica e de caráter metaluminosas e cálcioalcalina (Vianna et al., 2005). Esses corpos adquirem uma geometria sigmoidal fortemente alongada, dentro de corredores de alta deformação (zona de cisalhamento transcorrente NE), provenientes de migmatização incipiente (Oliveira et al., 2006). A assembleia mineral dessas rochas é formada por plagioclásio, hornblenda, quartzo, biotita e algum clinopiroxênio, associados

com minerais acessórios como apatita, turmalina, rutilo e zircão. Kuyumjian, (1989) e Vianna et al., (1995), descreveram esses ortognaisses como protólitos que são derivados do manto em um ambiente de arco magmático imaturo e envolvidas num metamorfismo regional progressivo de fácies anfíbolito e retrogressivo em fácies xisto verde. Pimentel (1997), datou esse evento metamórfico aproximadamente 630 Ma, interpretado como o pico do metamorfismo Brasileiro.

2.2.3-Granitos Tardios e Pós-orogênicos

As rochas metassedimentares da sequência Mara Rosa e os ortognaisses tonalíticos, foram intrudidas por uma série de gabro-diorítico e granito tardios e pós-tectônicos, nomeados como Amarolândia e o Granito Faina (576±6 Ma) (Junges et al., 2002; Oliveira et al., 2016). Estes corpos representam um magmatismo pós-colisional mais jovem 600Ma, que caracteriza o último evento metamórfico na Faixa Brasília. Os corpos máficos são predominantemente dioritos de granulação grossa, localmente com fácies gabróicas, pouco ou não deformados e ligeiramente folheados (Pimentel et al., 1997). Essas rochas compõem maior proporção de plagioclásio e quartzo, entremeados por aglomerados de biotita. As intrusões graníticas são mais abundantes e volumosas, mas também formam corpos comumente pequenos a alongados, e diques leucocráticos de natureza plutônica ácida (Oliveira et al, 2006).

Dentro dessas unidades supracrustais de Mara Rosa há um pequeno número de granitos milonitizados alongado na direção NNE, derivadas de rochas plutônicas, predominam gnaisses tonalíticos, mas abrange uma composição variada de dioríticos/grabróicos até o granito (Junges, 2002; Oliveira et al., 2006). Esses corpos variam em tamanho de quilômetros a pequenos diques paralelo à foliação.

2.3- EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DA FAIXA BRASÍLIA

A FDB é um orógeno, que melhor representa a história evolutiva da colisão neoproterozóica no Brasil. E o AMG se estende desde a região Arenópolis até a região de Mara Rosa, ocupando a porção ocidental da FDB. O AMG representa o testemunho de uma crosta juvenil que registra abertura e o fechamento de um grande domínio oceanico, entre os paleocontinentes Amazônico e São Francisco-Congo pelo menos entre 900 a 600Ma (Figura 2.4A). A porção norte do AMG compreende um arco de ilhas de crosta juvenil de idade de 900-800 Ma (Laux et al 2005), e o Arco de Santa Terezinha mais

jovem com sequências vulcano sedimentares de idade de 670-630 Ma (Junges et al. 2002; Fuck et al., 2002);

A região de Mara Rosa hospeda os registros de dois eventos metamórficos que afetaram os metassedimentos, indicados com base em dados Sm-Nd para granada na rocha total (Junges et al, 2002), a saber: um evento mais antigo cerca de 760-730 Ma (Figura 2.4B), caracterizado por altas razões de P e T; e outro mais jovem (610-600 Ma) é interpretado como evento final do fechamento da bacia oceânica entre os paleocontinentes Amazônico e São Francisco (Figura 2.4C) , o qual as assembleias minerais metamórficas são registradas com baixas condições de P e T.

Em algumas porções há a predominância de rochas magmáticas de composição cálcio alcalina, indicando ação de contínuos processos relacionados à subducção, porém há registros de rochas peraluminosas plutônicas, as quais tem assinaturas isotópicas de material juvenil relacionado à evolução de arcos. Por outro lado, as rochas máficas e ultramáficas se estendem em faixas alongadas e deformadas, são interpretadas como restos da crosta oceânica estirada e colocada de forma descontínua ao longo do Lineamento Transbrasiliano (Dantas et al 2007).

O Lineamento Transbrasiliano (570-530 Ma), compõe um sistema de zonas de cisalhamento transcorrente dextral e de transporte tectônico NE-SW com direção secundária N-S, o qual é caracterizado por lineações e foliações sub-horizontais. A este evento é atribuído a formação da Falha Rio dos Bois, que coloca a sequência Mara Rosa (Neoproterozóico) sobre a sequência Campinorte (Paleoproterozóico). O que marca o último evento deformacional, pós-orogênico rúptil-dúctil, o qual deu origem a zonas de cisalhamentos NW, que estão associadas a intrusões dos corpos tardi pós-tectônicos.

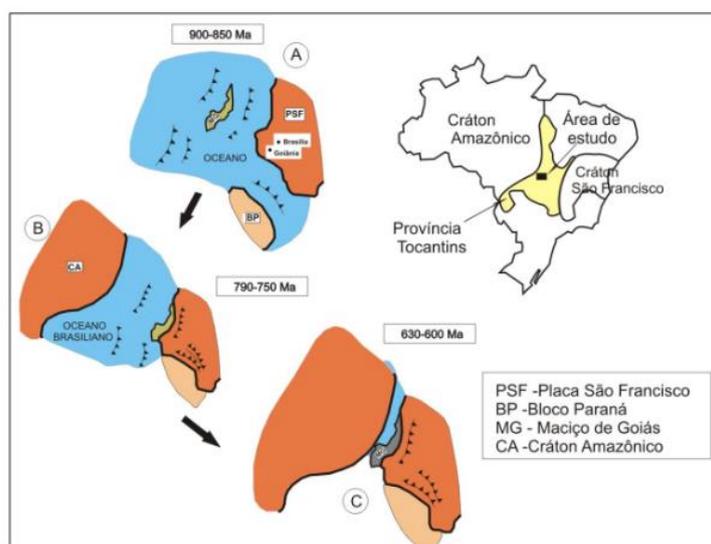


Figura 2.4: Evolução da Faixa Brasília. (Modificado por Pimentel et al., 1999, 2000).

É importante destacar que D’el-Rey Silva et al. (2011), propõe um modelo evolutivo que difere em relação às fases de deformação e significados geotectônicos, através de estudos sistemáticos do arcabouço estrutural da porção SW do Distrito Federal. Esses autores, com bases nos dados de campo, identificaram que o segmento norte da Faixa Brasília teria sido gerado a 750-640 Ma em função de uma colisão entre os crátons São Francisco e Amazônico, que produziu a Faixa Brasília-Araguaia (Figura 2.5abc). Já a porção sul da faixa estaria relacionado com a convergência entre o cráton Paranapanema e o São Francisco-Congo, desenvolvido posteriormente, ou seja, há cerca de 630-580 Ma (Figura 2.5de).

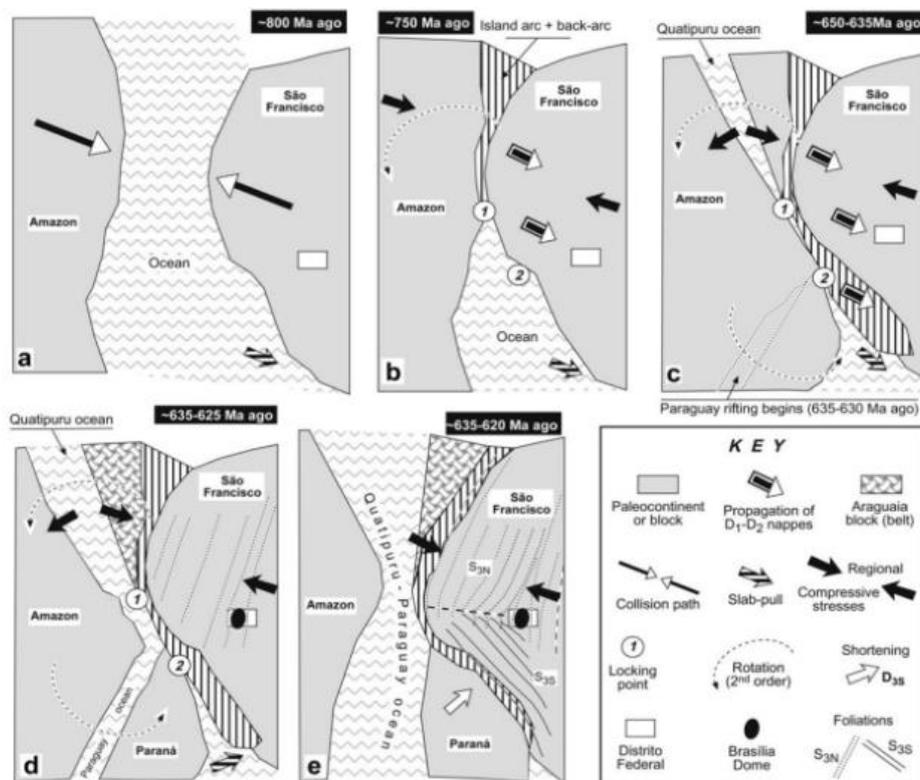


Figura 2.5: Representação amplamente esquemática da evolução da Faixa Brasília devido à colisão de duas margens continentais irregulares (a-c). (Extraído D’el-Rey Silva et al. 2011).

3- SENSORIAMENTO REMOTO E AEROGEOFÍSICA.

O sensoriamento remoto a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com um objeto, área ou fenômeno sobre investigação (Lillesand & Kiefer, 1994). E reúnem um conjunto de ferramentas que auxiliam na aquisição e armazenamento de banco de dados, processamento e desenvolvimento de aplicações a partir de dados georreferenciais, assim como a aerogeofísica. A aplicação de métodos aerogeofísicos tornou-se essencial para o mapeamento geológico, por ser efetivo em diversas áreas das geociências, como na prospecção mineral, geotecnia, hidrogeologia, geologia ambiental, cartografia geológica e geotecnologias.

3.1-SENSORIAMENTO REMOTO

Para o Projeto Mara Rosa foram gerados produtos que refletem variações composicionais, estruturais e geomorfológicas da área de estudo através das características espectrais em superfície, padrões de relevo, drenagem e estruturação. A partir do sensoriamento remoto foram obtidos os mapas base, de relevo, zonas homólogas e de lineamentos morfoestruturais. O mapa que será tratado com ênfase neste capítulo será o de lineamentos morfoestruturais, pois apresenta informações de extrema importância para o mapeamento geológico. Os demais mapas estarão dispostos no relatório em forma de anexo.

3.1.1 - Aquisição de dados

Para a elaboração dos mapas base, foram utilizados os dados cartográficos disponibilizados pela CPRM, NASA, USGS e INPE, presentes nas cartas topográficas de escala (1:100000) de Mutunópolis (SD.22-X-D-IV), Bonópolis (SD.22-X-C-VI), Santa Terezinha de Goiás (SD-22.Z-A-III) e Campinorte (SD-22-Z-B-I). As principais redes de drenagens, localidades e vias de acesso foram extraídas a partir da imagem CBERS04A fornecido pelo INPE (Figura 3.1).

Para elaboração do mapa de relevo sombreado foram utilizadas as imagens do satélite ALOS, com o sensor PALSAR, sendo as imagens disponibilizadas pela NASA e USGS. Para elaboração das composições RGB foi utilizada a cena LC08_L2SP_222070_20210726_20210804_02_T1 do LANDSAT 8 OLI.

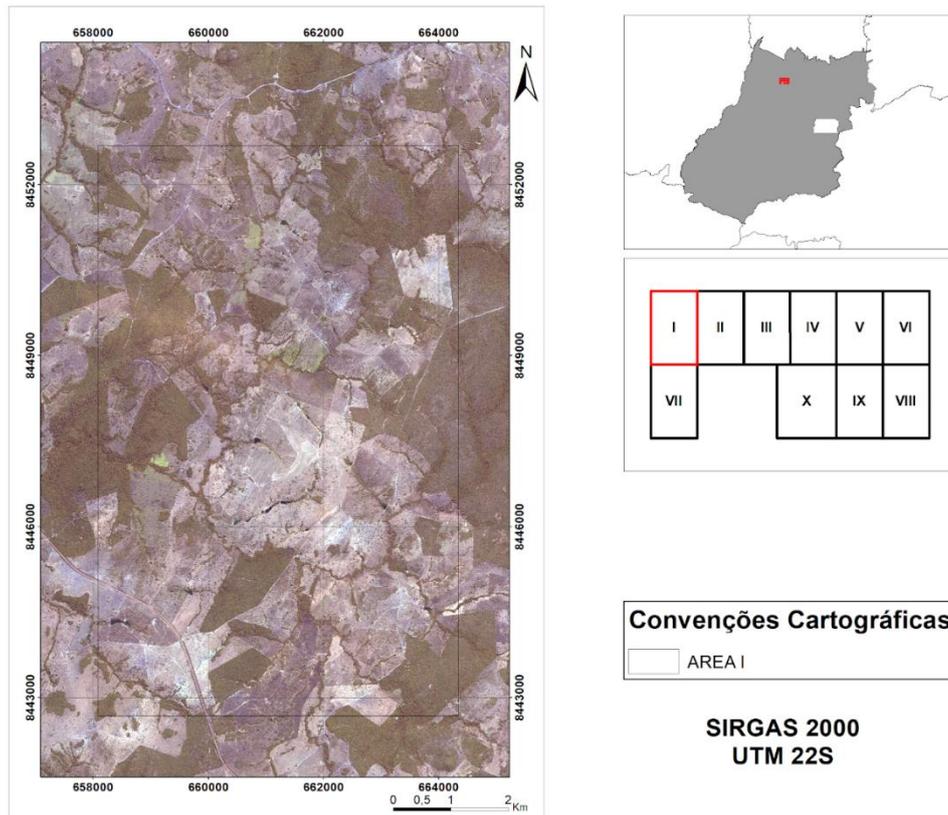


Figura 3.1 - Imagem de Satélite CBERS04 da área I.

3.1.2 Processamento dos dados

A partir dos dados brutos coletados, foram aplicados procedimentos de geoprocessamento para gerar os produtos necessários com as informações de interesse. As imagens CBERS 04A, Landsat 8 e ALOS PALSAR (Tabela 3.1), foram processadas de forma individual, sendo posteriormente integrado os resultados para geração dos produtos interpretados (Figura 3.2).

As imagens de satélite, assim como os demais dados vetoriais e matriciais utilizados no Projeto Mara Rosa, foram trabalhados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Para o geoprocessamento desses dados foram utilizados os softwares Google Earth Pro, Qgis (3.20.2) de uso livre e o ArcMap (10.5) usado por meio de licença institucional do IG/UnB.

De início, as imagens CBERS 04A passaram por um empilhamento das bandas 1 a 4 (layerstacking), de forma a uni-las em um único arquivo raster e possibilitar suas combinações em composições coloridas. Em seguida, foi feita uma fusão da imagem empilhada com a banda 0 (pancromática), por meio da ferramenta pansharpening, onde os pixels das bandas 1 a 4, inicialmente com resolução espacial de 8 metros, foram reamostrados com base nos pixels da banda 0, de 2 metros de resolução espacial,

resultando em uma imagem multiespectral com 4 bandas (B, G, R e NIR), ambas com pixels de 2x2 metros.

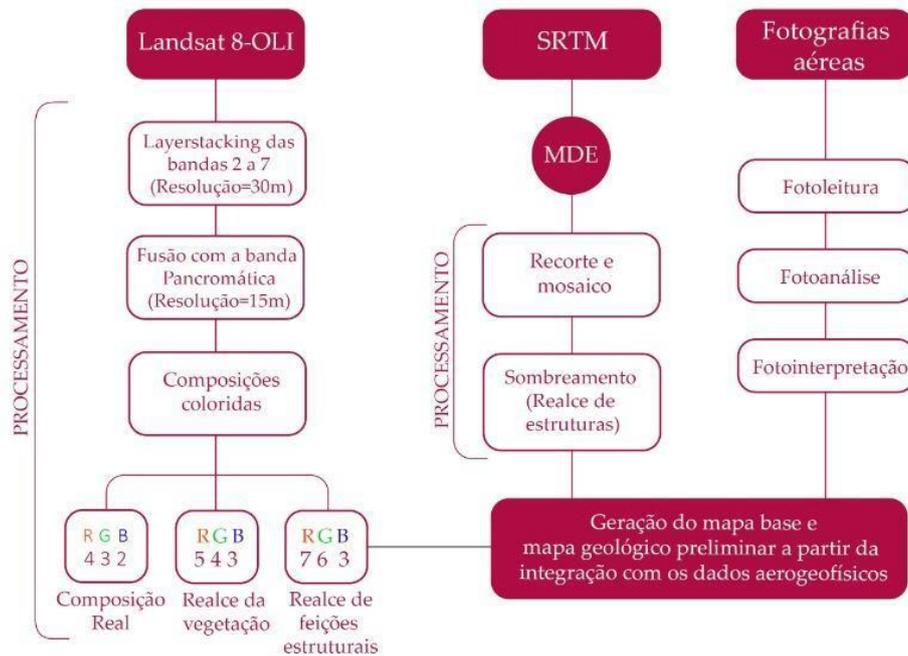


Figura 3.2: Fluxograma dos métodos aplicados no tratamento de dados de sensoriamento remoto.

Dessa forma, a imagem reamostrada foi utilizada para a confecção das composições coloridas 321, 432 e 423, bem como para a extração e análise de componentes principais (PCA - Principal Component Analysis).

Com relação ao processamento das imagens Landsat, foi feito um empilhamento inicial de bandas, assim como aplicado às imagens CBERS, concatenando as bandas 1 a 7 em uma única imagem. Na sequência, a imagem empilhada foi utilizada para a confecção de composições coloridas, fazendo uso também de razões espectrais e extração de componentes principais.

Por fim, ao MDE Alos Palsar foram aplicados os algoritmos de sombreamento de relevo (hillshade) e de extração de curvas de nível (contour), com seus parâmetros de entrada. Este processo resultou na geração de um dado matricial de relevo simulado e um dado vetorial de elevação do terreno.

Tabela 3.1: Sensores remotos utilizados para elaboração dos diferentes mapas.

Sensores remotos	ID	Data de aquisição
Landsat 8-OLI	LC08_L2SP_222070_20210726_20210804_02_T1	26/07/2021
CBERS 04A	CBERS4A_WPM20913020220612	12/06/2022
ALOS	AP_26927_FBS_F6900_RT1	10/07/2022

3.1.3 Interpretação dos dados

3.1.3.1 Mapa de Lineamentos Morfoestruturais

Lineamento morfoestrutural corresponde à feição linear simples ou composta, mapeável na superfície terrestre por meio de elementos morfológicos, como cristas de morros, limites de áreas elevadas, linhas de drenagem e linhas de costa (O’Leary et al., 1976). O Mapa de lineamentos morfoestruturais tem como objetivo extrair trechos retilíneos de relevo, onde se pode adquirir direcionamento das principais feições estruturais da área e estão associadas a estruturas geológicas/tectônicas (Figura 3.3).

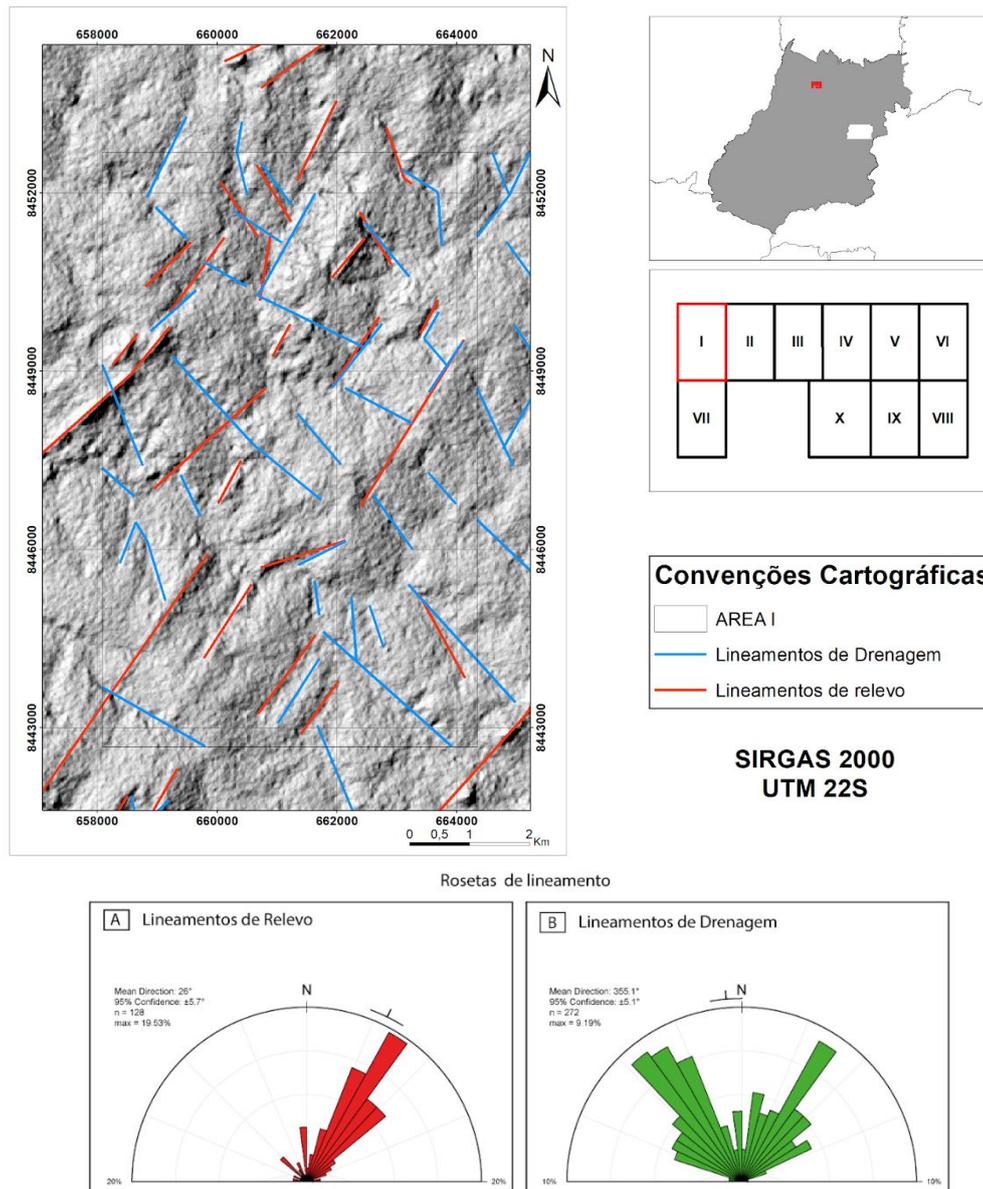


Figura 3.3: Mapa de lineamentos de relevo e drenagem para a área I, com as rosetas: a) relevo e b) drenagem.

Na área do projeto os lineamentos são predominantemente na direção NE-SW com alguns lineamentos variando para N-S. Na área I, os lineamentos seguem o padrão NE-SW em sua maioria, indicando uma forte tendência nessa direção, sendo concordante com os lineamentos gerais da área do projeto. Os demais lineamentos presentes na área I apresentam direções NW-SE. A partir da interpretação do mapa de relevo sombreado foi possível definir 3 domínios principais sendo o primeiro domínio situado no sul da área onde apresenta lineamentos contínuos com uma forte tendência para NE-SW. No segundo

domínio, situado na porção central da área, os lineamentos se apresentam mais alongados e contínuos, seguindo também a direção preferencial NE-SW, com pequenas variações em outras direções. No terceiro domínio, os lineamentos possuem duas direções preferenciais predominante NE-SW e NW-SE, esse domínio indica uma maior estruturação com relação aos demais e estão associados principalmente a cristas topográficas (quebra de relevo positiva).

O conjunto de lineamentos NE-SW que estão predominantemente na área do projeto possuem direção concordante com a extensão do Arco Magmático de Mara Rosa.

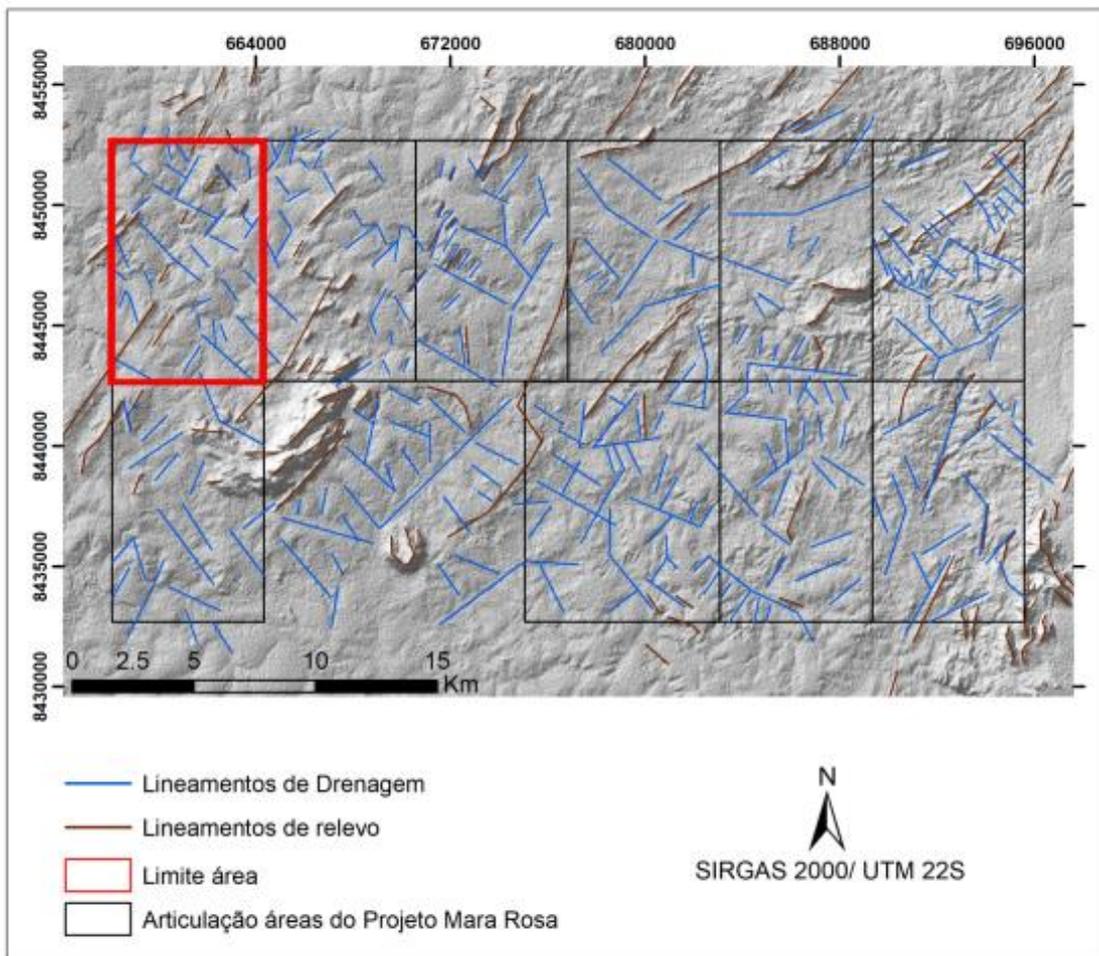


Figura 3.4: Mapa de lineamento de drenagem e relevo para o Projeto Mara Rosa.

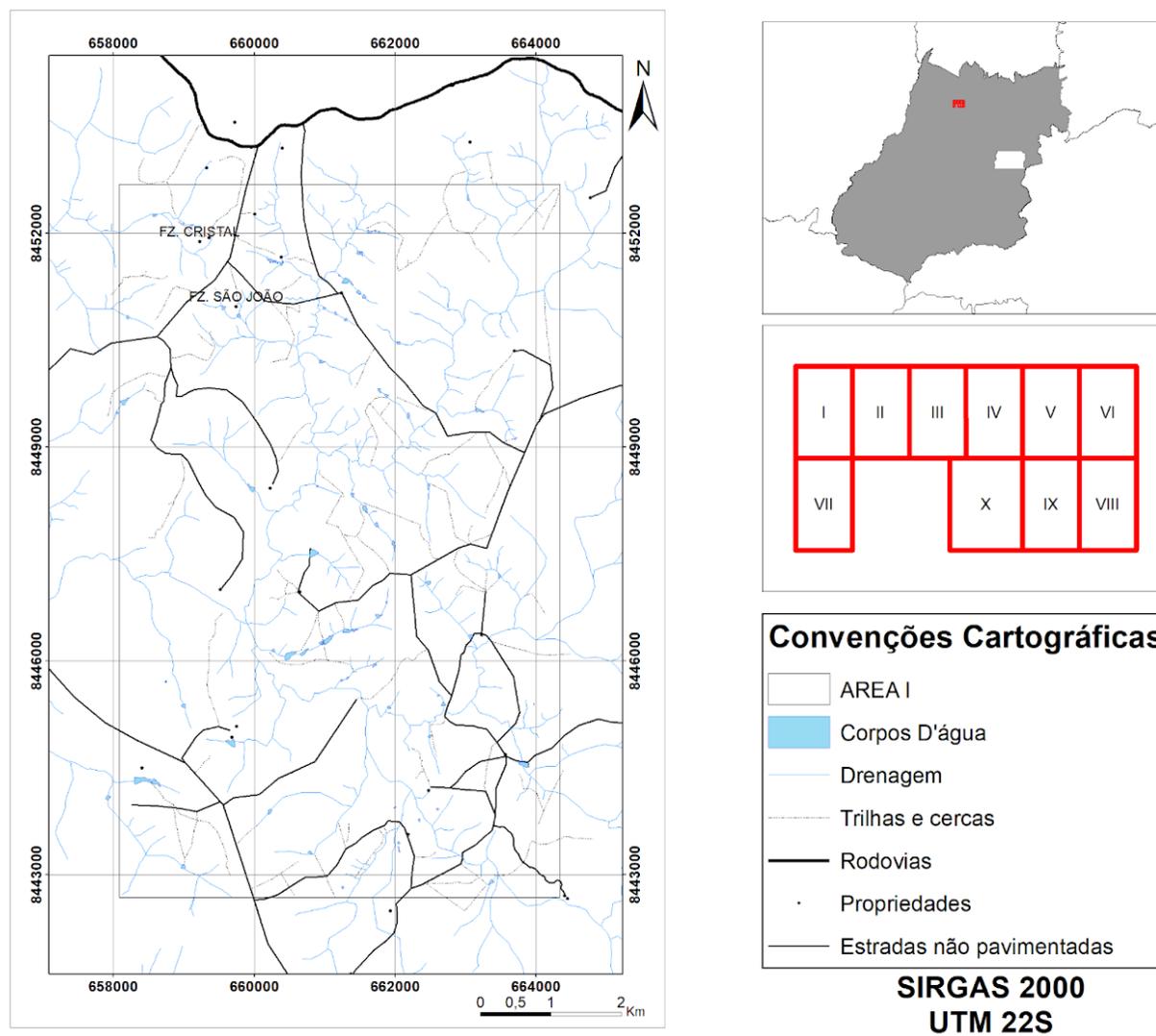


Figura 3.5: Mapa Base da área I

3.3- AEROGEOFÍSICA

Os métodos magnetométricos e gamaespectrométricos configuram uma ferramenta eficaz para cartografia geológica, por possibilitar a medição sistemática de qualquer tipo de superfície de forma rápida e econômica e de baixo impacto ambiental. Ademais, traz grandes benefícios para regiões de clima tropical, como o Brasil, onde os processos supergênicos levam à formação de solos espessos e a cobertura vegetal impede o acesso a informações sobre o substrato (Souza Filho e Crósta, 2003).

Os dados magnéticos contribuem para definição de estruturas do embasamento e suas continuidades sob coberturas, enquanto os dados gamaespectrométricos propiciam a confecção de mapas geoquímicos, os quais contribuem para o mapeamento de unidades geológicas, regiões de alteração hidrotermal, bem como de regolitos em áreas arrasadas (Jaques et al. 1997).

O presente capítulo expõe-se métodos, utilizados na etapa pré-campo, com o objetivo de integrar os mapas aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos, possibilitando a separação de diferentes domínios e interpretá-los, para acrescentar uma série de informações geológicas, um ótimo guia para o mapeamento.

3.3.1- Magnetometria

A magnetometria é um método que visa investigar a geologia com base nas anomalias do campo magnético terrestre, medindo pequenas intensidades de rochas em subsuperfície, que possuem magnetismo variáveis, conseqüentemente terão respostas diferentes devido a variação de densidade ou magnetismo.

Levantamentos magnetométricos compõem o Campo Magnético Anômalo (CMA), objetivando anomalias negativas e positivas na área, em alguns casos, se mostram com efeito dipolar, expõe zonas anômalas positivas e negativas, identificando áreas interessantes para o mapeamento. Sendo assim, quando a propriedade medida de uma zona alvo é maior que a das rochas hospedeiras, o contraste é positivo; quando inferior, é negativo (Dentith et al. 2014).

A suscetibilidade dos minerais é uma característica principal, para a geração do campo induzido e o caráter magnético da rocha depende da proporção de minerais magnéticos, como a magnetita, ilmenita e a pirrotita. (Keary et al. 2009). Em vista disso, esse método é eficaz, para a identificação de feições estruturais, lineamentos, e concentração de minerais magnéticos que estão associados a rupturas, também importante para delinear zonas de falhas.

3.3.2- Gamaespectrometria

A gamaespectrometria mede a radiação natural (γ), através de minerais que contém isótopos radioativos de potássio (K), tório (Th) e urânio (U). Em que irá medir uma fonte de energia. (Isler e Rankin et al, 2013). Existem mais de 50 elementos radioativos naturais, porém as principais fontes detectadas em superfície da radiação gama, provém da desintegração natural do ^{40}K , e elementos da série do ^{238}U e ^{232}Th (Ribeiro et al, 2013). Os isótopos de U e Th são produtos do decaimento radioativo (^{241}Bi e $^{208\text{Tl}}$), assim são referidos como: equivalente de urânio (eU) e equivalente de tório (eTh). (Ribeiro et al, 2013).

Toda radiação que não se origina da terra não terá significado geológico, deste modo é feito uma filtragem dos dados gamaespectrométricos, retirando os dados que não vão acrescentar nas informações geológicas.

Este método permite caracterizar regiões com unidades litológicas indivisas, detectar a presença de intrusões ígneas aflorantes, elementos hidrográficos, alteração hidrotermal e/ou intensos processos erosivos, contribuindo significativamente para o entendimento de uma região (Ribeiro et al, 2013). As rochas ígneas mostraram que há uma tendência de aumento da quantidade destes em função do teor de sílica, ou seja, rochas félsicas possuem um teor mais elevado de radioelementos do que rochas máficas ou ultrabásicas (Figura 3.6) (Ribeiro et al, 2013).

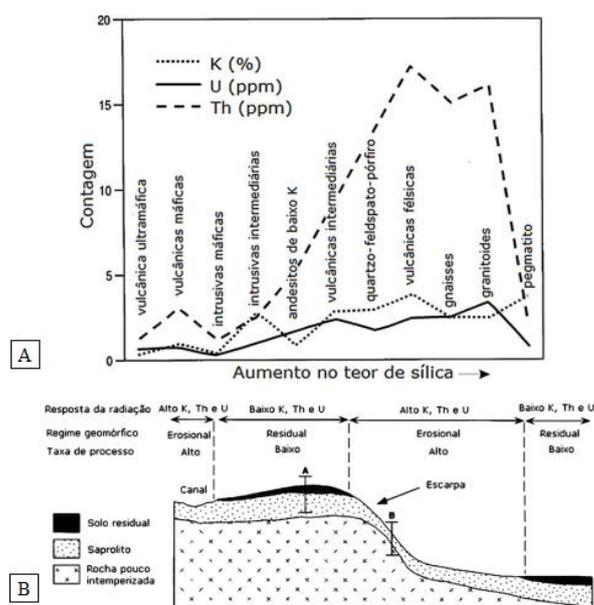


Figura 3.6: a) Variação nos teores médios de Th e U nas rochas ígneas em relação ao teor de sílica (Si) (Modif. de Dickson & Scott 1997). b) Influência dos processos geomorfológicos na emissão de radiação gama. (Extraído, Ribeiro et al, 2013).

3.3.3- Dados Aerogeofísicos

Os dados aerogeofísicos magnetométricos e gamaespectrométrico são originários do Projeto Aerogeofísico de Goiás-1ª Etapa: Arco Magmático de Mara Rosa, que abrange a parte norte do Estado de Goiás, região Centro-Oeste Brasileira. O projeto foi realizado a partir da cooperação do Mineração e Transformação Mineral (SGMTM), Ministério de Minas e Energia (MME), Comércio da Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás (SIC, SGM), o Fundo de Fomento à Mineração (FUNMINERAL) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), e executado pela empresa LASA Engenharia e Prospecções S/A.

Os levantamentos foram realizados em setembro de 2004, e finalizados em novembro de 2004, recobrando uma área de 15.890 Km², com 36.569,73 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução (LASA,2004). As linhas de voo e controle orientadas nas direções N-S e E-W e espaçadas de 0,5 km e 5,0 km, respectivamente. A altura de voo fixada em 100 m sobre o terreno, com Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s para magnetômetro e 1,0 s para espectrômetro (LASA, 2004). Duas aeronaves foram utilizadas para a aquisição de dados, um Cessna C208B Caravan (prefixo PR-FAS), que voou a uma velocidade de 260 km/h e outra um Cessna Titan 404 (prefixo PT-WQT) a uma velocidade de 294 km/h.(LASA, 2004).

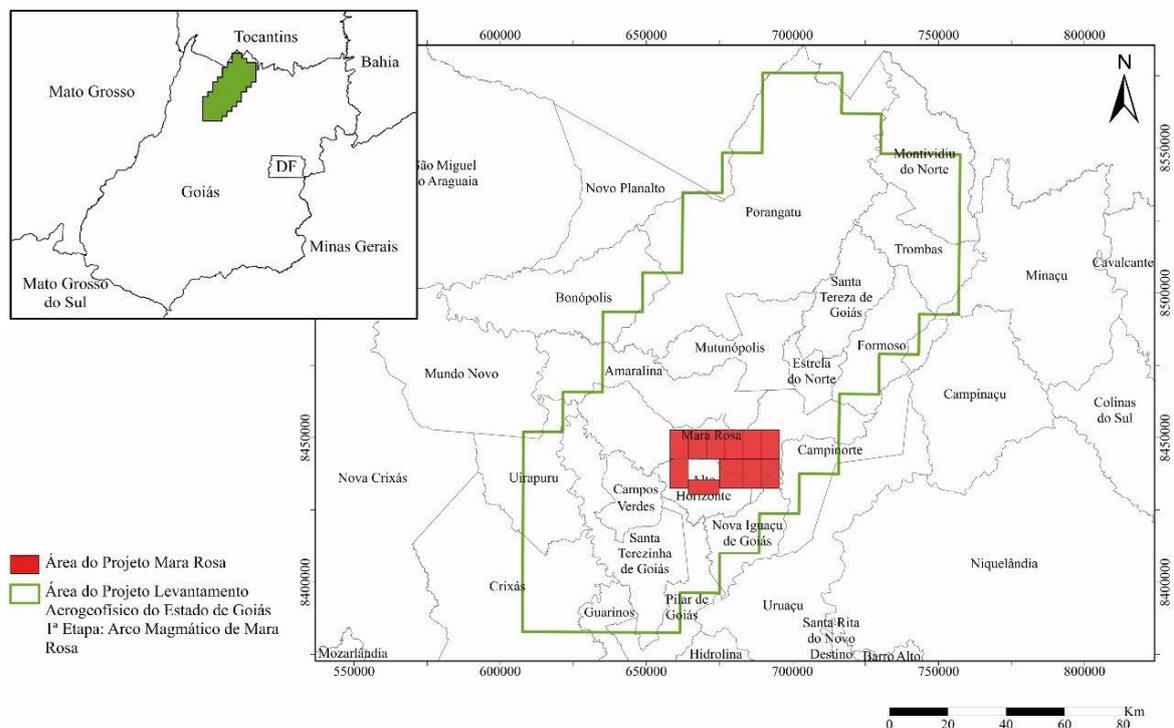


Figura 3.7: Localização das áreas do Projeto Aerogeofísico de Goiás- 1ª Etapa: Arco Magmático de Mara Rosa e do Projeto Mara Rosa. (extraído de LASA,2004).

3.3.4-Processamento de dados

Os dados brutos do Arco Magmático de Mara Rosa, foram gravados em formato binário e convertidos para ASCII (American Standard Code for Information Interchange) e regravadas em formato XYZ GEOSOFT (LASA, 2004). Desse modo, foram gerados um banco de dados no software Oasis Montaj, onde as informações de posicionamento foram agrupadas e corrigidas (LASA, 2004). Os dados do pré-processamento do projeto do Arco Magmático de Mara Rosa foram disponibilizados pela CPRM.

Para o projeto Mara Rosa, os dados foram recortados para a área específica e disponibilizados pela professora Dra. Roberta Mary Vidotti, e processados no laboratório de informática do Instituto de Geociências-IG, com o auxílio da professora. E confeccionados os mapas dos dois métodos, no qual utilizou-se 25% do espaçamento das linhas de voo que equivale uma célula unitária de 125m. No final do processamento, foram produzidos dois tipos de mapas: um do Projeto Mara Rosa com uma escala 1:50000 e outro com escala de 1:25000, para a área I.

3.3.4.1- Método Magnetométrico

O processamento dos dados magnetométricos foi realizado a partir da Anomalia Magnética (AM), resultante de uma correção IGRF (International Geo reference Field) do CMT (Campo Magnético Total). O método de interpolação utilizado nos dados magnetométricos foi o bigrid (Reeves 2005), método de interpolação utilizado para levantamentos realizados em linhas de voo aproximadamente paralelas e regulares, sem as linhas de controle transversais. As feições que estão perpendiculares às linhas podem ser determinadas, principalmente se as linhas estiverem próximas e com densidades de amostragem suficientemente grandes. Foram gerados produtos das primeiras Derivadas Horizontais (Dx e Dy) e vertical (Dz), e a partir dessas obtidos as imagens do Gradiente Horizontal Total (GHT) e o Sinal Analítico 3D (SA3D) (Figura 3.8).

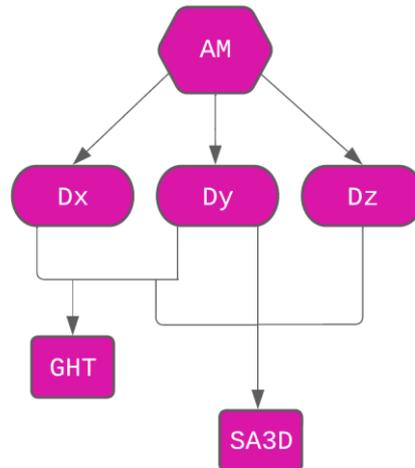


Figura 3.8: Fluxograma referente às etapas do processamento dos dados aerogeofísicos magnetométricos. AM-Anomalia Magnética; Dx- Primeira Derivada horizontal da AM no eixo x; Dy-Primeira Derivada horizontal da AM no eixo y; Dz- Primeira Derivada vertical da AM; GHT- Gradiente Horizontal Total; SA3D- Sinal Análítico.

Os produtos das derivadas gerados e interpretados, fornecem informações geológicas acerca de litologias, contatos e estruturas. Como a Anomalia Magnética (AM) que corresponde a heterogeneidade magnética, na qual podem ser sobrepostas e com profundidade variável (Figura 3.9-a).

A primeira derivada da AM, nas três direções (Dx, Dy e Dz), tem como característica detectar bordas, enfatizar porções rasas e definir lineamentos magnéticos que remetem a elementos estruturais. A derivada vertical (Dz) enfatiza características próximas à superfície e estreita a largura da anomalia, localizando assim, fontes de forma mais precisa (Cooper & Cowan, 2004) (Figura 3.9-b). Por sua vez, as derivadas horizontais realçam feições nas direções x e y, acentuando o gradiente lateral da propriedade física investigada na direção escolhida, ou seja, na localização de extremidades de fontes (Simpson et al., 1986). Também são úteis na obtenção de novos produtos que necessitem do gradiente lateral, tais como no Gradiente Horizontal e Deconvolução de Euler.

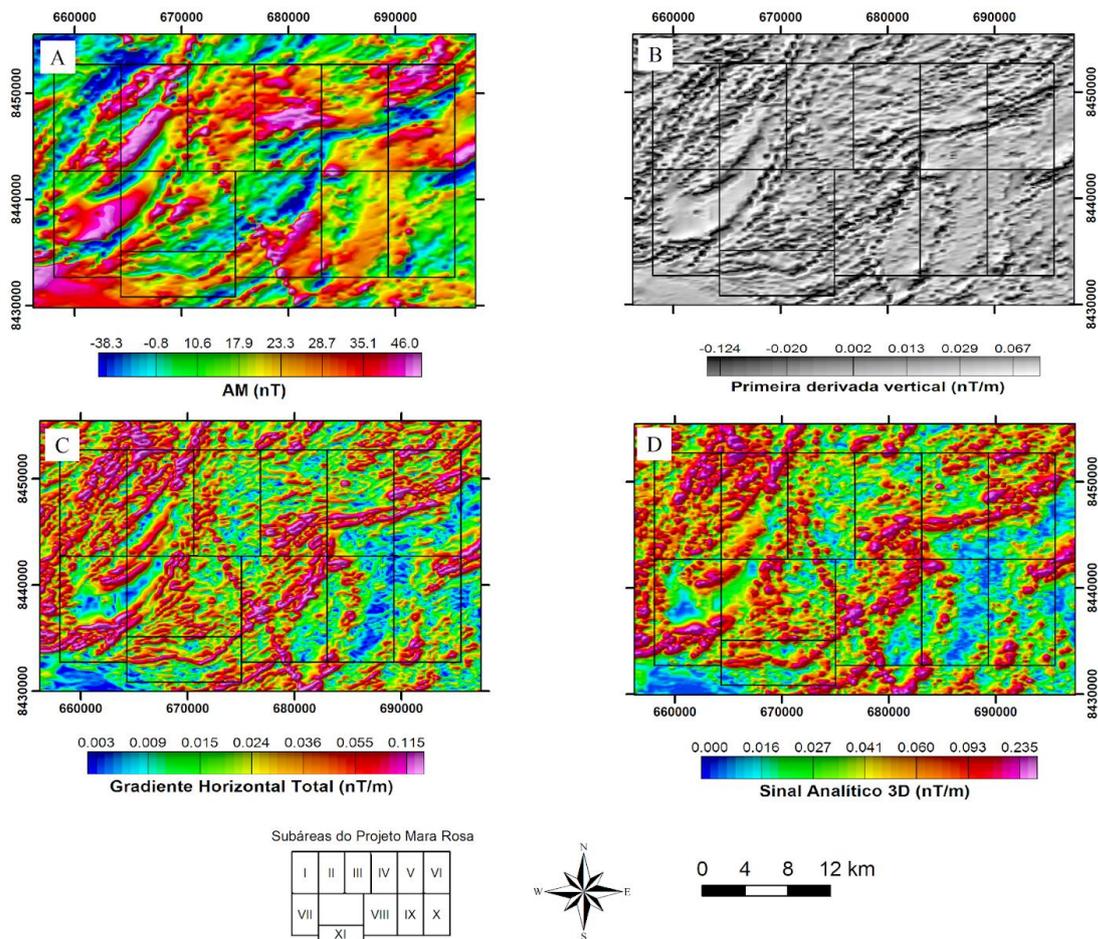


Figura 3.9: Mapas Magnetométricos do Projeto Mara Rosa. (a) Anomalia Magnética (AM); (b) Primeira Derivada Vertical (D_z), (c) Gradiente Horizontal Total (GHT); (d) Sinal Analítico 3D (SA 3D);

O Gradiente Horizontal Total (GHT), se relaciona com as derivadas horizontais (D_x e D_y), há uma detecção na variação lateral magnética, viabilizando corpos semi-horizontais com contraste de diferentes propriedades físicas (Figura 3.9-c). O sinal analítico é uma transformação linear que indica a distribuição espacial das fontes magnéticas superficiais mesmo em baixas latitudes. Derivadas horizontais foram empregadas para determinar as posições espaciais destas fontes, e foram úteis para caracterizar alvos lineares (Blakely, 1996; Nabighian *et al*, 2005) (Figura 3.9-d).

3.3.4.2- Método Gamaespectrométrico

A interpolação do método gamaespectrométrico, usado durante o processamento foi o da curvatura mínima (Rangrid). E gerados os produtos da contagem total para o potássio (%K), equivalente em tório (ppm eTh) e equivalente em urânio (ppm eU), e a partir destes as composições do RGB e CMY (Figura 3.10).

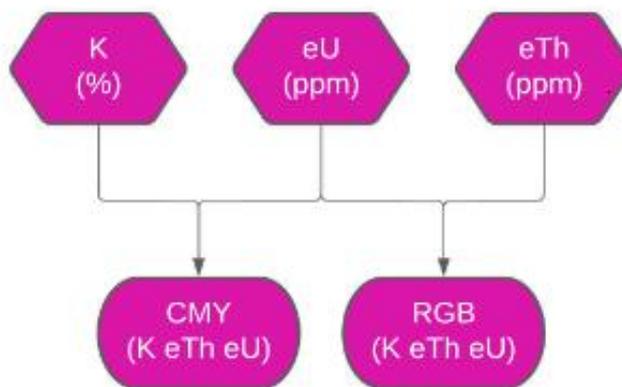


Figura 3.10: Fluxograma referente às etapas e produtos gerados no processamento dos dados aerogeofísicos gamaespectrométricos. K (%)- porcentagem de potássio e eTh- equivalente em urânio e tório em ppm, respectivamente; RGB (K, eU, eTh)- Composição RGB; CMY (K,U,Th)- Composição CMY.

Um dos produtos obtidos por esse método, foi o da contagem total de potássio (K%), equivalente a urânio (eU) e equivalente a tório (eTh) (Figura 3.11). No qual permitem avaliar variações na concentração desses respectivos elementos, assim identificar possíveis composições de rochas, podendo traçar diferentes contatos geológicos e delimitar drenagens pela concentração de potássio.

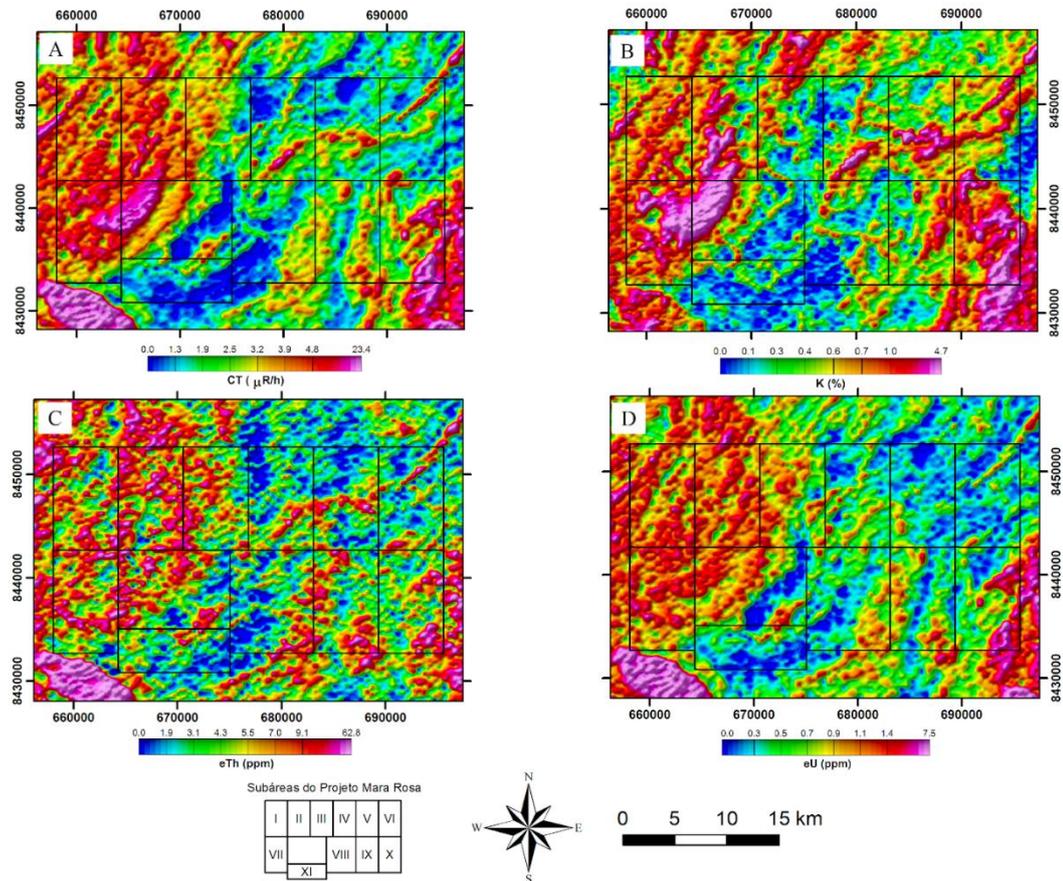


Figura 3.11 : Mapas referentes à área I, gerados a partir dos dados aerogamaespectrométricos. (a) Contagem total de potássio, tório e urânio; (b) Porcentagem de potássio (%K); (c) Equivalente em tório (eTh); (d) Equivalente em urânio (eU).

Os principais produtos para a interpretação gerados no processamento foram as composições ternárias, RGB (K, eU e eTh) e CMY (K, eU e eTh). Sendo que o RGB atribui a cor vermelha (R-red) ao enriquecimento de potássio, verde (G-green) ao tório e o azul (B-blue) ao urânio (Figura 3.12-a). Já o CMY é o inverso do RGB, no qual atribui as cores ciano (C-cyan), magenta (M-magenta) e amarelo (Y-yellow), para os respectivos elementos de potássio, tório e urânio (Figura 3.12-b). Com tudo, o RGB a cor magenta representa alta concentração de K-U, amarelo K-Th e ciano Th-U, a cor branca indica que há uma similaridade de K-Th-U, e a preta a ausência, que pode significar um corpo d'água e vales (Ribeiro et al, 2013). Os mapas ternários são importantes, uma vez que possibilitam uma possível identificação na composição geológica da área mapeada, diferenciar se tem ou não afloramentos disponíveis, e alterações hidrotermal.

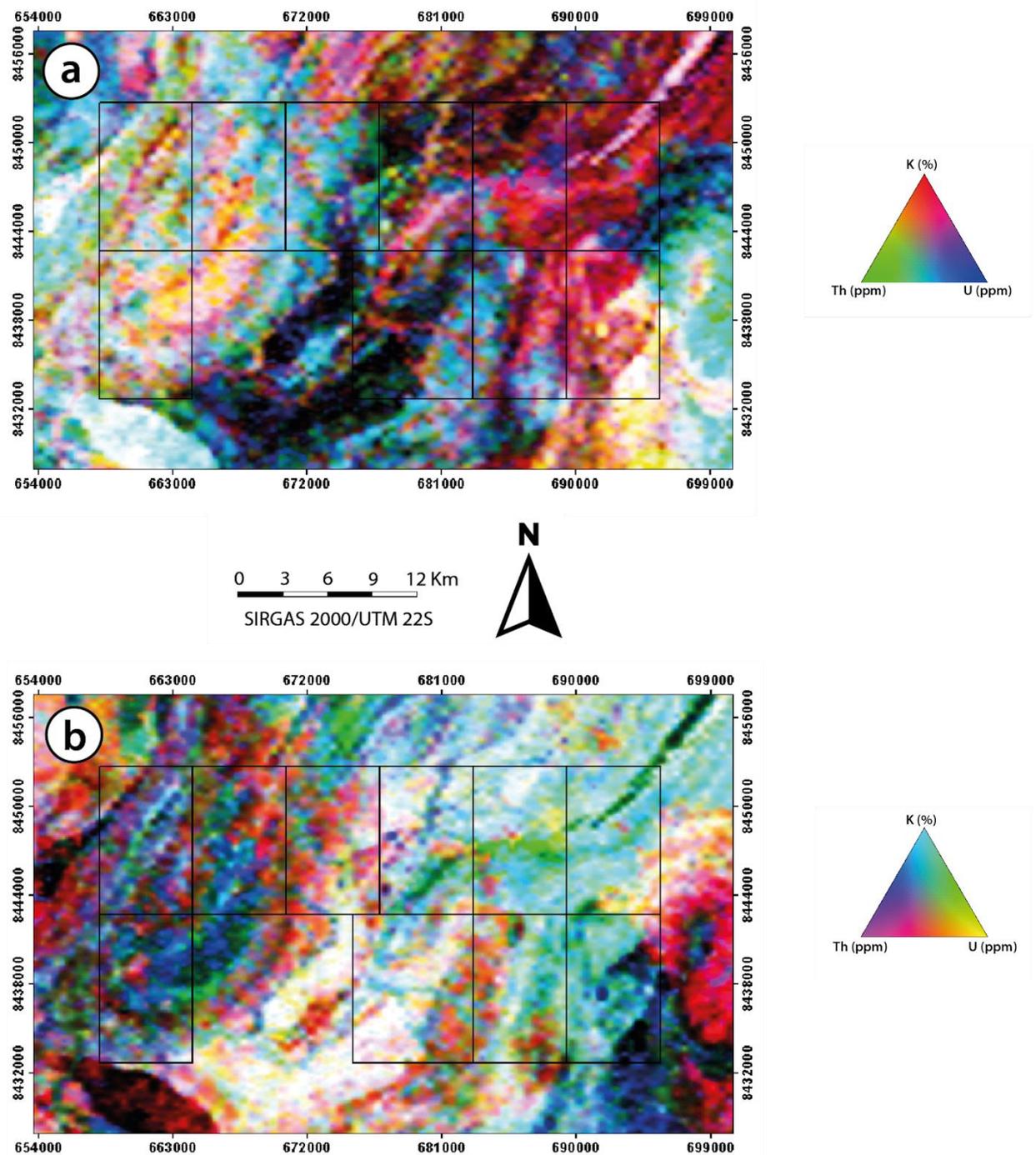


Figura 3.12 : Mapas referente a Regional do Projeto Mara Rosa. **a)** Composição ternária RGB. **b)** Composição ternária CMY.

3.3.5 Análise e Interpretação dos dados

3.3.5.1- Magnetometria

O mapa de domínios magnetométrico, obtido a partir do Sinal Análítico (SAD 3D), composto por 6 zonas (A, B, C, D, E e F), dividido com base na intensidade do gradiente magnético, orientação e na continuidade das anomalias (Figura 3.13; Tabela 3.2). Na área I, encontram-se as zonas A, B e C, no qual evidencia um contraste entre estas zonas.

Tabela 3.2: Descrição das zonas magnéticas do Projeto Mara Rosa.

Zonas	Características
A	Gradiente magnético intermediário com lineamentos de direção NNW-SSE evidenciado por alto gradiente
B	Gradiente magnético elevado homogêneo e lineamentos de direção NNE-SSW, NE-SW a E-W
C	Baixo gradiente magnético
D	Gradiente magnético intermediário sem lineamentos
E	Alto gradiente do sinal analítico e relevo movimentado sem direção preferencial
F	Alto gradiente magnético de geometria circular

A zona A, caracterizado por média amplitude magnética da ordem de valores $<0.024\text{nT/m}$ e $>0.08\text{ nT/m}$, e relevo médio magnético. Possivelmente, a assinatura magnética está associada a corpos tonalíticos presentes na área I, segundo a literatura. Esta zona predomina lineamentos na direção NW, característicos dos corpos de mais elevada magnitude, e uma estruturação unidirecional NE-SW. Possivelmente é representada por gnaisse composto por biotita-hornblenda.

A zona B, abrange majoritariamente a área I, este domínio é caracterizado pela alta amplitude magnética por ordem dos valores $>0.086\text{ nT/m}$ e alto relevo magnético, corpo alongado em direção NE-SW, evidencia um arranjo ENE-WSW (porção sul) e possui gradientes magnéticos muito altos, possivelmente devido a presença de magnetita e/ou ilmenita.

A zona C, é pouco evidenciada na área I, os gradientes são mais baixos $<0,022\text{ nT/m}$, homogêneo, com uma estruturação NE-SW.

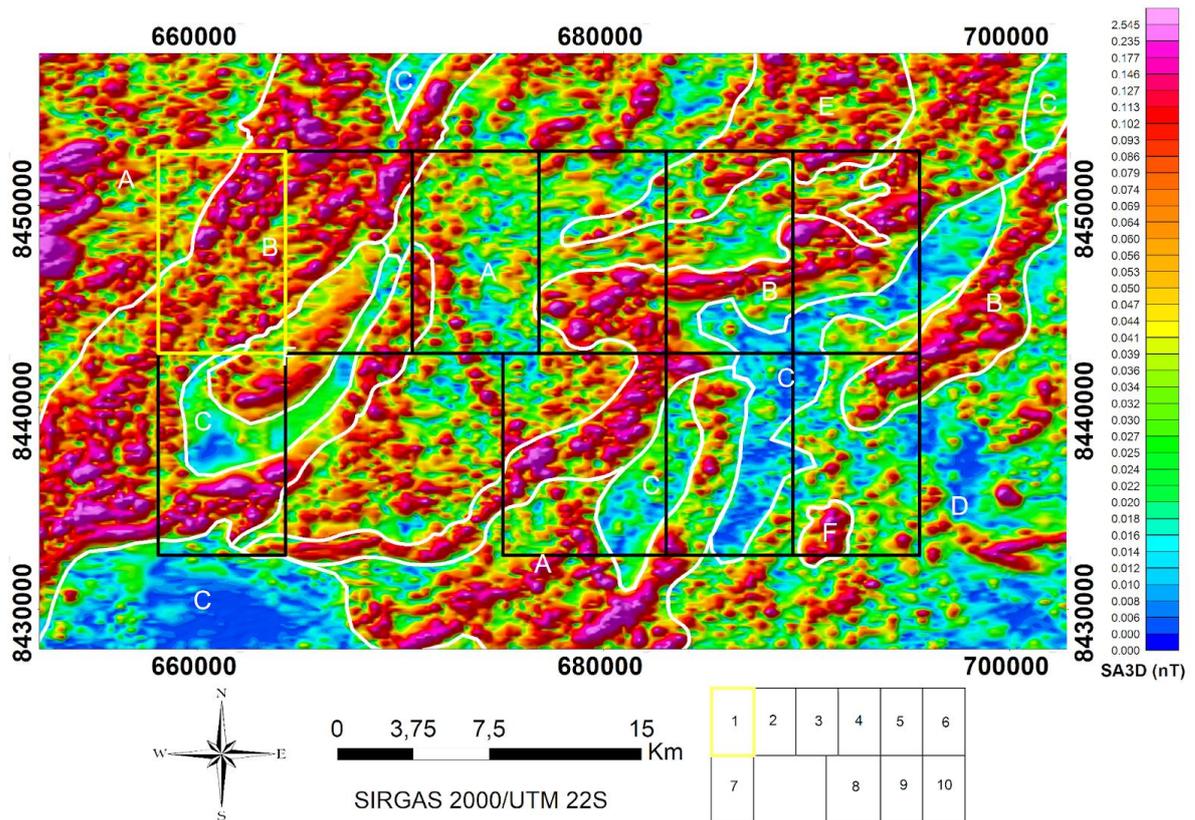


Figura 3.13: Mapa Magnométrico do Sinal Analítico do Projeto Mara Rosa.

A interpretação da extração dos lineamentos nos vales magnéticos por meio da primeira derivada (Figura 3.14), auxiliou para a delimitação e interpretação das zonas do sinal analítico. Observa-se lineamentos maiores (>8km), com direção principal de NNE-SSW, lineamentos intermediários (3-4 km) direção NE, e os menores (<1km) sem direção preferencial se destacam.

Partindo do pressuposto que a magnetização está relacionada a presença de minerais magnéticos, além disso, o contraste dessas zonas, podem representar delimitação, principalmente estruturais como a ocorrência de zonas de ruptura caracterizado pela presença desses minerais a partir do processo de remobilização e precipitação desses minerais. Com isso, observa-se, um contraste entre as zonas A e B, na porção central da área do Projeto, que possivelmente é uma zona de cisalhamento. Assim, interpreta-se, que o arcabouço estrutural da área tem-se uma direção preferencial NE-SW e ENE-WSW. As unidades da zona B evidenciam, que foram afetadas por estruturas em direção E-W. Essas estruturas podem estar relacionadas com falhas transcorrentes dextrais que terminam em ramificações tipo rabo de cavalo (*horsetail*) ou em zona de deformação dúctil. Posteriormente, a estrutura NW corta todas as unidades, possivelmente um dique máfico.

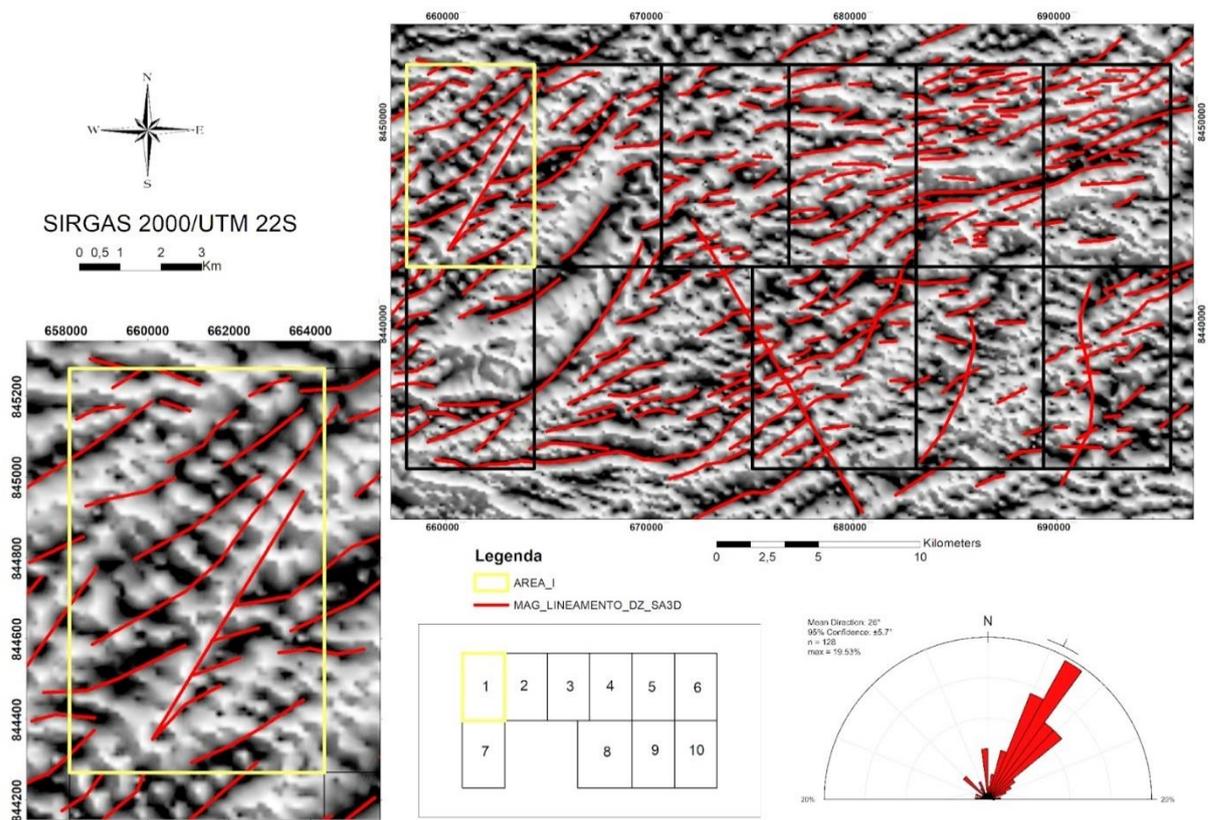


Figura 3.14: Mapa Magnetométrico da Primeira Derivada do Projeto Mara Rosa e área I.

3.3.5.2- Gamaespectrometria

A interpretação gamaespectrométrica baseou-se na parte oeste, delimitação de domínios da área do projeto. O mapa de domínios regionais foi realizado a partir da composição ternária RGB, sendo delimitado, no total, de 24 domínios, sendo, 6 destes domínios localizados na parte oeste, área I (Tabela 3.3). Para estas zonas considerou-se a variação da concentração de radioelementos (K, eTh, eU) e, por consequência, configuram diferentes tonalidades (Figura 3.15). Na área I, com maior detalhamento da composição RGB, os domínios (1, 2, 3, 4, 5, 6), foram subdivididos em 5 outros domínios (2a, 4a, 4b, 5a, 5b), utilizou-se a composição de tório, para auxiliar no maior detalhamento, seguindo os mesmos parâmetros para a descrição do mapa regional.

Tabela 3.2: Descrição dos domínios gamaespectrométricos do Projeto Mara Rosa - área 1.

Domínio	K	eTh	eU	Descrição
1	Médio	Alto	Alto	Domínio caracterizado por tons azul, ciano claro. Manchas irregulares, homogêneo. Pode estar associado a coberturas intempéricas.
2	Médio	Médio-Alto	Alto	Domínio caracterizado por tons de azul claro, segmento alongado NE-SW, homogêneo. Pode estar associado a coberturas intempéricas, no qual o K foi lixiviado. Os tons azulados refletem o enriquecimento do urânio, possivelmente nos micaxistos.
2a	Alto	Baixo	Baixo	Alta resposta em potássio, caracterizado por tons de vermelho.
3	Alto	Alto	Alto	Apresenta alta resposta dos três canais, destacando uma coloração esbranquiçada, segmento alongado NE-SW, heterogêneo. Este corpo pode estar associado a rochas metamórficas micáceas, quartzo feldspáticas, de acordo com a literatura.
4	Médio-alto	Alto	Médio-alto	Domínio caracterizado por tons de verde claro e azul, segmentos alongados NE-SW, heterogêneo. No canal do tório apresenta uma alta resposta. Essa faixa pode representar gnaisses.
4a	Médio-Alto	Alto	Baixo	Apresenta uma resposta no canal do tório, caracterizado por tons verdes, homogêneo, possivelmente corpos de granito
4b	Médio-baixo	Alto	Médio-Alto	Proporção aproximadamente equivalente entre os canais do tório e urânio, homogêneo, espesso e alongado.
5	Alto	Médio-alto	Médio-Alto	Predomina na resposta do canal do potássio, caracterizado pela coloração rosada. E na porção mais ao nordeste, há um aumento na resposta do tório, caracterizado pela coloração mais amarelada.
5a	Alto	Alto	Alto	Equivalência aproximante alta para os três canais, caracterizado por tons esbranquiçados. Na porção mais NW, apresenta uma baixa resposta do canal urânio.
5b	Alto	Médio-alto	Médio-baixo	Equivalência aproximada nos canais do potássio e tório, homogêneos, possivelmente zonas com biotita-muscovita-quartzo
6	Alto	Alto	Alto-Médio	Predomínio com alta resposta no canal do tório, caracterizado pela coloração ciano clara, extensa faixa NE-SW, heterogênea. Nas drenagens é observado um alto nos três canais devido a lixiviação de regiões mais altas ricas em potássio. Essa faixa pode representar os metassedimentos, e coberturas intempéricas.

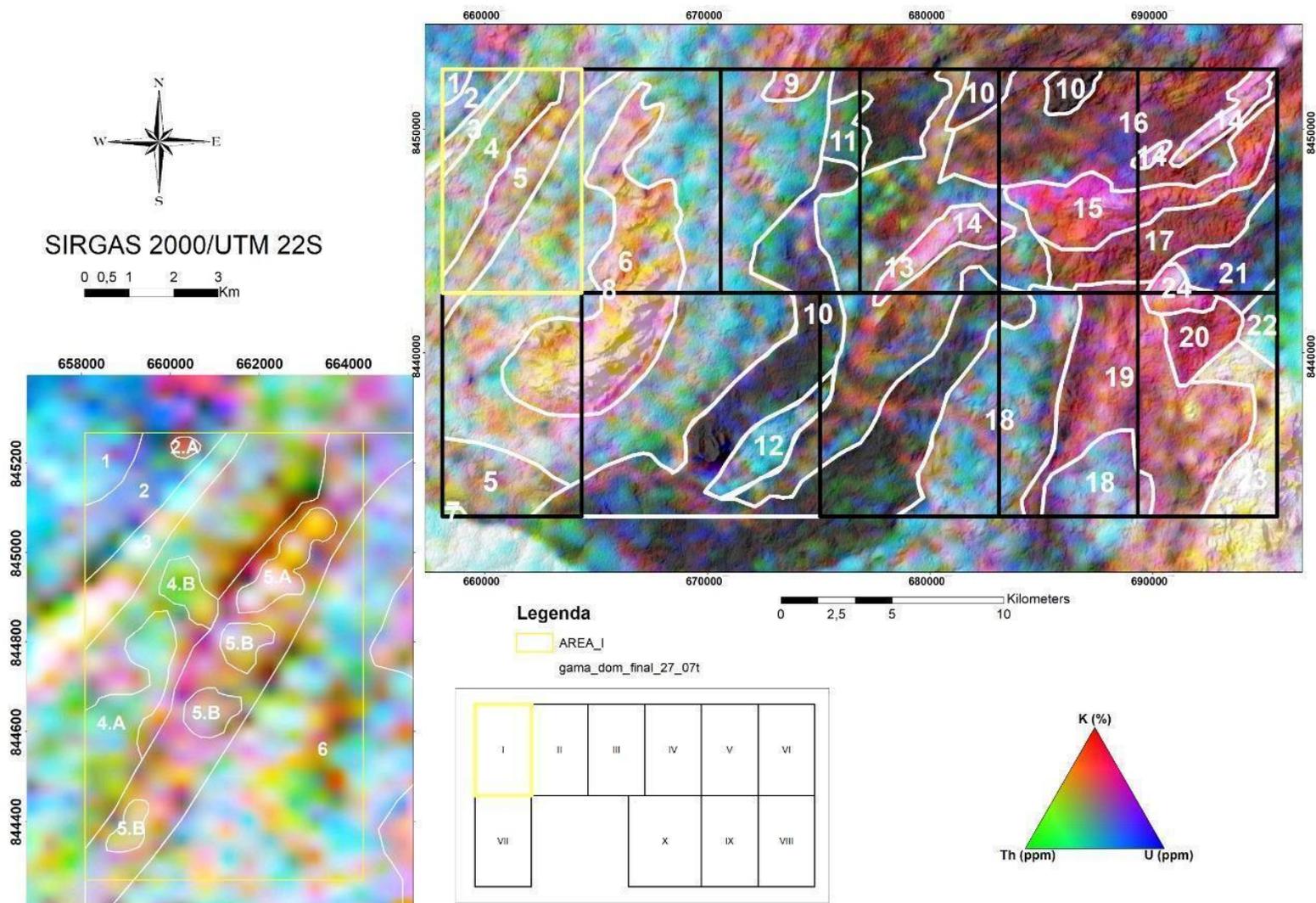


Figura 3.15: Mapa da composição ternária RGB do Projeto Mara Rosa e da área I, com seus respectivos domínios.

4-GEOLOGIA DO PROJETO MARA ROSA

O mapeamento geológico realizado no âmbito do Projeto Mara Rosa, em escala 1:25.000, permitiu reconhecer diferentes unidades geológicas, definidas com base em critérios petrográficos, deformacionais, metamórficos e geocronológicos (Figura 4.1). A área mapeada, composta por 11 áreas, afloram unidades litoestratigráficas pertencentes ao Arco Magmático Campinorte, representativo do embasamento paleoproterozoico, (Della Giustina *et al.*, 2009), ao Arco Magmático Goiás, de idade neoproterozoica (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel *et al.* 1997, 2000), e ao Grupo Serra da Mesa, também de idade neoproterozoica (Cordeiro *et al.*, 2014). O contato entre o Arco Magmático Campinorte e o Arco Magmático Goiás é marcado pela zona de falhas de empurrão Rio dos Bois, enquanto o Grupo Serra da Mesa ocorre sobreposto ao Arco Magmático Campinorte.

4.1-Arco Magmático Campinorte

O Arco Magmático Campinorte aflora, de forma restrita, dentro dos limites da área X. É representado por uma faixa alongada e encurvada, limitada pela falha de empurrão Rio dos Bois, com direção variando de N-S a NE-SW e corresponde a 4% do total mapeado pelo projeto.

Apresenta relevo associado a uma superfície regional de aplainamento, com ocorrência de um platô laterítico em seu extremo leste, além de relevo de morros e colinas, caracterizando uma porção mais acidentada nas proximidades da porção recoberta pelo Grupo Serra da Mesa. Já sua assinatura gamaespectrométrica é bastante variada, sendo predominantemente rosa esverdeada na composição RGB ternária (K, eTh e eU), com domínios branco-amarelados subordinados, associados às rochas intrusivas pré-tectônicas, e um domínio verde azulado a leste, associado à cobertura laterítica.

Esta unidade é composta por rochas metavulcânicas félsicas e metassedimentares psamo-pelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Campinorte (PP2c1 e PP2c2), de idade riaciana (Della Giustina *et al.*, 2009), com metamorfismo geral em fácies xisto verde. Em meio à Sequência Metavulcanossedimentar Campinorte, encontram-se granito e tonalitos miloníticos a ultramiloníticos da Suíte Pau de Mel (PP2γ1pm), também de idade riaciana (Della Giustina *et al.*, 2009), e ocorrência de granulitos do Complexo Uruaçu (PP2gu) (Cordeiro, 2014), exumados na forma de um complexo de núcleo metamórfico.

4.2-Arco Magmático Mara Rosa

O Arco Magmático Goiás (Segmento Mara Rosa) é a principal unidade aflorante no âmbito do Projeto Mara Rosa, representado pela Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa (NP1mr), de idade toniana (Pimentel *et al.*, 2000), e a Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha (NP2stg), de idade criogeniana (Fuck *et al.*, 2006).

A Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa ocorre compartimentada nas subunidades metaultramáfica (NP μ mr), metavulcânica máfica (NP1mr1), metassedimentar psamo-pelítica (NP1mr2 e NP1mr3) e metassedimentar química (NP1mr4), sendo englobada por um conjunto volumoso de ortognaisses dioríticos a tonalíticos indiferenciados (NP3 γ 2mr) e o ortogneisse diorítico Amarolândia (NP3 γ 2am) (Melo, 2006). Neste contexto, é descrita também uma diversidade de produtos de alteração hidrotermal, agrupados em associações mineralógicas diagnósticas, incluindo rochas calssilicáticas (NP3ep) e rochas aluminosas (NP3cn). Já a Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha é representada pelas unidades metamáfica-ultramáfica (NP2stg1), metassedimentar psamo-pelítica (NP2stg2) e metassedimentar química (NPstg3), com ortognaisses tonalíticos associados (NP2 γ 1st). O contato entre ambas as sequências é marcado pela zona de falha transpressional Amaralina.

4.2.1-Unidade Metavulcanossedimentar Mara Rosa

A Unidade Metavulcanossedimentar é representada pela Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa, e corresponde a aproximadamente 24% da área total do projeto. Ocorre principalmente na porção central da área, estando presente nas áreas III, IV, V, VI, VIII, IX, X e XI, além de parte da região adjacente, mapeada pelo projeto de Mapeamento Geológico 2 - Mara Rosa. Esta unidade é estruturada na forma de corpos alongados, com orientação preferencial NE-SW e inflexões E-W, especialmente nas áreas IV, V, VI e XI. É englobada pelos Ortognaisses Mara Rosa e está delimitada pelas zonas de falha Rio dos Bois, a leste, onde se encontra com o embasamento paleoproterozoico, e Amaralina, a oeste, onde está em contato com a unidade metassedimentar.

Apresenta morfologia de relevo representada por regiões planas, tipicamente de superfície regional de aplainamento, com ocorrência local de relevo de morros e colinas. Já a assinatura gamaespectrométrica, na composição ternária RGB (K, eTh, eU), é marcada por tonalidades majoritariamente esverdeadas a azuladas escuras, chegando ao preto.

Localmente, apresentam tonalidades rosadas, especialmente ao norte, onde a alteração hidrotermal é mais intensa, indicando a grande variedade litológica desta unidade.

A sequência apresenta um conjunto extenso de rochas metavulcânicas e metassedimentares psamo-pelíticas, representadas por anfibolitos, paragneisses e xistos aluminosos. Subordinadamente, ocorrem rochas metassedimentares químicas, como gonditos, metacherts e formações ferríferas. Estas rochas encontram-se metamorfolizadas em condições de fácies xisto verde superior a anfibolito, com retrometamorfismo em fácies xisto verde inferior.

4.2.2-Unidade Metavulcanossedimentar Santa Terezinha

A ocorrência da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha no contexto do Projeto Mara Rosa evidencia uma porção com baixa contribuição vulcânica, sendo classificada como uma unidade predominantemente metassedimentar, metamorfolizada em fácies xisto verde a anfibolito. Estas rochas afloram na porção oeste da área de estudo, englobando as áreas I, II, III e VII, além de parte da região adjacente, mapeada pelo Projeto de Mapeamento Geológico 2 - Mara Rosa. Esta unidade é limitada, no Projeto Mara Rosa, pela zona de falha transpressional Amaralina à leste, de orientação NNE-SSW, se estendendo para oeste além dos limites do mapa. Sua geometria é regionalmente alongada de acordo com a tectônica brasileira, porém na escala mapeada, apresenta um formato relativamente regular, correspondendo a 20% do PMR.

Esta unidade apresenta relevo associado a uma superfície regional de aplainamento, com ocorrência de coberturas lateríticas em suas porções nordeste e sul, além de relevos de morros e colinas, mais acidentados, em meio à região onde ocorre o Plúton Faina. A gamaespectrometria deste domínio apresenta uma tonalidade predominantemente azulada na composição RGB (K, eTh e eU), onde afloram as rochas metassedimentares, com uma grande área branca em sua porção central, indicativa da presença do Plúton Faina. Podem ser vistas também faixas menores, com orientação NE-SW, em seu extremo nordeste, onde a assinatura passa a ter colorações variadas, em tons de branco e roxo.

Abrange rochas máfico-ultramáficas e rochas metassedimentares, incluindo xisto aluminosos e paragneisses, com lentes de gonditos e formações ferríferas. Em meio ao domínio principal, encontram-se rochas intrusivas tardia pós-tectônicas, como o Plúton Faina. Vale notar que uma parte da unidade metassedimentar é encontrada, com contato irregular, na porção central do Plúton Faina, sendo interpretada como um *roof pendant*, resultante da ascensão e erosão do corpo intrusivo.

4.2.3-Rochas Intrusivas Pré a Sin-tectônicas

No contexto do Projeto Mara Rosa, aflora uma diversidade de rochas metaplutônicas de caráter pré a sin-tectônico, intituladas como Ortognaisses Mara Rosa, quando associadas à Unidade Metavulcanossedimentar, e Ortognaisses Santa Terezinha, quando associadas à Unidade Metassedimentar.

Os Ortognaisses Mara Rosa afloram de duas formas na área de estudo, incluindo uma larga faixa NE-SW entre as unidades da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa e, localmente, na porção sudeste, ocorre em corpos individualizados e envoltos pelas rochas da unidade metavulcanossedimentar, onde é definido como Ortognaisse Amarolândia, de composição predominantemente diorítica. Os Ortognaisses Mara Rosa indiferenciados compreendem cerca de 21% da área total do projeto, com afloramentos nas áreas III, IV, V, VI, VIII, IX e XI, enquanto o Ortognaisse Amarolândia é restrito às áreas VIII, IX e X, representando 5% do total mapeado. As rochas desta unidade ocorrem em áreas planas, tipicamente de superfície regional de aplainamento. Sua assinatura gamaespectrométrica apresenta tonalidades predominantemente rosadas para os Ortognaisses Indiferenciados, enquanto Amarolândia possui resposta em tonalidade azul bem definida. São compostos majoritariamente por corpos dioríticos, quartzo-dioríticos e tonalíticos, com variação composicional discreta e recorrente, de forma que não foi realizada sua diferenciação na escala mapeada pelo projeto. Apenas os corpos relativos ao Ortognaisse Amarolândia, de composição diorítica com fácies tonalítica subordinada, foram delimitados na escala do mapa, tendo em vista sua relação espacial e assinatura geofísica características com relação às rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa.

Já os Ortognaisses Santa Terezinha afloram localmente na porção noroeste do PMR, nas áreas I e II, formando corpos alongados de direção NE-SW que representam menos de 1% do projeto. Estas rochas afloram entre as unidades metassedimentar e máfico-ultramáfica da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, tendo composição predominantemente tonalítica.

4.2.4 Unidade de Alteração Hidrotermal

O Arco Magmático Mara Rosa apresenta, ainda, uma associação importante de produtos de alteração hidrotermal. Estas rochas afloram nas áreas IV, V, VI e VIII, compreendendo 11% do Projeto Mara Rosa, e se associam a zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis, dispostas preferencialmente segundo a direção NE-SW, com inflexões E-W. Dentro desses corredores deformacionais, ocorre uma grande diversidade de rochas intensamente

deformadas e alteradas hidrotermalmente, onde se destacam avançadas reações de epidotização, saussuritização, sericitização, cloritização, biotitização, muscovitização e sulfetação, de forma que seus protólitos nem sempre podem ser identificados.

As rochas hidrotermais aluminosas, quando ricas em cianita, se destacam em meio ao relevo aplainado, associadas a altos topográficos, tipicamente em relevo de morros e colinas, com ênfase para Serra de Bom Jesus, localizada entre as áreas V e VI. Já as demais associações não possuem feições diferenciadas em meio ao relevo geral da região. A assinatura gamaespectrométrica do domínio hidrotermal apresenta resposta distinta em tonalidades esbranquiçadas, com tonalidades levemente rosadas na porção central dos corpos, caracterizando a associação de rochas calcissilicáticas.

Esta unidade é subdividida de acordo com suas associações minerais, sendo: rochas aluminosas (cianita-muscovita-quartzo-pirita) e rochas calcissilicáticas (epidoto-quartzo-clorita e epidoto-quartzo-hornblenda).

4.3-Grupo Serra da Mesa

Na porção extremo sudeste do Projeto Mara Rosa, no contexto da área X, aflora um pacote de rochas metassedimentares psamo-pelíticas pertencentes ao Grupo Serra da Mesa (NP3smb e NP3smbq), de provável idade criogeniana (Cordeiro *et al.*, 2014). O Grupo Serra da Mesa possui intensa expressão na topografia, estabelecendo um relevo de morros e colinas, com destaque para a Serra Amaro Leite. Estes altos topográficos associam-se especialmente aos quartzitos, contrastantes com a superfície de aplainamento adjacente. Já sua assinatura gamaespectrométrica varia em tons azulados a esbranquiçados, de acordo com a variação litológica observada.

Esta unidade é representada por muscovita xistos e quartzitos, sobrepostos às rochas do embasamento paleoproterozoico (Sequência Metavulcanossedimentar Campinorte). Seus limites são de natureza deposicional, estabelecidos por uma discordância, e conferindo-lhe uma geometria irregular. Representa menos de 1% da área total do projeto.

4.4-Rochas Intrusivas Tardi a Pós-tectônicas

As unidades descritas acima são cortadas por um conjunto de rochas intrusivas, pouco ou não deformadas, representadas pelo Plúton Faina (NP3γ3f), Leucogranitos Bom Jesus (NP3γ31) e um corpo de rochas Metaplutônicas Máficas (NP3γ3m).

O Plúton Faina ocorre na porção oeste das áreas mapeadas e abrange as áreas I, II, III e VII, além de parte da região adjacente, mapeada pelo Projeto de Mapeamento Geológico 2 - Mara Rosa, correspondendo a 11% da cobertura total do projeto. Está intrudido na

Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, tendo, em sua porção central, um enclave de mesma natureza de suas rochas encaixantes, interpretado como um *roof pendant*. Possui geometria sigmoidal, alongada em NE-SW. Seu relevo está associado principalmente a morros e colinas, em meio a uma superfície regional de aplainamento, enquanto sua assinatura gamaespectrométrica é predominantemente esbranquiçada com tonalidades amareladas disseminadas e tons rosados nas bordas.

Em contraste com o Plúton Faina, os Leucogranitos Bom Jesus são uma série de intrusões com poucos quilômetros de extensão, aflorando nas áreas V, VI, IX e X. Correspondem a 3% da área do Projeto Mara Rosa. Intrudem as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa e Ortognaisses Mara Rosa, com geometrias condicionadas pela deformação imposta ao Arco Magmático Mara Rosa, com alongação preferencial NE-SW, eventualmente infletidas em uma direção E-W. Possuem pouca expressão no relevo, formando pequenos morros em meio à superfície regional de aplainamento, sendo, por vezes, englobados nesta classificação. Por fim, sua assinatura gamaespectrométrica é vista tipicamente na cor branca.

O Plúton Faina foi compartimentado em fácies granítica e fácies granodiorítica/tonalítica, com foliação milonítica desenvolvida ao longo de toda a sua extensão. Já os Leucogranitos Bom Jesus se caracterizam por sua deformação mais desenvolvida e grau metamórfico chegando à fácies xisto verde, além de possuir uma assembleia exclusivamente granítica, enquanto as rochas Metaplutônicas Máficas são constituídas por metagabros e metahornblenditos, pouco deformados.

5-GEOLOGIA DA ÁREA I

As unidades litoestratigráficas cartografadas na área I, correspondem às rochas metassedimentares e aos paragnaisses da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, aos granitos e tonalitos da Suíte Faina (Figura 5.1). As fichas petrográficas se encontram no Apêndice (Anexo 1).

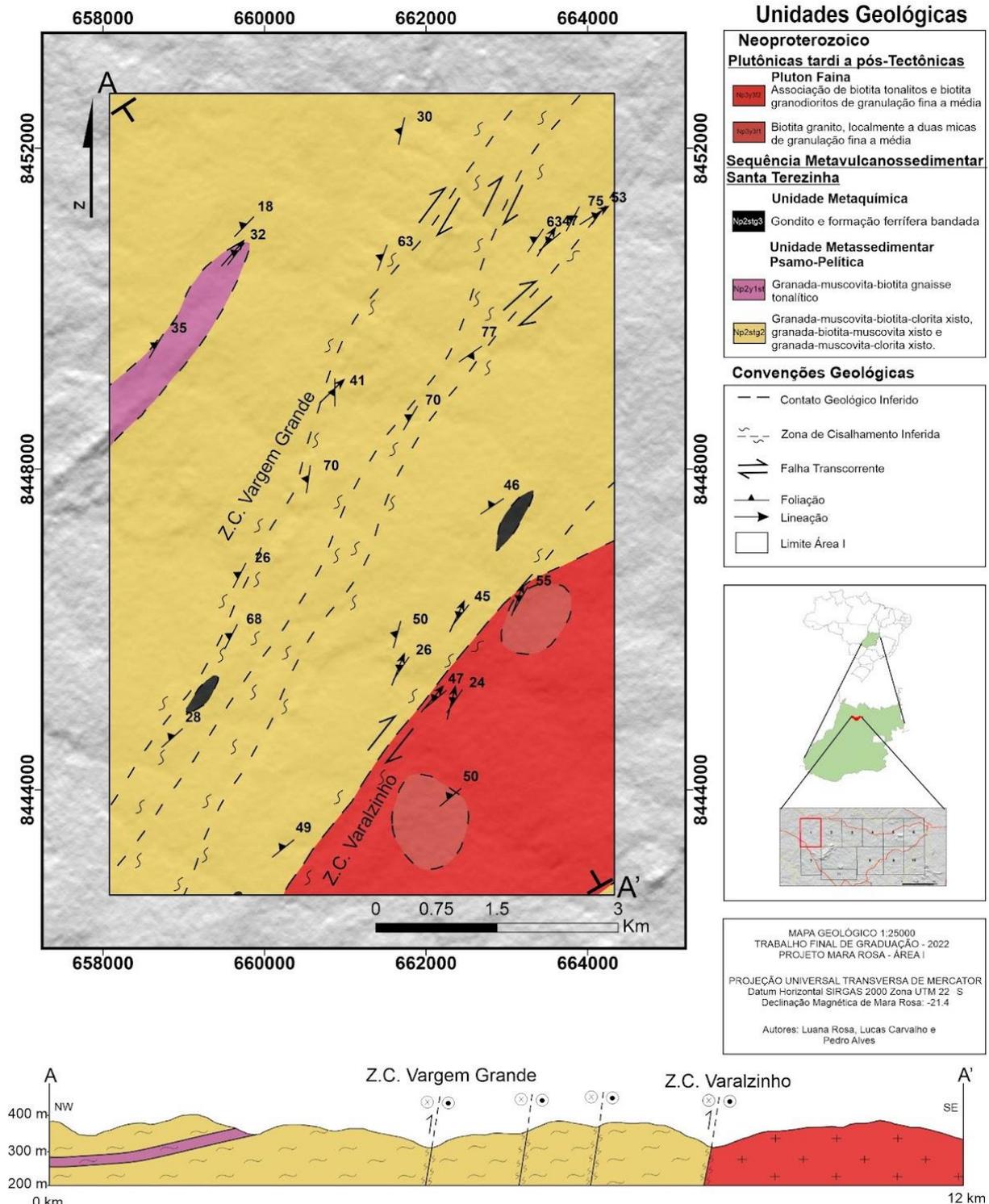
5.1- Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha

A Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha é formada por rochas supracrustais do Meso-Neoproterozóico, como uma extensa faixa de direção NNE-SSW, e intrudidas por rochas da Suíte Faina, na porção leste da área I. São cartografadas as comuns intercalações entre rochas metassedimentares siliciclásticas (paragnaisses, xistos e quartzitos), e químicas (gonditos e formações ferríferas bandadas).

A Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha é a mais extensa e ocorre no extremo oeste e centro da área I, correspondendo a cerca de 70% da área cartografada (Figura 5.2). Os contatos com a Suíte Faina têm caráter intrusivo de natureza tardio a pós-tectônica. A unidade Santa Terezinha se encontra nos baixos e altos topográficos, em relevo plano e fortemente ondulado. Os afloramentos são, comumente, pouco a fortemente intemperizados, em forma de blocos e lajedos. Os principais litotipos aflorantes são paragnaisses, muscovita-quartzo-xistos, granada-muscovita-xisto, clorita xistos, quartzitos e gonditos. A intercalação de dimensão centimétrica a métrica entre essas rochas dificultou a sua separação cartográfica, sendo possível representar separadamente, apenas, os paragnaisses.

A delimitação desta unidade litoestratigráfica é baseada no mapeamento de campo, associado com as interpretações realizadas na etapa pré-campo, ou seja, a aerogeofísica e feições de quebra de relevo por sensoriamento remoto. As assinaturas gamaespectrométricos consistem em: i) altos U, Th e K, possivelmente, associado ao domínio dos paragnaisses ricos em mica (biotita+muscovita); ii) os baixos U, Th e K, provavelmente, representa os extensos veios de quartzo encontrados na área; iii) altos U e Th, em proporção equivalente, às coberturas lateríticas; iv) respostas heterogêneas causadas pelas intercalações entre os diferentes xistos (Figura 4.1).

MAPA GEOLÓGICO - ÁREA I PROJETO MARA ROSA - GO



5.1.1- Biotita-Quartzo Gnaisse

Os paragnaisse ocorrem em uma estreita faixa alongada com direção NE-SW, no oeste da área. Os afloramentos têm uma variação na coloração de cinza escuro a claro e ocorrem sob a forma de lajedos e blocos soltos de dimensões centimétricas a métricas parcialmente intemperizados (Figura 5.2-A) e comumente intercalados com xistos. As rochas têm bandamentos milimétricos a centimétricos (Figura 5.2-B), com alternância entre domínios quartzo-feldspáticos granoblásticos e micáceos lepidoblásticos, granulção varia



Figura 5.2- A) Afloramento em lajedado parcialmente intemperizado. (P119: 659653; 8450680); B) Bandamento gnáissico centimétrico a milimétrico (P106: 659810; 8450787); C) Amostra do paragnaisse, coloração cinza clara e granulometria fina e o veio milimétrico de quartzo cortando. (P119:659810; 8450787);

de média a fina e comumente os afloramentos são cortados por veios centimétricos de quartzo (Figura 5.2-C). A mineralogia é formada por quartzo, biotita e muscovita. O protólito mais comum corresponde provavelmente às rochas siliciclásticas aluminosas.

Em escala microscópica, este litotipo é formado por 35-38% de quartzo, 15-18% de microclínio, 12-15% de plagioclásio (An=20), 20-25% de biotita, 8-10% de muscovita, <1% de apatita, <1% de titanita e <1% de zircão. A textura da rocha é predominante granolepidoblástica equigranular (Figura 5.3-A), formada por quartzo, plagioclásio e microclínio, com o quartzo sendo a fase mineral dominante, variam de finos a médios (0,2-1,2 mm), são recristalizados e exibem extinção ondulante e contatos poligonais (Figura 5.3-C). Os cristais de feldspatos estão achatados e estirados, o K-feldspato (microclínio) apresenta plano de geminação composto do tipo albita-periclina, enquanto os plagioclásios apresentam geminação regular do tipo polissintética descontínuos e estão, comumente, saussuritizados (Figura 5.3-B). As micas (biotita e muscovita) formam lamelas em arranjo

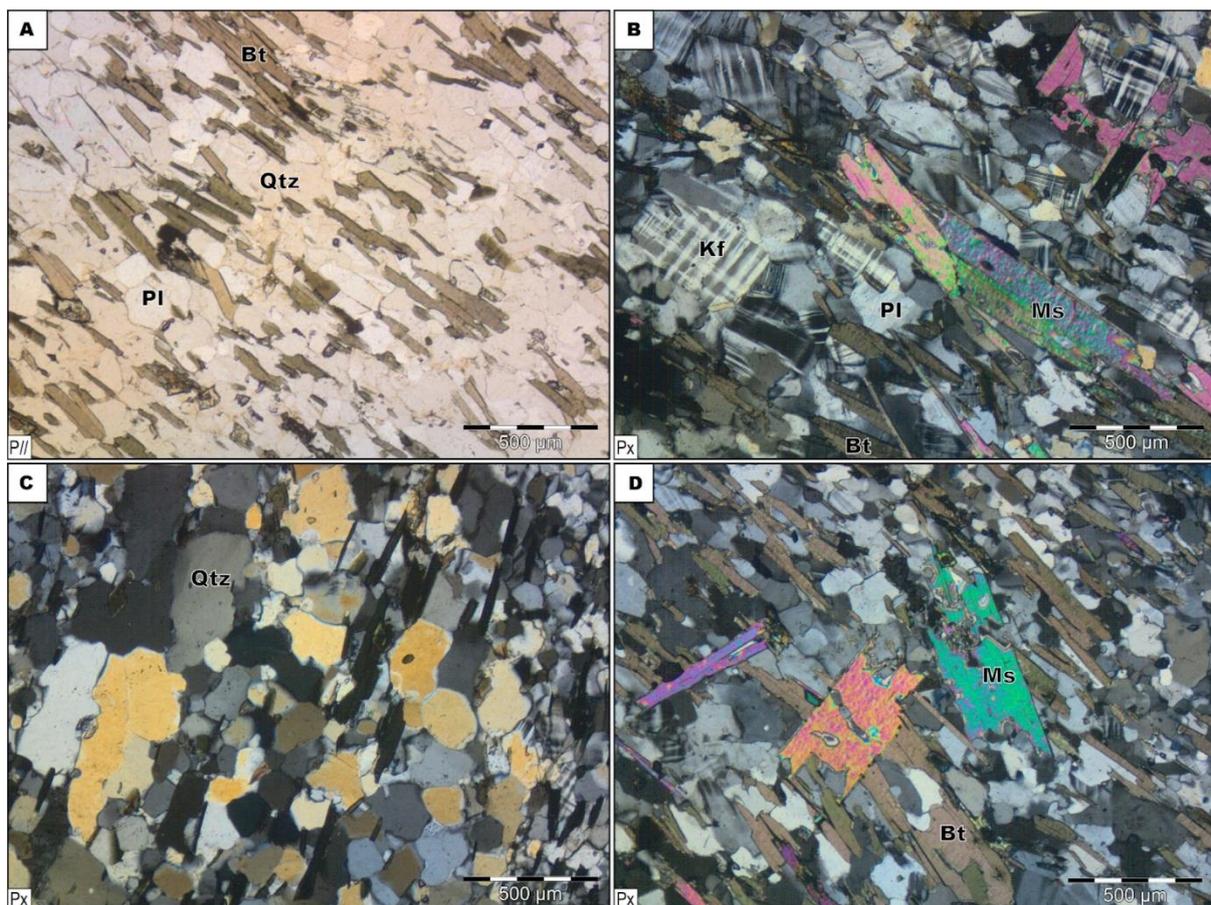


Figura 5.3: A) Textura granolepidoblástica, ressaltado pela orientação preferencial da biotita, em intercalação com os subgrãos de quartzo e plagioclásio. B) Os contatos entre os sub-grãos de plagioclásio e K-F. C) Contatos poligonais dos quartzos. D) A muscovita perpendicular à foliação. Lâmina do ponto 119: 659810; 8450787).

lepidoblásticos e compõem a foliação em uma direção preferencial, com seus cristais cavalgando uns sobre os outros, com as biotitas parcialmente desestabilizadas para clorita. A essa fase mineral, associa-se uma segunda geração da muscovita pós-cinemática, a qual apresenta aspecto esquelético e está distribuída de forma perpendicular à foliação (Figura 5.3-D).

5.1.2 Muscovita-Xisto

Os Xistos são frequentes em quase toda a extensão da área I, abrangendo cerca de 60% da área cartografada, o principal litotipo é representado pelo muscovita-quartzo-xisto que possui coloração acinzentada, quando fresca e avermelhada devido ao alto grau de oxidação ou de alteração intempérica. Os afloramentos são de exposição a nível da superfície sob a forma de blocos métricos, fortemente intemperizados, podendo também ocorrer em drenagens. Exibem uma foliação penetrativa milimétrica, localmente, anastomosada, marcada pela orientação de seus constituintes minerais micáceos (Figura 5.4a-A). Apresenta intercalações entre domínios de quartzo de textura granoblásticos. A composição mineralógica é basicamente muscovita, e localmente apresenta bandas milimétricas esverdeadas, de clorita e comumente exibe magnetismo. As vênulas de quartzo decimétricas a milimétricas são regularmente concordantes e/ou oblíqua a foliação, na envoltória do muscovita-xisto e que indicam algum grau de segregação metamórfica (Figura 5.4a-A). Esses xistos, comumente se intercalam com quartzito ferruginoso (Figura 5.4 A-B). Localmente, em relevos mais altos, observa-se porfiroblastos de granada milimétricas a centimétricas (Figura 5.4a-C e D).

Ao microscópio, a muscovita-xisto, litotipo mais comum, é constituído por 58-60% de quartzo, 40-42% de muscovita, como minerais essenciais, e <1% de turmalina, como acessório e <1% de ilmenita de opacos. Apresenta uma textura lépido-granoblástica (Figura 5.4), constituída por quartzo finos recristalizados pela rotação de subgrãos, exibindo uma extinção ondulante (Figura 5.4 E-F). A muscovita forma lamelas, ora deformadas, que marcam a foliação anastomosada.

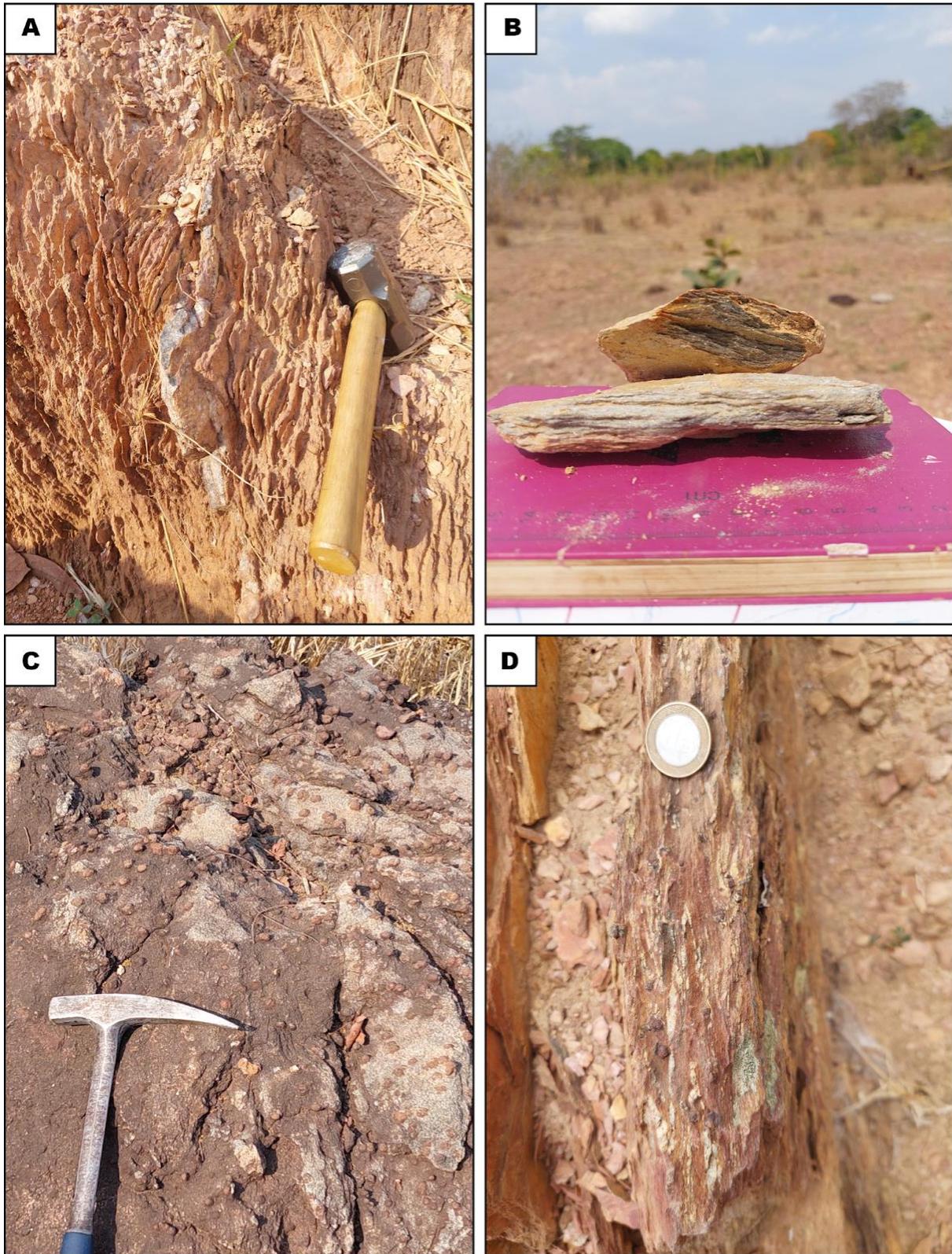


Figura 5.4 a- **A)** Afloramento em superfície parcialmente intemperizado, fortemente foliado com intercalações por vênulas de quartzo. (P66: 661426; 8450752); **B)** Amostra de quartzito ferruginoso com muscovita-xisto. (PC68: 662373; 8449594); **C)** Porfiroblastos de granada milimétricas a centimétricas. (P2: 664401; 8442714); **D)** Granada-quartzo-xisto, com foliação milonítica. (P30: 660946; 8445857).

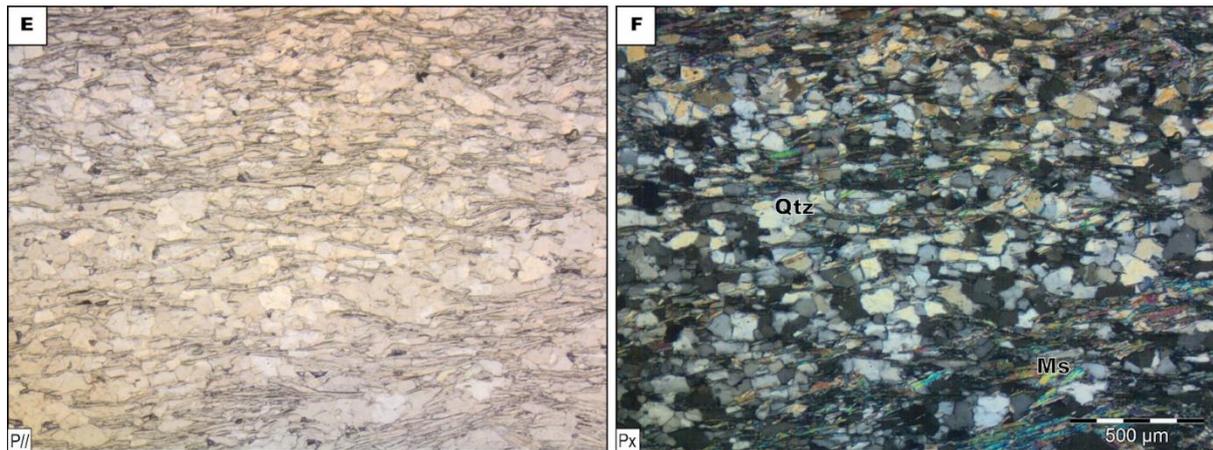


Figura 5.4b- E) Textura lépido-granoblástica, marcado pela foliação anastomosada pela direção preferencial da muscovita, intercalada com subgrãos de quartzo. F) Em nicóis cruzados, os grãos de quartzo deformados e levemente estirados. Lâmina do ponto 103: 662124; 8445122)

5.1.3- Quartzito

Os quartzitos afloram como blocos métricos ou exposições quilométricas em serras e morros e drenagens, ao centro e noroeste da área, respectivamente (Figura 5.5). Consistem em rochas de textura granoblástica e granulação variando de fina a grossa e apresentam pequenas porções de muscovita. Ao longo do córrego Sapé, uma extensão alinhada de quartzito em métrica, em orientação N40°E (Figura 5.5-A), fortemente fraturados, com coloração branca, grãos arredondados com aspecto sacaroidal, médios, exibindo uma foliação incipiente. Localmente, os quartzitos apresentam uma intensa percolação de fluidos associado às zonas de cisalhamentos, um processo de silificação (Figura 5.5-B).

Em escala microscópica, é constituído por 60-70% de quartzo, 30-35% muscovita como minerais essenciais e 2-5% de ilmenita de opacos. Apresenta um arranjo granolepidoblástica, constituído por uma fração quartzosa de granulometria média (0,8-1,2 mm), contatos poligonais, exibindo uma extinção fortemente ondulante e com aspectos de migração de borda e rotação de subgrão (Figura 5.5 C-D). A muscovita exibe um aspecto lepidoblástica, em uma direção preferencial que compõem uma foliação.

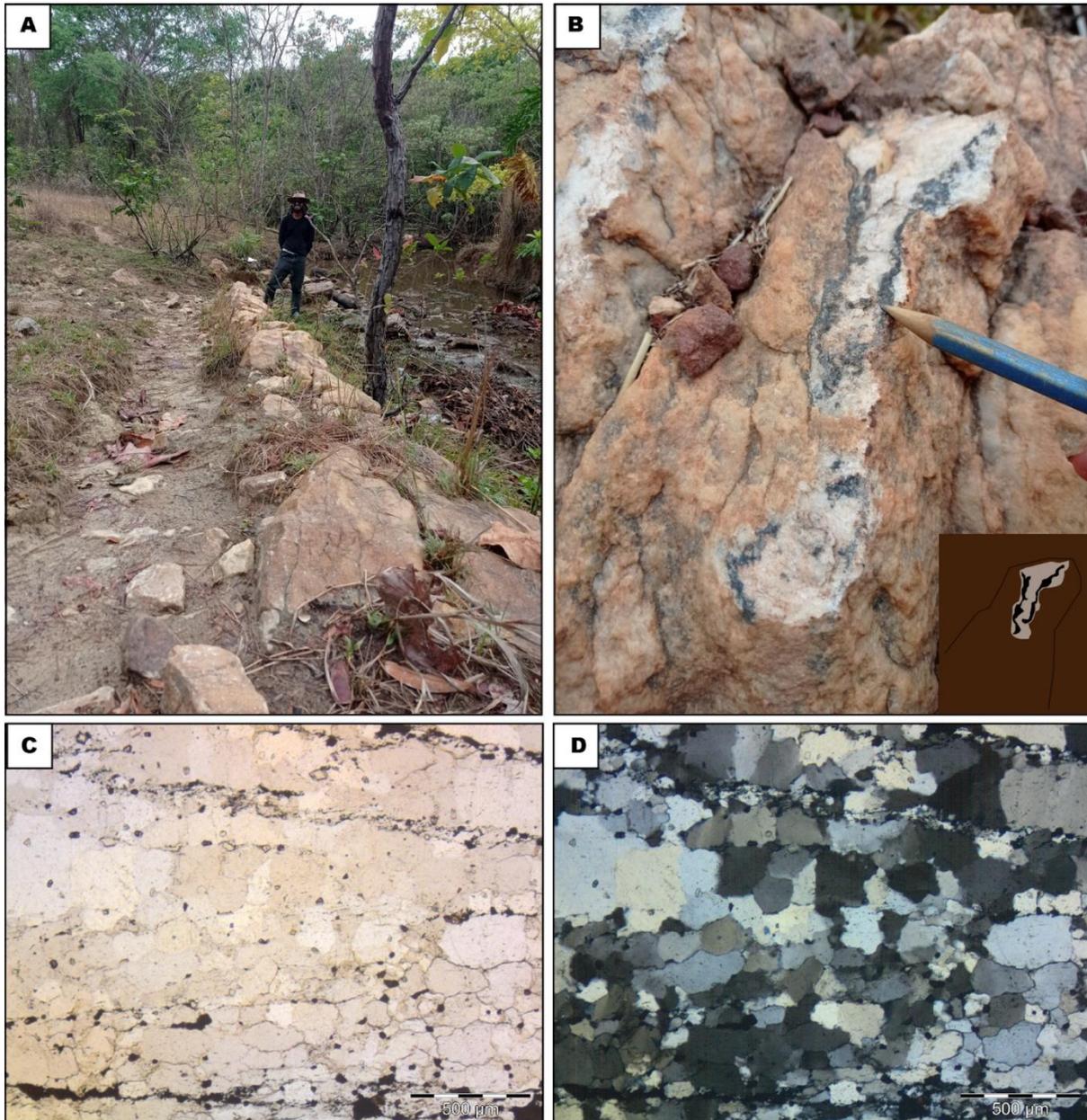


Figura 5.5: A) Veio de quartzo com ± 500 metros de largura e espessura centimétrica, no trend N40E. (P113: 660735; 8449647). B) Quartzitos com faixas ferruginosas (esquema). (P114: 660497; 8449866). C-D) Contatos poligonais de quartzo em nicóis paralelos e cruzados.

5.1.4- Clorita-Xisto

Este litotipo ocorre em formas de lentes na sequência metassedimentar de xistos, em direção NE/SW, comumente de coloração esverdeada de granulação fina. Os afloramentos estão em exposição como lajedos e blocos métricos ao nível de superfície e intemperizados (Figura 5.6-A). Exibem foliação milonítica penetrativa, localmente anastomosada e/ou crenulada, de dimensão milimétrica, marcada pela orientação dos seus constituintes minerais micáceos, localmente apresenta um forte magnetismo. A composição mineralógica é clorita, quartzo e muscovita como mineral acessório, de textura granolepidoblástica, caracterizado

pela direção preferencial das micas intercalados por agregados de quartzo levemente estirados.

Ao microscópio, os minerais presentes são 40-45% de clorita, 28-30% de quartzo, 18-20% de muscovita e <1% de granada, como minerais essenciais e <1% de turmalina e 2-3% de opacos (Ilmenita). Apresenta uma textura lepidogranoblástica ressaltada por frações micáceas constituída por clorita e muscovita, com predomínio da clorita em relação a muscovita, forma de lamelas, constituindo uma foliação anastomosada e localmente subédricos e aspectos fibrosos (Figura 5.6-C).



Figura 5.6: A) Afloramento de clorita-xisto, foliação de alto ângulo. (P137: 660320; 8447762); B) Amostra de clorita-xisto, esverdeada parcialmente intemperizada. (P50 659835; 8446743); C) Clorita com aspecto fibroso englobando os subgrãos de quartzo. D) Grão de granada óxidada. (Lâmina P 100:661780; 8445265).

Os subgrãos de quartzo (0,2-0,8 mm) compõem uma textura granoblástica, cristais anédricos de quartzos, estirados e com arranjo polinizado, recristalizado e com extinção ondulante. A granada ocorre em formas anedrais (0,8-1,0 mm) com aspecto esquelético, bastante alterada para oxi-hidróxido de ferro (Figura 5.6-D). A turmalina, como mineral acessório, formas euédricas e subédricas de coloração verde, associadas à trama micácea, caracterizando uma textura nematoblástica.

5.1.5- Gonditos

Os gonditos menos comuns, são encontrados nas porções centrais da área I. Os afloramentos são caracterizados por pequenos blocos centimétricos a métricos intemperizados (Figura 5.7-A), geralmente associado aos xistos siliciclásticos. Apresentam, um irregular e descontínuo bandamento, ressaltados por agregados microcristalinos de oxi-hidróxidos de Fe-Mn, intercalado com níveis irregulares de quartzo, com aspecto sacaroidal (Figura 5.7-B). Os produtos de alteração, uma mistura de oxi-hidróxidos de ferro e manganês de cor cinza escuro exibindo um hábito botriodral, com dureza baixa que normalmente sujam as mãos.

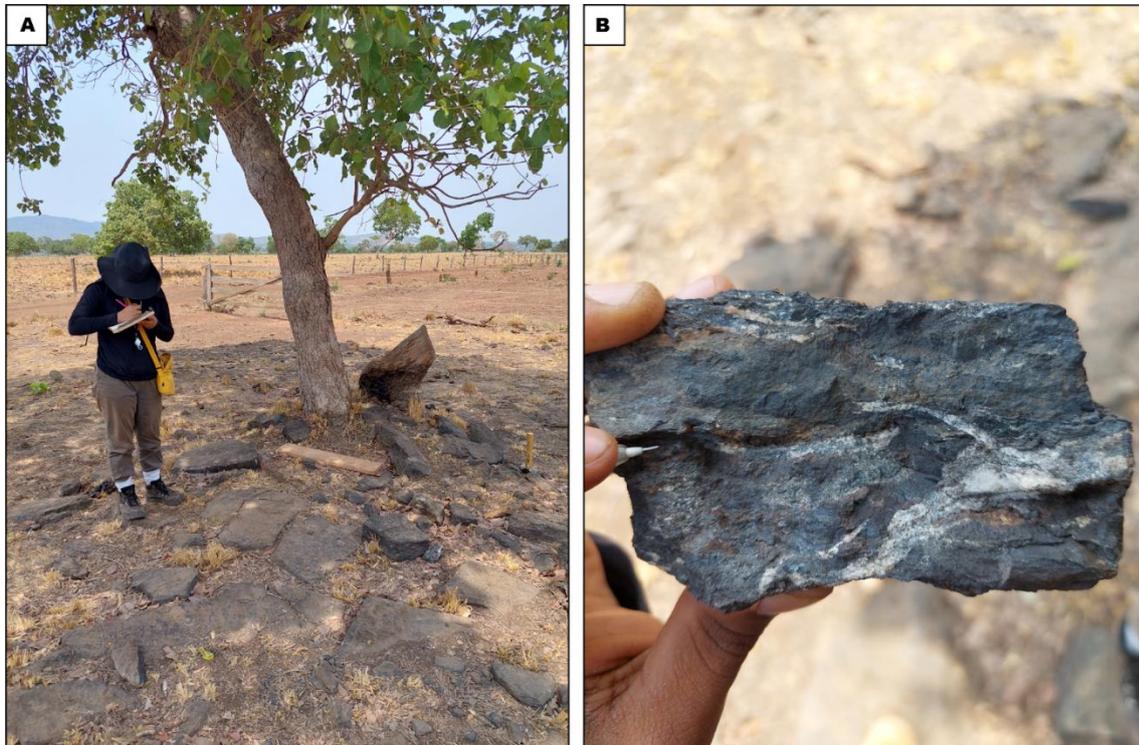


Figura 5.7a- A) Blocos de gonditos expostos a superfície. (P72: 662824; 8447527); B) Amostra de gondito de coloração cinza escuro, suja as mãos, e faixas mais brilhosas (óxidos de Mn-Fe. (P70: 663249; 8447533).

Na microscopia, a rocha é constituída por 48-50% óxido-hidróxido de Fe-Mn, 40-45% de quartzo e 5-8% de granada. A textura é granoblástica, ressaltada pelos grãos de quartzo (0,1 a 0,8 mm), com contatos polinizados, levemente deformados e extinção ondulante (Figura 5.8). A granada ocorre de forma subordinada, sob a forma de cristais anedrais disseminados, parcial a totalmente alterados por óxi-hidróxidos de Fe, desenhando um aspecto esqueletal. As porções compostas por mais óxi-hidróxidos de Fe-Mn, ocorrem nos interstícios da trama granoblástica quartzosa, como opacos, o que não é possível identificar quais são esses opacos (Figura 5.8).

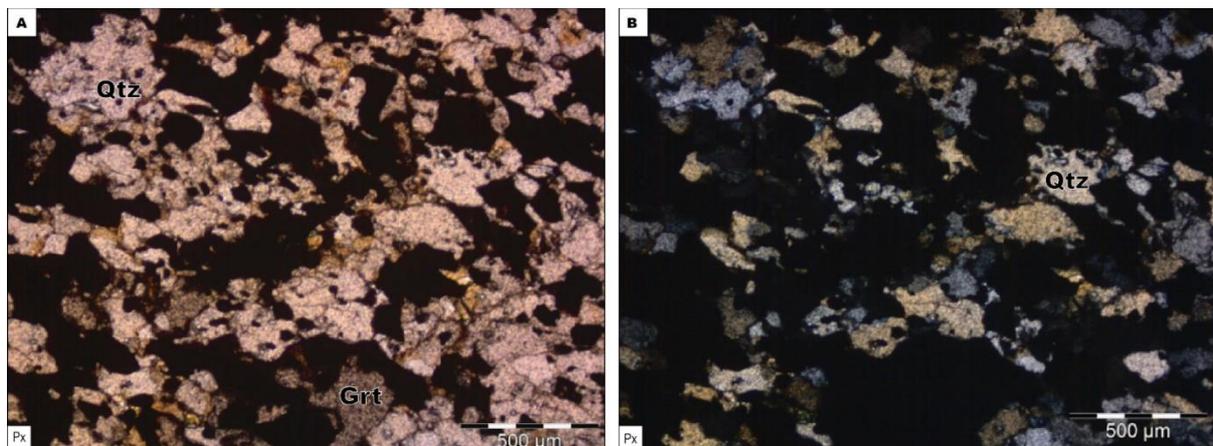


Figura 5.8- Textura granoblástica, com intercalações de óxidos. (Lâmina do mapeamento 2; MAP2_AIV_P22: 670361; 8437515).

5.2-Suíte Faina

A Suíte Faina agrupa os corpos de granitos, tonalitos e granodioritos a duas micas peraluminosos do Meso-Neoproterozóico, intrusivos na Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha. As rochas da Suíte Faina correspondem a cerca de 16% da área cartografada, ocorrendo essencialmente, na porção nordeste da mesma (Figura 5.1). Os corpos ígneos formam uma extensa intrusão, o qual constitui um relevo fortemente ondulado, a chamada Serra Faina. Os afloramentos formam grandes lajedos compondo a encosta e os topos da serra e, em menor proporção, blocos soltos parcialmente intemperizados, podendo também ocorrer ao longo das drenagens. Os principais litotipos aflorantes na área são granitos com variações locais para tonalitos e variedades leucocráticas.

O limite desta unidade litoestratigráfica é baseada nos dados de campo, informações topográficas por sensores remotos, como na quebra de relevo, e nas interpretações das imagens da aerogeofísica. No granito as assinaturas gamespectométricas correspondem: (i)

alto K, em porções isoladas, sugerindo mais quantidade de minerais potássicos, (ii) alto K e Th, típicas de granitos mais evoluídos; iii) alto U, associados a drenagens, onde são comuns os afloramentos de tonalitos; iv) alto U e Th, correspondem as coberturas lateríticas (Figura 4.1).

5.2.1- Biotita-Granito

Os granitos constituem o litotipo mais comum da área. Os afloramentos são caracterizados por lajedos ou blocos soltos parcialmente intemperizados (Figura 5.9-C). O relevo é fortemente ondulado, consistindo em serras com declives suaves a altos.

Os granitos têm índice de cor entre leucocrático a mesocrático, exibindo cor branca acinzentada, com arranjo textural anisotrópico ressaltado por uma foliação milonítica de alto ângulo marcada pela orientação dos seus constituintes minerais micáceos. A granulometria varia de média a grossa, composta por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, granada, biotita e muscovita. A textura granoblástica inequigranular, levemente deformada com os cristais de K-feldspato estirados (Figura 5.9-A). Veios de quartzo centimétricos e discordantes também são comumente encontrados nestas rochas.

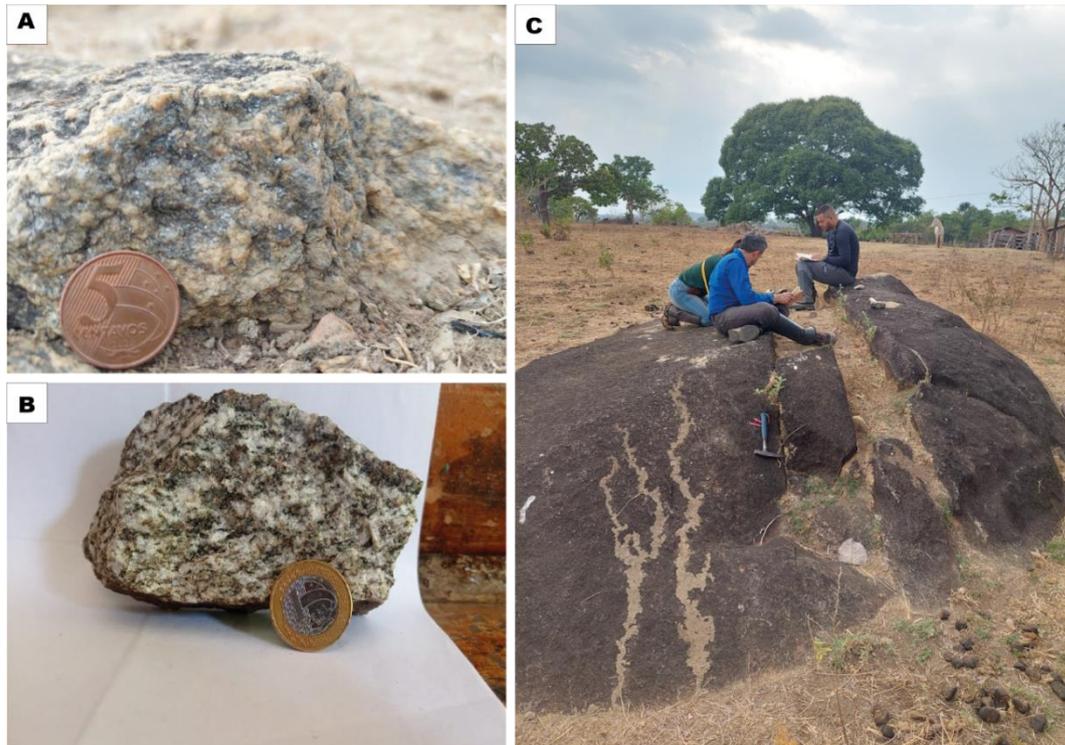


Figura 5.9: A) Granito com mineralogia, Qtz+Plg+KF+Bt, com foliação milonítica, coloração branco-acinzentada de granulometria grossa. (P24: 663180; 8446376). B) Rocha coloração acinzentada, com mais máficos, inequigranular, granulometria média. (P14- 664277; 8442942). D) Afloramento em lajedado (P24: 663180; 8446376).

Em escala microscópica, o granito é classificado como monzogranito, constituído por 22 a 28% de quartzo; 20 a 25% de microclínio; 15 a 20% de plagioclásio (An 30); 10 a 12% de biotita e muscovita e <1% granada como minerais essenciais e 10-15% de epidoto <1% de allanita; <1% zircão e <1% de apatita. A textura apresenta um arranjo predominantemente granoblástica inequigranular, ressaltada pelo tamanho variado dos constituintes minerais. Os quartzos, e a fase mineral dominante, granulação fina a média (0,2 a 1,2 mm), contatos poligonais e extinção fortemente ondulante. O Microclínio, se destaca pela geminação com posta albita-perioclinica, com seus planos de geminação descontínuos,

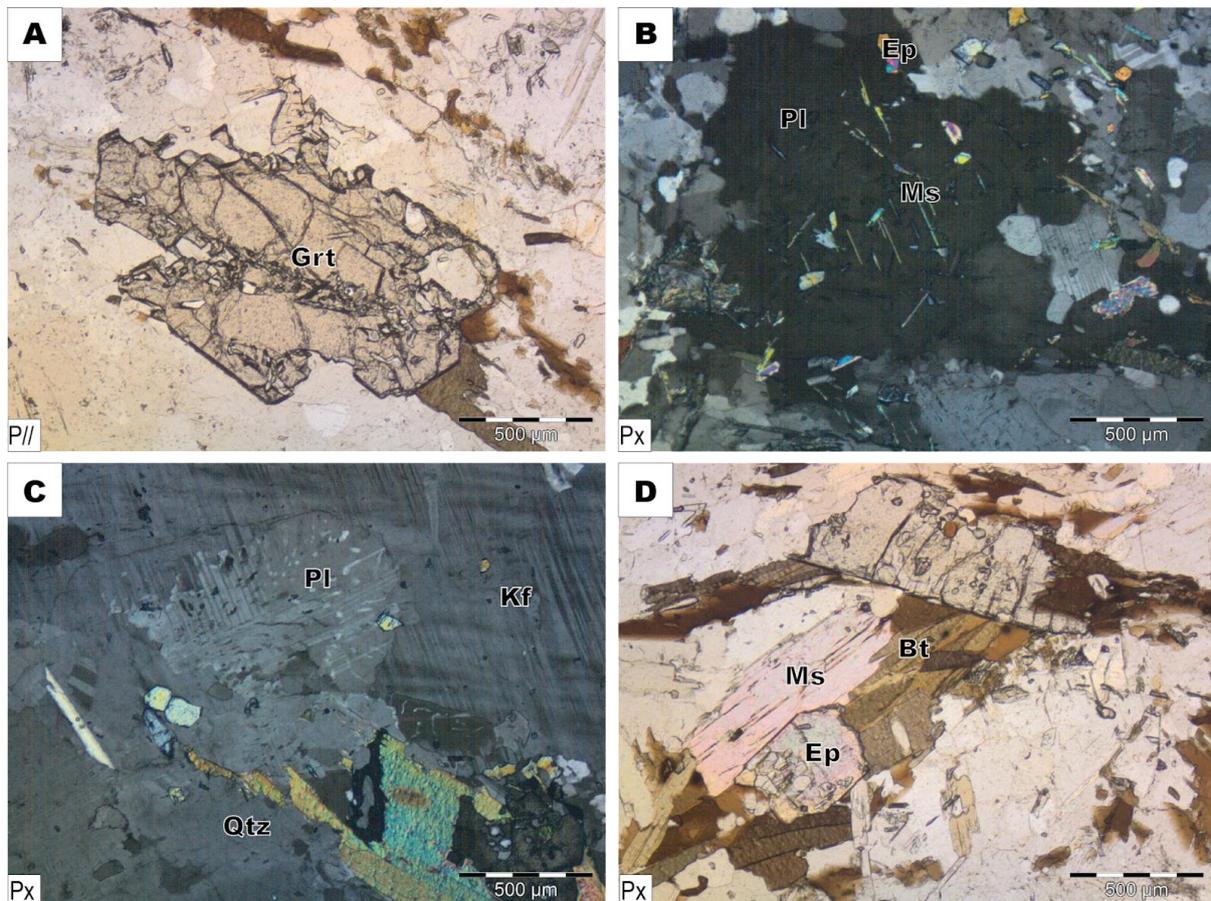


Figura 5.10: A) Porfiroblasto de granada; B) Plagioclásio, textura em retalho com micro inclusões de muscovita e epidoto. C) Textura em mimerquita dos plagioclásios, em contato com o quartzo e o K-F. D) A relação da biotita, muscovita e o epidoto. (Lâmina P14: 664277; 8442942).

apresentam arranjo em retalho, ressaltado por inclusões de plagioclásio e até de microclínio, com suas bordas em contato com o plagioclásio e o quartzo desenvolve-se como simplectitos ou mimerquita em forma de gotas (Figura 5.10-C). Os plagioclásios variam de 0,3-1,2 mm e Teor de An30, apresenta uma macla polissintética contínua e localmente descontínua, apresentam textura em retalho, saussuritizado. Os epidotos se mostram em duas gerações, a primeira é magmática com cristais euédricos subédricos, enquanto os outros são zonados, e

outros como produto de alteração hidrotermal (Figura 5.10-B). A granada, anedral (1,2-1,4 mm), se apresenta de forma subordinada, indica um caráter peraluminoso (Figura 5.10-A). As porções micáceas são constituídas pelo agregado de biotita e muscovita, com predomínio da biotita subédricas (Figura 5.10-D).

5.2.2- Tonalitos

Os tonalitos ocorrem em afloramentos comuns em drenagens, são mesocráticos, granulação varia de média a fina, com foliação marcada pela biotita, podendo variar de proto a ultra milonitizado. As texturas são granoblástica e inequigranular, enquanto a mineralogia é formada por plagioclásio, quartzo, biotita e muscovita.

Em escala microscópica, o tonalito é formado por 20-25% de quartzo, 40-45% de plagioclásios, 20-22% de Biotita e muscovita, 5-8% de epidoto, <1% de apatita, <1% de allanita, <1% titanita e <1% de zircão. O quartzo e os feldspatos formam a trama granoblástica, exibem tamanhos entre 0,5-10 mm. Os plagioclásios são subédricos exibindo ou não geminação polissintética irregular descontínua e desenvolvem textura de mimerquita em contato com grãos de quartzo e saussuritizados (Figura 5.11 c-d), se desenvolvem também na matriz como cristais finos (0,5-0,8 mm), exibindo bordas de formato lobular, indicando recristalização, e orientados segundo a foliação. Os quartzos são subédricos, com contatos poligonais, extinção fortemente ondulante (Figura 5.11-b). A fração micácea é constituída pelo agregado de biotita e muscovita, sendo a biotita mais dominante, apresenta formas subédricas e está disposta intersticialmente aos minerais (Figura 5.11-a). Os minerais do grupo do epidoto e muscovita se desenvolvem como cristais euédricos, como processo de alteração hidrotermal dos plagioclásios.

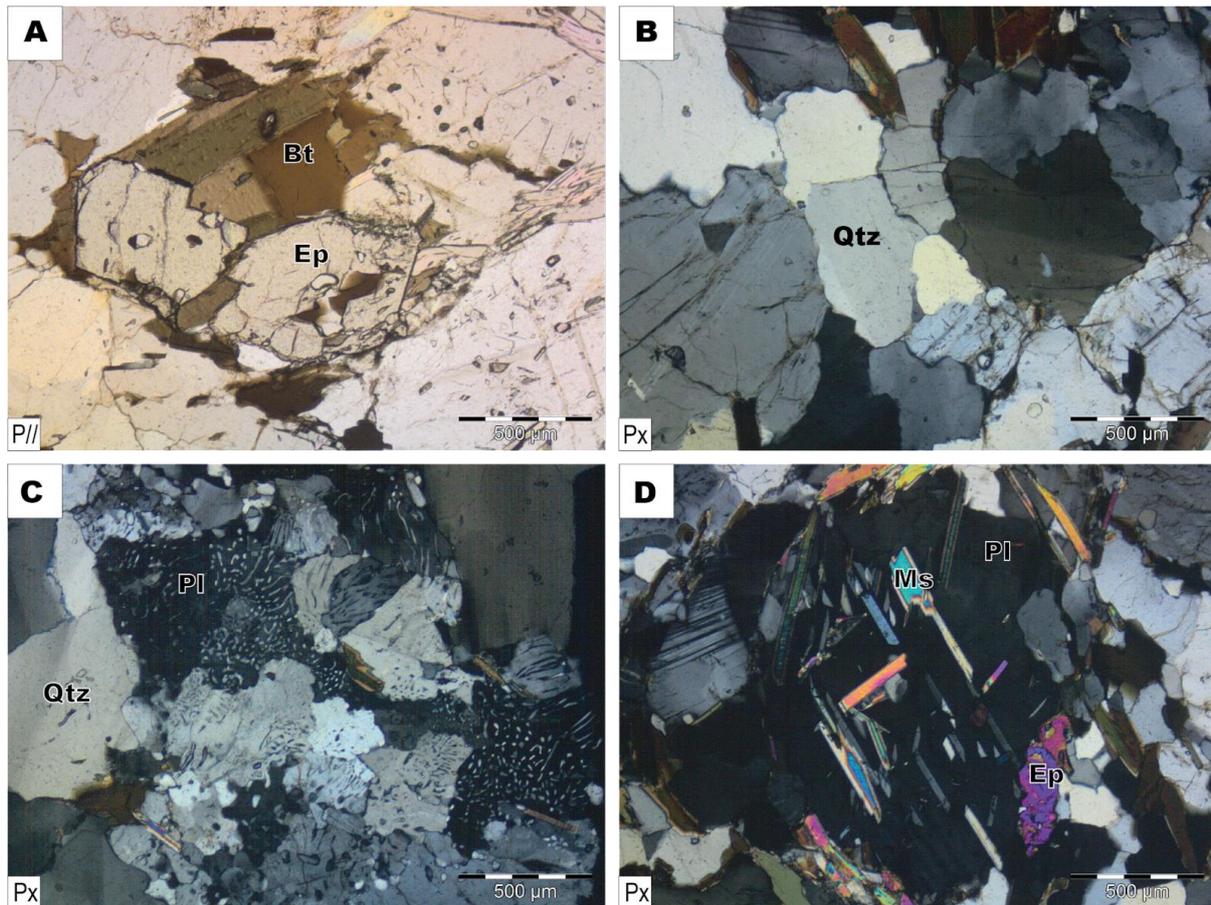


Figura 5.11: A) Relação da biotita e o epidoto de caráter magmático. B) Quartzo com contatos poligonais granoblásticos. C) Plagioclásios e a textura de mirmequita com contato com os subgrãos de quartzo. D) Plagioclásio, com textura em retalho com micro inclusões de muscovita e epidoto. (Amostra da área 2: TF22_II_24).

5.3- EVOLUÇÃO DO METAMORFISMO NA ÁREA I

As rochas descritas na seção 5.2 apresentam uma diversidade de metapelíticas dentre as rochas metamórficas pertencentes à Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha. A partir da análise microestrutural, é feita uma correlação entre o intercrescimento e paragênese mineral e as condições físico-químicas propostas nos litotipos encontrados na área I.

Apesar do intenso intemperismo da área, rochas metapelíticas formadas por uma paragênese de muscovita, quartzo, clorita e granada foram descritos na fase de campo. Estes fornecem funções de diagnóstico que permitem uma estimativa das condições de pressão e temperatura que atuam durante a deformação.

5.3.1- Metamorfismo de rochas metapelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha

A diversidade de xisto pertencentes a esta unidade é derivada do metamorfismo de protólitos pelíticos ricos em quartzo e argilominerais com granulometria menor que 2mm, com alguma contribuição subordinada de metapsamito. As principais associações minerais descritas são representadas por muscovita-quartzo-xisto e clorita-muscovita-granada-quartzo-xisto.

No contexto da área I, as paragêneses metamórficas sugerem um metamorfismo de fácies xisto verde baixo até anfíbolito. E a existência da granada na amostra caracterizada como granada-clorita xisto (ponto TF22_I_100), indica uma desestabilização da granada, substituída por clorita, uma reação de retrometamorfismo, e segundo Bucher and Grapes (2010), temperatura aproximadas da cristalização da granada, em torno de 520°C nas condições típicas de metamorfismo regional (Figura 3.12). No biotita-quartzo-gnaiss (ponto TF22_I_119) os cristais de plagioclásio junto com domínio quartzosos se mostram a recristalização de quartzo e plagioclásio na fácies anfíbolito, que também é responsável pelas bandas gnáissicas. O teor de anortita próximo An30, estando então contida no campo do oligoclásio, levando em consideração o ângulo de extinção pelo método Michael-Lévy.

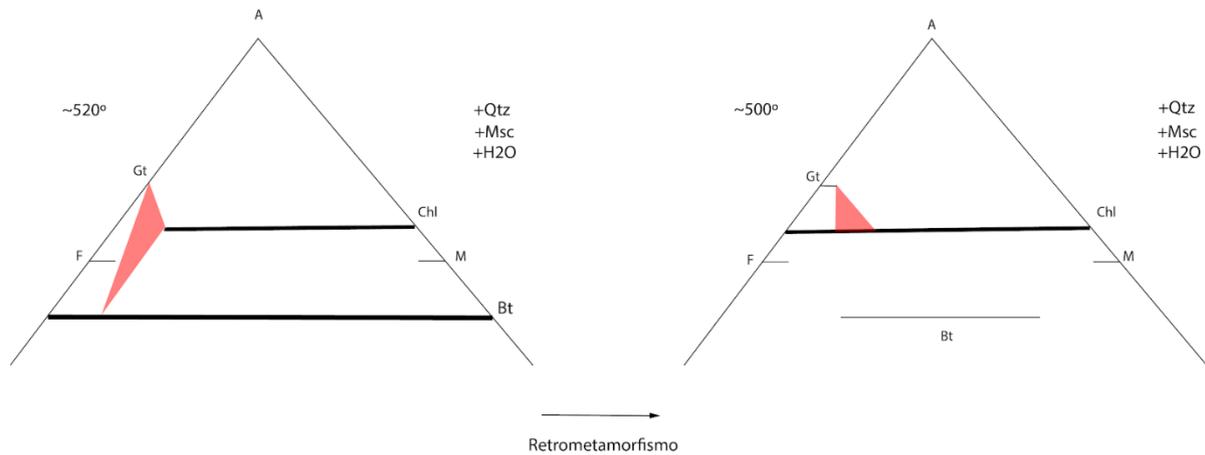


Figura 5.12: Diagramas correspondendo às condições de xisto verde para as rochas metapelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha. (Bucher and Grapes, 2010 modificado).

5.3.2- Suíte Intrusiva Tardi pós-tectônica

O Pluton Faina é caracterizado como um corpo plutônico pouco a não deformado de natureza pós-tectônica. A assembleia mineral de Bt+Msc+Ep+Grt indica um caráter cálcio-alcalino a peraluminoso e correspondem a fase mineral tipicamente granítica, com ponto de fusão elevado. O principal critério para inferir condições de metamorfismo corresponde às observações microestruturais entre os cristais. Desta forma, domínios quartzosos no biotita-granito (no ponto TF22_I_14) evidenciam rotação de subgrão, caracterizado por uma deformação de uma temperatura de 350° a 500° C. Durante sua ascensão, parte da energia é transferida para as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, sob novas condições de temperatura e pressão.

6-GEOLOGIA ESTRUTURAL DO PROJETO MARA ROSA

Esta seção tem como objetivo a apresentação e descrição dos domínios estruturais do Projeto Mara Rosa. Estes domínios foram delimitados de maneira integrada, tendo como base a análise dos dados estruturais coletados em campo, bem como a correlação deles com estruturas identificadas nos produtos derivados dos levantamentos aerogeofísicos e de sensoriamento remoto.

Quatro domínios estruturais foram definidos, sendo eles de oeste para leste: (I) Transbrasiliano, (II) Mara Rosa, (III) Bom Jesus e (IV) Campinorte (Figura 6.1). Para a individualização de tais domínios, levou-se em consideração essencialmente o padrão geométrico das estruturas planares e lineares mapeadas, assim como feições assimétricas.

Os estereogramas com as densidades das medidas de foliações e lineações coletadas em campo foram gerados utilizando a biblioteca *mplstereonet* na linguagem de programação Python (Kington, 2013). A projeção estereográfica utilizada foi a de Schmidt, que representa o hemisfério inferior da esfera e uma rede dividida em áreas iguais. O método de interpolação utilizado para os contornos de densidade foi o método exponencial de Kamb, que leva em conta a quantidade de desvios padrão (σ) de medidas aleatórias que poderiam variar do banco de dados, influenciando no tamanho dos círculos dos contornos (Vollmer, 1995). Dessa forma, quanto maior a quantidade de desvios padrão, mais suavizado e maiores as áreas dos contornos, sendo que a suavização escolhida para os estereogramas de pólos de foliação foi de 3σ e para os de lineação, de 2σ .

A descrição sintetizada de cada domínio é apresentada a seguir, levando em consideração suas especificidades próprias.

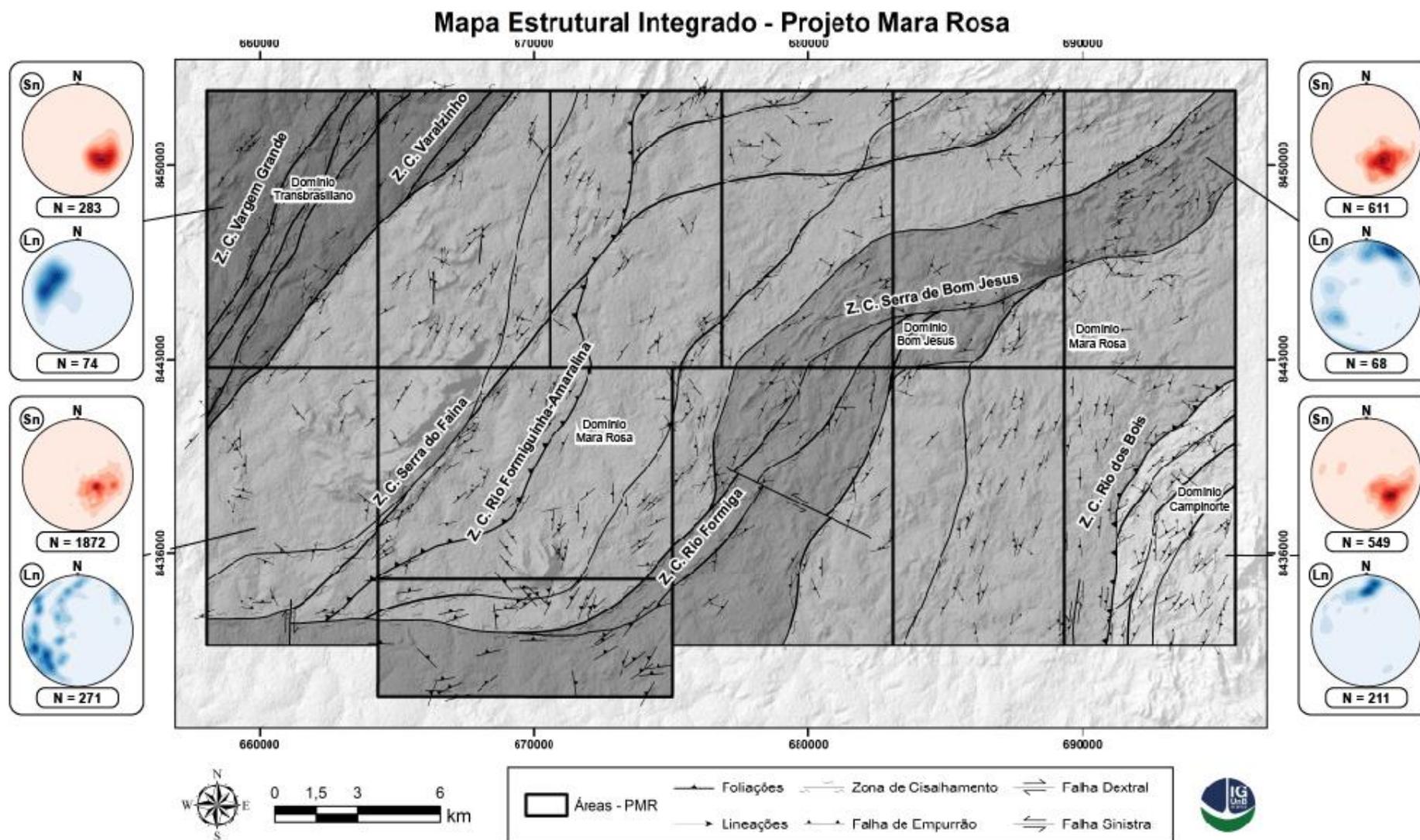


Figura 6.1. Mapa Estrutural Integrado do Projeto Mara Rosa, evidenciando os domínios estruturais definidos para a região.

6.1.1-Domínio I - Transbrasiliano

O Domínio I intitulado como Transbrasiliano situa-se no extremo noroeste da área mapeada (Fig. 6.1), correspondendo a 9% e sendo caracterizado pelas rochas metapelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha. Ele é separado do Domínio II pela Zona de Cisalhamento Compressional Varalzinho (Fuck *et al.*, 2007).

Esse domínio define-se por uma certa homogeneidade da distribuição das estruturas planares, representada por foliações com direção preferencial NE-SW que tendem a acompanhar a geometria desse compartimento. As foliações de direção NE-SW apresentam predominantemente mergulhos suaves a moderados (30-60°) para NW (Fig. 6.2 A).

Essas estruturas são predominantemente xistosidades, sendo cerca de 90% das medidas, e os outros 10% são bandamentos gnáissicos. Essas foliações se associam a uma lineação de estiramento na direção do mergulho da foliação, com caimento para NW entre 40-80° (Fig. 6.2 B). Ocorrendo de forma mais restrita, ao centro do domínio, define-se foliação subvertical com mergulhos entre 70-80° que definem corredores transcorrentes de direção NE. Por fim, esse domínio tem como característica principal a presença de zonas de cisalhamento, como a Zona de Cisalhamento Compressional Vargem Grande (Fuck *et al.*, 2007), com forte influência do lineamento transbrasiliano.

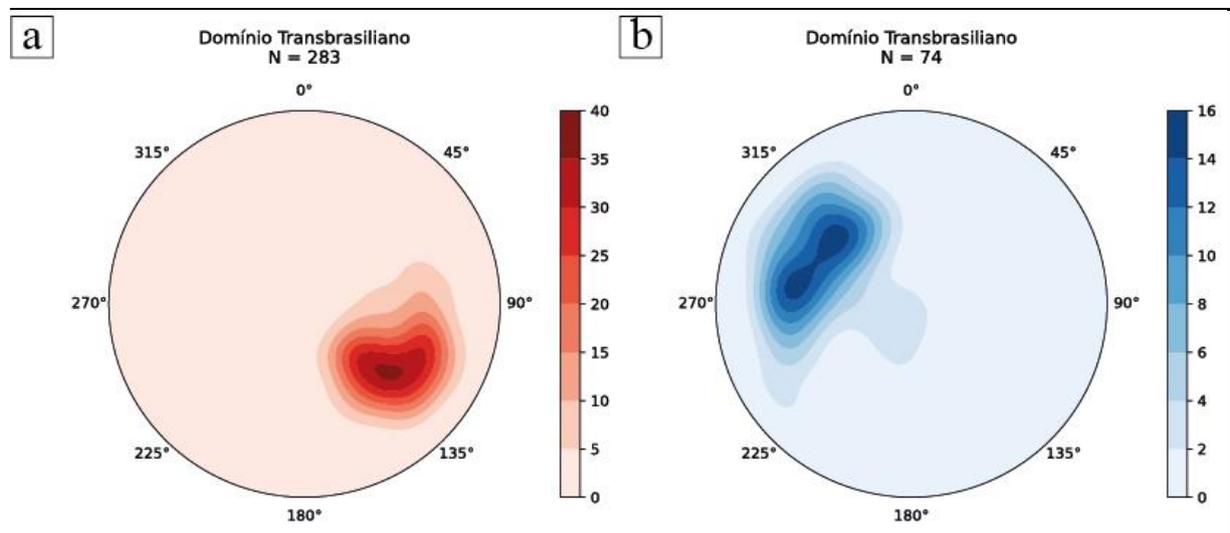


Figura 6.2: Estereogramas referente ao Domínio Estrutural I - Transbrasiliano. **A:** Estereograma com densidade de polos de foliações mergulhando 30 a 60° para NW; **B:** Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de 40 a 80° para NW.

6.1.2-Domínio II - Mara Rosa

O Domínio II intitulado como Mara Rosa contempla a maior porcentagem da área mapeada pelo Projeto Mara Rosa, correspondendo a 67% e sendo caracterizado por rochas pertencentes a Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha de Goiás e Mara Rosa, e pelos plútons Faina e Amarolândia. A oeste limita-se pela Zona de Cisalhamento Varalzinho e a leste pela Zona de Cisalhamento Rio dos Bois.

Esse domínio define-se por uma certa heterogeneidade da distribuição das foliações com duas direções preferenciais: (i) foliações com direção NE-SW no setor oeste e (ii) foliações com direção N-S no setor leste. As foliações de direção NE-SW apresentam mergulhos moderados (30-60°) (Fig. 6.3 A) para NW e as de direção N-S apresentam mergulhos moderados a altos (> 60°) para W (Fig. 6.3 C).

Essas estruturas são representadas por foliações de anfibolitos e leucogranitóides (50-60%), bandamentos gnáissicos (15-20%) e xistosidades (20-25%). As lineações características para o setor oeste apresentam caimento suave (< 30°) principalmente para WSW e localmente suave a moderado (15-45°) para NW (Fig. 6.3 B). Já as lineações do setor leste apresentam caimento suave (< 30°) para SW, aparentando ser oblíquas à foliação N-S (Fig. 6.3 D).

Dentro do domínio ocorrem, de oeste para leste, as zonas de cisalhamento Serra do Faina, Rio Formiguinha/Amaralina e Garimpo do Mundinho. No setor centro-leste desse domínio foi definido o Domínio Bom Jesus, que abrange as zonas de cisalhamento Serra de Bom Jesus e Rio Formiga, descrito na seção 6.3 (Fuck *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2007).

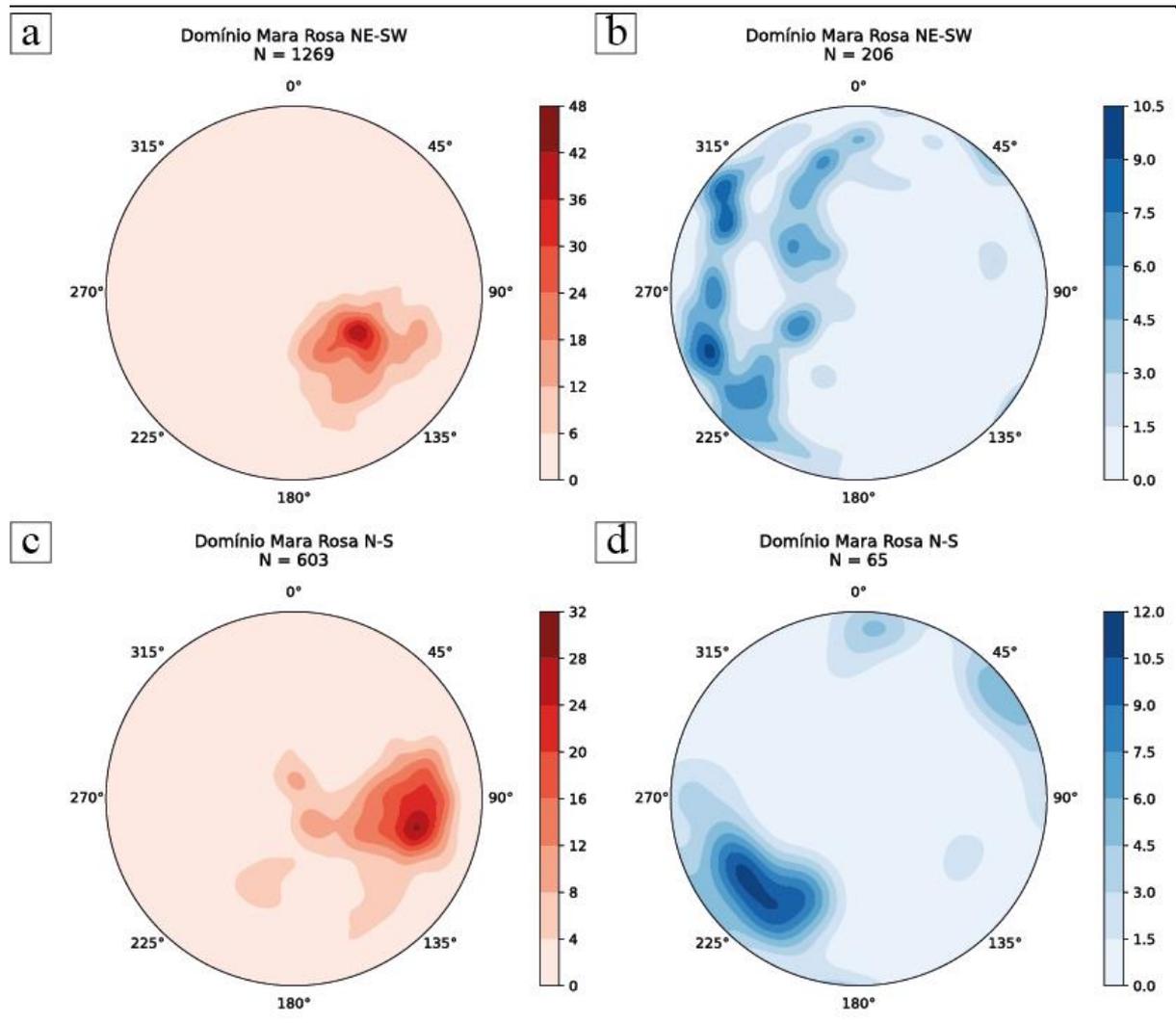


Figura 6.3: Estereogramas referente ao Domínio Estrutural II - Mara Rosa. **A:** Estereograma com densidade de polos de foliações mergulhando 30 a 60° para NW; **B:** Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de suaves a moderados (15-45°) para WSW e NW. **C:** Estereograma com densidade de polos de foliações mergulhando > 60° para W; **D:** Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de < 30° para SW.

6.1.3-Domínio III - Bom Jesus

O Domínio III intitulado como Bom Jesus contempla 20% da área mapeada sendo caracterizado por um corredor de cisalhamento que se estende de NE a SW e separa os setores leste e oeste do Domínio Mara Rosa. Este domínio é caracterizado por rochas pertencentes a Unidade Hidrotermal, aos Ortognaisses Mara Rosa e às Metavulcanossedimentares Mara Rosa, cuja orientação geral é NE-SW, porém nos setores centro-leste e sudoeste da área sofre uma inflexão para E-W, sendo que esta possui correlação com a morfologia da crista da Serra de Bom Jesus.

O padrão de direções das foliações define a orientação do domínio, havendo duas direções preferenciais: (i) foliações com direções NE-SW e (ii) foliações com direções E-W.

As foliações de direção NE-SW (Fig. 6.4 A) apresentam mergulhos moderados (30-60°) para NW, sendo representadas por foliações de anfibolitos, calcissilicáticas e leucogranitóides (35%), xistosidades (35%) e bandamentos gnáissicos (30%). As lineações associadas a direção NE-SW apresentam-se com caimento suave (< 15°) para NNE, sendo paralelas às direções das foliações (Fig. 6.4 B) e, localmente, com caimento de 20° para SW.

Já as estruturas de direção E-W (Fig. 6.4 C) apresentam mergulhos moderados (30-60°) para NNW e são representados pelas foliações de anfibolitos, calcissilicáticas e leucogranitóides (70%), bandamentos gnáissicos (20%) e xistosidades (10%). As lineações associadas a direção E-W apresentam-se com caimento suave (> 15°) para NE, sendo que as lineações estão oblíquas às foliações (Fig. 6.4 D).

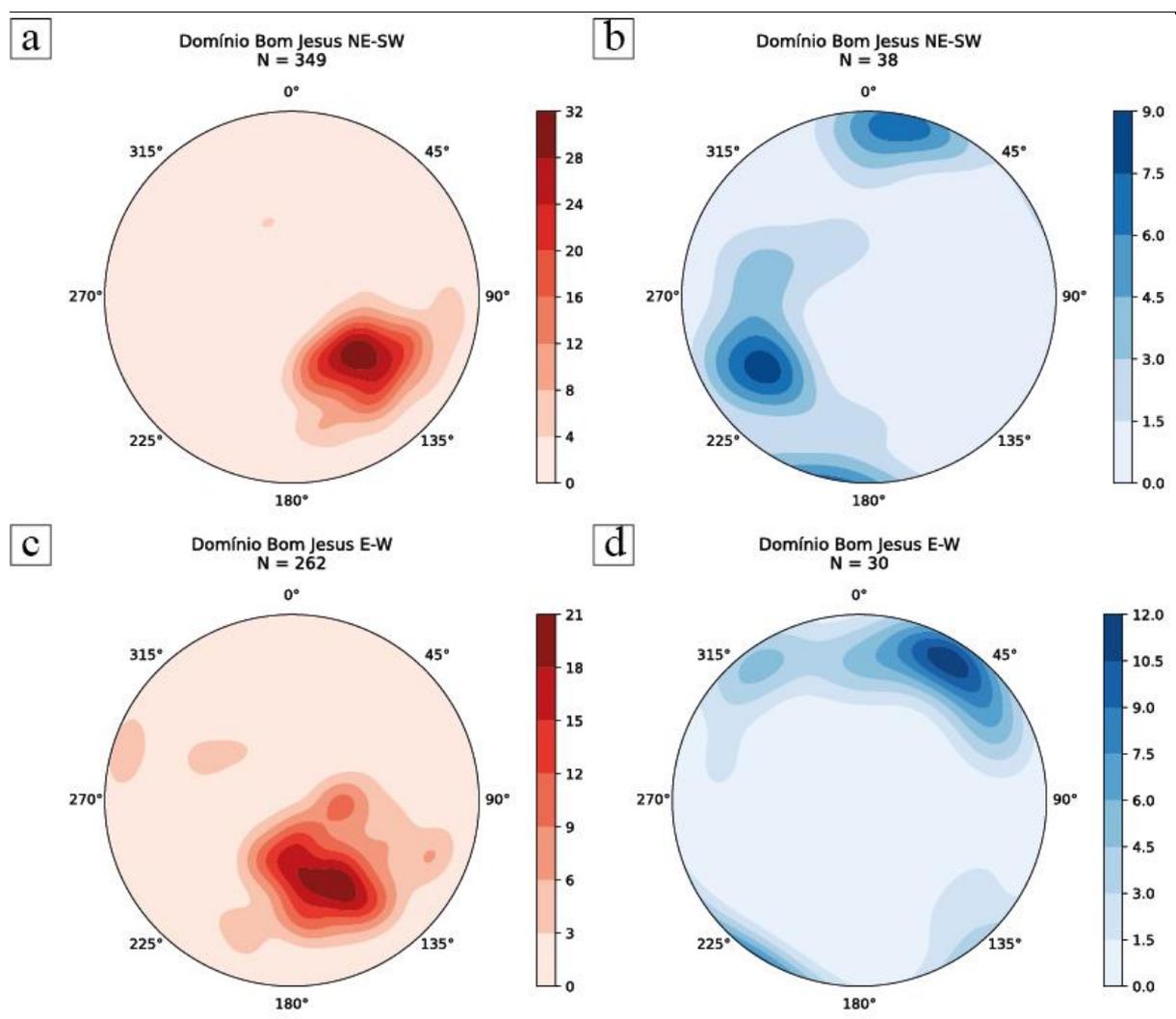


Figura 6.4: Estereogramas referente ao Domínio Estrutural III - Bom Jesus. **A:** Estereograma com densidade de polos de foliações mergulhando 30 a 60° para NW; **B:** Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de < 15° para NNE e localmente de 20° para SW; **C:** Estereograma com densidade de polos de foliações mergulhando 30 a 60° para NNW; **D:** Estereograma com a densidade das medidas de lineação destacando os caimentos de < 15° para NE.

6.1.4-Domínio IV - Campinorte

O Domínio Campinorte, delimitado na porção sudeste da área X, apresenta geometria de faixa arqueada, com orientação N-S e inflexão para NE-SW em sua porção norte, representando cerca de 4% da área do projeto. Sua estruturação principal é definida pelas feições observadas nas rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Campinorte, Suíte Pau de Mel e Grupo Serra da Mesa, sendo marcada por foliações do tipo xistosidade, milonítica e ultramilonítica. Embora possua zonas de cisalhamento em seu interior, elas não foram utilizadas como divisores para demais domínios, pois não apresentam modificações significativas no padrão deformacional da região.

Esse domínio apresenta três direções preferenciais de foliação, a saber, uma foliação (i) N-S, observada a sul e oeste no domínio, uma foliação (ii) NE-SW, vista ao longo de todo o domínio, e uma foliação (iii) E-W, descrita na porção central. A relação entre ambas se dá pela predominância da foliação NE-SW, com as demais direções subordinadas, associadas à inflexão regional observada na zona de falha Rio dos Bois e aos corredores de cisalhamento N-S (Figura 6.1).

O trend N-S pode ser correlacionado aos corredores de cisalhamento dúctil-rúpteis de mesma orientação, desenvolvidos em uma tectônica pré-brasiliana. A estruturação N-S é marcada por mergulho moderado para W (30° a 50°) e lineações de estiramento mineral associadas, com caimento de até 40° para norte.

Já o trend NE-SW ocorre de forma predominante no Domínio Campinorte, associado ao evento deformacional transbrasiliano. Estes planos apresentam mergulho variável para NW, entre 30° e 80° aproximadamente, conforme a proximidade com as zonas de cisalhamento e com a Falha Rio dos Bois. Assim como a foliação anterior, o NE-SW também compreende uma série de lineações de estiramento mineral, com baixo ângulo de caimento para norte.

Por fim, o trend E-W, de ocorrência local, encontra-se evidenciado na porção centro-norte do domínio, ocorrendo associado às inflexões regionais, evidentes nas bordas dos corpos graníticos da Suíte Pau de Mel. Há, ainda, associada a essa direção, lineações de estiramento de ângulo moderado, variando de 25° a 35° para o quadrante NW.

O estereograma de foliação referente a este domínio (Figura 6.1A) evidencia as três principais direções de foliação, ambas com mergulho moderado, variando em maioria entre 45° e 60°. Já o estereograma de lineações (Figura 6.1B) demonstra os caimentos destas feições em baixo ângulo para norte.

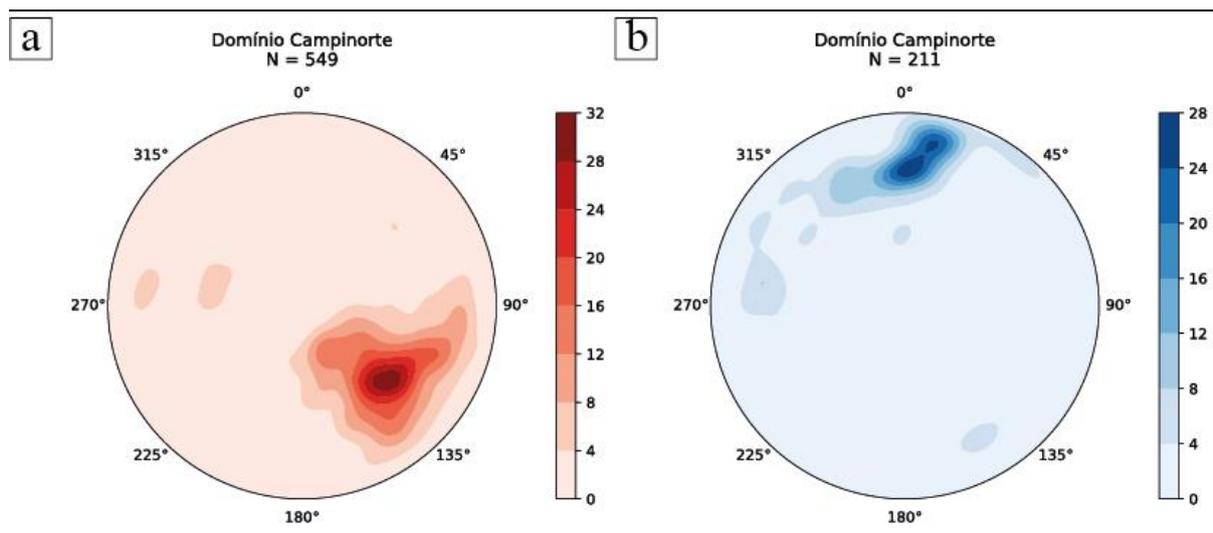


Figura 6.5: Estereogramas associados ao Domínio Campinorte. (A) Contornos de probabilidade relativos aos polos das foliações, destacando a presença das três direções preferenciais desse domínio; (B) Representação das medidas de lineação destacando a principal direção N-S.

6.2-GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA I

Na área I, situam-se os Domínios Transbrasiliano e o Mara Rosa do Projeto Mara Rosa (Figura 6.6). O Domínio Transbrasiliano é caracterizado principalmente por xistos peraluminosos de diferentes composições minerais, com uma certa homogeneidade na distribuição de estruturas planares de direção geral NE-SW e mergulhos sub-verticais. O Domínio Mara Rosa, além dos xistos Santa Terezinha engloba rochas graníticas a tonalíticas do Pluton Faina, na área I, com estrutura planares heterogênea preferencial NE-SW para oeste, mas localmente dentro do Projeto Mara Rosa essas estruturas exibem diferentes direções, com menos representatividade para a área I, quanto em densidade de medidas em decorrência da ausência de afloramentos ou fortemente intemperizados e quanto a menor proporção presente na área I.

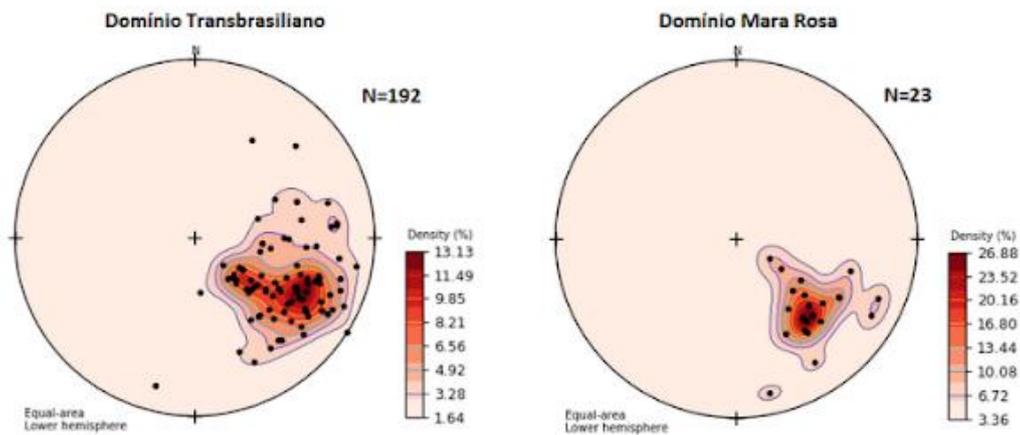


Figura 6.6: Estereogramas de densidade de polos de foliações correspondentes aos Domínios Estruturais do Transbrasiliano e Mara Rosa, respectivamente da área I.

O Domínio Transbrasiliano é caracterizado por conter uma foliação (xistosidade) penetrativa de alto ângulo, comumente, observa-se uma foliação anastomosada e localmente crenulada, quase subvertical associada a uma lineação de estiramento e de intersecção, oblíqua com caimento para SW. Além disso, é possível observar um padrão de dobras abertas e assimétricas em “z” e indicadores cinemáticos. Esse domínio será o enfoque para o presente capítulo, por ser o mais representante na área, o qual é possível realizar a análise geométrica e a cinemática das estruturas.

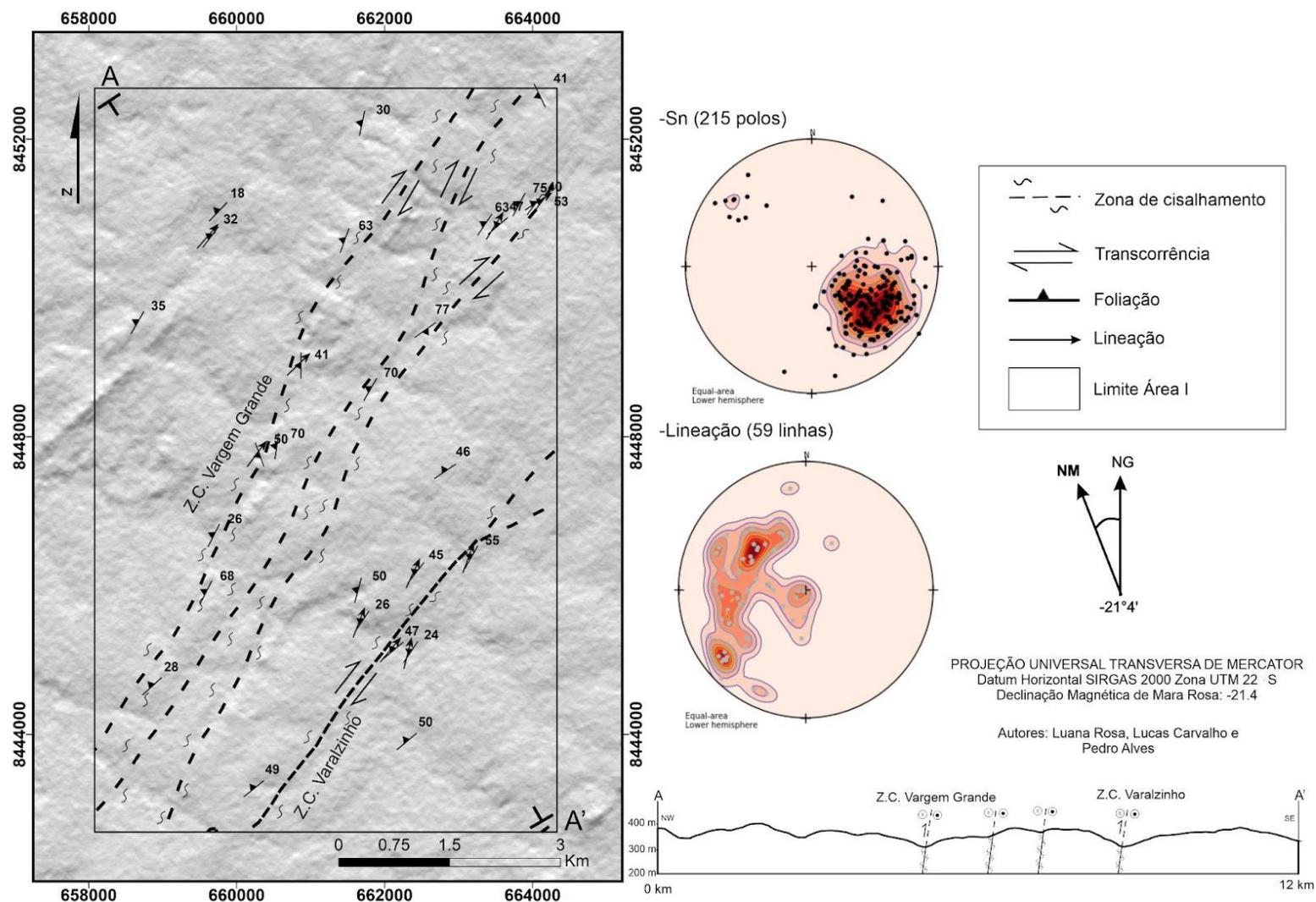


Figura 6.7: Mapa estrutural da área I mostrando a Zona de cisalhamento transcorrente, foliações, lineações e seus respectivos estereogramas.

- **Elementos de trama dúctil**

6.2.1- Foliações

Na área são observados dois tipos de foliação, a mais expressiva, observada nas rochas pertencentes à área I, trata-se de uma xistosidade constituída pela orientação preferencial dos minerais micáceos (muscovita e clorita) e um bandamento gnáissico desenvolvido principalmente nos paragnáisses da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha. O agrupamento dessas foliações apresenta uma direção preferencial NE-SW e valores de mergulho 25 a 80° para noroeste (FIGURA 6.12).

O bandamento gnáissico é marcado pela alternância de bandas gnáissicas milimétricas e eventualmente centimétricas, composta por quartzo e feldspatos (Figura 6.8a). Variam de altitudes de 296° a 326°, de médio ângulo (35 a 53 graus), caimento para NW. Ao microscópio, os bandamentos são marcados por frações micáceas e quartzosa feldspática, recristalizadas.



Figura 6.8: A) Bandamento centimétrico Afloramento: TF22_I_118; B) Bandamento milimétrico. Afloramento TF22_I_118

A xistosidade é definida pela orientação de muscovita, sericita e menos comumente clorita e comumente ocorre desenvolvimento de domínios quartzosos, tal como, veios de quartzo paralelos e/ou oblíquo a xistosidade de espessura milimétricas a centimétricas (Figura 6.9 A-B), tendo nódulos sigmoidais de quartzo, indicando uma cinemática dextral (Figura 6.9 C). As foliações de alto ângulo estão associadas às zonas de cisalhamentos

transcorrentes e a sudeste da área apresentam uma foliação de baixo ângulo, com caimento de 14°.

Localmente, em alguns afloramentos de granada-muscovita xisto, apresentam uma xistosidade milonítica, marcada pela deformação dos minerais de quartzo e feldspatos indicando uma cinemática dextral, com porfiroblastos de granada (Figura 6.9- D).

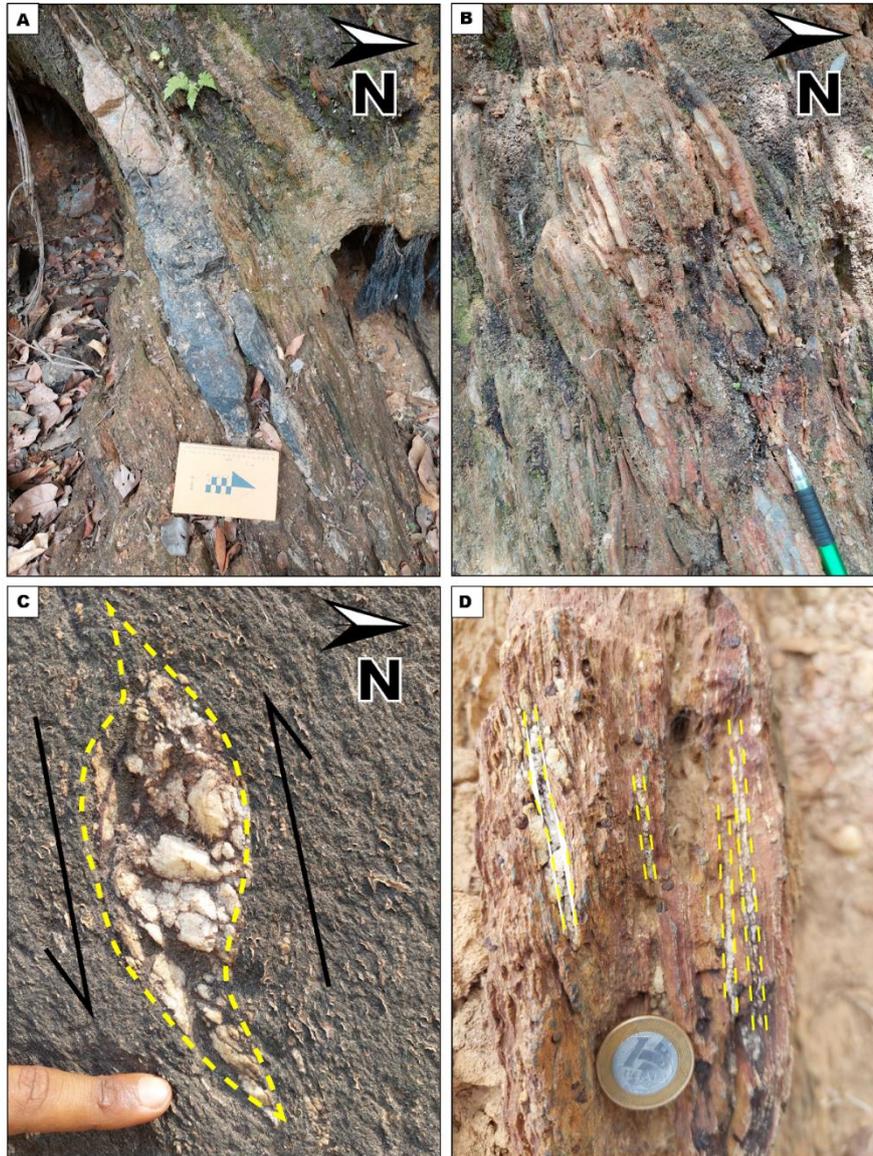


Figura 6.9: Feições planares e segregações de quartzo associadas à xistosidade. **A)** Domínio quartzoso, em escala centimétrica. **B)** Segregação de quartzo em escala milimétrica em meio ao muscovita-quartzo xisto. **C)** Sigmóide de quartzo com cinemática dextral. **D)** Foliação milonítica pelo estiramento de Qtz+Plg, no granada-muscovita xisto.

Microscopicamente, nas rochas metassedimentares a xistosidade é marcada por lamelas de muscovita e/ou clorita, delimitam uma segregação de quartzo, e eventualmente augens de quartzo e granada com sombra de pressão (Figura 6.10).

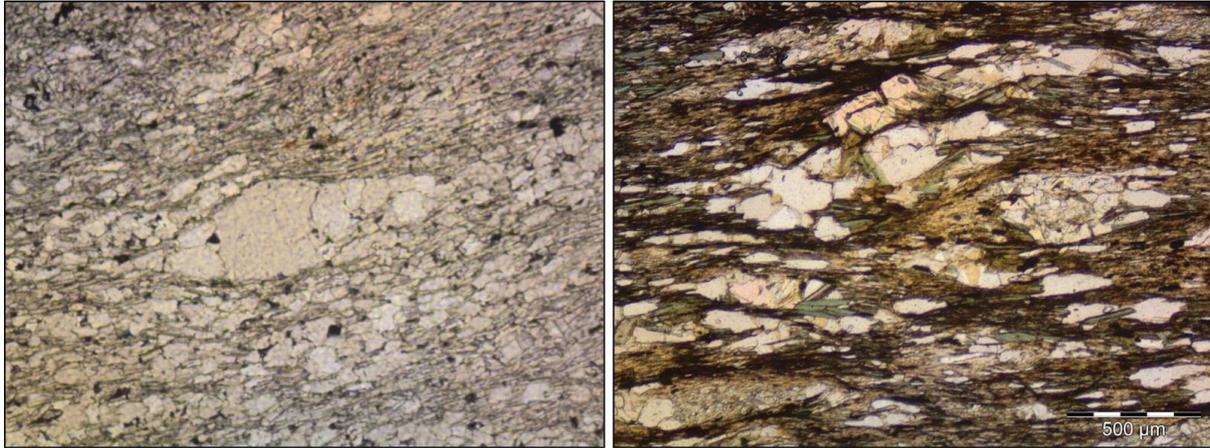


Figura 6.10: À esquerda mostra a segregação de quartzo (augens), em meio a xistosidade marcada por lamelas de muscovita. Lâmina do ponto 103: TF22_1_103. A direita mostra a disposição da xistosidade no clorita-xisto, intercalado com domínios granoblásticos de quartzo. Lâmina do ponto 100: TF22_I_100.

Na parte central da área I, observa-se duas direções de foliação (xistosidade), caracterizada pela orientação de cristais de muscovita e/ou clorita truncando uma foliação em moderado ângulo a superfície dos planos de xistosidade (Figura 6.11) é possível observar nas rochas que se encontram nos corredores de transcorrência (Figura 6.7) e são assimiladas a uma xistosidade anastomosada e/ou crenulação, e comumente associados à flancos de dobras observadas em afloramentos.

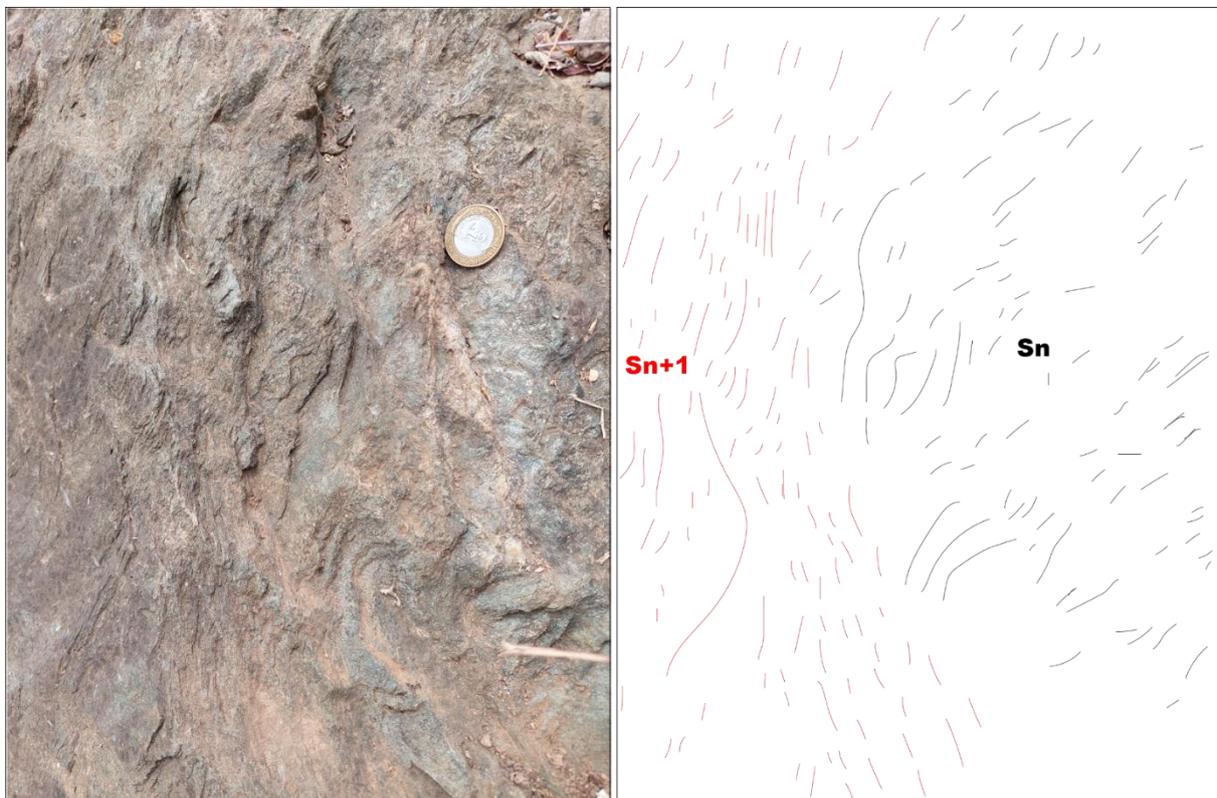


Figura 6.11: Figura esquemática de como estão expostos os planos da xistosidade.

A partir do estereograma do agrupamento das foliações de bandamento e xistosidade, é possível observar a direção preferencial NE-SW, paralelo aos lineamentos Transbrasiliano, e mergulhos subverticais em torno de 70 a 80 graus, próximo aos corredores de transcorrência (Figura 6.7), o qual afeta todas as unidades mapeadas da área I com direção N30E (Figura 6.12).

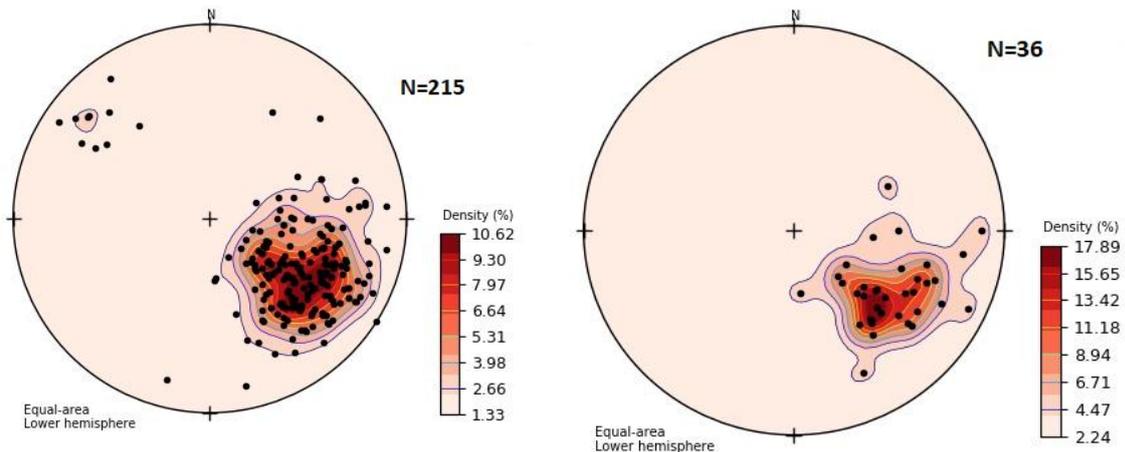


Figura 6.12: Estereogramas de pólos plotados a partir das medidas dos planos de bandamento gnáissico e xistosidade.

6.2.2- Lineações

As estruturas lineares associadas a xistosidade, foram lineações de estiramento (Lx), intersecção (Li) e de crenulação (Lc) com um *trend* com direção NW-SW, (Figura 6.13) estabelecendo uma relação oblíqua a xistosidade.

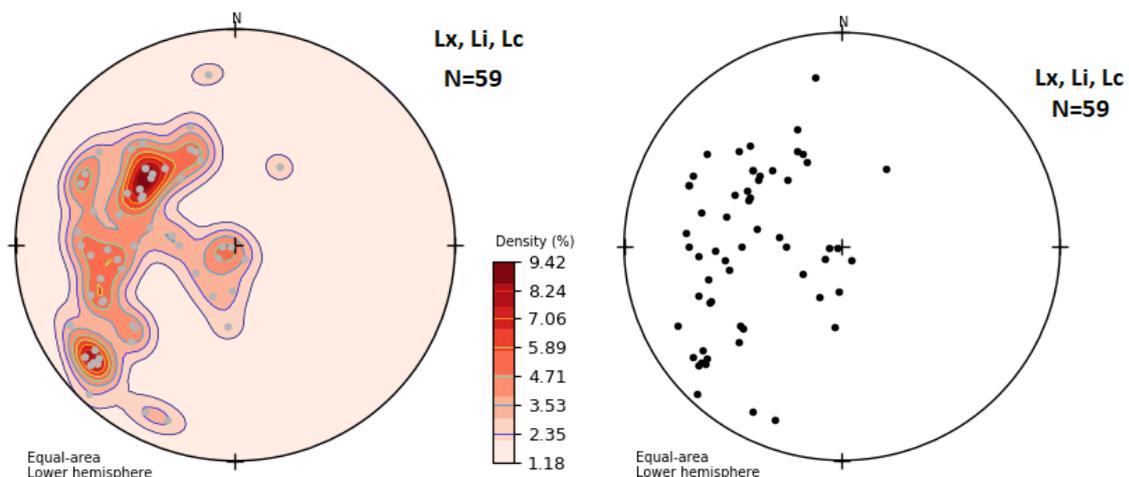


Figura 6.13: Estereogramas das lineações da área I.

A lineação de estiramento (L_x) é marcada pelo estiramento, principalmente, pelos cristais de muscovita (Figura 6.14-A), localmente nos paragnaisse e nos granitos do Plúton Faina, um estiramento mineral de muscovita e/ou biotita, assim como cristais alongados de quartzo e feldspatos. As medidas de L_x , variam em altitude de 240° a 318° , e caimentos variando de baixo a moderado ângulo entre 25 a 57 graus, sendo que as medidas de maior ângulo de mergulho se observam relacionadas com a xistosidade ao longo dos corredores de transcorrência.

A lineação de intersecção (L_i) relaciona-se com a intersecção entre duas direções de xistosidade (Figura 6.14-B), são observadas principalmente nos corredores de transcorrência com altitude de 265° a 330° com mergulhos entre 38 a 88 graus. E a de crenulação (L_c) é observada em microdobras com altitude de 310° e caimento de 79° , sendo isso observado no afloramento TF22-I-73. (Figura 6.14-C).

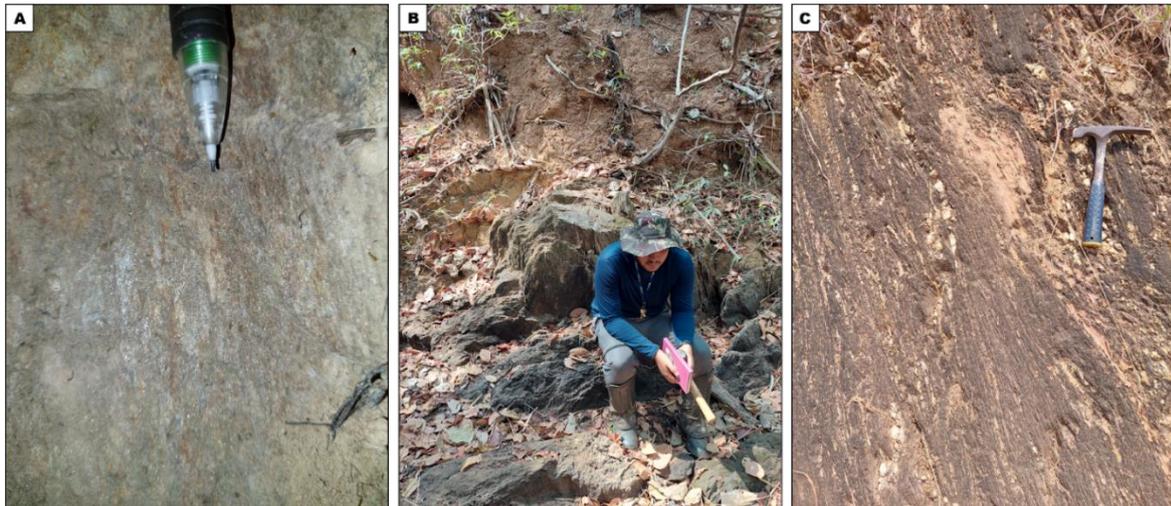


Figura 6.14: Feições lineares em afloramentos de muscovita-xisto da Sequência Santa Terezinha presentes na área I. A) Lineação de estiramento marcada pela orientação preferencial da muscovita no sentido da lapiseira. B) Lineação de intersecção entre duas direções de xistosidade. C) Lineação de crenulação num padrão de microdobras de cristais de muscovita.

6.2.3-Dobras

As dobras são observadas em associação à xistosidade de alto ângulo, e ocorrem com mais expressividade na porção central e oeste da área I, em escala milimétrica a centimétrica, e possuem assimetria em forma de “Z” ou abertas.

As dobras padrão “z” apresentam em escala centimétrica, e são assimétricas tendo uma cinemática dextral, ou seja, com transporte tectônico orientado para NE. Encontram-se especificamente no afloramento de clorita-xisto TF22_I_137, são caracterizadas pela segregação de quartzo ao longo da xistosidade. E dobras assimétricas, são observadas no

corredor transcorrente na parte central da área, no afloramento de muscovita xisto (Figura 6.7).

Essas dobras, são representadas por interflancos apertados e fechados, o plano axial mergulha variando de 38° a 45° para NE e SW. A charneira é ligeiramente mais espessa que os flancos (Figura 6.15). De acordo com a classificação de Fleuty (1964, in Ramsay, 1967), as dobras F_n são recumbentes a normais horizontais, moderadamente inclinadas e sub-horizontais.



Figura 6.15: Feições das dobras na área I, a esquerda a dobra normal horizontal, no muscovita-quartzo xisto e a direita a dobra em forma “Z”, no afloramento de clorita-xisto, ambos afloramentos observados na parte central da área I.

As dobras abertas, indicam um regime tectônico transpressivo compressivo, são representadas em escala centimétrica a métricas, associada à xistosidade, com eixo do plano axial com direção 310 NE/SW, e uma lineação de intersecção oblíqua a xistosidade, com mergulho em torno de 80° , subvertical. Sendo classificada como normal inclinada e caimento subvertical.

Essas dobras são caracteristicamente suaves onduladas e são observadas nas unidades de muscovita-xisto, também com segregação de quartzo (Figura 6.16). E responsáveis pelo dobramento da xistosidade, que caracteriza um evento compressivo, no decorrer da evolução

deformacional da área. No afloramento TF22_I_73, é possível observar a relação de dobras abertas e de interfrancos fechados.

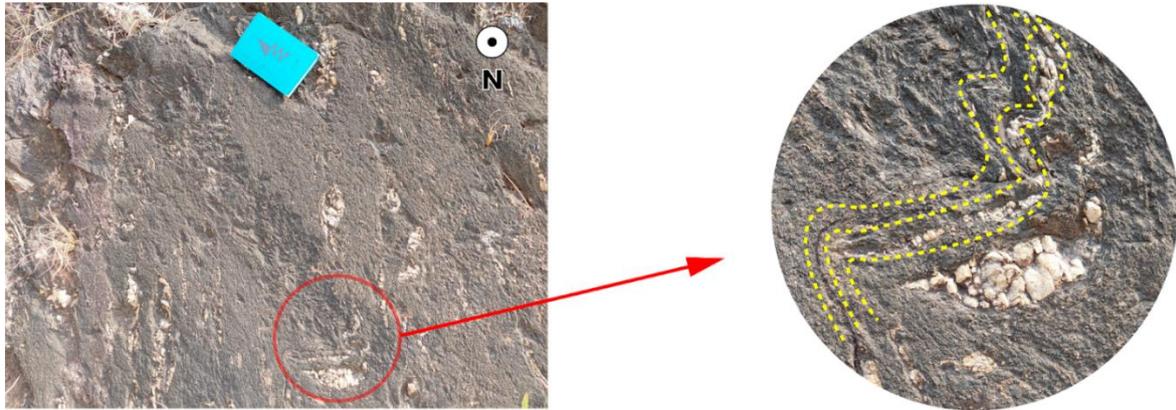


Figura 6.16: O afloramento TF22_I_73, destacando a relação de dobras.

6.2.4 Zonas de Cisalhamentos

As zonas de cisalhamento apresentam uma direção preferencial NE-SW com ângulos que variam de médio a alto grau. A área I é cortada pelas três principais zonas de cisalhamento compressional Vargem Grande paralelas, localizado na parte central, caracterizando os corredores transcorrentes, com forte influência do lineamento Transbrasiliano. Há também uma quarta zona de cisalhamento compressional Varalzinho presente na Suíte Faina, que marca o contato entre a Suíte e a Sequência Santa Terezinha, localizada a SW. Essas zonas de cisalhamento representam sigmóides de escala centimétrica a quilométrica, onde representam uma cinemática dextral. As foliações de alto ângulo encontram-se distribuídas por toda área de maneira espaçada, formando superfícies de crenulação zonal e corredores de cisalhamento localizados.

A zona de cisalhamento transcorrente é representada por uma foliação de alto ângulo subvertical penetrativa, associados principalmente a cinemática dextral nos xistos da Sequência Santa Terezinha gerando zonas de fraturas diversas (Figura 6.17). São evidenciados protomilonitos associados a essa zona de cisalhamento. Através da microscopia é possível observar, que tanto no muscovita-quartzo xisto e no protomilonito, há recristalização acentuada evidenciada nos minerais de quartzo, que se encontram rotacionados em faixas de alta deformação (Figura 6.18 C-D). As foliações de alto ângulo estão associadas ao desenvolvimento de sigmóides de quartzo (Figura 6.18 A-B). Localmente as zonas transcorrentes são associadas a camadas que variam de espessura métricas a centimétricas com segregações de quartzo leitoso.



Figura 6.17: Muscovita-quartzo xisto, na zona de cisalhamento transcorrente, destacando as fraturas típicas dessas zonas. Afloramento TF22_I_103.

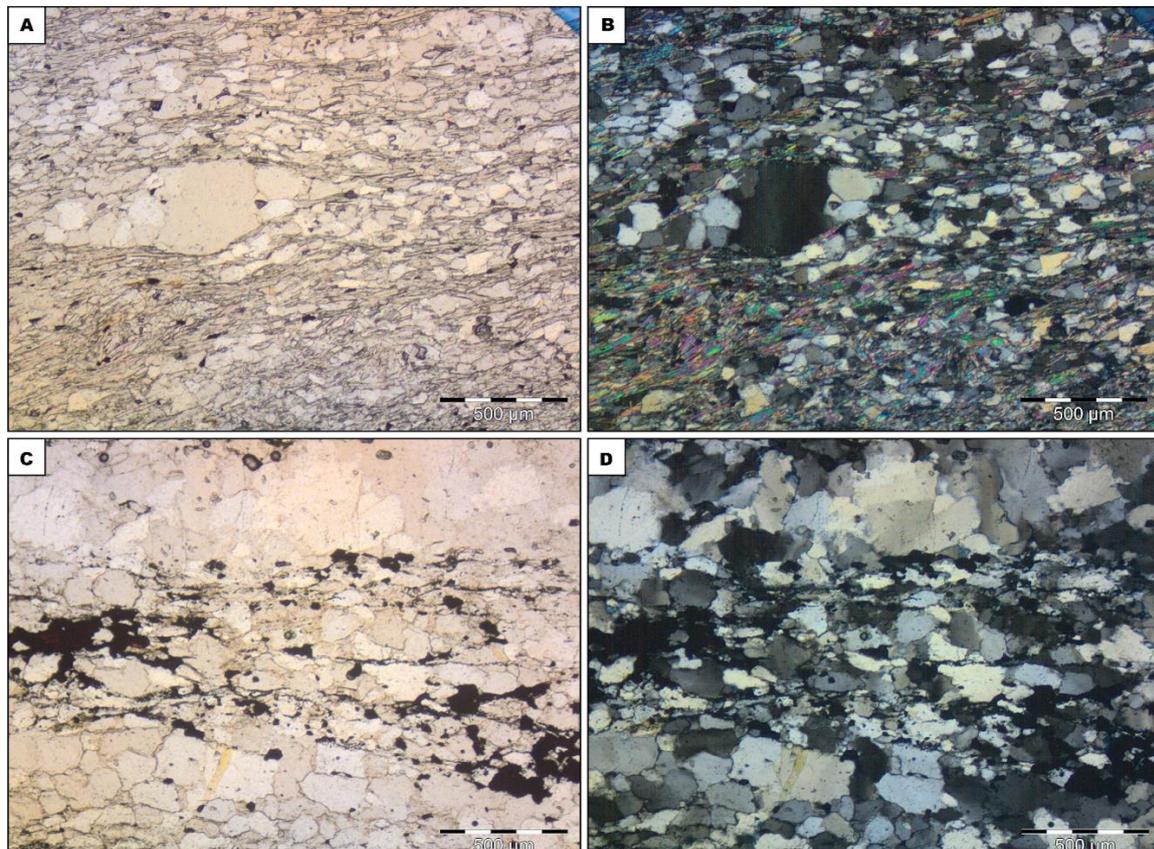


Figura 6.18: A) Muscovita-quartzo xisto, marcando a deformação dos minerais de quartzo e formando um sigmóide, em nicóis paralelos. B) Em nicóis cruzados. Lâmina: TF22_I_103. C) Protomilonito, composto principalmente por quartzo. Demonstrando os minerais de quartzo deformados dentro de uma trama de alta deformação. D) Em nicóis cruzados. Lâmina TF22_I_105.

As foliações associadas à zona de cisalhamento do Faina, Zona de Cisalhamento Compressional Varalzinho (Fuck *et al.*, 2007) e interrelacionada ao Sistema de Falhas Rio dos Bois, apresentam direção preferencial N30-60E com mergulhos subverticais e cinemática dextral, desenvolvem foliação milonítica, caracterizada pelo estiramento direcional representado pelas lineações Lx. A zona de cisalhamento afeta as rochas tardias a pós-tectônicas, e apresentam deformação e recristalização evidenciadas nos minerais feldspáticos e/ou quartzo, que foram cominuídos, rotacionados e eventualmente saussuritizados (Figura 6.19). Observa-se também epidotização associada a hidrotermalismo contornando o Plúton Faina, e ocorrem também porfiroblastos de granada nos xistos da sequência supracrustal.

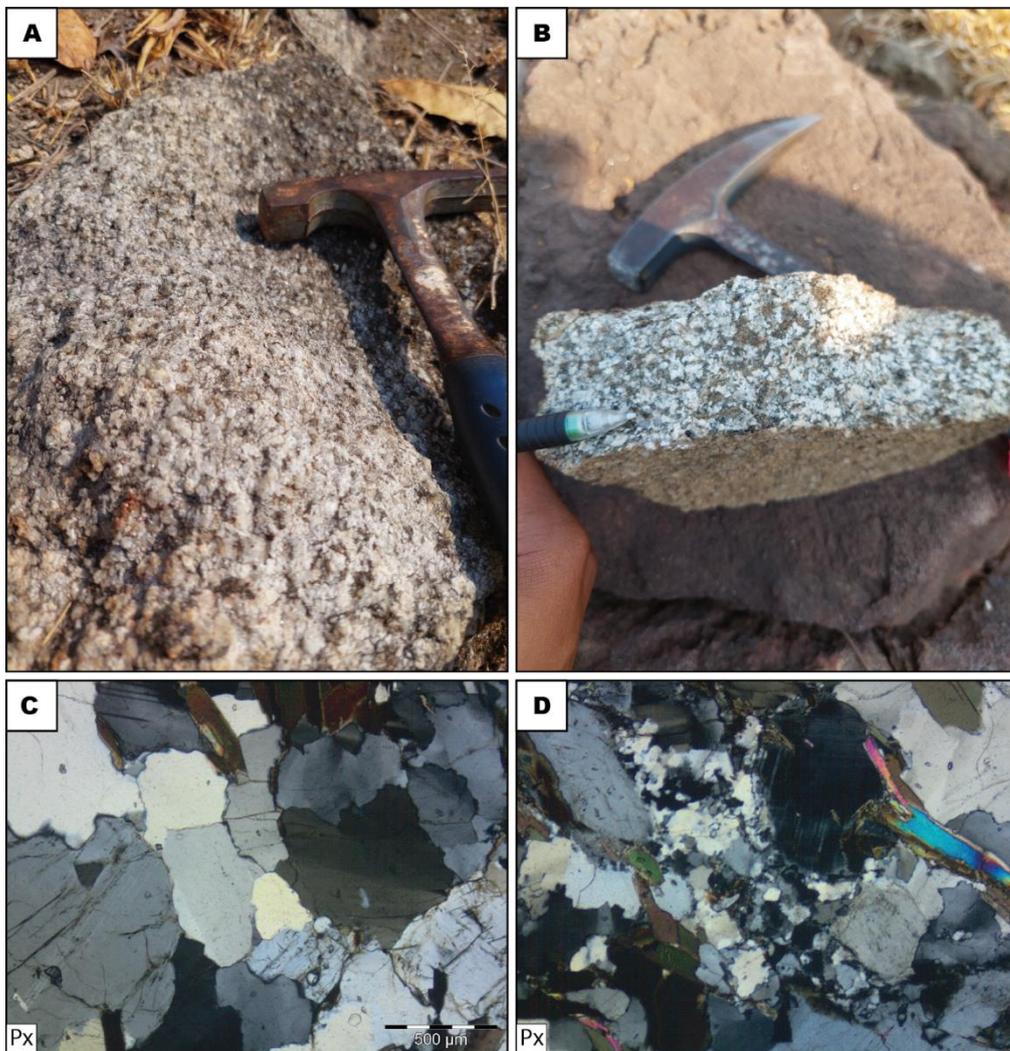


Figura 6.19: A-B) Tonalito deformado. Afloramento TF22_I_4: 664130; 844297. C) Contatos poligonais de quartzo. D) Fração quartzosa e feldspáticas deformadas. Lâmina TF22_I_14.

- **Elementos da Trama Rúptil**

6.2.5- Fraturas e Falhas

As rochas da área mapeada comumente encontram-se fraturadas, constituindo uma fase rúptil, com geração de fraturamentos associados a sistemas de fraturas verticais inclinadas. São observadas também falhas transcorrentes, que são vistas apenas em escalas mesoscópica que apresentam um trend geral N30E deslocando com cinemática dextral, observadas principalmente nas imagens aerogeofísicas da primeira derivada (DZ).

As fraturas exibem uma geometria planar, comumente oblíqua à direção das camadas e podem apresentar-se preenchidas por quartzo leitoso, podendo gerar veios com dimensões métricas (Figura 6.17- A-B). Elas estão dispostas, paralelamente entre elas, num *trend* predominantemente NW-SE (Figura 6.18), mas localmente encontram-se fraturas N-S. As fraturas de cisalhamento são observadas localmente na área, caracterizadas pelo deslocamento paralelo ao movimento cisalhante (Figura 6.17 C).



Figura 6.17: A) Família de fraturas, expostas em quartzitos. B) Fraturas paralelas entre si. C) Fraturas de cisalhamento.

Após análises das imagens de satélite, observando-se os elementos texturais de drenagem, e as relações espaciais de deslocamento relativo nas elevações do relevo, identificou-se a interpretações de falhas transcorrentes em uma cinemática dextral proeminentes na área 1 (Figura 6.18). Os lineamentos correspondentes a essas falhas apresentam uma direção NE-SW, os traços maiores e geralmente encontram-se em relevos maiores, associados às foliações de alto ângulo. A manifestação dessas falhas se estende para as áreas II e VII. Os traços menores correspondem a fraturas com direção preferencial NE-SW, mas localmente apresentam direções NW-SE e N-S.

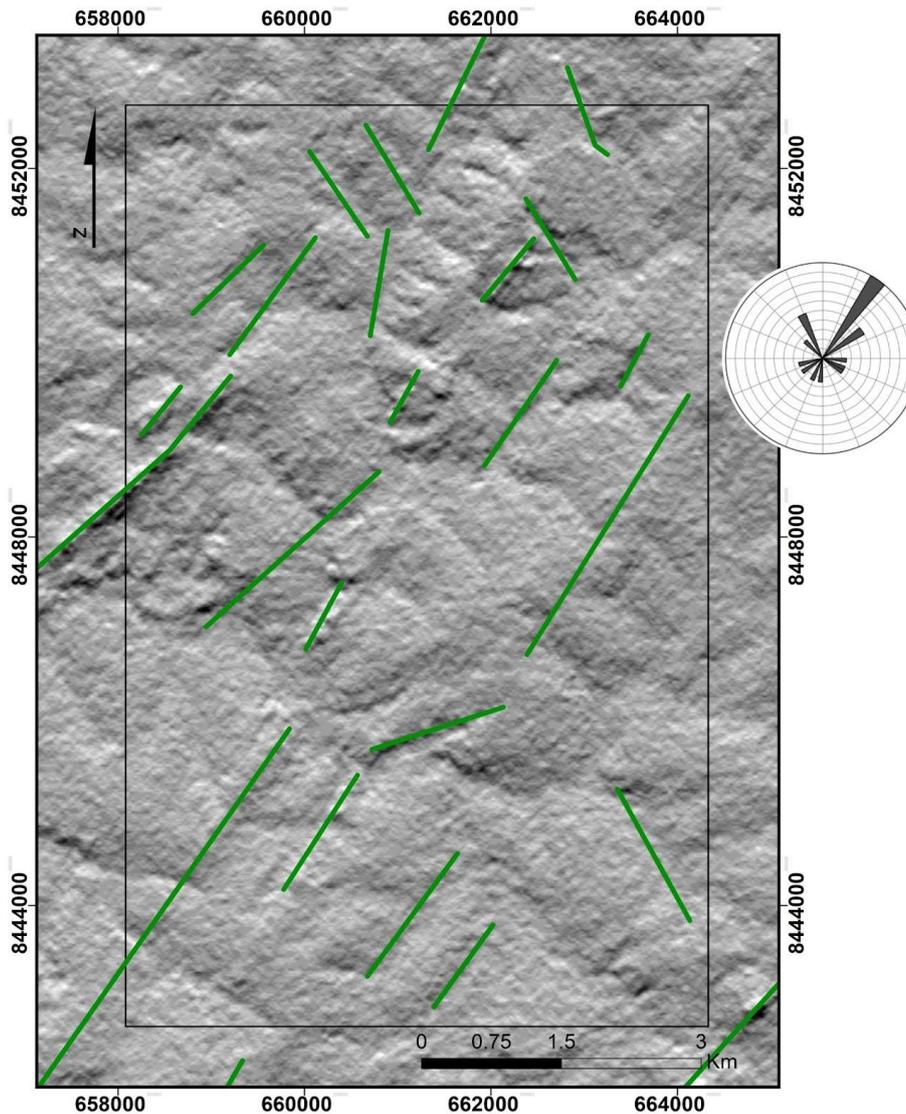


Figura 6.18: Mapa contendo os principais lineamentos estruturais, sendo os maiores correspondentes às falhas transcorrentes dextrais que manifestam um caráter tardio em regime rúptil e os menores correspondem às fraturas. Juntamente com o diagrama de rosetas contendo as medidas de fraturas da área I.

6.3- EVOLUÇÃO DA DEFORMAÇÃO NA ÁREA I

Na área I, as evidências estruturais locais descritas neste capítulo, permitiram a correlação com o evento orogenético Brasileiro-Pan Africano. Trabalhos realizados em relação a geologia estrutural próximo a área de estudo, se destacam D'el Rey Silva e Barros Neto (2002) e o Dantas et al. (2007), descrevem o arcabouço da área, como uma sistema de *nappes* que deu origem a uma série de escamas tectônicas, limitada por feixe de cisalhamento simples compressional, descreve também as foliações de alto ângulo, na direção NE-SW com caimento para NW e SE, associados a lineação de intersecção formada pela relação de eixos de dobras e planos de clivagem de crenulação, geradas pelo aumento da deformação cisalhante na parte frontal da rampa do empurrão (Dantas et al., 2007).

A área possui caráter deformacional dúctil e ocorreu em regime tectônico compressivo, tal evento foi responsável pela formação das foliações de baixo ângulo, bem como, a xistosidade exibindo feições miloníticas associado a uma lineação de estiramento (Lx). Tais características são determinantes para fase inicial, responsável pelo cisalhamento simples em fácies metamórficas xisto verde, relacionado a xistosidade (Figura 6.21- A).

O regime Transcorrente dextral é caracterizado por um regime de tectônica direcional e apresenta uma cinemática transcorrente relacionados às zonas de cisalhamentos transpressivas (Vargem Grande) representadas na área pelas foliações de alto ângulo subverticais, gerando assim linhas de intersecção, bem como as dobras assimétricas. As foliações de ângulo que formam zonas de cisalhamentos transpressiva afeta todas as rochas pré sin tectônicas super impondo as estruturas do evento anterior, formando crenulações zonais e discretas (Figura 6.21-C).

Estruturas rúpteis, representadas principalmente pelas fraturas que cortam todas as estruturas anteriores. Mas também, estão presentes estruturas dúctil-rúptil caracterizadas pelas falhas transcorrentes N30-40E de cinemática dextral, que se deslocam os contatos para toda área do Projeto Mara Rosa.

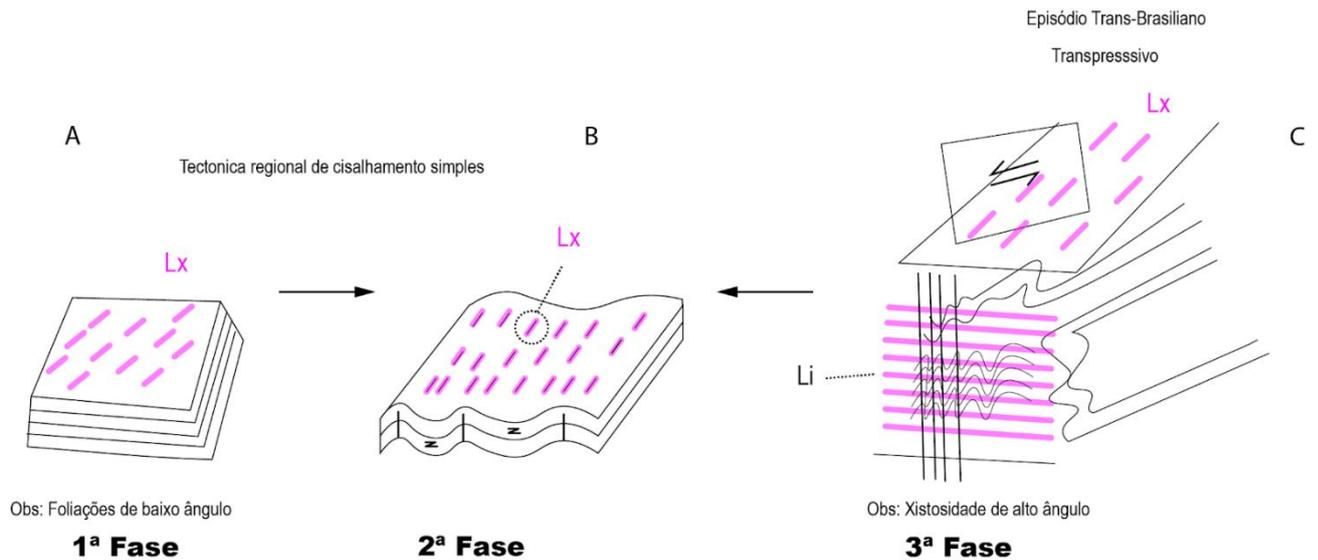


Figura 6.19: Diagrama esquemático representando a sequência deformacional em três fases.

7-GEOLOGIA ECONÔMICA

A área de estudo do Projeto Mara Rosa está inserida no distrito auro-cuprífero Chapada-Mara Rosa (Oliveira *et al.*, 2000, 2004), constituído por sistemas minerais do tipo pórfiro, orogênicos e vulcanogênicos, tendo, atualmente, intensa atividade exploratória em andamento. Os depósitos de maior expressão descritos na região associam-se majoritariamente a sistemas de cobre e ouro, incluindo: (i) Depósito Chapada (Cu-Au), interpretado como um sistema do tipo pórfiro (Richardson *et al.*, 1986; Oliveira *et al.*, 2016); (ii) Depósito Zacarias (Au-Ag-Ba), pertencente a um sistema vulcanogênico disseminado, de natureza estratiforme (Poll, 1994; James, 2022); (iii) Depósito Posse (Au), descrito como um depósito aurífero orogênico (Oliveira *et al.*, 2004), sendo do tipo epigenético disseminado (Palermo *et al.*, 2000); (iv) Depósito Mundinho (Au-Cu-Bi), caracterizado por veios de quartzo sulfetados, controlados por zonas de cisalhamento N-S e magmatismo pós-orogênico associado (Oliveira *et al.*, 2000, 2004).

No contexto do Projeto Mara Rosa, encontram-se os depósitos de cobre e ouro “Saúva” e “Formiga” (News Release, Lundin Mining, 2022), recém-descritos e associados ao sistema pórfiro-epitermal, juntamente com o depósito de Chapada. O depósito Saúva é marcado por mineralização de cobre e ouro do tipo pórfiro, enquanto o depósito Saúva caracteriza um sistema do tipo *skarn* associado. Já as ocorrências de ouro “Garimpo Chico de Assis” e “Garimpo Viúva” estão relacionadas ao sistema orogênico do depósito Mundinho, alinhadas ao longo das zonas de cisalhamento de orientação N-S, próximas à falha Rio dos Bois. Suas ocorrências auríferas se dão na forma de veios de quartzo sulfetados, hospedados em rochas metaplutônicas, intrudidas em meio às rochas metapsamopelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Campinorte (Oliveira *et al.*, 2006).

7.1-Recursos Minerais do Projeto Mara Rosa

Com base no contexto metalogenético apresentado, esta seção detalha as ocorrências e potencialidades minerais descritas no âmbito das áreas mapeadas pelo Projeto Mara Rosa. Os recursos apresentados incluem ocorrências de natureza metálica e rochas e minerais industriais, sendo os metálicos agrupados com base em seus aspectos genéticos, conforme a divisão estabelecida por Robb (2005). Os processos metalogenéticos descritos incluem modelos genéticos magmático-hidrotermais (Sistema Pórfiro-Epitermal), hidrotermais (Sistema Aurífero Orognico) e residuais/supergênicos.

7.1.1-Sistema Pórfiro-Epitermal

Diversas feições descritas nas áreas de estudo podem ser interpretadas como expressões de um sistema de mineralização do tipo pórfiro-epitermal, associadas aos depósitos Chapada, Saúva e Formiga. Dentre elas, destacam-se os halos de alteração hidrotermal, associados às rochas da Unidade Hidrotermal, caracterizados por associações de rochas calcissilicáticas, ricas em epidoto e anfibólios, e rochas aluminosas, ricas em cianita e muscovita.

Processos de sulfetação marcados por disseminação de pirita e calcopirita, foram descritos majoritariamente em meio às rochas da associação aluminosa, como cianititos e cianita-xistos. Estas rochas, conforme evidenciado no Capítulo 4, se dispõem ao longo de uma faixa NE-SW quilométrica, com inflexão E-W, ao longo das áreas IV, V, VI e VIII, tendo forte expressão topográfica e assinatura branca na composição ternária RGB da gamaespectrometria (Capítulo 3), contrastando com as rochas encaixantes. Esporadicamente, a malaquita pode ser encontrada em associação com rochas sulfetadas (áreas VI e IX), sendo interpretadas como minerais de alteração de sulfetos de cobre primários. Demais ocorrências de pirita e calcopirita foram observadas, de maneira disseminada, como minerais acessórios nas rochas metavulcanossedimentares e metaplutônicas do Arco Magmático Mara Rosa, podendo ser produtos distais, com menor expressividade, dos halos de alteração hidrotermal observados.

Dentre as associações de rochas calcissilicáticas descritas ao longo da região mapeada, destaca-se um conjunto observado na área VIII, composta por biotita, clinopiroxênio, granada, hornblenda, clorita, epidoto e quartzo, exibindo feições típicas de zonação composicional. Esta associação de rochas se desenvolve em meio aos dioritos dos Ortognaisses Mara Rosa, sendo interpretadas como um sistema *skarn*, gerado por fluido pervasivo, sem relação direta observada com pluton gerador. Esta ocorrência pode ser correlacionada ao depósito Formiga, onde a mineralização de Cu-Au é encontrada na forma de sulfetos maciços, compostos por pirita, calcopirita e bornita.

7.1.2-Sistema Aurífero Orogênico

Evidências de mineralização associadas ao sistema orogênico foram descritas nas áreas V, VI e X. Nas áreas V, VI, processos hidrotermais epigenéticos associados à zonas de cisalhamento NE-SW e ENE-WSW, podem ter condicionado o crescimento de sulfetos em planos axiais, zonas de charneira e sombras de pressão de sigmoides (Oliveira, 2009).

Evidências dessas mineralizações são nítidas em rochas calcissilicáticas no corte da FICO (Ferrovia de Integração do Centro-Oeste), localizada na área VI.

Na área X, sua principal ocorrência é o Garimpo Viúva, o qual possui gênese associada a um plutonismo paleoproterozoico pós-tectônico, fortemente controlado pelo sistema transcorrente N-S, responsável também pela formação dos depósitos Mundinho, Zé Nunes e Pedro Coelho, entre outros (Oliveira, 2004; Abdallah, 2014). A mineralização ocorre em veios, bolsões e lentes de quartzo com disseminações de sulfetos (pirrotita, pirita e calcopirita) em rochas graníticas e metassedimentos psamo-pelíticos, relacionadas a zonas de biotitização e muscovitização. Entre as áreas IX e X, está localizado também o Garimpo Chico de Assis, cujo contexto metalogenético foi pouco estudado.

7.1.3-Sistema Residual/Supergênico

Ao longo de todas as áreas do Projeto Mara Rosa, foram descritos horizontes de alteração caracterizados por intensos processos de lixiviação, conforme descrito nos Capítulos 1 e 4, resultando na geração de crostas lateríticas ferro-manganesíferas disseminadas, ocorrendo especialmente a partir das cotas de 400 metros do relevo, aproximadamente. Embora estas concreções sejam comumente encontradas nas regiões adjacentes, sua disposição na área de estudo se mostra relevante por conta dos tipos de rochas aos quais se associam. Rochas metassedimentares químicas, como gonditos e formações ferríferas, podem ser encontradas de maneira disseminada ao longo de toda a região mapeada, caracterizando protominérios para formação de crostas ferríferas e manganesíferas economicamente exploráveis.

As rochas metassedimentares químicas ocorrem associadas às sequências metavulcanossedimentares Mara Rosa, Santa Terezinha e Campinorte, ocorrendo pontualmente ao longo de todas as áreas do projeto. Estas unidades afloram de maneira mais significativa nas áreas I, III, IV, V, VII, VIII e XI, onde caracterizam unidades em escala mapeável, tendo maior potencial para a geração de depósitos minerais em concreções lateríticas associadas.

7.1.4- Minerais e Rochas Industriais

Segundo Ciminelli (2005), Minerais e Rochas Industriais agrupam todas as rochas e minerais, tanto naturais quanto sintéticos, predominantemente não-metálicos, cujas propriedades físico-químicas podem ser utilizadas para aplicações como matéria prima para atividade industrial, bem como insumos e aditivos para seus processos. Suas aplicabilidades incluem a indústria de construção civil, cerâmica, cimento, fertilizantes, metalurgia,

química, celulose, vidros, tecnologia, entre outros. Para o Projeto Mara Rosa, foram elencados potenciais de aplicação industrial para ocorrências de cianita, grafita, talco, areia e seixos, além de rochas ornamentais e minerais com potencial gemológico.

A associação de rochas ricas em cianita, descritas acima como um halo hidrotermal do sistema pórfiro, são feições de suma importância para as potencialidades econômicas do Projeto Mara Rosa. Além de uma litocapa indicativa das mineralizações magmático-hidrotermais, os cianititos e cianita-xistos observados nas áreas III, IV, V, VI e VIII podem ser diretamente explorados para aplicação na indústria de materiais refratários e/ou gemológicos (Joffily & Oliveira *in* Luz & Lins, 2008).

Ocorrências de talco xistos são descritas nas áreas II, III, IV e V, caracterizando rochas metaultramáficas, aflorantes em meio às rochas das Sequências Metavulcanossedimentares Santa Terezinha e Mara Rosa e aos Ortognaisses Mara Rosa. As principais aplicações do talco na indústria se baseiam em uso como matéria prima para fabricação de produtos diversos, incluindo cosméticos, tintas, cerâmica, papel, borracha, inseticidas e fertilizantes (Almeida & Pontes *in* Luz & Lins, 2008).

Uma ocorrência de quartzitos grafitosos foi descrita na área IV, em meios às rochas metassedimentares químicas da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa. Embora a grafita ocorra associada a grandes quantidades de quartzo, existe potencial de aplicabilidade industrial. Seus usos na indústria são diversos, incluindo materiais refratários, baterias, lubrificantes, grafite para lápis, galvanoplastia, entre outros (Sampaio *et al.* *in* Luz & Lins, 2008).

Extensos depósitos aluvionares de areia e seixos podem ser observados ao longo das áreas do Projeto Mara Rosa. Em especial, os canais de drenagem Rio dos Bois, Rio Formiga, Ribeirão das Antas e Ribeirão Santa Maria apresentam potencial para extração de sedimentos, tendo em vista a dimensão de seus canais e seu fluxo intenso, capaz de transportar e acumular material de granulometria média a grossa. As aplicabilidades da areia na indústria são variadas, especialmente para sedimentos puros (quartzosos) e bem selecionados. Além do abastecimento da construção civil, a areia é utilizada na fabricação de vidro, moldes para fundição, cerâmica, refratários, cimento, entre outros. Já os sedimentos de granulometria mais grossa, como grânulos e seixos, são utilizados em construção civil e para aplicações ornamentais, em especial quando arredondados e esféricos (Luz & Lins, 2008).

Embora não exista extração de rochas ornamentais em atividade no contexto do Projeto Mara Rosa, algumas porções do Plúton Faina, aflorantes nas áreas I, II, III e VII,

mostram potencial para aplicações ornamentais. Estas rochas possuem granulação média a grossa, com composição granítica a tonalítica. Além do Plúton Faina, os Leucogranitos Bom Jesus, a Suíte Pau de Mel e as rochas exóticas da Unidade Hidrotermal, ricas em cianita e epidoto, também podem ser utilizados para fins ornamentais.

Por fim, minerais com potencial para utilização gemológica são encontrados na maior parte das áreas mapeadas. Além das rochas ricas em cianita, de granulação grossa, destacam-se as disseminações de veios de quartzo ricos em epidoto, descritos ao longo das unidades do Arco Magmático Mara Rosa. Os cristais de epidoto são vistos na forma de prismas eudrais, chegando a tamanhos centimétricos. Veios pegmatóides ricos em quartzo, muscovita e/ou turmalina são, por vezes, encontrados em associação. Já no contexto da área VII, encontram-se cristais de granada euédricos, chegando a tamanhos centimétricos. Estes cristais podem ser aplicados, tanto para fins gemológicos, quanto para a indústria de abrasivos. Sua gênese está associada ao *hornfels* desenvolvido entre as rochas intrusivas do Plúton Faina e as encaixantes metassedimentares pelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha.

7.2 RECURSOS MINERAIS DA ÁREA I

A maior parte da potencialidade econômica da área consiste nas ocorrências de manganês associado aos gonditos, esses gonditos tem como um possível protólito rochas metapelíticas/metapsamíticas ricas em Mn da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, onde tem a ocorrência dessas rochas metassedimentares de origem química. Na área também é encontrado com menos frequência quartzitos ferruginosos que manifestam-se, comumente intercalados com muscovita-quartzo xistos em domínios restritos da área, também associados aos gonditos disseminados pela área.

7.2.1 Ocorrência de Mn

Na área as ocorrências de manganês estão distribuídas de forma bastante homogênea na porção central e leste da área (Pontos 1, 5, 54, 70, 72, 127, 131, 156) (Figura 7.2), essas ocorrências de manganês em gonditos estão dispostos em forma de blocos soltos e situ, alinhados na direção N30E, possuindo em sua composição granada manganésifera (espessartita) que se apresenta alterada, quartzo e óxidos de ferro, como descrito no capítulo 5 (Geologia Local).



Figura 7.1: Exemplos de gonditos expostos na área I. A esquerda um afloramento in situ e a direita amostras de gonditos exibindo óxidos de Fe-Mn (suja as mãos). Afloramento TF22_I_1 659422; 844528

Um fato importante com relação aos gonditos in situ, é que sua presença ocorre nas regiões mais altas da área em cotas que variam entre 375 a 400 metros, a exposição superficial nessas regiões de platô da área, pode indicar o motivo de um intemperismo mais acentuado nesses gonditos, outro fator que contribuiu para um aumento desse intemperismo é por que as rochas dessa parte da área estão na transcorrência fazendo com o aumento do ângulo contribua. Nessa região de platô nota-se uma grande quantidade de poeira escura que cobre toda área no entorno dos afloramentos devido a porção oxidada dos blocos de oxi hidróxidos de manganês.

Os quartzitos ferruginosos em porções da área próxima aos gonditos seria um lugar propício para Bifs, devido à presença de hematita considerável.

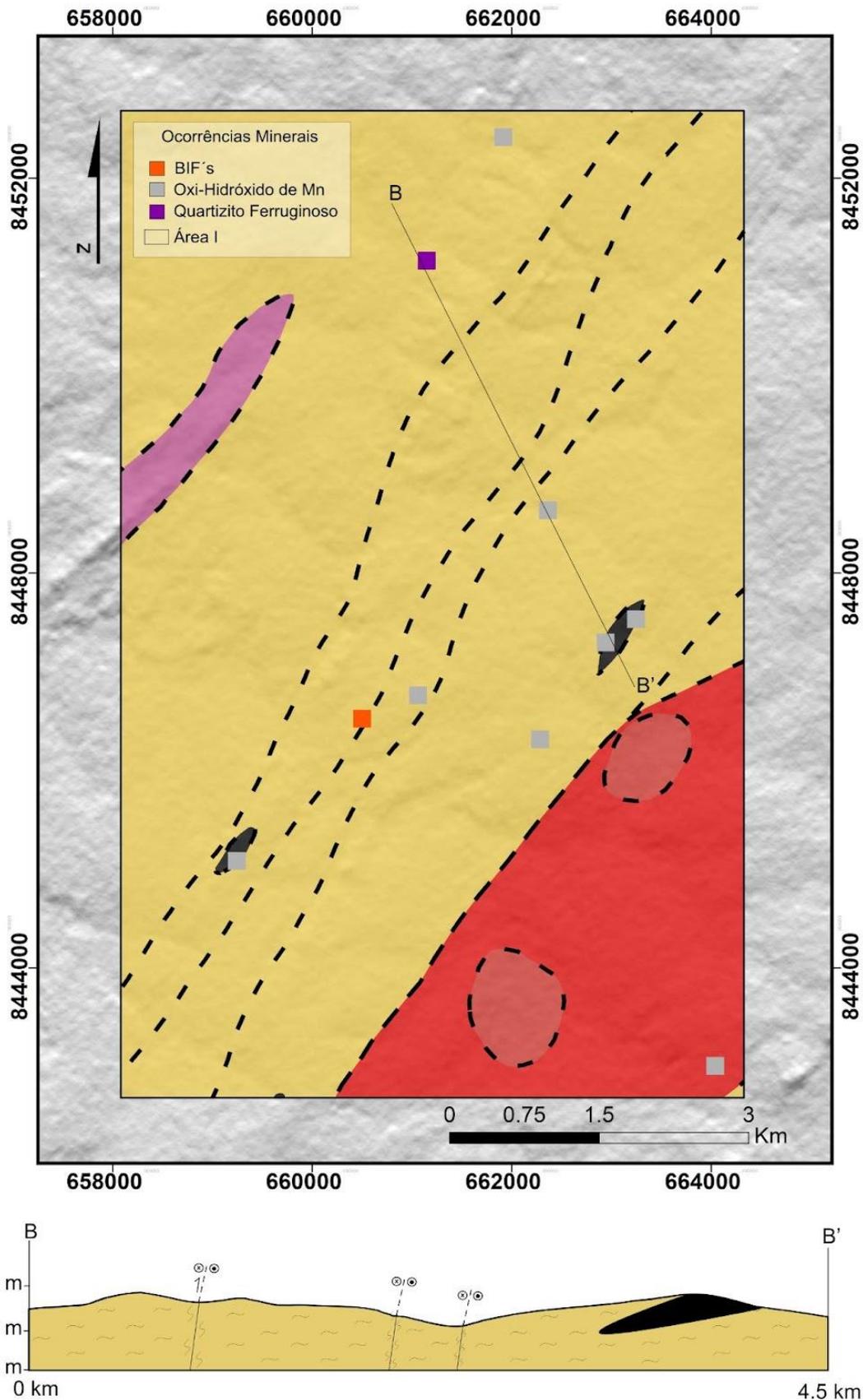


Figura 7.2: Mapa com a distribuição geográfica dos afloramentos com ocorrência mineral in situ e amostras de blocos rolados pontuais.

A ocorrência dos gonditos pode ser enquadrado num modelo de depósito geológico tectônico (simplificado de COX et al, 1989) como sendo um depósito sedimentar-químico.

Através das características apresentadas poderia indicar que talvez exista a possibilidade de um potencial depósito de manganês presente na área I, que poderia ser classificado como um depósito secundário de enriquecimento residual, associado a um processo de enriquecimento supergênico progressivo que originou o manganês.

7.3-Considerações Metalogenéticas

A área I, está inserida principalmente no contexto das rochas metapelíticas da Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha não apresenta potencial metalogenético. Entretanto, considerando-se a Sequência Metavulcanossedimentar no âmbito geral de metamorfismo em baixo grau do Projeto Mara Rosa, são descritas manifestações de talco ao nordeste da área II do projeto, associada as lentes máficas ultramáficas. Também na área VII, e no afloramento do ponto TF22_I_2 são evidenciadas granadas centimétricas euédricas óxidas e dispostas ao longo da zona de cisalhamento do Faina.



Figura 7.4: Afloramento ponto TF22_I_2 (664401; 8442714), destacando granadas centimétricas.

8-EVOLUÇÃO TECTÔNICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento tectônico das unidades descritas e classificadas no Projeto Mara Rosa (PMR), utilizando dados e informações de revisões bibliográficas aliadas às características individuais que definem as relações estruturais e petrogenéticas destas unidades. Para fins de simplificação e adequação das evidências encontradas foi adaptada a divisão proposta por Frasca (2015) que divide a evolução do Arco Magmático Goiás (AMG) em cinco estágios principais, sendo eles: (1) Arco Paleoproterozóico; (2) Arco Intra-Oceânico Neoproterozóico; (3) Colisão Arco-Continente; (4) Colisional a Pós-Colisional; e (5) Extensional Pós-Orogênico (Tabela 8.1).

Estágio Tectônico	Idade	Arco Correspondente
Arco Paleoproterozóico	Riaciano, Paleoproterozóico 2300-2000 Ma (Cordeiro & Oliveira, 2017)	Campinorte
Arco Intra-Oceânico Neoproterozóico	Toniano, Neoproterozóico 900-800 Ma (Oliveira <i>et al.</i> , 2004)	Mara Rosa
Colisão Arco-Continente	Criogeniano, Neoproterozóico 670-600 Ma (Oliveira <i>et al.</i> , 2004)	Santa Terezinha de Goiás
Colisional a Pós-Colisional	Ediacarano, Neoproterozóico 590-560 Ma (Oliveira <i>et al.</i> , 2004)	-
Extensional Pós-Orogênico	Fanerozóico (Frasca, 2015)	-

Tabela 8.1. Resumo dos principais estágios de evolução tectônica das unidades geológicas da área do PMR.

A compartimentação tectônica da área do PMR tem seu contexto atrelado ao setor setentrional do Orógeno Brasília, mais especificamente na porção sudeste do Arco Mara Rosa. Esse setor é resultado dos eventos orogênicos ocorridos entre os crátons São Francisco e Amazônico, envolvendo acreções de unidades tectônicas como o Maciço de Goiás e o AMG (Uhlein *et al.*, 2012).

Diversos estudos utilizando diferentes métodos geocronológicos foram realizados para a definição das unidades tectônicas que ocorrem no PMR. Além disso, os eventos tectônicos de acreção crustal foram destacados a partir das grandes estruturas que ocorrem nas áreas do projeto e se estendem para outras áreas do Arco Mara Rosa. Por fim, os estágios que dizem respeito ao final da orogênese, sendo eles colisional, pós-colisional e de extensão orogênica, foram sugeridos a partir das feições tectônicas superimpostas na área.

8.1. Evolução Tectônica do Orógeno Brasília

O Orógeno Brasília é caracterizado por um cinturão de dobramentos resultantes de eventos de acreção crustal de idades neoproterozoicas, localizado na porção leste da Província Tocantins e na porção ocidental do Cráton São Francisco (Almeida *et al.*, 1977; Hasui & Almeida, 1970; Fuck *et al.*, 2005), formado durante a orogenia Brasileira-Panafricana. O uso de dados de U-Pb, em conjunto com Sm-Nd e Lu-Hf, permite entender que a evolução do orógeno se dá entre 900 a 600 Ma (Pimentel & Fuck 1992; Cordani *et al.*, 2013a) no Gondwana Ocidental, tendo início a partir de arcos de ilha intra-oceânicos, eventos de subducção, formação de arcos magmáticos, acreção de terrenos por eventos colisionais, arcos continentais e posterior fechamento do oceano Goiás (Almeida *et al.*, 1977; Hasui & Almeida, 1970; Fuck *et al.*, 2005).

Pimentel & Fuck (1992) o dividiram em dois segmentos, o domínio interno e o domínio externo, que se distinguem pelo grau metamórfico que se apresenta mais elevado em direção ao centro do orógeno. Ainda, se considera uma divisão que leva em conta suas características estruturais, tectônicas, geocronológicas e diferenças estratigráficas, dividindo o orógeno em setor meridional e setor setentrional (Unhlein *et al.*, 2012; Dardenne, 2000; Valeriano *et al.*, 2004, 2008; D`el-Rey Silva *et al.*, 2011). O setor meridional tem sua origem atrelada aos eventos colisionais entre os crátons São Francisco e Paranapanema, já o setor setentrional resulta dos eventos orogênicos ocorridos entre os crátons São Francisco e Amazônico (Unhlein *et al.*, 2012), envolvendo unidades tectônicas como o Maciço de Goiás, arcos magmáticos Mara Rosa e Arenópolis, pertencentes ao Arco Magmático de Goiás, e sequências sedimentares meso-neoproterozóicas

8.2. Evolução Tectônica do Arco Magmático Goiás

O modelo de evolução tectônica mais recente do Arco Magmático Goiás leva em conta quatro estágios relacionados à evolução do Orógeno Brasília, sendo eles: (i) subducção intra-oceânica; (ii) magmatismo sin-tectônico colisional; (iii) magmatismo pós-tectônico colisional; e (iv) extensional pós-orogênico.

Os dois principais eventos de magmatismo do Arco Mara Rosa foram datados de 900 a 800 Ma, ocorrendo durante o estágio tectônico de subducção, e de 670 a 600 Ma, relacionado ao estágio sin-tectônico colisional. O evento mais antigo de magmatismo é considerado parte de um contexto de arco de ilha e o mais novo, de um arco continental (Oliveira *et al.*, 2004).

Além disso, houveram dois picos de metamorfismo, um de 760 a 730 Ma de altas condições de P-T, na transição do arco de ilha para arco continental, e outro de 630 Ma, de mais baixas condições de P-T, durante a orogênese do Brasileiro que juntou os crátos Amazônico e São Francisco (Oliveira *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2016).

Após esses principais eventos de magmatismo e metamorfismo, ocorreu um estágio de magmatismo pós-tectônico colisional, caracterizado pela extensão litosférica e intrusão de corpos graníticos, como biotita granitos e leucogranitos, e gabro-dioritos, entre 590 a 560 Ma. Além disso, houve um estágio extensional pós-orogênico, que causou a intrusão de leucogranitos e gabro-dioritos (Oliveira *et al.*, 2004).

De acordo com Oliveira *et al.* (2016) e Ferreira (2020), a Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa, os Ortognaisses Mara Rosa e o Ortognaisse Amarolândia podem ser correlacionados ao primeiro evento de magmatismo do Arco Mara Rosa, no estágio insular. Nesse contexto, o plúton sin-tectônico Amarolândia foi datado em 870 Ma (Ferreira, 2020).

Oliveira *et al.* (2007, 2016) caracterizam a Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha de Goiás como o segundo estágio de magmatismo, agora do Arco Santa Terezinha, no estágio continental. O Plúton Faina intrude a sequência, sendo datado em 576 Ma (Junges *et al.* 2002a, 2003).

8.2.1. Estágio de Arco Paleoproterozóico

O Maciço de Goiás é uma amalgamação de rochas cristalinas com idades arqueanas a mesoproterozoicas localizadas a leste do Arco Magmático de Goiás. A interpretação sobre o significado tectônico desta unidade adotada neste trabalho está de acordo com a de Cordeiro & Oliveira (2017), que sugerem que o maciço seja uma extensão pericratônica na margem oeste do Cráton São Francisco. De acordo com Pimentel (2000), o Maciço de Goiás pode ser dividido em três domínios distintos: Crixás-Goiás, Campinorte e Cavalcante-Arraias.

O Arco Campinorte é descrito pelas rochas da sequência metavulcanossedimentar Campinorte, os metagranitos a metatonalitos da Suíte Pau de Mel e os granulitos do Complexo Uruaçu (Cordeiro *et al.*, 2017) e está associado ao Domínio Campinorte (Giustina *et al.*, 2009 e Cordeiro *et al.*, 2014). Dados geocronológicos U - Pb realizados em zircão de amostras de quartzitos micáceos supracrustais indicam idades máximas de deposição desse domínio em cerca de 2190 Ma (Giustina *et al.*, 2009), enquanto dados adquiridos por análises

em zircão em amostras de metatufos riolíticos indicam idades de 2179 ± 4 Ma (Giustina *et al.*, 2009).

Cordeiro *et al.* (2014) também datou, por intermédio da análise de zircões em granulitos, idades 2170 ~ 2080 Ma para o domínio Campinorte, o que corrobora a ideia de que esse arco foi formado no paleoproterozoico. Ademais, valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ variando entre - 2.1 e + 3.4 descrevem uma maior participação de uma crosta paleoproterozoica em detrimento de uma arqueana para esse domínio (Giustina *et al.*, 2009).

A partir disso, e levando em consideração as rochas descritas dentro do domínio campinorte pelo PMR, à saber, rochas metavulcânicas intermediárias (p. ex. metadacitos e metariolitos), bem como xistos (p. ex. muscovita - clorita xistos), metassedimentos químicos (p. ex. gonditos) e granulitos, além de rochas associadas a intrusões graníticas, mais especificamente de composições graníticas a tonalíticas, é possível interpretar que esse domínio está associado a um ambiente deposicional marinho próximo a um arco magmático (Giustina *et al.*, 2009).

Dessa forma, é possível que a evolução geológica da área PMR tem início no paleoproterozoico, mais especificamente, na formação do Arco Campinorte, a qual ocorreu entre 2300 ~ 2000 Ma (Cordeiro *et al.*, 2017), uma vez que o domínio Campinorte abrange as rochas mais antigas do projeto. Um modelo esquemático que ilustra a formação do Arco Campinorte, bem como as feições geotectônicas associadas ao magmatismo de um arco, é apresentado na Figura 8.1.

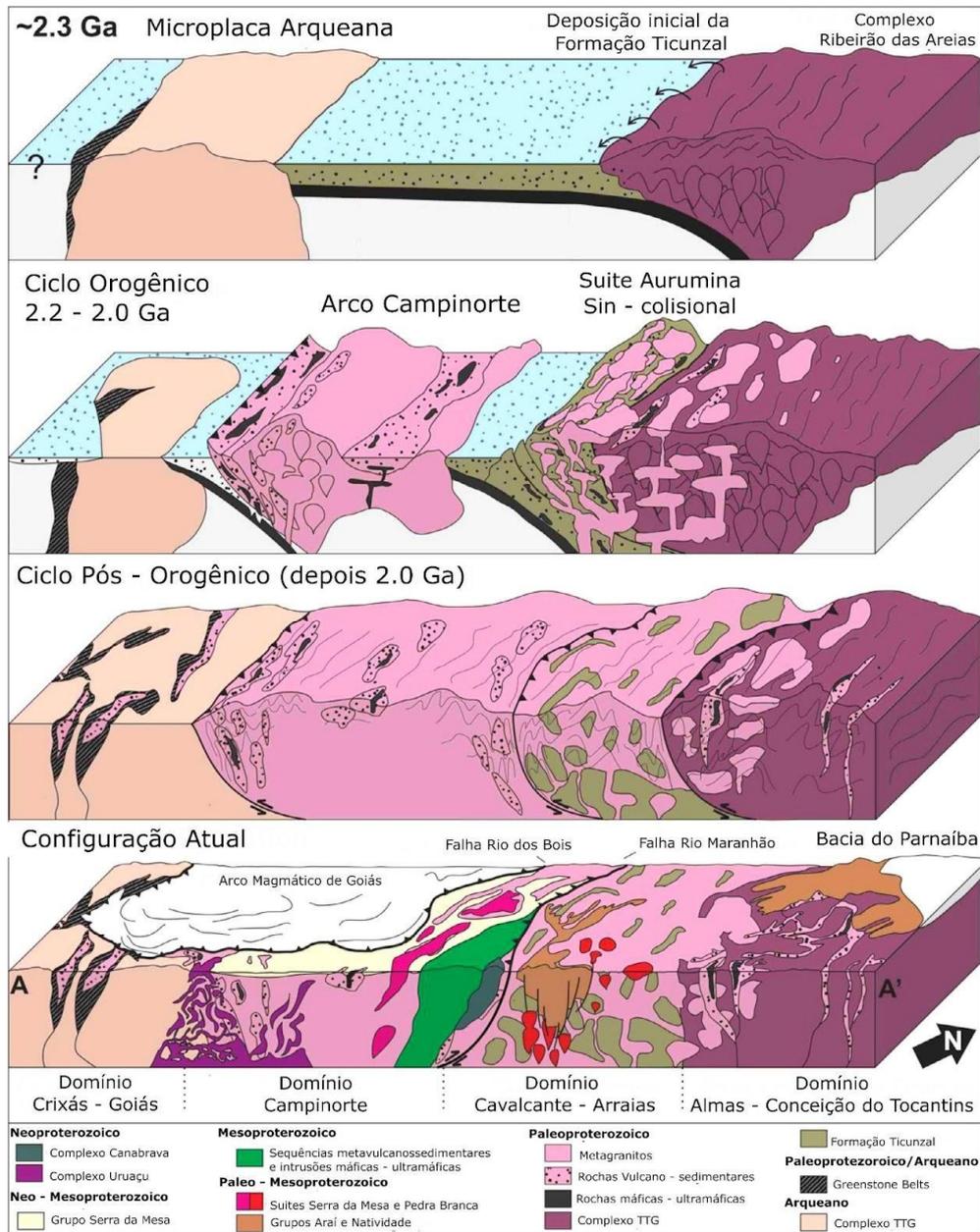


Figura 8.1: Modelo de evolução tectônica do Maciço de Goiás durante a fase do orógeno (2200 a 2000Ma). Destaque para a formação do Arco Campinorte, o qual é a única unidade contida no contexto do PMR (Adaptado de Cordeiro et.al, 2017).

As rochas pertencentes ao Domínio Campinorte, dentro do contexto do PMR, possuem uma foliação milonítica N - S impressa, interpretada como um evento E_0 , de idade pré-brasiliana. A análise dos dados estruturais permite sugerir que estas estruturas tenham sido geradas como resposta a um evento transcorrente, responsável pela formação das zonas de cisalhamento observadas no extremo SE da área do PMR, mais especificamente na área X. Associada a deformação do evento E_0 , há metamorfismo em fácies xisto verde inferior.

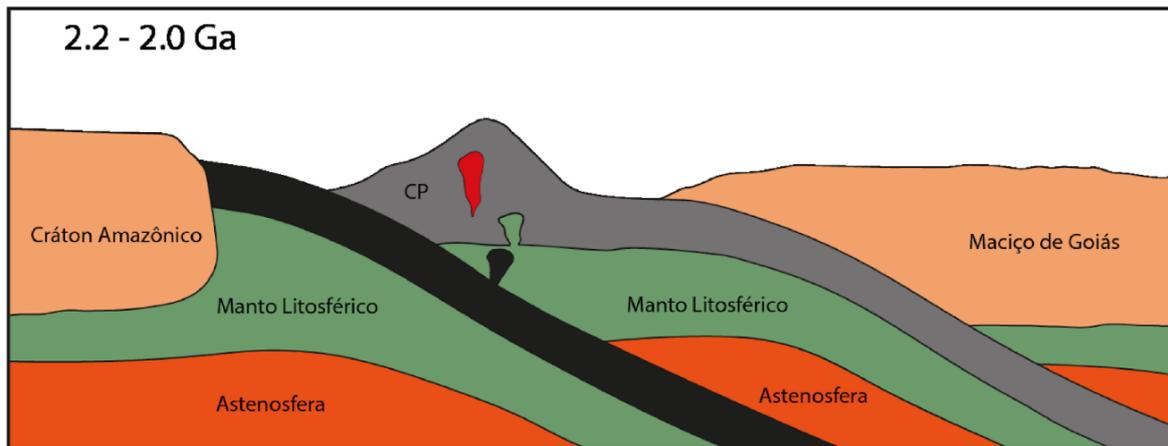


Figura 8.2: Estágio de Arco Paleoproterozoico, ocorrido entre 2200 e 2000 Ma. CP = Arco Campinorte.

8.2.2. Estágio de Arco Intra-Oceânico Neoproterozoico

O início da formação do AMG é marcado pelo consumo e fechamento do Oceano Goianides-Pharusian (Kröner & Cordani, 2003; Caby, 1994; Valeriano *et al.*, 2004) entre os crátons Amazônico e São Francisco, a princípio como arcos acrescionários insulares e posteriormente como margens continentais e orógenos colisionais com reciclagem crustal (Junges *et al.*, 2002; Laux *et al.*, 2005).

O primeiro período de acreção magmática de idade 900 a 800 Ma marca o início de sua evolução (Figura 8.3), com o processo de subducção da litosfera oceânica localizada entre o Cráton Amazônico e o Maciço de Goiás, ocasionada por esforços compressivos gerados pela colisão dos crátons (Viana *et al.*, 1997). Tal processo gera um sistema de arcos de ilha intraoceânicos e bacias de retro-arco, caracterizados por rochas vulcânicas calcialcalinas intermediárias a ácidas e metaluminosas, bem como corpos plutônicos tonalíticos e dioríticos, alguns dos quais com características geoquímicas semelhantes a magmas adakíticos (Chiarini, 2007). Na porção do Arco Magmático Mara Rosa, as rochas apresentam razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ iniciais baixas, idades de cristalização de 848 Ma e 810 Ma, idade modelo TDM principalmente entre 1,1 e 0,8 Ga e valores ϵNd positivos, sugerindo fontes juvenis (Pimentel & Fuck, 1992; Laux *et al.*, 2005, Matteini *et al.*, 2010).

Na área do PMR, a estrutura que marca a acreção da sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa ao embasamento paleoproterozóico Campinorte é marcada pela Zona de Cisalhamento Rio dos Bois. As rochas descritas dentro do domínio são representadas por um conjunto extenso de anfibolitos, paragneisses e xistos aluminosos, com eventuais associações de rochas metaultramáficas, especialmente na porção norte da área. Subordinadamente, ocorrem rochas metaquímicas, definidas por gonditos, metacherts e formações ferríferas. Além disso, na sequência encontra-se intrusões tardias pós tectônicas

de composição granítica a diorítica. Os litotipos encontram-se metamorfizados em condições de fácies anfíbolito, com retrometamorfismo em fácies xisto verde inferior.

A predominância da composição calci-alcalina dessas rochas magmáticas indica a ação de contínuos processos relacionados à subducção. Dantas *et al.* (2007) acrescentaram que na região as rochas plutônicas são peraluminosas, com assinatura isotópica de material juvenil relacionado à evolução dos arcos.

O estágio intra-oceânico é representado pelo início do evento tectônico E_1 , de idade neoproterozoica. O regime compressivo regional nesse estágio está relacionado a formação de xistosidade e bandamento gnáissico em rochas da sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa, ambas com direção de mergulho para NW. No plano de foliação, associa-se lineação de estiramento mineral com transporte tectônico para SE.

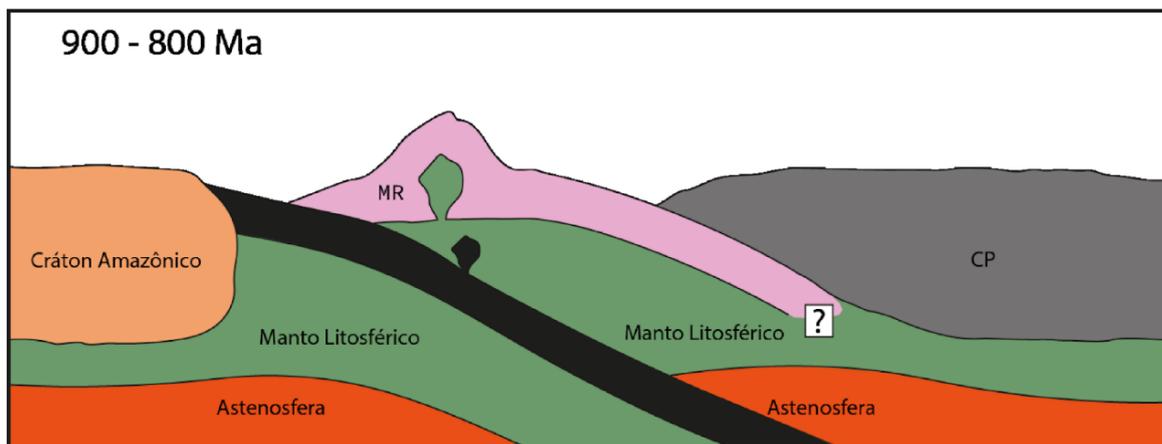


Figura 8.3: Estágio de Arco Intra-Oceânico Neoproterozoico. CP = Arco Campinorte, MR = Arco Mara Rosa.

8.2.3-Estágio de Colisão Arco-Continente

A evolução do estágio de arco intra-oceânico é marcada pelo desenvolvimento de uma margem continental ativa, onde há a formação do denominado arco magmático Santa Terezinha em 670-600 Ma (Figura 8.4). É nesse estágio em que há a formação da sequência metavulcanossedimentar Santa Terezinha, originalmente proposta por Souza & Leão Neto (1984). Essa sequência é composta majoritariamente por rochas metassedimentares, incluindo mica xisto feldspático, mica xisto e quartzito, além de uma unidade vulcânica de anfíbolitos e meta-andesitos (Fuck *et al.*, 2006). Dantas *et al.* (2001) dataram uma amostra de rocha metavulcânica félsica em 661 ± 8 Ma, atribuindo idade estimada para a sequência.

Na área do PMR, a estrutura que marca a acresção da sequência metavulcanossedimentar Santa Terezinha à sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa foi descrita por Chiarini (2007) como discordância geofísica Porangatu-Mutunópolis-

Amaralina. Para o projeto, foi denominada como Zona de Cisalhamento Amaralina, a qual possui extensão quilométrica, passando pelas áreas III, VII e de Mapeamento Geológico 2, com direção NE. Essa zona de cisalhamento é um importante limite tectônico, o qual justapõe dois estágios evolutivos do sistema de arco magmático.

À leste da zona de cisalhamento predominam rochas com ϵNd positivo (+0.01 e +8.01), o qual mostra a derivação a partir de uma crosta juvenil com pouca contaminação crustal. Essa assinatura está relacionada ao estágio de arco de ilha intra-oceânico (900-800 Ma) e corresponde a assinatura da sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa. A oeste, predominam rochas com ϵNd negativo (-25.44 a -0.60), com sugestão de entrada de material juvenil e reciclagem crustal. Essa assinatura demonstra um estágio de acreção mais evoluído, ou seja, de formação do arco magmático continental (Chiarini, 2007; Frasca, 2015). Dessa forma, o estágio de colisão arco-continente é marcado pela mistura de fontes, juvenis e crustais, em torno de 660 Ma quando se inicia o desenvolvimento da margem continental ativa.

Associado à progressão do estágio de arco de intra-oceânico, o estágio da colisão arco-continente ainda é representado pelo evento tectônico E_1 . O regime compressivo regional nesse estágio está relacionado a formação de xistosidade na sequência metavulcanossedimentar Santa Terezinha com mergulho para NW e lineação de estiramento mineral indicando transporte tectônico para SE. Junges et al. (2002) interpreta que o metamorfismo de 604-610 Ma é de baixa condições P-T, a partir de idades Sm-Nd e geotermobarometria em rochas metassedimentares do arco. Essa idade de metamorfismo foi observada no PMR em fácies anfíbolito com retrometamorfismo para xisto verde inferior (zona da clorita).

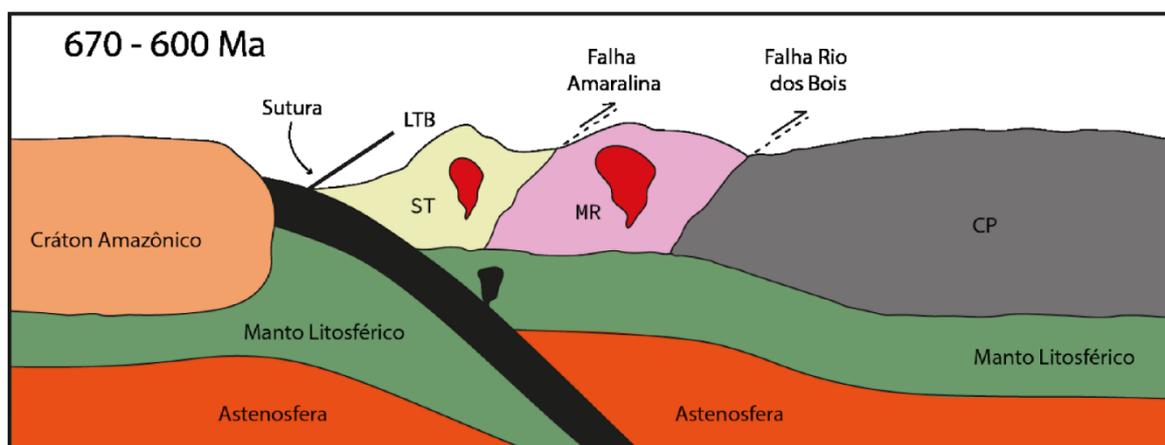


Figura 8.4: Estágio de Colisão Arco-Continente. ST= Arco Santa Terezinha de Goiás; MR = Arco Mara Rosa; CP = Arco Campinorte.

8.2.4. Estágio Colisional a Pós-Colisional

O estágio colisional a pós-colisional do Arco Mara Rosa está inserido no contexto de amalgamação do supercontinente Gondwana. O fechamento do ciclo Brasileiro resultou na formação de uma estrutura de magnitude continental, de orientação NE-SW, que ocorreu na porção oeste do supercontinente Gondwana, o Lineamento Transbrasiliano (LTB) (Schobbenhaus, 1975).

O LTB é um extenso feixe de falhas transcorrentes formadas durante o encurtamento crustal gerado no fim da orogenia neoproterozoica. Nesse contexto, insere-se no evento tectônico E_2 o qual no PMR é representado por zonas de cisalhamento transpressivas de orientação NE-SW com inflexões para E-W.

São observadas na área mapeada pelo projeto extensas zonas de cisalhamento dextrais paralelizadas de direção concordante ao LTB (Figura 8.5). Mais especificamente, na porção oeste do PMR, nas áreas I, II, III e VII. Tal geometria das zonas de cisalhamento é pronunciada em produtos geofísicos aeromagnéticos. Além dessas zonas, o LTB é o responsável pela assimetria geométrica do Plúton Faina, o qual é limitado pelas zonas de cisalhamento Varalzinho e Serra do Faina.

Ainda relacionado ao estágio colisional a pós-colisional, há um importante evento magmático Ediacariano (590-550 Ma), o qual registra um aumento na contribuição de material crustal e diminuição de fontes mantélicas (Frasca, 2015). O aumento nos valores de elementos como Pb e Th sugerem aumento da entrada de sedimentos na zona de subducção, confirmada pela presença de rochas de afinidade peraluminosa e valores negativos de ϵNd (Frasca, 2015).

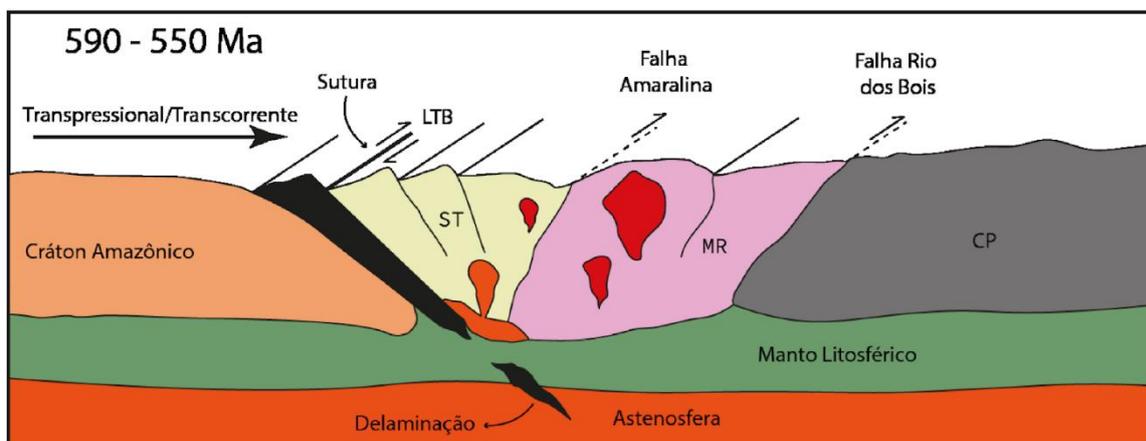


Figura 8.5: Estágio Colisional a Pós-Colisional. LTB = Lineamento Transbrasiliano; ST= Arco Santa Terezinha de Goiás; MR = Arco Mara Rosa; CP = Arco Campinorte.

8.2.5-Estágio Extensional Pós-Orogênico

O estágio extensional é caracterizado como o evento mais jovem de idade fanerozóica, definido como pós Brasileiro (Frasca, 2015) representado por estruturas rúpteis multidirecionais. Essas direções em sistema de falhas e fraturas de direção NW-SE, E-W e N-S que sobrepõem todas as unidades estratigráficas do PMR.

Dentre essas estruturas, destaca-se a presença de falhas e juntas associadas à reativação de zonas de fraqueza do LTB. Essas estruturas rúpteis foram responsáveis por gerar o padrão de drenagens atual, formando lineamentos de direção NW-SE. Este estágio pode ser responsável por intrusões de leucogranitos que ocorrem na área do PMR e se encontram pouco deformados.

Por fim, este é classificado como colapso pós-orogênico (Figura 8.6), que foi responsável pela geração de estruturas antitéticas de alívio. Porém, ainda não existem datações ou estudos detalhados referentes aos efeitos dessas estruturas no orógeno.

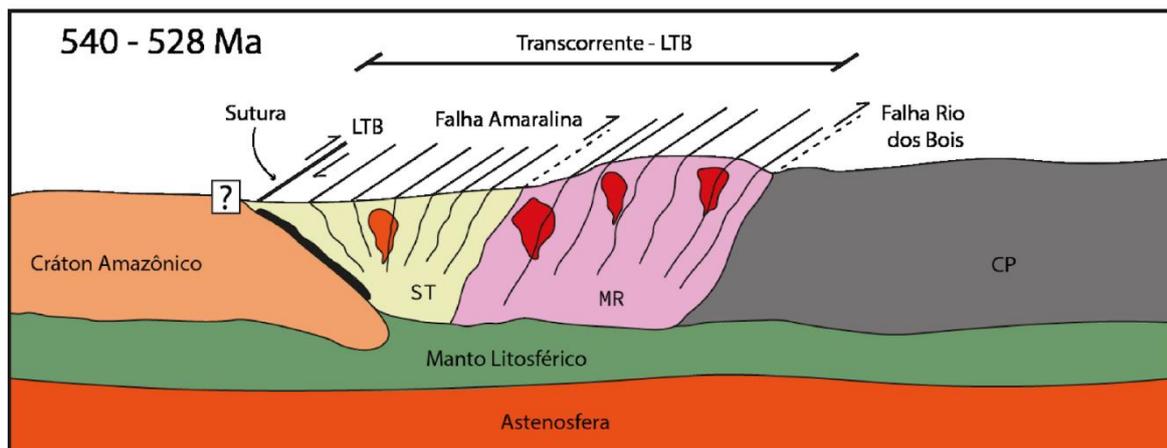


Figura 8.6: Estágio Extensional a Pós-Orogênico. Destaque para o colapso aproveitando as estruturas formadas durante o Transbrasiliano. LTB = Lineamento Transbrasiliano; ST= Arco Santa Terezinha de Goiás; MR = Arco Mara Rosa; CP = Arco Campinorte.

8.3-Modelo Evolutivo do Arco Magmático Mara Rosa

O início da evolução tectônica do Orógeno Brasília é marcado por períodos de acreção crustal durante o Paleoproterozoico e Neoproterozoico, envolvendo vários estágios de subducção. Esses estágios são colocados principalmente com relação aos crátons São Francisco e Amazônico, que atualmente se situam nas porções leste e oeste do Arco Mara Rosa, respectivamente. Além disso, os estágios relativos ao ápice da orogênese são marcados por uma tectônica transcorrente representada pelo Lineamento Transbrasiliano.

O primeiro estágio, ocorrido entre 2200 e 2000 Ma, é o da subducção do Arco Campinorte que evoluiu para o Maciço de Goiás, considerado uma extensão pericratônica do Cráton São Francisco (Cordeiro & Oliveira, 2017) (Figura 8.7-A-B). Em seguida, entre

900 e 800 Ma, houve um estágio de subducção de um arco intra-oceânico, correspondente ao Arco Mara Rosa (Oliveira *et al.*, 2004) (Figura 8.7-C).

O estágio de colisão entre o Arco Mara Rosa e o Cráton São Francisco, ocorrido entre 670 e 600 Ma, marcou a evolução de um arco intra-oceânico para um arco continental (Oliveira *et al.*, 2004) (Figura 8.7-D), correspondente ao Arco Santa Terezinha. O estágio colisional a pós-colisional, que ocorre entre 590 e 560 Ma, marca a colagem dos crátons Amazônico e São Francisco, representando a porção ocidental do supercontinente Gondwana (Oliveira *et al.*, 2004) (Figura 8.7-E).

Por fim, o colapso orogênico marca um período de tectônica extensional, possivelmente ocorrido durante o Fanerozóico (Frasca, 2015). Poucos estudos foram realizados nas áreas do PMR sobre as implicações desse estágio para a evolução tectônica da área, porém certamente apresenta feições que não se enquadram nos outros estágios tectônicos.

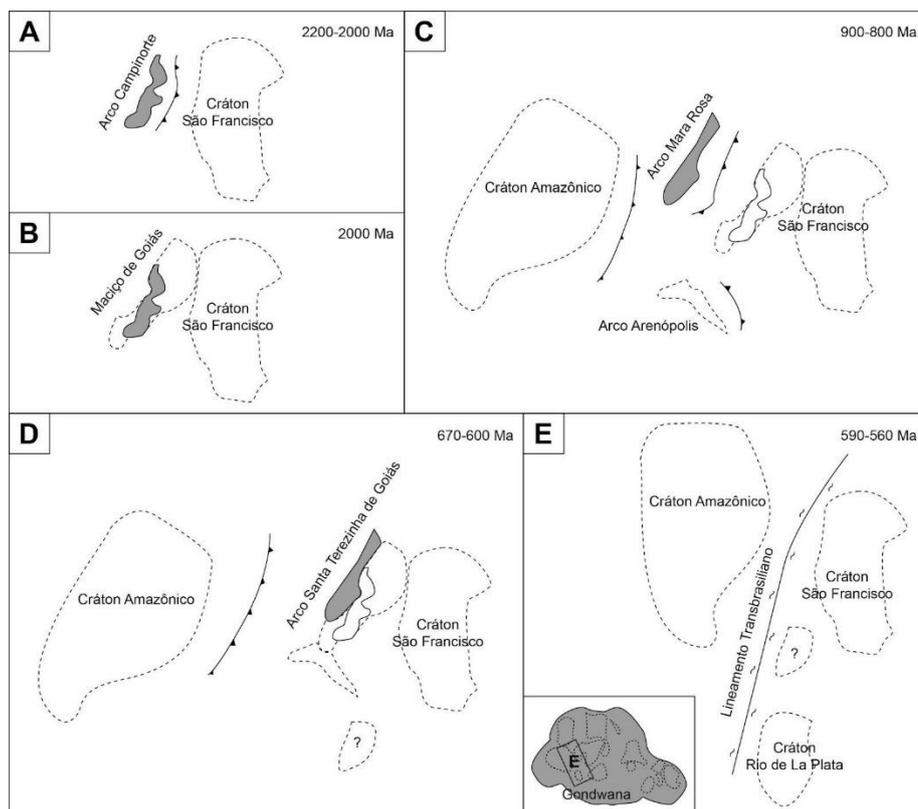


Figura 8.7: Estágios de evolução tectônica do Orógeno Brasília envolvendo os arcos Campinorte, Mara Rosa e Santa Terezinha de Goiás; **(A)** Estágio de Arco Intra-Oceânico Paleoproterozóico, correspondente ao Arco Campinorte, 2200-2000 Ma; **(B)** Maciço de Goiás como uma extensão pericratônica do Cráton São Francisco, 2000 Ma; **(C)** Estágio de Arco Intra-Oceânico Neoproterozóico, correspondente ao Arco Mara Rosa, 900-800 Ma; **(D)** Estágio de Colisão Arco-Continente, correspondente ao Arco Santa Terezinha de Goiás, 670-600 Ma; **(E)** Estágio Colisional a Pós-Colisional, destacando a influência do Lineamento Transbrasiliano no Orógeno Brasília após a formação do supercontinente Gondwana pela colisão entre os crátons. Adaptado de Oliveira *et al.* (2004)

9- CONCLUSÕES

Uma consideração importante para o Projeto Mara Rosa foi a elaboração detalhada da cartografia geológica regional com o mapeamento geológico da área na escala 1:25.000. As mudanças foram: i) refinamento dos contatos, ii) nova disposição de unidades e iii) descarte das unidades anteriormente, que não foram observadas no trabalho de campo. Essas informações relacionadas aos produtos obtidos durante este projeto são extremamente importantes para discutir a evolução tectônica. Outras contribuições são baseadas na aplicabilidade das ciências da Terra como uma ferramenta para determinar o potencial econômico da região.

9.1- Mudanças Cartográficas

Sobreposto em parte pelas Folha Campinorte (SD.22-Z-B-I), Folha Santa Terezinha (SD.22-Z-A-III) e pequena parte das Folha Bonfinópolis (SD.22-X-C-VI) e Folha Mutunópolis (SD.22-X-D-IV), apresenta resultados cartográficos mais detalhados e com mudanças significativas na área I (Figura 9.1), e consistem na redefinição de contatos, individualização de intrusões e lentes, refinamento da zona hidrotermal da região e das zonas de cisalhamento, proposição de novas unidades e mudanças conceituais.

A porção oeste do projeto Mara Rosa inclui Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, expondo as unidades Metapelíticas/Psamo-pelítica, Metassedimentar Química e Metamáfica-ultramáfica, além de ortognaisses de duas micas, com forte impressão tectônica gerada pelo Lineamento Transbrasiliano, não considerado anteriormente. A sequência possui características geoquímicas, contexto tectônico e litologia que apóiam sua origem no contexto da colisão arco-continente

Restritamente a área I, foi cartografada parte da Suíte Faina com suas respectivas fácies, até então desconhecida, representada por granitos/tonalitos pós-tectônicos, além da Unidade Psamo-Pelítica com diversidade em xistos que abrange a maior parte da área, o qual não foi possível separar. Estruturalmente foi possível identificar zonas de cisalhamento influenciadas pelo Transbrasiliano.

Dentre os contatos tectônicos proporcionados pela Falha Amaralina, ocorre a Sequência Metavulcano-sedimentar Mara Rosa, que ocupa a maior parte do projeto, com feições associadas à configuração do arco intraoceânico. A sequência é dada pelas unidades Metassedimentar Química, Metassedimentar Psamo-Pelítica, além das unidades Metavulcânica Máfica e Metaultramáficas. Intercalados nessa sequência estão os Ortognaisses Mara Rosa, entre o Ortognaisse Amarolândia e os Ortognaisses

Indiferenciados. A sequência contém eventos hidrotermais identificados por duas associações, uma com associação Aluminosa e outra Calcissilicática. O projeto destaca esse fator, considerando que, além do objetivo primordial de mapear as rochas presentes no projeto, espera-se que determinadas áreas estejam expostas a ambientes hidrotermais associados ao processo de mineralização. Assim, a individualização dessas unidades na área de observação pode ser observada no mapa integrado.

As principais dificuldades deste trabalho são: (i) a escassez de afloramentos de rochas, principalmente na Sequência Metavulcanossedimentar Santa Terezinha, ii) a falta de dados petro geoquímicos para correlação entre unidades geológicas e construção de modelos de evolução tectônica.

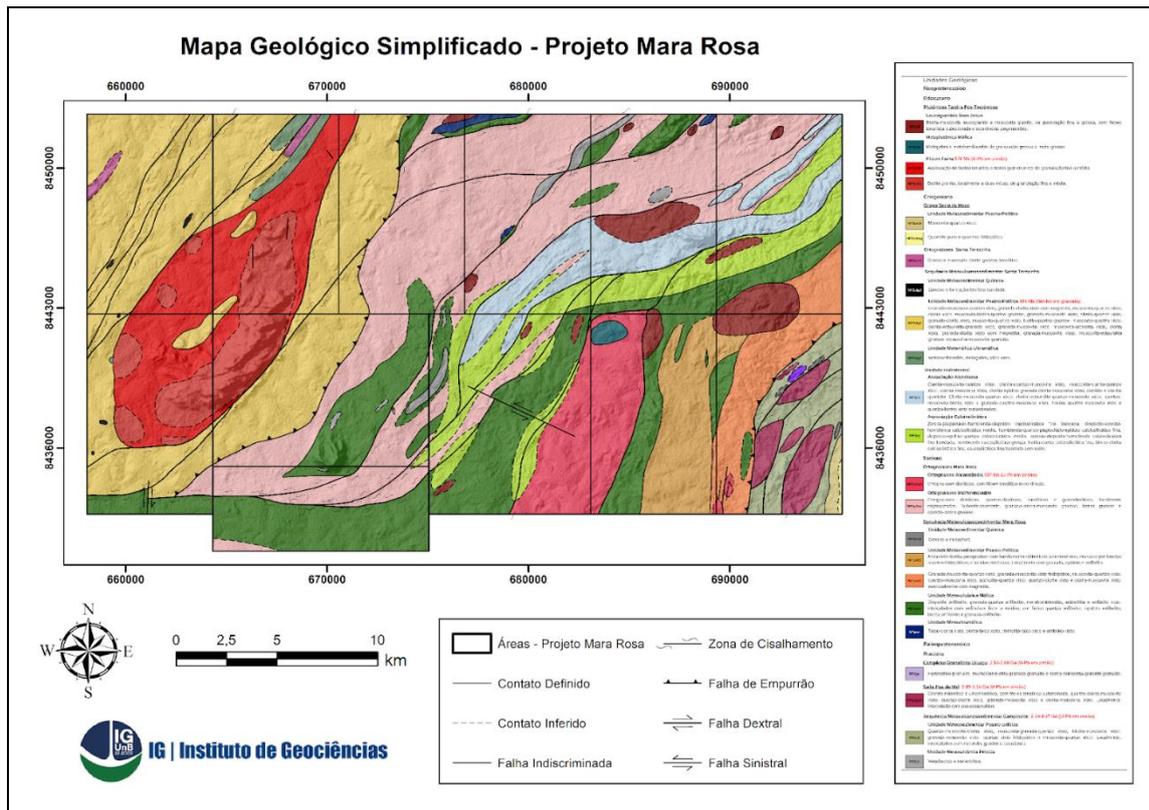
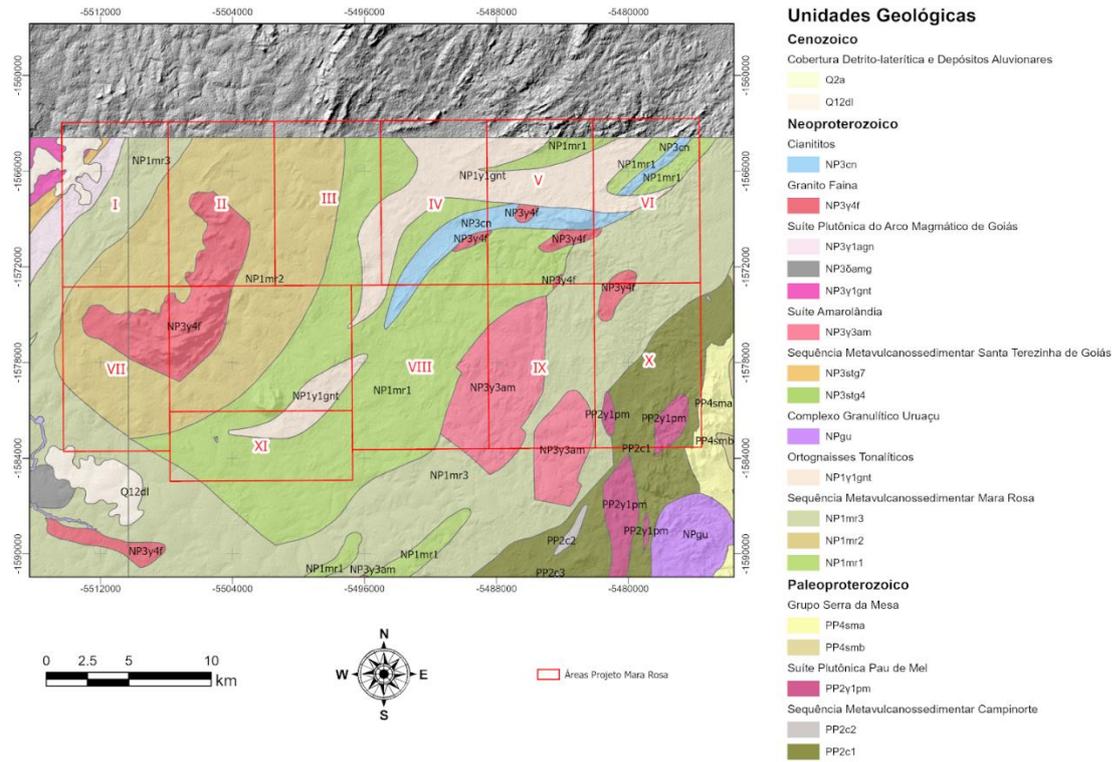


Figura 9.1: A cartografia realizada anteriormente, redistradas pelas Folhas Santa Terezinha e Campi Norte e cartográfica realizada pelo Projeto Mara Rosa.

REFERÊNCIAS

Abdallah, S. (2014). **Geology and geochemistry of Bois River Suite, Mara Rosa (GO): evidence of magmatic arc paleoproterozoic.** *Geochimica Brasiliensis*, 28(1), 43-43.

Almeida F.F.M. 1977. **O Cráton São Francisco.** *Revista Brasileira Geociências*, 7(4);349-364

Almeida, F. F. M.; HASUI, Y.; Brito Neves, B. B.; Fuck, R. A. 1981 **Brazilian Structural Provinces: An Introduction.** *Earth-Science Reviews*, v. 17, p. 1-29, DOI: 10.1016/0012-8252(81)90003-9

Arantes, D. et al. **The Mara Rosa volcano-sedimentary sequence and associated gold mineralization.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GEOLOGY OF GOLD, 1991, Belo Horizonte. Brazil Gold'91: Anais, Belo Horizonte: SBG. 1991. p. 221-229

Araújo Filho, J. O, 2000. **The Pirineus Syntaxis: An example of the intersection of two Brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of Western Gondwana.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 144-148, 2000. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10962>

Barros Neto L.S. 2000. **Evolução estrutural do distrito esmeraldífero de Campos Verdes, Goiás.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 111 pp.

Biondi, J. C. (2003). **Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros.** Oficina de Textos.

Blakey, R.J. (ed) 1996. **Potential Theory in Gravity & Magnetic Applications.** Cambridge University Press, 441 p.

Brito Neves, B.B. DE & CORDANI, U.G. 1991. **Tectonic Evolution of South America during the Late Proterozoic.** *Precamb. Res.* 53:23-40

Brito Neves, B. B. **América do Sul: Quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, n. 3, p. 379-392, 1999. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11069>

Brito Neves, B. B.; Fuck, R. A.; Pimentel, M. M. **The Brasiliano collage in South America: a review.** *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014. DOI:10.5327/Z2317-4889201400030010

Bucher, K., & Grapes, R. 2011. **Metamorphic Grade. In Petrogenesis of Metamorphic Rocks** (pp. 119-187). Springer Berlin Heidelberg.

Caby, **Renaud.** and implications for plate tectonic in the trans-Saharam segment of the Pan-African belt. *Eur. J. Mineral*, v. 6, p. 235-244, 1994.

Carlos de Barros Correa. Fonseca, 2010, **Lineamentos de drenagem e de relevo como subsídio para a caracterização morfoestrutural e reativações neotectônicas da**

área da bacia do rio preto, serra do espinhaço meridional – MG, D. N. Recife: UFPE-DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. [s.l: s.n.].

Chiarini, M. F. M. 2007. **Contribuição de aerogeofísica na caracterização de suturas e de sistemas transcorrentes: o exemplo de Porangatu, Brasil Central**. 134f. Dissertação (Mestrado de Geologia)- Universidade de Brasília, 2007

Ciminelli, R. R. (2005). 2. **Desempenho Funcional dos Minerais. Rochas & Minerais Industriais**, 31.

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Caderno de Caracterização Estado de Goiás/ Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba**; Brasília: Codevasf, 2021.

Coopera, G.R.J., D.R. Cowan. 2004. **Filtering using variable order vertical derivatives**. Volume 30, Edição 5 , Junho de 2004 , Páginas 455-459

Cox, D.P. & Singer, DA. (1986) **Mineral Deposit Models**, U.S. Geological Survey **Bulletin**,(1693):1.379.

Cordani, U. G.; Milani, E. J.; Thomaz Filho, A.; CAMPOS, D. A. (Eds). **Tectonic Evolution of South America**.31st International Geological Congress, Rio de Janeiro,. p. 231-236

Cordani, U. G, Pimentel, M. M, Araujo, C. E. G e Fuck, R. A. 2013. **The significance of the Transbrasiliano-Kandi Tectonic corridor for the amalgamation of west gondwana**. Brazilian Journal of Geology, 43(3), 583-597.

Cordani, U. G.; Brito Neves, B. B.; Fuck, R. A.; Porto, R.; Filho, A. T.; Cunha, F. M. B. **Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras (Republicação)**. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 137-204, 2009

Cordeiro, P.F.O. et al. 2014;Oliveira, C. G; Giustina, M.E.S.D; Dantas E.L; Santos, R.V. **The Paleoproterozoic Campinorte Arc: Tectonic evolution of a Central Brazil pre-Columbia orogeny**. Precambrian Research, v. 251, p. 49–61.

Cordeiro, P. F. de O. 2014. **Compartimentação geológica e geocronológica dos terrenos do embasamento norte da Faixa Brasília**.

Cordeiro, P.F.O.; Oliveira, C. G. 2017. **The Goiás Massif: Implications for a pre-Columbia 2.2–2.0 Ga continent-wide amalgamation cycle in central Brazil**. **Precambrian Research**. Elsevier B.V. , 1 set. 2017

Dantas, E. L. JOST H., Fuck,R. A., BROTHER,J. A., Pimentel, M. M., Meneses P. R. 2001. **Proveniência e Idade Depositional de Sequencias Metavulcano-Sedimentar da Região de Santa Terezinha de Goiás, Baseada em dados Isotópicos SM-ND e U-PB em Monocristal de zircão**. Revista Brasileira de Geociências, 31(3):329-334

Dantas, E.L et al. **Geologia da folha de Porangatu SD.22-XDI**. 2007

Dardenne, M.A. The Brasília fold belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (Eds). **Tectonic Evolution of South America**. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, 2000. p.231-236.

D'el-Rey Silva, L.J.H; Barros Neto, L.S. 2002. **Distrito Esmeralda de Santa Terezinha Campos Verdes, Brasil Central: dados estruturais e Sm/Nd para delimitar a evolução tectônica do Neoproterozóico Faixa Brasília**. Journal of South American Earth Sciences 15 (6), 693–708.

D'el-Rey Silva, L.J.H; Oliveira, I.L; Pohren, C.B; Tanizaki, M.L.N; Carneiro, R.C; Fernandes, G.L.F; Aragão, P.E. 2011. **Collision of irregular plate margins leading to oroclinal bending in the Neoproterozoic of central Brazil**, Journal of South American Earth Sciences 32 (2011) 1-13

Filho C.R. e Crósta A. 2003. **Geotecnologias Aplicadas à Geologia**. Revista Brasileira de Geociências

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

Fuck, R. A.; Pimentel, M. M. D'EL-REY SILVA, L. J. H,1994. **Compartimentação tectônica na porção oriental da Província Tocantins**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, , Balneário Camboriú. Anais, p. 215-216.

Fuck, R. A; Dantas, E. L., Pimentel, M. M.; Junges S. L.; Moraes R., 2002. **Nd Isotopes U-Pb Single Grain and SHRIMP Zircon Ages Basement Rocks of the Tocantins Province**. In: SSAGI, 4, Pucón, Chile, CD.81.

Fuck, R. A. Pimentel M. M., Soares J. E. P., Dantas E. L., 2005. **Compartimentação da Faixa Brasília**. Em: IX Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. 9, SBG p.26-27

Fuck, RA, Dantas, EL, Pimentel, EL, Laux, JH, Junges, SL, Oliveira, CG, de Sordi, DA, Chiarini, MFN, 2006. **A Sequência de Santa Terezinha, Arco Magmático de Goiás, Brasil Central: constrangimentos de U Dados –Pb e Sm–Nd. V Simpósio SulAmericano de Geologia Isotópica, Punta Del Este**. Documentos Curtos, pp. 98–100

Fuck, R. A.; Pimentel, M. M.; Alvarenga, C. J. S.; Dantas, E. L. The Northern Brasília Belt. In: HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. (Eds.). **São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent**. Springer International, 2017. p. 205-220.

Giustiana, M.E.D, 2007, **Geologia e Geocronologia da Sequencia Vulcano-sedimentar Campinorte e do Complexo Uruaçu, Província do Tocantins**. Dissertação de Mestrado N°234, pela Universidade de Brasília, Instituto de Geociências

Giustina, M.E.D., Oliveira C.G., Pimentel, M. M, Buhn, B. 2009. **Neoproterozoic magmatism and high-Grade metamorphin in Goiás Massific; New LA-ICPMS U-Pb and Sm-Nd data implications for the collisional history of the Brasília Belt**. *Pecambrian Research*, v.172, p.67-69.

Hasui Y. e Almeida F. F. M. 1970. **Geocronologia do Centro Oeste Brasileiro**, Revista Brasileira Geociências 19 (1): 6-26

Instituto Mauro Borges, Secretária Geral de Goiás e Governo do Estado do Goiás (2021). **Atlas do Estado de Goiás**. <http://www.sieg.go.gov.br/maps/atlas/2021/>

Isles David .J. e Rankin Leigh .R. **Geological Interpretation of Aeromagnetic Data**.

James, M. J. (2022). **O depósito de Au-Ag-barita Zacarias, Orógeno Brasília, Brasil Central: mineralização vulcanogênica Toniana associada ao Arco Magmático Goiás**.

Jaques A.L., Wellman P., Whitaker A., Wyborn D. 1997. **High-resolution Geophysics in Modern Geological Mapping**. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17(2): 159- 173.

Junges, S.L; Pimentel, M.M; Moraes, R. 2002. **Nd isotopic study of the Neoproterozoic Mara Rosa Arc, central Brazil: implications for the evolution of the Brasília Belt**. Precambrian Research 117 (2002) 101 – 118, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF ,Brazil

Kearey P., Brooks M., Hill I. 2009. **Geofísica de exploração**. Ed. Oficina de textos, 438 p.

Kroner, A.; Cordani, U. G. **African, southern Indian and South American cratons were not part of the Rodinia supercontinent: evidence from field relationships and geochronology**. *Tectonophysics*, v. 375, n. 1-4, p- 325-352, 2003.

Kuyumjian, R. M. **The geochemistry and tectonic significance of amphibolites from the Chapada sequence, central Brazil**. 1989. 289 f. Thesis (PhD) - University of London, London, 1989.

Kuyumjian, R. M. **Magmatic arc and associated gold, copper, silver and barite deposits in the State of Goiás, Central Brazil: characteristics and speculations**. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, p. 285-288, 2000.

Lacerda, H. (1986). **As mineralizações auríferas da região de Mara Rosa, GO**. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(3), 274-284.

Lasa, 2004. **LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO DO ESTADO DE GOIÁS - 1ª ETAPA - Área 2- Arco Magmático de Mara Rosa. RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**.

Laux J.H; Pimentel M.M; Dantas E.L; Armstrongb R; Jungesa S.L. 2004. **Two neoproterozoic crustal accretion events in the; Jorunal of South American Earth Sciences** 18 (2005) 183-198 pp

Laux, J. H. et al. 2005. **Two neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília Bels, Central Brazil**. *Journal of South American Earth Sciences*, v.18, n.2, p.183-198.

Lillesand, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W., 2015, **Remote sensing and image interpretation Seventh Edition**. [s.l: s.n.], p. 1.

Luz, A. B. D., & Lins, F. A. F. (2008). **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**.

Matteini, M. et al. **In situ zircon U–Pb and Lu–Hf isotope systematic on magmatic rocks: insights on the crustal evolution of the Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc, Brasília belt, Central Brazil**. *Gondwana Research*, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2010.

Melo, L. V. 2006. **Compartimentação geocronológica dos depósitos de Cu-Au e Au do Distrito Chapada-Mara Rosa-Campinorte no Arc Magmático de Goiás, Brasil Central** 2006. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

Messias, D.; Guimarães, M. T.; Bezerra, S.; Santos, M.; Brod, T. 2009 . **Processamento e interpretação de dados magnetométricos e gamaespectrométricos aéreos da Região de Morrinhos-Buriti Alegre, Goiás**. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society&Expogef, 2019, Rio de Janeiro, RJ. Proceedings of the 16th International Congress of the Brazilian Geophysical Society&Expogef, 2019. p. 1.

Nabighian, M. N., V. J. S. Grauch, R. O. Hansen, T. R. LaFehr, Y. Li, J. W. Peirce, J. D. Phillips, and M. E. Ruder, 2005, **The historical development of the magnetic method in exploration: Geophysics**, 70, 6: 33ND–61ND.

O’Leary, D.W.; Friedman, J.D.; Pohn, H.A, 1976. **Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms**. *GSA Bulletin*, v. 87, p. 1.463-1.469,.

Oliveira, C. G., De Queiroz, C. L., & Pimentel, M. M. (2000). **The Arenópolis-Mara Rosa gold-copper belt, neoproterozoic goiás magmatic arc**. *Revista Brasileira Geociências*, 30, 219-221.

Oliveira, C.G, Pimentel, M.M, Melo, L.V., Fuck, R. A., 2004 **The copper and gold deposits of the Neoproterozoic Mara Rosa magmatic arc, central Brazil**. *Ore Geology Reviews*, volume 25, Pages 285-299,

Oliveira C.G; Oliveira F.B; Dantas E.L; Fuck R. A; Della Giustina, M.E.S. 2006. **Programa Geologia do Brasil-Folha Campinorte - SD.22-Z-B-I**. FUB/CPRM, Brasília, 68 p.

Oliveira, C.G; Dantas, E.L; Fuck R. A; Sordi, D.A; Chiarini M.F.N; 2007 M.E.S. 2006. **Programa Geologia do Brasil-Folha Santa Terezinha -SD.22-Z-A-III**. FUB/CPRM, Brasília, 61 p.

Oliveira, F. B. (2009). **Características epigenéticas do depósito de Cu-Au Chapada, arco magmático de Goiás**.

Oliveira C.G.;Oliveira F.B;Giustina M.S.E;Marques G.C;Dantas E.L; Pimentel M.M; Buhn B.M. 2016 **The Chapada Cu-Au deposit, Mara Rosa magmatic arc**. *Ore Geology Reviews* 72 (2016) 1-21 pages.

Öztürk, Y. Y., & Helvacı, C. (2008). **Skarn alteration and Au-Cu mineralization associated with Tertiary granitoids in northwestern Turkey: Evidence from the Evciler deposit, Kazdag Massif, Turkey.** *Economic Geology*, 103(8), 1665-1682.

Palermo N., C.G. Porto, C.N. Costa Jr, 2000 **The Mara Rosa gold district, Central Brazil.** *Revista Brasileira de Geociências*, 30, pp. 256-260

Pimentel, M. M., Fuck, R. A., HEAMAN, L. 1991. **Zircon and shpene Pb-U geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*, 4:329-339.

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

Pimentel, M. M., Fuck, R. A. 1997. **The Mara Rosa Arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil.** *Precambrian Research*, Berlin, n. 81. p. 299- 310

Pimentel, MM, Fuck, RA, Botelho, NF, 1999. **Granitos e a história geodinâmica do cinturão Brasília Neoproterozóico**, *Brasil Central: uma revisão*. *Lithos* 46, 463-483

Pimentel, M. M., Fuck, R. A. Ferreira Filho, C. F., ARAÚJO, S. M, 2000 **The basement of the Brasília Belt and the Goiás Magmatic Arc.** In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds). *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro., p. 195-229

Pimentel, M. M.; Fuck, R. A.; GIOIA, S. M. C. L, 2000a **The Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc, central Brazil: a review and new Sm-Nd data.** *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 35-39.

Pimentel, M. M.; JOST, H.; Fuck, R. A. 2004. **O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás.** In MANTESSO NETO, V. et al. (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca., p. 355-368.

Pimentel, M. M, Fuck, R. A, Brito Neves, B.B. **The Brasiliano collage in South America: a review**, *Brazilian Journal of Geology*, 44(3): 493-518, September 2014.

Piuzana, D.; Pimentel, M. M.; Fuck, R. A.; ARMSTRONG, R. A, 2003. **Neoproterozoic granulite facies metamorphism and coeval granitic magmatism in the Brasília Belt, Central 116 Brazil: regional implications of new SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data.** *Precambrian Research*, v. 125, p. 245-273, . DOI: 10.1016/S0301-9268(03)00108-6

Poll, N. J. (1994). **Geology of the Zacarias gold-silver-barite deposit, Goiás State, Brazil, The.** *1990-1999-Mines Theses & Dissertations*.

Richardson, S. V., Kesler, S. E., Essene, E. J., & Jones, L. M. (1986). **Origin and geochemistry of the Chapada Cu-Au deposit, Goiás, Brazil; a metamorphosed wall-rock porphyry copper deposit.** *Economic Geology*, 81(8), 1884-1898.

Ribeiro V.B, Mantovani M.S.M., Louro V.H.A. 2014. **Aerogama, espectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico.** *Terra Didática*, 10(1):29-51.

Reeves, C **Aeromagnetic surveys: principles, practice and interpretation.** Geosoft, 2005. 155 p.

Robb, L. (2005). **Introduction to ore forming processes.** Blackwell, 373 p.

Santos, L. R. O; OLIVEIRA, B. S. Goiás em dados 2022.– **Goiânia: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos.**

Schobbenhaus, C. et al., **A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana.** In: BIZZI, L. A., SCHOBHENHAUS, C., VIDOTTI, R. M. & GONÇALVES, J. H. (Editores.) Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM-SGB - Brasília, 2003, 674p; p. 449- 499. 2003.

Souza, J. O.; LEÃO NETO, R. **Projeto estudo dos garimpos brasileiros: mapeamento geológico da área do garimpo de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, GO.** Relatório Preliminar, DNPM/CPRM, Goiânia, 1984.

Uhlein, A.; Fonseca, M.A; Seer, H.J; Dardenne, M.A. 2012. **Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília-Setores Sententrional e Meridional.** Instituto de Geociências, CPMTc e Departamento de Geologia, UFMG. Geonomos, 20(2),1-14

Vianna, M. G. et al. **O arco magmático de Mara Rosa, Goiás: dados geoquímicos e geocronológicos e suas implicações regionais.** *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 25, p. 2, p. 111- 123, 1995.

Valveriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. 2004. **A evolução tectônica da Faixa Brasília.** In: V. Mantesso-Neto A. Bartorelli C.D.R. Carneiro B.B. Brito Neves (eds). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo, p.575-593.

Valveriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H., Trouw R.A.J. 2008. **Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana.** In: R.J. Pankhurst, R.A.J. Trouw, B.B. Brito Neves, M.J. De Wit (eds) West Gondwana: pre Cenozoic correlations Across the South Atlantic region. Geological Society, London, Special Publication, 294:197-210.