



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



GUILHERME CRISTIAN ANDRADE DE FREITAS

**Análise de potencialidade metalogenética de bens minerais industriais na Folha Estrela
do Sul (SE.23-Y-A-IV)**

Monte Carmelo/MG

2023

GUILHERME CRISTIAN ANDRADE DE FREITAS

Análise de potencialidade metalogenética de bens minerais industriais na Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV)

Trabalho de Conclusão de Curso II, exigência para obtenção do Título de bacharel em Geologia na Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Breno Souza Martins

Monte Carmelo/MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Márcia e Antônio, que sempre foram minha fonte de inspiração e me deram todo o suporte e apoio para que eu pudesse concluir essa importante etapa da minha vida.

Agradeço à instituição Universidade Federal de Uberlândia, a qual me proporcionou um ensino de qualidade e de forma gratuita, e aos professores com os quais tive a honra de conviver e me ensinaram a importância e o poder do conhecimento científico.

Agradeço a todos que passaram pela minha vida durante esses anos de graduação, em especial a João Victor, Vittor Cambria, Fillipe Nepomuceno, Vinícius Babilônia, Pedro Bataglia, Luis Felipe e Laura Moura, os quais estiveram ao meu lado nos principais momentos dessa caminhada e foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientar Prof. Dr. Breno de Souza Martins pelos direcionamentos e ensinamentos, os quais foram imprescindíveis para o desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

Mapas de potencial metalogenético são produtos cartográficos capazes de auxiliar gestores públicos e mineradores na seleção de áreas mais favoráveis à prospecção e pesquisa mineral. A elaboração dos mapas se dá por meio da análise integrada de informações variadas do conhecimento geocientífico pré-existentes, tomando, como base, as definições dos modelos de depósitos minerais. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a avaliação, correlação e interpretação de informações de levantamentos geológicos de forma a elaborar um mapa integrado de potencialidade metalogenética para rochas e minerais industriais na folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV), na escala de 1:100.000. Esse produto poderá ser útil para auxiliar as tomadas de decisões em esferas públicas e privadas visando o acesso a rochas e minerais industriais, os quais são de alta importância para a sociedade e seu modo de vida.

Palavras-chave: Produção Mineral; Cartografia Geológica; Triângulo Mineiro; Prospecção Mineral.

ABSTRACT

Maps of metallogenetic potential are cartographic products capable of assisting public managers and miners in selecting the most favorable areas for prospecting and mineral research. The elaboration of the maps takes place through the integrated analysis of varied information from the pre-existing geoscientific knowledge, based on the definitions of the models of mineral deposits. Therefore, the present work aimed to carry out the evaluation, correlation and interpretation of information from geological surveys in order to elaborate an integrated map of metallogenetic potential for rocks and industrial minerals in the Estrela do Sul sheet (SE.23-Y-A-IV), on a scale of 1:100,000. This product may be useful to assist decision-making in public and private spheres aiming at access to industrial rocks and minerals, which are of high importance for society and its way of life.

Keywords: Mineral Production; Geological Cartography; Triângulo Mineiro; Mineral Prospecting

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.	15
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DE TRABALHO.	17
FIGURA 3 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DA FOLHA ESTRELA DO SUL (AS ESPESSURAS DAS UNIDADES ENCONTRAM-SE FORA DE ESCALA).	23
FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA ESTRELA DO SUL.	24
FIGURA 5 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA FOLHA ESTRELA DO SUL ((SE.23-Y-A-IV).....	33
FIGURA 6 - ABUNDÂNCIAS RELATIVAS DE ELEMENTOS RADIOATIVOS EM DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS.....	35
FIGURA 7 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO APTF.	40
FIGURA 8 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	41
FIGURA 9 - A. TERRAÇOS COM PRESENÇA DE BANCOS DE AREIA. (P19 – 207205/ 7939221, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO SW). B. TERRAÇOS COM DESTAQUE PARA EXPLOTAÇÃO DE BANCOS (P17 – 209233/ 7936081, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NE). C. TERRAÇOS COM BORDA DO CANAL DESBARRANCADA E DESTAQUE PARA OS NÍVEIS DE TERRAÇO (P17 – 209233/ 7936081, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NW) D. TERRAÇOS NO VALE DO RIO BAGAGEM (P05 – 215841/7929447, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NW).	42
FIGURA 10 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO APF.....	43
FIGURA 11 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	44
FIGURA 12 - A. ÁREA DE PLANÍCIE COM OCORRÊNCIA DE VEREDAS (P36 – 186281/7917612, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO N). B. ÁREA DE PLANÍCIE COM DESTAQUE PARA TRANSIÇÃO DA ÁREA DE VEREDA PARA ÁREA ALUVIONAR (P36 – 186281/7917612, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NE).	44
FIGURA 13 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO PGU.	45
FIGURA 14 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	46
FIGURA 15 - A. VISTA PEDIPLANO DEGRADADO DESNUDADO (PGU) (P25 – 195298/7942577, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W). B. FORMAÇÃO SUPERFICIAL DE AREIA E SILTE (P25 – 195298/7942577, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO N).	46
FIGURA 16 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO PGE EM CONTATO COM Dc42.....	47
FIGURA 17 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	48
FIGURA 18 - A. CONTATO ENTRE PGE E Dc42 (P01- 220520/7921640, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NE). B. ÁREA APLAINADA COM VISTA PARA MODELADO PGE (P29 – 191923/7905682, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO N).....	48
FIGURA 19 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO PGI.	49
FIGURA 20 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	50
FIGURA 21 - VISTA DO PEDIPLANO DREGRADADO INUMADO (PGI) (P14 – 212203/7935004, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO N).	50
FIGURA 22 - A. RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO PRI EM CONTANTO COM DA42 E Dc42.	51
FIGURA 23 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	52
FIGURA 24 - VISTA PARA PRI (P24-199753/7947790, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO SW).....	52
FIGURA 25 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO DA, ONDE É NOTÁVEL A PRESENÇA DE LINHA DE CUMEADA.	54

FIGURA 26 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	55
FIGURA 27 - A. VISTA DO CONTATO ENTRE Dc21 E DA23, COM DESTAQUE PARA AS LINHAS DE CUMEDAS, FEIÇÃO TÍPICA DE DA23, SENDO OBSERVÁVEL O ALTO DESNÍVEL DAS VERTENTES (P10 – 225448/ 7945348, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO NE).	
B. VISTA PARA DA42 COM DESTAQUE PARA A LINHA DE CUMEDA (P22 – 20202429/ 7945592, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W).	55
FIGURA 28 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DDO MODELADOA UNIDADE Dc42 EM CONTATO COM O PGE.	57
FIGURA 29 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO.	58
FIGURA 30 - A E B. VISTA DO Dc42 COM DESTAQUE PARA SULCOS E RAVINAS (P6 –219566/7932540 E P14 - 212203/ 7935004, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO N). C. VISTA DO Dc41, ONDE É OBSERVADO VALES COM POUCA DISSECAÇÃO (P5-21584/7929447, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W). D. VISTA DO Dc 22 COM VALES DE DISSECAÇÃO MÉDIA (P9 – 224940/7941073, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W).	58
FIGURA 31 - RELEVO SOMBREADO COM OS LIMITES DO MODELADO Dt21 EM CONTATO COM O Dc31.	60
FIGURA 32 - SOBREPOSIÇÃO DE RELEVO SOMBREADO, DECLIVIDADE, DRENAGENS E CURVAS DE NÍVEL NA ÁREA DO MODELADO DE DISSECAÇÃO TABULAR (Dt).	60
FIGURA 33 - A E B. VISTA PARA O TOPO TABULAR DISSECADO DO Dt21 (P4- 231524/ 7924435, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W, E P27- 190178/ 7942112, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO W). C E D. DISSECAÇÃO COM ALTO GRAU DE DESNÍVEL DA VERTENTE NO Dt14 (P30- 191081/ 7902316, FOTOGRAFIA TOMADA NA DIREÇÃO S).	61
FIGURA 34 - RESPOSTAS GAMAESPECTOMÉTRICAS NA ÁREA DA FOLHA ESTRELA DO SUL.	64
FIGURA 35 - COMPOSIÇÃO RGB DE COR NATURAL.	66
FIGURA 36 - RESPOSTAS ESPECTRAIS DA MATEMÁTICA ENTRE AS BANDAS SWIR I E SWIR II DO SATÉLITE SENTIENL 2 PARA REALCE DE ÁREAS COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA.	68
FIGURA 37 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA REFRACTÁRIA ASSOCIADA À UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DE PLANÍCIES FLUVIAIS.	77
FIGURA 38 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA REFRACTÁRIA ASSOCIADA À RESPOSTA ESPECTRAL DE ÁREA ÚMIDA.	78
FIGURA 39 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA ALUVIONAR ASSOCIADA À UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DE PLANÍCIES E TERRAÇOS FLUVIAIS.	80
FIGURA 40 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA ALUVIONAR ASSOCIADA À RESPOSTA ESPECTRAL PRÓXIMO DE 0 DE MATEMÁTICA DE BANDAS.	81
FIGURA 41 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE GRANADA/ILMENITA ASSOCIADA A EROÇÃO DE KIMBERLITOS.	83
FIGURA 42 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE TURFA ASSOCIADA À UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DE PLANÍCIES FLUVIAIS.	84
FIGURA 43 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE TURFA ASSOCIADA À RESPOSTA ESPECTRAL DE ÁREA ÚMIDA.	85
FIGURA 44 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE DIAMANTE PRIMÁRIO ASSOCIADA A UNIDADE GEOLÓGICA DA FORMAÇÃO MARÍLIA.	86
FIGURA 45 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE DIAMANTE ASSOCIADA A EROÇÃO DE KIMBERLITOS.	87
FIGURA 46 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA RESIDUAL ASSOCIADA À UNIDADE GEOLÓGICA DO COMPLEXO MONTE CARMELO.	88

FIGURA 47 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA RESIDUAL ASSOCIADA À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM BAIXO VALOR DE K (POTÁSSIO) E ALTO VALOR NOS CANAIS DO TH (TÓRIO), U (URÂNIO) E K (POTÁSSIO), INDICANDO O PROCESSO DE INTEMPERISMO.....	89
FIGURA 48 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE AREIA RESIDUAL ASSOCIADA À UNIDADE GEOLÓGICA DA FORMAÇÃO MARÍLIA. .	90
FIGURA 49 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE AREIA RESIDUAL ASSOCIADA À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM BAIXO VALOR DE K (POTÁSSIO) E ALTO VALOR NOS CANAIS DO TH (TÓRIO), U (URÂNIO) E K (POTÁSSIO), INDICANDO O PROCESSO DE INTEMPERISMO.....	91
FIGURA 50 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE CASCALHO ASSOCIADO À UNIDADE DE COBERTURAS DETRÍTICO-LATERÍTICAS. ...	92
FIGURA 51 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE CASCALHO ASSOCIADO AO MODELADO DO PEDIPLANO DEGRADADO ETCHPLANADO E À FEIÇÃO DE ESCARPA EROSIVA.	93
FIGURA 52 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE SAIBRO ASSOCIADA ÀS UNIDADES GEOLÓGICAS DO ORTOGNAISSE GOIANDIRA E DA SUÍTE GRANÍTICA ESTRELA DO SUL.....	94
FIGURA 53 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE SAIBRO ASSOCIADA À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM BAIXO VALOR DE K (POTÁSSIO) E ALTO VALOR NOS CANAIS DO TH (TÓRIO), U (URÂNIO) E K (POTÁSSIO), INDICANDO O PROCESSO DE INTEMPERISMO.....	95
FIGURA 54 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE CIANITA ASSOCIADO À UNIDADE GEOLÓGICA DO GRUPO ARAXÁ B.	96
FIGURA 55 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARENITO ASSOCIADO À UNIDADE DA FORMAÇÃO MARÍLIA.	97
FIGURA 56 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE ARENITO ASSOCIADA À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM BAIXO VALOR DE K (POTÁSSIO) E ALTO VALOR NOS CANAIS DO TH (TÓRIO), U (URÂNIO) E K (POTÁSSIO), INDICANDO O PROCESSO DE INTEMPERISMO.....	98
FIGURA 57 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE BASALTO ASSOCIADO À UNIDADE DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.	99
FIGURA 58 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE BASALTO ASSOCIADO À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM ALTO VALOR DE K (POTÁSSIO).	100
FIGURA 59 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE GRANITO ASSOCIADO À UNIDADE GEOLÓGICAS DO COMPLEXO MONTE CARMELO.	101
FIGURA 60 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE GRANITO ASSOCIADO À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM ALTO VALOR DE K (POTÁSSIO).	102
FIGURA 61 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE QUARTZITO ASSOCIADO À UNIDADE GEOLÓGICA DO GRUPO ARAXÁ A.	103
FIGURA 62 - ÁREA POTENCIAL PARA OCORRÊNCIA DE QUARTZITO ASSOCIADA À RESPOSTA GAMAESPECTOMÉTRICA COM BAIXO NOS CANAIS DO TH (TÓRIO), U (URÂNIO) E K (POTÁSSIO).	104
FIGURA 63 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA REFRATÁRIA.....	106
FIGURA 64 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA ALUVIONAR.	108
FIGURA 65 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE AREIA ALUVIONAR.	110
FIGURA 66 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA RESIDUAL GRANADA/ILMENITA.	112
FIGURA 67 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE TURFA.....	114
FIGURA 68 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE DIAMANTES.	116

FIGURA 69 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE ARGILA RESIDUAL	118
FIGURA 70 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE AREIA RESIDUAL.....	120
FIGURA 71 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE CASCALHO.....	122
FIGURA 72 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE SAIBRO.....	124
FIGURA 73 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE CIANITA.....	126
FIGURA 74 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE ARENITO.....	128
FIGURA 75 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE BASALTO.....	130
FIGURA 76 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE GRANITO.....	132
FIGURA 77 - ÁREAS POTENCIAIS PARA OCORRÊNCIA DE QUARTZITO.....	134

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (IBGE, 2009)	53
TABELA 2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E METALOGENÉTICAS PARA RMIS DA FOLHA ESTRELA DO SUL	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	LOCALIZAÇÃO	15
3	OBJETIVOS	16
4	JUSTIFICATIVA	16
5	MATERIAIS E MÉTODOS	17
5.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	17
5.2	AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOGRÁFICOS	18
5.2.1	<i>Imagens de satélite</i>	18
5.2.1.1	Processamento dos dados	18
5.2.2	<i>Geologia e recursos minerais</i>	18
5.2.3	<i>Planimetria e Hidrografia</i>	19
5.2.4	<i>Geomorfologia</i>	19
5.2.5	<i>Geofísica</i>	20
5.3	MAPA GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA ESTRELA DO SUL (SE.23-Y-A-IV)	20
5.3.1	<i>Fotointerpretação geomorfológica</i>	21
5.3.2	<i>Checagem em campo</i>	21
5.3.3	<i>Reinterpretação e integração temática</i>	21
5.4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO INTEGRADA DOS DADOS OBTIDOS	22
5.5	MAPA METALOGENÉTICO DE RMIS	22
6	REFERENCIAL TEÓRICO	22
6.1	GEOLOGIA REGIONAL	22
6.1.1	<i>Ortognaisse Goiandira</i>	25
6.1.2	<i>Grupo Araxá</i>	25
6.1.2.1	Araxá A	26
6.1.2.2	Araxá B	27
6.1.3	<i>Complexo Monte Carmelo</i>	28
6.1.4	<i>Suíte Granítica Estrela do Sul</i>	29
6.1.5	<i>Grupo São Bento</i>	30
6.1.5.1	Formação Botucatu	30
6.1.5.2	Formação Serra Geral	31
6.1.6	<i>Grupo Bauru</i>	32
6.1.6.1	Formação Marília	32
6.1.7	<i>Coberturas detrítica-laterítica coluvionar</i>	32
6.2	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	33
6.2.1	<i>Chapadas de Uberlândia-Araguari</i>	34
6.2.2	<i>Planalto Dissecado do Paranaíba</i>	34
6.2.3	<i>Canyon do Araguari</i>	34

6.2.4	<i>Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano</i>	34
6.3	GAMAESPECTROMETRIA	35
6.3.1	<i>Distribuição de K, U e Th em minerais, rochas e solos</i>	35
6.4	SENSORIAMENTO REMOTO	36
6.4.1	<i>Sensores Multiespectrais</i>	37
6.4.1.1	Aritmética de bandas para realce de argila e areia	37
7	RESULTADOS	37
7.1	MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	37
7.1.1	<i>Acumulação Fluvial</i>	38
7.1.1.1	Planícies e Terraços (Aptf)	38
7.1.1.2	Planícies (Apf)	42
7.1.2	<i>Aplanamento</i>	44
7.1.2.1	Pediaplano degradado desnudado (Pgu)	44
7.1.2.2	Pediaplano degradado etchplanado (Pge)	46
7.1.2.3	Pediaplano degradado inumado (Pgi)	48
7.1.2.4	Pediaplano retocado inumado (Pri)	50
7.1.3	<i>Dissecação</i>	53
7.1.3.1	Topo aguçado (Da)	53
7.1.3.2	Topo convexo (Dc)	55
7.1.3.3	Topo tabular (Dt)	59
7.2	INTERPRETAÇÃO DAS RESPOSTAS GAMAESPECTOMÉTRICAS DA FOLHA ESTRELA DO SUL	61
7.3	SENSORIAMENTO REMOTO	65
7.3.1	<i>Composição RGB Cor Natural</i>	65
7.3.2	<i>Interpretação das respostas multiespectrais de aritmética de bandas para realce de porções argilosas</i>	67
7.4	MAPA DE POTENCIAIS DE RMIS	69
7.4.1	<i>Características Metalogenéticas das RMIS</i>	69
7.4.1.1	Depósitos do tipo plácer	69
7.4.1.2	Depósitos residuais	70
7.4.1.3	Depósitos consolidados	70
7.4.2	<i>Mineralizações</i>	76
7.4.2.1	Depósitos do tipo plácer	76
7.4.2.2	Depósitos residuais	87
7.4.2.3	Depósitos consolidados	96
7.4.3	<i>Áreas Mineralizadas Promissoras</i>	104
7.4.3.1	Depósitos do tipo plácer	105
7.4.3.2	Depósitos residuais	117
7.4.3.3	Depósitos consolidados	127
8	DISCUSSÃO	134

9	CONCLUSÃO.....	137
	REFERÊNCIAS	138

1 INTRODUÇÃO

Os Minerais Industriais são todos aqueles que não compõem a classe dos metálicos nem dos energéticos e que por suas propriedades físicas ou químicas podem ser utilizados em processos industriais (LINS, 2008; CIMELLI, 2007). As rochas e minerais industriais (RMIs) também podem ser agrupadas conforme sejam estritamente ou rochas industriais (agalmatolito, bauxita, calcário, dolomito, quartzito, etc.) ou minerais industriais (apatita, barita, magnesita, talco, etc.) (CALVO, 2001 apud LINS, 2008,).

A classificação das rochas e minerais industriais (RMIs) se relaciona com o uso final, podendo ser para construção civil, indústria química, cerâmicos, refratários, isolantes, fundentes, abrasivos, minerais de carga, pigmentos, agrominerais e minerais ambientais (LINS, 2008).

Em tempos recentes, esses bens tornaram-se imprescindíveis para a produção de inúmeros produtos, como por exemplo, os químicos e farmacêuticos, fertilizantes, componentes eletrônicos, materiais abrasivos e a fibra ótica, sem os quais a existência humana estaria comprometida (COSTA; CAMPELLO, 2017). Por isso, o abastecimento de matérias-primas é, sem dúvida, um desafio de primeira ordem, que preocupa a curto prazo todos os governos, e, particularmente, os países em desenvolvimento, nos quais o crescimento da população será superior aos demais (PEREZ, 2001).

Órgãos públicos como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizaram trabalhos como o Projeto Mapas Metalogenéticos e de Precisão de Recursos Minerais a fim de fomentar as atividades mineiras e, por consequência, suprir a demandas desses materiais. Esses produtos, na escala de 1:250.000 e 1:1.000.000, tem por objetivo selecionar alvos potenciais para a prospecção mineral. A produção desses se dá a partir da análise conjunta de informações variadas do conhecimento geocientífico pré-existent, tomando, como base, as definições dos modelos de depósitos minerais.

Tendo em vista o registro de ocorrência de bens minerais industriais, como areia, argila, arenito, basalto, laterita, quartzo, gnaiss migmatítico e diamante industrial (CODEMIG, 2017), e a localização estratégica frente a grandes centros urbanos em franco desenvolvimento, como Uberlândia/MG, Uberaba/MG, Araguari/MG e Monte Carmelo/MG (FRANCO, 2018), o objetivo do presente trabalho é produzir um mapa de potencialidade metalogenética para bens minerais industriais na Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV), em

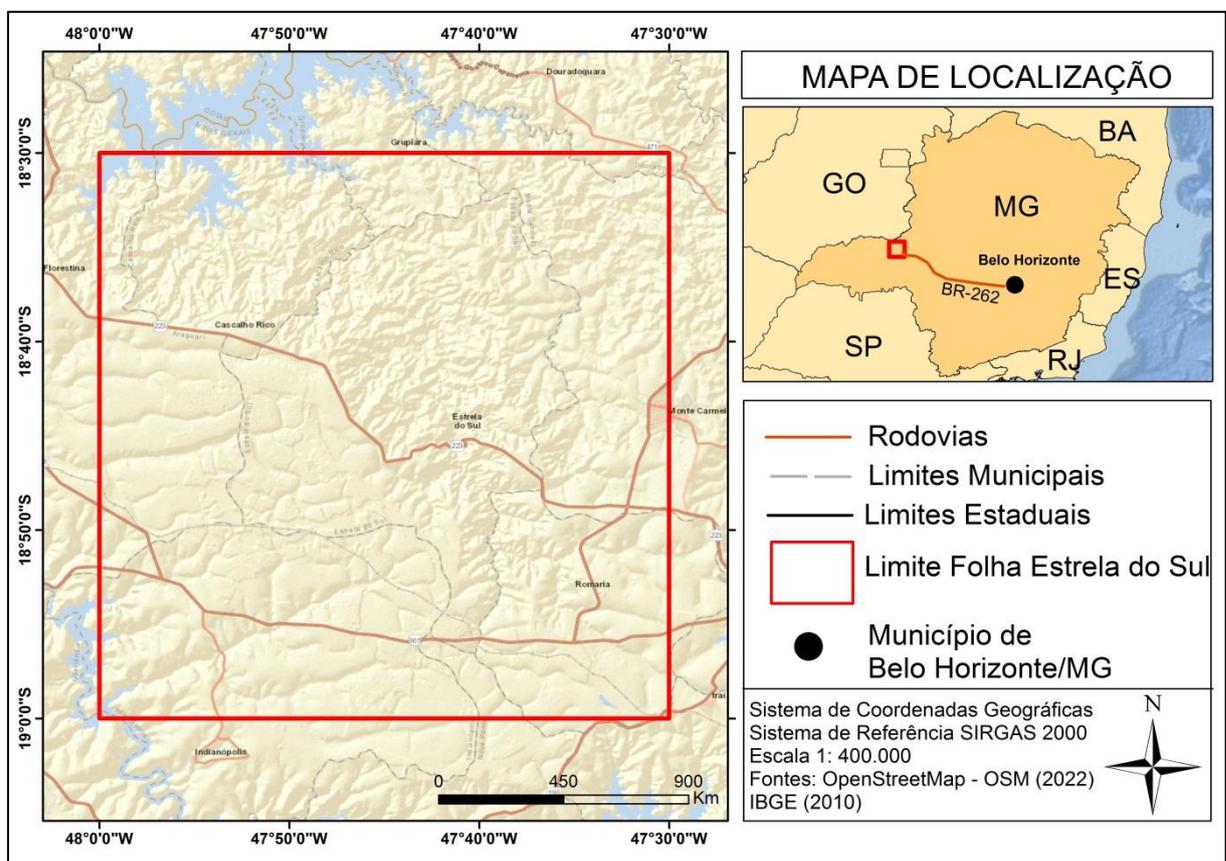
escala 1:100.000, produzida pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), no ano de 2017.

2 LOCALIZAÇÃO

A Folha Estrela do Sul, área de estudo do presente trabalho, encontra-se na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais (Figura 1). Essa está situada entre as coordenadas de longitude 47°30'W e 48°00'W, e latitude 18°30'S e 19°00'S, com área total de aproximadamente 2.900 km².

O principal acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte/MG pela BR-262, onde se percorre cerca de 307 Km até a MG-187 no trevo de Ibiá/MG. Na MG-187 se segue por cerca de 103 Km até a intersecção com a BR-365, no município de Patrocínio – MG. O trajeto se mantém na BR-365 até o distrito de Celso Bueno/MG, seguindo para a MG-223 até o município de Estrela do Sul/MG, o qual se encontra a cerca de 100 Km de Uberlândia/MG, principal centro urbano do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é fomentar a pesquisa mineral de RMIs na área da folha Estrela do Sul (1:100.000). Sendo assim, para execução desse, os objetivos específicos foram:

- Detalhar o mapeamento geomorfológico realizado por órgãos nacionais;
- Levantar base de dados com informações da folha supracitada, em ambiente SIG, constando aspectos geológicos, geomorfológicos, geofísicos e registros de ocorrências minerais e títulos minerários;
- Levantar referências bibliográficas com descrições geológicas e mineralógicas dos litotipos identificados nas folhas;
- Integração das informações obtidas nas etapas anteriores em ambiente SIG;
- Elaborar mapa de potencial metalogenético a partir da interpretação de ambientes com potencial metalognético para prospecção de RMIs na folha geológica estudada.

4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Perez (2001), não existe indústria nem tarefa do cotidiano doméstico que não use RMIs em maior ou menor extensão, além de representarem um fator de grande importância na economia de um país, constituindo uma fonte considerável de riquezas e de entradas de divisas.

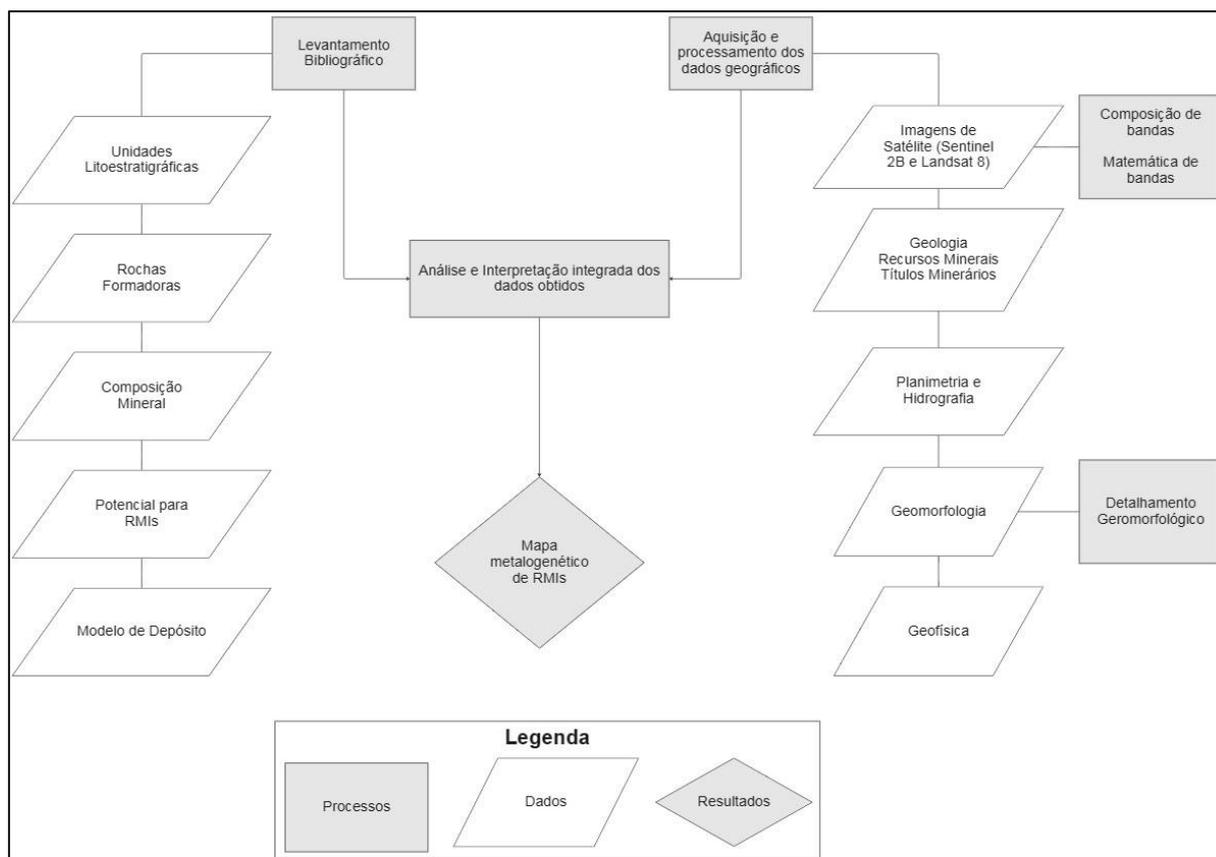
A mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, onde se insere a área de estudo, apresenta dinâmica econômica e social relevante para o estado de Minas Gerais, sendo destaque no agronegócio, na indústria extrativa mineral, genética bovina, indústria química e outras como as de alimentos e bebidas, além de ser um território atraente para a implantação de investimentos (ALVES e BARBOSA, 2017). Segundo esses autores, isso se dá graças a sua localização estratégica entre importantes estados brasileiros, mão de obra qualificada, condições perfeitas para o agronegócio e excelente infraestrutura.

Com isso, o presente trabalho justifica-se no intuito de disponibilizar um produto cartográfico que servirá como base para a prospecção e pesquisa mineral de RMIs, fomentando a atividade mineira local e auxiliando as tomadas de decisões em esferas públicas e privadas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxo metodológico adotado no trabalho está ilustrado na Figura 2. A divisão dos procedimentos se deu em quatro partes: (i) Levantamento Bibliográfico; (ii) Aquisição e processamentos dos dados geográficos; (iii) Análise e interpretação integrada dos dados obtidos e; (iv) Mapa metalogenético de RMIs.

Figura 2- Fluxograma da metodologia de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.1 Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico se deu no intuito de compreender os constituintes litoestratigráficos, suas composições minerais, evolução geológica e geomorfológica da área de estudo. Esse levantamento foi realizado com base em periódicos, artigos científicos, teses e dissertações enfocadas na área e/ou em suas proximidades. Nesse sentido, destacam-se os trabalhos de mapeamento geológico realizados pela CODEMIG no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (CODEMIG, 2017; SEER e MORAES, 2017).

5.2 Aquisição e processamento dos dados geográficos

Os dados geográficos utilizados no trabalho foram obtidos de forma gratuita em plataformas oficiais de acesso público. Esses foram organizados e manipulados em ambiente SIG a fim de compor uma base de dados para a análise e interpretação integrada dos mesmos.

5.2.1 Imagens de satélite

A utilização de imagens multiespectrais teve o intuito de efetuar composições de bandas RGB de cor natural e operações matemáticas, ambas para auxílio na fotointerpretação geomorfológica e delimitação de áreas potenciais para ocorrência de RMIs.

Tendo em vista a escala de mapeamento do presente trabalho (1:100.000), o sensor multiespectral adotado para uso de suas imagens foi o satélite Sentinel 2B, com resolução espacial de 10 metros (Bandas 2, 3, 4 e 8) a 20 metros (Bandas 5, 6, 7, 8A 11 e 12). As imagens do sensor Sentinel 2B foram adquiridas, de forma gratuita, no site da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), sendo adquiridas com a aplicação da correção *Dark Object Substraction* (DOS) realizada pelo seu distribuidor.

5.2.1.1 Processamento dos dados

As cenas do satélite Sentinel 2B passaram pelo processo digital de junção, denominado mosaico, e depois foram cortadas na área de interesse usando o *software* ENVI.

As bandas 11 (SWIR 1) e 12 (SWIR 2) do satélite Sentinel 2B foram utilizada para operações matemáticas de realce de áreas argilosas e arenosas ARGILAS = $(\frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2})$ (1), tendo em vista, segundo Rebouças (2019), sua correlação com a ocorrência de depósitos de argila aluvionar e areia.

$$ARGILAS = \left(\frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2} \right) \quad (1)$$

Também foram utilizadas as bandas 4/3/2 de tal satélite para realização da composição RGB de cores verdadeiras.

5.2.2 Geologia e recursos minerais

Bases georreferenciadas acerca da geologia e dos recursos minerais da área de estudo foram adquiridas através dos dados públicos disponibilizados pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2017). Também foram

adquiridos dados de direito minerários registrados no *site* do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), desenvolvido e mantido pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2023), além de ocorrência de cadastradas de kimberlitos no *site* do GeoSGB, pertencente a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2023).

Os dados geológicos serviram como fonte de informação estratigráfica das rochas e de suas respectivas composições mineralógicas, sendo associadas aos modelos de depósito propostos para cada uma das RMIs. Os dados de recursos minerais, direitos minerários e ocorrência de kimberlitos, por sua vez, serviram como indicadores de áreas potenciais prospectivas e de suas potencialidades.

5.2.3 Planimetria e Hidrografia

Os dados planimétricos utilizados foram adquiridos por meio do *site* do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) e pertencem à folha Topográfica Estrela Do Sul (SE-23-Y-A-IV - 100.000) (MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, 1973). Também foram adquiridas as drenagens do trecho da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, disponibilizado no *site* de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA, 2021). A partir dessas foram extraídas, por meio da ferramenta *clip* do *software* ArcGIS 10.3, as drenagens que se encontram dentro dos limites da área de estudo.

Os dados planimétricos foram utilizados como fonte de localização e acesso a área de estudo, além de auxiliarem, juntamente com os dados de hidrografia na fotointerpretação geomorfológica.

5.2.4 Geomorfologia

Os dados utilizados das unidades geomorfológicas foram adquiridos no *site* da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Minerais de Minas Gerais (IDE-Sisema) (SISEMA, 2021) e referem-se ao mapeamento realizado no projeto RADAMBRASIL na folha Belo Horizonte (SE.23), em escala de 1:1.000.000. Entretanto, devido ao fato da escala executada para o mapeamento de tais unidades não estar compatível com a escala adotada no presente trabalho (1:100.000), realizou-se o detalhamento das unidades geomorfológicas que se encontram na área de estudo. Isso se deu no intuito de auxiliar na identificação, através dos modelados geomorfológicos, de possíveis alvos de depósitos de RMIs.

5.2.5 Geofísica

Os mapas geofísicos utilizados para as interpretações acerca das litologias, suas condições intempéricas, associações minerais e os modelos de depósitos, foram produzidos pela CODEMIG e são produtos do Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais. A área de estudo se encontra inserida nas chamadas “Área 20” e “Área 7”. A coleta dos dados nessas áreas foi executada com espaçamento das linhas de voo de 1.000 e 400 metros, respectivamente, sendo ambas realizadas a uma altura de 100 metros (CODEMIG, 2017). Os dados dos levantamentos aerogeofísicos foram obtidos de forma gratuita juntamente com os produtos disponibilizados da folha geológica Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV).

Dentre esses, os dados geofísicos a serem amplamente utilizados durante o desenvolvimento do trabalho serão os de gamaespectrometria. Esses dados consistem na medida da produção de raios gama que são emitidos no decaimento dos elementos radioativos (SANTOS, 2014). A distinção entre os radio-elementos que são removidos em solução e a circulação de águas superficiais, e os rádio-elementos que permanecem em minerais resistatos (SANTOS, 2014), auxiliará na identificação de feições de intemperismo que ocorreram nas rochas formadoras de alguns dos depósitos minerais (eg. argilas, areia, saibro, etc.).

5.3 Mapa Geomorfológico da Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV)

Como exposto anteriormente, os dados relacionados à geomorfologia que se encontram disponíveis para a área de estudo foram produzidos em uma escala não compatível com a que se propõe para o presente trabalho. Tendo isso em vista, realizou-se o detalhamento desses dados no intuito de melhor auxiliar na compreensão dos aspectos morfológicos do relevo. Esses, associados às demais informações de geologia, recursos minerais, títulos minerários, respostas espectrais, gamaespectrométricas e os modelos de depósitos propostos para seus respectivos bens minerais, serviram para delimitar a ocorrência espacial de áreas potenciais prospectivas.

Para isso o mapeamento foi realizado em três etapas, (i) Fotointerpretação geomorfológica, (ii) Checagem em campo e (iii) Reinterpretação e Integração Temática. Todas as etapas foram realizadas tendo como base teórica o Manual Técnico de Geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009).

5.3.1 Fotointerpretação geomorfológica

A etapa de fotointerpretação geomorfológica se deu a partir da integração dos dados adquiridos de fotografias aéreas, hidrografia, curvas de nível e relevo sombreado. Em seguida, com esses dados, foram gerados, utilizando-se do *software* ArcGIS® 10.3, os produtos de declividade do terreno e o TIN (*Triangulated Irregular Network*) da área de estudo.

A partir da integração dos dados e dos produtos gerados, foi realizada uma análise das drenagens que compõem a área de estudo, onde foi levado em conta os parâmetros de grau de integração, de continuidade, de controle, tropia, sinuosidade, assimetria, além da interpretação dos padrões e subpadrões de drenagem. Em seguida foi realizada a definição dos tipos de modelados, formas de relevo e índice de dissecação, utilizando como base os dados apresentados pelo projeto RADAMBRASIL (SISEMA, 2021). Com isso foi elaborado um mapa geomorfológico preliminar para que se desenvolvesse a etapa de checagem em campo das informações levantadas a partir da fotointerpretação. Também foram traçados perfis transversais às unidades geomorfológicas fotointerpretadas por onde o caminhamento em campo se deu. A partir do traçado das linhas dos perfis foram gerados perfis topográficos com o intuito de melhor visualizar o grau de entalhe das drenagens, a distância entre os interflúvios, além de delimitar, em campo, os modelados mapeados.

5.3.2 Checagem em campo

Para melhor visualização dos dados em campo foram impressos mapas temáticos relacionados às curvas de nível e drenagens, declividade, relevo sombreado, TIN, perfis topográficos, mapa geológico e geomorfológico dos modelados fotointerpretados.

Em campo, os pontos realizados foram descritos de forma sistemática utilizando-se a ficha de campo que se encontra no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009), juntamente com a adição de informações complementares pertinentes e do registro fotográfico dos elementos observados.

5.3.3 Reinterpretação e integração temática

Nessa etapa foi realizada, a partir das observações da etapa de checagem em campo, uma revisão das unidades geomorfológicas mapeadas na fotointerpretação. Para isso, as coordenadas geográficas dos locais descritos em campo foram plotadas em ambiente GIS e, utilizando-se das fichas de descrição juntamente com a delimitação dos modelados nos perfis

topográficos, as unidades fotointerpretadas foram alteradas e atualizadas de forma a representar de forma fidedigna a morfologia do relevo.

5.4 Análise e interpretação integrada dos dados obtidos

A identificação espacial de áreas potenciais para pesquisa e prospecção mineral na área de estudo se deu a partir da compreensão da gênese dos depósitos definidos para os bens minerais plausíveis de ocorrerem na área de estudo. A partir desse entendimento, buscou-se características relacionadas a geologia, mineralogia, geomorfologia, geofísica, respostas espectrais e concentrações minerais (indícios, ocorrências, depósitos, jazidas, garimpo e mina a céu aberto) que refletissem a ocorrência dos depósitos de RMIs. A visualização dessas características referenciadas espacialmente e a delimitação das áreas potenciais foi realizada no *software* ArcGIS 10.3.

5.5 Mapa Metalogenético de RMIs

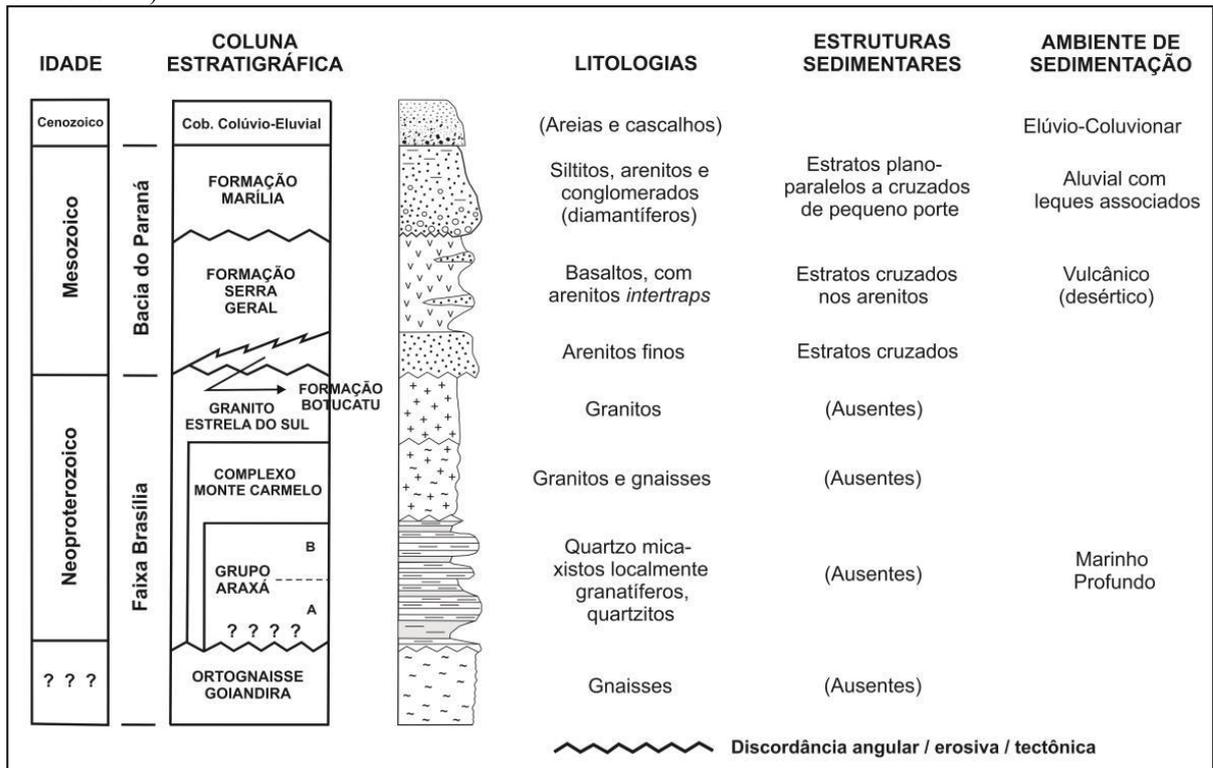
O mapa metalogenético corresponde a área da folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV), em escala 1:100.000, onde foram representadas porções que abrangem características as quais mostram-se propensas ao desenvolvimento da pesquisa e prospecção mineral de determinados depósitos de RMIs. Essas regiões potenciais foram classificadas quanto a sua explotabilidade e os investimentos necessários para seu aproveitamento. Também são representadas feições relevantes para devida apresentação do produto cartográfico, como drenagens, rodovias, ocorrências minerais, títulos minerários, cavas, etc. Para confecção de tal documento cartográfico adotou-se o padrão de simbologias, legendas e layout utilizado pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) no projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais (CPRM, 1986; CPRM, 1985). O produto cartográfico do presente trabalho foi confeccionado utilizando o *software* ArcGIS 10.3 em layout compatível com escala do mapeamento.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

6.1 Geologia Regional

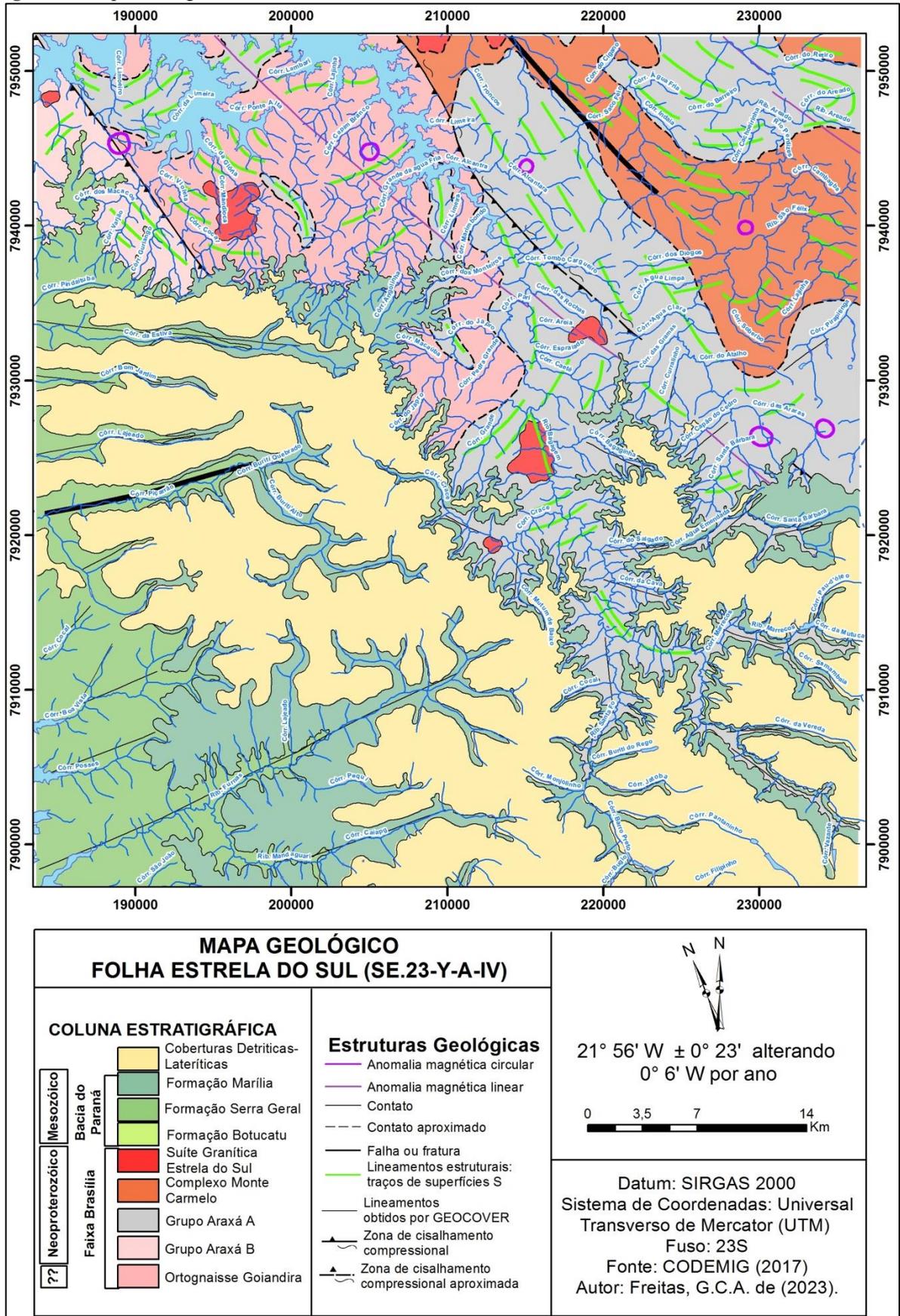
A folha Estrela do Sul encontra-se sobre os contextos geotectônicos da Faixa Brasília, onde afloram rochas xisto-granito-gnáissicas, e, recobrindo essa sequência ígneo-metamórfica, afloram rochas vulcânicas e sedimentares da borda da Bacia do Paraná (Figura 3). A Figura 4 ilustra o mapa geológico da folha Estrela do Sul dessas rochas.

Figura 3 - Coluna estratigráfica esquemática da Folha Estrela do Sul (as espessuras das unidades encontram-se fora de escala).



Fonte: CODEMIG (2017)

Figura 4 - Mapa Geológico da Folha Estrela do Sul.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

6.1.1 Ortognaisse Goiandira

A unidade, alcunhada por Klein (2008), é descrita na região de estudo como biotita e muscovita-biotita gnaisses, inequigranulares, médios a grossos, porfiroblásticos com foliação proeminente, podendo ocorrer localmente feições migmatíticas (CODEMIG, 2017). Ocorrem também enclaves anfibolíticos maciços boudinados ao longo da foliação principal (CODEMIG, 2017).

Segundo Klein (2008), as rochas dessa unidade possuem idades entre 634 ± 9 e 717 ± 39 Ma (Neoproterozóico), sendo relacionadas com arco magmático continental, que se desenvolveu as margens do Cráton do São Francisco, e seus protólitos são de composição tonalítica a granítica, com afinidade peraluminosa e cálcio-alcalina.

Apesar das idades determinadas por Klein (2008) sugerirem que a unidade poderia corresponder as idades dos granitos sin-colisionais intrusivos nos metassedimentos e anfibolitos do Grupo Araxá, esses corpos intrusivos são considerados correlacionáveis à Suíte Granítica Estrela do Sul, inclusive um deles ocorre, aparentemente, intrudindo o próprio Ortognaisse Goiandira (CODEMIG, 2017). Sendo assim, seguindo o que foi proposto no trabalho realizado no mapeamento da Folha Estrela do Sul (CODEMIG, 2017), prefere-se considerar tais ortognaisses em posição estratigráfica abaixo do Grupo Araxá.

A partir da seção delgada das rochas gnáissicas da unidade, realizada e descrita por CODEMIG (2017), foi observado que essas são granoblásticos e equigranulares de granulação média, sendo que o contato entre os grãos é irregular e serrilhado. A rocha é foliada, com cristais de quartzo e feldspato orientados, alongado em uma direção preferencial, localmente são envolvidos por muscovita e/ou biotita. O plagioclásio encontra-se fortemente caulinizado e saussuritizado. O quartzo apresenta microfraturas preenchida por opacos e inclusão de biotita, além de evidência de recristalização. O K-feldspato é composto predominantemente composto por microclina, inclusões de quartzo e biotitas, além de microfraturas, bordas de recristalizadas e maclas deformadas. A biotita é esverdeada, está deformada e fortemente alterada para opacos, muscovita e para clorita, sendo comumente associada à muscovita.

6.1.2 Grupo Araxá

Barbosa (1955) agrupou os xistos verdes, micaxistos e migmatitos que descreveu, nas proximidades da cidade de Araxá/MG, em uma unidade que primeiramente chamou de

Formação Araxá (BARBOSA, 1963). Devido a extensão e variedade litológicas, Barbosa (*et al.*, 1967;1970) elevou a Formação Araxá para a denominação de Grupo Araxá, que foi dividido em A e B.

O Grupo é representado, no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, por quatro *nappes* (Valeriano *et al.*, 2004, apud CODEMIG, 2017) denominadas Monte Carmelo, Araxá, Tapira e Passos. Na área da folha Estrela do Sul ocorrem o sistema de escamas tectônicas separadas por zonas de cisalhamento sub-horizontais com direção geral NW denominado *Nappe* Monte Carmelo.

Segundo Pimentel *et al.*, (1999, 2001) a deposição dos metassedimentos do Grupo Araxá se deu entre 0,9 e 0,7 Ga em uma bacia de retroarco, enquanto o metamorfismo da fácies anfíbolito ocorrem em torno de 630 Ma. Posteriormente ocorreu a intrusão dos granitos colisionais, formando assim a estruturação tectônica final da região (CODEMIG, 2017).

6.1.2.1 Araxá A

Lacerda Filho *et al.* (1999) descreveu a Unidade A do Grupo Araxá sendo composta por muscovita-clorita xistos, biotita-muscovita-quartzo xistos, granada muscovita-clorita xistos, clorita-quartzo xistos, grafita xistos, sericita quartzitos e hematita-sericita quartzitos. Estas rochas são metassedimentos depositados em ambiente plataformar do tipo marinho raso, as quais encontram-se metamorfizadas em fácies xisto verde (NUNES, 2020).

Na área da Folha Estrela do Sul a unidade é composta por granada-muscovita-biotita-quartzo xisto, localmente feldspático, e em geral grosso (CODEMIG, 2017). Essas estão em contato por falha e zona de cisalhamento com o Ortognaisse Goiandira ou com o Grupo Araxá A (CODEMIG, 2017).

Em lâmina o clorita-biotita-quartzo-muscovita xisto porfiroclástico com granada tem textura granolepidoblástica e granulação muito fina a fina, com foliação anostomosada marcada no plano da muscovita, biotita e clorita, além de lentes de quartzo recristalizado (CODEMIG, 2017).

O anfíbolito possui granulação média a grossa e textura diablástica, composta por mineralogia principal composta por anfíbólio e albita (CODEMIG, 2017). A mineralogia acessória é composta por clorita, titanita, clinzoisita, epidoto, proveniente de alteração de plagioclásios pré-existente, e rutilo (CODEMIG, 2017).

6.1.2.2 *Araxá B*

Lacerda Filho et al. (1999) descreveu a Unidade B do Grupo Araxá sendo composta por calci-clorita-biotita xistos, calci-clorita-biotita xistos feldspáticos, calci-granada-biotita-quartzo xistos feldspáticos, granada-clorita xistos, hornblenda-granada xistos feldspáticos, grafita xistos, lentes de metacalcários, quartzitos micáceos e, subordinadamente lentes de anfíbolito. Essas rochas são metassedimentos de uma sequência pelítica depositados em ambiente marinho, as quais encontram-se metamorfizadas em fácies anfíbolito (NUNES, 2020).

Na área da Folha Estrela do Sul a unidade é constituída por xistos que apresentam duas micas com predominância da muscovita, os quais se encontram muito intemperizados, apresentam granulação fina, mas por vezes média, e coloração variada, de cinza claro ao cinza esverdeado e quando alterado rosado (CODEMIG, 2017). Ocorrem também anfíbolitos médios a grossos, além de quartzitos finos, micáceos e recristalizados, e, localmente, serpentinito, talco-clorita xisto e tremolita-actinolita xisto (CODEMIG, 2017). A unidade encontra-se em contato com o Ortognaisse Goiandira, com o Complexo Monte Carmelo e por falha com rochas xistosas semelhantes às do Grupo Araxá B (CODEMIG, 2017).

Em lâmina a rocha descrita como um quartzo-biotita xisto apresenta textura granolepidoblástica, granulação fina a média, bastante alterada, com foliação pouco desenvolvida (CODEMIG, 2017). A mineralogia principal da rocha é composta por quartzo, feldspato (bastante alterado por saussuritização e sericitização) e biotita (CODEMIG, 2017). A mineralogia secundária é composta por muscovita, epidoto, clinozoisita, os quais são provenientes da alteração do feldspato e encontram-se muito alterados (CODEMIG, 2017). A mineralogia acessória da rocha é composta por apatita, titanita, allanita e zircão (CODEMIG, 2017).

O anfíbólio-clorita xisto apresenta textura nematoblástica, granulação fina a muito fina, e com mineralogia principal composta por anfíbólio e clorita, sendo que os minerais de zircão e allanita ocorrem como inclusões no último (CODEMIG, 2017). Os minerais opacos e o rutilo ocorrem associados e dispersos na lâmina quanto no preenchimento das fraturas (CODEMIG, 2017).

O actinolito é equigranular, granulação média, composta por quase que exclusivamente cristais fibrosos a aciculares longos de actinolita, os quais apresentam-se com deformação em alguns cristais (CODEMIG, 2017).

6.1.3 Complexo Monte Carmelo

O termo Complexo Monte Carmelo foi atribuído por Pereira (1992) para agrupar rochas de composição granítica a granodiorítica da intrusão granito-gnáissica. O complexo compreende intrusões graníticas peraluminosas de caráter sin-colisionais em micaxistos do Grupo Araxá, com intercalações de anfíbolitos, ocasionalmente apresentando xenólitos da encaixante e por vezes cortados por veios pegmatóides associada ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento de baixo ângulo em regime compressional (BARBOSA *et al.* 1970; BROD *et al.* 1991; SEER E MORAIS, 2013; PINHO *et al.*, 2017). Os granitoides podem ser classificados em quatro litotipos principais descritos como tonalitos, granodioritos, sienogranitos e monzogranitos apresentando cor cinza esbranquiçada a amarelada, granulação fina a grossa, equigranular e texturas variando de granoblástica, porfiroclástica inequigranular, cataclástica e milonítica (SEER E MORAIS, 2013; PINHO *et al.*, 2017).

As rochas do Complexo Granítico Monte Carmelo segundo Araujo *et al.* (2016) são formados em um evento magmático granítico cálcio – alcalino com grande quantidade de potássio relacionados ao grupo Araxá no Neoproterozóico (0,79 Ga.). São compostos por rochas pré – colisionais constituídas por granitoides do Tipo I metaluminoso compartilhando também granitoides do Tipo – S peraluminosos (ARAUJO *et al.*, 2016).

Na área de estudo o Complexo Monte Carmelo compreende granitos, predominando os tipos grossos, em geral porfiríticos a equigranulares, compostos por quartzo, k-feldspato, plagioclásio, biotita e às vezes muscovita (CODEMIG, 2017). Ocorrem também na área gnaisses graníticos milonitizados de granulação fina a média, observando-se a presença de xenólitos de gnaiss, micaxisto, quartzito e anfíbolito, além de um largo volume de anfíbolitos frescos, em geral granoblásticos, grossos e equigranulares, compostos essencialmente por hoenblenda e plagioclásio (CODEMIG, 2017). Encontra-se em contato com o Grupo Araxá A ou com o Ortognaisse Goiandira, sendo intrudida, no extremo norte, por granitos da Suíte Estrela do Sul (CODEMIG, 2017).

Em lâmina o metagranito é granoblástico com porções lepidoblásticas, inequigranular de granulação fina a grossa, composta por feldspato, plagioclásio, quartzo, k-feldspato (microclina), além de inclusões de quartzo e biotita e microfraturas intergranulares percoladas por óxido/hidróxidos de ferro (CODEMIG, 2017). Os feldspatos ocorrem fortemente alterados e os plagioclásios encontram-se fortemente caulinizado e saussuritizado (CODEMIG, 2017).

A amostra de metagranitoide é granolepidoblástica com textura porfiroclástica subordinada, granulação fina a grossa e foliação incipiente, composta por plagioclásio, microclina, feldspato alcalino perítico, quartzo, biotita, epidoto microcristalino e sericita (CODEMIG, 2017). Os cristais de plagioclásio estão muito saussuritizados, muitas vezes totalmente substituídos por epidoto microcristalino e sericita, e os de feldspato alcalino estão menos alterados (CODEMIG, 2017).

A rocha metabásica é inequigranular, de granulação fina a média, composto por tremolita, actinolita, plagioclásio, opacos e óxidos/hidróxidos de ferro (CODEMIG, 2017). Os cristais de plagioclásio estão intensamente saussuritizado (CODEMIG, 2017).

6.1.4 Suíte Granítica Estrela do Sul

Unidade descrita por Barbosa *et al.* (1970, apud CODEMIG, 2017), envolve granitos e álcali-granitos equigranulares a porfiríticos, médios, cinza claros, deformados, compostos por quartzo, ortoclásio, microclínio, plagioclásio, muscovita e biotita, além de minerais acessórios de granada, zircão, turmalina, monazita e apatita. Ocorrem também abundantes fácies pegmatíticas, além de xenólitos de xisto, quartzito e anfibolito; localmente tais rochas apresentam tendência sienítica (SEER E MORAES, 2013, apud CODEMIG, 2017).

Na Folha Estrela do Sul ocorrem sete corpos relacionados à Suíte Granítica Estrela do Sul, sendo os dois maiores denominados granito Estrela do Sul e Cascalho Rico (CODEMIG, 2017). Estes são intrusivos no Ortognaisse Goiandira e no Grupo Araxá.

O Granito Estrela Do Sul apresenta forma “ameboide”, intrudindo rochas do Grupo Araxá A, encontra-se pouco deformado de forma geral, com preservação maior no centro do corpo (CODEMIG, 2017). A rocha apresenta coloração cinza clara e uma fácies equigranular fina a média, composta por quartzo, ortoclásio, microclínio, oligoclásio, biotita, muscovita e opacos (CODEMIG, 2017). Aparecem minerais acessórios de zircão, apatita, granada e turmalina, e como minerais secundários, sericita, epidoto e carbonato (CODEMIG, 2017). Segundo Seer e Moraes (2013, apud CODEMIG, 2017) o plúton é classificado como um sienogranito, com tendência peraluminosa, e idade de cristalização de 632,4 +/-3,4 Ma.

O Granito Cascalho Rico tem forma irregular, encontra-se intrusivo no Ortognaisse Goiandira, e tal rocha apresenta coloração cinza, equigranular média, composta por quartzo, ortoclásio, plagioclásio e biotita. A mineralogia acessória é composta por zircão, apatita e ilmenita, e albita e muscovita são minerais secundários. Segundo Seer e Moraes (2013, apud

CODEMIG, 2017) ao granito é classificado como um sienogranito, com caráter peraluminoso, e idade de cristalização de 633,0 +/- 56 Ma.

A partir de lâminas delgadas é observado que o Granito Cascalho Rico tem textura granolepidoblástica, granulação média a grossa, composta por quartzo, plagioclásio, k-feldspato, muscovita, biotita, apatita, epidoto, clinzoisita, allanita e zircão (CODEMIG, 2017). A maior parte dos grãos encontra-se bastante fraturados, sendo que os de k-feldspato encontram-se ligeiramente caulinizados e sericitizados (CODEMIG, 2017). Enquanto o Granito Estrela do Sul é composto por quartzo, microclina, ortoclásio, plagioclásio, muscovita, biotita, allanita, clinzoisita e zircão, todos bastante fraturados (CODEMIG, 2017). Os feldspatos estão intensamente alterados por sericitização, caulinização e saussuritização (CODEMIG, 2017).

6.1.5 Grupo São Bento

6.1.5.1 Formação Botucatu

Gonzaga de Campos (1889, apud CARNEIRO, 2007) propôs a existência da formação para agrupar um pacote de arenitos vermelhos aflorantes nas redondezas da cidade de Botucatu, mas foi definida formalmente por Soares (1973, apud MANIERI, 2010). Segundo Bacci (2005, apud MANIERI, 2010) os sedimentos da Formação Botucatu são derivados de áreas de relevo pouco acentuado, proveniente de rochas cristalinas e sedimentares preexistentes, depositados em bacia estável, com transporte relativamente prolongado e fortemente retrabalhados por abrasão seletiva em clima semiárido e árido de ambiente desértico, eventual e temporariamente cortado por rios.

O ambiente de deposição da Formação Botucatu predominou o ambiente eólico, vinculado a ambiente desértico, sendo encontrados depósitos subaquosos de areias conglomeráticas e conglomerados, relacionados a ambientes de alta energia, mas também siltitos e argilitos, relacionado a ambientes de baixa energia (MANIERI, 2010). A deposição desses arenitos eólicos ocorre no intervalo Neojurássico-Eocretáceo (CARNEIRO, 2007, apud CODEMIG, 2017).

Na área de estudo a Formação Botucatu está em contato discordante angular e erosiva com as rochas do Grupo Araxá A, sendo encobertas por arenitos e conglomerados da Formação Marília (CODEMIG, 2017). Esta é composta por arenitos monótonos, de granulometria fina, maciços ou estratificados, róseos ou levemente avermelhados, raramente brancos, e essencialmente quartzosos, não parecendo ter espessura maior que 20 metros e

aparecem intertrapeadas no pacote vulcânico da Formação Serra Geral (CODEMIG, 2017). As estratificações são cruzadas de médio porte de médio a alto ângulo, indicando sedimentação eólica (CODEMIG, 2017).

Em lâmina o arenito é composto essencialmente por grãos de quartzo, subarredondados e esféricos, são muito bem selecionados, com pouquíssima matriz, e granulometria que vai de areia fina a areia grossa (CODEMIG, 2017).

6.1.5.2 Formação Serra Geral

Gordon Jr. (1943, apud MANIERI, 2010) classificou uma sequência vulcânica de rochas eruptivas de Formação Serra Geral. Tal formação é composta por rochas originadas da consolidação de lavas efusivas predominantemente básicas, contendo domínios subordinados intermediários e ácidos, originadas por um vulcanismo linear ou fissural que ocorreu entre os períodos Jurássico e Cretáceo (MANIERI, 2010), tendo como clímax da atividade vulcânica em 135 Ma (RENNE *et al.*, 1992). A efusão das lavas formou um espesso pacote de rochas basálticas atingindo até 32 derrames sucessivos com espessura média de 50 metros (THOMAZ, 1984, apud MANIERI, 2010).

As rochas basálticas da formação têm caráter toleítico, de textura afanítica, coloração cinza a negra, amigdaloidal no topo dos derrames, com desenvolvimento de juntas horizontais, verticais e sub-horizontais sucessivos (MANIERI, 2010). Intertrapeadas aos basaltos ocorrem intercalações de arenitos finos a médios, com estratificação cruzada tangencial (MANIERI, 2010).

Na Folha Estrela do Sul a sequência cobre em discordância angular os micaxistos do Grupo Araxá e são recobertas pelos depósitos sedimentares do Grupo Bauru, ou coberturas neógenas (CODEMIG, 2017). Tal formação é composta por basaltos maciços, afaníticos, amigdaloidais e hipocristalinos, de coloração cinza escura a preta, e apresentam disjunção esferoidal (CODEMIG, 2017). Ocorrem arenitos finos brancos ou rosados, intertrapeados na sequência de basaltos, os quais são relacionados à Formação Botucatu (CODEMIG, 2017). Estes são característicos pela presença de estratos cruzados, desde pequeno a grande porte, de baixos e até altos ângulos (CODEMIG, 2017).

Em seção delgada esses basaltos são afaníticos, hipocristalino da matriz, a qual é composta principalmente por plagioclásio, piroxênio e vidro vulcânico (CODEMIG, 2017).

6.1.6 Grupo Bauru

6.1.6.1 Formação Marília

Soares *et al.* (1980, apud PAGOTTI, 2016) descreveu formalmente a Formação Marília como composta por arenitos greosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matriz variável, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados, raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários são encontrados (PAGOTTI, 2016). São reconhecidos três membros da Formação Marília, sendo eles, da base para o topo, denominados Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã (BARCELOS, 1984, apud PAGOTTI, 2016).

Na área de estudo a Formação Marília encontra-se em contato inferior brusco com os basaltos da Formação Serra Geral, enquanto o superior é feito com os depósitos neógenos, e tem espessura máxima estimada em torno de 100 metros (CODEMIG, 2017). Tal formação é composta por arenitos finos a médios, localmente grossos, brancos a vermelhos, em geral imaturos e ferruginosos, os quais recobrem conglomerados basais (CODEMIG, 2017). Ocorrem na área enfocada litotipos pertencentes ao Membro Serra da Galga, formado por estratos lenticulares de arenitos e arenitos conglomeráticos, ferruginosos e de espessura decimétricas a métricas, com estratificação cruzada tabulares a acanaladas, de pequeno a médios portes, além de depósitos de conglomerados, em geral na base da unidade e, localmente, argilitos intercalados à sequência (CODEMIG, 2017).

Em lâmina as rochas da Formação Marília são constituídas essencialmente por quartzo, granulometria varia de areia fina a grossa, com predomínio da fração areia média, bem selecionada, com elevado grau de maturidade, mas são encontrados também cristais de plagioclásios, óxidos, feldspato alcalino, muscovita, opacos e fragmentos de rocha (CODEMIG, 2017).

6.1.7 Coberturas detrítica-laterítica coluvionar

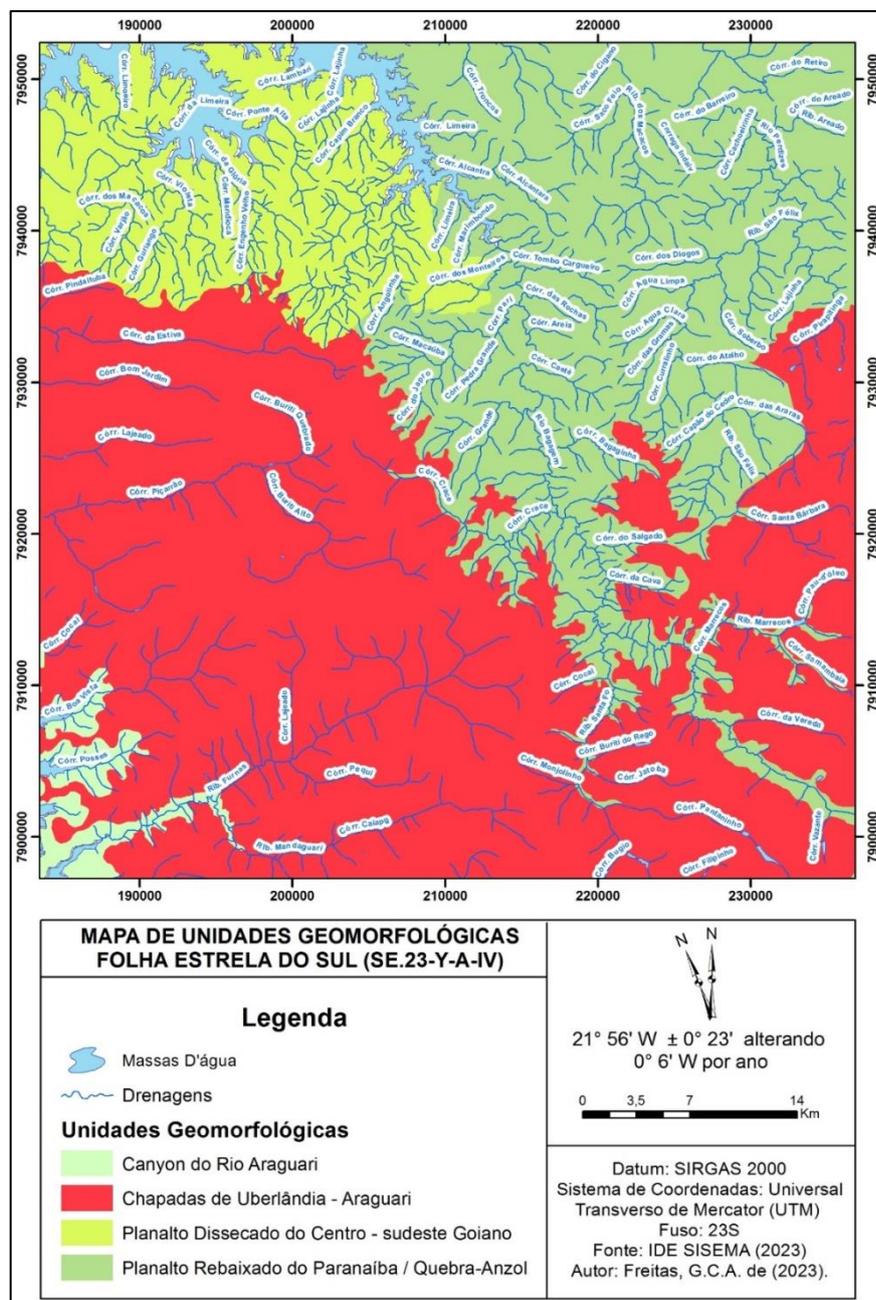
Essa unidade é composta por depósitos que desenvolveram sobre os grupos São Bento e Bauru, variando de alguns poucos metros a próximo de 40 metros de espessura, mapeada na área de estudo caracteristicamente na zona altiplana dos interflúvios do Ribeirão Gurnas, Córrego Piçarrão e Rio Bagagem (CODEMIG, 2017). Essa compreende detritos quartzo-silto-arenosos avermelhados a amarelados, com granulação fina a média, sedimentos arredondados

e esféricos, e a inda com grãos de óxidos dispersos. Espessas carapaças ferruginosas, de até 2 metros, aparecem associadas a esses depósitos (CODEMIG, 2017).

6.2 Geomorfologia Regional

A folha Estrela do Sul é composta, segundo dados do Projeto RADAMBRASIL (SISEMA, 2021), pelas unidades geomorfológicas do Carnyon do Rio Araguari, Chapadas de Uberlândia-Araguari, Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano e pelo Planalto Rebaixo do Paranaíba/Quebra-Anzol (Figura 5).

Figura 5 - Unidades Geomorfológicas da folha Estrela do Sul ((SE.23-Y-A-IV).



Fonte: Modificado de SISEMA (2021).

6.2.1 Chapadas de Uberlândia-Araguari

A unidade encaixa-se no que é descrito por Baccaro (1991) como áreas elevadas de cimeira entre 950 e 1050 m, com topos planos, amplos e largos, sendo caracterizado por baixa densidade e vales com pouca ramificação de drenagem, vertentes com baixas declividades entre 3 e 5°, sustentadas pelo arenito da Formação Marília e recobertas pelos sedimentos Cenozóicos. Quase todos os vales são amplos, de fundos úmidos, com características de “veredas” e escoamento fluvial anastomosado (BACCARO, 1991).

6.2.2 Planalto Dissecado do Paranaíba

A unidade é classificada por Baccaro (1991) como área intensamente dissecada, presente na borda norte da chapada de Araguari e no vale do rio Paranaíba a montante da represa de Itumbiara, mostrando vertentes abruptas onde as altimetrias variam em média de 600 a 1.000 metros de altitude. A litologia é constituída por rochas do Grupo Araxá e do Complexo Goiano nas áreas mais rebaixadas (ROCHA *et al.*, 2001).

6.2.3 Canyon do Araguari

Situada na porção NE do Triângulo Mineiro, a unidade, segundo Baccaro (1991), apresenta relevo intensamente dissecado, entalhada por vários afluentes e mostrando vertentes abruptas, corredeiras e cachoeiras, com altimetrias que variam de 500 metros nas áreas mais rebaixadas, até 900 metros nas bordas das chapadas. Por ser uma unidade com formas muito dissecadas os vales são bem entalhados e a densidade da drenagem é alta, apresentando alta fragilidade, sujeira aos processos erosivos e ravinamento (ROCHA *et al.*, 2001).

6.2.4 Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano

Também denominada por RADAMBRASIL (1983), na folha Goiânia (SE.22) como Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, essa unidade é descrita englobando feições geomorfológicas diversas, onde predominam formas dissecadas e modeladas em rochas pré-cambrianas do Complexo Goiano (Ortognaisse Goiandira) (RADAMBRASIL, 1983). Apresentam uma superfície contínua com cotas por volta dos 1.000 metros, compreendendo relevos bastante dissecados e homogêneos de formas convexas, aguçadas e tabulares (RADAMBRASIL, 1983).

6.3 Gamaespectrometria

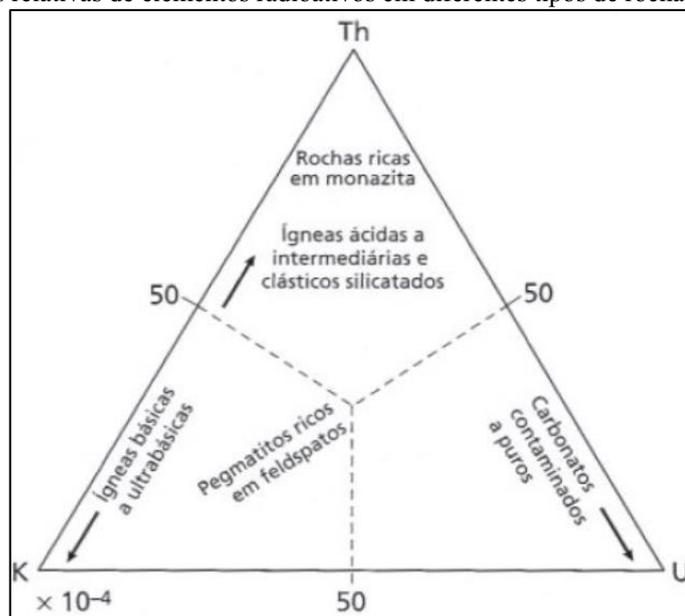
Os levantamentos aerogamaespetrométricos medem, na superfície terrestre, a abundância de urânio (U), tório (Th) e potássio (K) através da detecção da radiação gama proveniente do decaimento natural dos radionuclídeos das séries do $U^{238}(Bi^{214})$, $Th^{232}(Tl^{208})$ e do próprio K^{40} (DAL POZZO *et al.*, 2004). Apesar de ocorrer a emissão de três partículas (alfa, beta e raios gama) características da desintegração nuclear, utiliza-se os raios gama para medição de radiatividades nos elementos aerogeofísicos devido a sua maior penetração (CPRM, 1994). Essa radiação no solo é inversamente proporcional à densidade do meio que atravessa, fazendo com que a medição desse parâmetro físico tenha um alcance médio de 30 a 40 cm de profundidade (MINTY, 1988 apud RIBEIRO, 2013).

Sendo assim, a aerogamaespectrometria mostra-se como um importante método de aquisição de informações a respeito da composição mineralógica e geoquímica das rochas e de seus produtos de alteração, uma vez que reflete a concentração do K, U e Th das camadas superficiais terrestres.

6.3.1 Distribuição de K, U e Th em minerais, rochas e solos

A interpretação dos mapas de concentração de K, Th, U, CT (Concentração Total) e Ternário se dá a partir das características geoquímicas, cristalográficas, a abundância de cada elemento e suas principais ocorrências (RIBEIRO, 2014). A Figura 6 ilustra o diagrama ternário com as abundâncias relativas de U, Th e K em diferentes tipos de rochas.

Figura 6 - Abundâncias relativas de elementos radioativos em diferentes tipos de rochas



Fonte: KEAREY *et al.*, 2002 apud SANTOS, 2014

No continente, a principal ocorrência de K é nos feldspatos potássicos, sendo os polimorfos mais abundantes são o ortoclásio e o microclínio (K₂O da ordem de 15 a 16%) (ULBRICH *et al.*, 2008). Ocorre também em micas, como a flogopita (9,80% K₂O), biotita (8 a 9,35% K₂O) e muscovita (10 a 11,2% K₂O), assim como em alguns argilominerais diagenéticos ou hidrotermais (ilita e esmectita) (ULBRICH *et al.*, 2008). Devido a isso, o K é apresentado com altos teores em rochas félsicas, como granitoides e sienitoides, e em rochas metamórficas micáceas, feldspáticas e quartzo-feldspáticas, como filitos, xistos e gnaisses (ULBRICH *et al.*, 2008). Em contrapartida, na maioria dos demais sedimentos e rochas sedimentares e metamórficas equivalentes, assim como em rochas ígneas intermediárias a basálticas, os teores de K são baixos a moderados (ULBRICH *et al.*, 2008).

O K é um elemento muito móvel durante o intemperismo, em especial o de climas tropicais a subtropicais, onde os feldspatos potássicos convertem-se inteiramente em caulinita, podendo a passar para esmectitas (ULBRICH *et al.*, 2008). O ciclo geoquímico supérgeno do K nos continentes é similar ao do Na, iniciando-se na etapa do intemperismo, com a formação de solos residuais, e sua liberação e transporte como cátion em soluções intersticiais (ULBRICH *et al.*, 2008).

U e Th são normalmente presentes em minerais acessórios encontrados em várias rochas ígneas e metamórficas quartzo-feldspáticas (BOYLE, 1982; BEA, 1996 apud ULBRICH *et al.*, 2008). O U tende a formar minerais solúveis, diminuindo sua concentração (SILVA, 2006 apud RIBEIRO, 2014). O U é facilmente oxidado para formar íons solúveis, enquanto o Th é carregado em suspensão, sendo fixado em argilas e resistatos secundários (SANTOS, 2007). Dickson e Scott (1997) observaram que tanto Th quanto U tem suas concentrações elevadas quando o conteúdo de K e sílica (SiO₂) é maior. Além disso, em alguns materiais regolíticos alterados ocorre a perda de K e elevados valores de U e Th associados a argilas e/ou óxidos de ferro na parte superior do perfil de intemperismo (DICKSON e SCOTT, 1997).

6.4 Sensoriamento Remoto

Essa técnica, a qual se apoia na ideia de obter imagens de superfície terrestre sem o contato físico entre o sensor e o objeto de interesse, é realizada utilizando-se da radiação eletromagnética emitida por sensores acoplados a satélites orbitais (MENESES e ALMEIDA, 2012). As rochas e materiais superficiais absorvem e refletem diferentes comprimentos de

onda, as quais são captadas e medidas pelos sensores remotos (MENESES e ALMEIDA, 2012).

6.4.1 Sensores Multiespectrais

Os sensores multiespectrais são instrumentos capazes de obter múltiplas imagens simultâneas da superfície terrestre, desde o comprimento de onda da luz visível até a região termal (MENESES e ALMEIDA, 2012).

A partir dessas imagens e utilizando-se do sistema de cores RGB, tem-se a liberdade de se explorar as possíveis combinações de três cores com três bandas para geração de uma imagem colorida de melhor contraste (MENESES e ALMEIDA, 2012), a isso se denomina composição RGB.

A aritmética de bandas (soma, subtração, multiplicação e divisão) é um processo, realizado de forma digital, rápido utilizado para ajustar e suavizar imagens muito ruidosas ou para obter realce da área imageada ou de alvos específicos (MENESES e ALMEIDA, 2012).

6.4.1.1 Aritmética de bandas para realce de argila e areia

Rebouças (2019) propõe a utilização da ARGILAS = $(SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)$

(I) para singularizar e diferenciar respostas espectrais de argilas e areia. Segundo esse autor, a partir dessa operação, valores de reflectância mais próximos de 0 correspondem a regiões com solos argilosos, enquanto valores de reflectância mais próximos de -1 estão relacionados a ocorrência de areias e centros urbanos.

7 RESULTADOS

7.1 Mapeamento Geomorfológico

Os modelados são a quarta ordem de grandeza da taxonomia do mapeamento geomorfológico, podendo ser divididos em quatro tipos: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação (IBGE, 2009). No âmbito da Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV) foram mapeados os modelados de acumulação fluvial, aplanamento e dissecação (ANEXO I). Os parâmetros que serão apresentados acerca da largura, formato dos vales, aspectos das drenagens, formações superficiais, etc., foram observados na etapa de checagem em campo e seguem a ficha proposta no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009).

7.1.1 Acumulação Fluvial

7.1.1.1 Planícies e Terraços (*Aptf*)

Na área de estudo o modelado ocorre em 6,78% da Folha Estrela do Sul na calha dos principais rios, ribeirões e seus afluentes, destacando-se as margens dos Rios Perdizes e Bagagem, e Ribeirões dos Macacos e São Félix. Na imagem de relevo sombreado, os terraços não são visíveis, mas há a ocorrência de grandes planícies aluvionares com drenagens meandranes que os formam (Figura 7). A declividade nessas áreas é muito baixa e as curvas de nível quase sempre demarcam a região de planície e terraço (Figura 8).

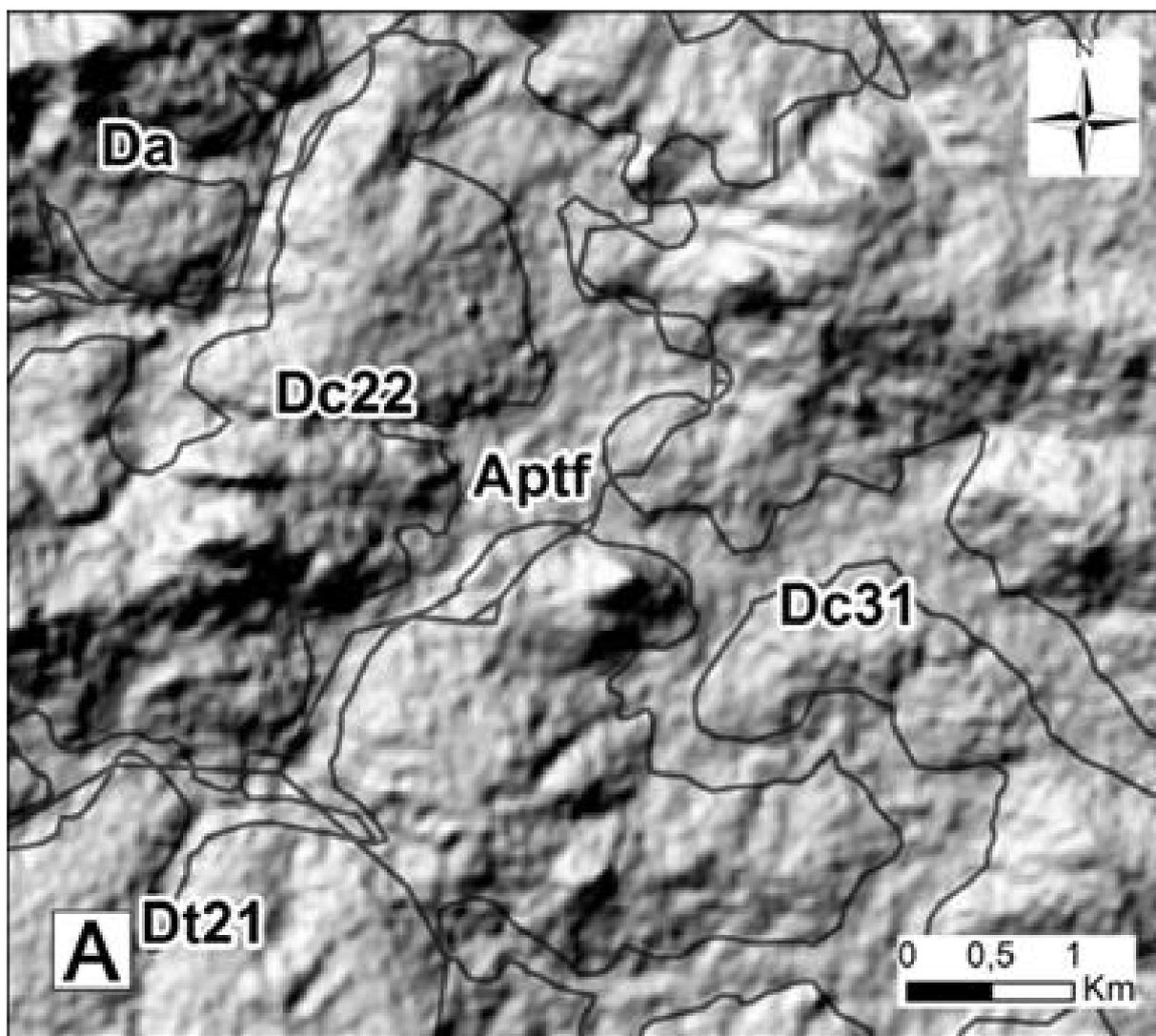
Nesse modelado as drenagens apresentam canal do tipo meandrante, com borda disfarçada ou desbarrancada (

Figura 9-C), por vezes com leito rochoso (

Figura 9-D) e com material das bordas de natureza aluvionar (

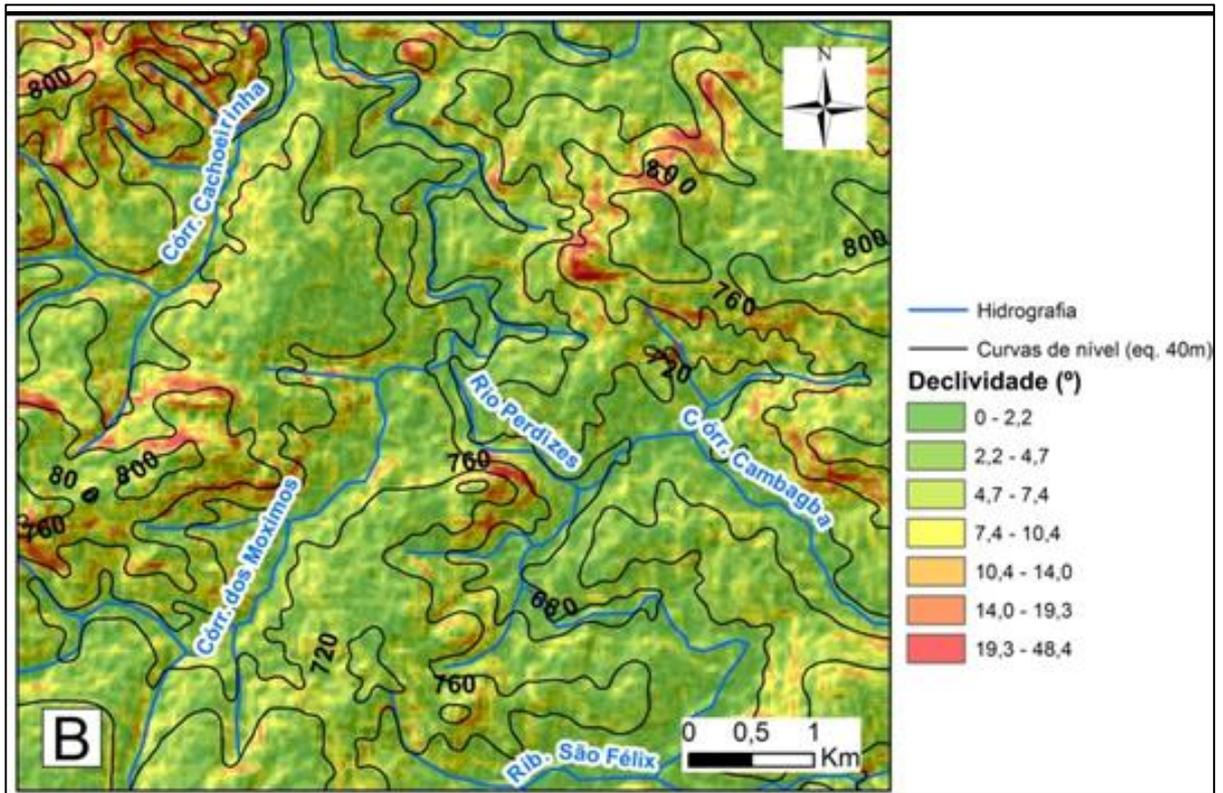
Figura 9-A e B). Seus vales têm de 150 a 450 m (largos), são assimétricos, não encaixados e em formato de “U”. A acumulação se dá por meio fluvial, com presença de bancos arenosos, com acumulação de argila e silte. São observados até três níveis de terraço, os quais têm de 2 a 5 metros de altura (médio) e 50 a 75 metros de largura (largo).

Figura 7 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Aptf.



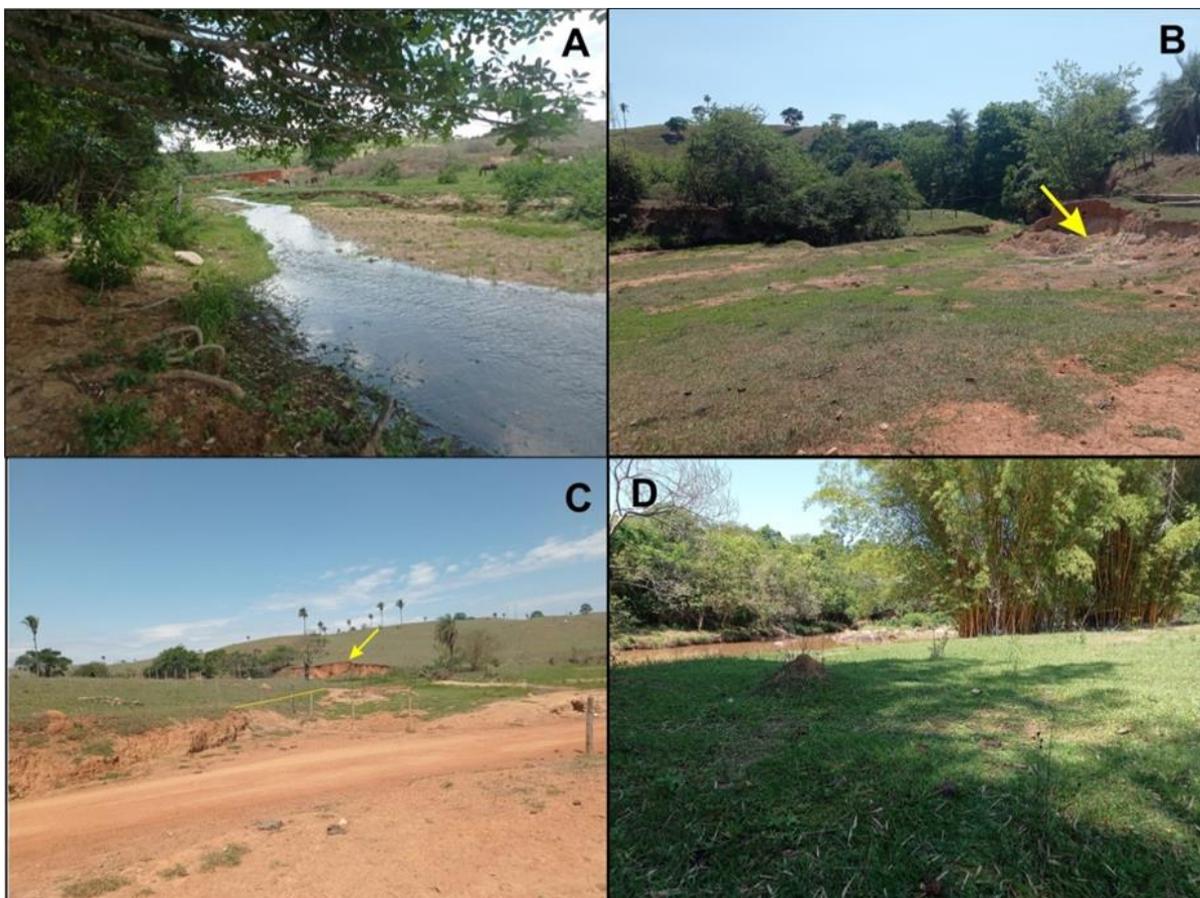
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 9 - **A.** Terraços com presença de bancos de areia. (P19 – 207205/ 7939221, fotografia tomada na direção SW). **B.** Terraços com destaque para exploração de bancos (P17 – 209233/ 7936081, fotografia tomada na direção NE). **C.** Terraços com borda do canal desbarrancada e destaque para os níveis de terraço (P17 – 209233/ 7936081, fotografia tomada na direção NW) **D.** Terraços no vale do Rio Bagagem (P05 – 215841/7929447, fotografia tomada na direção NW).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

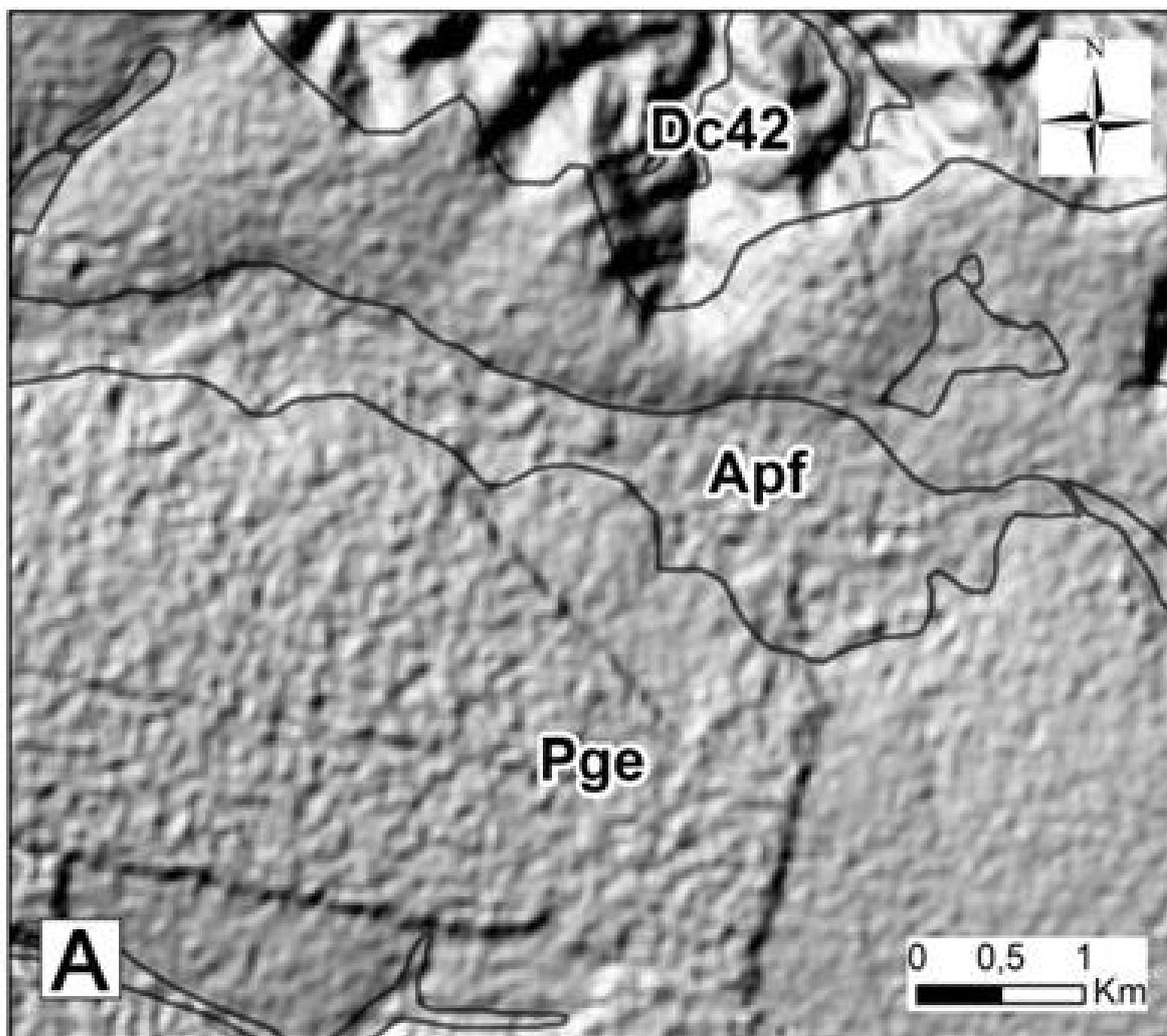
7.1.1.2 Planícies (Apf)

O modelado de acumulação em planície fluvial (Apf) abrange 5,34% da área de estudo e ocorre predominantemente nas áreas planálticas associadas ao modelado de aplanamento degradado etchplanado (Pge). Na imagem de relevo sombreado é possível observar a morfologia altiplana que se desenvolvem essas extensas planícies, locais onde ocorrem as chamadas veredas. A transição do Pge para as planícies ocorre de forma suave, mas é notável uma pequena quebra no relevo (Figura 10), local onde ocorrem os maiores valores de declividade (Figura 11).

Nesse modelado ocorrem vales abertos, com mais de 450 metros de largura (muito largo) e de fundo chato (Figura 12-A). Os canais são irregulares, apesar de apresentarem porções retilíneas, as quais são adaptadas a lineamentos estruturais, e apresentam bordas suavizadas e abruptas, onde se desenvolvem vastas áreas de vereda. A acumulação ocorre em

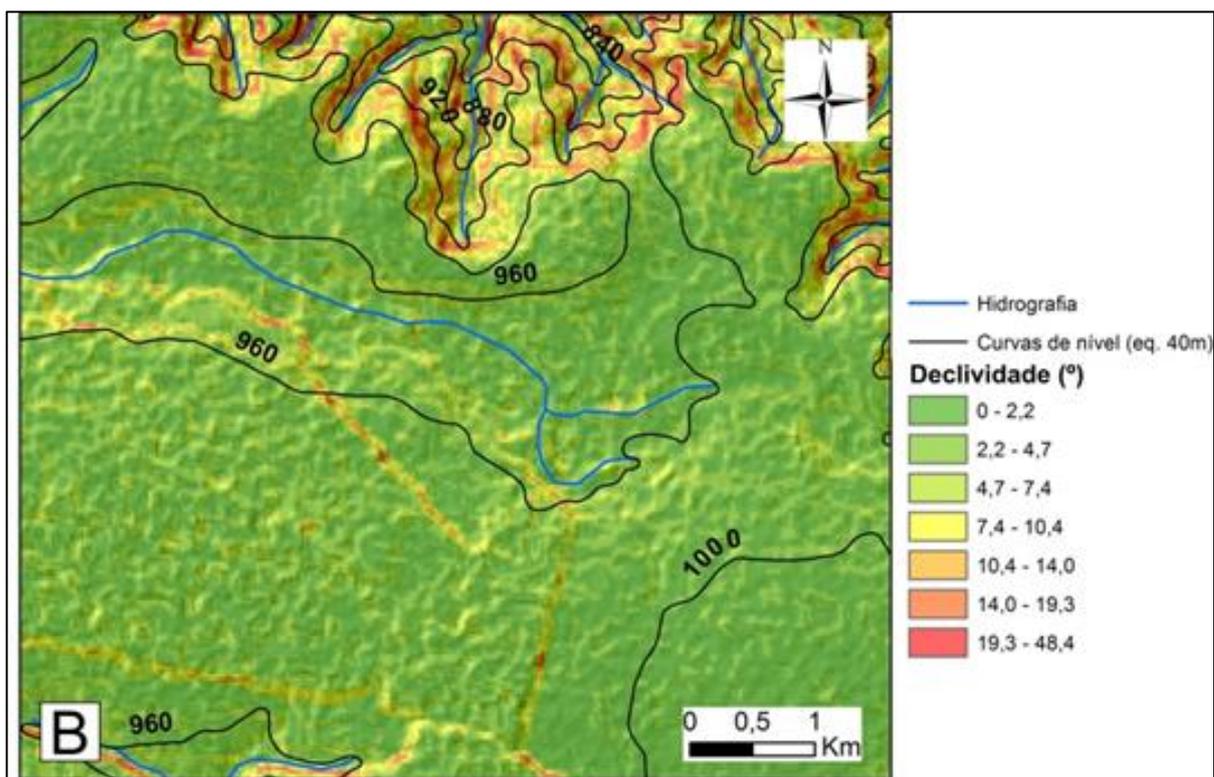
planícies de inundação com mais de 450 metros de largura (muito larga), onde são acumuladas matéria orgânica, silte e argila (Figura 12-A e B). Associado a essas planícies ocorrem também murunduns e formigueiros.

Figura 10 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Apf.



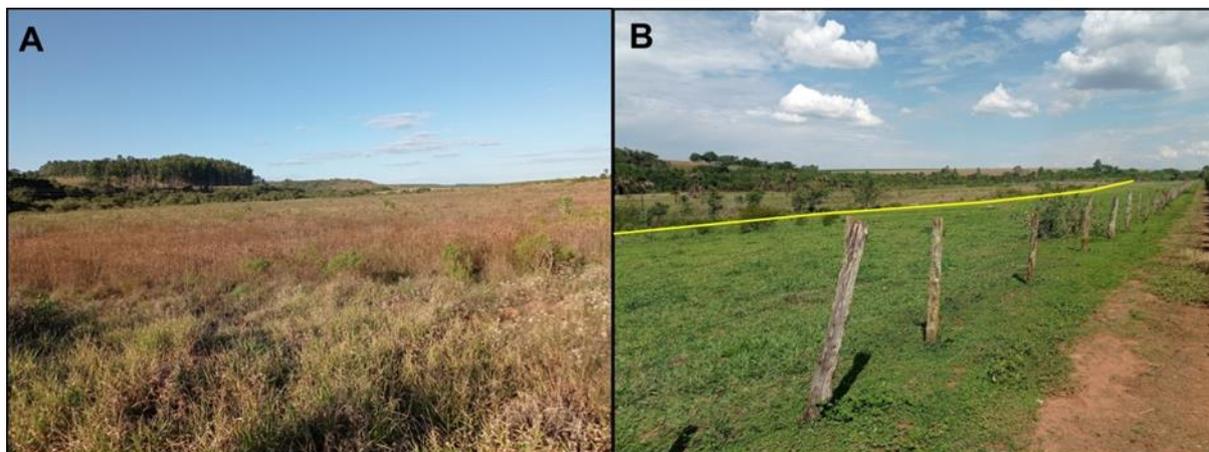
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 11 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 12 - **A.** Área de planície com ocorrência de veredas (P36 – 186281/7917612, fotografia tomada na direção N). **B.** Área de planície com destaque (linha amarela) para transição da área de vereda para área aluvionar (P36 – 186281/7917612, fotografia tomada na direção NE).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.1.2 Aplanamento

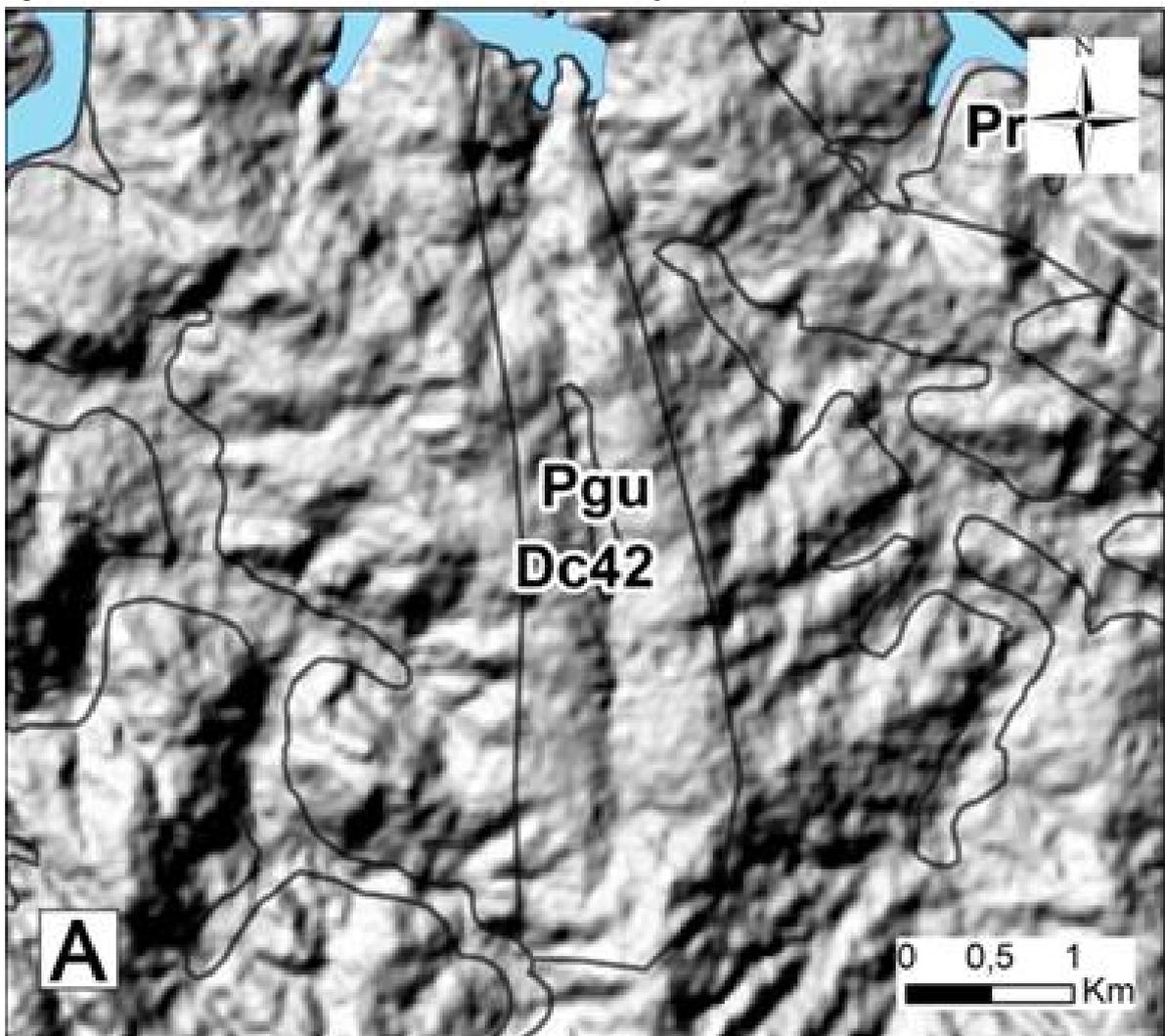
7.1.2.1 *Pediplano degradado desnudado (Pgu)*

O modelado ocorre em 0,23% da área de estudo, sobre um dos plútons graníticos da Suíte Estrela do Sul na porção noroeste da área. A morfogênese desse esta relacionada a perda da continuidade do seu aplanamento devido a dissecação das drenagens, mas sem inumação.

Na imagem de relevo sombreado é possível observado parte degradada do aplanamento (Figura 13), também evidenciado através do espaçamento das curvas de nível e a baixa declividade nos limites do modelado, a qual varia de 1 a 15° (Figura 14).

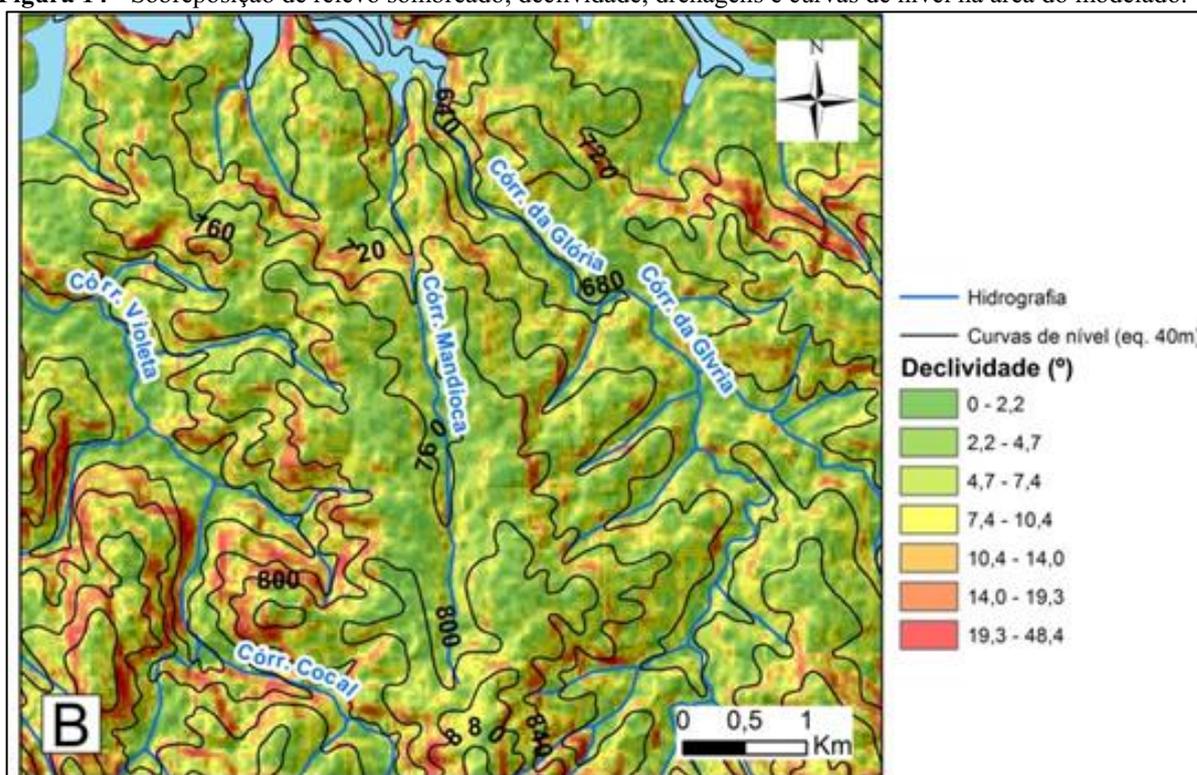
Tal modelado apresenta vales assimétricos, não encaixados, abertos e com largura de 150 a 450 metros (largo) (Figura 15-A). Enquanto as drenagens apresentam canal retilíneo, leito rochoso, desenvolvendo-se adaptado a lineamento estrutural. O aplanamento é regular, com pediplano degradado desnudado e formas associadas de rampa, pedimentos e caos de blocos. Também é observado o desenvolvimento de sulcos e ravinas, além de murundun e formigueiros, com formação superficial de areia e silte (Figura 15-B).

Figura 13 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Pgu.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 14 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 15 - A. Vista pediplano degradado desnudado (Pgu) (P25 – 195298/7942577, fotografia tomada na direção W). B. Formação superficial de areia e silte (P25 – 195298/7942577, fotografia tomada na direção N).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

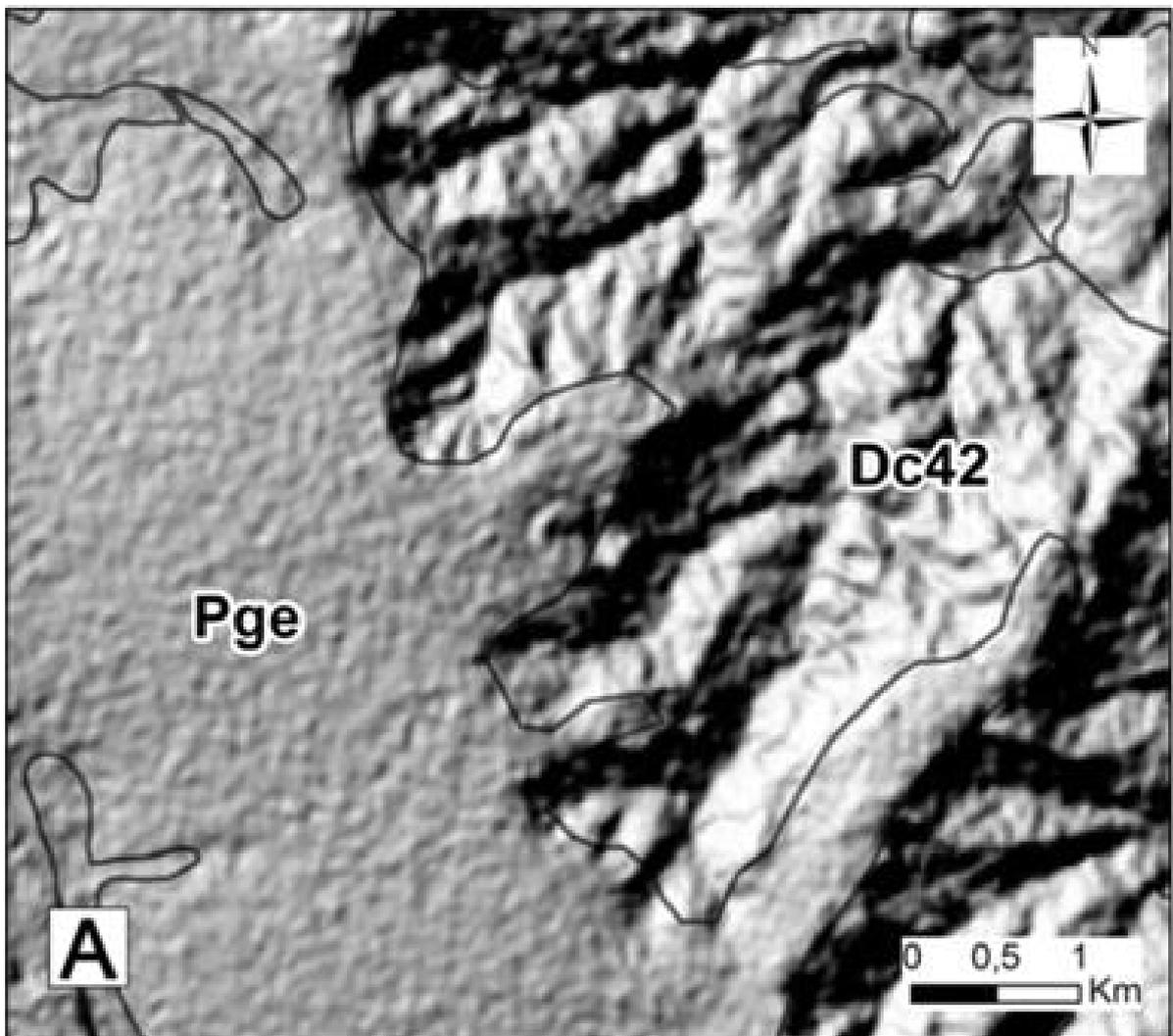
7.1.2.2 Pediplano degradado etchplanado (Pge)

O modelo denominado pediplano degradado etchplanado (Pge), relacionado à unidade geomorfológica das Chapadas de Uberlândia-Araguari, ocorre em 44,36% da área da Folha Estrela do Sul. Esse se desenvolve em arenitos da Formação Marília sobre as quais são formadas extensas áreas de carapaças ferruginosas e latossolos. Na imagem de relevo sombreado, de declividade e das curvas de nível é possível observar o contraste entre o Pge

(Figura 16), a qual apresenta longo aplanamento, pouca densidade e entalhe das drenagens, além da baixa declividade, a qual não passa de 3°, com o Dc42, marcada pela alta densidade e considerável grau de entalhe das drenagens, além da maior declividade do terreno (Figura 17). Esse contato entre os modelados é marcado pela feição de escarpa erosiva.

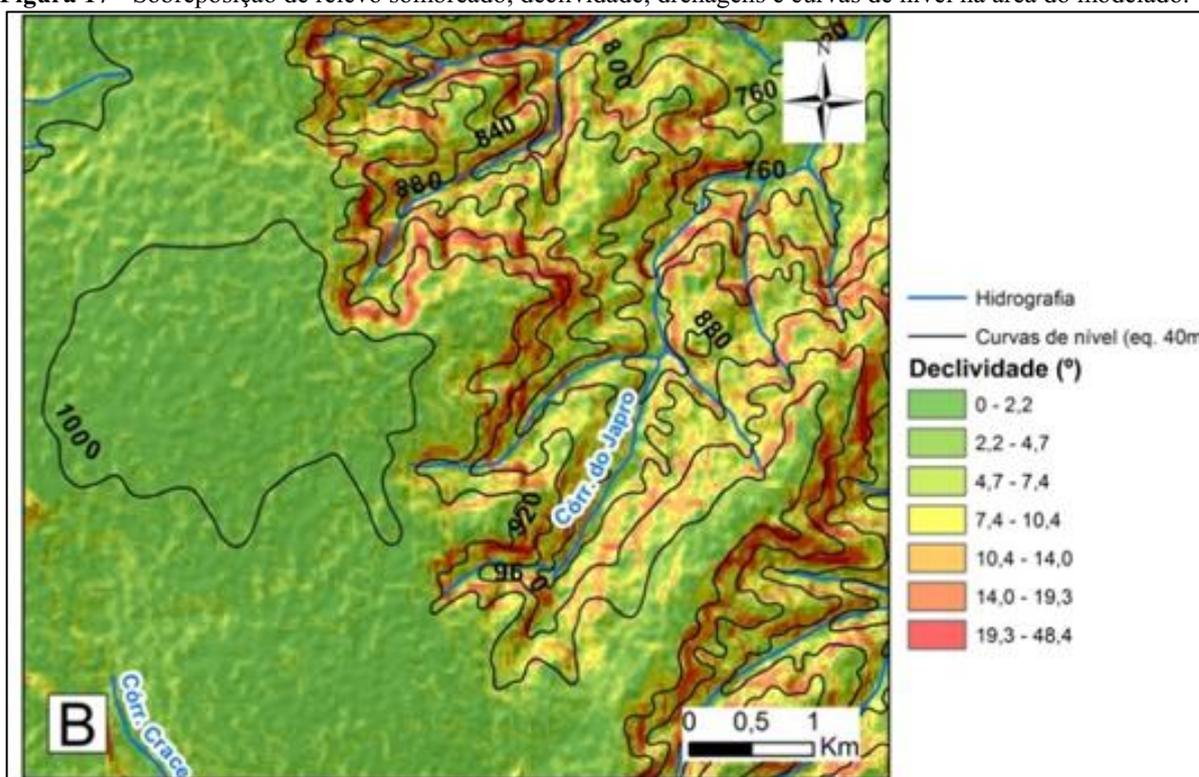
O modelado é caracterizado por extensos interflúvios, notável escarpa erosiva na borda da chapada, sendo marcado por um aplanamento degradado regular, de forma ondulada, com inumação. Ocorrem também formas associadas de pavimentação detrítica e murunduns (Figura 18 - A e B).

Figura 16 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Pge em contato com Dc42.



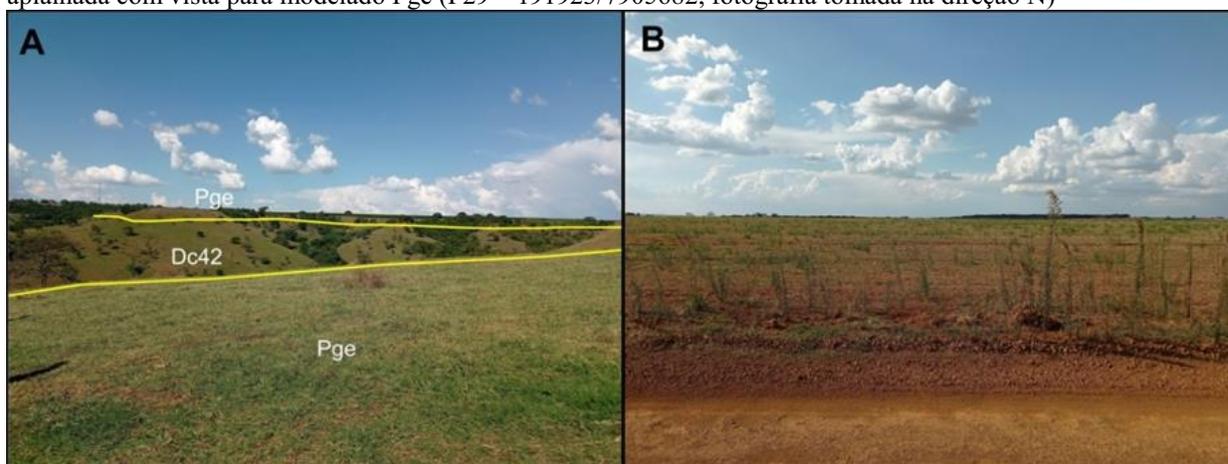
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 17 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 18 - A. Contato entre Pge e Dc42 (P01- 220520/7921640, fotografia tomada na direção NE). B. Área aplainada com vista para modelado Pge (P29 – 191923/7905682, fotografia tomada na direção N)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

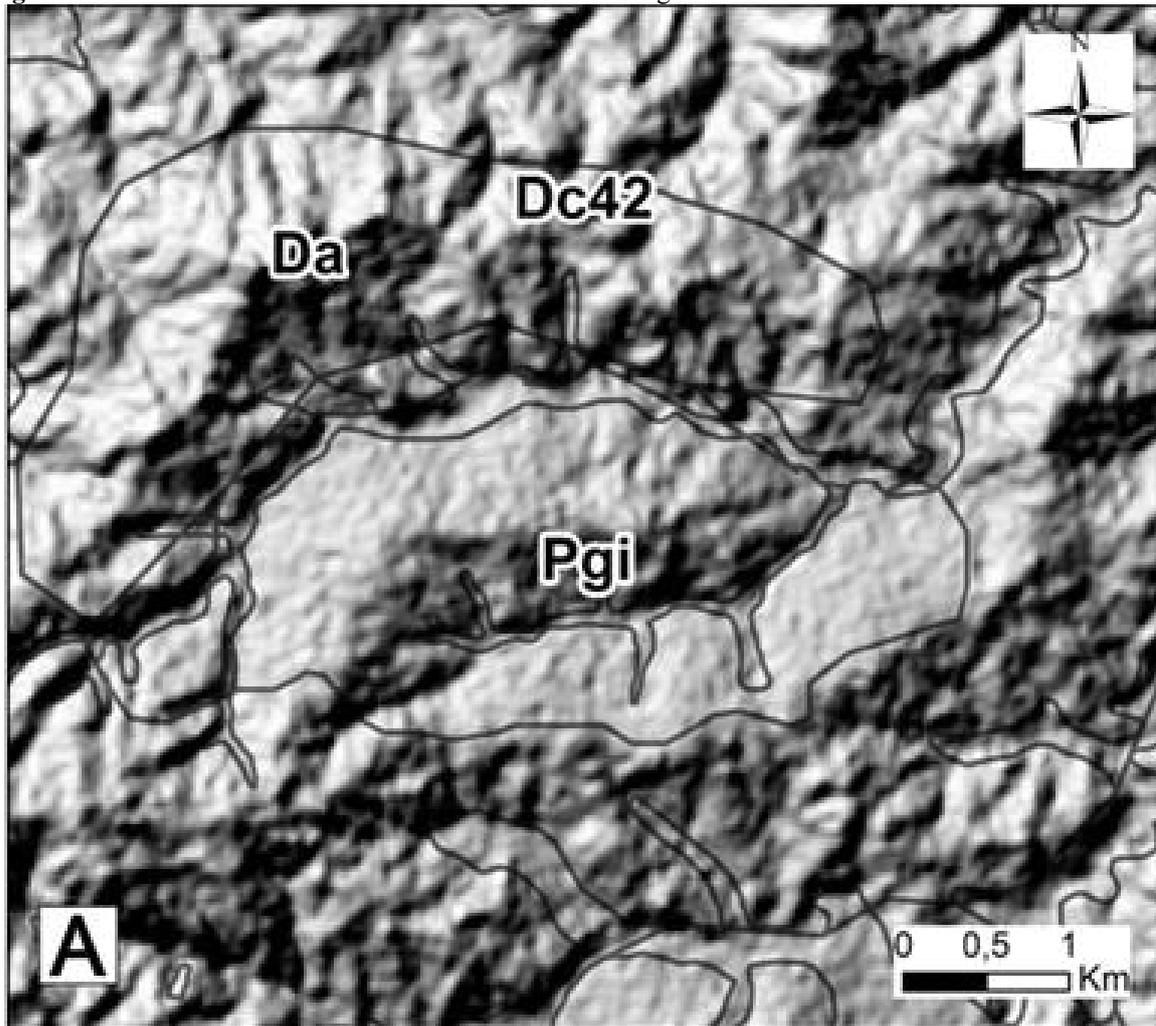
7.1.2.3 Pediplano degradado inumado (Pgi)

O pediplano degradado inumado (Pgi) ocorre em 0,72% da área de estudo e assim como o modelado Pgu desenvolve-se sobre os corpos graníticos da Suíte Estrela do Sul, onde esse perdeu a continuidade do aplanamento devido à dissecação das drenagens, com posterior desenvolvimento de carapaças ferruginosas e/ou latossolos (inumação). Na imagem do relevo sombreado é notável a região aplanada com topos convexas degradada pela drenagem, a qual

era contínua, porém foi cortada pela ação da erosão fluvial (Figura 19). O aplanamento fica mais visível a partir das curvas de nível espaçadas, além de ocorrer uma suavização das curvas no vale, sem grandes desníveis altimétricos, o quais variam de 2 a 13° (Figura 20).

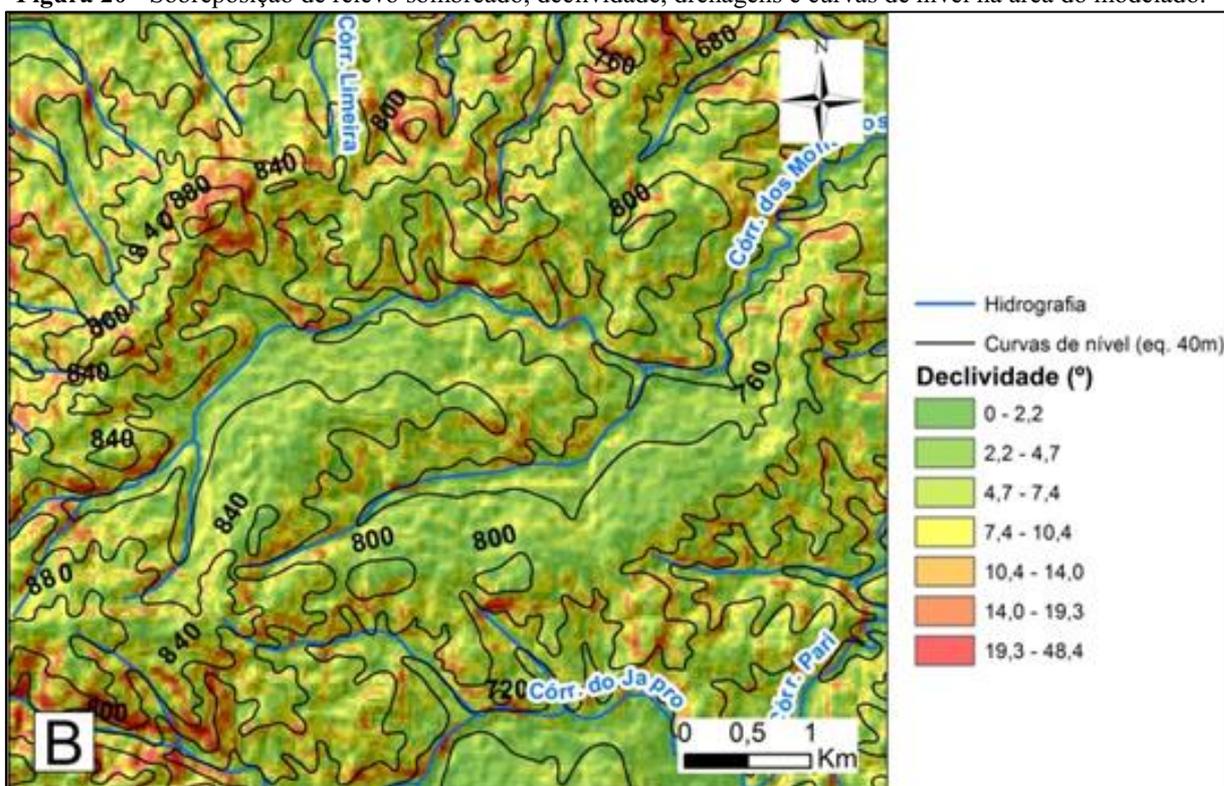
O Pgi apresenta vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U” e com mais de 450 metros de largura (muito largos) (Figura 21). São observados planos irregulares, ondulados e que se encontram degradados e inumados por couraças e/ou latossolos.

Figura 19 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Pgi.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 20 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 21 - Vista do Pediplano Dregado Inumado (Pgi) (P14 – 212203/7935004, fotografia tomada na direção N).



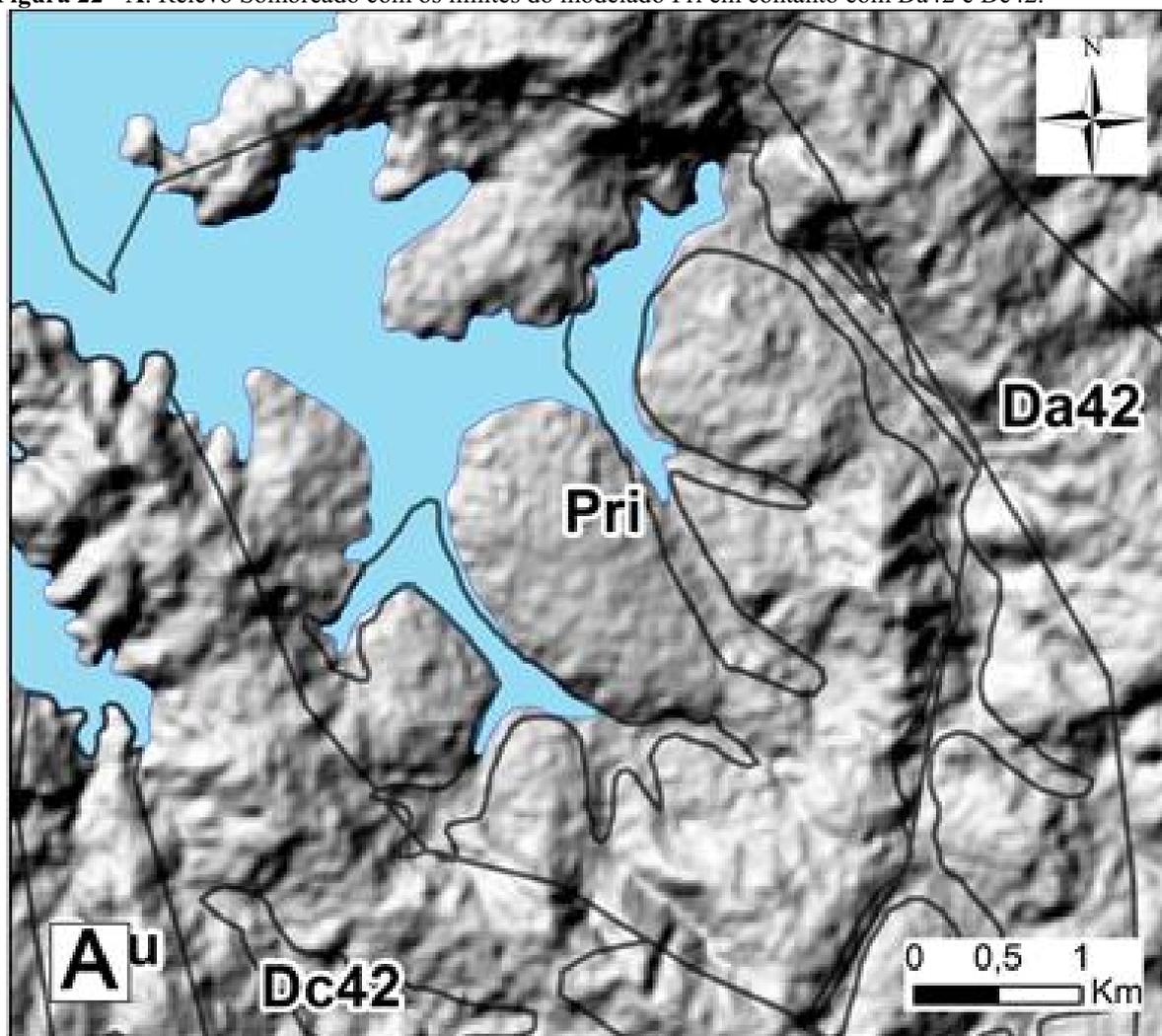
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.1.2.4 Pediplano retocado inumado (Pri)

O modelado ocorre em 0,63% da área da Folha Estrela do Sul e desenvolve-se sobre as rochas do Grupo Araxá. Na imagem do relevo sombreado e pelo comportamento espaçado das curvas de nível, com declividade que vão de 2 a 20° (Figura 23), a região aplanada apresenta grande contraste com o Dc42, sendo bastante notável o aplanamento (Figura 22).

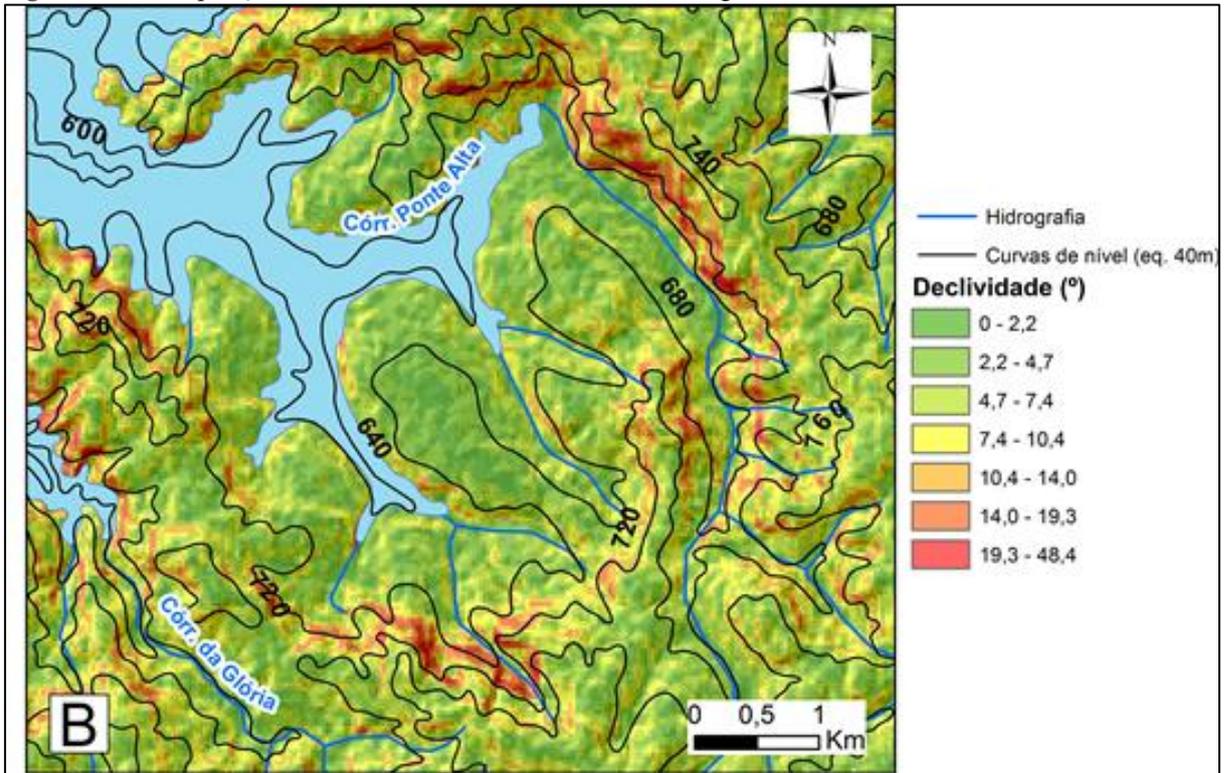
Esse apresenta vales assimétricos, não encaixados, formato de “U” e com mais de 450 metros de largura (muito largos) (Figura 24). Os planos são regulares, ondulados e encontram-se degradados e inumados por couraças e/ou latossolos. O modelo Pri encontra-se separada do Dc42 por uma linha de cumeada, que pode indicar algum controle estrutural ou mudança composicional dentro da unidade geológica do Ortognaisse Goiandira.

Figura 22 - A. Relevo Sombreado com os limites do modelado Pri em contato com Da42 e Dc42.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 23 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 24 - Vista para Pri (P24-199753/7947790, fotografia tomada na direção SW).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.1.3 Dissecação

Segundo o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) o modelado de dissecação homogênea é identificado por classes de densidade de drenagem e aprofundamento das incisões (ex. Da11- Dissecação de topo aguçado com densidade de drenagem muito grosseira, coluna 1, e aprofundamento das incisões muito fraca, linha 1) (Tabela 1). Na área de estudo o modelado foi dividido em topos aguçados, classificados em Da12, Da23 e Da42, e de topo convexo dividido em outras cinco classes, sendo elas, Dc22, Dc31, Dc32, Dc42 e Dc41.

Tabela 1 - Índices de dissecação do relevo (IBGE, 2009).

Aprofundamento das incisões (2º Dígito)	Densidade de Drenagem (1º Dígito)				
	Muito grosseira	Grosseira	Média	Fina	Muito fina
Muito fraco	11	21	31	41	51
Fraco	12	22	32	42	52
Médio	13	23	33	43	53
Forte	14	24	34	44	54
Muito Forte	15	25	35	45	55

Fonte: Modificado de IBGE (2009).

7.1.3.1 Topo aguçado (Da)

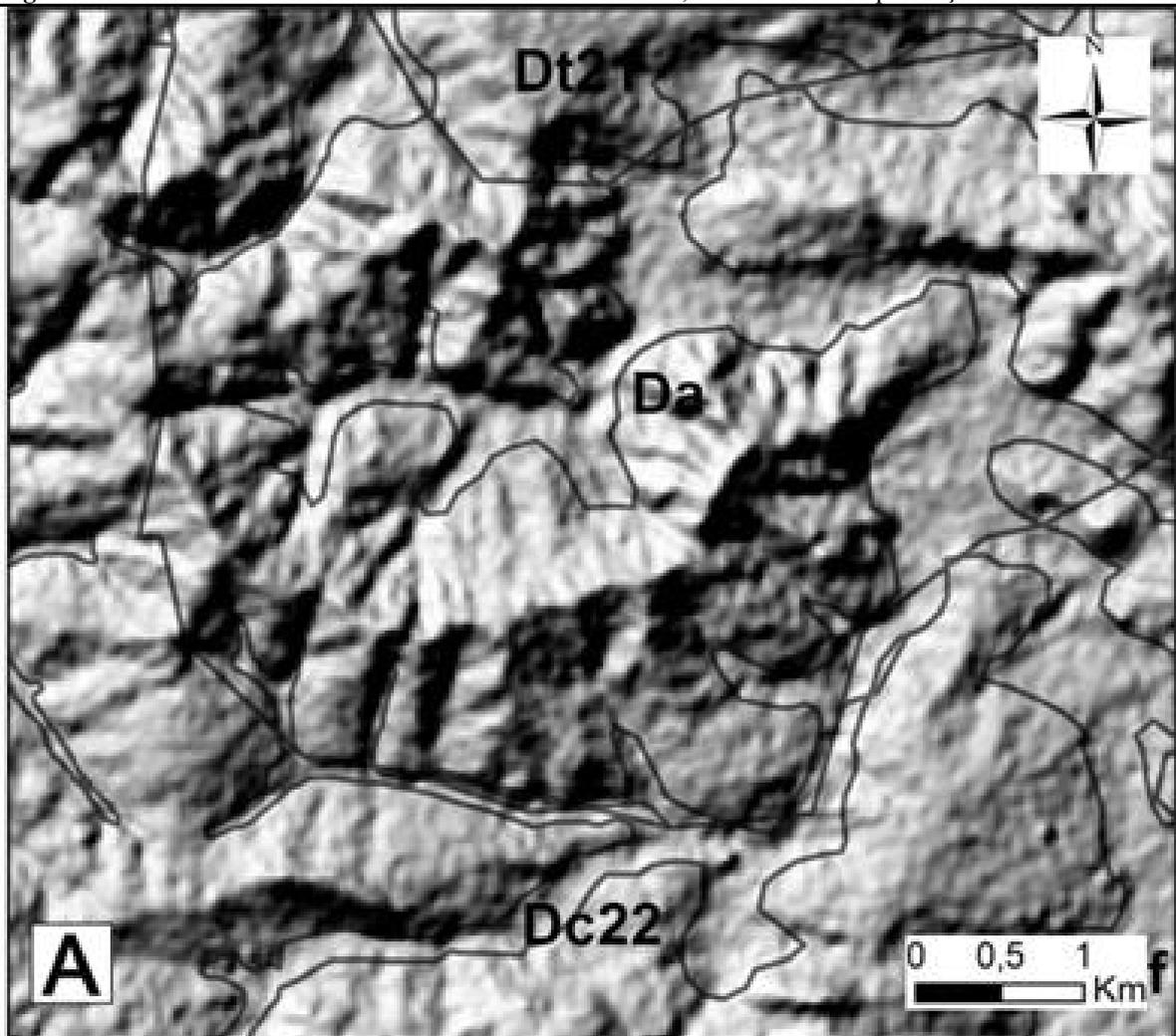
O modelado de dissecação com topos aguçados (Da) ocorre em 2,15% da área, sendo associado ao Planalto Dissecado do Paranaíba e ao Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano. Esse se desenvolve, provavelmente, sobre rochas com porcentagens maiores de quartzo do Grupo Araxá e do Ortognaisse Goiandira, as quais se mostram com maior resistência ao intemperismo. Na imagem do relevo sombreado é notável as linhas de cumeadas (Figura 25) que marcam a forma dos topos aguçados, assim como o elevado desnível das vertentes e os vales encaixados onde encontram-se as drenagens. As curvas de nível tendem a se aproximar na alta vertente e se espaçar na baixa vertente, evidenciando a característica de vertentes com alto desnível, os quais variam entre 3 a 25° (Figura 26). O modelado apresenta dissecação homogênea com topos aguçados.

O modelado Da21 é caracterizada pela densidade de drenagem muito grosseira e o fraco aprofundamento das incisões, os vales são assimétricos, encaixados, em formato de “V”, abertos e com largura entre 150 e 450 metros (largo) (Figura 27-A). As vertentes apresentam desnível médio entre 25 e 100 metros (grande), são côncavas com presença de rampas e concentração de seixos de quartzo.

O modelado Da23 apresenta densidade de drenagem grosseira e o aprofundamento das incisões é classificado como médio, os vales são assimétricos, encaixados, em formato de “V”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo) (Figura 27-A). As vertentes apresentam desnível médio de mais de 100 metros (muito grande), são côncavas com presença de rampas e concentração de seixos de quartzo (Figura 25 - A).

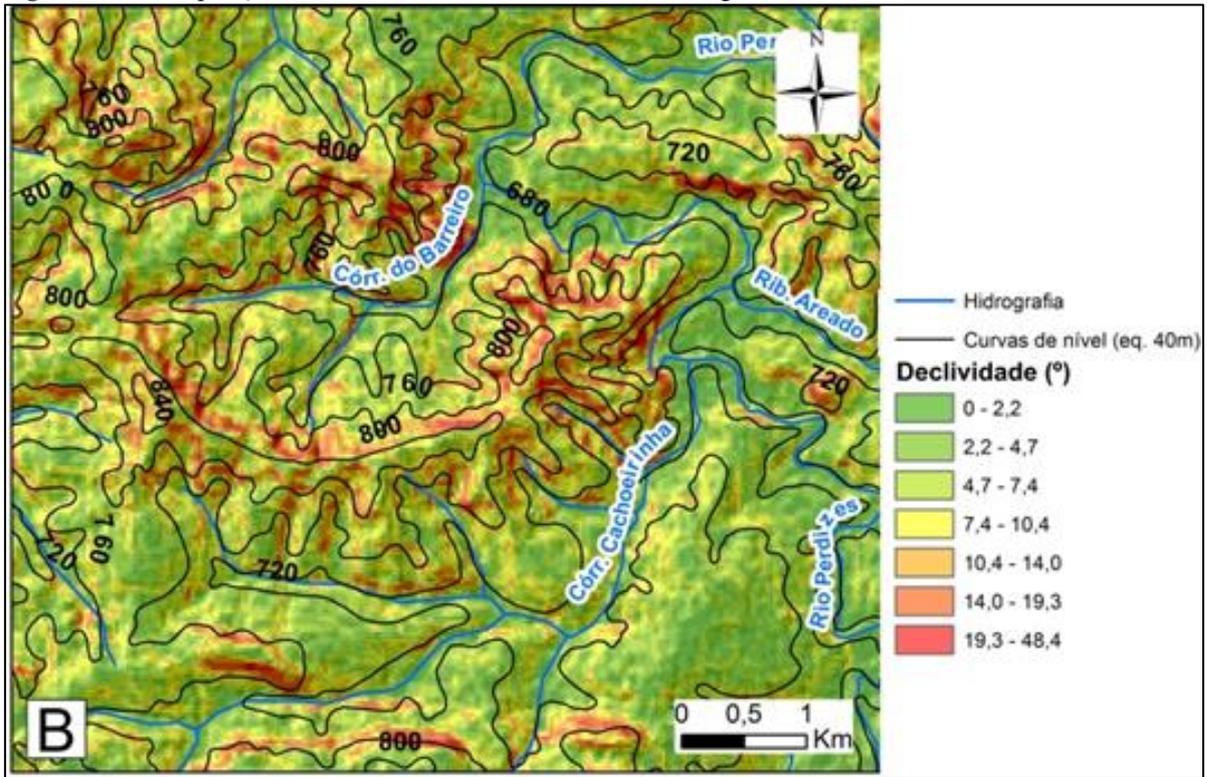
O modelado Da42 apresenta densidade de drenagem fina e fraco aprofundamento das incisões, os vales são assimétricos, encaixados, em formato de “V”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). As vertentes apresentam desnível médio entre 25 e 100 metros (grande), são côncavas com presença de rampas e concentração de seixos de quartzo (Figura 25 - B).

Figura 25 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Da, onde é notável a presença de linha de cumeeada.



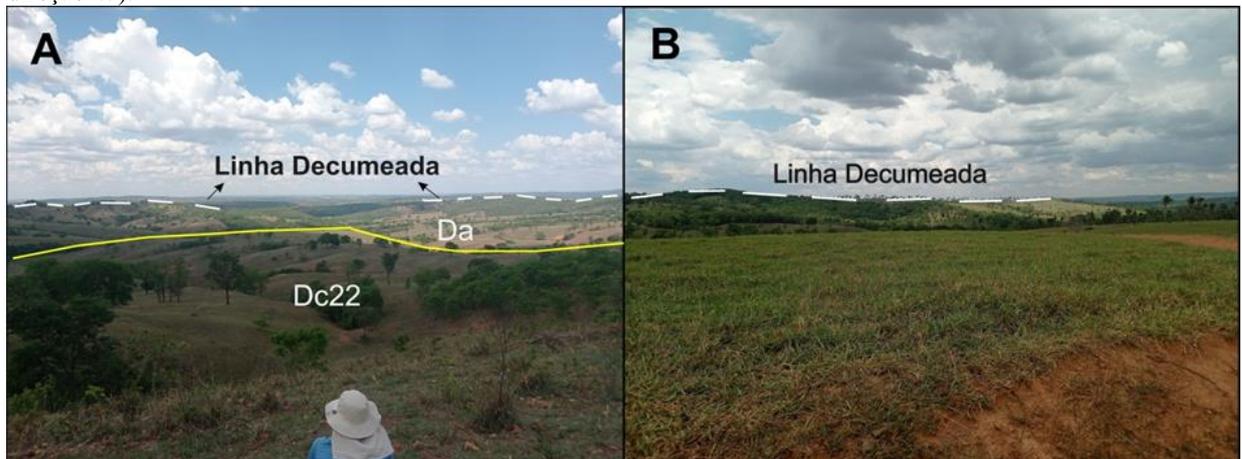
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 26 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 27 - **A.** Vista do contato entre Dc21 e Da23, com destaque para as linhas de cumedadas, feição típica de Da23, sendo observável o alto desnível das vertentes (P10 – 225448/ 7945348, fotografia tomada na direção NE). **B.** Vista para Da42 com destaque para a linha de cumeda (P22 – 20202429/ 7945592, fotografia tomada na direção W).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.1.3.2 *Topo convexo (Dc)*

O modelado ocorre em 30,45% da área, sendo associado ao Planalto Dissecado do Paranaíba e ao Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano, desenvolvendo-se sobre rochas da Formação Marília, Grupo Araxá e Complexo Monte Carmelo. Na imagem do relevo sombreado é notável o alto grau de dissecação fluvial, assim como o variado declive das

vertentes, de 3° a 30° (Figura 29). As curvas de nível são pouco espaçadas e apresentam-se serrilhadas devido ao alto grau de dissecação (Figura 28). A dissecação é homogênea, com presença de colinas, de topo convexo. Ocorre o desenvolvimento de escarpa erosiva de forma retilínea em todo o contato com o Pge.

O modelado Dc22 apresentando densidade de drenagem grosseira e aprofundamento das incisões fracas. Os vales desenvolvidos por essas drenagens são assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). As vertentes tem desnível entre 10 e 25 metros (médio), com forma predominantemente convexa e presença de patamares (Figura 28 – D).

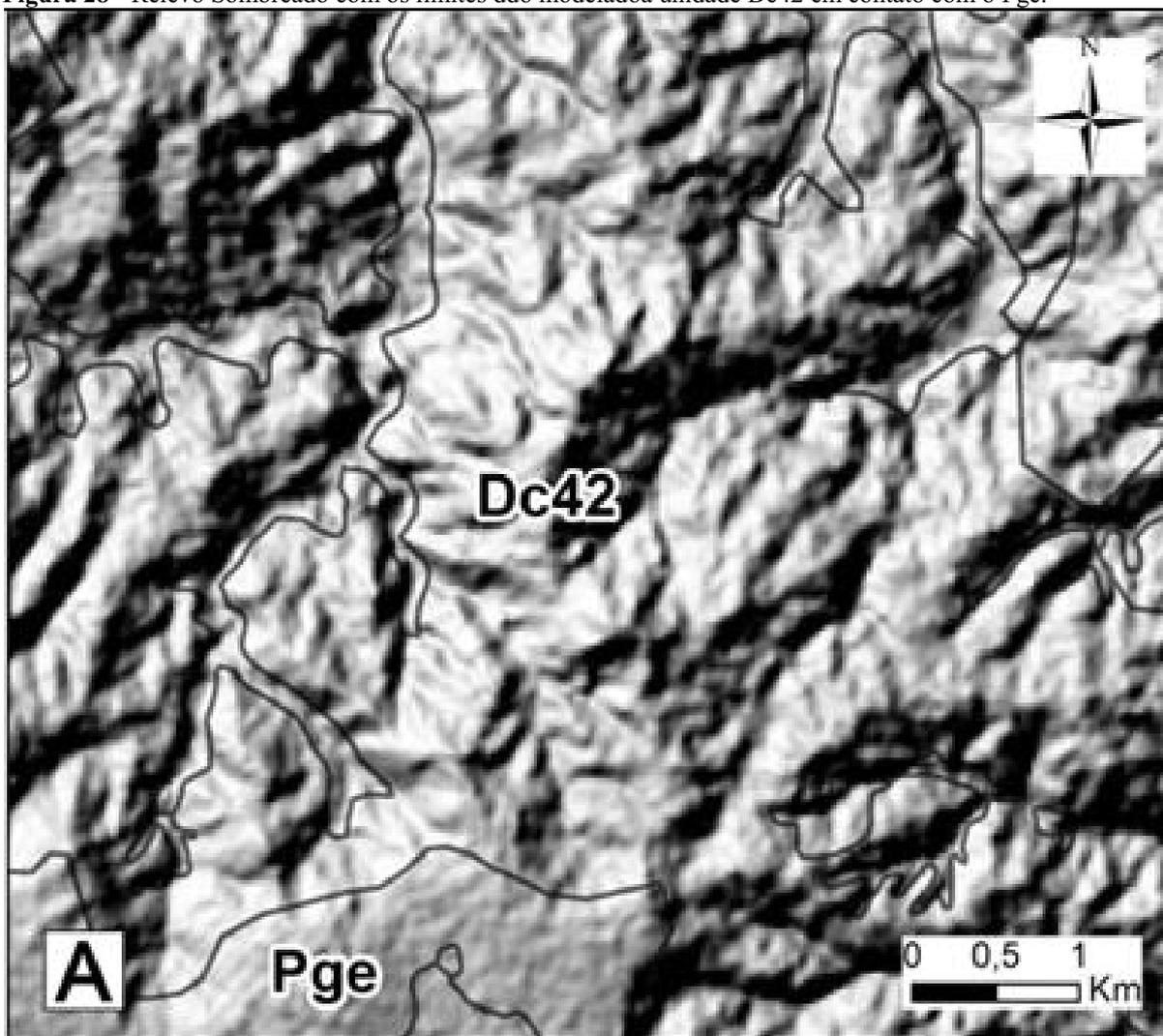
O modelado Dc31 apresenta densidade de drenagem média e aprofundamento das incisões muito fracas, com vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo convexo, enquanto as vertentes do modelado tem desnível até 10 metros (baixo) e de forma convexas.

O modelado Dc32 apresenta densidade de drenagem média e aprofundamento das incisões fraco, com vales, vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo convexo, enquanto as vertentes do modelado tem desnível entre 10 e 25 metros (médio) e de forma côncava e convexa.

O modelado Dc41 apresenta densidade de drenagem fina e aprofundamento das incisões muito fracas, com vales, vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo convexo, enquanto as vertentes do modelado tem desnível de até 10 (médio) e de forma convexas (Figura 28 – C).

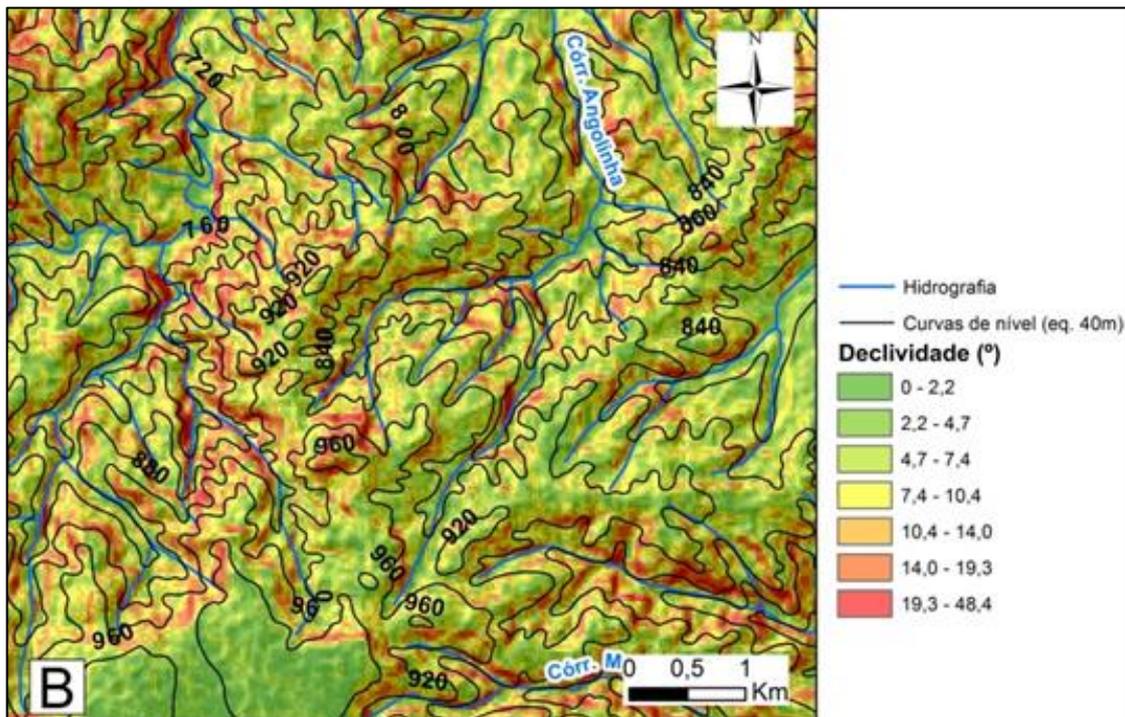
O modelado Dc42 apresenta densidade de drenagem fina e aprofundamento das incisões fracas, com vales, vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo convexo, enquanto as vertentes do modelado tem desnível de até 10 a 25 metros (médio) e de forma convexas (Figura 28 – A e B).

Figura 28 - Relevo Sombreado com os limites do modelo da unidade Dc42 em contato com o Pge.



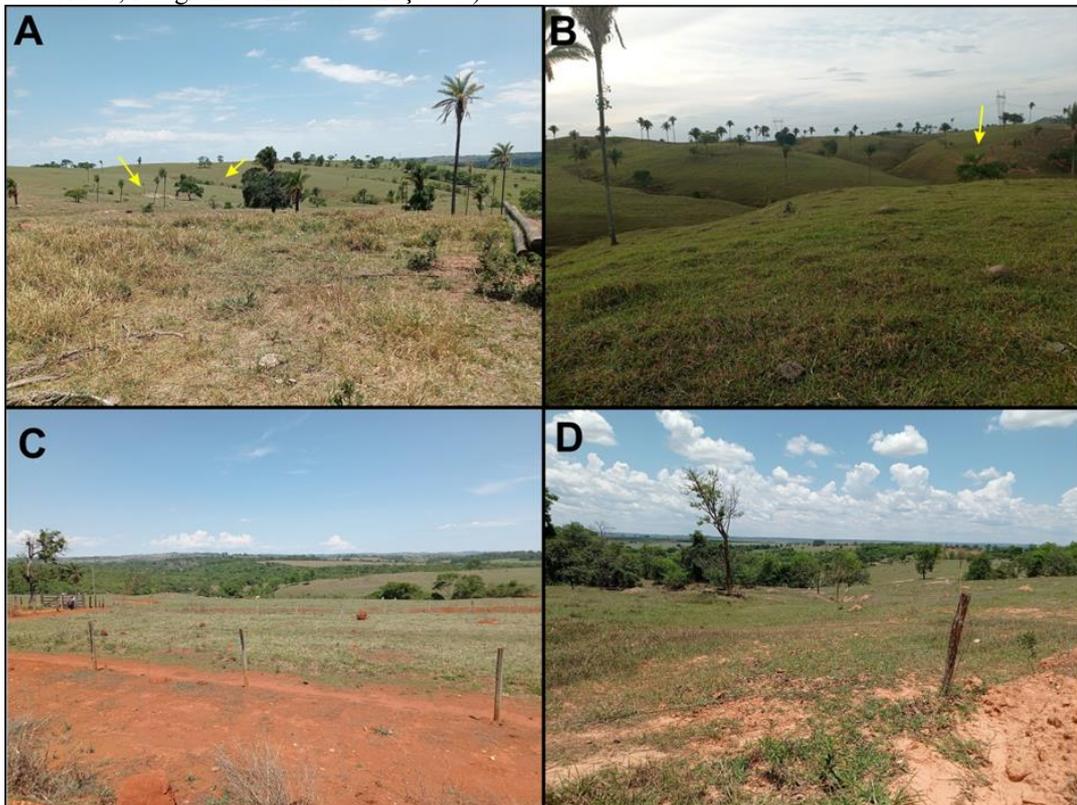
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 29 -Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 30 - A e B. Vista do Dc42 com destaque para sulcos e ravinas (P6 –219566/7932540 e P14 - 212203/7935004, fotografia tomada na direção N). C. Vista do Dc41, onde é observado vales com pouca dissecação (P5-21584/7929447, fotografia tomada na direção W). D. Vista do Dc 22 com vales de dissecação média (P9 – 224940/7941073, fotografia tomada na direção W).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.1.3.3 *Topo tabular (Dt)*

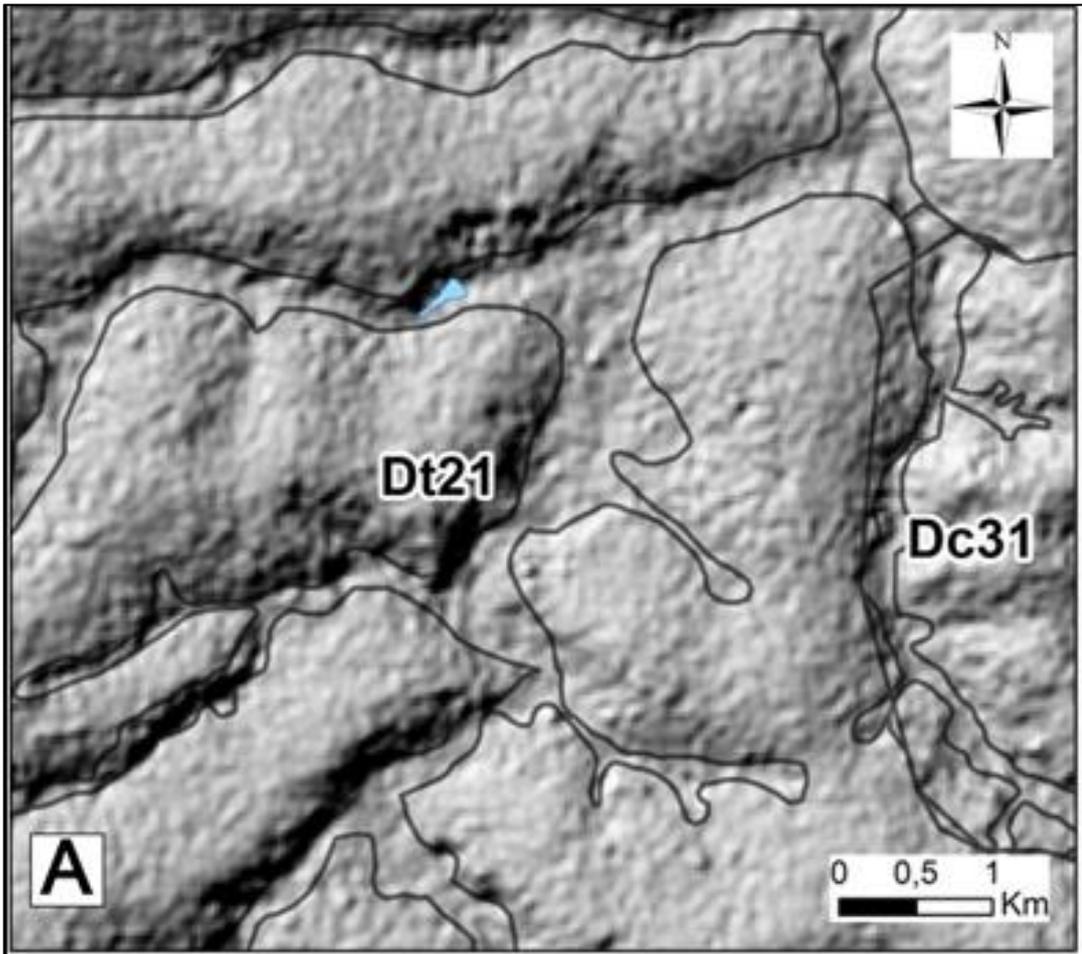
O modelado ocorre em 9,29% da área, associado ao Planalto Dissecado do Paranaíba, Planalto Dissecado do Centro-Sudeste Goiano e o Canyon do Araguari, desenvolvendo-se sobre rochas da Formação Marília, Grupo Araxá, Complexo Monte Carmelo, Ortognaisse Goiandira e Formação Serra Geral. Na imagem do relevo sombreado é possível notar a dissecação causada pelas redes fluviais, assim como o topo tabular (Figura 31). As curvas de nível são espaçadas evidenciando interflúvios intermediários com leve dissecação (Figura 32), a qual é homogênea de topo convexo, com presença de tabuleiros e lajedo ou escudo rochoso.

O modelado Dt12 apresenta densidade de drenagem muito grosseira e aprofundamento das incisões fraco, estando associado a unidade de Canyons do Araguari (Figura 33 - C e D). As incisões formam vales assimétricos, não encaixados, em formato de “U”, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo) e interflúvios de grau médio de amplitude. As vertentes têm desnível de até 10 metros (pequeno), com declividade de 3° a 21°, têm forma convexa com presença de rampas.

O modelado Dt14 apresenta densidade de drenagem muito grosseira e aprofundamento das incisões muito forte, estando associado a unidade de Canyons do Araguari (Figura 33 - C e D). Os vales são assimétricos, encaixados, fundo chato, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo tabular, com tabuleiros. As vertentes têm desnível médio de mais de 100 metros (muito grande), com declividades que variam de 5° a 48° e têm forma convexa.

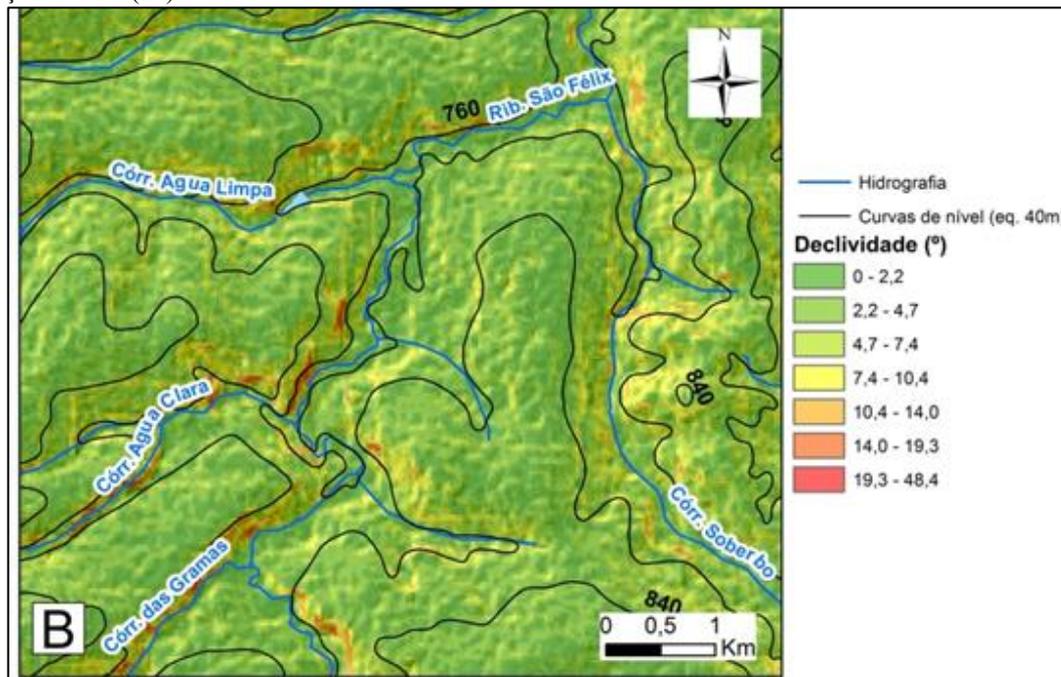
O modelado Dt21 apresenta densidade de drenagem grosseira e aprofundamento das incisões muito fraco. Os vales são assimétricos, encaixados, fundo chato, abertos e com mais de 450 metros de largura (muito largo). A dissecação é homogênea, de topo tabular, com tabuleiros (Figura 33 A e B). As vertentes têm desnível médio de até 10 metros (pequeno), com declividades de 2° a 20° e têm forma convexa (Figura 31 e Figura 32).

Figura 31 - Relevo Sombreado com os limites do modelado Dt21 em contato com o Dc31.



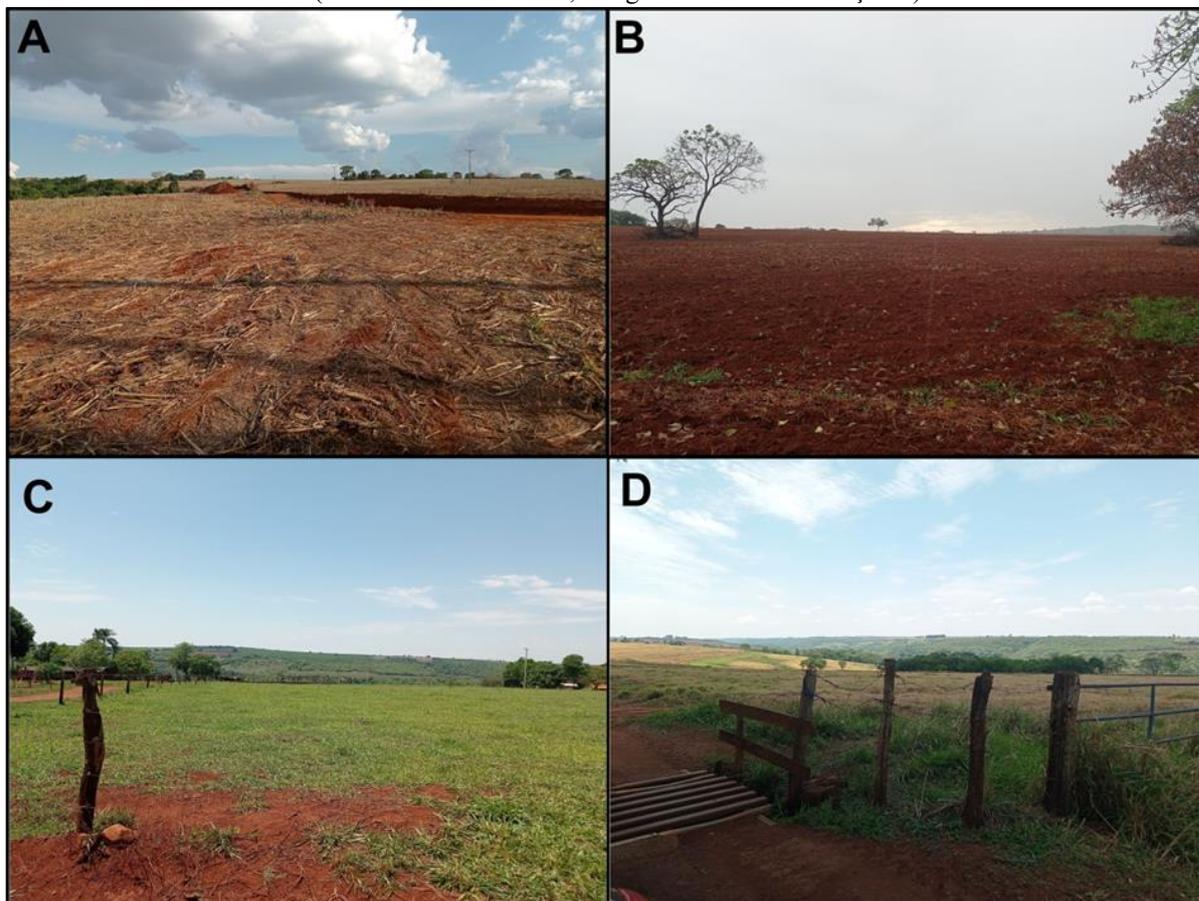
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 32 - Sobreposição de relevo sombreado, declividade, drenagens e curvas de nível na área do modelado de dissecação tabular (Dt).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 33 - A e B. Vista para o topo tabular dissecado do Dt21 (P4- 231524/ 7924435, fotografia tomada na direção W, e P27- 190178/ 7942112, fotografia tomada na direção W). **C e D.** Dissecação com alto grau de desnível da vertente no Dt14 (P30- 191081/ 7902316, fotografia tomada na direção S).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.2 Interpretação das respostas gamaespectométricas da Folha Estrela do Sul.

Devido a sua complexidade geológica assim como processos morfogenéticos marcantes, a área da folha Estrela do Sul apresenta uma variedade de respostas gamaespectométricas (Figura 34).

A porção onde se encontra rochas da unidade Ortognaisse Goiandira, a noroeste da área, apresenta, em algumas regiões, respostas gamaespectométricas com baixos valores de K, de coloração amarela. Essa resposta indica a ocorrência de processos intempéricos que lixiviaram o K, já que se espera, em uma rocha de composição quartzo-feldspática, valores elevados de desse elemento (DICKSON e SCOTT, 1997). As porções dessa unidade que apresentam valores mais elevados de K associado a altos valores dos três radioelementos são marcadas por uma coloração rosa esbranquiçada. Isso pode indicar que nessa região o processo de intemperismo alterou os minerais feldspáticos para argilominerais, os quais estão associados, em alguns locais, a concentrações de sílica (SiO₂) (DICKSON e SCOTT, 1997).

A unidade geológica do Grupo Araxá B, por sua vez, é representada por respostas gamaespectométricas com altos valores de K, e consequente cor vermelho escuro, assim como se espera para uma rocha metamórfica com alto teor de alumínio (ULBRICH *et al.*, 2008). As porções esverdeadas que ocorrem nessa unidade indicam um processo de latossolização (DAL POZZO *et al.*, 2014), assim como observado no modelado geomorfológico de dissecação com topos tabulares (Dt), os quais foram mapeados nessa região.

Assim como no Grupo Araxá B, o Grupo Araxá A apresenta cor vermelho escuro com porções esverdeadas também mapeadas como modelado de dissecação com topos tabulares. Nessa unidade ocorrem também porções de cor preta, as quais provavelmente estão associadas aos quartzitos que fazem parte do Grupo Araxá A, uma vez que essa coloração indica a ausência na leitura dos três radioelementos e uma alta concentração de sílica nas formações superficiais medidas (DICKSON e SCOTT, 1997).

A área de ocorrência do Complexo Monte Carmelo compreende respostas gamaespectométricas com baixos valores de K e cor amarela, assim como no Ortognaisse Goiandira. As regiões de cor vermelho escuro, ou seja, onde há elevados valores de K, indicam que não houve ou que houve um processo intempérico incipiente (DICKSON e SCOTT, 1997). São nessas porções em que as rochas graníticas do complexo encontram-se pouco alteradas. Prova disso é o registro de um processo minerário que está delimitado em uma dessas manchas vermelhas escuras, o qual explora tal rocha para britagem. As respostas gamaespectométricas representadas pela cor preta na área delimitada como Complexo Monte Carmelo não apresentam correlação para as rochas mapeadas para a unidade.

As rochas graníticas da Suíte Estrela do Sul apresentam coloração rosa esbranquiçada, indicando que o processo intempérico alterou os minerais feldspáticos para argilominerais, os quais estão associados a porções com alta concentração de sílica (DICKSON e SCOTT, 1997). Provavelmente formando coberturas superficiais compostas por argila e sedimentos de fração areia que recobrem tais rochas.

A Formação Botucatu, apesar de restrita resposta gamaespectométrica devido a sua área de ocorrência, apresenta coloração amarela esbranquiçada. Isso provavelmente se relaciona com ocorrência de argilominerais associados a concentrações de sílica (DICKSON e SCOTT, 1997).

A Formação Marília apresenta regiões com altos valores de K enquanto outras apresentam baixas concentrações desse elemento. Essa variação possivelmente tem relação

com a área fonte dos sedimentos que formam tais rochas (DICKSON e SCOTT, 1997). As regiões de cor esverdeada, com altos valores de Th, correspondem a locais que passaram pelo processo de latossolização e formação de carapaças ferruginosas, as quais recobrem tal unidade geológica (DICKSON e SCOTT, 1997).

As áreas de ocorrência das rochas basálticas da Formação Serra Geral apresentam valores elevados de K com certa concentração de U, dando a essas porções colorações vermelho arroxeadas (ULBRICH *et al.*, 2008).

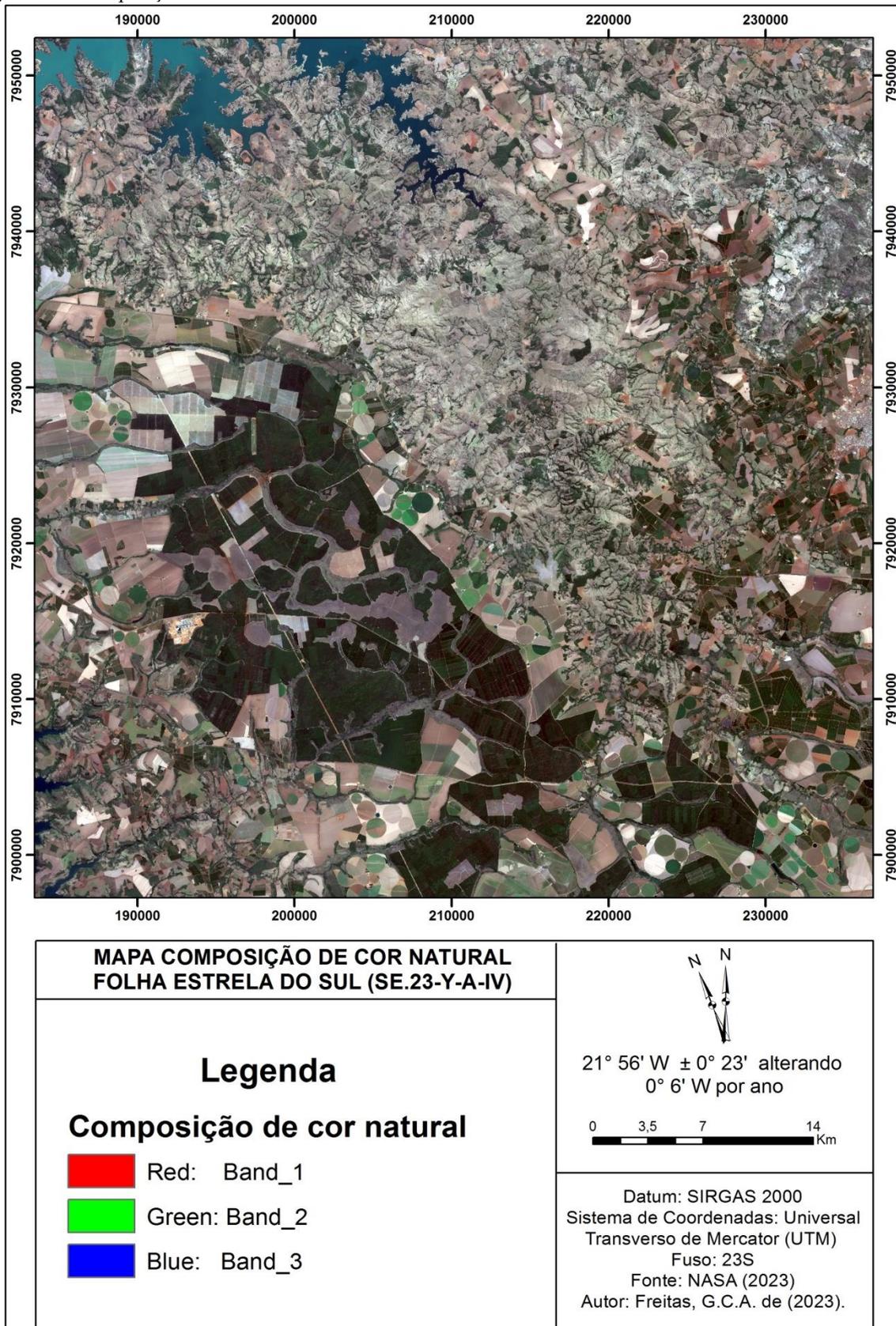
As extensas áreas de ocorrência das coberturas detritico-lateríticas são associadas a respostas gamaespectométricas com altos valores de Th. Esse elemento faz-se presente devido a estar associado aos óxidos de ferro que compõe as couraças de tais coberturas (DICKSON e SCOTT, 1997).

7.3 Sensoriamento Remoto

7.3.1 Composição RGB Cor Natural.

A imagem de composição de cor natural foi realizada a partir da composição entre as bandas 4, no canal vermelho (R), 3, no canal verde (G) e 2, no canal azul (B) (Figura 35). Nessa, destaca-se a região central, que se encontra intensamente dissecada pelas drenagens que erodem as rochas do Grupo Araxá, Ortognaisse Goiandira e da Suíte Granítica Estrela do Sul e desaguam no Rio Bagagem. A região aplainada no, centro-sudoeste da área de estudo, compreende o modelado de aplanamento degradado etchplanado, onde ocorrem vastas veredas. A identificação dessas áreas pantanosas é facilitada devido a sua coloração mais escura, em resposta a reflectância característica de áreas úmidas.

Figura 35 - Composição RGB de cor natural.



Elaborado pelo autor (2023).

7.3.2 Interpretação das respostas multiespectrais de aritmética de bandas para realce de porções argilosas.

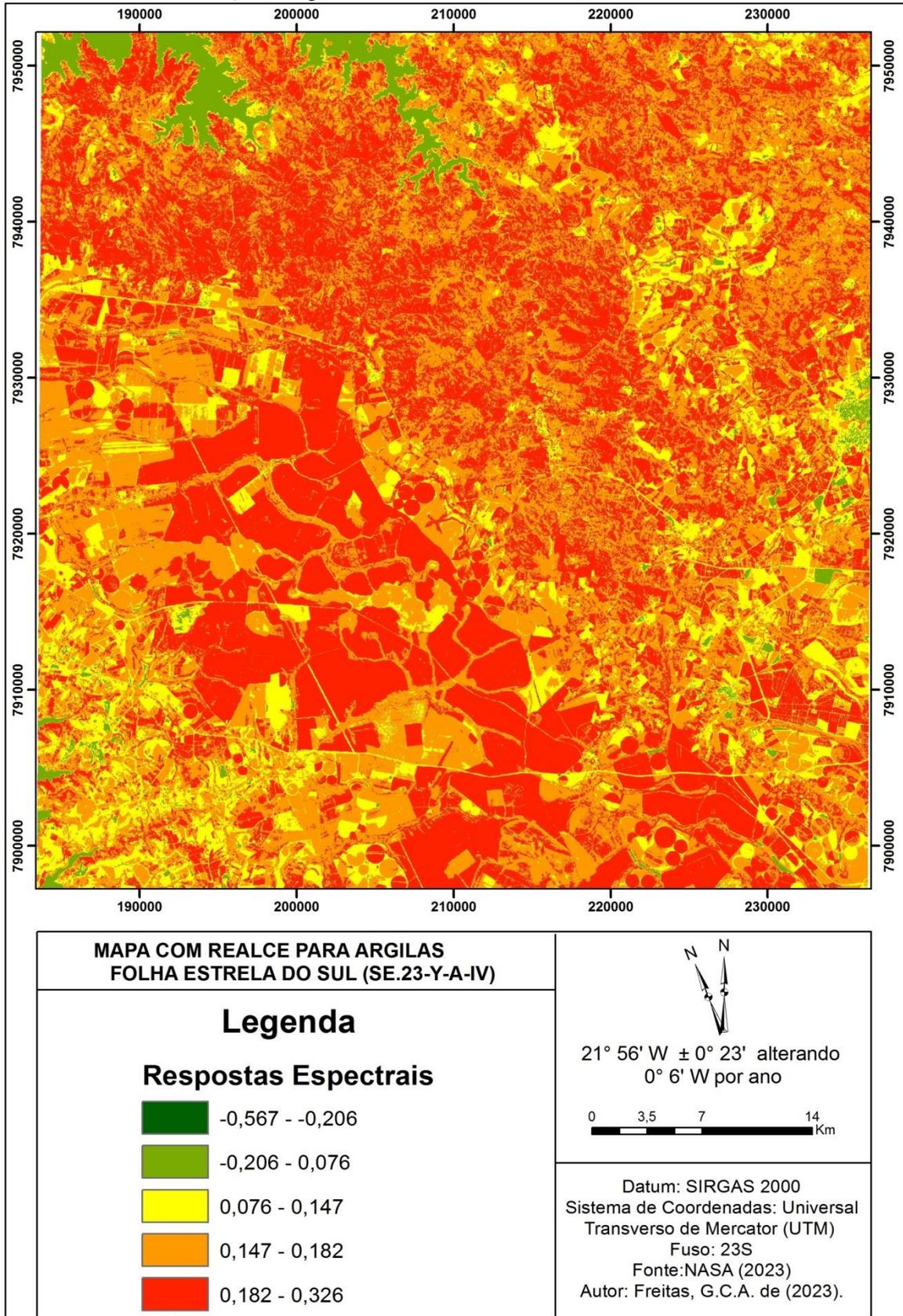
A imagem gerada a partir da $ARGILAS = (SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)$ (1) destacou regiões argilosas, representadas pelas cores amarelo e laranja (valores de reflectância próximos a 0) e arenosas ou de centros urbanos, representadas pela cor verde (valores de reflectância próximos de -1) (REBOUÇAS, 2019). Já as áreas de cor vermelha indicam porções ocupadas por vegetações (valores de reflectância próximos de 1) (REBOUÇAS, 2019) (Figura 36).

A maior parte da área de estudo apresenta reflectâncias próximas de 1, uma vez que, como observado na imagem de cor natural, a mesma é composta por vastas áreas vegetadas. Dentre essas, destaque-se a porção centro-sudoeste, a qual compreende empreendimentos destinados a silvicultura.

Na região nordeste da área de estudo, porções com valores de reflectância próximas de 0 estão relacionadas com as rochas das unidades do Complexo Monte Carmelo e do Grupo Araxá e em modelados delimitados como de dissecação com topos tabulares (Dt). As cores amarela e laranja também coincidem com respostas gamaespectrométricas de coloração esverdeada, as quais representam altos valores de Th. Na porção leste, assim como na porção sudoeste, onde ocorrem as regiões de aplanamento etchpalando, esses valores estão relacionados a solos expostos com alta concentração de argila, como latossolos. Nos modelados de aplanamento degradado etchplanado, os valores mais próximos de 0 ocorrem nas veredas, devido a sua característica de sedimentação de baixa energia. No extremo sudoeste há uma alta concentração da cor amarela, uma vez que a partir do intemperismo das rochas basálticas formam-se espessos perfis de latossolos. Já na porção do extremo noroeste da área as concentrações se concentram em áreas mapeadas como modelados de dissecação tabular e do aplanamento retocado inumado. A não ser na área de planícies e terraços do Rio Bagagem, a porção central apresenta baixas concentrações de argila.

A ocorrência de regiões de maior concentração de areia é restrita a porção nordeste da área, onde ocorrem rochas graníticas do Complexo Monte Carmelo, as demais são visíveis apenas nos centros urbanos, como é possível observar a leste, onde encontra-se o município de Monte Carmelo/MG.

Figura 36 - Respostas espectrais da matemática entre as bandas SWIR I e SWIR II do satélite Sentinel 2 para realce de áreas com concentração de argila.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4 Mapa de Potenciais de RMIs

7.4.1 Características Metalogenéticas das RMIs

A partir das litologias descritas e mapeadas na folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV) (CODEMIG, 2017) foram definidos 16 bens minerais passíveis de formarem depósitos de RMIs, sendo eles, argilas residual, argila refratária, argila aluvionar, areia aluvionar, areia residual, saibro, diamante, arenito, granada, basalto, cascalho, granito, quartzito, turfa e cianita (Tabela 2). Apesar da classificação convencional das RMIs se dar quanto ao seu uso, no presente trabalho esses bens minerais foram classificados em depósitos do tipo *plácer*, depósitos residuais e depósitos consolidados, uma vez que alguns desses podem ser utilizados para mais de um uso (ex. basalto, granito, arenito, etc.). Para o melhor entendimento de tal classificação, abaixo são descritas as características e usos possíveis para cada um dos depósitos.

7.4.1.1 Depósitos do tipo *plácer*

Os sedimentos acumulados nos leitos aluvionares e terraços podem formar depósitos de argila, areia, diamante ou granada, a depender do material fonte de erosão desses sedimentos. Esses são denominados depósitos do tipo *plácer*.

Devido a sua plasticidade, o que facilita sua trabalhabilidade, e sua cor de queima vermelha (JUNIOR *et al.*, 2008, p.747), a argila pode ser utilizada na indústria cerâmica.

A areia é utilizada principalmente como insumo para a construção civil na confecção de argamassas, concretos e revestimentos (VICTORIA, 2018a).

Diamante e granada são minerais utilizados como abrasivos para polir, cortar ou desbastar diversas superfícies, uma vez que esses apresentam elevada dureza (10 e 6,5-7,5, respectivamente, na escala de Mohs) (LINS, 2008, p. 3)

A gênese das argilas refratárias que ocorrem na área de estudo estão relacionadas a lixiviação de elementos das carapaças ferruginosas pelo balanço hídrico do lençol freático, e consequente deposição desses em amplos vales. Esse material é utilizado na indústria de refratários devido a sua alta concentração de minerais do grupo da caulinita (VICTORIA, 2018b).

7.4.1.2 Depósitos residuais

Argila, areia, saibro e cascalho também podem se concentrar em razão do intemperismo químico e físico de suas respectivas rochas formadoras. Esses depósitos são chamados de residuais, uma vez que não há transporte de seus materiais constituintes, apenas a sua concentração *in situ*.

Como exposto anteriormente, a argila é utilizada na indústria cerâmica e a areia como insumo para a construção civil.

Assim como a areia, o saibro também é utilizado, principalmente, na construção civil para fabricação de argamassas, como material e revestimento ou confecção de quadras esportivas (VICTORIA, 2018a).

O cascalho é largamente utilizado como componente do cimento, devido a sua resistência, durabilidade e trabalhabilidade, e para pavimentação (VICTORIA, 2018a).

As turfas, por apresentarem alto poder calorífero, podem ser aplicadas como fonte energética (FRANCHI *et al.*, 2006), entretanto, devido sua composição orgânica, tem sido utilizada como incremento para uso na agricultura como adubo (BIASI *et al.*, 1995).

A cianita, mineral resultante de metamorfismo regional de alta pressão, pode ser utilizada como material refratário, destacando-se por sua alta resistência térmica, ser quimicamente inerte e insolúvel em ácidos (VICTORIA, 2018b).

7.4.1.3 Depósitos consolidados

Ao contrário dos materiais descritos anteriormente, os quais formam agregados inconsolidados, arenitos, basaltos, granitos e quartzitos podem ser aproveitados como rochas consolidadas.

Os arenitos, formados majoritariamente por quartzo, podem ser utilizados como revestimento de pisos e paredes na construção civil, tendo em vista que apresentam resistência e durabilidade moderada (VICTORIA, 2018a).

Rochas graníticas e gnáissicas são amplamente utilizadas como rochas ornamentais ou rocha para britagem, a depender de sua estética, resistência, durabilidade, dureza, porosidade, permeabilidade, etc. (COSTA, 2018).

Os basaltos podem ser utilizados como rocha para britagem ou como rocha ornamental para revestimentos (VICTORIA, 2018a), porém seu uso, assim como de xistos, também está

sendo amplamente estudado como remineralizador de solos ácidos devido a sua composição potássica (MARTINS, 2008).

Quartzitos são utilizados como rochas ornamentais, devido suas características físicas de durabilidade, dureza, resistência, etc. (COSTA, 2018).

Tabela 2 - Principais Características Geológicas e Metalogenéticas para RMIs da Folha Estrela do Sul.

Unidades Litoestratigráficas	Rochas formadoras	Composição mineral	Potencial para RMIs	Uso	Modelo de depósito
Depósitos aluvionares	-	Matéria orgânica, areia, diamante, granada e argilominerais	Argila cerâmica vermelha p/	Insumos para Indústria Cerâmica Vermelha	Plácer
			Turfa	Fertilizante	Acumulação de matéria orgânica em ambiente saturado em água.
			Argila refratária	Insumos para Indústria Cerâmica	Depósitos de argilas refratária formados por dissolução de crosta ferruginosa.
			Diamante	Abrasivos	Plácer
			Areia	Insumos para Construção civil	Plácer
			Granada	Abrasivos	Plácer
Grupo Bauru - Fm. Marília	Arenitos e conglomerados	Predominante quartzo (areia fina a grossa, com predomínio de areia média). Plagioclásio, óxidos,	Diamante	Abrasivos	Plácer
			Areia	Insumos para Construção civil	Intemperismo e concentração de minerais na fração areia

		feldspato alcalino, muscovita, opacos e fragmentos de rocha.	Arenito	Insumos para Construção civil	Deposição e diagenese de sedimentos de fração areia
Grupo São Bento - Formação Serra Geral	Basalto e arenitos intertraps.	Plagioclásio, piroxênio, olivina, plagioclásios, calcedônia e/ou celadonita (amígdalas).	Agrominerais	Agrominerais	Derrames de lavas de composição basáltica.
			Brita	Insumos para Construção civil	
Grupo São Bento - Formação Botucatu	Arenitos	Pedromínio de quartzo (areia fina a grossa), óxidos, fragmentos líticos. Plagioclásio, feldspato alcalino, muscovita, biotita, epidoto e clinzoisita	Areia	Insumos para Construção civil	Intemperismo e concentração de minerais na fração areia
			Arenito	Insumos para Construção civil	Deposição e diagenese de sedimentos de fração areia
Suíte Granítica Estrela do Sul	Granitos	Quartzo, ortoclásio, microclínio, plagioclásio, muscovita e biotita, acessórios: granada, zircão, turmalina, monazita e apatita	Brita	Insumos para Construção civil	Intrusão batólita
			Saibro	Insumos para Construção civil	Intemperismo e concentração de minerais na fração areia e argila
			Argila	Insumos Indústria Cerâmica	Intemperismo <i>in situ</i> formando argilominerais.
			Granito	Rocha ornamental	Intrusão batólita
	Álcali-granitos (Sienogranitos)				

Grupo Araxá A	Mica xistos, anfibolitos (metagabros), quartzitos, serpentinito, talco-clorita xisto e tremolita-actinolita xisto, veios de quartzo.	Micaxistos: predominantemente muscovita, acessório: granada almandina, localmente rutilo e turmalina.	Quartzitos	Insumos para Construção civil	Metamorfismo regional de sedimentos aluminosos
Grupo Araxá B	Granada-muscovita-biotita-quartzo xisto localmente feldspático, anfibolitos.	Granada, muscovita, biotita, quartzo, localmente feldspáticos.	Cianita	Industria dos refratários	Metamorfismo regional de sedimentos aluminosos
Complexo Monte Carmelo.	Granito (tonalitos), anfibolitos, milonitos, gnaisses graníticos e pegmatitos.	Granito: Quartzo, feldspato potássico (microclina), plagioclásio, biotita e muscovita. Acessórios: zircão, apatita e plagioclásio.	Brita	Insumos para Construção civil	Intrusão batólita. Raiz de um arco magmático.
		Milonitos: plagioclásio e feldspato potássico	Saibro	Insumos para Construção civil	Intemperismo e concentração de

		Anfibolito: ribbons de quartzo, microclina, pertita, plagioclásio. acessório: hornblenda, apatita e zircão	Argila	Insumos Indústria Cerâmica	minerais na fração areia e argila Intemperismo <i>in situ</i> formando argilominerais.
Ortognaisse Goiandira	Gnaisse	Hornblenda, quartzo, k-feldspato (microclina), muscovita, biotita e plagioclásio. Acessórios: zircão e apatita	Brita	Insumos para Construção civil	Intrusão batólita seguida de metamorfismo
			Saibro	Insumos para Construção civil	Intemperismo e concentração de minerais na fração areia e argila

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2 Mineralizações

Tendo em vista as RMIs definidas como características da folha Estrela do Sul, realizou-se uma breve descrição de sua gênese e as características utilizadas para delimitação das áreas potenciais para ocorrência de tais bens minerais.

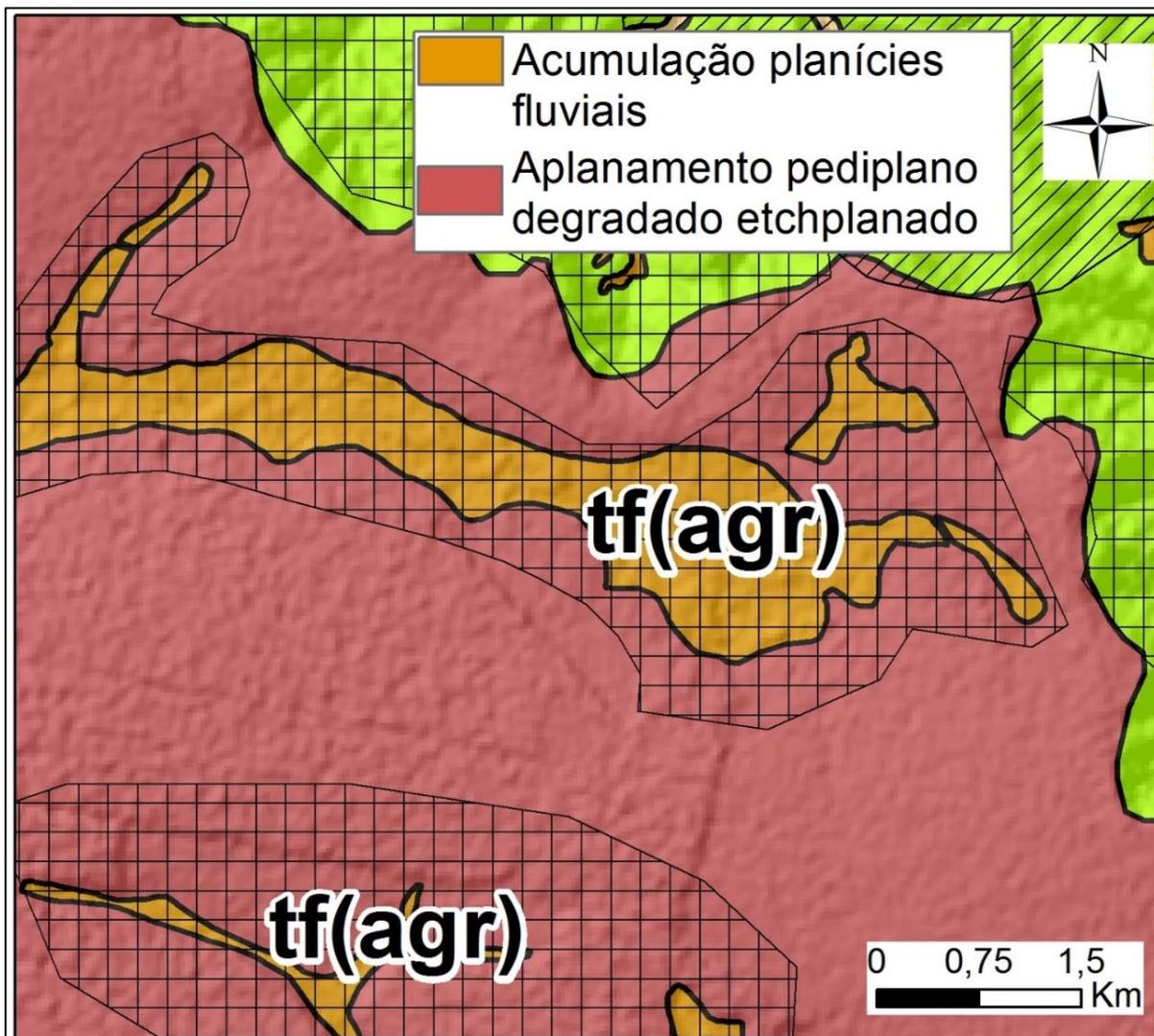
7.4.2.1 *Depósitos do tipo plácer*

7.4.2.1.1 Argila refratária

As argilas refratárias encontram-se em áreas pantanosas, geralmente sotopostas a camadas de turfa, linhito ou carvão, em camadas pouco espessas. São argilas transportadas, muito plásticas, ricas em caulinita e matéria orgânica (VICTORIA, 2018b). Essas argilas são formadas principalmente pela ação das couraças ferruginosas, as quais servem tanto como fonte de material para formação dessas argilas quanto para atuar na restrição do fluxo hídrico no topo dos platôs (COELHO, 2021).

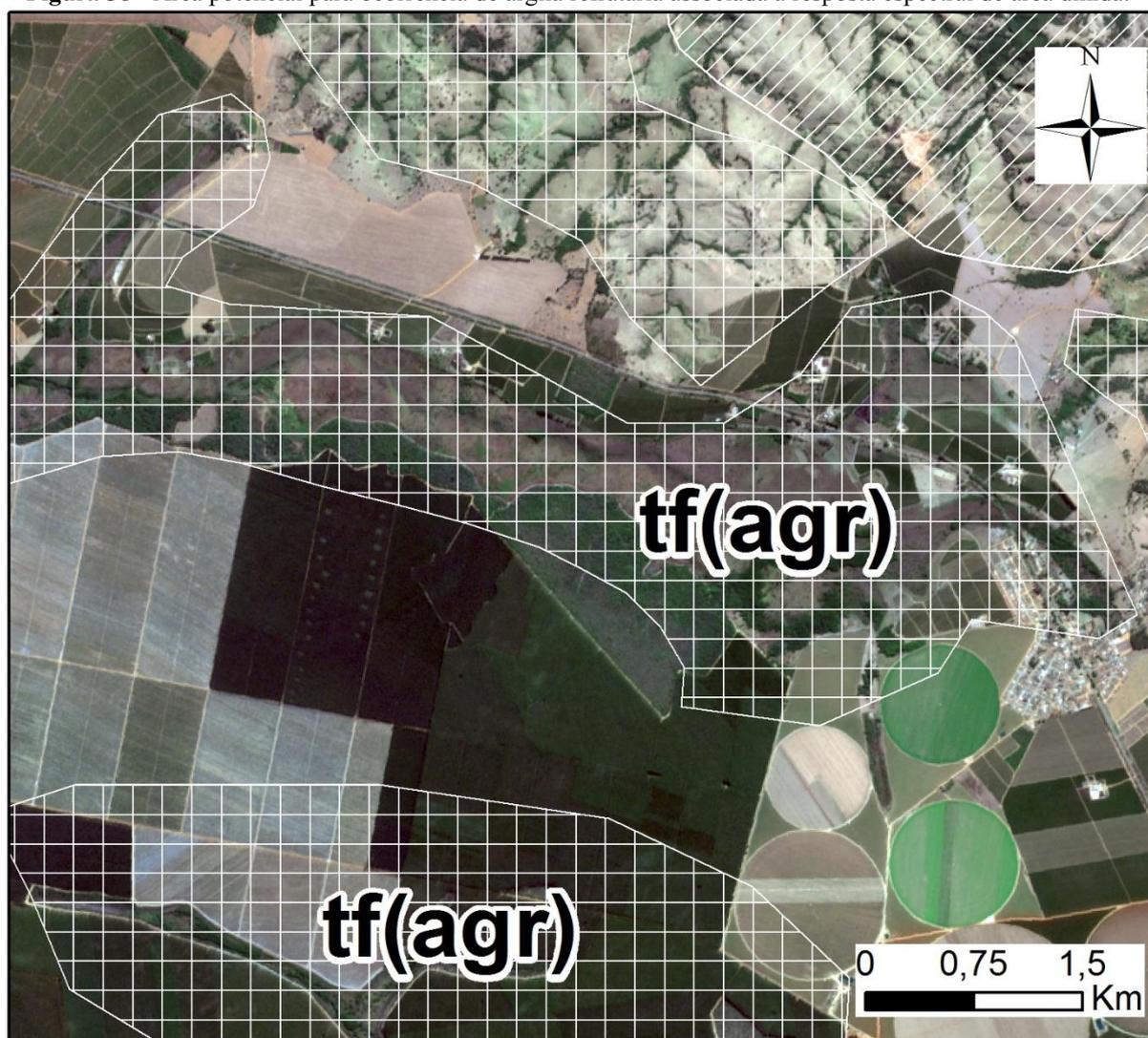
A delimitação de áreas potenciais para prospecção de argilas refratárias se deu a partir da associação entre a análise de ocorrência de áreas pantanosas (Figura 38) e regiões de planícies fluviais (Figura 37). A identificação de tais áreas pantanosas se deu a partir da observação da composição de cor natural de locais que apresentem coloração escura devido a reflectância característica da água.

Figura 37 - Área potencial para ocorrência de argila refratária associada à unidade geomorfológica de planícies fluviais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 38 - Área potencial para ocorrência de argila refratária associada à resposta espectral de área úmida.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.1.2 Argila aluvionar

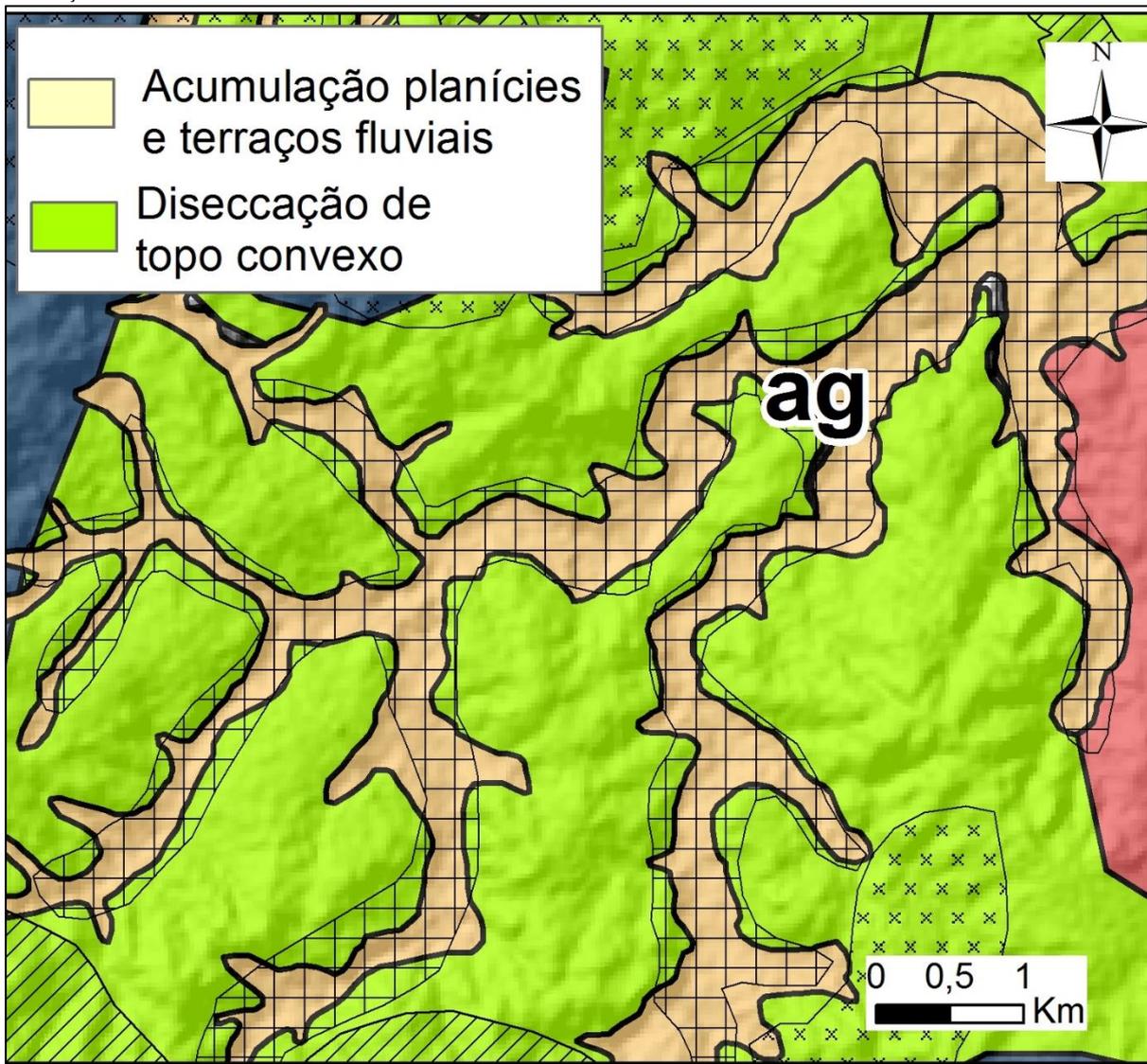
A fração mais fina deposita-se em regiões de baixa velocidade de correnteza (VICTORIA, 2018a). As argilas fluviais são depositadas, principalmente, nas planícies de inundações dos rios, durante o período de enchente, onde predominam as argilas vermelhas (VICTORIA, 2018a). Nesse caso, os depósitos comumente apresentam-se em forma de bolsões e gradam lateralmente para depósitos mais enriquecidos em partículas maiores (VICTORIA, 2018a). De forma geral o território brasileiro dispõe de depósitos de argilas aluvionares cauliníticas detríticas, devido ao clima quente e úmido no período Quaternário que favoreceu o desenvolvimento da caulinita nos espessos mantos de intemperismo, seguindo de erosão e carreamento detrítico nas estações chuvosas (JUNIOR *et al.*, 2008).

As áreas potenciais para ocorrência de depósitos de argilas aluvionares foram indicadas por meio da identificação das áreas de planícies e terraços aluvionares (Figura 39), associado a áreas com maiores teores de argila e de áreas úmidas destacadas por meio da matemática de bandas do satélite Sentinel 2B (Figura 40).

As áreas de planícies e terraços aluvionares apresentam um dos ambientes tradicionais da formação de argilas nas regiões interioranas brasileira, os quais constituem zonas saturadas em águas ou sujeitas a inundações periódicas (JUNIOR *et al.*, 2008, p.747). Nesses ambientes as argilas mais puras constituem bolsões e lentes, sendo associadas a argilas arenosas, onde a fração arenosa é representada pelo quartzo ou por feldspatos e mica (JUNIOR *et al.*, 2008, p.747).

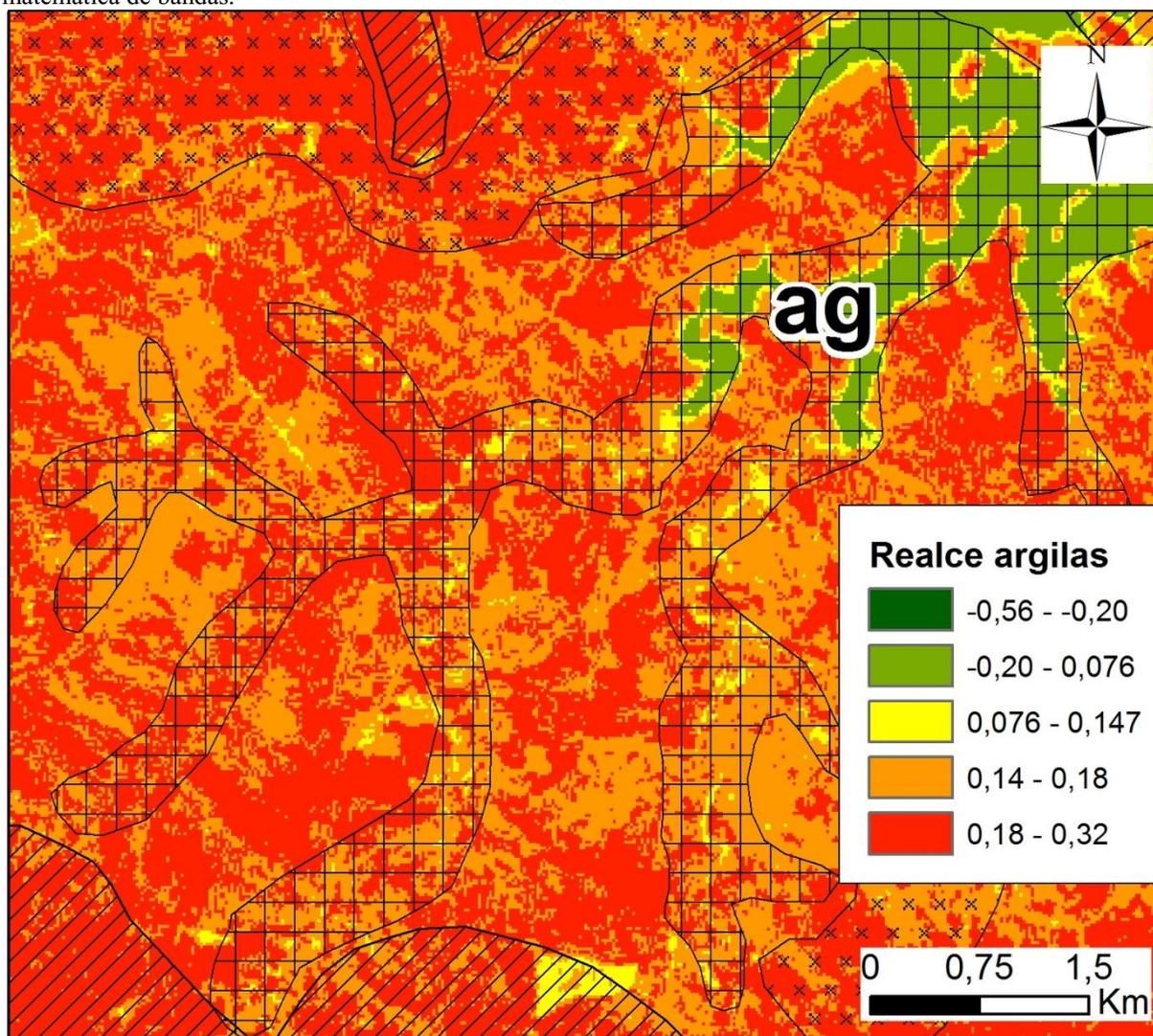
Também se utilizou operações matemáticas com as bandas do satélite Sentinel 2B, representada na ARGILAS = $(SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)$ (1), para realçar porções com maior concentração de argila, sendo essas representadas por valores próximos a 0.

Figura 39 - Área potencial para ocorrência de argila aluvionar associada à unidade geomorfológica de planícies e terraços fluviais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 40 - Área potencial para ocorrência de argila aluvionar associada à resposta espectral próximo de 0 de matemática de bandas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.1.3 Areia aluvionar

Os depósitos de areia podem ser formados em diversos ambientes, tais como canais fluviais, praias, lagos, desertos, vales encaixados e topos de morros ou chapadas (VICTORIA, 2018a). No Brasil, os sedimentos inconsolidados mais explorados são as areias e cascalhos provenientes de aluviões, que são aqueles formados em leitos, planícies de inundação ou leito de rios (VICTORIA, 2018a). Todo tipo de rocha, quando desagregada, pode produzir grãos com granulometria correspondente à fração areia ou fração cascalho, no entanto, para a construção civil, são utilizadas as areias quartzosas (VICTORIA, 2018a).

A delimitação das áreas potenciais para depósitos de areias aluvionares estão associados a planícies e terraços de drenagens meandrantas. Também foi possível, através de

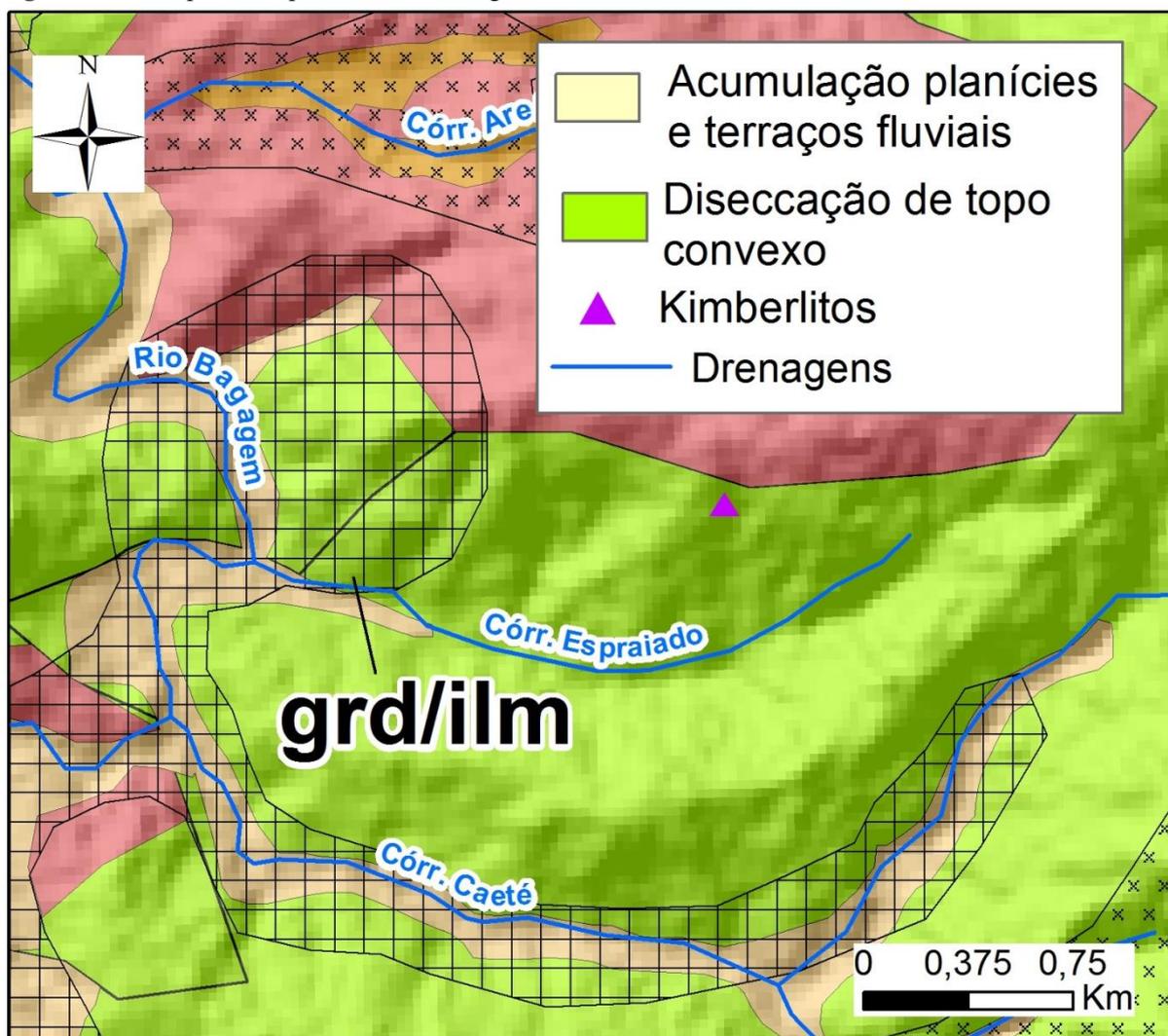
imagens de satélite, identificar nessas drenagens feições de barras em pontal centrais e laterais onde esses sedimentos de granulação areia são depositados.

7.4.2.1.4 Granada/ilmenita

Os depósitos de granada/ilmenita na área de estudo são formados a partir da erosão de kimberlitos e consequente deposição desses minerais resistatos em regiões de terraços aluvionares (Figura 41). Além da erosão dos kimberlitos esses depósitos também podem ser formados a partir da erosão dos conglomerados basais da Formação Marília, os quais contêm diamantes explorados em Romaria/MG, uma vez que, segundo SVISERO *et al.* (1981), esses contêm grande quantidade de minerais de natureza kimberlítica como, granada, magnetita e ilmenita. A ocorrência de granada/ilmenita está relacionada aos depósitos de diamante secundário, podendo servir como mineral satélite para prospecção desse cristal (PEREIRA, 2001).

Sendo assim, as áreas potenciais para esses minerais foram delimitadas tendo em vista regiões geomorfológicas mapeadas como terraços fluviais as quais suas drenagens erodem rochas da Formação Marília ou kimberlitos.

Figura 41 - Área potencial para ocorrência de granada/ilmenita associada a erosão de kimberlitos.

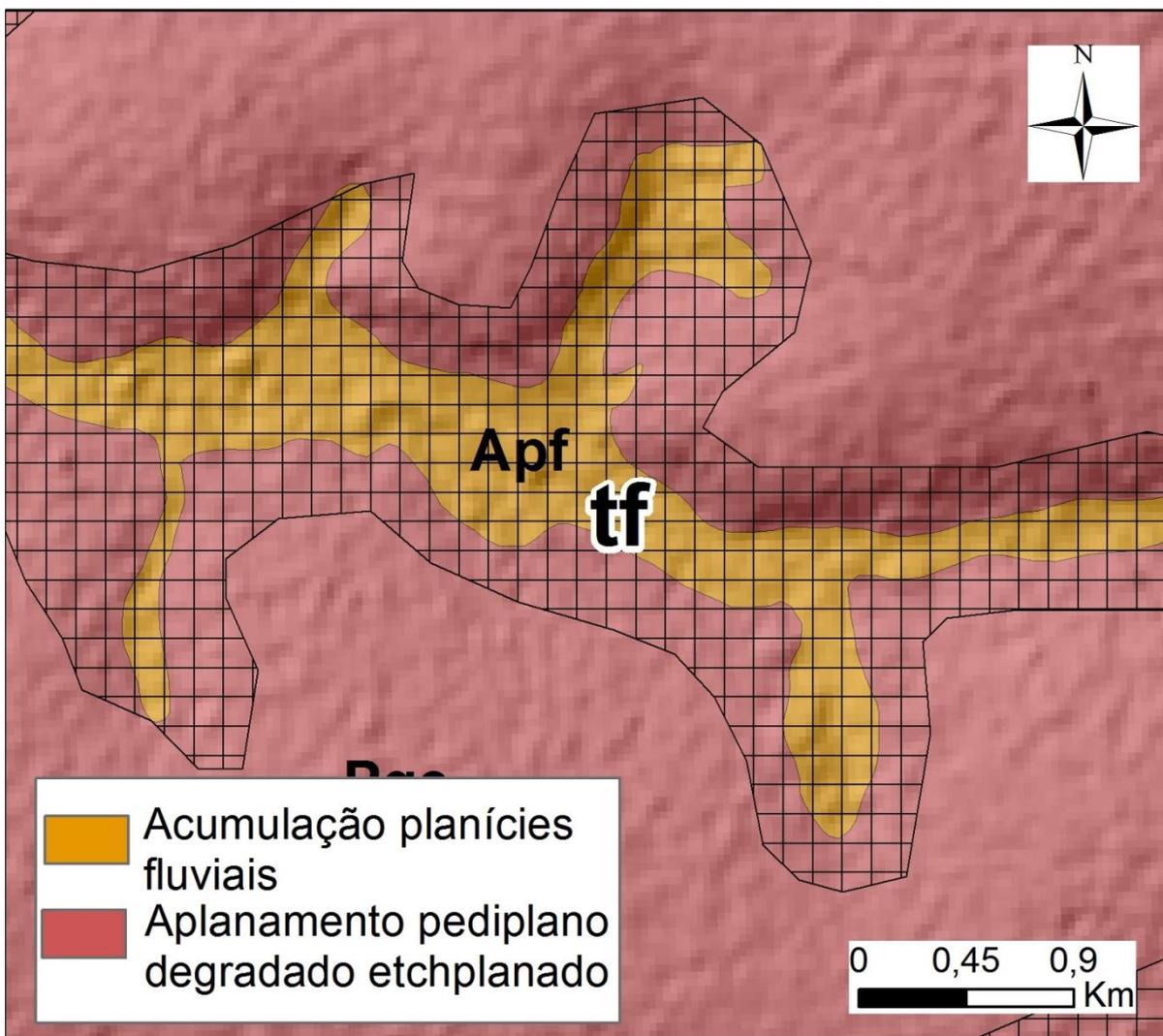


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.1.5 Turfa

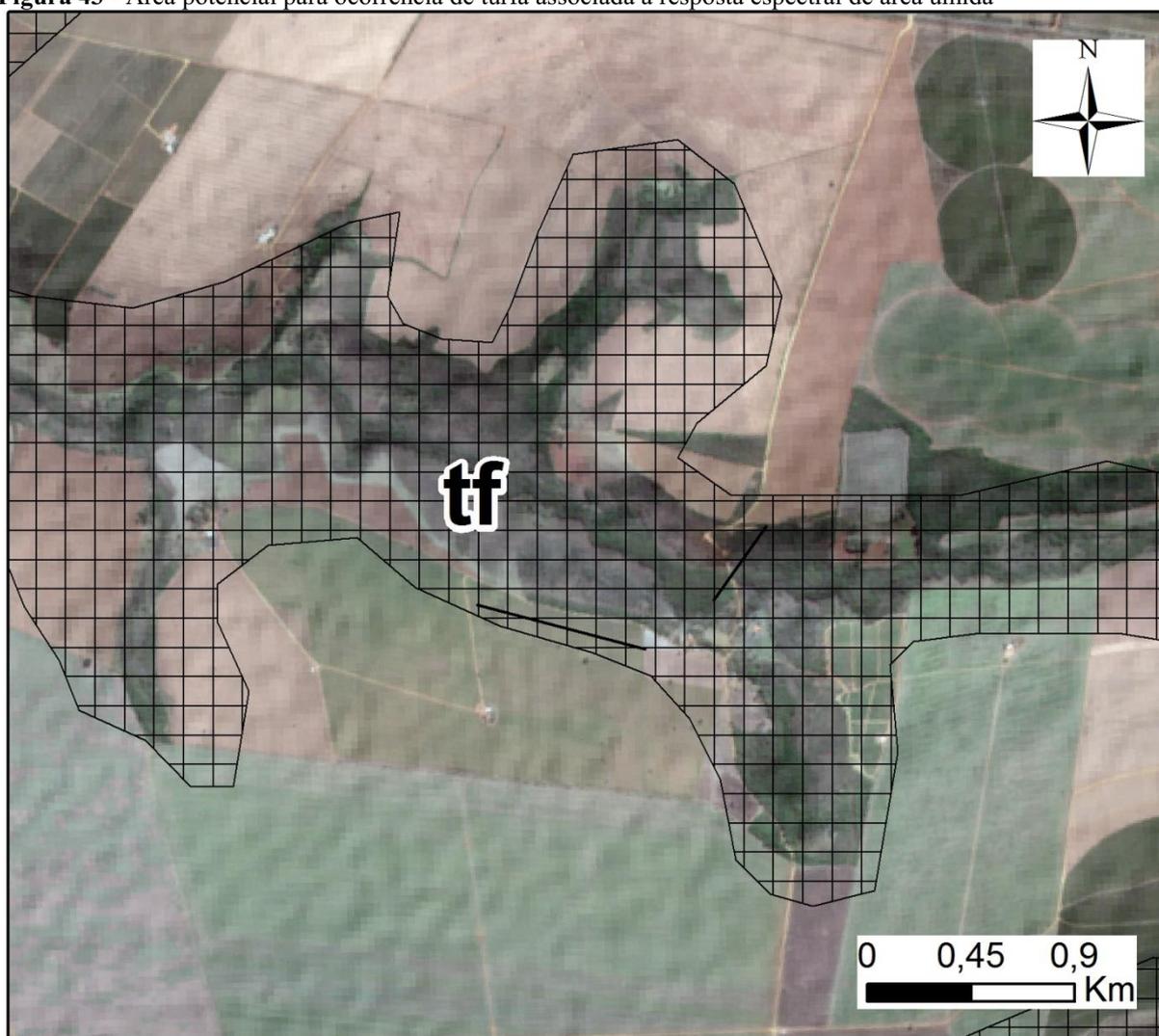
A turfa é um material de origem sedimentar, sendo formadas a partir da acumulação de areia, limo e argila, a deposição de vegetais que crescem emergindo ou sobrenadando na água e a contribuição das plantas existentes nas bordas da região alagada (LAMIM, 2001). As áreas potenciais para essas rochas estão associadas a regiões brejos, pântanos e a terrenos sujeitos a inundação (Figura 43). Essas regiões encontram-se em planícies aluvionares (Figura 42) que ocorrem sob os platôs da área de estudo, local esse em que as turfeiras se desenvolvem em amplos vales planos. Associado a essa característica geomorfológica, foram utilizados pontos de ocorrência mineral (CPRM, 2023), direitos minerários registrados para esse bem mineral (ANM, 2023), além da identificação visual das regiões por imagens de satélite, as quais apresentam alta concentração de água o que faz com que essas destaquem-se por sua coloração escura.

Figura 42 - Área potencial para ocorrência de turfa associada à unidade geomorfológica de planícies fluviais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 43 - Área potencial para ocorrência de turfa associada à resposta espectral de área úmida



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.1.6 Diamante

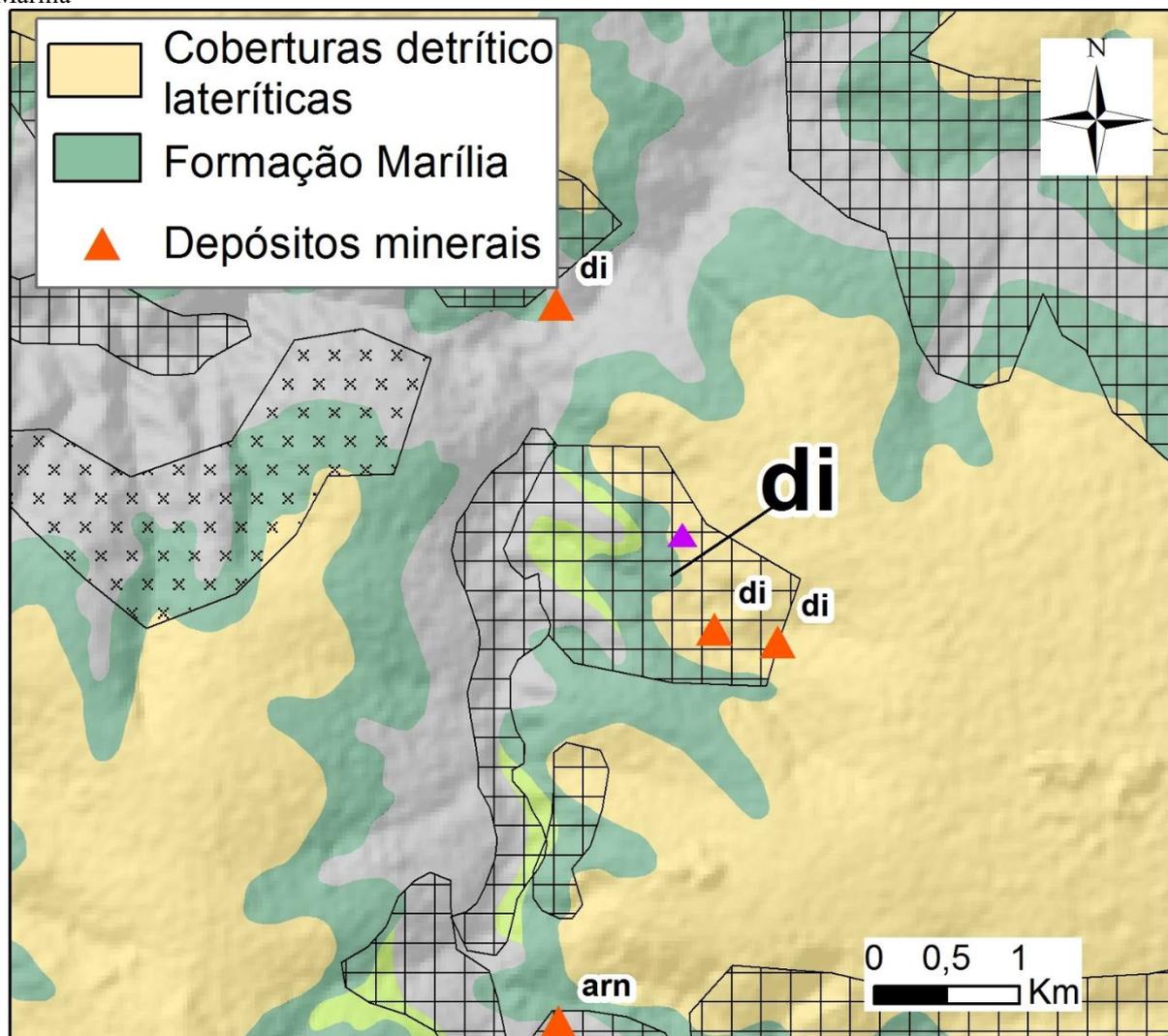
Os depósitos secundários de diamantes são formados em aluviões e coluviões recentes ou antigos, os quais abrigam diamantes liberados a partir da alteração e desagregação dos corpos kimberlíticos (CHAVES, 2018).

Apesar de autores como SVISERO et al. (1981) tratarem os conglomerados aos quais encontram-se os diamantes lavrados em Romaria/MG como pertencentes a Formação Botucatu (Grupo São Bento), na área de estudo CODEMIG (2017) considera que esses, na verdade, fazem parte da Formação Marília (Cretáceo Superior). Isso se deve a complexidade geológica da região, o que faz com que a origem primária do diamante continue em aberto, fazendo com que surjam novas ideias quanto a gênese do depósito (BARBOSA, 1991; CHAVES, 1991; SVISERO, 1994; LEONARDOS *et al.*, 1995; TOMPKINS e GONZAGA,

1989; GONZAGA E TOMPKINS, 1991; GONZAGA *et al.*, 1994; KARFUNKEL *et al.*, 2014; VIEIRA, 2020).

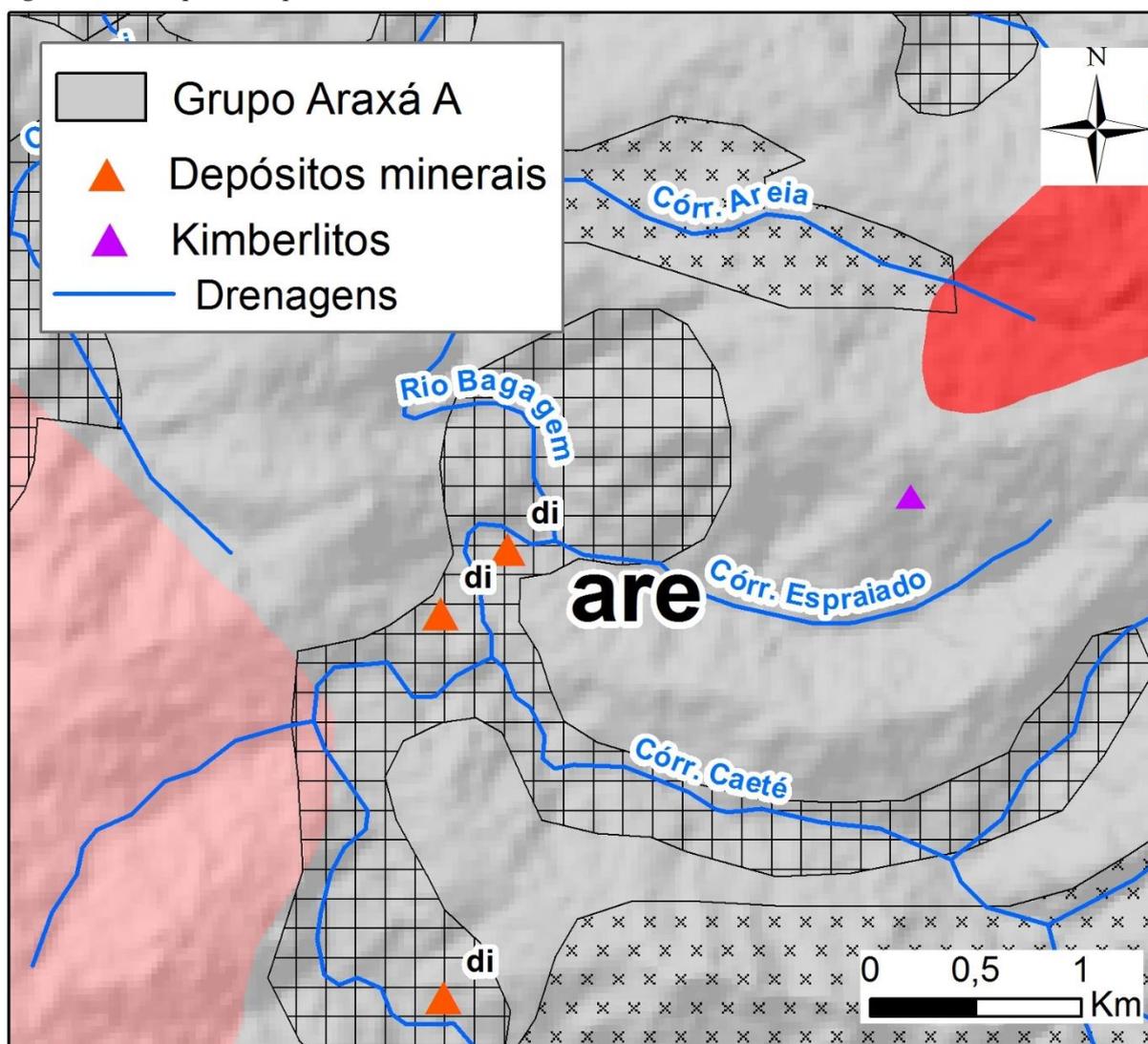
A delimitação das áreas potenciais para ocorrência de diamantes primários foram consideradas tendo em vista regiões mapeadas como rochas pertencentes a Formação Marília, hospedeiras desses diamantes (Figura 44), planícies e terraços cujas drenagens erodem kimberlitos (Figura 45), além do conhecimento de áreas historicamente lavradas, as quais foram indicadas pela existência de concentrações minerais (ocorrências minerais, jazidas, minas a céu aberto, garimpo, etc.).

Figura 44 - Área potencial para ocorrência de diamante primário associada a unidade geológica da Formação Marília



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 45 - Área potencial para ocorrência de diamante associada a erosão de kimberlitos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.2 Depósitos residuais

7.4.2.2.1 Argila residual

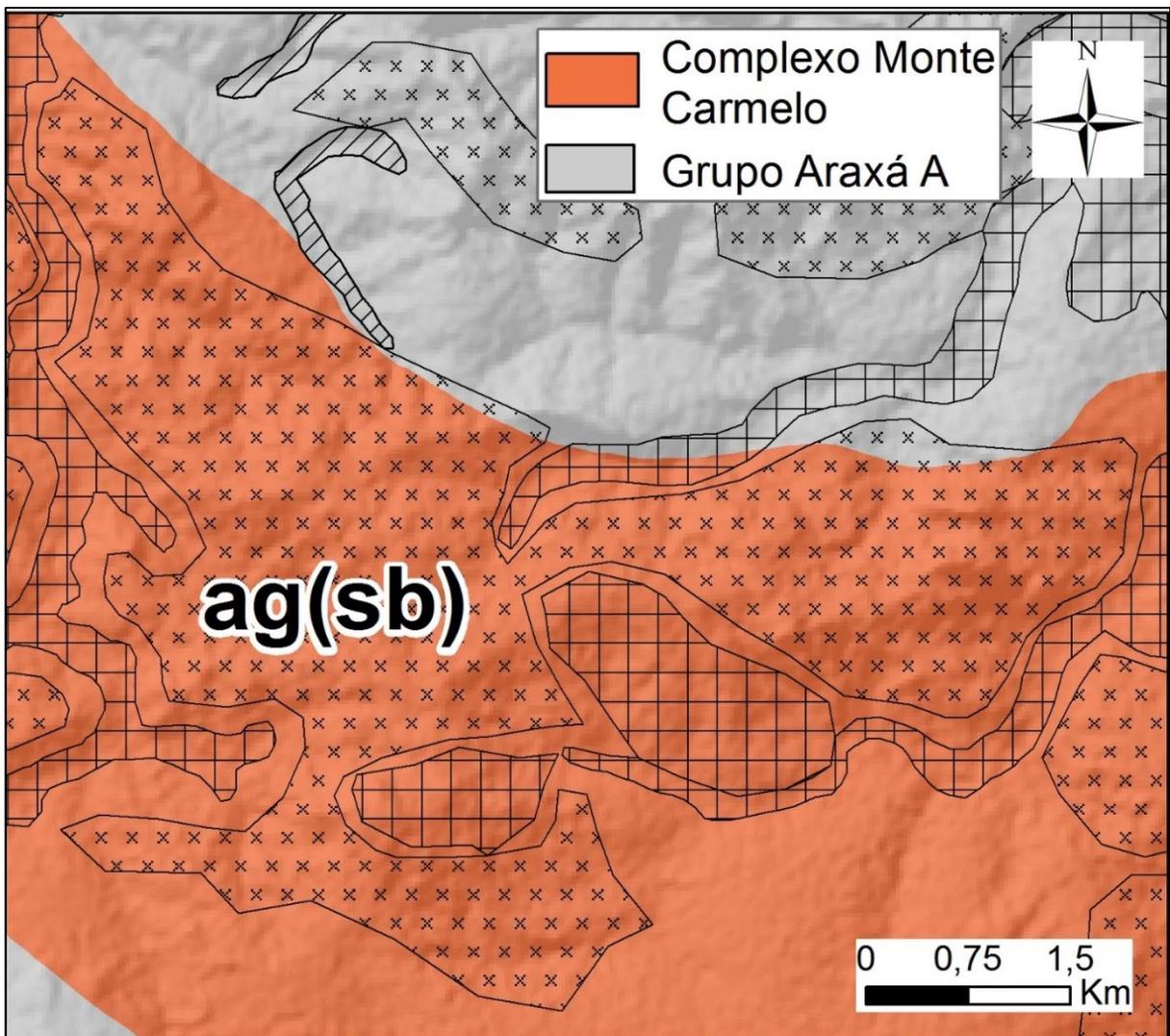
As argilas se originam a partir da alteração de silicatos aluminosos principalmente os feldspatos e micas, constituintes de rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas (VICTORIA, 2018). As argilas residuais são aquelas que, devido às condições favoráveis de intemperismo, da natureza da rocha fonte e da topografia, permaneceram no local de sua formação (VICTORIA, 2018a). Os tipos de argilas residuais mais comuns são a bentonita e o caulim derivado de rochas graníticas ou gnáissicas (VICTORIA, 2018a).

Para seleção das áreas potenciais para argilas residuais levou-se em consideração porções mapeadas por rochas do Complexo Monte Carmelo e Ortognaisse Goiandira (Figura 46), que se encontram em domínios geomorfológicos de baixo grau de dissecação e que

apresentem respostas gamaespectométricas com baixos valores de K (Potássio) ou com altos valores de K, Th (Tório) e U (Urânio) (Figura 47).

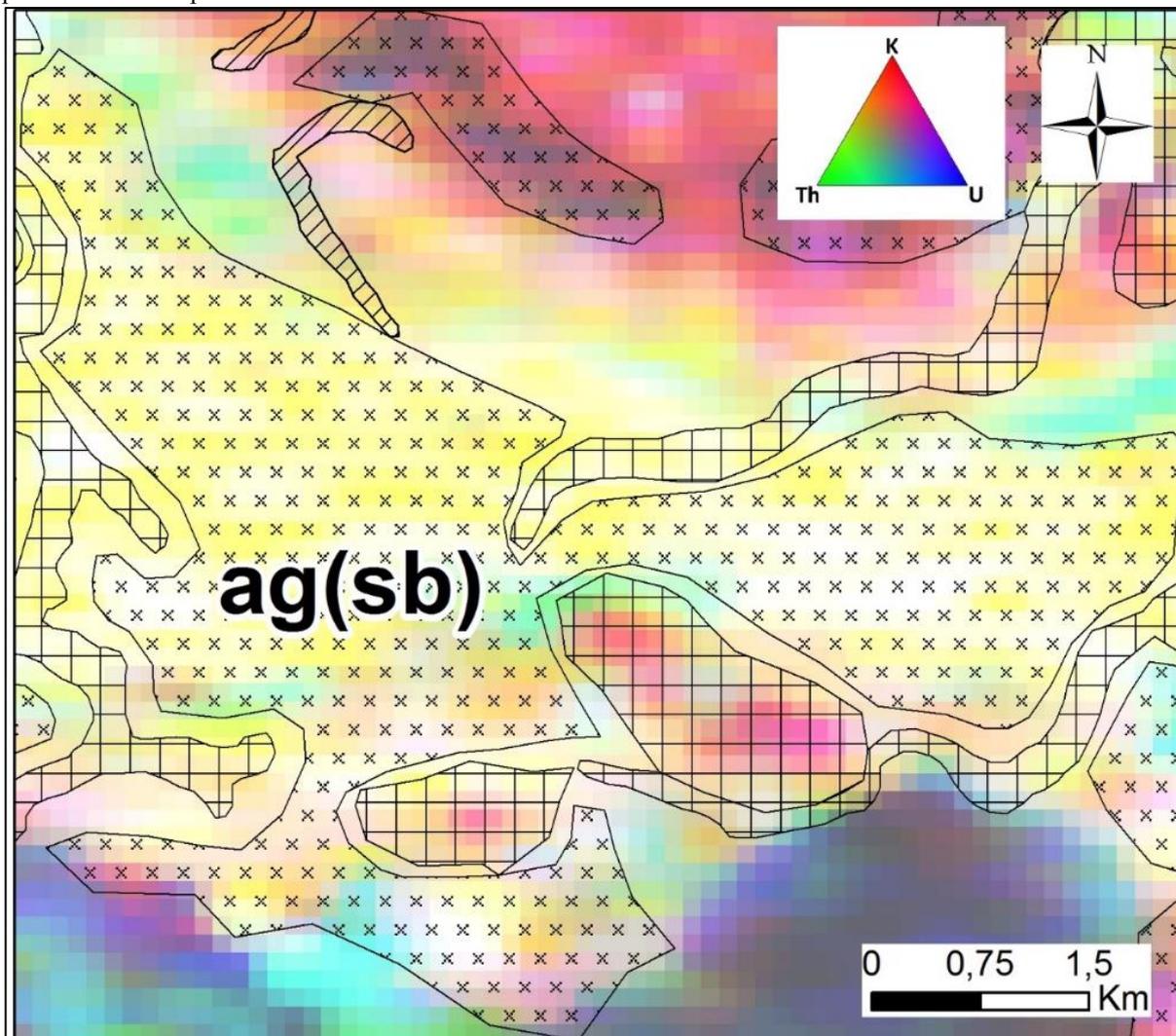
Em relação aos aspectos gamaespectométricos foram considerados valores que apresentem baixas concentrações de K (DICKSON E SCOTT, 1997) e regiões em que apresentam altas concentrações dos três elementos do mapa ternário (K, Th e U) já que tanto Th como U têm suas concentrações elevadas quando o conteúdo de K, associado as argilas, e sílica é maior (DICKSON E SCOTT, 1997).

Figura 46 - Área potencial para ocorrência de argila residual associada à unidade geológica do Complexo Monte Carmelo



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 47 - Área potencial para ocorrência de argila residual associada à resposta gamaespectométrica com baixo valor de K (Potássio) e alto valor nos canais do Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio), indicando o processo de intemperismo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

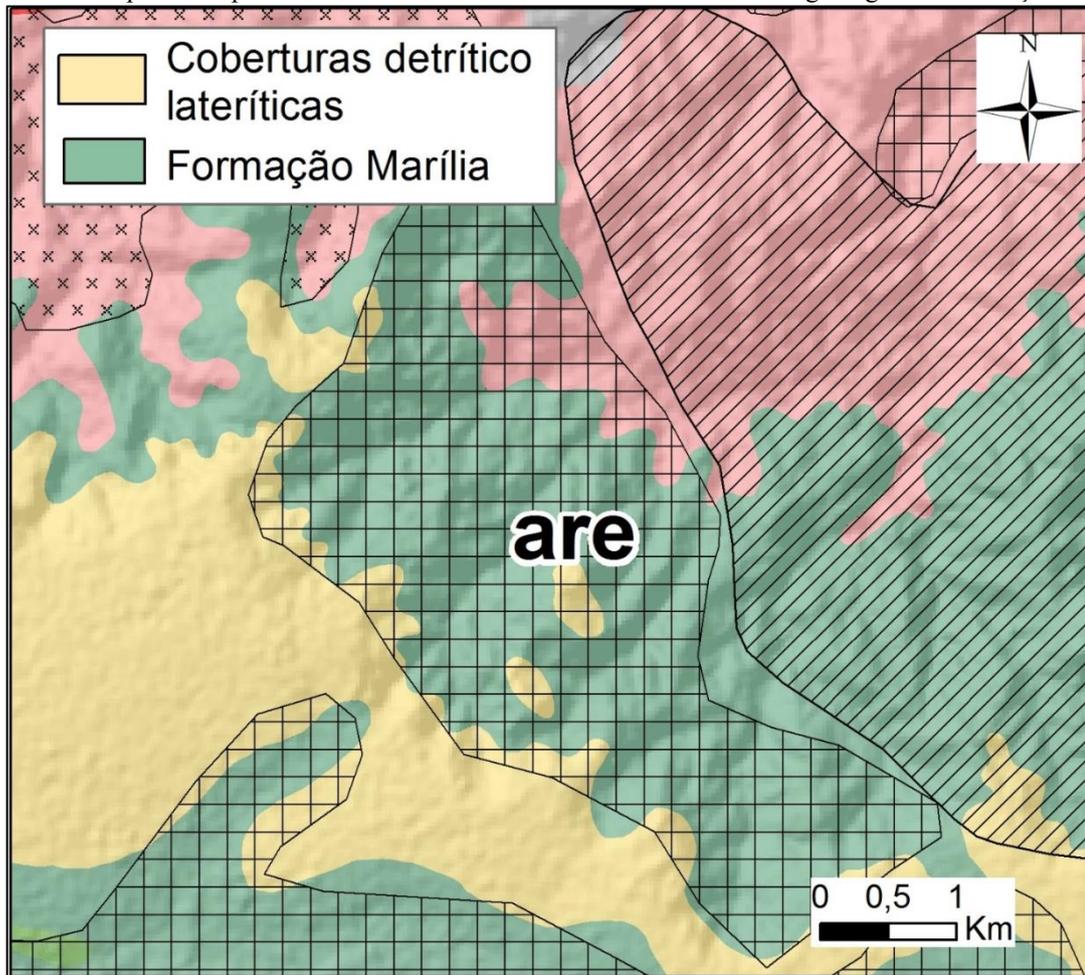
7.4.2.2.2 Areia residual

Para além da exploração de areia de sedimentos inconsolidados, esses materiais também são explorados em mantos de decomposição de rochas areníticas, quartzíticas ou pegmatíticas que formam, preferencialmente, depósitos residuais em coberturas de morros e chapadas (QUARESMA, 2009 apud VICTORIA, 2018a).

As áreas potenciais para ocorrência desses depósitos foram delimitadas tendo em vista regiões constituídas por rochas graníticas do Complexo Monte Carmelo e areníticas da Formação Marília e Formação Botucatu (Figura 48) (CODEMIG, 2017). Essas rochas foram definidas como possíveis fontes para formação dos depósitos de areia residual, uma que essas, quando apresentam um alto grau de intemperismo, podem concentrar, *in situ*, sedimentos de granulometria de fração areia. Sendo assim, para evidenciar tal característica intempérica,

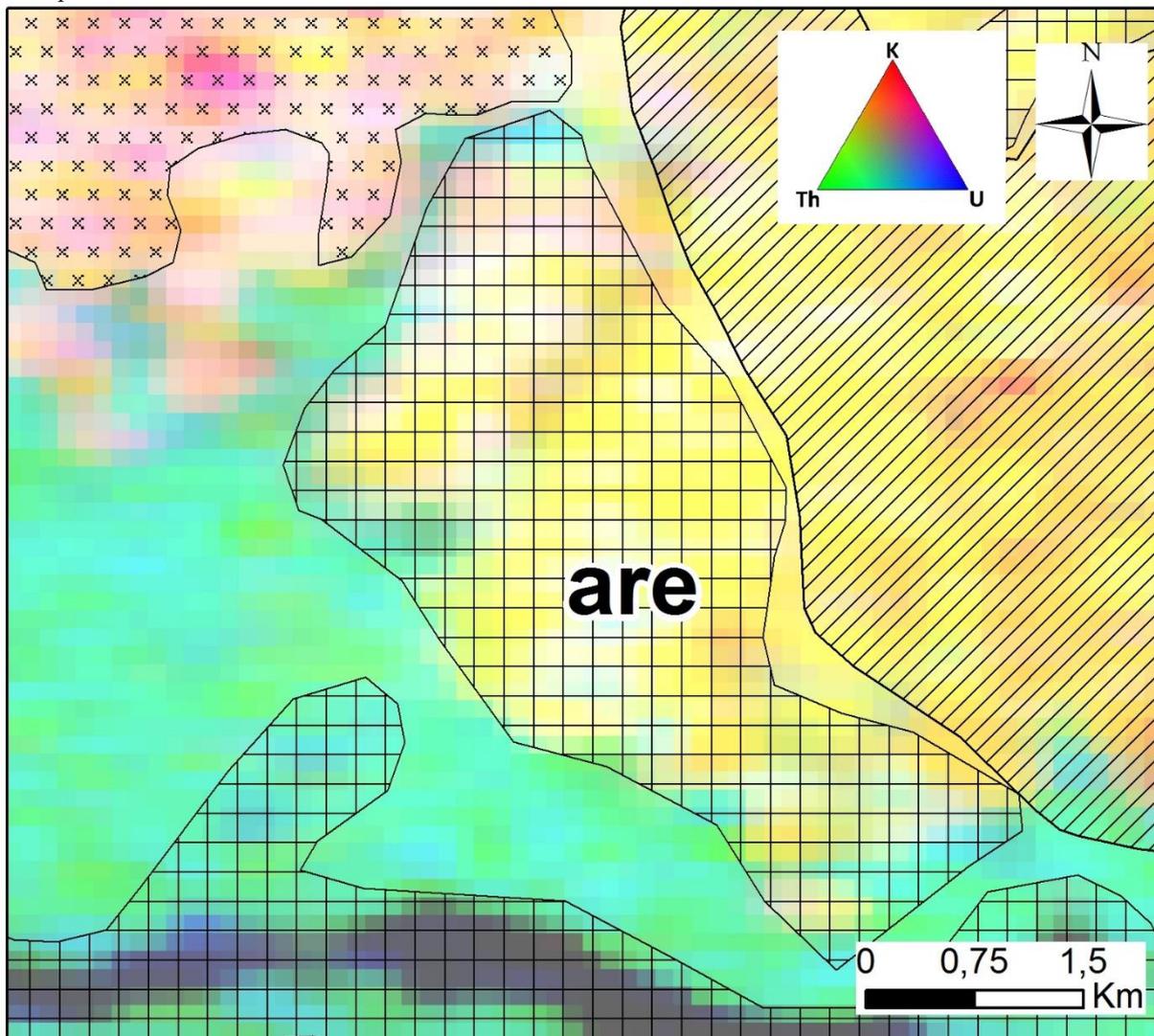
buscou-se correlacionar a ocorrência espacial das rochas dessas unidades geológicas com respostas gamaespectométricas que apresentam baixas concentrações de K e altas dos radioelementos do mapa ternário (U, Th e K) (Figura 49) (DICKSON E SCOTT, 1997).

Figura 48- Área potencial para ocorrência de areia residual associada à unidade geológica da Formação Marília.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 49 - Área potencial para ocorrência de areia residual associada à resposta gamaespectométrica com baixo valor de K (Potássio) e alto valor nos canais do Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio), indicando o processo de intemperismo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

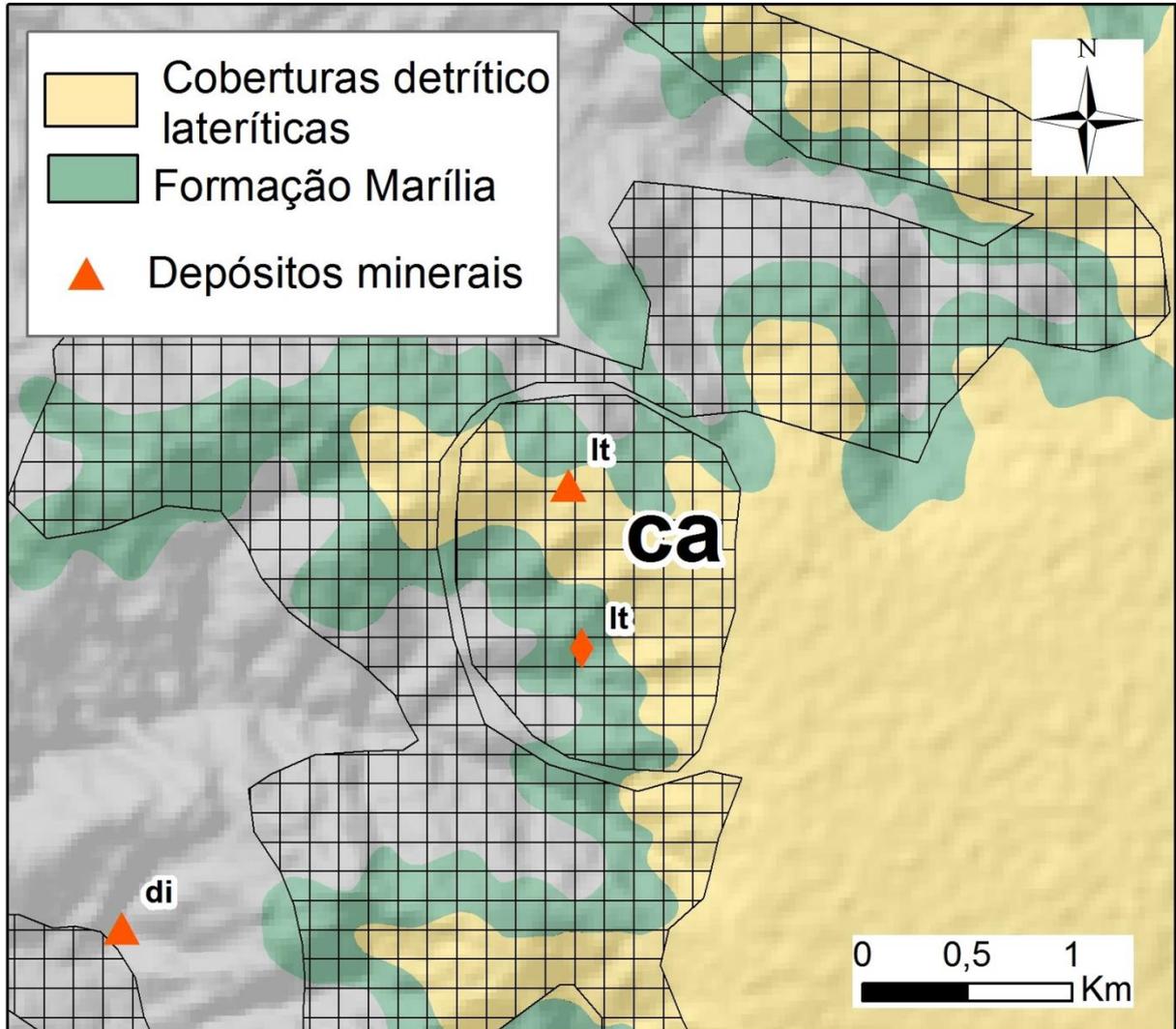
7.4.2.2.3 Cascalho

As áreas potenciais para cascalho estão associadas às coberturas detrítico-lateríticas, as quais se formam devido ao enriquecimento de ferro em alumínio devido a atuação de intensos processos intempéricos químicos e físicos, em resposta às novas condições de temperatura e pressão diferente da formação original da rocha (AUGUSTIN *et al.*, 2013).

Para delimitação dessas áreas, buscou-se identificar regiões em que há a ocorrência espacial de coberturas detrítico-lateríticas (Figura 50) (CODEMIG, 2017) associadas a ocorrências minerais cadastradas no banco de dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2023) e que apresentassem registros de processos minerários ativos para esse bem mineral (ANM, 2023). Além disso, também foram consideradas regiões na borda do pediplano degradado etchplanado (Pge) (Figura 51), onde é observado a feição de escarpa

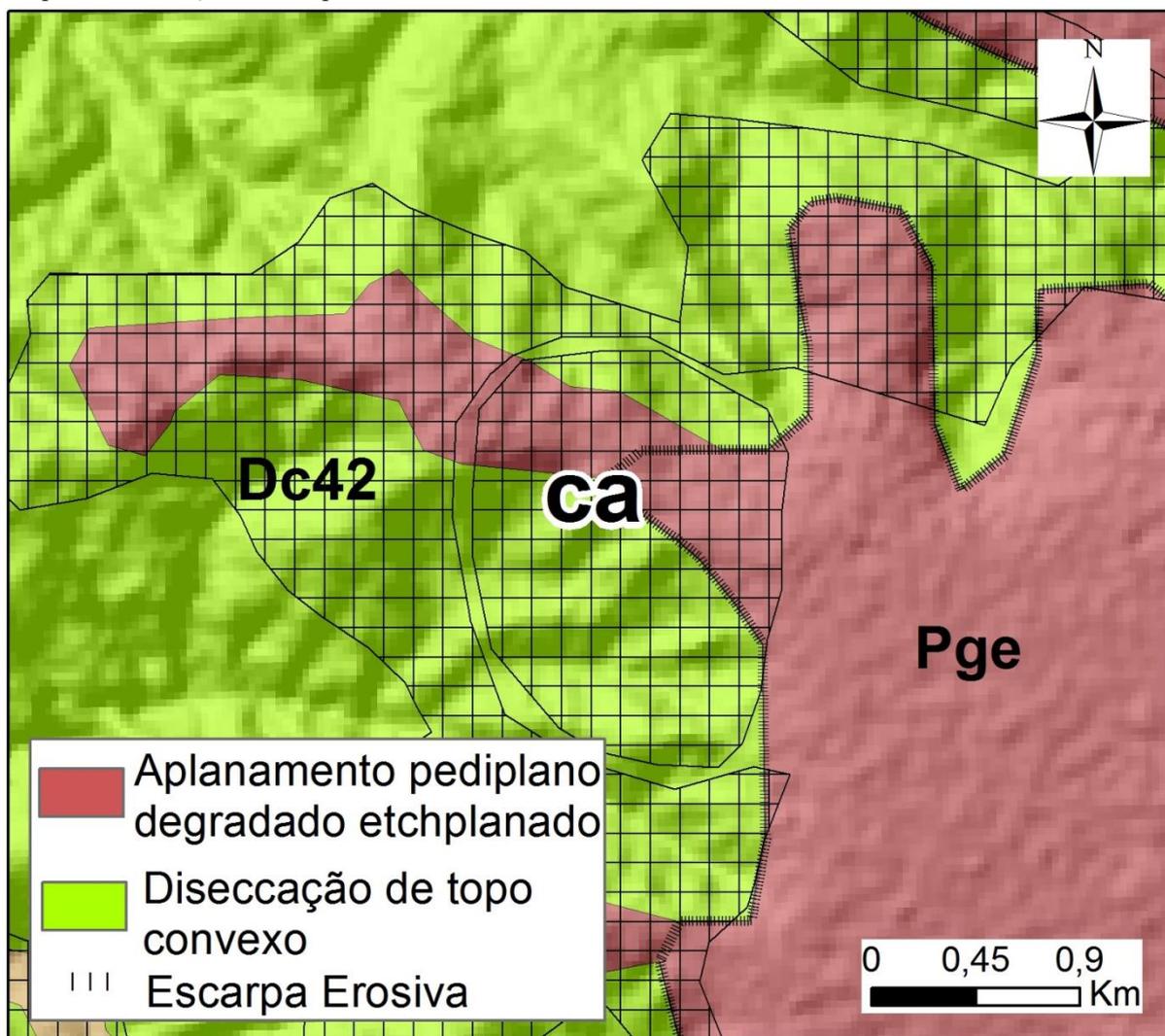
erosiva, uma vez que quando esses materiais encontram-se desmantelados, a sua utilização como RMIs é facilitada.

Figura 50 - Área potencial para ocorrência de cascalho associado à unidade de coberturas detrítico-lateríticas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 51 - Área potencial para ocorrência de cascalho associado ao modelado do Pediplano degradado etchplanado e à feição de escarpa erosiva.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

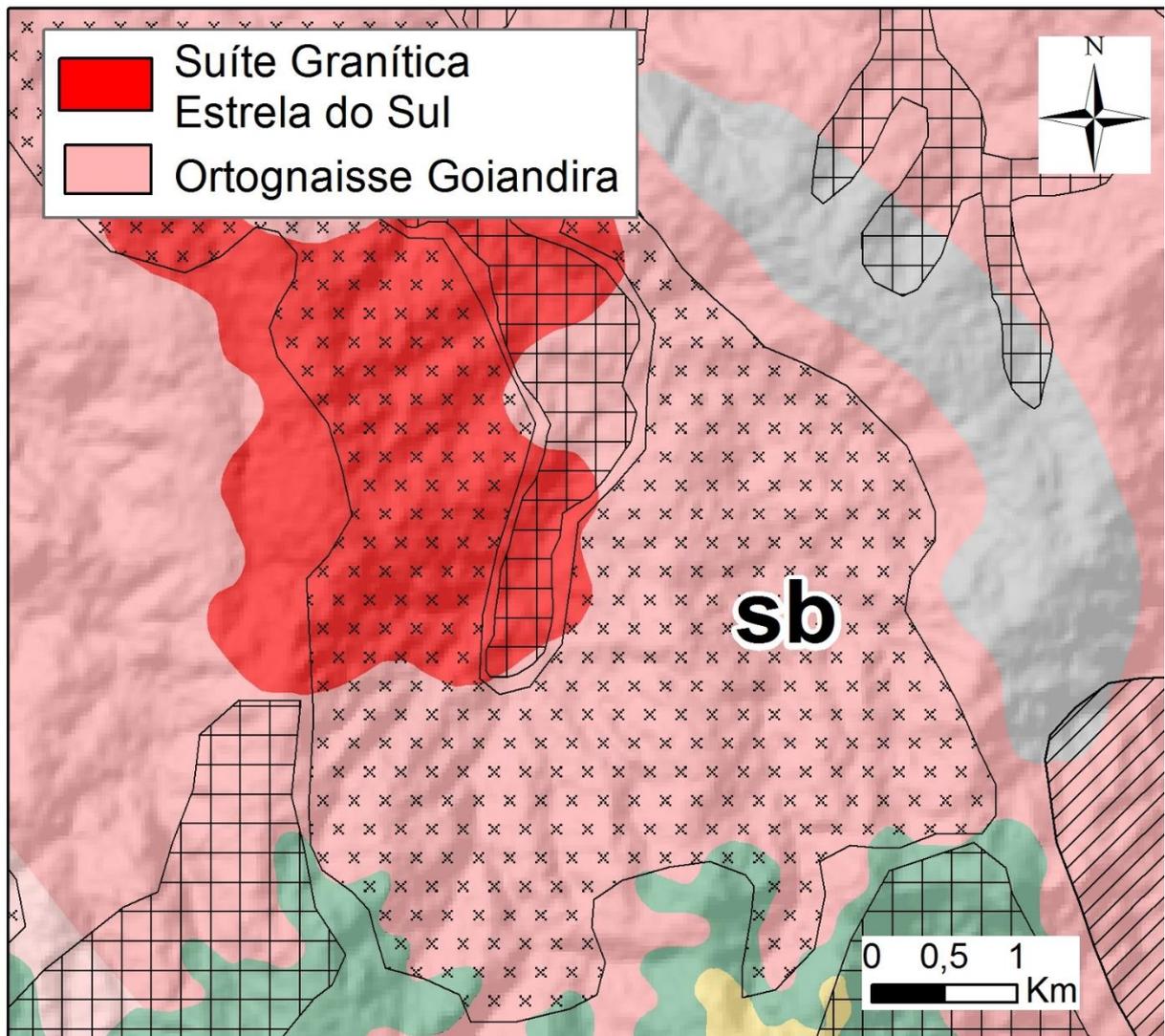
7.4.2.2.4 Saibro

Trata-se de um material granular composto por um misto entre grãos de areia, argila e fragmentos de minerais como feldspato e micas (VICTORIA, 2018a). Nesse material, ao lado das frações grosseiras (areia), há a formação de material argiloso, mas em proporção extremamente baixa (MELFI, 1967). Esse material tem sua gênese associada a desagregação, principalmente, de rochas graníticas e gnáissicas (VICTORIA, 2018a).

Tendo isso em vista, buscou-se associar, para delimitação das áreas potenciais para formação de saibro, regiões em que há a ocorrência espacial de rochas graníticas e gnáissicas, as quais se encontram agrupadas nas unidades geológicas do Complexo Monte Carmelo e Ortognaisse Goiandira (Figura 52), que apresentem baixos valores de K ou com altos valores

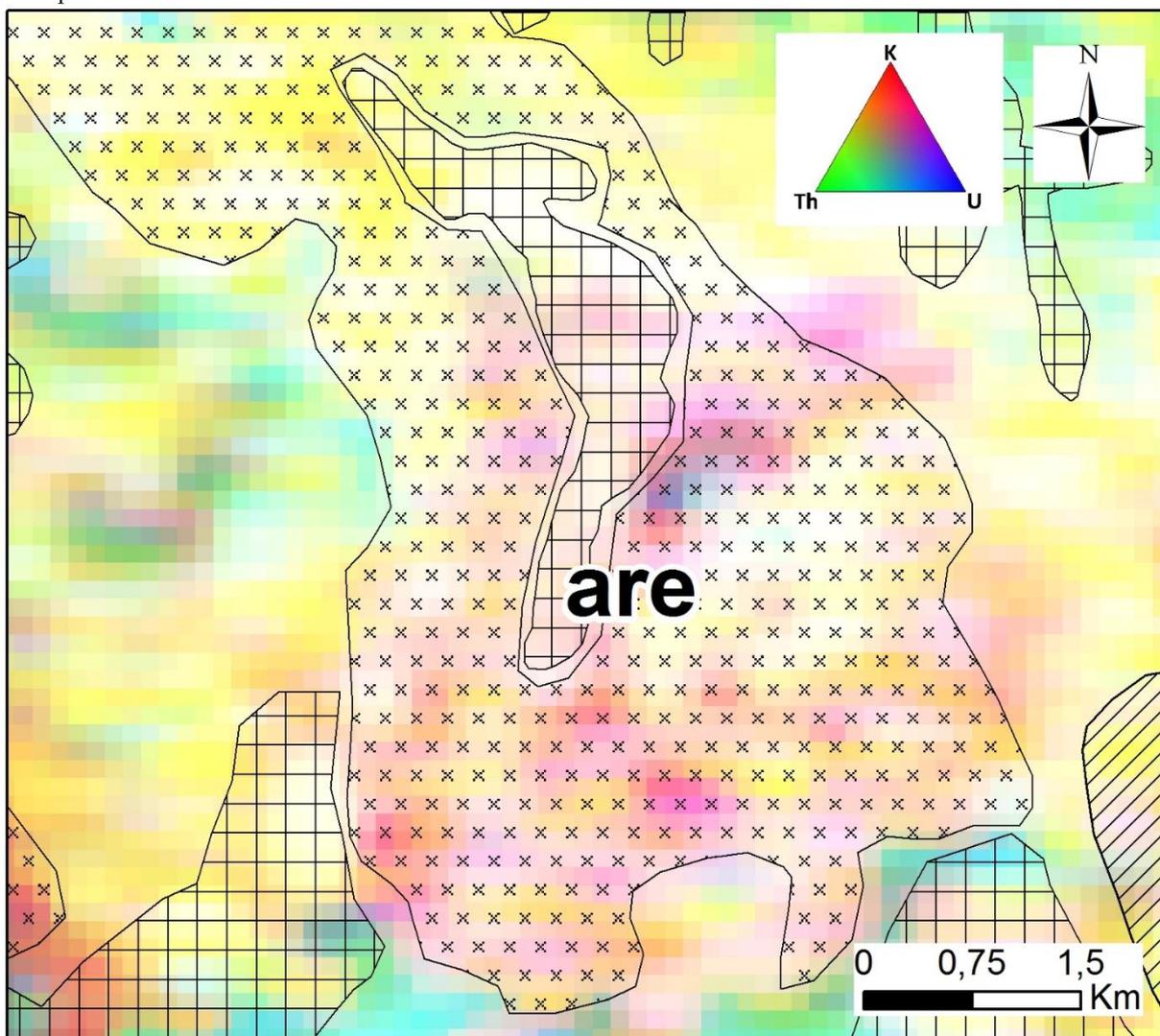
de K, Th e U (Figura 53) (DICKSON E SCOTT, 1997). Além disso, foram consideradas regiões que apresentem maior concentração de feições erosivas, como sulcos, ravinas e voçorocas, uma vez que, devido a alta concentração de sedimentos de fração areia, essas feições ocorrem com frequência no relevo (MELFI, 1967).

Figura 52 - Área potencial para ocorrência de saibro associada às unidades geológicas do Ortognaisse Goiandira e da Suíte Granítica Estrela do Sul.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 53- Área potencial para ocorrência de saibro associada à resposta gamaespectométrica com baixo valor de K (Potássio) e alto valor nos canais do Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio), indicando o processo de intemperismo.



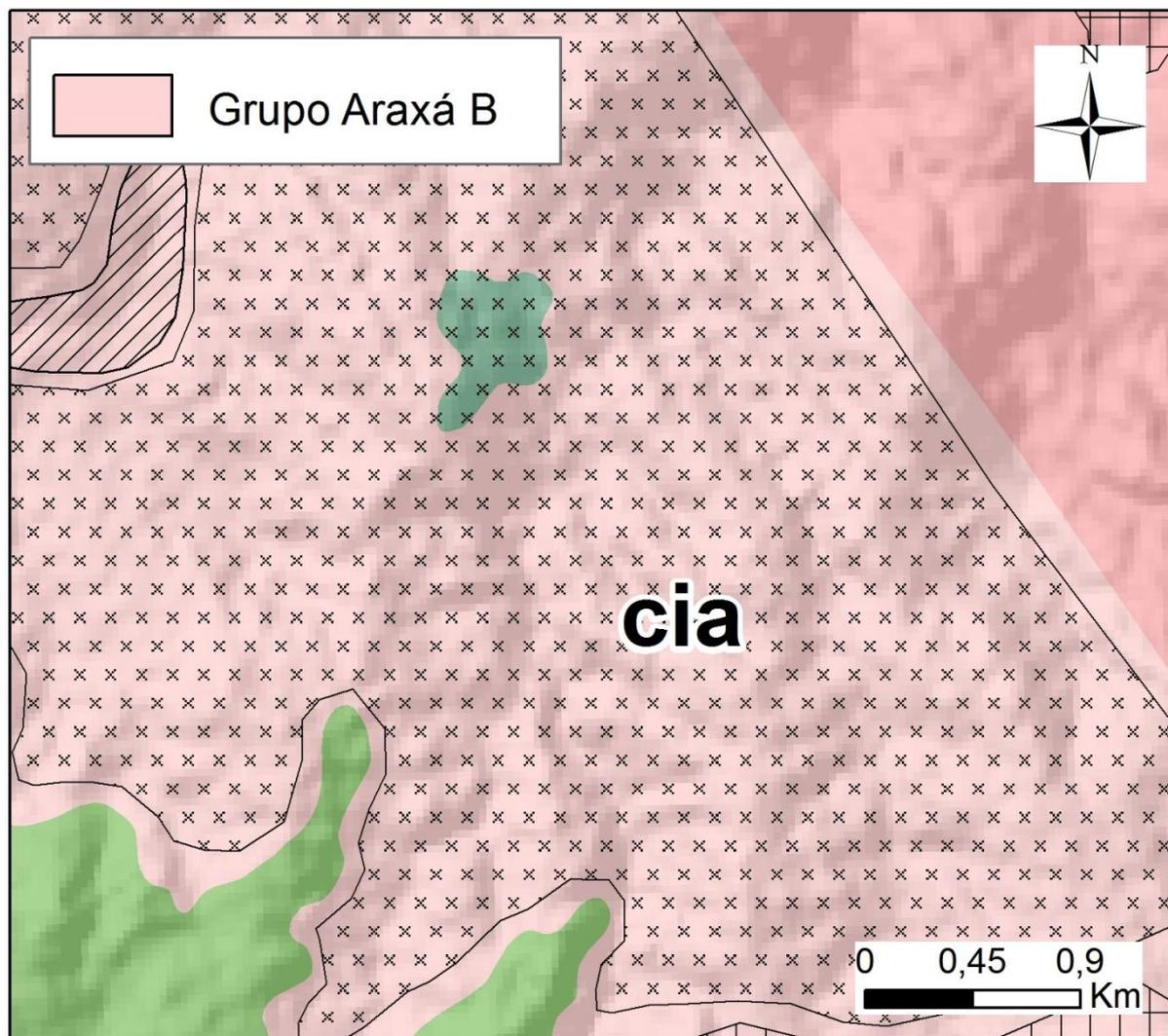
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.2.5 Cianita

A cianita é um mineral tipicamente resultante de metamorfismo regional de rochas aluminosas, sendo sempre associada com granada, estaurólita e córidon (KLEIN E DUTROW, 2012). Por apresentar estrutura mais densa que a andaluzita e a silimanita seu campo de estabilidade está posicionado na porção de baixa temperatura e alta pressão (KLEIN E DUTROW, 2012). Navarro *et al.* (2019) descreve na região do centro-sudeste de Goiás, zona interna da Faixa Brasília, a ocorrência desse mineral associados a rochas do Grupo Araxá que foram metamorfizadas em fácies anfíbolito. Entretanto, esse mineral não foi observado nas rochas descritas no mapeamento realizado pela CODEMIG (2017), apesar das rochas da unidade do Grupo Araxá B estarem metamorfizadas em fácies anfíbolito.

Tendo isso em vista a possível ocorrência desse mineral nas rochas do Grupo Araxá B foram delimitação as áreas potenciais para ocorrência de jazidas de cianita tendo em vista regiões mapeadas como rochas de tal unidade (Figura 54).

Figura 54 - Área potencial para ocorrência de cianita associado à unidade geológica do Grupo Araxá B.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

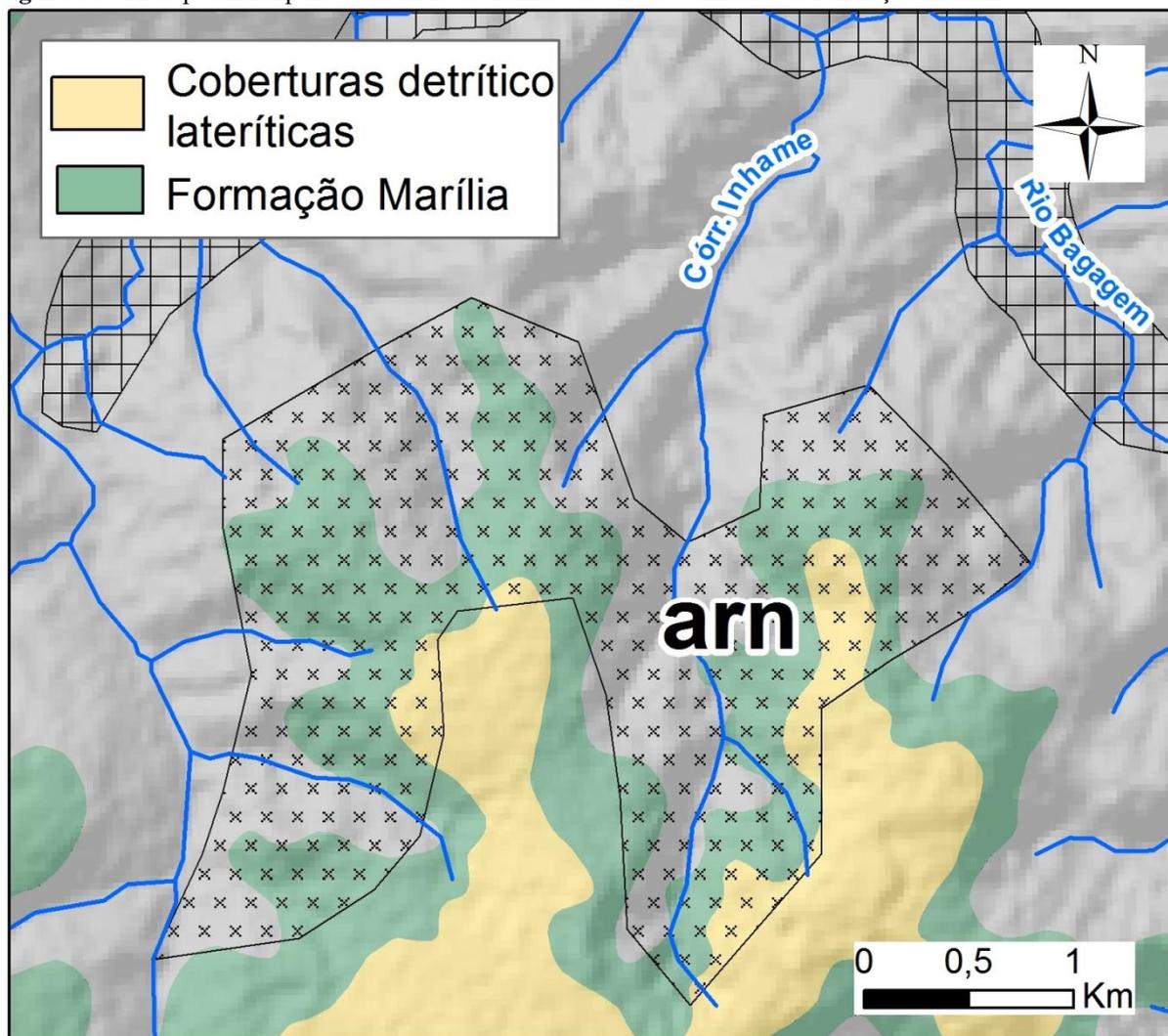
7.4.2.3 Depósitos consolidados

7.4.2.3.1 Arenito

Os arenitos, por serem formados basicamente por grãos de quartzo, cimentados por material silicoso, ferruginosos ou carbonáticos, são rochas resistentes ao desgaste abrasivo, sendo utilizado principalmente como rocha ornamental (ALENCAR, 2013). Na área de estudo os arenitos estão associadas às unidades da Formação Marília e (Grupo Bauru) e Formação Botucatu (Grupo São Bento) (Figura 55). A delimitação das áreas potenciais para essas rochas fora definida com base na ocorrência das mesmas, observadas no mapeamento geológico

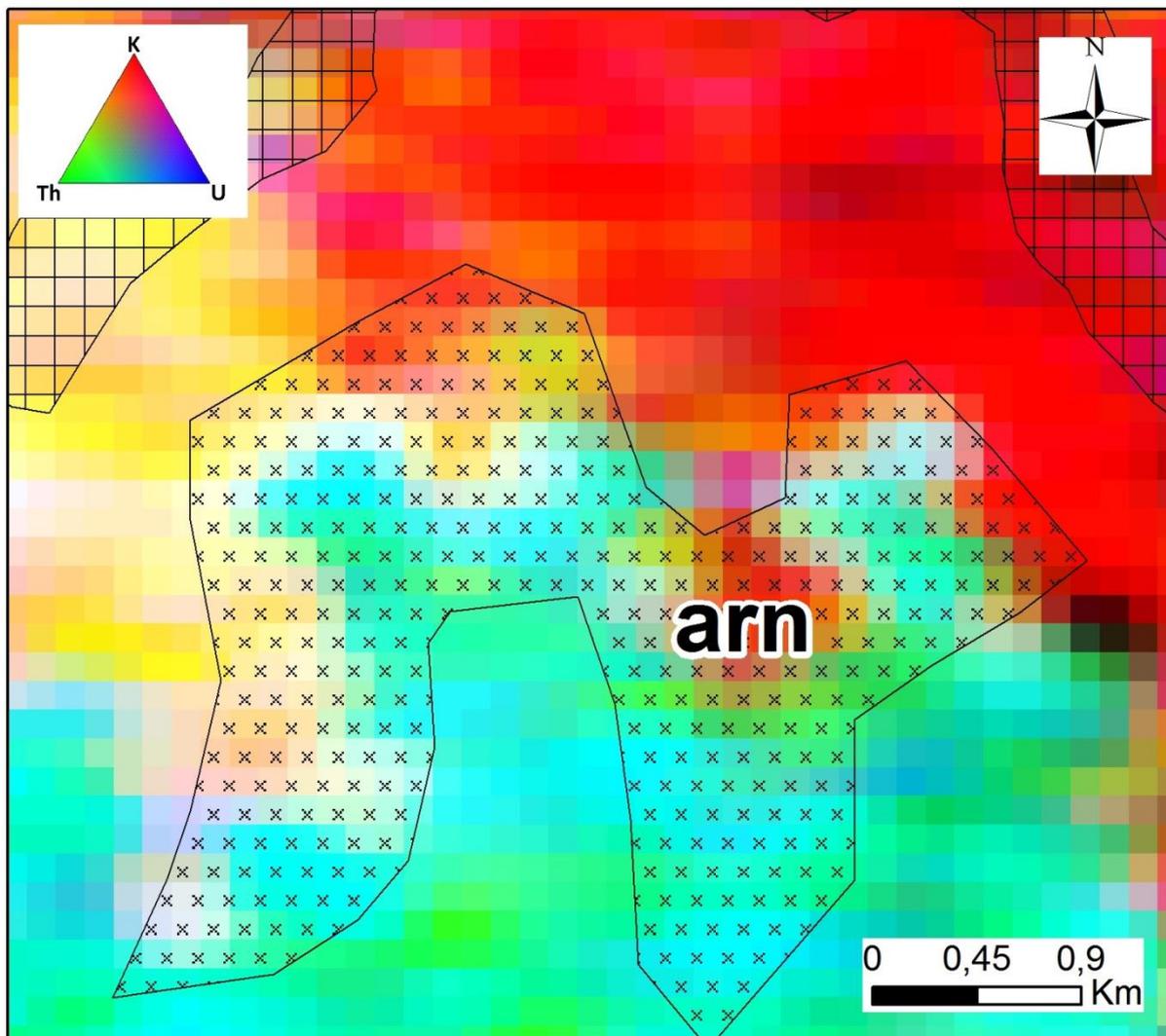
regional (CODEMIG, 2017), nas ocorrências minerais registradas na Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2023) e em direitos minerários que estão em pesquisa mineral (ANM 2023). Além de utilizar também respostas espectrais em que há a concentração dos três radioelementos do mapa ternário (U, K e Th), uma vez que essa resposta é indicativa de alta concentração de sílica (Figura 56) (DICKSON E SCOTT, 1997).

Figura 55 - Área potencial para ocorrência de arenito associado à unidade da Formação Marília.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 56 - Área potencial para ocorrência de arenito associada à resposta gamaespectométrica com baixo valor de K (Potássio) e alto valor nos canais do Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio), indicando o processo de intemperismo.

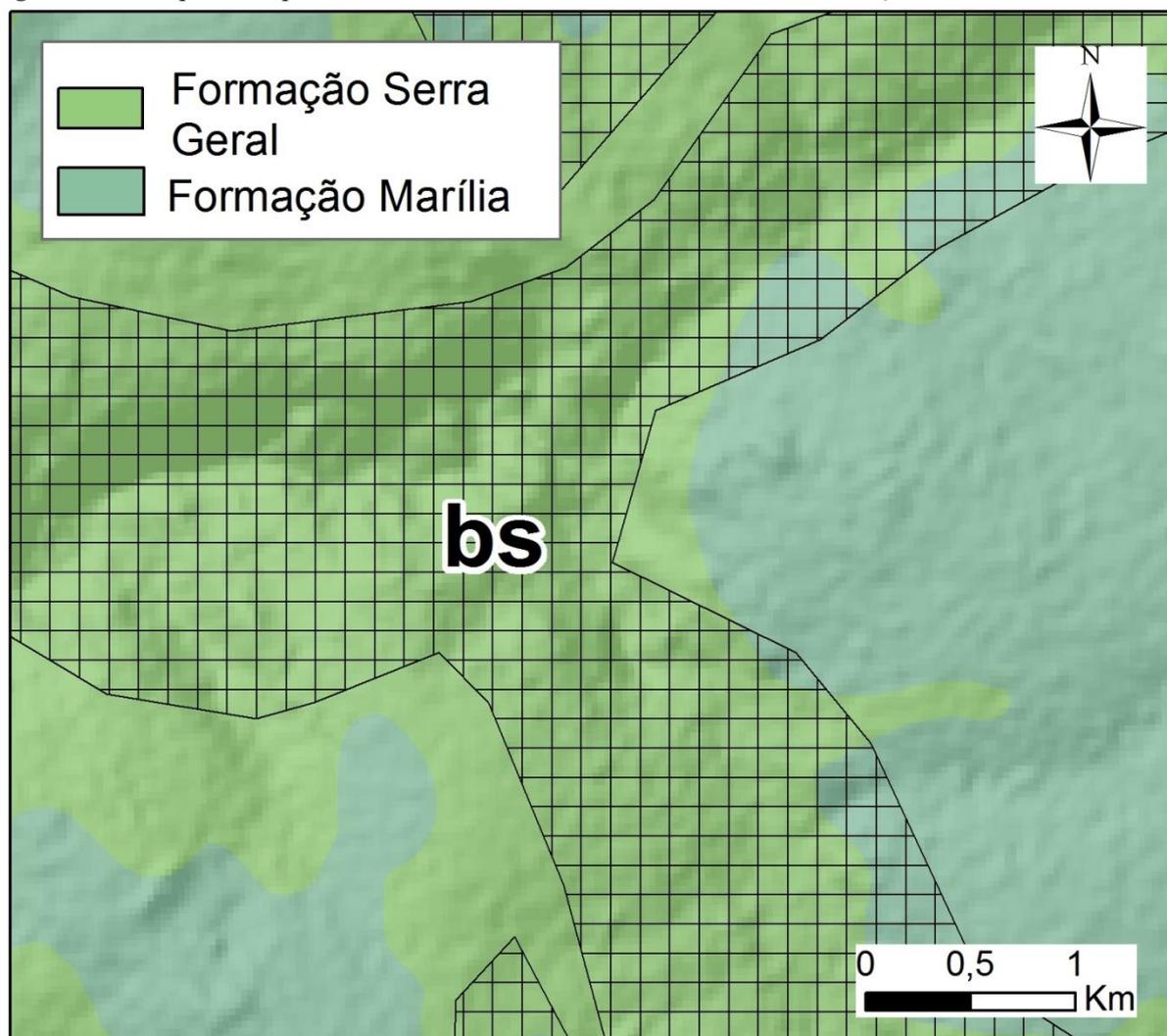


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.3.2 Basalto

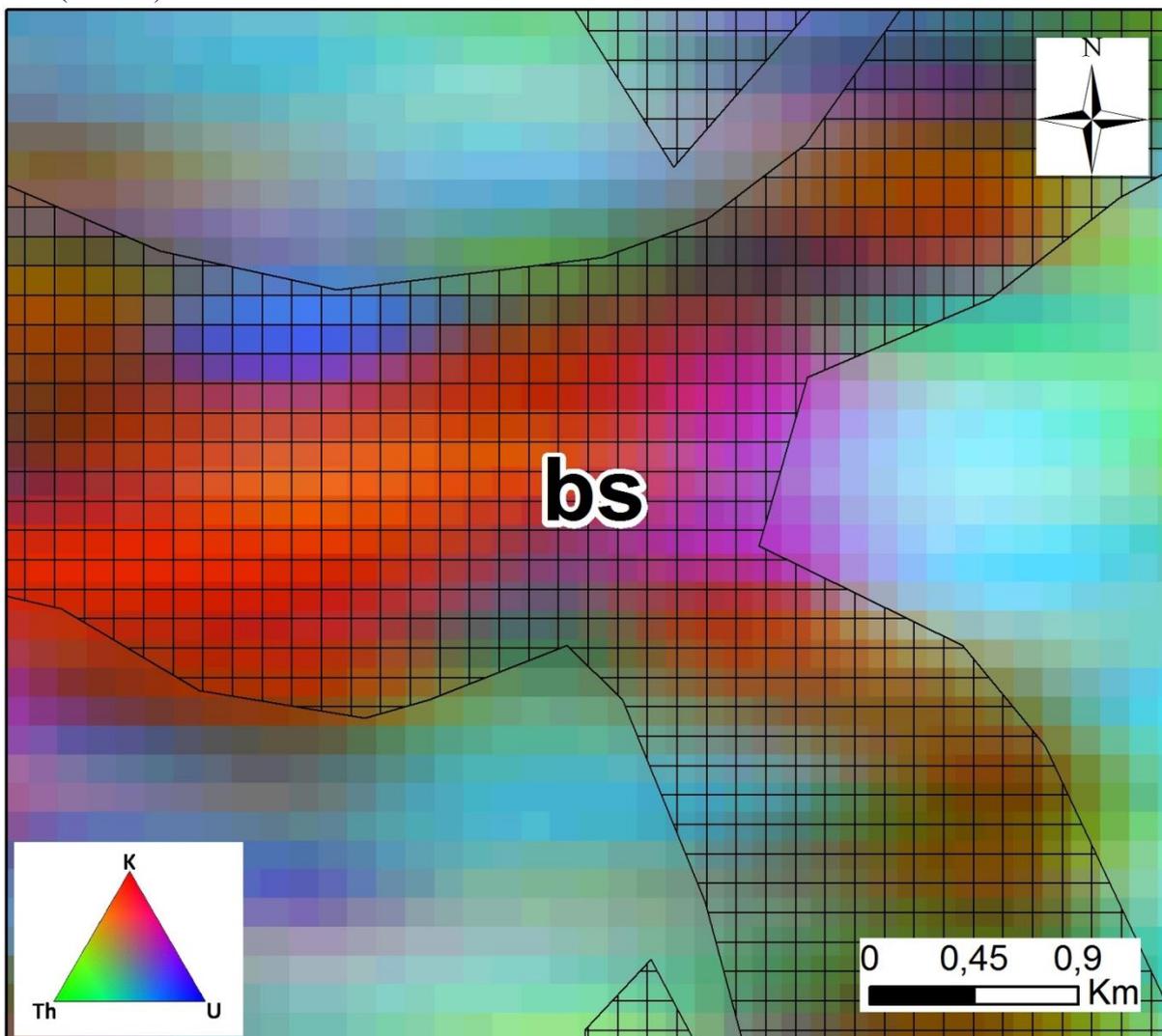
As áreas potenciais para rochas basálticas estão associadas a unidade da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) (Figura 57) e afloram, segundo CODEMIG (2017), na unidade geomorfológica do Canyon do Araguari. Além dessas características também foram consideradas as ocorrências minerais cadastradas pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2023), os direitos minerários ativos para esses bens minerais (ANM, 2023) e regiões com respostas gamaespectométricas com elevados teores de K, devido a sua alta concentração de plagioclásio (Figura 58) (RIBEIRO, 2014).

Figura 57 - Área potencial para ocorrência de basalto associado à unidade da Formação Serra Geral.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 58 - Área potencial para ocorrência de basalto associado à resposta gamaespectrométrica com alto valor de K (Potássio).

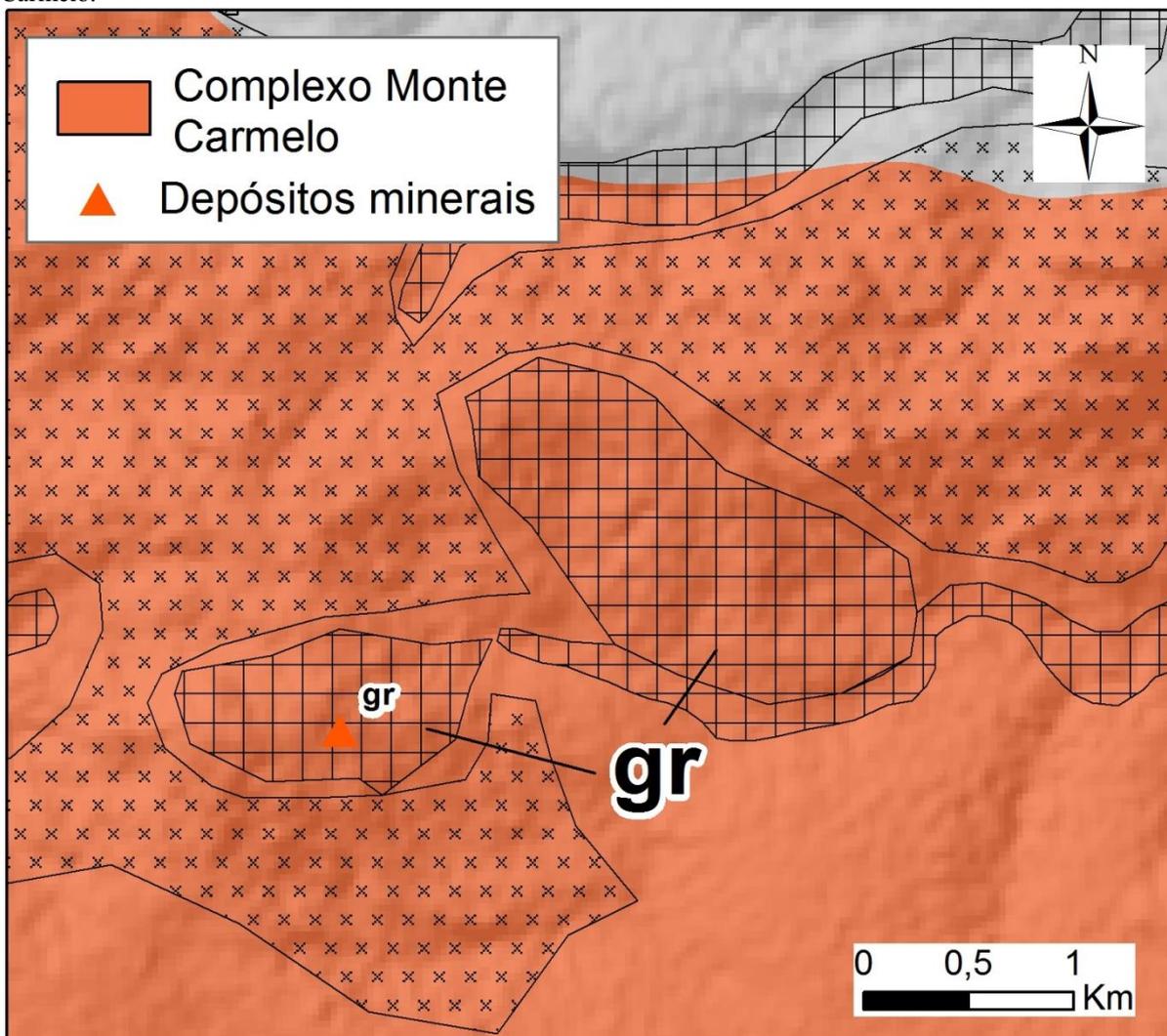


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.3.3 Granito

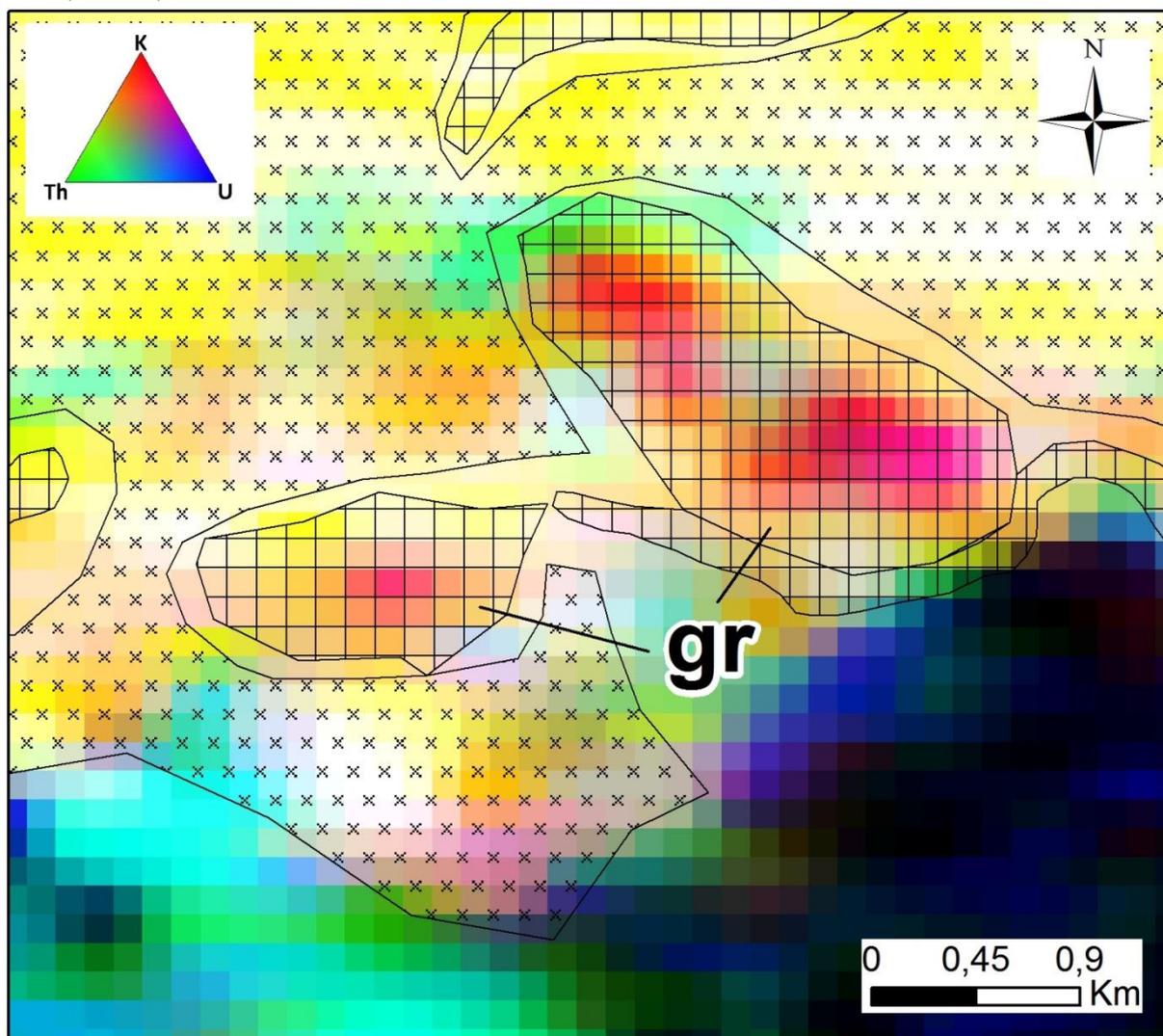
Para delimitação de áreas potenciais para ocorrência de rochas graníticas, além da sua ocorrência associada, principalmente, a unidade do Complexo Monte Carmelo (Figura 59), foram consideradas pontos de ocorrência mineral (CPRM, 2022) e regiões que apresentam respostas gamaespectrométricas com elevadas concentrações de K (Figura 60), uma vez que quando essas rochas não se encontram intemperizadas apresentam essa característica gamaespectrométrica (DICKSON E SCOTT, 1997).

Figura 59 - Área potencial para ocorrência de granito associado à unidade geológicas do Complexo Monte Carmelo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 60 - Área potencial para ocorrência de granito associado à resposta gamaespectrométrica com alto valor de K (Potássio).

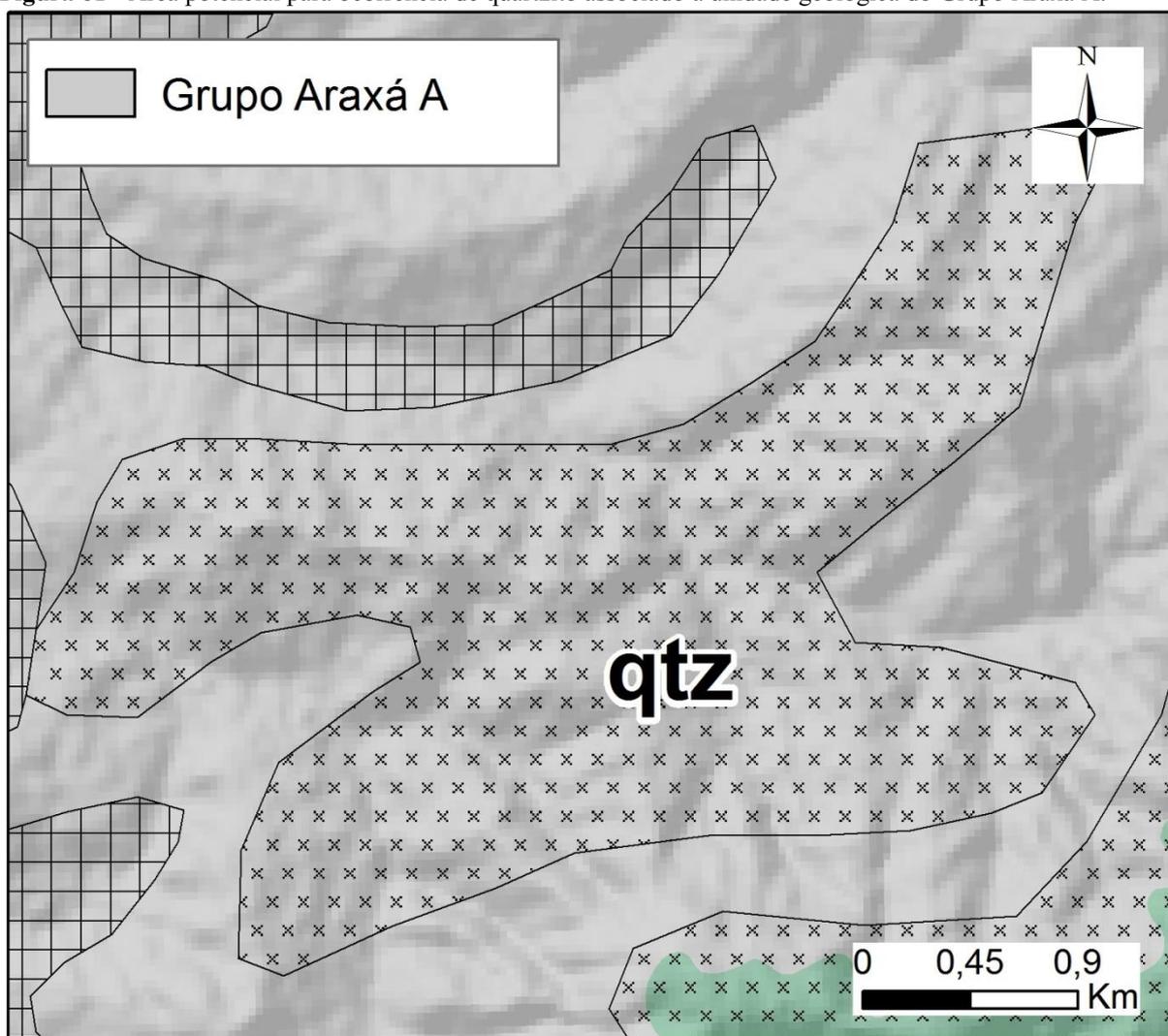


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.2.3.4 Quartzitos

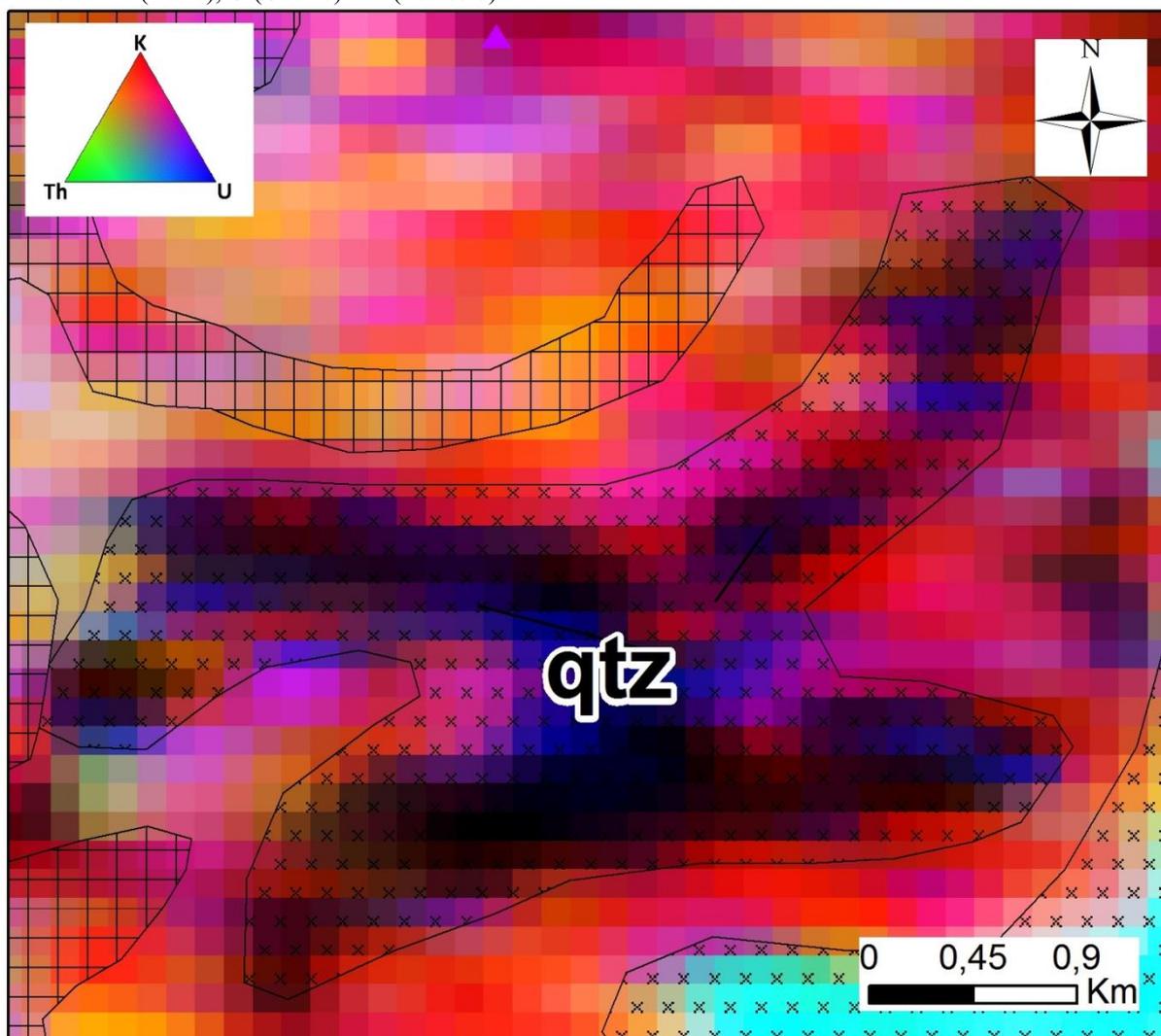
Os quartzitos da área de estudo estão associados a unidade do Grupo Araxá A (Figura 61)(CODEMIG, 2017), sendo as áreas potenciais para esse bem mineral delimitadas tendo em vista sua resposta gamaespectrométrica estar relacionada a baixos valores dos três radio elementos do diagrama ternário (Figura 62) (K, Th e U). Isso é resultado do alto teor de quartzo nessas rochas (DICKSON E SCOTT, 1997).

Figura 61 - Área potencial para ocorrência de quartzito associado à unidade geológica do Grupo Araxá A.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 62 - Área potencial para ocorrência de quartzito associada à resposta gamaespectométrica com baixo nos canais do Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4.3 Áreas Mineralizadas Promissoras

Na área da folha Estrela do Sul foram identificadas 53 (ANEXO II) áreas para prospecção de reservas minerais para RMIs descritos no tópico anterior, as quais foram numeradas através da utilização de números romanos. Essas também foram classificadas quanto a sua prioridade potencial de ocorrência desses bens minerais, ou seja, RMIs que aparecem listados em primeiro lugar tem maior probabilidade de concentrar uma jazida dentro das delimitações.

As áreas promissoras também foram diferenciadas quanto a sua exploração, podendo ser realizada de forma manual a semimecanizada, exigindo baixo investimento, exploração semimecanizada a mecanizada, exigindo razoável investimento, e exploração mecanizada, a qual exige alto investimento.

Quanto a potencialidade de ocorrência desses depósitos, as áreas foram classificadas em de alta, média e baixa, levando em consideração a existência de depósitos, ocorrências, jazidas, resposta gamaespectométrica, multiespectral, dentre outras. Vale ressaltar que, apesar de certas áreas indicarem alta probabilidade para diversas RMIs, a ordem de prioridade que essas seguem diminui a chance de ocorrência de seus depósitos.

7.4.3.1 Depósitos do tipo plácer

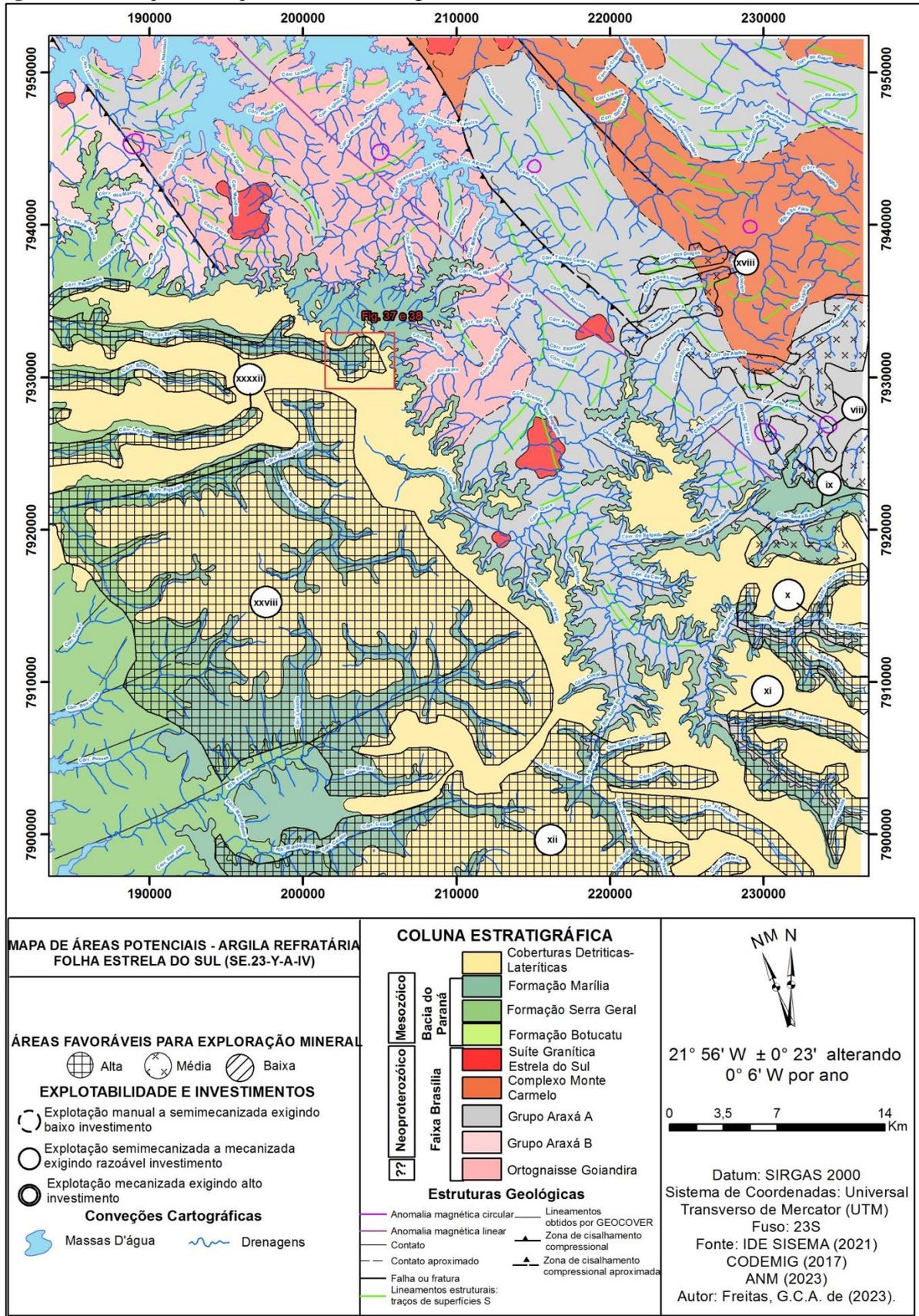
7.4.3.1.1 Argila refratária

As argilas aluminosas ocorrem sotopostas a camadas de turfa, sendo originada a partir da deposição dos sedimentos advindos das carapaças ferruginosas em áreas de planícies aluvionares. Essas áreas ocorrem em planícies que se desenvolveram sob as chapadas da área de estudo, em vales amplos.

As áreas viii, ix, xviii, por se encontrarem em regiões de brejos, pântanos e a terrenos sujeitos a inundação, que se encontram em planícies sob platôs e associados às turfeiras, porém sem concentrações minerais e com vales menos amplos que as demais, foram classificadas como áreas de potencialidade média. Enquanto as áreas x, xi, xii, xxviii e xxxii foram consideradas como de alta potencialidade, uma vez que nessas são encontradas concentrações minerais (Figura 63).

Esse material pode ser explorado de forma semi-mecanizada a mecanizada exigindo razoável investimento, uma vez que é necessário a utilização de maquinário de maior porte para extração do material que capeia esses depósitos.

Figura 63 - Áreas potenciais para ocorrência de argila refratária.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.1.2 Argila aluvionar

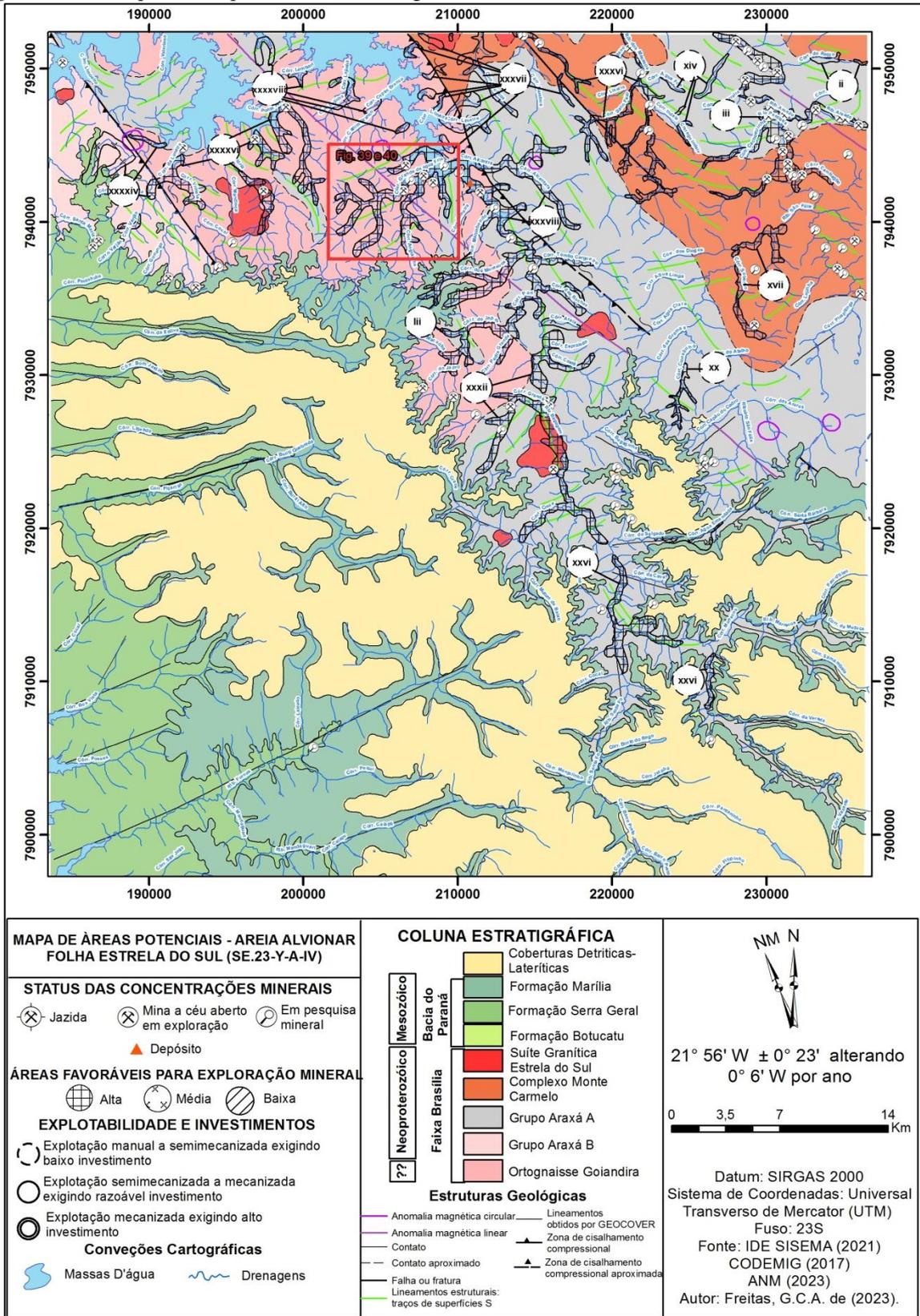
As áreas ii, iii, xiv, xx, xxiv, xxvi, xvii, xxxii, xxxvi, xxxvii, xxxxiv, xxxviii, lii, foram consideradas potenciais para ocorrência de depósitos de argilas aluvionares (Figura 64). Esses depósitos têm sua gênese relacionada ao intemperismo e transporte dos argilominerais formados a partir dos granitos e gnaisses do Complexo Monte Carmelo e Ortognaisse Goiandira, respectivamente. A deposição desses minerais ocorre em áreas de planícies e terraços das principais drenagens da área como, os Rios Perdizes e Bagagem, Ribeirões dos Macacos e São Félix, assim como alguns de seus tributários.

As áreas iii, xvii, xx, xxvi, xxxii, xxxvi e lii foram classificadas como de alta potencialidade, pois além de se encontrarem em áreas de planícies e terraços, identifica-se concentrações minerais e apresentam respostas espectrais que destacam concentrações de argila (Figura 64).

As áreas xiv, xxiv, xxxvii, xxxxiv e xxxviii foram classificadas como de média potencialidade, uma vez que mesmo não sendo identificadas concentrações minerais (jazimentos, ocorrências minerais, minas, garimpo, etc..) essas são regiões que estão em áreas de planícies e terraços fluviais, além de apresentarem boa resposta espectral na composição para destaque de argilas (Figura 64).

A exploração desse material pode ocorrer de forma manual a semimecanizada exigindo baixo investimento para sua lavra, já que o mesmo ocorre de forma inconsolidada.

Figura 64 - Áreas potenciais para ocorrência de argila aluvionar.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

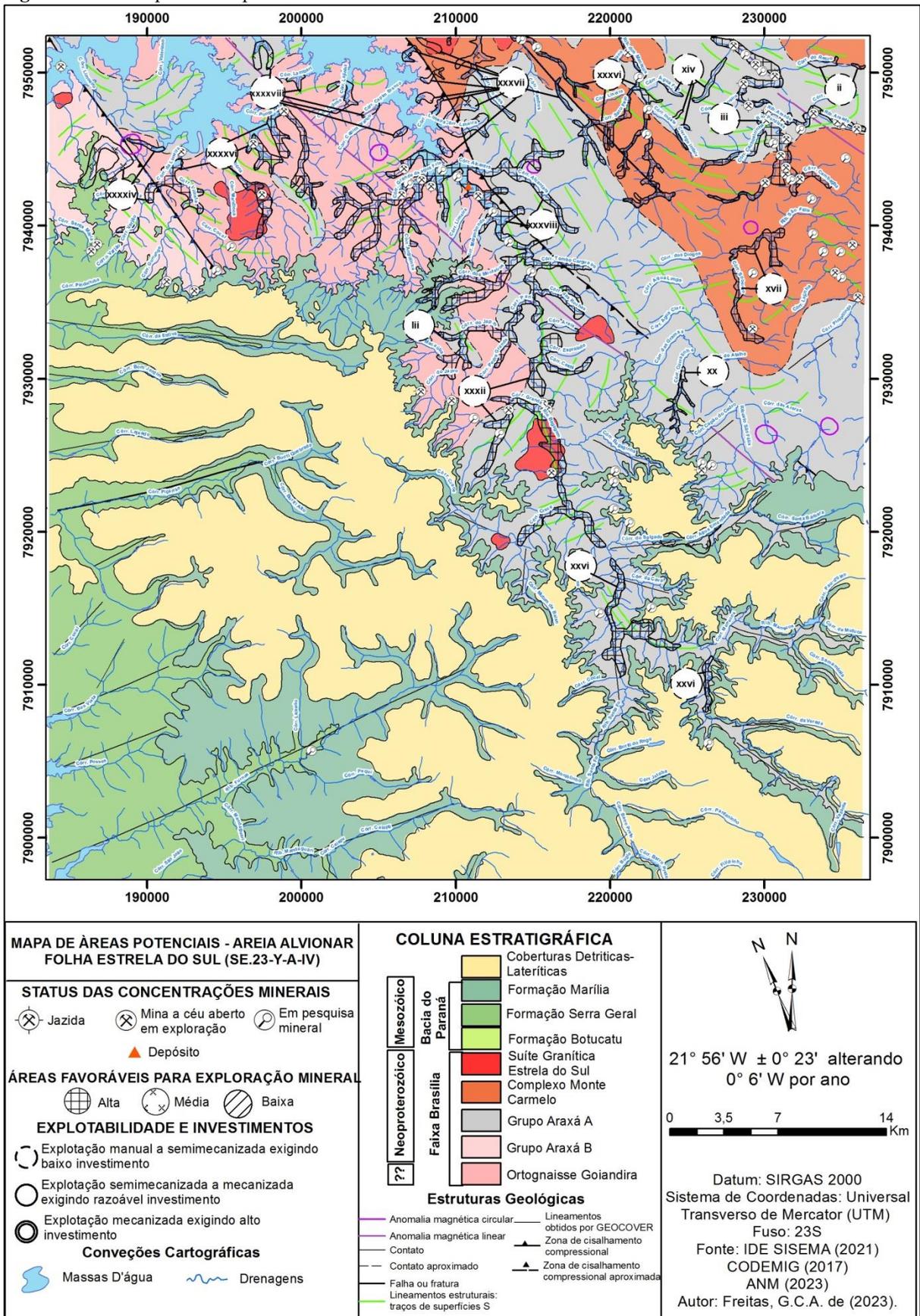
7.4.3.1.3 Areia aluvionar

As areias aluvionares são relacionadas a planícies e terraços fluviais, onde os sedimentos de tal granulometria são deposição após a erosão de rochas principalmente quartzo-feldspáticas.

As áreas iii, xx, xxvi, xvii,xxxii, xxxvi e lii foram consideradas com alto potencial para ocorrência de areias em leitos aluvionares, uma vez que nessas, além de apresentarem características geomorfológicas e respostas espectrais que indicam a existência desses depósitos, pela ocorrência de concentrações minerais nessas áreas. Entretanto as áreas ii, xxxvii, xxxxiv, xxxviii foram consideradas de baixo potencial, uma vez que essas foram delimitadas apenas pela correspondência geomorfológica, não apresentando concentrações minerais ou respostas espectrais que indiquem maior correspondência (Figura 65).

A exploração desses depósitos pode ocorrer de forma manual ou semimecanizada, devido a sua natureza superficial e inconsolidada, exigindo baixo investimento por parte do minerador.

Figura 65 - Áreas potenciais para ocorrência de areia aluvionar.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

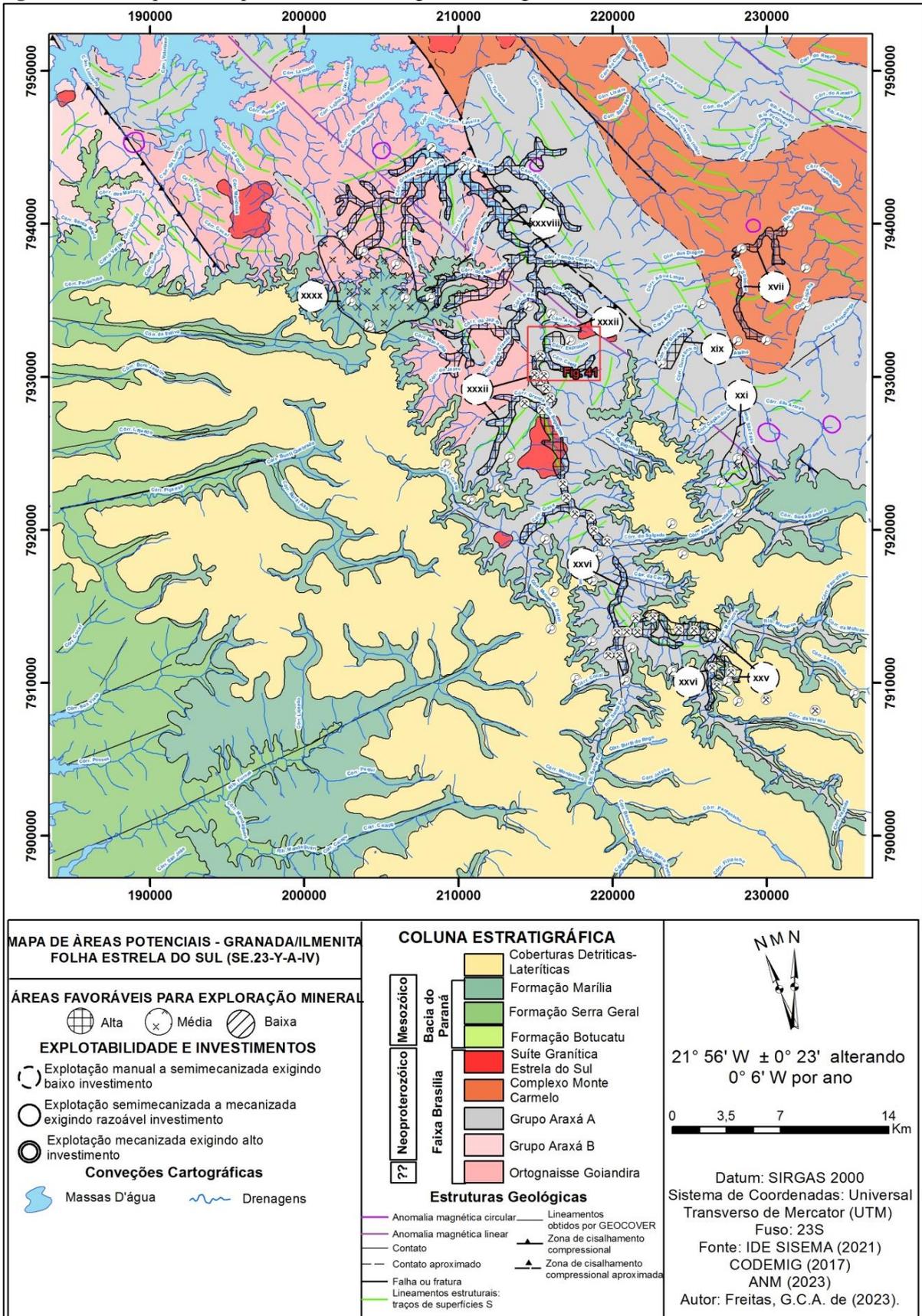
7.4.3.1.4 Granada/ilmenita

Os depósitos de granada/ilmenita da área de estudo estão associados a erosão de rochas kimberlíticas, de idade Cretácea, e consequente deposição desse material em planícies e terraços aluvionares. Essa deposição ocorre juntamente com os minerais de diamante.

Foram consideradas propensas para ocorrência desses depósitos as áreas xvii, xxvi, xxxii e lii, sendo consideradas de alta potencialidade, porém baixa prioridade dentre os outros RMIs (Figura 66). Essa baixa prioridade se deve ao fato de que não existem ocorrências minerais, jazidas, lavra, etc., que fortaleça a hipótese da existência desses depósitos.

A exploração desse material deve ocorrer de forma manual a semimecanizada, o que exige ao minerador um baixo custo. Isso se deve ao fato de que esses depósitos ocorrem inconsolidados em planícies e terraços aluvionares, se tornando de fácil aproveitamento.

Figura 66 - Áreas potenciais para ocorrência de argila residual granada/ilmenita.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.1.5 Turfa

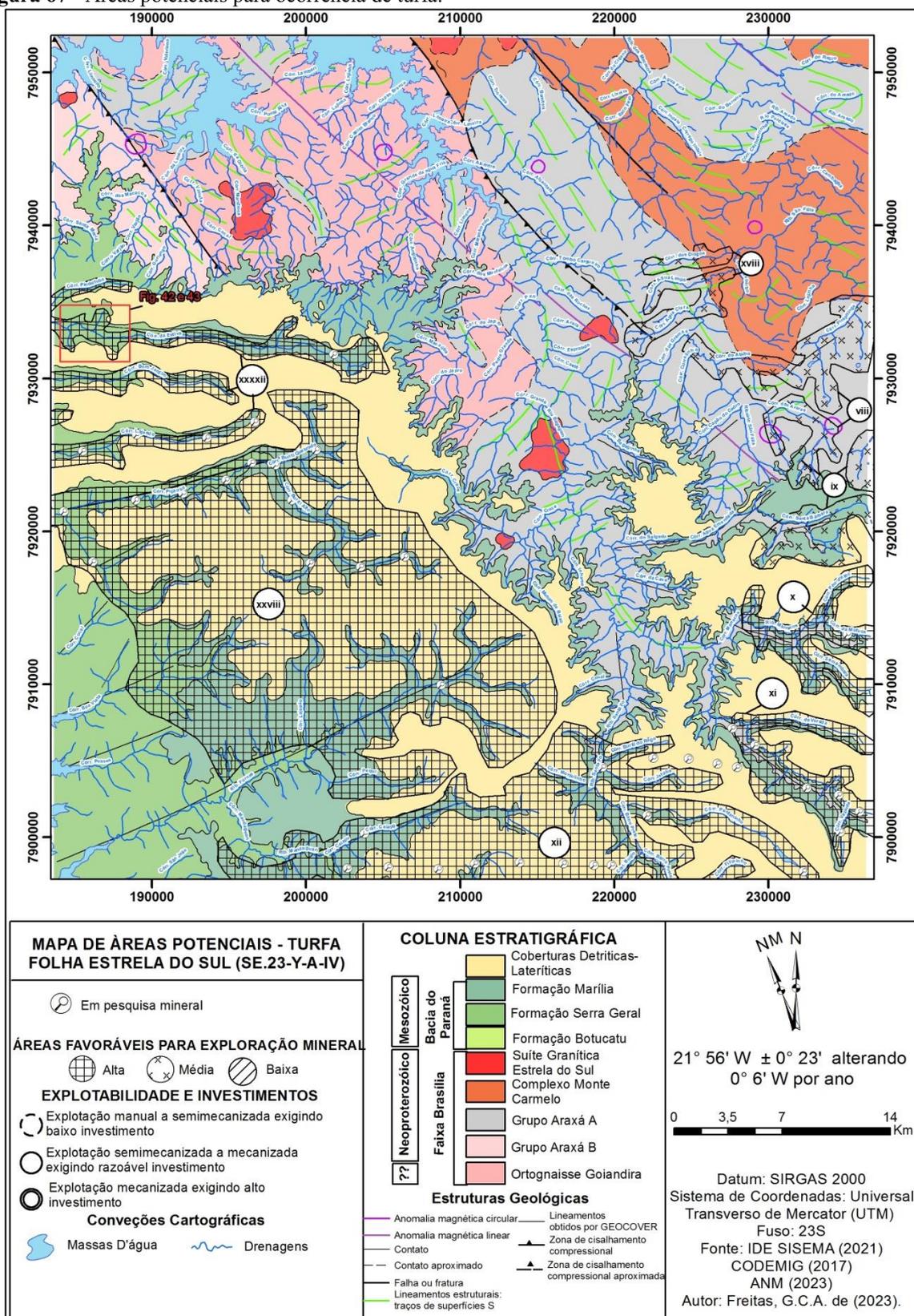
As turfeiras, locais onde se acumula esse material, encontram-se na área de várzea das drenagens que ocorrem nos chapadões da área de estudo. Sua formação está associada a deposição de vegetais que são “soterrados” pela constante acumulação hídrica nessas planícies.

As áreas xii, x, xi, xxviii e xxxii foram consideradas como de alto potencial para ocorrência desses depósitos, já que, além de estarem situadas em áreas de vastas planícies no topo das chapadas, apresentam resposta espectral característica de áreas alagadas e apresentam concentrações minerais que indicam com maior precisão a ocorrência desses depósitos (Figura 67).

As áreas viii, ix e xviii, entretanto, não apresentam vales amplos como nas áreas de alto potencial, e não apresentam concentrações minerais para esse depósito, sendo assim classificadas como de médio potencial (Figura 67).

A exploração desse material deve ocorrer de forma semimecanizada a mecanizada exigindo razoável investimento, tendo em vista a forma de ocorrência superficial desse material e seu caráter inconsolidado.

Figura 67 - Áreas potenciais para ocorrência de turfa.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

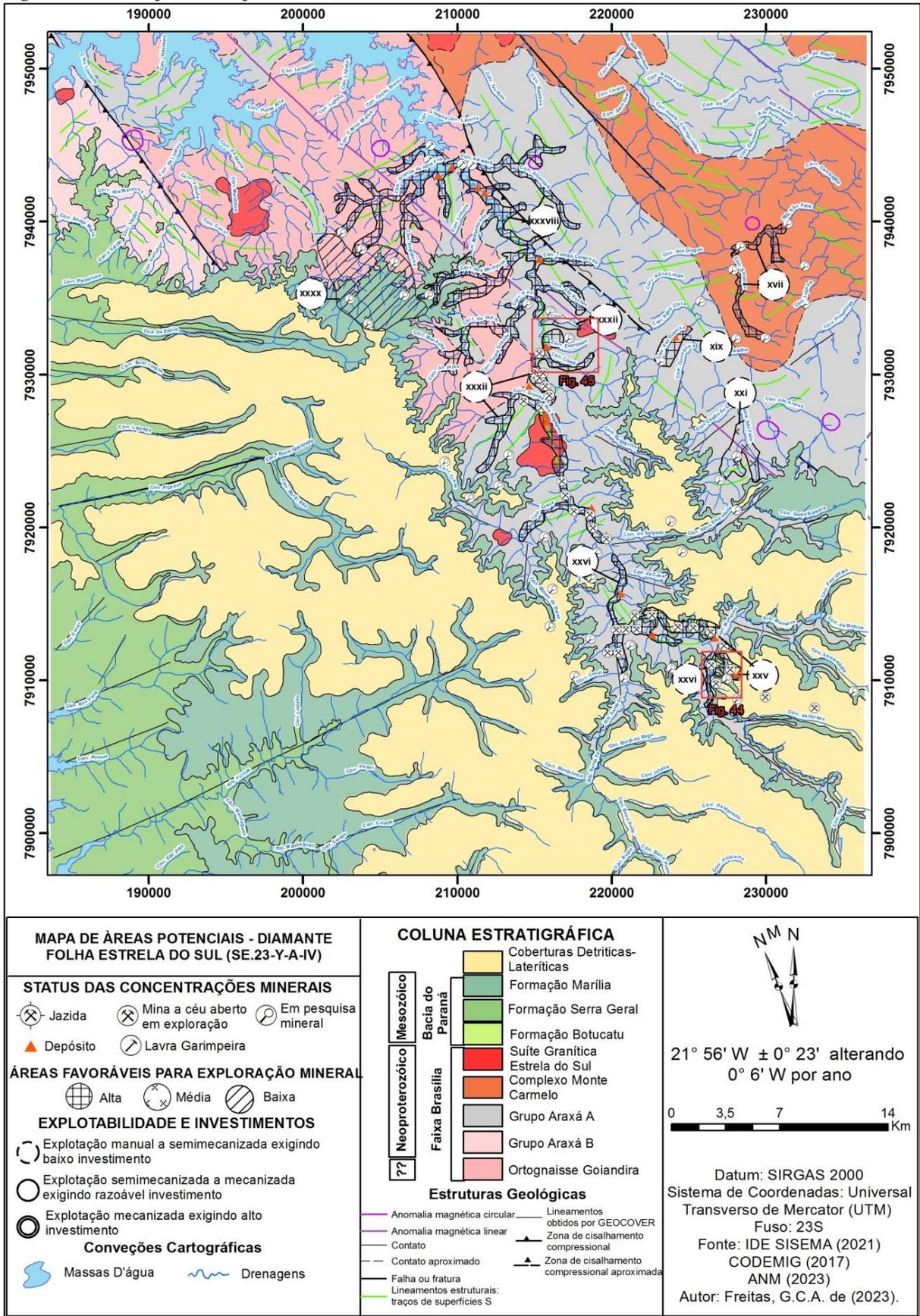
7.4.3.1.6 Diamante

Na área de estudo ocorrem depósitos de diamantes associados aos conglomerados basais da Formação Marília e advindos da erosão dessas rochas e de intrusões kimberlíticas cretáceas, com conseqüentemente deposição nas planícies e terraços aluvionares.

As áreas xvii, xix, xxv, xxvi, xxxii e li foram consideradas como de alto potencial para ocorrência de diamantes tendo em vista sua característica geomorfológica e seu histórico de jazidas e garimpos evidenciado pelas concentrações minerais que ocorrem nessas. Entretanto, as áreas xxi e xxxx, por não apresentarem tal histórico de exploração, foram consideradas de baixo potencial (Figura 68).

Devido a sua ocorrência superficial e inconsolidada, a exploração desses depósitos podem ocorrer de forma manual a semimecanizada, exigindo do minerador um baixo investimento para seu aproveitamento.

Figura 68 - Áreas potenciais para ocorrência de diamantes.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

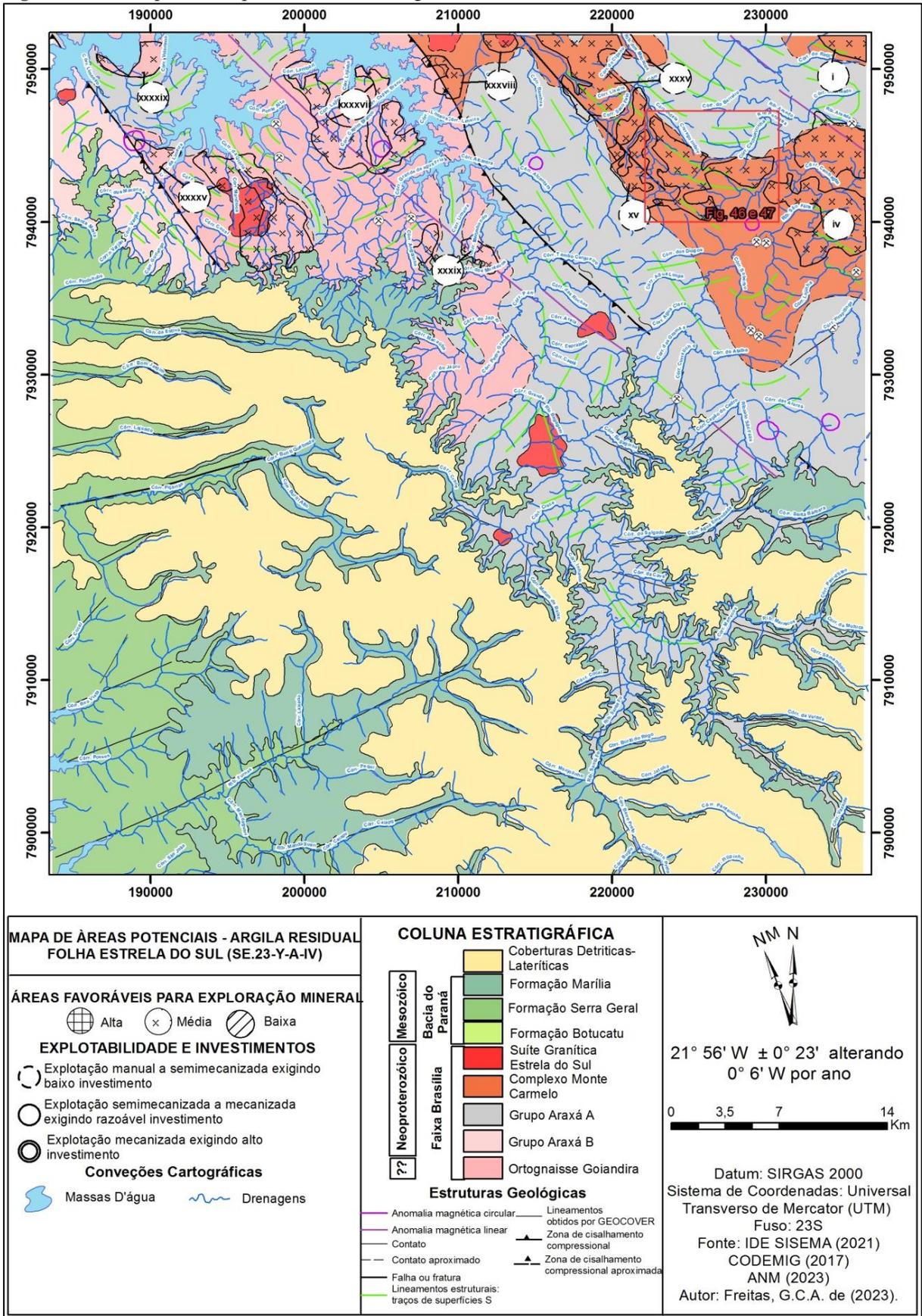
7.4.3.2 *Depósitos residuais*

7.4.3.2.1 Argila residual

As áreas i, iv, xv, xxxv, xxxviii, xxxix, xxxxv, xxxxvii e xxxxix foram identificadas como promissoras para ocorrência de argilas residuais associadas a alteração de granitos e gnaisses das unidades do Complexo Monte Carmelo e Ortognaisse Goiandira, respectivamente (Figura 69). Essas foram classificadas como de média potencialidade, pois apesar da não existência de informações cadastradas acerca de concentrações minerais (jazimentos, garimpos, minas, ocorrências minerais ou depósitos), há respostas gamaespectométricas e de refletância espectral que indicam a existência desses depósitos, tendo em vista sua gênese.

A exploração desse material é semimecanizada a mecanizada exigindo razoável investimento, uma vez que o saibro ocorre como um material inconsolidado, formado majoritariamente por areia e, em menor quantidade, argila.

Figura 69 - Áreas potenciais para ocorrência de argila residual



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.2.2 Areia residual

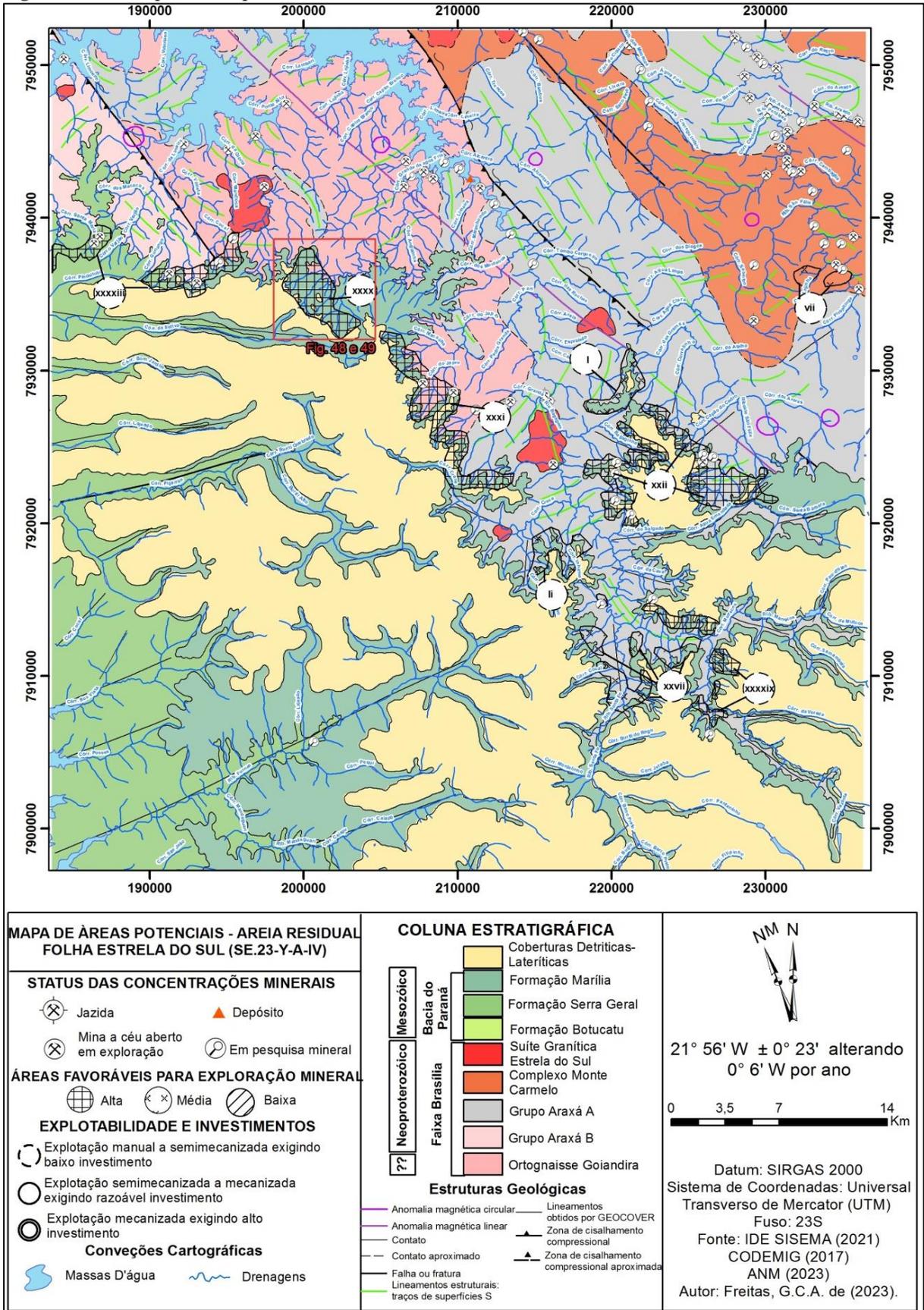
Os depósitos de areia residual são formados a partir do intemperismo de rochas com alta concentração de quartzo, sendo elas as rochas da Formação Marília, Formação Botucatu e Complexo Monte Carmelo.

As áreas xxii, xxxi, xxxxi, xxxxiii e xxxix foram consideradas com alto potencial para ocorrência desses depósitos, pois apresentam características gamaespectométrica, espectrais e concentrações minerais que indicam maior probabilidade de existência dos mesmos (Figura 70).

As áreas vii, xxvii, e li apresentam características gamaespectométricas e espectrais para ocorrência desses depósitos, entretanto não apresentam concentrações minerais que corroborem com sua real existência, devido a isso forma classificados como de potencial médio (Figura 70).

A exploração desses depósitos pode ocorrer de forma manual a semimecanizada, exigindo do minerador baixo investimento para sua retirada e utilização.

Figura 70 - Áreas potenciais para ocorrência de areia residual.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

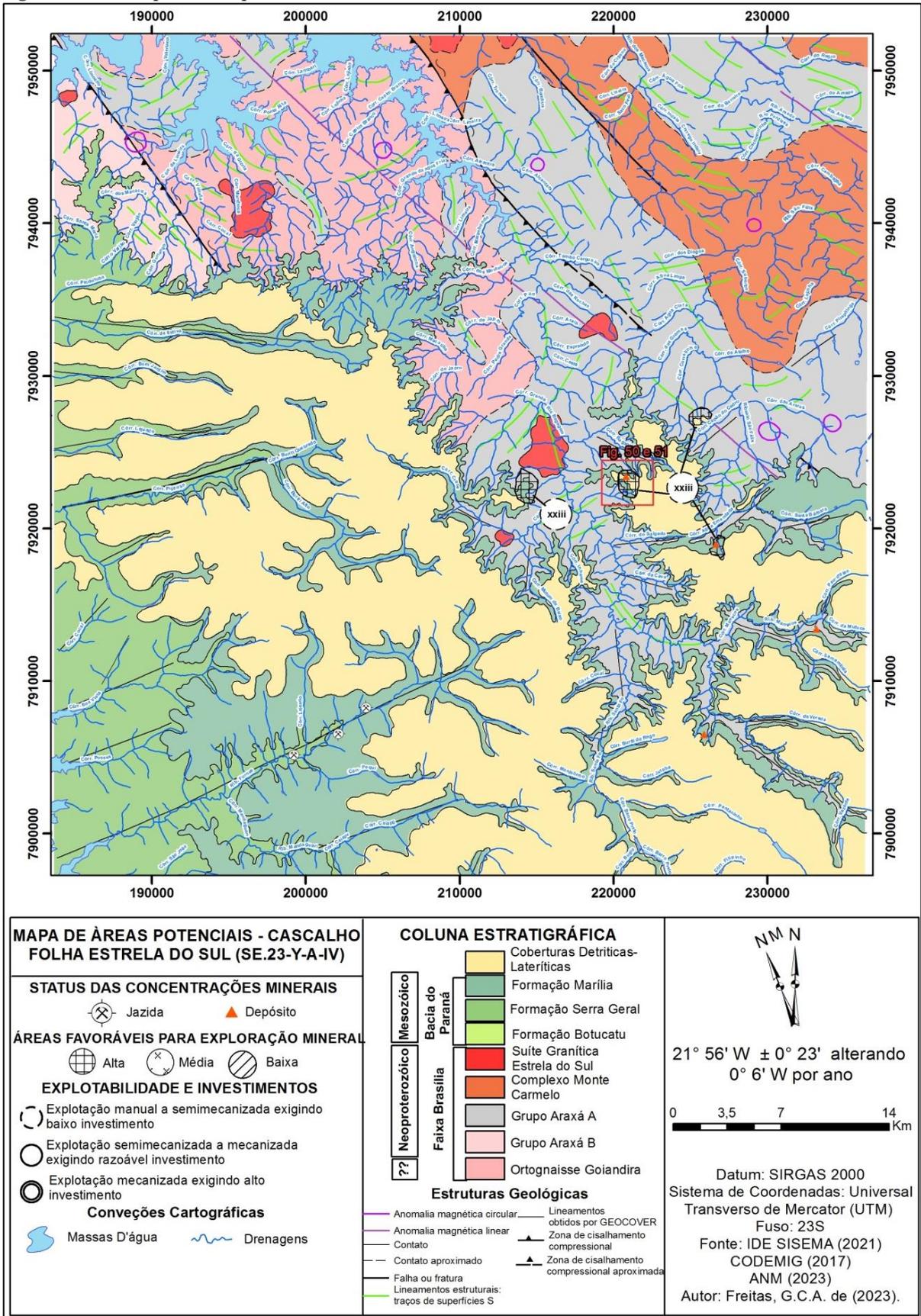
7.4.3.2.3 Cascalho

Os depósitos de cascalho da área de estudo estão associados principalmente ao carácter supergênico da formação das carapaças ferruginosas seguido por consequente desmantelamento da mesma. Essa condição inconsolidada do material é importante para viabilização da exploração desse depósito. Tendo isso em vista, as áreas com potencial para formação dessas jazidas ocorrem em regiões das bordas das chapadas onde esse material passou por erosão regressiva e formam tal feição geomorfológica.

Sendo assim, foi delimitada a área xxiii como de alto potencial para ocorrência dessas jazidas, uma vez que apresentais tais características apresentadas anteriormente além de se encontrar concentrações minerais nas mesmas (Figura 71).

A exploração desse material pode ocorrer de forma manual ou semimecanizada exigindo-se um baixo investimento para sua utilização.

Figura 71 - Áreas potenciais para ocorrência de cascalho.



Fonte: Modificado de CODMIG (2017).

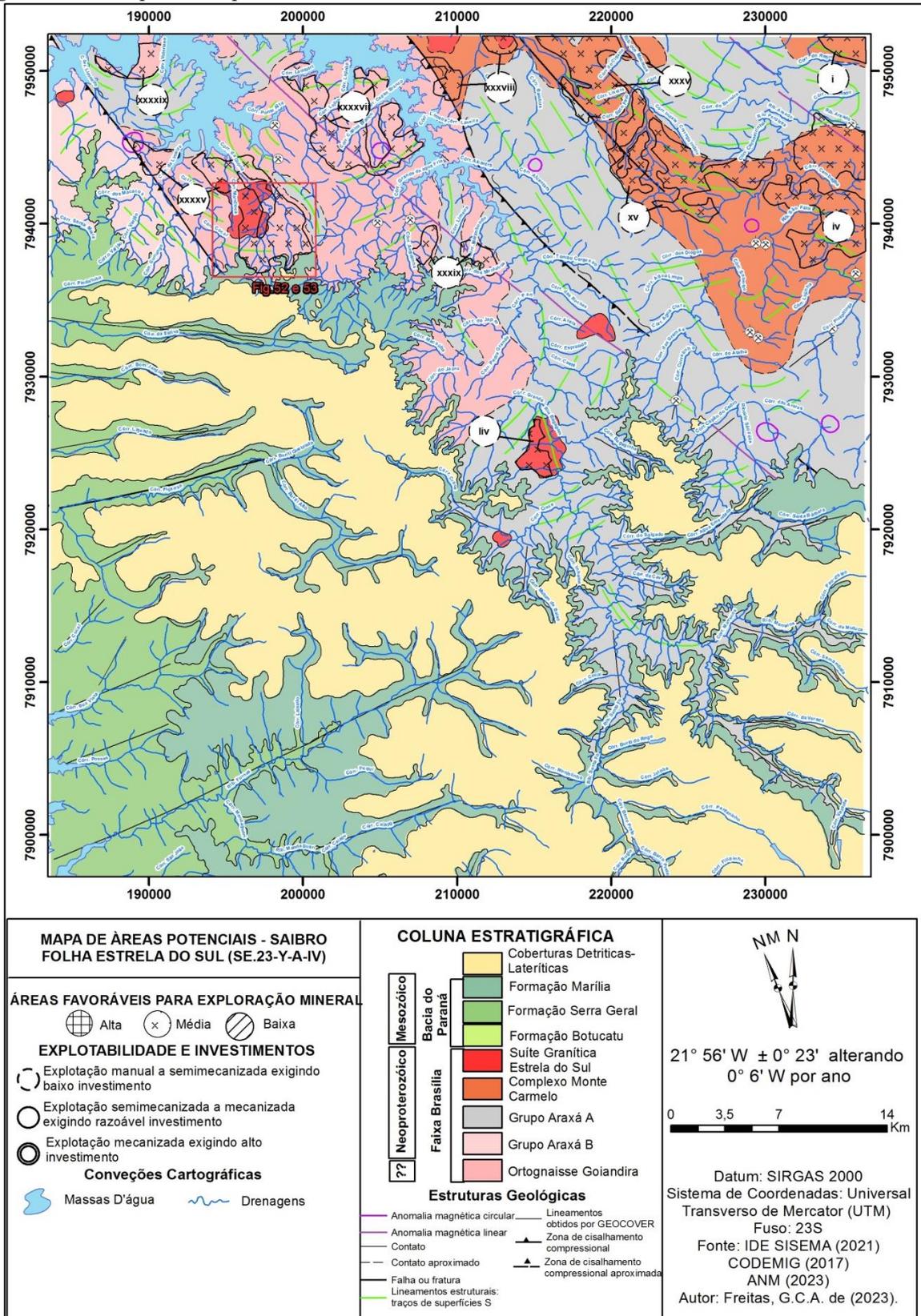
7.4.3.2.4 Saibro

Na área de estudo os depósitos de saibro estão relacionados ao intemperismo das rochas graníticas e gnáissicas do Complexo Monte e o Ortognaisse Goiandira, onde podem se formar concentrações de areia e argila, elementos constituintes do depósito.

As áreas i, iv, xv, xxxv, xxxviii, xxxix, xxxxv, xxxxvii e xxxxxix foram consideradas de média potencialidade para ocorrência de depósitos de saibro, uma vez que, apesar de apresentar características gamaespectométrica, de reflectância e geomorfológica que indicam a ocorrência dos mesmos, não foram cadastradas concentrações minerais que corroborem com a existência desses (Figura 72).

A exploração desse material, por ser de natureza inconsolidada, pode ser realizada de forma manual a semimecanizada, exigindo do minerador um baixo investimento para sua utilização.

Figura 72 - Áreas potenciais para ocorrência de saibro.

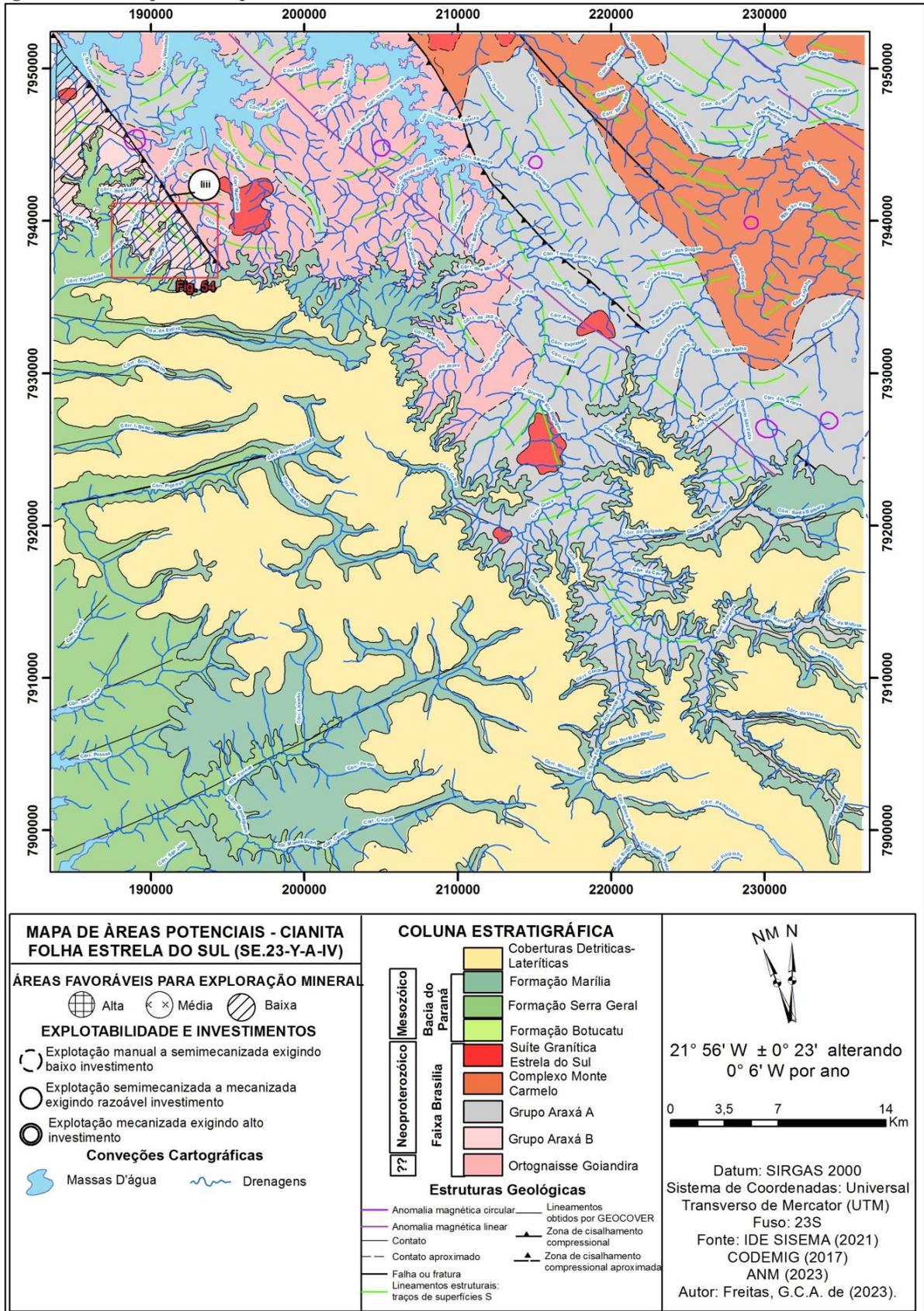


Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.2.5 Cianita

A área liii foi delimitada com baixo potencial para existência de jazidas de cianita devido a possível ocorrência desse mineral em rochas do Grupo Araxá B, uma vez que essa unidade apresenta metamorfismo regional de rochas aluminosas em fácies anfíbolito (Figura 73). Entretanto não há outras características ou concentrações minerais que corroborem com tal fato.

Figura 73 - Áreas potenciais para ocorrência de cianita.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.3 *Depósitos consolidados*

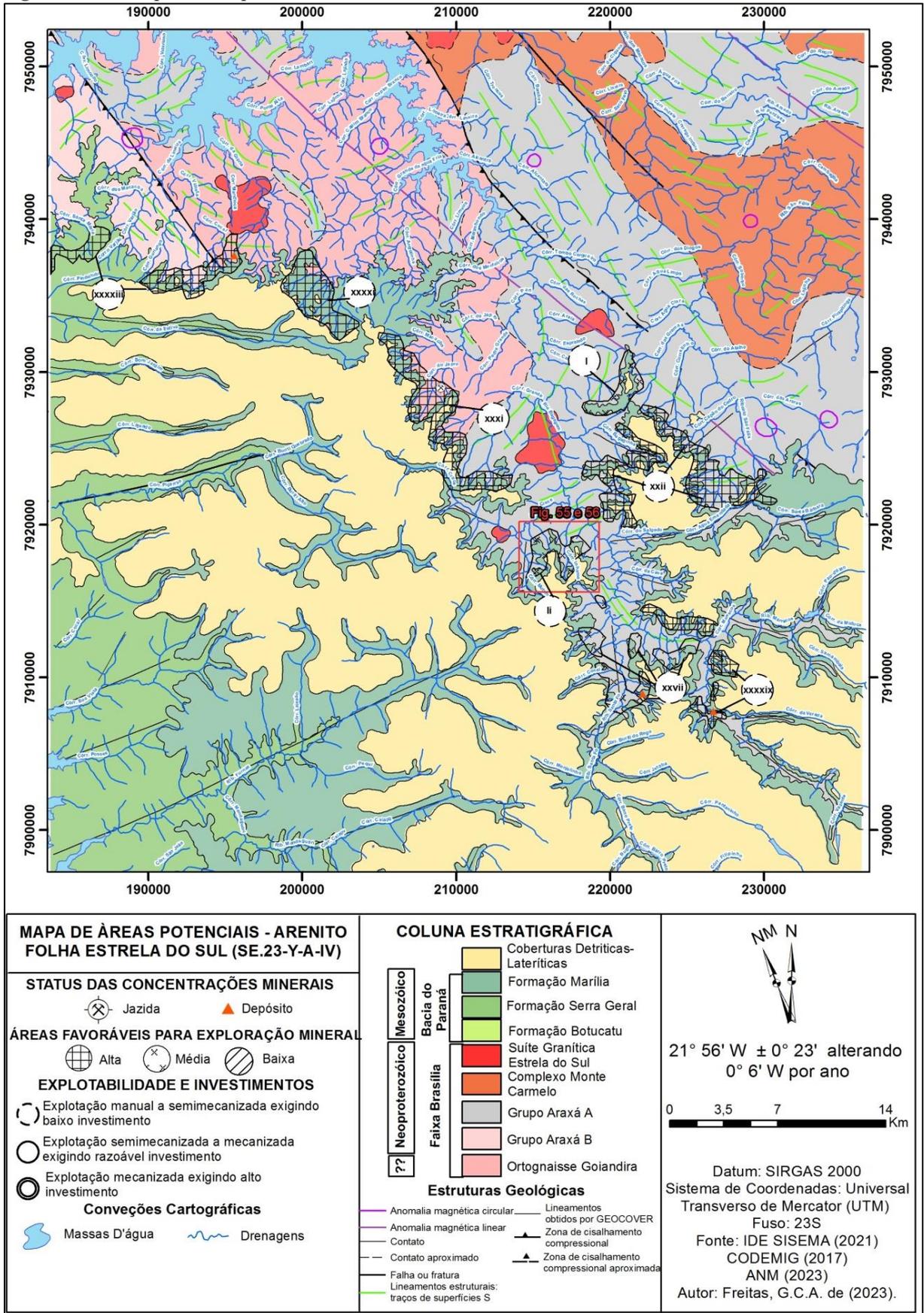
7.4.3.3.1 Arenito

Os depósitos de arenito estão relacionados às unidades da Formação Marília (Grupo Bauro) e Formação Botucatu (Grupo São Bento), ambos de idade Cretácea.

As áreas xxii, xxxi, xxxxi, xxxxiii e xxxix foram consideradas de alta potencialidade, pois apresentam resposta gamaespectométrica correspondente a ocorrência dessas rochas, além de conterem concentrações minerais que corroboram a existência desses depósitos. Enquanto as áreas xxvii e I foram consideradas como de médio potencial uma vez nessas não há concentrações minerais que indiquem a ocorrência desses depósitos, mesmo apresentando repostas gamaespectométricas que indiquem a presença de arenitos (Figura 74).

A exploração dos arenitos é realizada de forma semi-mecanizada a mecanizada, exigindo razoável investimento por parte do minerador.

Figura 74 - Áreas potenciais para ocorrência de arenito.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

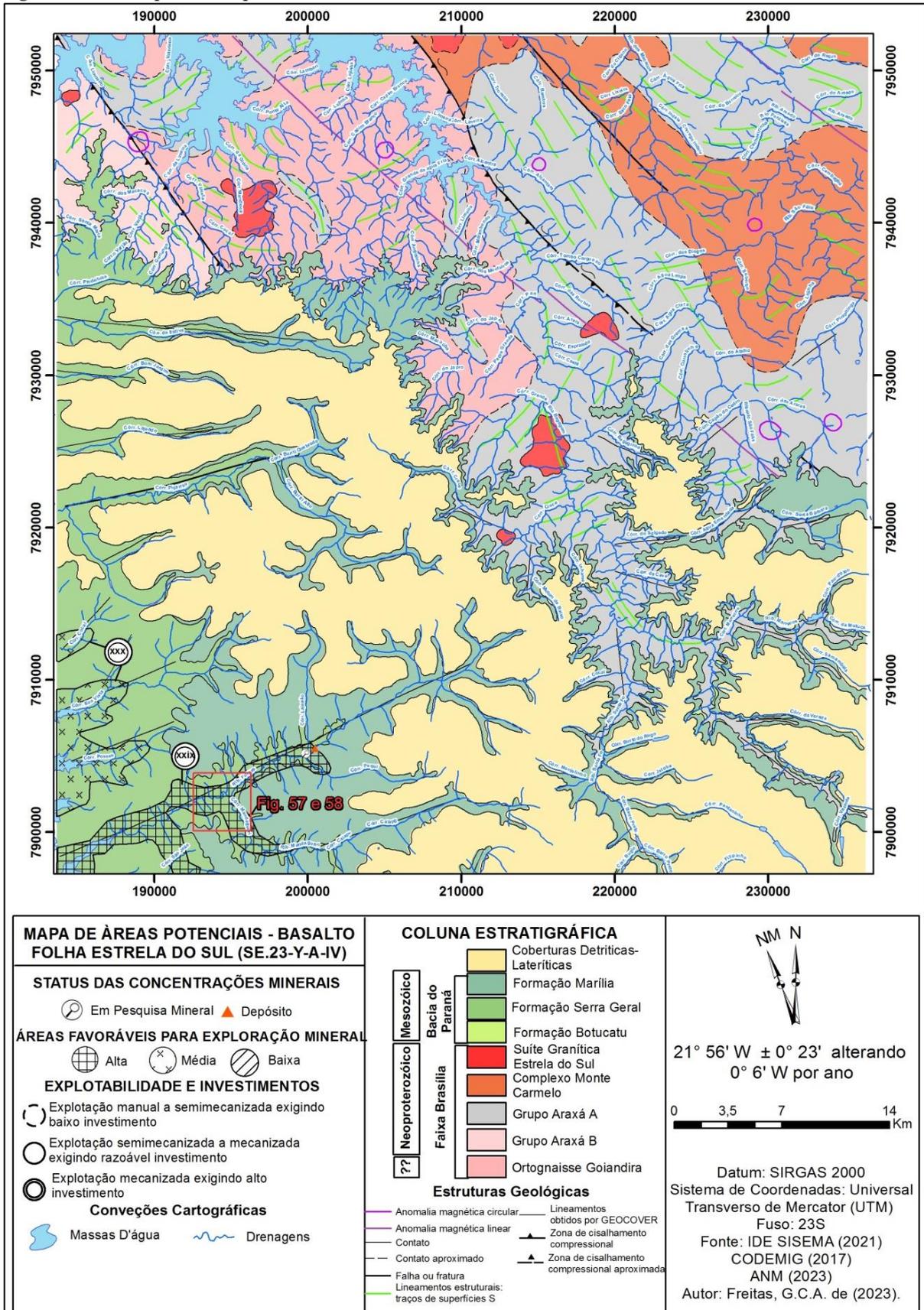
7.4.3.3.2 Basalto

Os basaltos da área de estudo ocorrem nas unidades mapeadas como Formação Serra Geral, formadas a partir de grandes derrames de rochas de composição basáltica. Desenvolve-se, nas fraturas dessas rochas, feições geomorfológicas denominadas de canyons, onde essas podem estar mais expostas, tendo em vista o espesso manto de intemperismo que se desenvolveu acima das mesmas.

A área xxix é considerada de alta potencialidade para ocorrerem de depósitos dessas rochas, uma vez que além de encontrar-se em unidades geomorfológicas associadas aos canyons e a ocorrência de concentrações minerais cadastradas, apresentam resposta gamaespectométrica com altos valores de K, indicando a ocorrência dessas rochas. Entretanto, a área xxx foi considerada como de médio potencial, já que essas, apesar de apresentarem feições geomorfológicas e respostas gamaespectométricas características dessas rochas, não apresentam concentrações minerais cadastradas que indiquem alto potencial para validação da existência desses depósitos (Figura 75).

Devido à natureza do material estar associado a rochas sãs, consolidadas, a exploração do mesmo deve ocorrer de forma mecanizada exigindo um alto investimento em maquinários e beneficiamento para sua venda.

Figura 75 - Áreas potenciais para ocorrência de basalto.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

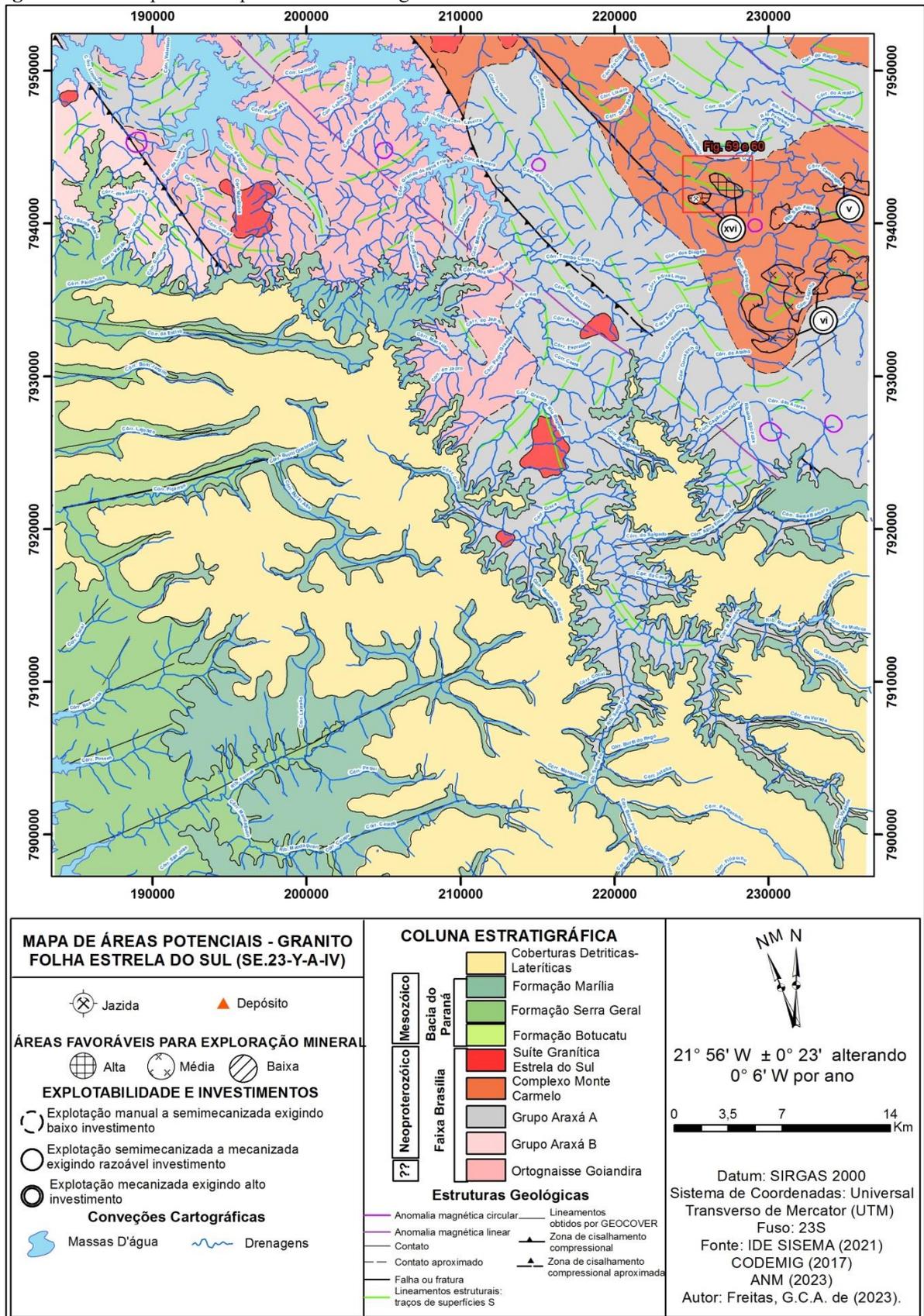
7.4.3.3.3 Granito

Para identificação de áreas potenciais para ocorrência de granitos na área de estudo, foram consideradas as unidades do Complexo Monte Carmelo, onde há a ocorrência dessas rochas. A não utilização da unidade do Granito Estrela do Sul se deve ao fato da mesma não apresentar histórica de concentrações minerais, nem apresentar repostas gamaespectrométricas que condizem com o indicativo da ocorrência dessas rochas.

As áreas delimitadas xiv e xvi são consideradas de alto potencial para ocorrência de granitos, uma vez que apresentam as características gamaespectrométricas de alto valor de K, indicando que nessas regiões não há mantos intempéricos, facilitando a exploração da jazida. Além disso, também foram encontradas concentrações minerais que indicam o jazimento dessas rochas. As áreas v e vi, no entanto, não apresentam concentrações minerais, sendo definidas como de média potencialidade (Figura 76).

Assim como o basalto, esse material, para seu uso, deve encontrar-se são, sendo necessário a exploração desse material de forma mecanizada exigindo um alto investimento do minerador.

Figura 76 - Áreas potenciais para ocorrência de granito.



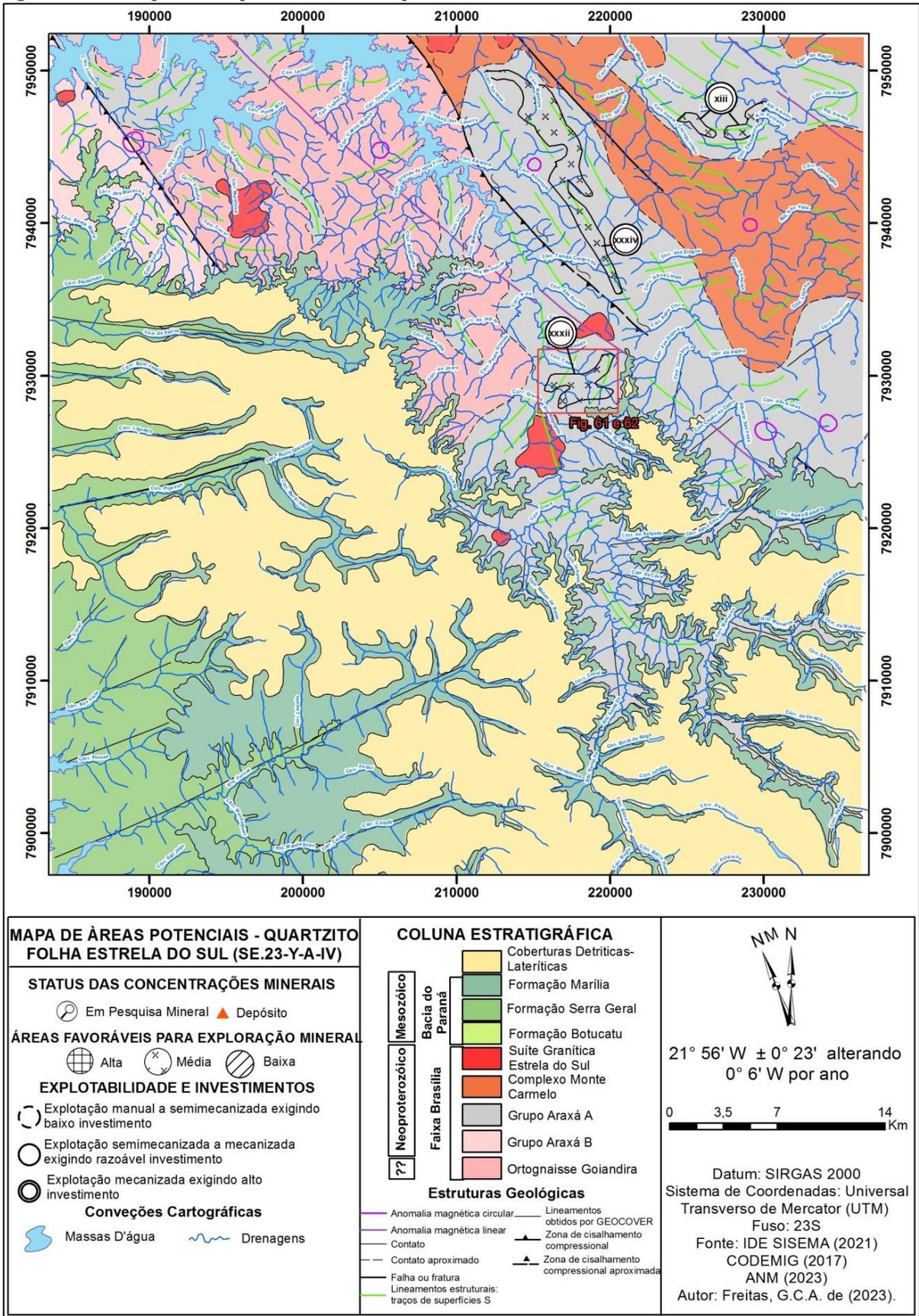
Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

7.4.3.3.4 Quartzito

Os quartzitos da área de estudo estão associados a unidade do Grupo Araxá A e formam feições geomorfológicas de cristas alongadas, característico da alta resistência ao intemperismo físico dessas rochas.

As áreas xxxiii, xxxiv e xiii, delimitadas potenciais para ocorrência desse bem mineral, foram classificadas como médias, já que apresentam indicativos de sua ocorrência, devido a alta concentração dos três radio elementos do mapa ternário (K, Th e U) e feições geomorfológicas que indicam sua presença, porém não são cadastradas concentrações minerais que validem de fato a existência desse jazimento (Figura 77).

Figura 77 - Áreas potenciais para ocorrência de quartzo.



Fonte: Modificado de CODEMIG (2017).

8 DISCUSSÃO

Foram mapeados 9 modelados que retratam a morfologia do relevo da área de estudo do presente trabalho. A delimitação desses foi realizada tendo em vista as etapas de fotointerpretação geomorfológica, checagem em campo e reinterpretação e integração temática, assim como proposto no Manual de Geomorfológico do IBGE (IBGE, 2009). Tal metodologia mostrou-se eficaz, já que é realizada de forma sistemática, com o auxílio da ficha de campo proposta no manual do IBGE (IBGE, 2009), a qual facilita a execução do mapeamento.

A definição de tais modelados se mostrou fundamental na delimitação das áreas potenciais para ocorrência de RMIs, uma vez que o mapeamento evidenciou a relação entre a gênese dos depósitos com a morfologia atual do relevo.

Através da metodologia aplicada no presente trabalho foi possível delimitar, na folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV), 53 áreas potenciais para ocorrência de 16 tipos de RMIs. Dessas, 24 foram classificadas como alto potencial, outras 24 apresentam média aptidão e 5 têm baixa competência para ocorrência de tais materiais.

Em relação a área (km²) dessas regiões potenciais, destacam-se as porções de planícies e terraços fluviais, que compreende 184 km², com aptidão para ocorrência de argila (84,40 km²), areia (80,87 km²), turfa e argila refratária (43,44 km²), diamante (28,90 km²) e granada/ilmenita (27,36 km²). Em cerca de 119 km² há a formação de depósitos residuais de areia (61,82 km²), argila e saibro (45,87 km²), cascalho (6,89 km²) e cianita (4,57 km²) (ANEXO II).

O restante das áreas potenciais, a qual compõe 108,63 km², ocorrem rochas consolidadas como, arenito (59,01 km²), conglomerados portadores de diamantes (11,36 km²), granito (13,85 km²), quartzito (13,80 km²) e basalto (10,61 km²) (ANEXO II). Apesar de estarem indicadas como potenciais, as RMIs relacionadas ao Granito Estrela do Sul (brita, granito e argila) e Ortognaisse Goiandira (Brita) não apresentaram características geomorfológicas, gamaespectométricas ou de reflectância suficientes para delimitação de regiões passíveis para ocorrência desses bens minerais, evidenciando que o desenvolvimento da etapa de pesquisa mineral desses mostra-se inconsistente para a área de estudo.

A grande dimensão das regiões potenciais onde ocorrem planícies e terraços fluviais se deve a extensa rede hidrográfica que se desenvolve nas áreas dissecadas sobre as rochas

xistosas, graníticas e gnáissicas, e dos extensos aplanamentos ondem se formam as regiões pantanosas da área de estudo. Nota-se também um predomínio de RMIs que apresentam gêneses relacionadas a alteração ou concentração de minerais quartzo-feldspáticos. uma vez que essa é a composição típica das rochas da folha Estrela do Sul (eg. Granito, gnaisse, arenito, etc.).

A região onde situa-se os municípios de Romaria/MG, Estrela do Sul/MG, Cascalho Rico/MG e Grupiara/MG apresenta alta correspondência de áreas potenciais para ocorrência de RMIs aproveitáveis para utilização na construção civil, de abrasivos e refratários (argila, areia, saibro, cascalho, quartzito, arenito, cianita, diamante e granada/ilmenita), indicando que tais cidades podem aproveitar-se desses recursos minerais para alavancar seu desenvolvimento socioeconômico.

Já as áreas delimitadas com potencial para argila refratária, basalto e turfa estão ao sul, sudoeste e oeste da folha, próximo ao município de Dolearina/MG, onde encontram-se porções em que são cultivados cafezais e plantações de eucalipto. A posição dos últimos dois bens minerais citados pode ser considerada estratégica, tendo em vista sua aplicabilidade como adubo orgânico e remineralizador, respectivamente, nas citadas atividades econômicas ligadas a agricultura e silvicultura.

Por sua vez, o município de Monte Carmelo/MG, importante polo cerâmico brasileiro, encontra-se próximo a avultosas áreas delimitadas como potenciais para ocorrência de argila, areia, saibro e granito, relacionados ao Complexo Monte Carmelo.

Acerca da exploração das RMIs da área de estudo é possível notar que, considerando-se que a maior parte dessas se encontram inconsolidadas, as mesmas podem ser extraídas de forma manual a mecanizada, exigindo um baixo a médio investimento por parte do minerador. Outro ponto importante está relacionado ao escoamento do minério, o qual é, de forma geral, facilitado, tendo em vista a boa rede rodoviária implantada na área da folha Estrela do Sul. Entretanto, materiais que necessitam de maior investimento (eg. granito, quartzito e basalto), devido a se encontrarem consolidados, apresentam área restrita de possível ocorrência fazendo com que sua extração e aproveitamento possam ser inviabilizados.

Destaca-se que além das RMIs já pesquisados ou lavrados na folha Estrela do Sul, foi possível propor áreas potenciais para ocorrência de argila residual, saibro, granada/ilmenita, cianita e quartzito. Sendo assim, visualiza-se uma alta competência da área de estudo para

possíveis ocorrências de insumos para a indústria da cerâmica vermelha, para construção civil, minerais abrasivos, agrominerais, indústria dos refratários e rochas ornamentais.

9 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou a delimitação de avultosas regiões de interesse para o desenvolvimento de pesquisa mineral de diversas RMIs na folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV), de forma a nortear pequenos mineradores e órgãos públicos a explorarem os materiais necessários para utilização na indústria, agricultura e construção civil.

Dentre as RMIs já aproveitadas nos limites da região de estudo, os depósitos mais promissores são os de areia residual e aluvionar, argila aluvionar, turfa e diamante, enquanto que, para os ainda não explorados, os mais propícios são de saibro, argila residual e argila refratária. Isso se deve ao fato da ocorrência de suas extensas áreas potenciais, assim como seu baixo custo de exploração e a facilidade de escoamentos dos mesmos, já que se encontram próximos a importantes malhas rodoviárias.

Haja vista as regiões onde há áreas potenciais para ocorrência das RMIs estudadas, em relação aos principais centros urbanos da área de interesse, o município de Estrela do Sul/MG conta com uma maior gama de bens minerais propícios a continuidade da pesquisa mineral, como areia residual e aluvionar, argila aluvionar, diamante, arenito, cascalho e quartzito.

O detalhamento dos modelados geomorfológicos, a delimitação das características metalogenéticas para RMIs, além da utilização de respostas gamaespectométricas e da reflectância de imagens de satélite, mostraram-se eficientes para a indicação confiável de regiões potenciais para ocorrência desses bens minerais, além de possibilitarem a apresentação de novas perspectivas acerca do aproveitamento dos materiais geológicos encontrados. Aqui se destaca a utilização dos dados acerca das respostas gamaespectométricas e das matemáticas de bandas para realce de regiões argilosas e arenosas, as quais possibilitaram o discernimento às cegas de áreas potenciais para ocorrência de depósitos de areia residual, argila residual, saibro, basalto, granito e quartzito.

Por fim, dada a importância do assunto para o desenvolvimento socioeconômico da região estudada no presente trabalho, ressalta-se a necessidade de prosseguimento com a etapa de pesquisa mineral das áreas potenciais delimitadas, de forma a verificar a real ocorrência desses depósitos, validar sua exequibilidade de exploração e seu conseqüente aproveitamento.

CARACTERÍSTICAS DE ÁREAS FAVORÁVEIS

ARGILA ALUVIONAR (ag)

Potencialidade alta

Intemperismo, transporte e deposição de argilominerais Áreas iii, xvii, xx, xxvi, xxxii, xxxvi e lii

Potencialidade média

Intemperismo, transporte e deposição de argilominerais Áreas xiv, xxiv, xxxvii, xxxxiv e xxxviii

ARGILA RESIDUAL (ag)

Potencialidade média

Intemperismo e concentração de argilominerais Áreas i, iv, xv, xxxv, xxxviii, xxxix, xxxv, xxxvii e xxxix

TURFA/ARGILA REFRATÁRIA (tf/agr)

Potencialidade alta

Acumulação de matéria orgânica em ambiente saturado em água/ Áreas xii, x, xi, xxviii e xxxiii

Potencialidade média

Lixiviação de crosta ferruginosa e deposição Áreas viii, ix e xviii

DIAMANTE (di)

Potencialidade alta

Diamantes primários Áreas xxv e xxx

Potencialidade alta

Diamantes secundários Áreas xvii, xix, xxi, xxvi, xxxii e li

AREIA ALUVIONAR (are)

Potencialidade alta

Intemperismo, transporte e deposição de sedimento de fração areia Áreas iii, xx, xxvi, xvii, xxxii, xxxvi e lii

Potencialidade baixa

Áreas ii, xxxvii, xxxxiv, xxxviii

AREIA RESIDUAL (are)

Potencialidade alta

Concentração de sedimentos de fração areia in situ Áreas xxii, xxxi, xxxxi, xxxxiii e xxxix

Potencialidade média

Concentração de sedimentos de fração areia in situ Áreas vii, xxvii, e li

ARENITO (arn)

Potencialidade alta

Deposição e diagênese de sedimentos de fração areia Áreas xxii, xxxi, xxxxi, xxxxiii e xxxix

Potencialidade média

Áreas xxvii e li

BASALTO (bs)

Potencialidade alta

Derrames de lavas de composição basáltica. Área xxix

Potencialidade média

Derrames de lavas de composição basáltica. Área xxx

GRANITO (gr)

Potencialidade alta

Intrusão batólita Áreas xiv e xvi

Potencialidade média

Intrusão batólita Áreas v e vi

SAIBRO (sb)

Potencialidade média

Intemperismo de rochas quartzo-feldspáticas Áreas i, iv, xv, xxxv, xxxviii, xxxix, xxxv, xxxvii e xxxix

QUARTZITO (qtz)

Potencialidade média

Metamorfismo regional de rochar quartzosas Áreas xiii, xxxiii e xxxiv

GRANADA/ILMENITA (grd/ilm)

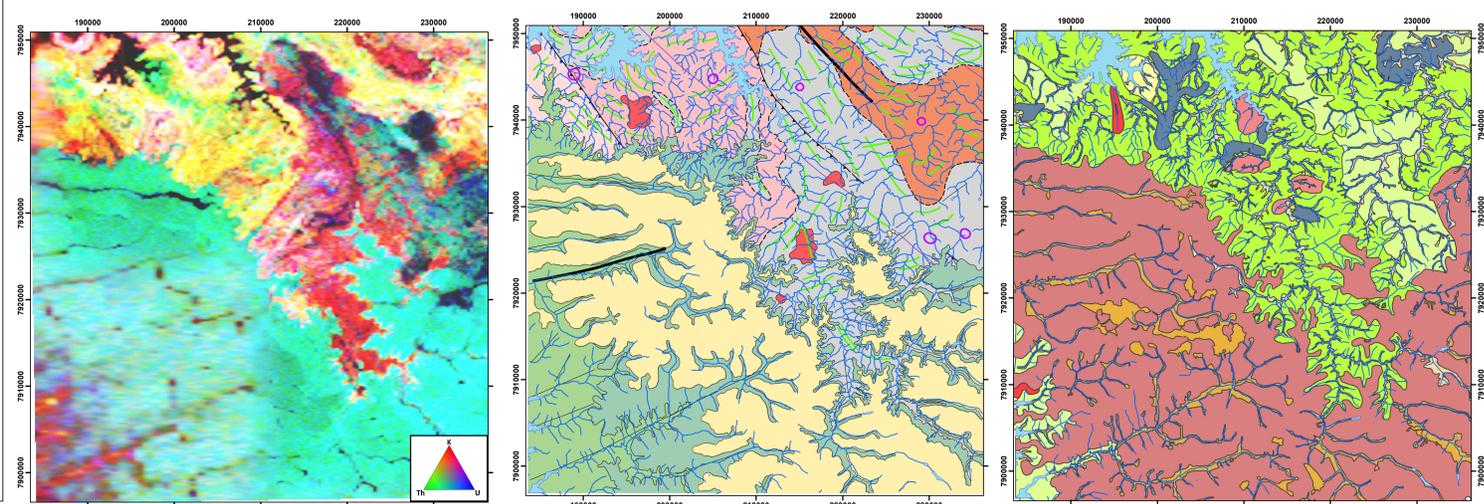
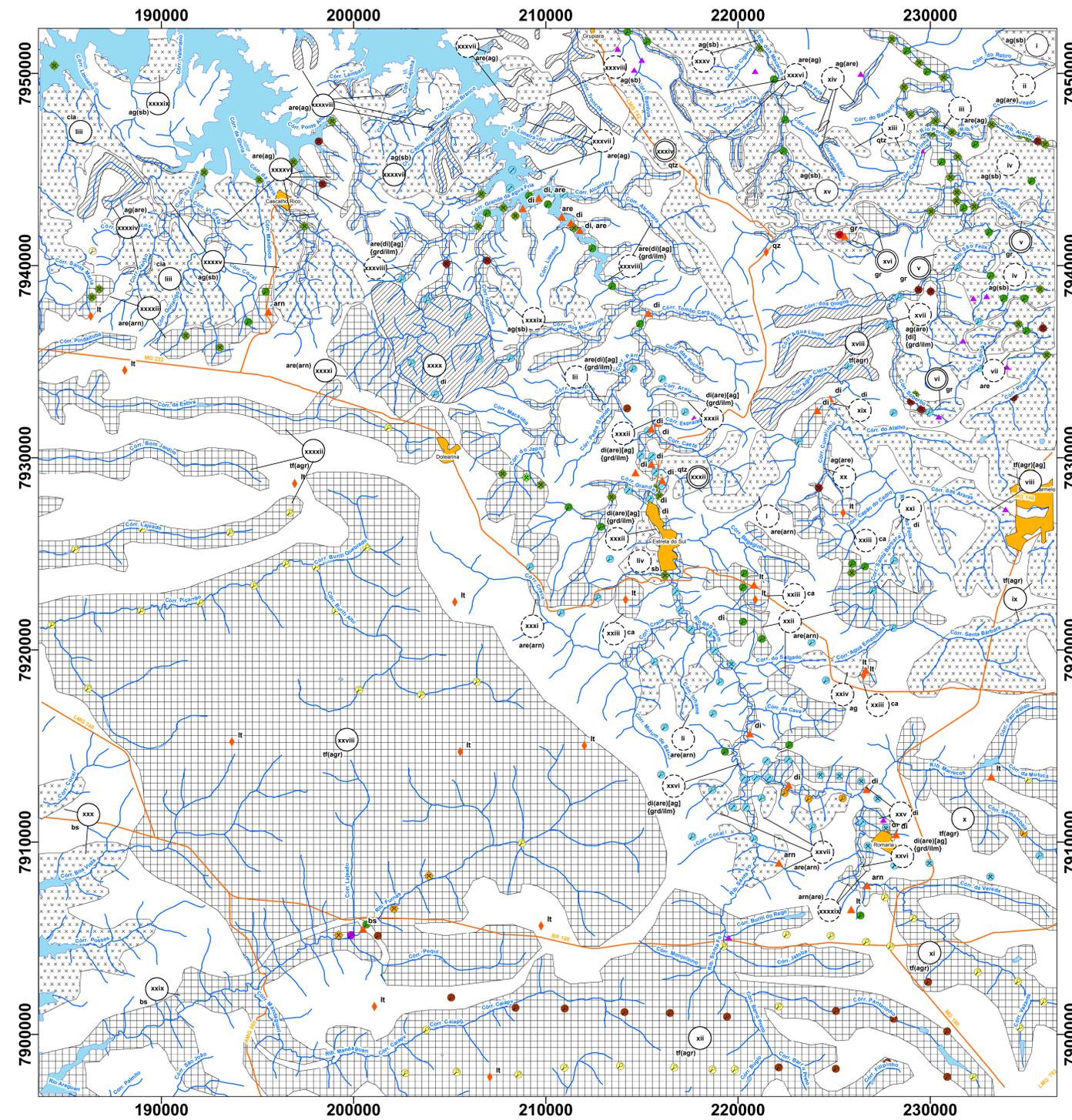
Potencialidade média

Erosão e deposição de kimberlitos Áreas xvii, xxvi, xxxii e lii,

CIANITA (cia)

Potencialidade média

Metamorfismo regional de sedimentos aluminosos em facies anfíbolito Área liii



CARACTERÍSTICAS METALOGENÉTICAS

SUBSTÂNCIAS MINERAIS

are	ca	bs
arn	di	tf
ag	gn	qtz

STATUS DAS CONCENTRAÇÕES MINERAIS

▲ Depósito	⊗ Garimpo a céu aberto
◆ Ocorrência	⊗ Mina a céu aberto
⊗ Jazida	⊗ Em Pesquisa Mineral

ÁREAS FAVORÁVEIS PARA EXPLORAÇÃO MINERAL

Alta	Média	Baixa
------	-------	-------

EXPLORABILIDADE E INVESTIMENTOS

○ Exploração manual a semimecanizada exigindo baixo investimento
○ Exploração semimecanizada a mecanizada exigindo razoável investimento
○ Exploração mecanizada exigindo alto investimento

ORDEM DE PRIORIDADE DE EXPLORAÇÃO

1º: Are, ag, sb 2º: (agr) 3º: [grd] 4º: {di}

Convenções Cartográficas

Massa D'água	Municípios
Hidrografia	Rodovia

Modelados Geomorfológicos

Acumulação planícies fluvial
Acumulação planícies e terraços fluviais
Aplanamento pediplano degradado desnudado
Aplanamento pediplano degradado etchplanado
Aplanamento pediplano degradado inumado
Pediaplano retocado inumado
Dissecação topo aguçado
Dissecação topo convexo
Dissecação topo tabular



Mesozóico	77	77	77
	77	77	77
Neoproterozóico	77	77	77
	77	77	77

Coluna Estratigráfica

- Coberturas Detriticas-Lateríticas
- Formação Marília
- Formação Serra Geral
- Formação Botucatu
- Suíte Granítica
- Estrela do Sul
- Complexo Monte Carmelo
- Grupo Araxá A
- Grupo Araxá B
- Ortoznaisse Goiandira

MAPA DE DEPOTENCIAIS METALOGENÉTICOS PARA RMIs - FOLHA ESTRELA DO SUL (SE.23-Y-A-IV)

Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia

Datum: SIRGAS 2000
Sistema de Coordenadas: Universal Transverso de Mercator (UTM)
Fuso: 23S
Fonte: IDE SISEMA (2021)
CODEMIG (2017)
Escala: 1:100.000
Autor: Freitas, G.C.A. de (2022).

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Mineração-ANM. **Sistema de Informação Geográfica da Mineração-ANM**. Brasil: Agência Nacional de Mineração-ANM, 2023. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- ALENCAR, Carlos Rubens Araujo, INSTITUTO EUVALDO LODI, 1969-159m **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais** / Instituto Euvaldo Lodi - Regional do Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013. 242 p. : il. Color.
- ALVES, F. O.; BARBOSA, D. D. G. A força do triângulo mineiro. **Agência de Promoção de Investimento e Comércio Exterior de Minas Gerais - INDI**, p. 1-1, 27 mar. 2017. Disponível em: <https://www.indi.mg.gov.br/a-forca-do-triangulo-mineiro/>. Acesso em: 7 mar. 2022.
- ARAÚJO, Larrisa Marques Barbosa de; BARBOSA, Marília Inês Mendes; GODOY, Antonio Misson. MAGMATISMO DO COMPLEXO GRANITOIDE MONTE CARMELO NA FAIXA BRÁSILIA MERIDIONAL NOS MUNICÍPIOS DE MONTE CARMELO E ABADIA DOS DOURADOS – MG. **Congresso Brasileiro de Geologia**, 2016. Disponível em: http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st08/ID7322_112308_52_Resumo_Complexo_Monte_Carmelo.pdf. Acesso em: 16 nov. 2022.
- AUGUSTIN, Cristina Rocha; LOPES, Marcel Rocha Soares; SILVA, Saul Moreira. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, 2013.
- BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia**, v. 3, n. 5, p. 37-42, 1991.
- Barbosa O. 1991. Diamante no Brasil: histórico, ocorrência, prospecção e lavra. Brasília, CPRM, 136 p.
- BARBOSA, O. et al., 1967. Projeto Chaminés: geologia da região do Triângulo Mineiro. Petrópolis, Convênio DNPM/PROSPEC, Relatório Final, 116p
- BARBOSA, O. et al., 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Boletim DNPM/SFPM, n.136, 140p
- BARBOSA, O. Geologia econômica e aplicada a uma parte do Planalto Central Brasileiro. DNPM/PROSPEC, Goiania, 70p., 1963.
- BARBOSA, O. Guia das Excursões. 9º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, 1955
- BARBOSA, O., BRAUN, O. P. G., DYER, R. C., & CUNHA, C. A. B. R. da. Geologia Da Região Do Triângulo Mineiro. BOLETIM N° 136, Departamento Nacional Da Produção Mineral - Divisão De Fomento Da Produção Mineral, 7–141, 1970.
- BIASI, L. A. et al. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. **Scientia agrícola**, v. 52, p. 239-243, 1995.

BROD, J.A.; LEONARDOS, O.H.; MENESES, P.R.; ALBURQUERQUE, M.A.C.; ALMEIDA, R.; ARAÚJO, R.N.G.; BLANCO, S. B.; CARDOSO, F.B.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; JUNQUEIRA, F.F.; RIEHL JUNIOR, W.; SOUZA, J.C.F.; TALLARICO, F.H.T.; THOMSEM, F.P.R.; BERBET, M.L.C.; CERQUEIRA, M.R.S.; CHAGAS, M.A.; DIAS, R.R.; LIMA, C.V.; NAKAMURA, E.T.; PORTO, S.G.; ROMÃO, P.A.; SANTOS, P.C.V. Tectonoestratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 3., 1991, Cuiabá. Anais... p. 155-168.

Carneiro C.D.R. 2007. Viagem virtual ao Aquífero Guarani em Botucatu (SP): formações Pirambóia e Botucatu, Bacia do Paraná. *Terrae Didadica*, 3:50-73.

Chaves M.L.S.C. 1991. Sequências cretácicas e mineralizações diamantíferas no Brasil Central: considerações preliminares. *Geociências*, 10(1):231-245.

CHAVES, Mario Luiz de Sá Carneiro. **Diamante**. Minas Gerais: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE, 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/diamante/#dep%C3%B3sitos-secund%C3%A1rios>. Acesso em: 05 jan. 2023.

CIMINELLI, Renato. Rochas e Minerais Industriais. In: CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM (Brasil). **Tendências Tecnológicas Brasil 2015**: Geociências e Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: 2007. cap. 5, p. 175-190. ISBN 978-85-7227-243-8. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/526>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CODEMIG. **Mapa Geológico - Folha Estrela do Sul - S E.23-Y-A-IV**. Minas Gerais: 2017. 1 Mapa. Escala 1:100.000. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 7 mar. 2022b.

COELHO, Carla Vanessa de Sousa. **Gênese e caracterização geoquímica e mineralógica para a prospecção de argilas altamente aluminosas (Formação Marília)**. 2021.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (Brasil). **Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1994. 172 p. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtnLjHqvn8AhWUq5UCHYxFAuYQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Frigeo.cprm.gov.br%2F&usg=AOvVaw0I98mqOGuN-q4DFKYsH0RP&cshid=1675426644186702>. Acesso em: 16 nov. 2022.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (Brasil). Projeto Diamante Brasil. In: **GeoSGB**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/diamante/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (Brasil). Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais: Folha SE.23-Y-A Patos de Minas. **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais**, Belo Horizonte, v. I e II, 1986. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (Brasil). Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais: Folha SE.23-Y-A Patos de Minas. **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais**, Belo Horizonte, v. I e II, 1986. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S. Rochas Industriais. *In*: CODEMIG, COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Recursos Minerais de Minas Gerais on line- RMMG**. Minas Gerais: 2017. cap. 26. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 7 mar. 2022.

COSTA, Antônio Gilberto. **Rochas ornamentais**. Minas Gerais: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE, 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/ConstrucaoCivil.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.

DAL POZZO, Henrique Angelo Piovesan; CARLOS, Dionísio Uendro; MOLINA, Eder Cassola; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. DAL POZZO, Henrique Angelo Piovesan et al. PROCESSOS HIDROMORFOQUÍMICOS NA MORFOGÊNESE DE AMBIENTES TROPICAIS ÚMIDOS: APLICAÇÃO DA AEROGAMAESPECTROMETRIA NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO DE MORRO DO FERRO E PASSA TEMPO, MG. V **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/5/Henrique%20A.%20P.%20Dal%20Pozzo.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2023.

DICKSON, Bruce L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.

FRANCHI, José Guilherme; SÍGOLO, Joel Barbujianni; MOTTA, Jose Francisco Marciano. Diagnóstico das turfas no Brasil: histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 1, p. 179-190, 2006.

FRANCO, F. V. **Uma potência chamada Triângulo Mineiro**. Agrolink, 23 de abr. de 2018. Colunistas. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/uma-potencia-chamada-triangulo-mineiro_406168.html. Acesso em: 7 mar. 2022.

Gonzaga G.M. & Tompkins L.A. 1991. Geologia do diamante. *In*: Schobbenhaus C., Queiroz E.T., Coelho C.E.S. (eds.). Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília, DNPM/CPRM, v. 4, parte A, p. 53-116.

Gonzaga G.M., Teixeira N.A, Gaspar J.C. 1994. The origin of diamonds in western Minas Gerais, Brazil. *Mineralium Deposita*, 29(5):414-421.

IBGE. **Projeto SPMGGO**: Ortomosaicos. 2002. Escala 1:25.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/imagens-do-territorio/imagens-corrigidas/10852-ortomosaicos.html?=&t=downloads>. Acesso em: 8 mar. 2022.

JUNIOR, Marsis Cabral *et al.* Argila para Cerâmica Vermelha. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS: USOS E**

ESPECIFICAÇÕES. 2. ed. Rio de Janeiro: 2008. cap. 33, p. 747-770. ISBN 978-85-61121-37-2. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/522>. Acesso em: 16 fev. 2022.

Karfunkel J., Hoover D., Fernandes A.F., Sgarbi G.N.C., Kambrock K., Oliveira G.D. 2014. Diamonds from the Coromandel area, West Minas Gerais state, Brazil: an update and new data on surface sources and origin. *Brazilian Journal of Geology*, 44(2):325-338. doi: 10.5327/Z2317-4889201400020011.

KLEIN, Cornelis; DUTROW, Barbara. **Manual de Ciência dos Minerais**. 23. ed.: Bookman, 2012. 699 p. ISBN 978-0-471-72157-4.

KLEIN, P. B. W. Geoquímica de Rocha Total, Geocronologia de U-Pb e Geologia Isotópica de Sm-Nd das Rochas Ortognáissicas e Unidades Litológicas Associadas da Região Ipameri, Catalão (Goiás). Tese (Phd), Universidade de Brasília, Brasília, 154p., 2008.

LACERDA FILHO J. V., REZENDE A., SILVA, A. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM, METAGO S.A., UnB, 2º edição. 184 p., 1999.

LAMIM, Agenor Paulo Binato et al. Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Química Nova**, v. 24, p. 18-23, 2001.

Leonardos O.H., Carvalho J.B., Gibson S.A., Thompson R.N. 1995. The diamond potential of the Late Cretaceous Alto Paranaíba igneous province. In: International Kimberlite Conference, 6, Novosibirsk, Extended Abstracts, p. 320-322.

LINS, Fernando A. Freitas. Panorama das Rochas e Minerais Industriais do Brasil. In: CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM (Brasil). **Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2008. cap. 1, p. 3-25. ISBN 978-85-61121-37-2. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/522>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MANIERI, D. D. **Comportamento Morfoestrutural e Dinâmica das Formas do Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio São Pedro, Faxinal-PR**. 103 f. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

MARTINS, Éder de Souza, *et al.* Agrominerais-Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para agricultura. In: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS: USOS E ESPECIFICAÇÕES**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2008. cap. 9, p. 205-223. ISBN 978-85-61121-37-2. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/522>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MELFI, Adolpho Jose. **Intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo**. 1967. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Universidade de Brasília, Brasília**, 2012.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO (BRASIL). DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - BRASIL. **Folha Topográfico SE.23-Y-A-IV**. Brasil: 1973. 1 Mapa. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

MIRANDA, Mateus de Paula. **Imagens sentinel-2a (msi) aplicadas ao mapeamento geológico, Região de Itataia, Santa Quitéria, Ce.** 2019.

NUNES, Victor Hugo Souto. **Mapeamento Geológico das Rochas Gnáissicas-Migmatíticas e Metassedimentares do Grupo Araxá na Região de Araguari (MG)-Cumari (GO).** 2020.

PAGOTTI, Mariana Savietto. **Análise petrográfica da Formação Marília no município de Quintana-SP.** 2016.

PEREIRA, L. F. Relações Tectono-Estratigráficas Entre as Unidades Canastra e Ibiá na Região de Coromandel, MG. Dissertação de Mestrado (Departamento de Geoquímica E Recursos Minerais - Instituto de Geociências) Universidade de Brasília, p.66, Brasília, 1992.

PEREIRA, ROGÉRIO SILVESTRE. Técnicas exploratórias na prospecção de kimberlitos— estudo de caso. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 4, p. 405-416, 2001.

PEREZ, B. C. **As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 37 p.

PIMENTEL M. M.; FUCK R. A.; FISCHER D. P. Estudo isotópico Sm-Nd regional da porção central da Faixa Brasília, Goiás: implicações para idade e origem dos granulitos do Complexo Anápolis-Itaçu e rochas metassedimentares do Grupo Araxá. **Revista Brasileira de Geociências**, v.29, [s.n.], p.271-276, 1999.

PIMENTEL, M. M., et al., 2001. Nd isotopes and the provenance of the detrital sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil. **Journal of South America Earth Sciences**, v.14, [s.n.], p.571-585.

PINHO, J.M.M.; FÉBOLI, W.L.; TULLER, M.P.; BRITO, D.C.; RIBEIRO, J.H.; BAPTISTA, M.C.; SILVA, R.N. Geologia e recursos minerais das folhas: Cabeceira Grande, Unaí, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo e Patos de Minas. CPRM, Belo Horizonte, 2017. 358p. Relatório.

RADAMBRASIL (Brasil). **Projeto RADAMBRASIL - Projeto de Integração Nacional:** Folha SE.22 Goiânia. 31. ed. rev. Rio de Janeiro: 1983. 764 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=23610>. Acesso em: 13 dez. 2022.

REBOUÇAS, Iago Silva et al. Aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e Água (NDWI) para análise de depósitos argilosos e arenosos no baixo curso do Rio Jaguaribe/CE. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, p. 183-186, 2019.

RIBEIRO, Vanessa Biondo; MANTOVANI, Marta; LOURO, Vinicius Hector Abud. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. **Terræ Didática**, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2014.

RIBEIRO, Vanessa Biondo; MANTOVANI, Marta; LOURO, Vinicius Hector Abud. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. **Terræ Didática**, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2014.

ROCHA, M. R. et al. Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro-Brasil. **Encontro de Geógrafos da América Latina**, v. 8, 2001.

SANTOS, A. C. O. **Avaliação da espessura do manto de intemperismo sobre o granito Santana (Porto Alegre, RS) por gamaespectrometria**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/105070>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SANTOS, Andréa Cristina Lima dos. Gamaespectrometria aplicada ao estudo de áreas agrícolas. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SEER, H. J., & MORAES, L. C. de. . Within plate, arc, and collisional Neoproterozoic granitic magmatism in The Araxá Group, Southern Brasília belt, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 43(2), 333–354, 2013. <https://doi.org/10.5327/Z2317-48892013000200010>.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Geologia regional do Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, Projeto Triângulo Mineiro, 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL-CPRM (Brasil). **Geologia.GIS**. Brasil: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: 15/06/2022.

Svisero D.P. 1994. Distribution and origin of diamond in Brazil: an overview. In: *International Symposium on the Physics and Chemistry of the Upper Mantle*, 1, São Paulo, Anais..., p. 257-287.

SVISERO, Darcy P.; FELITTI FILHO, Waldemar; ALMEIDA, José Soares de. Geologia da mina de diamantes de Romaria, Município de Romaria, MG. **Mineração Metalurgia**, v. 44, n. 425, p. 4-14, 1981.

Tompkins L.A. & Gonzaga G.M. 1989. Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel region, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 84(3):591-602. doi:10.2113/gsecongeo.84.3.591

ULBRICH, Horstpeter Herberto Gustavo José; ULBRICH, Mabel Normal Costas; FERREIRA, Francisco José Fonseca; ALVES, Luízemara Soares; GUIMARÃES, Gilson Burigo; FRUCHTING, Allan. Levantamentos Gamaespectrométricos em Granitos Diferenciados. I: Revisão da Metodologia e do Comportamento Geoquímico dos Elementos K, Th e U. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GUSPSC/article/view/1139/1069>. Acesso em: 25 nov. 2022.

VICTORIA, Anderson Magalhães. **Argilas e materiais refratários**. Minas Gerais: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE, 2018b. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/ArgilasRefratarios.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

VICTORIA, Anderson Magalhães. **Recursos para construção civil**. Minas Gerais: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE, 2018a. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/ConstrucaoCivil.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.