

EIA

ESTUDO DE IMPACTO

AMBIENTAL

SONDAGEM GEOTÉCNICA E
PESQUISA MINERAL
PROJETO APOLO
UMIDADE NATURAL

VOLUME II

SETEMBRO
2022



VALE

Amplo



SUMÁRIO

7	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO	10
7.1	ÁREAS DE ESTUDO	10
7.2	CONTEXTUALIZAÇÃO REGIONAL	12
7.3	CLIMATOLOGIA	20
7.3.1	Metodologia	20
7.3.2	Resultados	23
7.3.2.1	Classificação Climática Regional	23
7.3.2.2	Climatologia Local: Análise dos Parâmetros Meteorológicos	25
7.4	GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS	37
7.4.1	Metodologia	37
7.4.2	Resultados	38
7.4.2.1	Litoestratigrafia	38
7.4.2.2	Características Geológicas da Área Diretamente Afetada – ADA	47
7.4.2.3	Direitos e Recursos Minerais	48
7.5	ESPELEOLOGIA	52
7.5.1	Metodologia	52
7.5.2	Resultados	52
7.6	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DAS ROCHAS	58
7.6.1	Metodologia	58
7.6.2	Resultados	58
7.6.2.1	Unidades Geotécnicas	58
7.6.2.2	Características Geotécnicas na Área Diretamente Afetada – ADA	63
7.7	GEOMORFOLOGIA	64
7.7.1	Metodologia	64
7.7.2	Geomorfologia	64
7.7.2.1	Unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados da Borda Ocidental da Sinclinal Gandarela	66
7.7.2.2	Unidade Geomorfológica do Front Externo da Sinclinal Gandarela	67
7.7.2.3	Unidade Geomorfológica do Front de Escarpa da Sinclinal Gandarela	68
7.7.2.4	Unidade Geomorfológica da Escarpa Reversa da Sinclinal Gandarela	69
7.7.2.5	Unidade Geomorfológica do Patamar Interno da Sinclinal Gandarela	71
7.7.2.6	Características Geomorfológicas na Área Diretamente Afetada – ADA	71
7.8	PEDOLOGIA	72
7.8.1	Metodologia	72
7.8.2	Resultados	72
7.8.2.1	Características da Área de Estudo	72
7.8.2.2	Características dos Solos na Área Diretamente Afetada – ADA	84
7.9	ANÁLISE INTEGRATIVA: SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS E ALAGAMENTOS	86
7.9.1	Metodologia	86
7.9.2	Resultados	87
7.9.2.1	Suscetibilidade a processos erosivos	87
7.9.2.2	Suscetibilidade a alagamento e assoreamento	88
7.9.2.3	Síntese de suscetibilidade à erosão, movimentos de massa alagamento e assoreamento em relação à ADA	89
7.10	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	91

7.10.1	<i>Metodologia</i>	91
7.10.2	<i>Resultados</i>	91
7.10.2.1	Arranjo Hidrográfico.....	91
7.10.2.2	Características fisiográficas e Hidrológicas.....	94
7.10.2.3	Uso das Águas: Captações Outorgadas Superficiais	96
7.10.2.4	Compilação de Dados de Nascentes.....	98
7.10.2.5	Travessias de Cursos d'Água	99
7.11	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	120
7.11.1	<i>Metodologia</i>	120
7.11.1.1	Dados Gerais de Qualidade das Águas Superficiais	120
7.11.1.2	Dados da Área de Estudo	123
7.11.2	<i>Resultados</i>	135
7.11.2.1	Proteção dos Corpos Hídricos	135
7.11.2.2	Resultados Gerais de Qualidade das Águas Superficiais	139
7.11.2.3	Resultados da Área de Estudo.....	144
7.12	QUALIDADE DO AR	178
7.12.1	<i>Metodologia</i>	178
7.12.2	<i>Resultados</i>	181
7.12.2.1	Descrição de Fontes Emissoras da Área de Estudo	181
7.12.2.2	Campanha 1	186
7.12.2.3	Campanha 2	190
7.13	RUÍDO E VIBRAÇÃO	194
7.13.1	<i>Metodologia</i>	194
7.13.1.1	Procedimentos de Ensaio de Ruído.....	196
7.13.1.2	Procedimentos de Ensaio de Vibração	197
7.13.2	<i>Resultados</i>	198
7.13.2.1	Resultados das Medições de Ruído.....	198
7.13.2.2	Resultados das Medições de Vibração	201
7.14	SÍNTESE	203
7.15	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS EIA	208

LISTA DE TABELAS

TABELA 7-1: ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.	21
TABELA 7-2: PRECIPITAÇÕES HISTÓRICAS TOTAIS MÉDIAS MENSIS – PLUVIÔMETROS ANA.	27
TABELA 7-3: DADOS PLUVIOMÉTRICOS LOCAIS.	30
TABELA 7-4: COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.	39
TABELA 7-5: RECURSOS MINERAIS DE OCORRÊNCIA NA ÁREA DE ESTUDO.	49
TABELA 7-6: LISTA DE CAVIDADES IDENTIFICADAS NA REGIÃO DAS SONDAGENS.	54
TABELA 7-7: DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS DA ÁREA DE ESTUDO E RELAÇÃO COM A SONDAGEM GEOTÉCNICA E PESQUISA MINERAL.	60
TABELA 7-8: CARACTERIZAÇÃO FIOGRÁFICA E HIDROLÓGICA DE LONGO TERMO DAS SUB-BACIAS COMPONENTES DA ÁREA DE ESTUDO.	95
TABELA 7-9: USOS INSIGNIFICANTES DOS RECURSOS HÍDRICOS.	97
TABELA 7-10: OUTORGAS VIGENTES DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS.	97
TABELA 7-11: LOCALIZAÇÃO, DESCRIÇÃO E COORDENADAS DOS PONTOS DE DADOS GERAIS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.	120
TABELA 7-12: PARÂMETROS ANALISADOS NOS PONTOS NA REDE DE MONITORAMENTO DO IGAM.	122
TABELA 7-13: PARÂMETROS ANALISADOS NOS PONTOS NA REDE DO CPRM.	123
TABELA 7-14: PONTOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.	125
TABELA 7-15: ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA AMOSTRADOS NA ÁREA DE ESTUDO DA SONDAGEM GEOTÉCNICA E PESQUISA MINERAL DO PROJETO APOLO UMIDADE NATURAL.	128
TABELA 7-16: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.	131
TABELA 7-17: CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS E SEUS SIGNIFICADOS.	133
TABELA 7-18: NÍVEL DE QUALIDADE.	134
TABELA 7-19: TIPOS DE APPS E USOS DO SOLO RELACIONADOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	137
TABELA 7-20: TIPOS DE APPS E USOS DO SOLO RELACIONADOS NA BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	138
TABELA 7-21: TIPOS DE APPS E USOS DO SOLO RELACIONADOS NA BACIA DO RIO SÃO JOÃO/BARÃO DE COCAIS.	139
TABELA 7-22: RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO IGAM (2019).	140
TABELA 7-23: PARÂMETROS QUE NÃO ATENDERAM AO LIMITE ESTABELECIDO NA LEGISLAÇÃO E RESULTADOS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.	142
TABELA 7-24: RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO CPRM (2005).	143
TABELA 7-25: RESUMO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DE CADA RIO AVALIADO NA ÁREA DO PROJETO.	177
TABELA 7-26: PADRÕES DE QUALIDADE DO AR - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491/2018.	180
TABELA 7-27: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR) ESTABELECIDO PELA FEAM - MG.	180
TABELA 7-28: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR) ESTABELECIDO PELO GUIA TÉCNICO - MMA.	181
TABELA 7-29: RESUMO ESTATÍSTICO DAS MÉDIAS HORÁRIAS DE MATERIAL PARTICULADO.	186
TABELA 7-30: RESUMO ESTATÍSTICO DAS MÉDIAS HORÁRIAS DE MATERIAL PARTICULADO.	190
TABELA 7-31: IDENTIFICAÇÃO DOS RECEPTORES ONDE FORAM EFETUADAS AS MEDIÇÕES DE RUÍDO E VIBRAÇÃO.	194
TABELA 7-32: LIMITES DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA CONTÍNUOS EQUIVALENTES, PONDERADA EM A, RL_{Aeq} , ESTABELECIDOS NA ABNT NBR 10.151:2019.	196
TABELA 7-33: CLASSIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE MEDIÇÃO QUANTO AO TIPO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.	196
TABELA 7-34: VALORES CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO PARA SERES HUMANOS EXPOSTOS A VIBRAÇÃO EM EDIFICAÇÕES. (ADAPTADO: NORMA DIN 4150 PARTE 02).	197
TABELA 7-35: VALORES CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO PARA EFEITOS DE VIBRAÇÕES DE LONGA DURAÇÃO (CONTÍNUA OU INTERMITENTE) EM ESTRUTURAS. (ADAPTADO: NORMA DIN 4150 PARTE 03).	198
TABELA 7-36: RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS REALIZADAS.	200
TABELA 7-37: LIMITES DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA CONTÍNUOS EQUIVALENTES, PONDERADA EM A, RL_{Aeq}	201
TABELA 7-38: VALORES DE KB_{FMAX} MEDIDOS NOS RECEPTORES.	202

TABELA 7-39: VALORES DE $IV_{I,MAX}$ NOS RECEPTORES.	202
---	-----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 7-1: ÁREA DE ESTUDO DO MEIO FÍSICO.....	11
FIGURA 7-2: UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.	14
FIGURA 7-3: CIRCUNSCRIÇÃO HIDROGRÁFICA – OU UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – DO RIO DAS VELHAS (SF5).	15
FIGURA 7-4: CIRCUNSCRIÇÃO HIDROGRÁFICA – OU UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – DO RIO PIRACICABA (DO2).	16
FIGURA 7-5: MAPA DO CONTEXTO REGIONAL ASSOCIADO AO MEIO FÍSICO.	17
FIGURA 7-6: LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.	22
FIGURA 7-7: ISOTERMAS MÉDIAS ANUAIS.	25
FIGURA 7-8: ISOTERMAS MÍNIMAS ANUAIS.	26
FIGURA 7-9: ISOTERMAS MÁXIMAS ANUAIS.	26
FIGURA 7-10: ISOIETAS DE CHUVA ACUMULADA (MÉDIAS ANUAIS).	28
FIGURA 7-11: ISOPLETAS DE EVAPORAÇÃO.	31
FIGURA 7-12: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UMIDADE RELATIVA.	32
FIGURA 7-13: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA NEBULOSIDADE.	34
FIGURA 7-14: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA INSOLAÇÃO.	35
FIGURA 7-15: GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.	40
FIGURA 7-16: SEÇÕES GEOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO.	41
FIGURA 7-17: RECURSOS E DIREITOS MINERÁRIOS DA ÁREA DE ESTUDO.	51
FIGURA 7-18: MODELO DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO PARA A REGIÃO DA ADA DO PROJETO.	53
FIGURA 7-19: LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES, CLASSIFICAÇÃO POR RELEVÂNCIA E ÁREAS DE INFLUÊNCIA DAS CAVIDADES DE MÁXIMA RELEVÂNCIA.	57
FIGURA 7-20: UNIDADES GEOTÉCNICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	59
FIGURA 7-21: GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.	65
FIGURA 7-22: PEDOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.	73
FIGURA 7-23: MAPA DE SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA. LINK PARA ACESSAR O MODELO 3D INTERATIVO: HTTP://TINY.CC/EROSAO MOVMASSA APOLO - UTILIZAR NAVEGADOR GOOGLE CHROME E AGUARDAR ALGUNS MINUTOS PARA CARREGAMENTO DO ARQUIVO.	87
FIGURA 7-24: MODELO EM 3D DAS ÁREAS MAIS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTO E ASSOREAMENTO. LINK PARA ACESSAR O MODELO 3D INTERATIVO HTTPS://TINY.CC/ALAGAMENTO ASSOREAMENTO - UTILIZAR NAVEGADOR GOOGLE CHROME E AGUARDAR ALGUNS MINUTOS PARA CARREGAMENTO DO ARQUIVO.....	89
FIGURA 7-25: MAPA SÍNTESE DESTACANDO AS ÁREAS DE MAIOR SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E ASSOREAMENTO.	90
FIGURA 7-26: RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E BACIAS HIDROGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	93
FIGURA 7-27: LOCALIZAÇÃO GERAL DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA.	100
FIGURA 7-28: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 1.	101
FIGURA 7-29: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 2.	102
FIGURA 7-30: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 3.	103
FIGURA 7-31: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 4.	104
FIGURA 7-32: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 5.	105
FIGURA 7-33: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 6.	106
FIGURA 7-34: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 7.	107
FIGURA 7-35: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 8.	108

FIGURA 7-36: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 9.	109
FIGURA 7-37: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 10.	110
FIGURA 7-38: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 11.	111
FIGURA 7-39: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 12.	112
FIGURA 7-40: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 13.	113
FIGURA 7-41: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 14.	114
FIGURA 7-42: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 15.	115
FIGURA 7-43: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 16.	116
FIGURA 7-44: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 17.	117
FIGURA 7-45: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 18.	118
FIGURA 7-46: LOCALIZAÇÃO DAS TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA – FOLHA 19.	119
FIGURA 7-47: PONTOS DE AMOSTRAGEM DE DADOS GERAIS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.	121
FIGURA 7-48: MAPA DE PONTO DE AMOSTRAGEM QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA DE ESTUDO.	126
FIGURA 7-49: MAPA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA.	129
FIGURA 7-50: USO DO SOLO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ÁREA DE ESTUDO.	136
FIGURA 7-51: LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.	179
FIGURA 7-52: VIAS DE TRÁFEGO E MINAS NAS PROXIMIDADES DA AID.	183
FIGURA 7-53: REGISTROS DE QUEIMADAS NA ÁREA DE ESTUDO.	185
FIGURA 7-54: LOCALIZAÇÃO DOS LOCAIS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA (SOM E VIBRAÇÃO)	195

LISTA DE FOTOS

FOTO 7-1: AFLORAMENTO DE ITABIRITOS DA FORMAÇÃO CAUÊ AO LONGO DA ÁREA DE ESTUDO, DEMONSTRANDO A OCORRÊNCIA DA LITOLOGIA NO LOCAL.	48
FOTO 7-2: AFLORAMENTO DE COBERTURAS LATERÍTICAS FERRUGINOSAS (CANGA) NA ÁREA DE ESTUDO.	48
FOTO 7-3: DETALHE DE AFLORAMENTO DE CANGA.	48
FOTO 7-4: VERTENTES RETILÍNEAS A CÔNCAVAS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DOS PATAMARES ESCALONADOS DA BORDA OCIDENTAL DO SINCLINAL GANDARELA. TOPOS SUSTENTADOS POR QUARTZITOS E SOPÉS POR XISTOS E CONGLOMERADOS (PONTO POG10).	66
FOTO 7-5: MORRARIAS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA <i>FRONT</i> EXTERNO DA SINCLINAL GANDARELA. PASTAGEM E CULTIVO NO FUNDO DO VALE CARACTERIZANDO AMBIENTE RURAL. PARTES MAIS ELEVADAS AINDA RECOBERTAS POR FLORESTAS (PONTO POG05).	67
FOTO 7-6: UNIDADE GEOMORFOLÓGICA <i>FRONT</i> DA ESCARPA DA SINCLINAL GANDARELA. CRISTA SUSTENTADA POR CANGA MAIS A FRENTE. AO FUNDO, VERTENTES RETILÍNEAS EM FORMA TRIANGULAR E ANFITEATROS SUSPENSOS. COBERTURA VEGETAL FORMADA POR UM MOSAICO FLORESTA-SAVANA (PONTO POG22).	68
FOTO 7-7: UNIDADE GEOMORFOLÓGICA <i>FRONT</i> DA ESCARPA DO SINCLINAL GANDARELA. TOPO SUSTENTADO POR CANGA. É POSSÍVEL OBSERVAR ANFITEATROS E VERTENTES RETILÍNEAS (PONTO POG21).	69
FOTO 7-8: UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DA ESCARPA REVERSA DA SINCLINAL GANDARELA (POG19).	70
FOTO 7-9: MORROS E SERROTES QUE COMPÕEM A REGIÃO DE TRANSIÇÃO ENTRE AS UNIDADES PATAMAR INTERNO DA SINCLINAL GANDARELA E ESCARPA REVERSA DA SINCLINAL GANDARELA (PONTO POG17).	71
FOTO 7-10: PERFIL DE CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTROFÉRICO LATOSSÓLICO (PAS-20).	75
FOTO 7-11: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO LATOSSÓLICO (PAS-12).	75
FOTO 7-12: PERFIL DE CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO LÉPTICO (PAS-15).	75
FOTO 7-13: AMBIENTE DE OCORRÊNCIA DOS CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb DISTRÓFICOS LÉPTICOS.	75
FOTO 7-14: PERFIL DE CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO TÍPICO (PAS-13).	76
FOTO 7-15: PERFIL DE CAMBISSOLO HÚMICO Tb DISTROFÉRICO LATOSSÓLICO (PAS-04).	77

FOTO 7-16: PERFIL DE LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO TÍPICO (PAS-21).	78
FOTO 7-17: PERFIL DE LATOSSOLO BRUNO DISTRÓFICO TÍPICO (PAS-01).	78
FOTO 7-18: AMBIENTE DE OCORRÊNCIA DOS AFLORAMENTOS ROCHOSOS E NEOSSOLOS LITÓLICOS.	79
FOTO 7-19: PERFIL DE NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO TÍPICO (PAS-02).	80
FOTO 7-20: CANGA - COURAÇA FERRUGINOSA.	80
FOTO 7-21: PERFIL DE NITOSSOLO HÁPLICO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO (PAS-17).	81
FOTO 7-22: PERFIL DE NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO (PAS-06).	82
FOTO 7-23: PERFIL DE ARGISSOLO AMARELO ALÍTICO ENDORRÉDICO (PAS-16).	83
FOTO 7-24: PERFIL DE ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO (PAS-07)	83
FOTO 7-25: AMBIENTE DE OCORRÊNCIA DOS ARGISSOLOS AMARELOS DISTRÓFICOS TÍPICOS.	83
FOTO 7-26: VGD-01-A - Córrego Gandarela. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-27: VGD-01 - Córrego Gandarela. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-28: VMQ-17 - Córrego Maquiné. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-29: VCH-13-A - Córrego Cachoeira. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-30: VCH-13 - Córrego Cachoeira. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-31: VL-11 - Córrego Olhos d'Água. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-32: VOD-01-A - Córrego Olhos d'Água. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-33: Travessia-A - Ribeirão da Prata. FONTE: MDGEO, 2020.	145
FOTO 7-34: Travessia - Ribeirão da Prata. FONTE: MDGEO, 2020.	146
FOTO 7-35: ALTERNATIVA-05 (ALT-05) - Ribeirão da Prata. FONTE: MDGEO, 2020.	146
FOTO 7-36: VL-12 - Ribeirão da Prata. FONTE: MDGEO, 2020.	146
FOTO 7-37: MV-11 - Córrego Santo Antônio.	154
FOTO 7-38: RL01 - Ribeirão Juca Vieira.	154
FOTO 7-39: VJV-21 - Ribeirão Juca Vieira.	154
FOTO 7-40: VJV-21-A - Ribeirão Juca Vieira.	154
FOTO 7-41: RL02 - Córrego Roça Grande.	154
FOTO 7-42: RL03 - Córrego Jacu. FONTE:	154
FOTO 7-43: MV-10 - Córrego Cortesia.	161
FOTO 7-44: VSE-10 - AFLUENTE SEM NOME DO RIO BARÃO DE COCAIS.	166
FOTO 7-45: VSE-10-A - AFLUENTE SEM NOME DO RIO BARÃO DE COCAIS.	166
FOTO 7-46: VSE-10-A_B - RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	167
FOTO 7-47: VMG-01 - Córrego Mato Grosso.	167
FOTO 7-48: VMC-05 - Córrego Maria Casimira.	167
FOTO 7-49: VVG-01 - Córrego do Vigário.	167
FOTO 7-50: VRP-11 - Ribeirão Preto.	167
FOTO 7-51: VRP19-20 - Ribeirão Preto.	167
FOTO 7-52: REGISTROS DE QUEIMA DE RESÍDUOS EM ÁREAS PRÓXIMAS À ESTAÇÃO ANDRÉ DO MATO DENTRO	184

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 7-1: TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	26
GRÁFICO 7-2: PRECIPITAÇÕES HISTÓRICAS TOTAIS MÉDIAS MENSAS NAS ESTAÇÕES DA ANA (2020) E NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	27
GRÁFICO 7-3: EVAPORAÇÃO TOTAL DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	32
GRÁFICO 7-4: UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA COMPENSADA DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	33
GRÁFICO 7-5: NEBULOSIDADE (DÉCIMOS) DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	34
GRÁFICO 7-6: INSOLAÇÃO TOTAL MENSAL DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (1991 A 2020) - DADOS DA ESTAÇÃO CONVENCIONAL DE BELO HORIZONTE.	36
GRÁFICO 7-7: ROSA DOS VENTOS PARA A REGIÃO DO EMPREENDIMENTO.	37
GRÁFICO 7-8: PERCENTUAL DE CAVERNAS NA REGIÃO DO PROJETO POR GRAU DE RELEVÂNCIA FINAL.	54
GRÁFICO 7-9: PERFIL TOPOGRÁFICO DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS SOBRE AS QUAIS SE DARÃO AS ATIVIDADES. 1) ESCARPA REVERSA DA SINCLINAL GANDARELA; 2) FRONT DE ESCARPA DA SINCLINAL GANDARELA E 3) FRONT EXTERNO DA SINCLINAL GANDARELA.	72
GRÁFICO 7-10: PROPORÇÃO DE CADA CLASSE DE SOLO MAPEADA NA ADA;	85
GRÁFICO 7-11: VARIAÇÃO DA VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA ENTRE 2018 E 2020	147
GRÁFICO 7-12: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE PH NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	148
GRÁFICO 7-13: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	148
GRÁFICO 7-14: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE DBO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	149
GRÁFICO 7-15: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FÓSFORO TOTAL NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	149
GRÁFICO 7-16: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IET NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	150
GRÁFICO 7-17: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	150
GRÁFICO 7-18: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE TURBIDEZ NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	151
GRÁFICO 7-19: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE SÓLIDOS SUSPENSOS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	151
GRÁFICO 7-20: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FERRO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	152
GRÁFICO 7-21: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	152
GRÁFICO 7-22: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	153
GRÁFICO 7-23: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IQA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DA PRATA.	153
GRÁFICO 7-24: VARIAÇÃO DA VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ ENTRE 2018 E 2020.	155
GRÁFICO 7-25: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE PH NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	156
GRÁFICO 7-26: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	156
GRÁFICO 7-27: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IET NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	157
GRÁFICO 7-28: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE DBO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	157
GRÁFICO 7-29: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FÓSFORO TOTAL NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	158
GRÁFICO 7-30: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE SUBSTÂNCIAS TENSOATIVAS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	158
GRÁFICO 7-31: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	159
GRÁFICO 7-32: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FERRO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	160
GRÁFICO 7-33: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	160
GRÁFICO 7-34: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE ARSÊNIO TOTAL NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	160
GRÁFICO 7-35: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IQA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SABARÁ.	161
GRÁFICO 7-36: VARIAÇÃO DA VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA ENTRE 2018 E 2020.	162

GRÁFICO 7-37: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE PH NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	162
GRÁFICO 7-38: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	163
GRÁFICO 7-39: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IET NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	163
GRÁFICO 7-40: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE SÓLIDOS SUSPENSOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	164
GRÁFICO 7-41: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE TURBIDEZ NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	164
GRÁFICO 7-42: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FERRO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	165
GRÁFICO 7-43: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	165
GRÁFICO 7-44: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IQA NA SUB-BACIA DO CÓRREGO CORTESIA.	166
GRÁFICO 7-45: VARIAÇÃO DA VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO ENTRE 2018 E 2020.	168
GRÁFICO 7-46: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE PH NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	169
GRÁFICO 7-47: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	169
GRÁFICO 7-48: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE DBO NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	170
GRÁFICO 7-49: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IET NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	170
GRÁFICO 7-50: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE FÓSFORO TOTAL NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	171
GRÁFICO 7-51: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	171
GRÁFICO 7-52: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE TURBIDEZ NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	172
GRÁFICO 7-53: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE SÓLIDOS SUSPENSOS NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	172
GRÁFICO 7-54: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	173
GRÁFICO 7-55: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	173
GRÁFICO 7-56: BOXPLOT DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO ÍNDICE IQA NA SUB-BACIA DO RIO BARÃO DE COCAIS OU SÃO JOÃO.	174
GRÁFICO 7-57: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS - MP2,5	187
GRÁFICO 7-58: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS INALÁVEIS - MP10	187
GRÁFICO 7-59: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO - PTS.	188
GRÁFICO 7-60: EVOLUÇÃO DO IQAR FEAM DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO MORRO VERMELHO	188
GRÁFICO 7-61: EVOLUÇÃO DO IQAR FEAM DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO ANDRÉ DO MATO DENTRO	189
GRÁFICO 7-62: EVOLUÇÃO DO IQAR GUIA TÉCNICO MMA DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO MORRO VERMELHO.	189
GRÁFICO 7-63: EVOLUÇÃO DO IQAR GUIA TÉCNICO MMA DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO ANDRÉ DO MATO DENTRO ..	190
GRÁFICO 7-64: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS - MP2,5	191
GRÁFICO 7-65: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS INALÁVEIS - MP10.	191
GRÁFICO 7-66: COMPARAÇÃO PADRÃO CONAMA 491/2018 PARA PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO - PTS.	192
GRÁFICO 7-67: EVOLUÇÃO DO IQAR FEAM DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO MORRO VERMELHO	193
GRÁFICO 7-68: EVOLUÇÃO DO IQAR FEAM DE MATERIAL PARTICULADO - ESTAÇÃO ANDRÉ DO MATO DENTRO	193

7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

O diagnóstico do meio físico apresentado a seguir considera a caracterização da Área de Estudo (AE) definida para as atividades de sondagem geotécnica e pesquisa geológica. A principal base de informações é o EIA RIMA do Projeto Apolo Umidade Natural, cuja metodologia e resultados foram utilizados para compor o presente diagnóstico ambiental em função, naturalmente, da similaridade espacial da área abordada. Inicialmente, é apresentado o conceito e critérios de definição da Área de Estudo (AE), o contexto regional de inserção do projeto, com base em aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrográficos, que cooperam para o entendimento da base física do terreno, abrindo caminho para as discussões de cunho local, apresentadas na sequência. Ressalta-se que o empreendimento não tem potencial de impacto sobre a disponibilidade ou a qualidade da água subterrânea, portanto, esta temática não foi considerada, no entanto, o EIA RIMA do Projeto Apolo Umidade Natural dispõe das informações associadas.

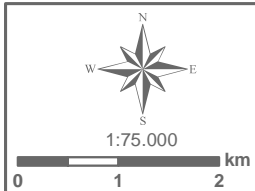
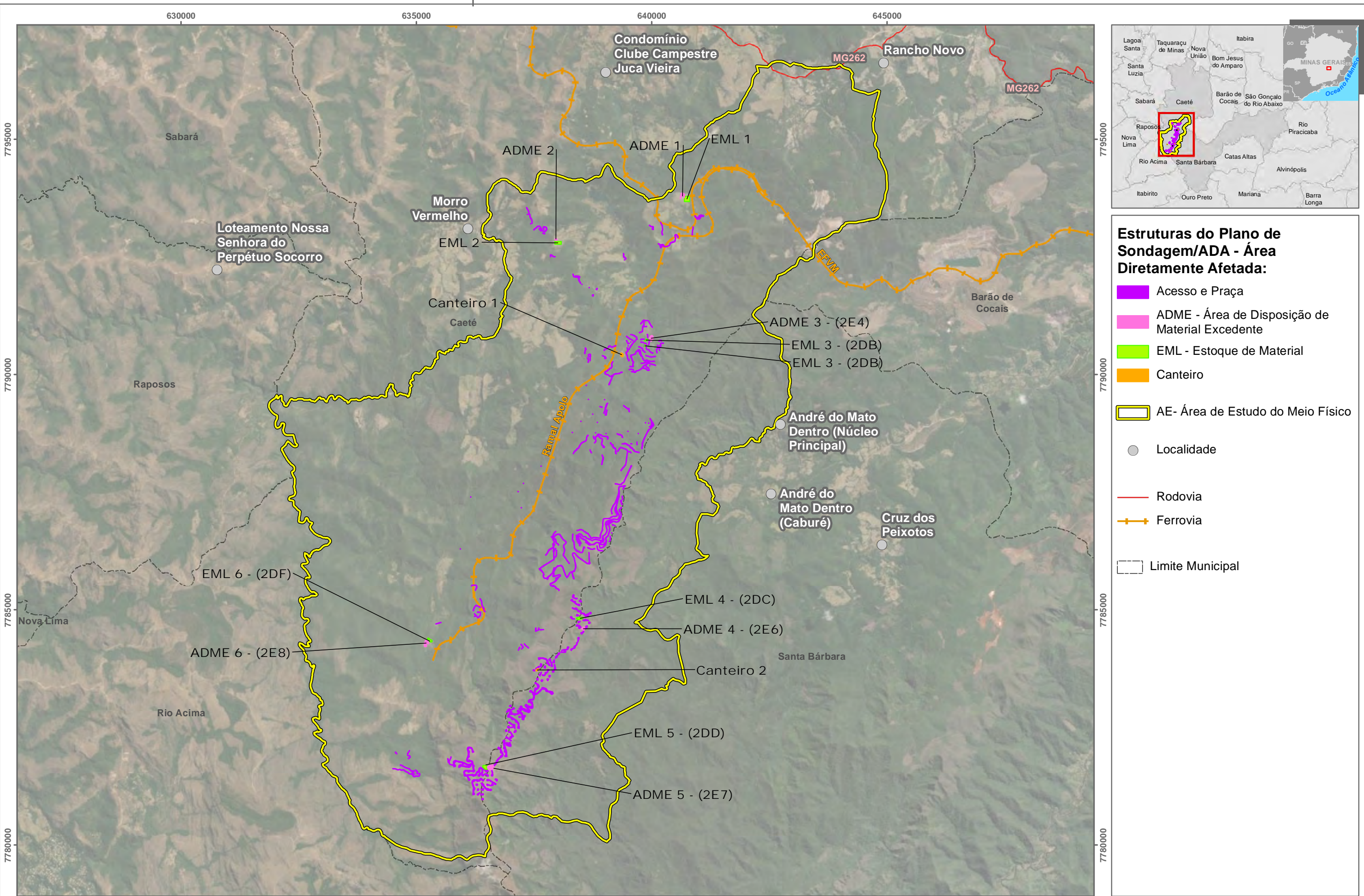
7.1 ÁREAS DE ESTUDO

Para a caracterização ambiental da região em estudo foram definidos limites geográficos para o estudo. A unidade espacial de análise, denominada Área de Estudo (AE), é apresentada a seguir. Ressalta-se que, a definição das Áreas de Influência será apresentada posteriormente, a partir dos resultados obtidos no Diagnóstico Ambiental e, sobretudo, na Avaliação de Impactos Ambientais, considerando-se este último o principal capítulo do presente EIA que subsidia a delimitação das Áreas de Influência Direta e Indireta (AID e AII) do empreendimento.

Para o meio físico a Área de Estudo, AE, com limites apresentados na Figura 7-1, abrange porções de cursos de água que integram as bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Piracicaba. A sua delimitação utilizou como marcos geográficos de referência o talvegue de drenagens e divisores de água no entorno das áreas de sondagem que se concentram em áreas correlatas a mina e demais estruturas associadas do Projeto Apolo Umidade Natural.



No domínio da bacia hidrográfica do rio das Velhas, a porção oeste da AE tem por limite o ribeirão da Prata até a sua confluência com o córrego Olhos d'Água, afluente da margem direita. Segue então pela bacia do córrego Olhos d'Água abrangendo suas cabeceiras até atravessar o interflúvio do córrego Santo Antônio, e abarca o ribeirão Juca Vieira e as cabeceiras dos córregos Jacu, Roça Grande e Caeté.

O limite segue no interflúvio de águas do córrego da Paula (rib. Juca Vieira) até atingir o divisor de águas do córrego Maria Casimira, já na bacia do rio Piracicaba. A partir desse ponto, segue pelo interflúvio do córrego Mato Grosso e do ribeirão Preto, abarcando a sua zona de cabeceiras de drenagem. Estas sub bacias integram a AE por proximidade da cava – concentração de pontos de sondagem – em relação aos setores de nascentes, e tomando como base para definição dos limites, a necessidade de reconhecer as condições dessas bacias adjacentes a operação da mina do projeto em processo de licenciamento.



Base Cartográfica (Fonte):
Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019);
Área de Estudo (AMPLO, 2021) e Plano de Sondagem/ADA (VALE, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
Projeção: Transverse Mercator

		Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo					
Título:		Área de Estudo do Meio Físico					
Elaboração:		Data:	Formato:	Arquivo:			
Geoprocessamento Amplo		02/06/2022	A3	AP_PS_MF_AreaEstudo_MeioFisico_A3_v00			

7.2 CONTEXTUALIZAÇÃO REGIONAL

Em termos geológicos, a Área de Estudo está inserida em Minas Gerais, na porção norte do Quadrilátero Ferrífero (QF), na borda sul do Cráton do São Francisco. O QF representa um terreno granito-greenstone coberto por sequências supracrustais proterozóicas, com um relevo típico, moldado nesta complexa estrutura de cadeia, várias vezes redobrada, onde pacotes de quartzitos e itabiritos desenham um sistema quadriculado de cristas em posição topográfica dominante com relação às depressões alveolares ou periféricas escavadas nos granitos, gnaisses e outros metamorfitos, ao longo de dezenas de milhões de anos.

Do ponto de vista hidrográfico, a área de estudo encontra-se localizada no divisor de águas do rio Doce e do rio São Francisco, em trechos das Regiões Hidrográficas São Francisco e Atlântico Sudeste, conforme a Resolução nº 32/2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, que institui sobre a Divisão Hidrográfica Nacional. A área se encontra no divisor de águas das bacias hidrográficas do rio das Velhas, afluente da margem direita do rio São Francisco e do rio Piracicaba, afluente da margem esquerda do rio Doce, que correspondem às Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos SF5 e DO2, respectivamente (Deliberação Normativa nº 6/2002, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH/MG).

A área da bacia hidrográfica do Rio São Francisco está localizada entre os paralelos 7° e 21° de latitude Sul e os meridianos 36° e 48° de longitude Oeste. Abrange parte dos territórios dos Estados de Alagoas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe. O Rio São Francisco, cuja bacia hidrográfica apresenta área de drenagem total igual a aproximadamente 639.000 km², tem comprimento aproximado de 2.700 km. Suas nascentes se encontram na Serra da Canastra, no Estado de Minas Gerais, e seu escoamento se dá no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe.

O Rio das Velhas tem suas nascentes no município de Ouro Preto (MG), dentro do Parque Municipal das Andorinhas. Este curso d'água, cuja bacia hidrográfica apresenta área de drenagem total de aproximadamente 29.000 km², tem comprimento aproximado de 800 km, sendo classificado, neste quesito extensão, como o maior afluente do Rio São Francisco.

A bacia hidrográfica do Rio das Velhas tem uma população estimada de 4,4 milhões de habitantes, estando a mesma distribuída em 51 municípios mineiros. A região metropolitana de Belo Horizonte ocupa apenas 10% da área territorial da bacia, mas possui mais de 70% de toda a sua população. Concentra atividades industriais e tem processo de urbanização avançado, sendo por isso a área que mais contribui com a degradação das águas do Rio das Velhas.

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco em território mineiro, assim como todas as demais bacias hidrográficas do Estado, é dividida em Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRHs, também denominadas Circunscrições Hidrográficas – CH, como pode ser visto na Figura 7-2. A Área de Estudo Regional pertencente à sub-bacia hidrográfica do Rio das Velhas se encontra inserida na UPGRH, ou CH, do Rio das Velhas (SF5), como pode ser visto na Figura 7-3.

Já a área da bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Leste está localizada entre os paralelos 10° e 23° de latitude Sul e os meridianos 37° e 46° de longitude Oeste. Abrange parte dos territórios dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Sergipe e os territórios dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Esta bacia, com área de drenagem total igual a aproximadamente 569.000 km², compreende a área de drenagem dos rios que desaguam no Oceano Atlântico entre a foz do Rio São Francisco, ao norte, e a divisa entre os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, ao sul.

A bacia hidrográfica do Rio Doce apresenta uma significativa extensão territorial, com cerca de 86.715 km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Estado do Espírito Santo. Abrange, total ou parcialmente, áreas de 228 municípios, sendo 202 em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo, e possui uma população total da ordem de 3,1 milhões de habitantes.

O Rio Doce, com uma extensão de 850 km, tem como formadores o Rio Piranga e o Rio do Carmo, cujas nascentes estão situadas nas encostas das serras da Mantiqueira e Espinhaço, onde as altitudes atingem cerca de 1.200 metros.

A bacia hidrográfica do Rio Doce em território mineiro, assim como todas as demais bacias hidrográficas do Estado, é dividida em UPGRHs, como pode ser observado na Figura 7-2.

A Área de Estudo Regional pertencente à sub-bacia hidrográfica do Rio Doce se encontra inserida na CH do Rio Piracicaba (DO2), como pode ser visto na Figura 7-4.

A Figura 7-5 apresenta este contexto hidrográfico associado ao contexto geológico e de relevo sombreado presente na a região de inserção da Área de Estudo da sondagem geológica e pesquisa geotécnica, sendo possível perceber que os divisores hidrográficos da Área de Estudo se encontram na região elevada da Serra da Paula (toponímia local para a Serra do Gandarela), porção norte do Quadrilátero Ferrífero, conformada nas rochas dos Supergrupos Minas e Velhas no âmbito do sinclinal Gandarela.

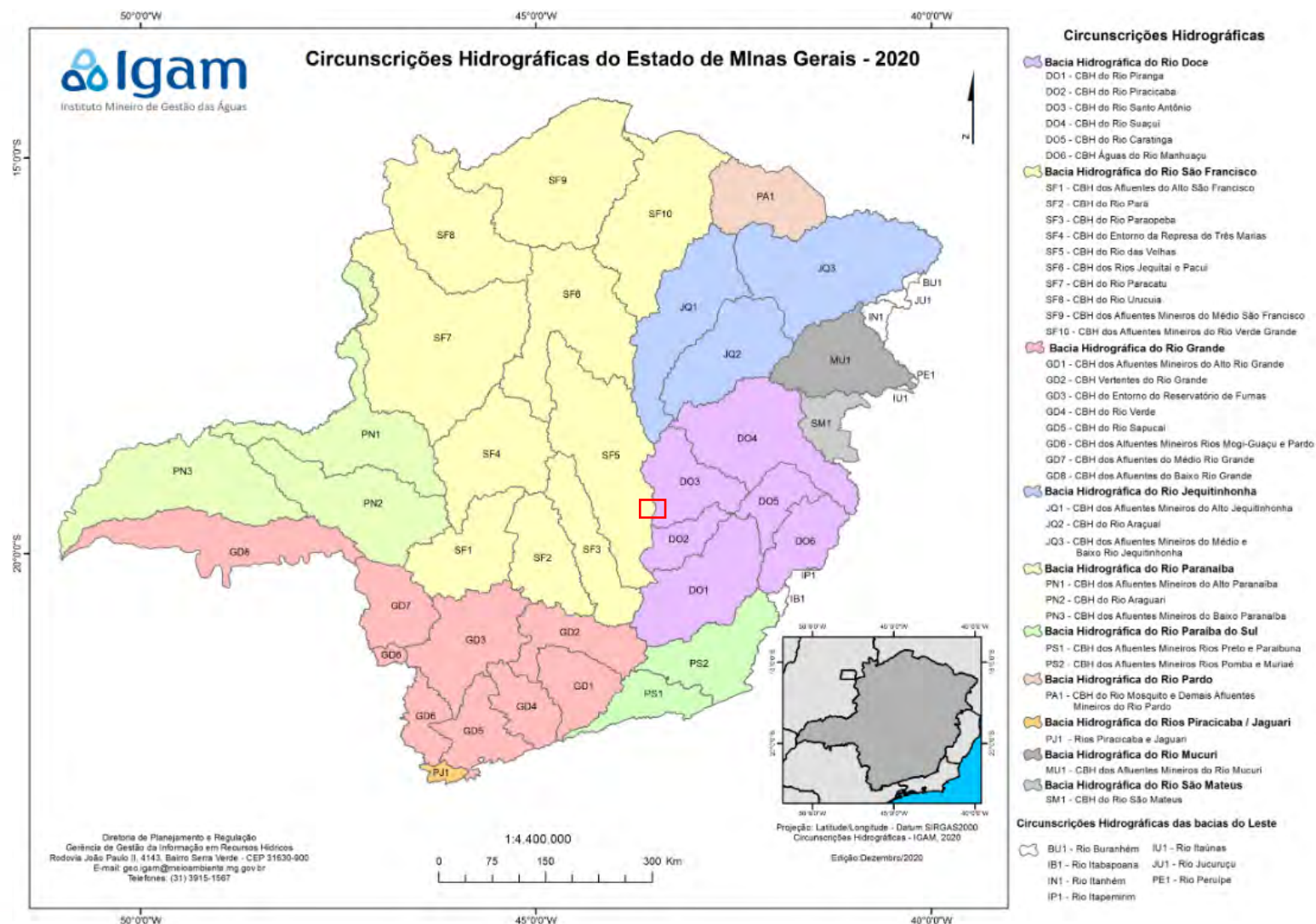


Figura 7-2: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.

Fonte: IGAM, 2022.

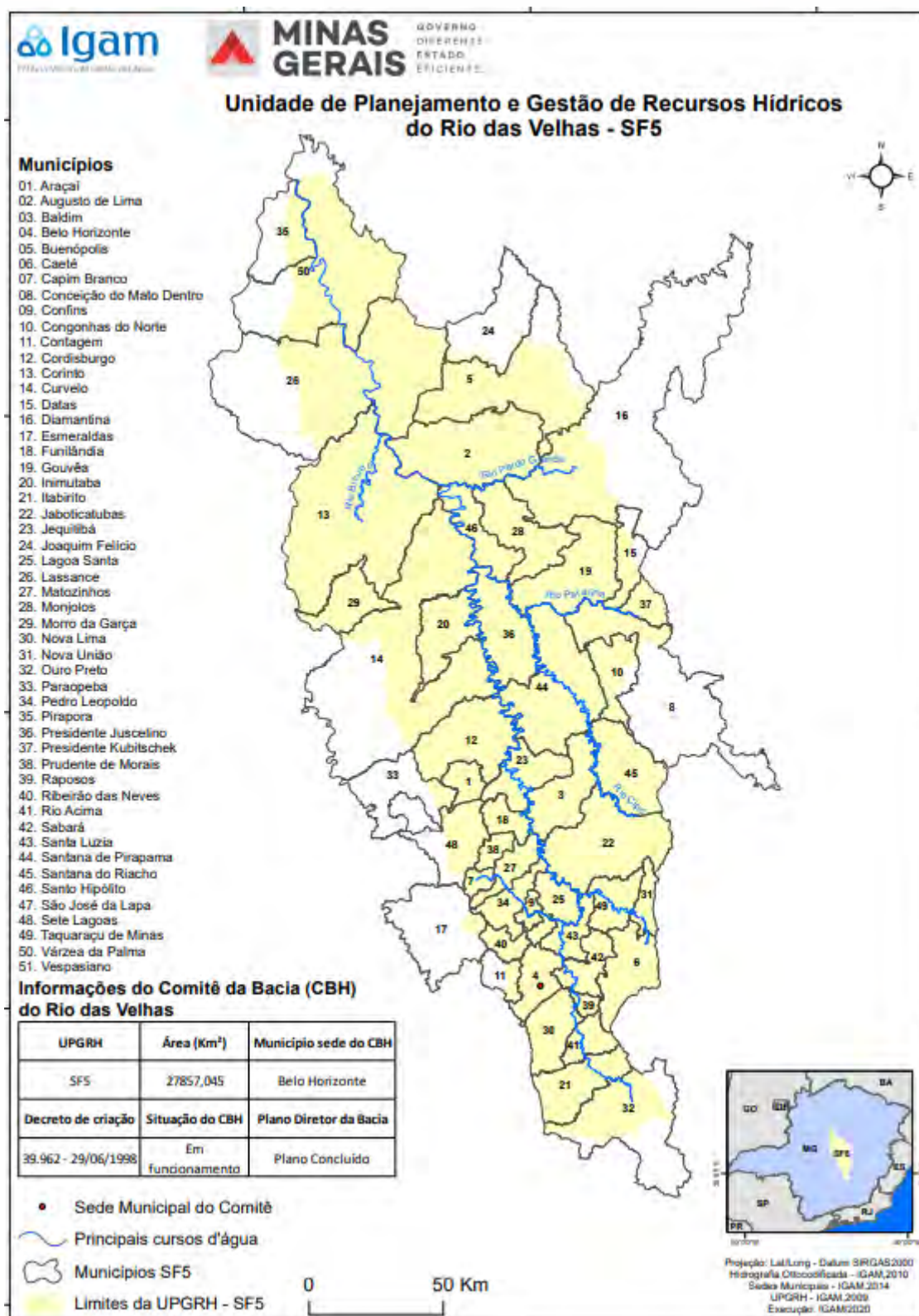


Figura 7-3: Circunscrição Hidrográfica – ou Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – do Rio das Velhas (SF5).

Fonte: IGAM, 2022.

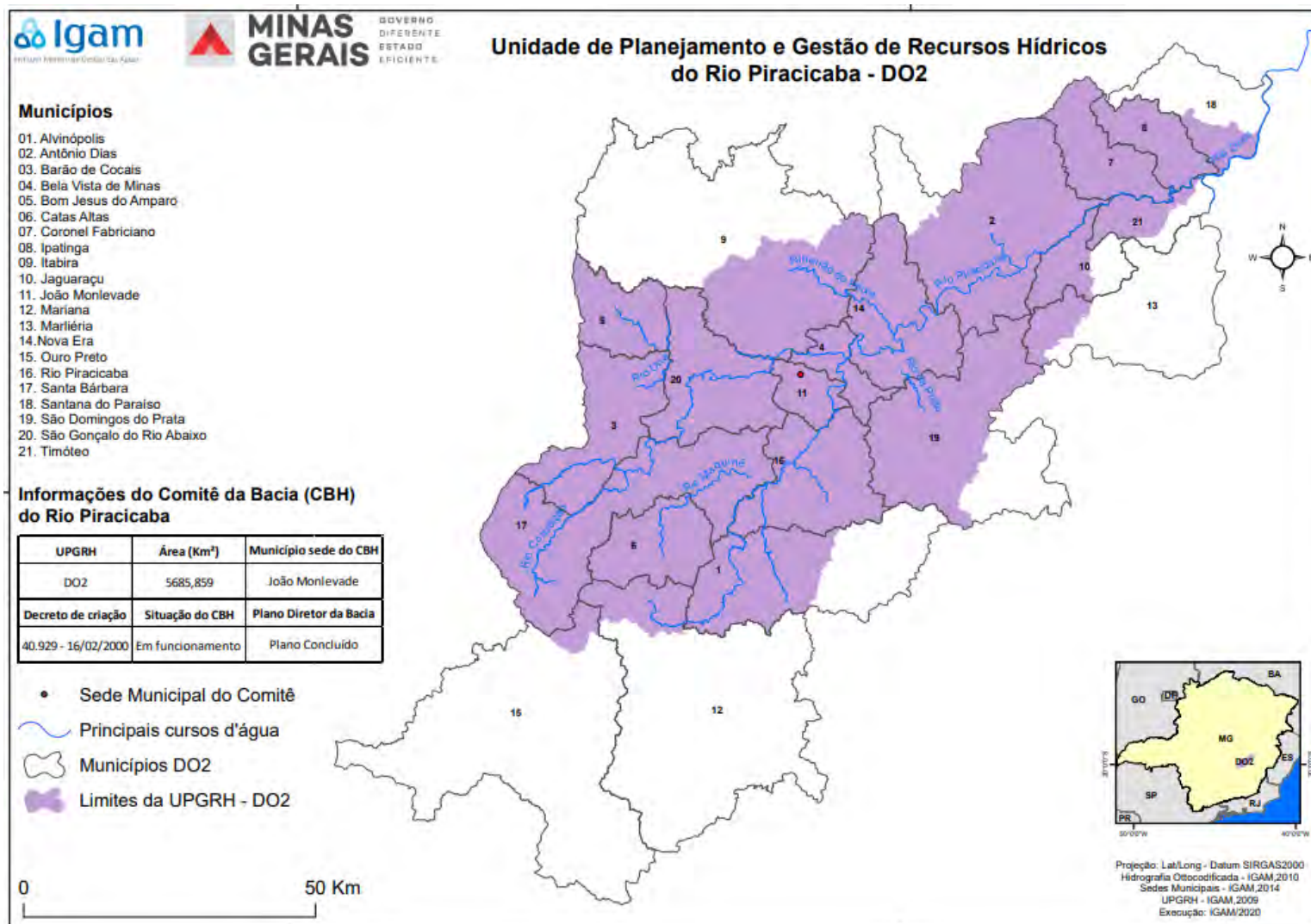
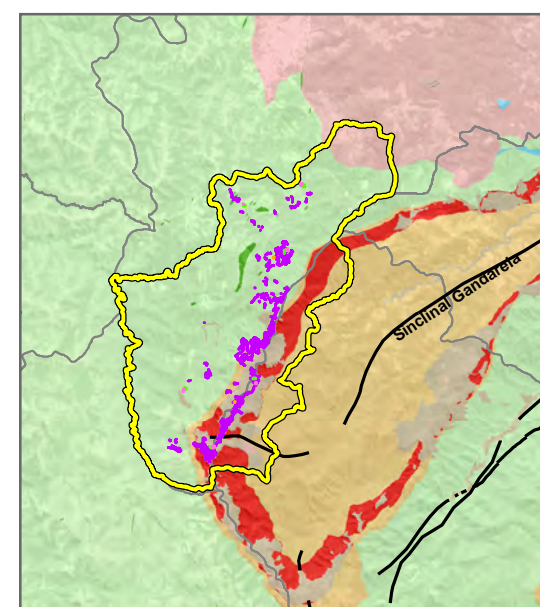
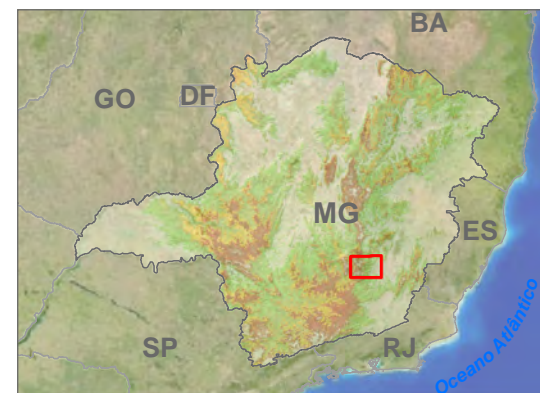
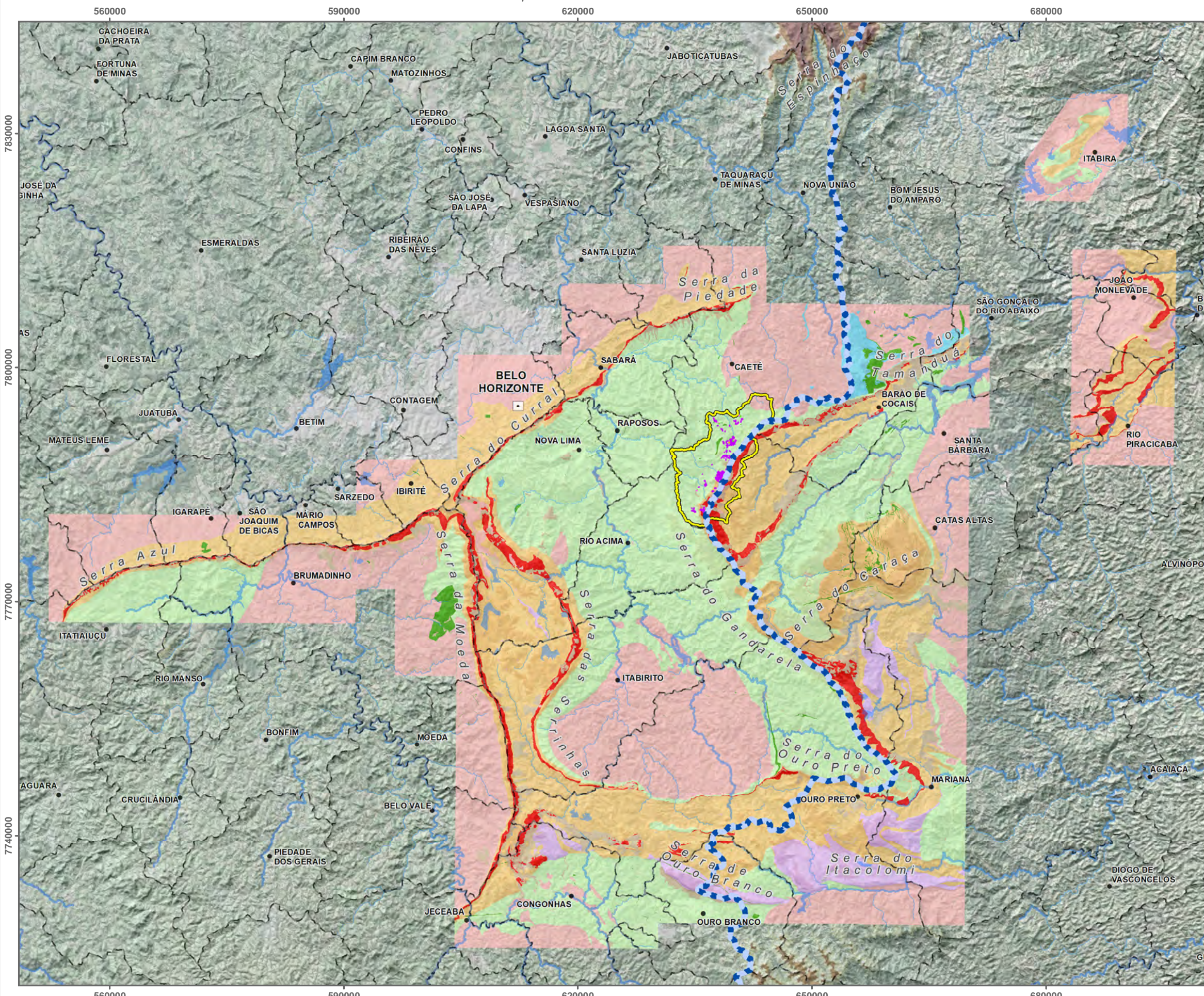


Figura 7-4: Circunscrição Hidrográfica – ou Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – do Rio Piracicaba (DO2).

Fonte: IGAM, 2022.



Geologia

- Formação Cauê - SG Minas
- Grupo Itacolomi
- Supergrupo Espinhaço
- Supergrupo Minas
- Supergrupo Rio das Velhas
- Terrenos Granito-Gnaissicos
- Corberturas Cenozóicas
- Fácies Itacolomi
- Rocha Intrusiva

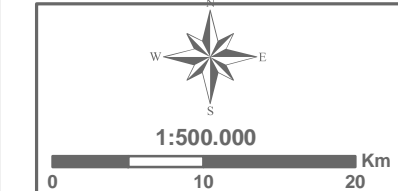
Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

- Acesso e Praça
- ADME - Área de Disposição de Material Excedente
- EML - Estoque de Material Lenhoso
- Canteiro

AE - Área de Estudo

Localidades/Referências

- Capital Estadual (Belo Horizonte)
- Sede Municipal
- Divisor hidrografico Rio das Velhas - São Francisco / Rio Piracicaba - Doce
- Hidrografia
- Limite Municipal



Base Cartográfica (Fonte): Limites políticos (IBGE, 2015); Áreas de Estudo (Ampla, 2020); Hidrografia e Divisor de Água (IGAM, 2010); Plano de Sondagem/ADA (VALE, 2022); Geologia (CODEMIG, 2005).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
Projeção: Transverse Mercator
Datum: SIRGAS 2000

Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo

Título: **Geologia simplificada do Quadrilátero Ferrífero e inserção da AER**

Elaboração: **Geoprocessamento Ampla** | Data: **28/02/2022** | Formato: **A3** | Arquivo: **AP_PS_MG_geologia_quadrilatero_A3_v02**

Em termos geológicos, tem-se que as rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, que se destacam em ocorrência na Área de Estudo, mostram-se empurradas para oeste. Vieira e Oliveira (1988) descrevem quatro fases de deformação D1, D2, D3 e D4. Quatro fases Pós - Supergrupo Minas são identificadas por Marshak e Alkmim (1989). Outros estudos na região propuseram uma (BELO DE OLIVEIRA, 1986; BELO DE OLIVEIRA E VIEIRA, 1987; BELO DE OLIVEIRA E TEIXEIRA, 1990), duas (GUIMARÃES, 1931), e seis (LADEIRA E VIVEIROS, 1984) fases de deformação. Os trabalhos de Marshak *et al.* (1994), Chauvet *et al.* (1994), Chemale *et al.* (1994, 1996), Corrêa Neto & Baltazar (1995) e Baltazar *et al.* (1993, 1995) (1993, 1995) reavaliam este tema tão controverso. Lobato *et al.* (2000a) apresentam uma síntese dos dados geocronológicos disponíveis para a região do QF. As idades incluem determinações para os gnaisses e migmatitos arqueanos tipo TTG, plútons granitóides arqueanos, diques máficos, pegmatitos e granitóides proterozóicos e rochas do Supergrupo Minas. Com base nestes dados uma sequência de cinco eventos pode ser estabelecida para o QF:

- O primeiro envolveu um período principal de crescimento crustal anterior a 2.9 Ga, seguido de vários eventos tectônicos curtos episódicos entre 2860 e 2600 Ma. O primeiro evento ocorreu por volta de 2860 Ma e envolveu a migmatização de terrenos TTG antigos.
- Num segundo evento ocorreu a evolução do *greenstone belt* Rio das Velhas associada com eventos tectono-metamórficos e magmáticos entre 2780 e 2700 Ma, o qual pode ser dividido em duas fases: (i) Plutonismo calco alcalino-tonalítico a granítico, vulcanismo félsico e retrabalhamento de crosta TTG entre 2780-2760 Ma; intrusão de granitos tardi a pós colisionais entre 2720-2700 Ma.
- No terceiro evento ocorreu a cratonização e sedimentação em plataforma estável seguida de intrusão de granitos em 2600 Ma. A Sedimentação plataformar de carbonatos da Formação Gandarela em 2400 Ma indica um longo período de estabilidade tectônica.
- Num quarto evento ocorreu a orogenia Transamazônica compreendendo consumo de crosta oceânica e geração de tonalitos e trondjemitos derivados do manto de idade entre 2162-2124 Ma (ÁVILA *et al.*, 1998; NOCE *et al.*, 1998), seguida de intrusão de granitos sin a tardi-colisionais de derivação crustal, e sedimentação tipo *foreland basin*. O colapso do orógeno resultou no desenvolvimento de estruturas tipo *dome-and-keel*, que é a estrutura dominante do QF (ALKMIM E MARSHAK, 1998). Idades U-Pb de titanitas entre 2060 e 2030 definem o período desta fase final extensional.
- Num quinto evento ocorreu a deformação do Brasileiro, cuja atuação é marcante ao longo da borda leste do QF, devido ao transporte de massa de leste para oeste evidenciado nos *fronts* de empurrão.

Por fim, evidências de tectônica Cenozóica no Quadrilátero Ferrífero têm sido observadas por vários autores, em pequenos depósitos sedimentares (SAADI, 1991; SAADI *et al.* 1992; MAIZATTO E CASTRO, 1993; LIPSKY *et al.*, 2001). Maizatto & Castro (1993) assinalam a ocorrência de falhas normais sin-deposicionais, com orientações WNW-ESE, afetando a sequência sedimentar cenozóica da bacia do Gandarela. Lipsky *et al.* (2001) descrevem intensa deformação, com falhas normais, reversas e transcorrentes cortando os sedimentos Cenozóicos do Quadrilátero Ferrífero. Estes autores individualizam três eventos

deformacionais com campos de tensão distintos: um primeiro evento, extensional, com orientação NNE-SSW, associado à fase de sedimentação eocênica observada por Maizatto (1997) na bacia do Gandarela; um segundo evento compressivo segundo NW-SE, por vezes direcional, causando inversão de depósitos e, finalmente; um terceiro representando um relaxamento das estruturas do evento anterior, com tendência de extensão E-W.

Em sua macroestrutura, o Quadrilátero Ferrífero tem geometria definida por megadobras sinformes e antiformes, truncadas por cinturões de falhas de empurrão, de direções norte-sul, na sua parte oriental. As primeiras estruturas estabelecem seus limites norte, sul, oeste e leste, representados, respectivamente, pelo homoclinal da serra do Curral, e sinclinais Dom Bosco, Moeda e Santa Rita. A leste, além do Sinclinal Santa Rita, os sinclinais Gandarela, Ouro Fino e Conta História dispõem-se segundo amplo arco de direção norte-sul, segmentados pelos cinturões de falhas de empurrão atribuídas ao Ciclo Tectônico Brasileiro.

As principais estruturas relacionadas à área de inserção do projeto incluem o Sinclinal Gandarela e o sistema de falhas Fundão Cambotas. O Sinclinal Gandarela é descrito por Dorr (1969) como uma dobra aberta e normal em sua porção oeste e isoclinal e invertida para noroeste, em sua porção leste, configurando dois estilos estruturais distintos, com caimentos de eixos para NE na sua extremidade ocidental e caimento para SW na sua terminação oriental. Para Chemale Jr. *et al.* (1994) o Sinclinal Gandarela é uma estrutura alóctone, invertida, vergente para NW, com os estratos do Supergrupo Minas dobrados em torno de um eixo NE-SW. O modelo evolutivo proposto para o sinclinal por Endo *et al.* (2004) inicia-se no evento Transamazônico com a geração de uma dobra recumbente regional, com o Supergrupo Rio das Velhas em seu núcleo, tendo seu flanco inverso redobrado coaxialmente, formando o Sinclinal Gandarela, uma dobra recumbente com o Supergrupo Minas em seu núcleo. A dobra é, portanto, um sinclinal antifórmico que adquiriu uma conformação de dobra reclinada, com eixo de caimento em torno de 35° para ESE, durante o evento Brasileiro, por efeito de uma sucessão de dobras-falhas que afetou principalmente seu segmento oriental (BALTAZAR *et al.*, 2005).

O Sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas representa uma frente de empurrões e dobras compreendida pelas falhas do Fundão (DORR, 1969) e das Cambotas (CROCCO-RODRIGUES *et al.* 1989), que se articulam ao sul do Sinclinal Gandarela (CHEMALE JR. *et al.*, 1994), com diversas escamas de empurrão imbricadas delimitadas pelas falhas de Ouro Fino, das Flechas, Alegria, Frazão e Água Quente (ENDO E FONSECA, 1992). São zonas de cisalhamento de empurrão, de direção geral norte-sul, com vetor de transporte tectônico orientado de leste para oeste.

A sua litoestratigrafia pode ser subdividida em cinco unidades principais (DORR, 1969; MARSHAK E ALKMIM, 1989; ALKMIM E MARSHAK, 1998) as quais incluem, da base para o topo, os

- Terrenos granito-gnáissicos (idade de 3,2-2,9 Ga, CARNEIRO *et al.* 1994),
- Supergrupo Rio das Velhas (3,0-2,7 Ga, MACHADO *et al.*, 1989; MACHADO E CARNEIRO, 1992a, 1992b);
- Supergrupo Minas (<2,6-2,4 Ga, BABINSKI *et al.*, 1991, MACHADO *et al.*, 1996);
- Grupo Itacolomi (2,1 Ga, MACHADO *et al.*, 1993) e;

- Supergrupo Espinhaço (ca. 1,7 Ga, MACHADO *et al.*, 1989, 1996).

Em termos geomorfológicos, tem-se que uma das serras que compõem o Quadrilátero Ferrífero, em sua porção noroeste, é a Serra do Gandarela. A área de estudo deste projeto, por sua vez, está situada na borda noroeste da Sinclinal Gandarela, uma aba de sinclinal invertida que se encontra em posição geomorfológica de sinclinal suspensa, com bordas escarpadas sob forma de uma crista que circunda toda a estrutura, exceto por uma pequena abertura drenada pelo rio Barão de Cocais em direção nordeste. Apesar da inversão estrutural sinclinal mais efetiva em sua borda sudeste, devido à vergência para noroeste, o modelo geomorfológico é mantido pela rigidez das rochas ferríferas e quartzíticas que armam as cristas periféricas. Em contato com as unidades geomorfológicas individualizadas no contexto da Serra do Gandarela ocorre um conjunto de morros no vale do Rio das Velhas, desenvolvidos sobre litologias como xistos.

7.3 CLIMATOLOGIA

7.3.1 METODOLOGIA

A caracterização climática e meteorológica foi realizada em um contexto regional, com vistas ao conhecimento do comportamento normal da atmosfera, o qual é indicativo das condições de tempo dominantes. Tais condições de tempo, aferidas através dos elementos climáticos (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, etc.) são resultado da atuação dos sistemas atmosféricos em associação às características da superfície, destacadamente o relevo e o uso do solo. A dinâmica atmosférica regional, substanciada na identificação e descrição dos principais sistemas atmosféricos atuantes na porção central de Minas Gerais foi realizada com base no referencial bibliográfico e técnico disponível (ERM/2008).

A Organização Meteorológica Mundial recomenda o emprego, sempre que possível, de série de dados meteorológicos correspondentes a, no mínimo, 30 anos consecutivos de registro, que em geral são considerados suficientes para a caracterização climática de uma área.

A caracterização abrange as características de precipitação, evaporação, temperatura, umidade relativa, insolação total, nebulosidade total e direção do vento.

Para descrição do comportamento climático foram utilizadas as normais climatológicas do INMET para a estação convencional mais próxima da área onde se pretende implantar o Projeto Apolo Umidade Natural (Estação de Belo Horizonte, Código 83.587) a fim de obter-se, em linhas gerais, o comportamento esperado das variáveis supracitadas ao longo dos meses, sendo possível prever, por exemplo, quando são esperados períodos mais ou menos intensos em termos de cada uma delas. Também foram utilizadas as representações gráficas das Normais Climatológicas de 1991-2020 compiladas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), com base nos dados das estações que compõem sua rede de monitoramento.

Para a caracterização da precipitação também foram utilizados os dados dos pluviômetros da Agência Nacional da Água (ANA) situados no entorno da área do projeto. As estações da ANA foram utilizadas de acordo com os períodos de registro disponíveis, estes períodos encontram-se apresentados na Tabela 7-1, destacando-se a compatibilidade com o item

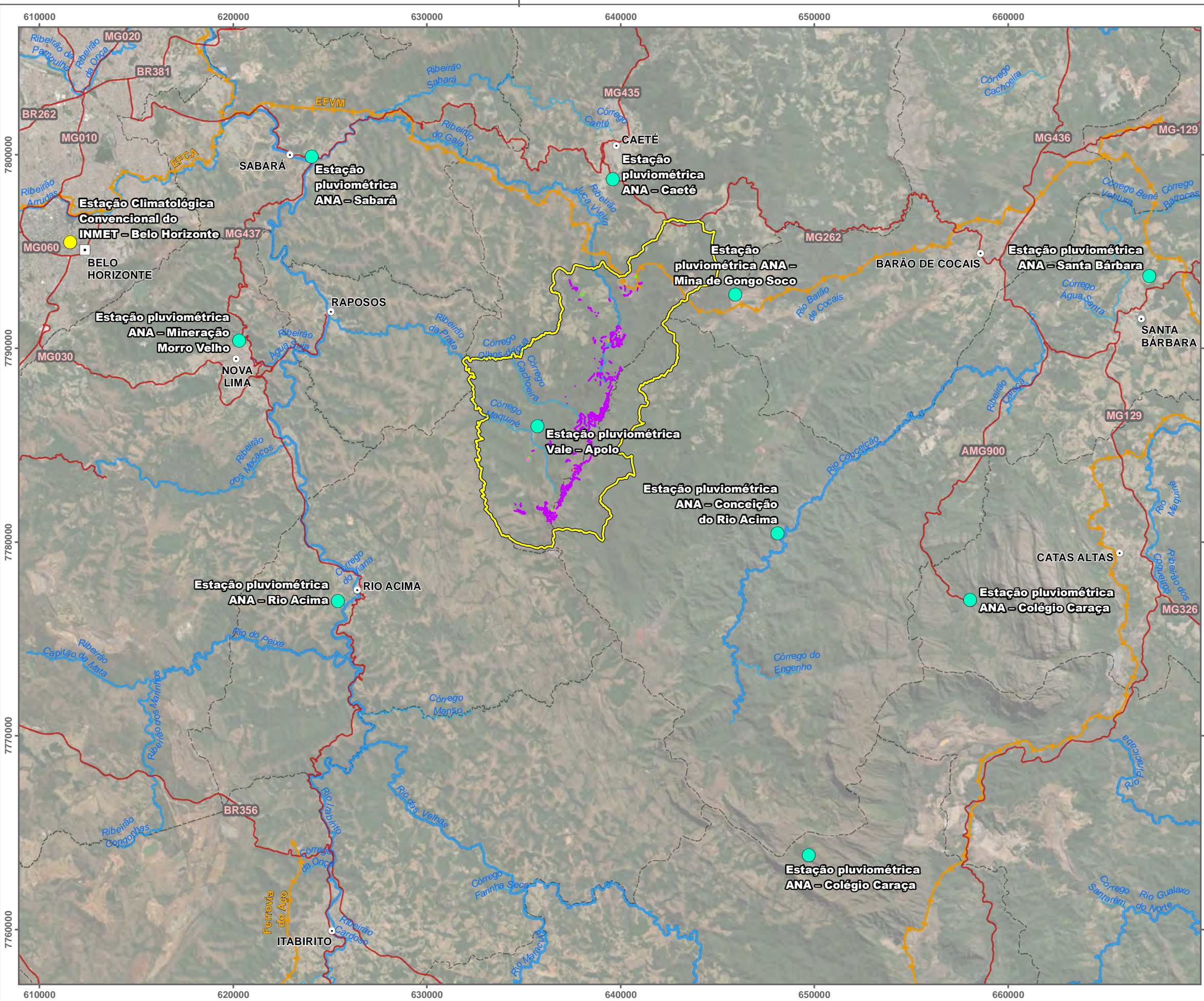
Hidrologia. Foram ainda utilizados dados dos pluviômetros da mina de Gongo Soco e de Apolo da Vale e Rio Acima, com base na compilação de Hidrovia (2021).

Tabela 7-1: Estações Pluviométricas.

Código da Estação	Nome	Município	Coordenadas		Altitude (m)	Dados Consistidos Disponíveis		Dados Brutos Disponíveis	
			Latitude (S)	Longitude (W)		Início	Fim	Início	Fim
01943000	Mineração Morro Velho	Nova Lima	-19.9792°	-43.85°	770	Out/1941	Nov/2003	Jan/1885	Jul/2018
01943006	Sabará	Sabará	-19.8931°	-43.815°	720	Jun/1941	Dez/2005	Jun/1941	Out/2020
01943007	Santa Bárbara	Santa Bárbara	-19.9453°	-43.4011°	748	Nov/1941	Dez/2005	Nov/1941	Out/2020
01943010	Caeté	Caeté	-19.9028°	-43.6664°	825	Jul/1941	Dez/2005	Jul/1941	Ago/2020
02043016	Rio Acima	Rio Acima	-20.0919°	-43.7919°	730	Jun/1941	Set/1957	Mai/1937	Set/1957
02043022	Colégio Caraça	Santa Bárbara	-20.2167°	-43.5667°	1.300	Nov/1941	Dez/1965	Nov/1941	Dez/1965
02043023	Conceição do Rio Acima	Santa Bárbara	-20.0667°	-43.5833°	805	Nov/1941	Dez/1965	Nov/1941	Dez/1965
02043059	Colégio Caraça	Santa Bárbara	-20.0969°	-43.4881°	1.300	Jan/1983	Dez/2005	Mar/1983	Set/2020

Fonte: ANA, 2021.

A Figura 7-6 apresenta o conjunto das estações meteorológicas cujos dados foram utilizados para compor o diagnóstico.



Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

- Acesso e Praça
- ADME - Área de Disposição de Material Excedente
- EML - Estoque de Material Lenhoso
- Canteiro
- AE- Área de Estudo

Estações Meteorológicas

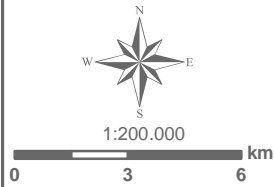
- Estação Climatológica
- Estação Pluviométrica

- Córrego
- Ribeirão
- Rio

- Rodovia
- Ferrovia



Localidades/Referências

- Capital Estadual (Belo Horizonte)
- Sede Municipal
- Limite Municipal



Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Área de Estudo (AMPLO, 2021) Plano de Sondagem/ADA (VALE, 2022); Hidrografia (IGAM; Edit AMPLO, 2020); Estações (ANA).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
Projeção: Transverse Mercator



PLANO DE SONDAÇÃO APOLO

Título: Localização e Distribuição das Estações Meteorológicas

Elaboração: Geoprocessamento Amplo | **Data:** 03/03/2022 | **Formato:** A3 | **Arquivo:** AP_PS_MF_EstacoesMeteorológicas_A3_v03

7.3.2 RESULTADOS

7.3.2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL

O conhecimento das características climáticas da região onde se pretende alocar o empreendimento tem como objetivo fornecer informações fundamentais e subsídios para as avaliações temáticas relacionadas aos diversos componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico, devido ao condicionamento que os fatores climáticos exercem sobre estes.

7.3.2.1.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

O clima da região do empreendimento, pela classificação de Köppen-Geiger (Strahler-Strahler, 1989), é do tipo *Cwb* – tropical de altitude, com verões quentes e úmidos e a estação seca bem definida, sendo os meses de outubro a abril, úmidos, e os de maio a setembro, relativamente secos. A cobertura vegetal da região, de acordo com os mapas e descrições dos domínios morfoclimáticos da América do Sul, segundo Aziz Ab'Saber (1971), situa-se na condição de transição entre os domínios Tropical Atlântico e dos Cerrados.

7.3.2.1.2 EFEITOS DO REGIME CLIMÁTICO DE LARGA ESCALA

O município de Caeté, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de larga escala, de latitudes médias e tropicais, que imprimem à região características de um clima de transição. Segundo o trabalho de Nimer (1979) predominam sobre o Estado de Minas Gerais perturbações meteorológicas que se deslocam de sul, de leste e de oeste. Duas estações climáticas bem definidas podem ser identificadas como: *uma seca e outra chuvosa*.

A *estação seca* é observada no outono e no inverno. No inverno predomina a atuação da Frente Polar Atlântica (FPA) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Este atua com circulação continental antes do sistema frontal atingir o Estado, causando forte estabilidade atmosférica. Após a passagem dos sistemas frontais, a massa de ar predominante do sul do continente avança até o centro do Estado, provocando queda de temperatura.

A *estação chuvosa* é observada na primavera e no verão, quando o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul atua predominantemente sobre o oceano. As regiões Leste, Nordeste e Sudeste do Estado de Minas sofrem, então, forte influência de sistemas convectivos associados ao aquecimento continental.

Segundo Moreira (2002), estes sistemas, conhecidos como Linhas de Instabilidade, são constituídos por nuvens denominadas *cumulunimbus*, organizadas em linhas ou em curva. Estas linhas formam um sistema associado à circulação de escala sinótica. Nimer (1979) afirma que as linhas de instabilidade são comuns no interior do Brasil, em especial nos meridianos de 45° a 40°W, sendo muito frequentes durante o verão e raras durante o inverno. Estas linhas podem provocar significativa precipitação. As Linhas de Instabilidade, originadas da continentalidade, afetam a região da Grande Belo Horizonte e são intensificadas pela circulação de vale-montanha com reflexos diretos sobre a região do empreendimento.

Segundo Abreu (1998), as Linhas de Instabilidades Tropicais (ITs) estão relacionadas aos núcleos de baixa pressão, originários do aquecimento continental. Elas são equivalentes às correntes perturbadas de oeste, as quais foram identificadas no trabalho de Nimer (1979). Estas depressões podem associar-se à convergência que se verifica no lado equatorial dos sistemas frontais.

A partir dessa associação ao norte da Frente Polar, intensifica-se a formação das ITs sobre o continente. Depois de formadas elas se deslocam lentamente podendo permanecer estacionárias. Moreira (2002) afirma que à medida que a Frente Polar avança para o Equador, as ITs se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais. Esta situação favorece a ocorrência de tempestades severas, que se formam geralmente à tarde e à noite.

Um aspecto importante da circulação do ar sobre a latitude de Caeté foi apontado por Moreira (2002). Segundo este autor, o sentido predominante do vento na região é do quadrante leste/nordeste devido à ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Porém, em seu trabalho, a análise interanual dos ventos mostrou que alguns anos da série de dados não obedeciam a este padrão, tendo sido observado o predomínio de ventos do quadrante norte/oeste, associados a anomalias positivas de precipitação mensal.

Finalmente observa-se que os sistemas de ventos locais também atuam sobre a área do empreendimento resultante da circulação de brisa entre as encostas que circundam os municípios limítrofes de Caeté e a depressão onde grande parte da região se localiza, sendo originada pelo aquecimento e resfriamento diferenciados das encostas.

Adicionalmente, os sistemas de ventos locais também atuam sobre a área do empreendimento. Esses sistemas são resultado da circulação de brisa entre as encostas que circulam os municípios limítrofes de Caeté e a depressão topográfica, onde grande parte da região se localiza. Essa circulação de brisa ocorre devido ao aquecimento e resfriamento diferenciados das encostas que fazem parte da topografia complexa da região.

7.3.2.1.3 EFEITOS DO REGIME CLIMÁTICO DE MESO ESCALA

Os fenômenos meteorológicos de mesoescala representam uma interface entre os fenômenos de larga escala e os de microescala, com reflexos diretos na baixa atmosfera.

A região do projeto encontra-se a aproximadamente 400 km da costa oceânica. O empreendimento localiza-se no limite entre o Quadrilátero Ferrífero e a Depressão Topográfica da Grande Belo Horizonte, principais conjuntos morfo-estruturais da região.

Resumidamente pode-se afirmar que o clima do Estado de Minas Gerais, com ênfase na área do projeto, é determinado por vários fatores, como a circulação geral da atmosfera e a influência de sistemas de meso-escala e escala local, tais como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, os sistemas frontais, sua topografia, etc.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul atua sobre a região estudada durante todo o ano, intensificando sua magnitude durante os meses de inverno. A circulação dos ventos oriundos deste anticiclone gera ventos de leste e nordeste. Durante o verão, observa-se uma persistência dos ventos de oeste, noroeste e sudoeste provenientes do continente. Ventos de

sudeste e sul também são observados, particularmente relacionados à presença de sistemas frontais.

7.3.2.2 CLIMATOLOGIA LOCAL: ANÁLISE DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

7.3.2.2.1 TEMPERATURA

A Figura 7-7, Figura 7-8 e a Figura 7-9 apresentam as isotermas médias, mínimas e máximas anuais compiladas pelo INMET com base nos dados das Normais Climatológicas da rede de estações distribuídas no território nacional, publicadas em 2022 para o período de 1991 a 2020. Trata-se do conjunto de temperaturas médias medidas na rede de estações meteorológicas do INMET.

Observa-se no mapa de distribuição espacial das isotemperaturas médias anuais que a faixa de temperatura de 19,4 a 24° C domina sobre a área do empreendimento. Com relação às isotemperaturas mínimas anuais domina a faixa de temperatura de 15,2 a 20,2° C e, para as isotemperaturas máximas anuais, a faixa de temperatura de 24,9 a 29,1° C.

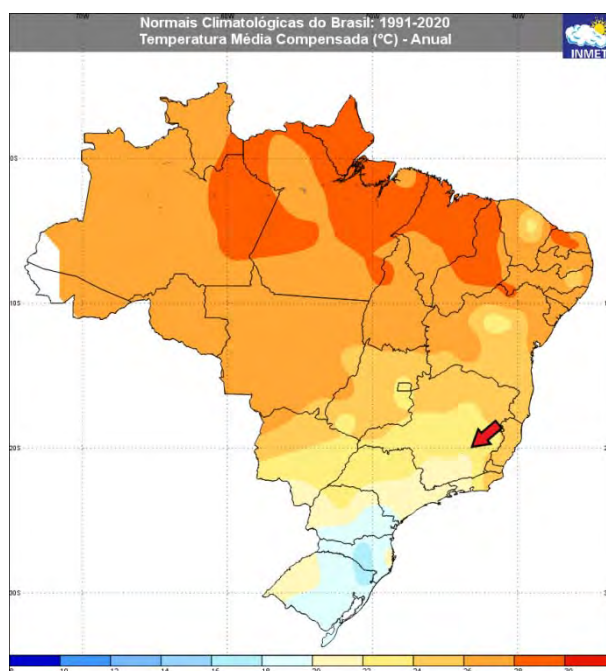


Figura 7-7: Isotermas médias anuais.

Fonte: INMET, 2022.

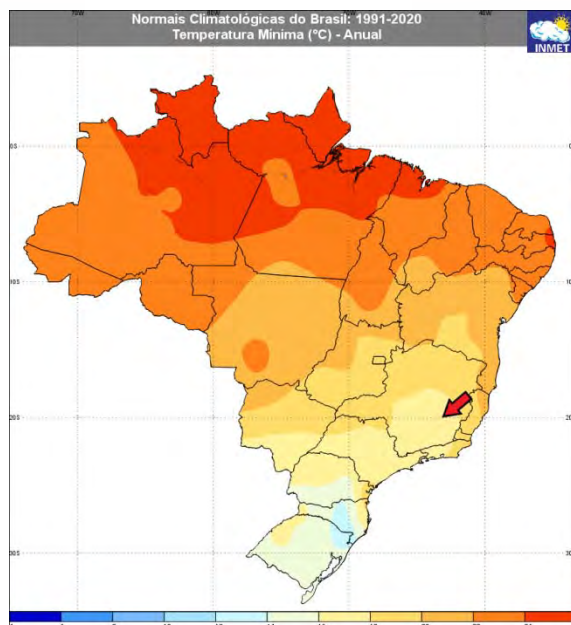


Figura 7-8: Isotermas mínimas anuais.

Fonte: INMET, 2022.

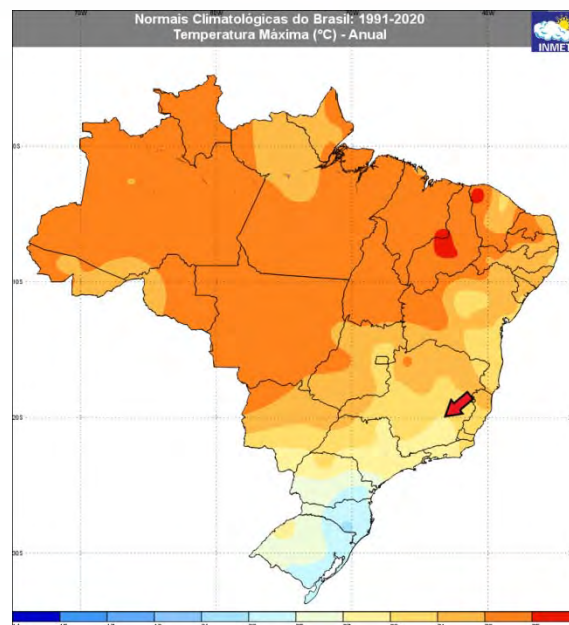


Figura 7-9: Isotermas máximas anuais.

Fonte: INMET, 2022.

O Gráfico 7-1 apresenta os dados da série da Normal Climatológica da estação Belo Horizonte (1991 a 2020), sendo esperadas as maiores temperaturas em dezembro, janeiro, fevereiro e março e as menores temperaturas em maio, junho, julho e agosto na região. A média do período corresponde a 21,1°C, correspondendo à faixa representada acima nas isotermas médias.

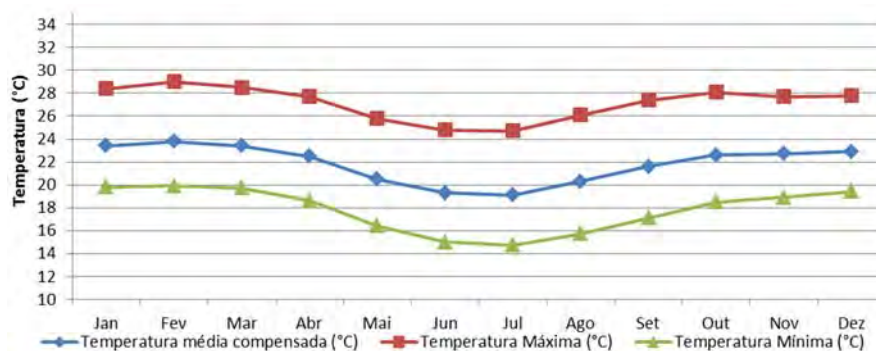


Gráfico 7-1: Temperatura Média, Máxima e Mínima da Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: INMET, 2022.

7.3.2.2.2 PRECIPITAÇÃO

Os valores históricos médios mensais encontram-se apresentados na Tabela 7-2 e no Gráfico 7-2. A distribuição da ocorrência das chuvas nas estações pluviométricas selecionadas é semelhante ao comportamento da Normal Climatológica. Ao se analisar os dados médios históricos de precipitação, observa-se que os valores médios mensais registrados apresentam um comportamento muito semelhante, sendo identificado um período chuvoso de novembro a janeiro e meses mais secos correspondendo a junho, julho e agosto. Nota-se também que os maiores índices pluviométricos ocorrem nos meses de primavera e verão e os baixos índices são verificados no final do outono e, sobretudo, nos meses de inverno.

Tabela 7-2: Precipitações Históricas Totais Médias Mensais – Pluviômetros ANA.

Meses	Mineração Morro Velho (01943000)	Sabará (01943006)	Santa Bárbara (01943007)	Caeté (01943010)	Rio Acima (02043016)	Colégio Caraça (02043022)	Conceição do Rio Acima (02043023)	Colégio Caraça (02043059)
Janeiro	287,7	277,2	275,8	276,9	207,0	340,8	284,8	359,6
Fevereiro	190,6	173,1	178,5	169,4	170,5	266,9	176,8	224,7
Março	167,4	168,7	169,5	155,7	165,9	227,0	155,7	224,4
Abril	63,1	59,8	58,8	54,2	46,2	84,5	62,2	92,6
Maio	29,5	28,0	27,6	26,9	21,5	34,9	29,7	44,6
Junho	13,0	11,2	14,3	11,6	12,7	16,5	14,7	13,4
Julho	11,3	10,5	11,1	10,1	3,9	15,9	7,9	11,4
Agosto	12,3	9,6	13,9	11,0	4,5	11,8	8,3	18,1
Setembro	43,6	40,5	42,9	43,7	30,4	35,2	31,6	57,1
Outubro	124,8	115,8	106,6	109,1	99,6	162,0	101,7	124,7
Novembro	236,7	227,8	216,6	217,6	159,2	261,3	213,2	284,7
Dezembro	341,1	333,0	305,8	330,9	302,6	465,0	348,0	471,5
MÉDIA	126,8	121,3	118,4	118,1	102,0	160,2	119,5	160,6
TOTAL	1.521	1.455	1.421	1.417	1.224	1.922	1.434	1.927

Fonte: ANA, 2021.

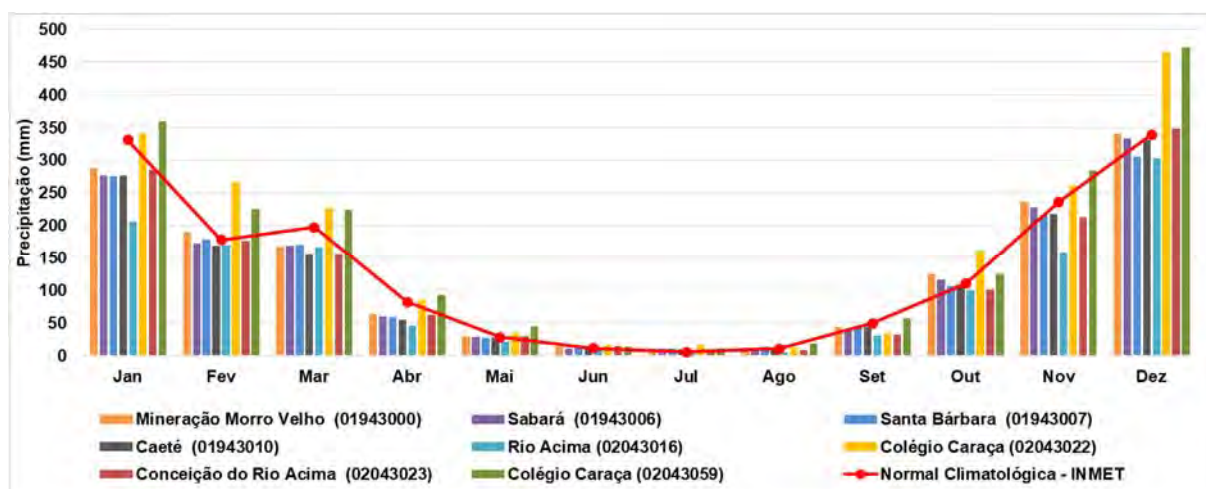


Gráfico 7-2: Precipitações Históricas Totais Médias Mensais nas estações da ANA (2020) e Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: ANA, 2021 e INMET, 2022.

A Figura 7-10 mostra a distribuição espacial da chuva com a localização aproximada do projeto, apresentando as isoietas de chuva acumulada (médias anuais).

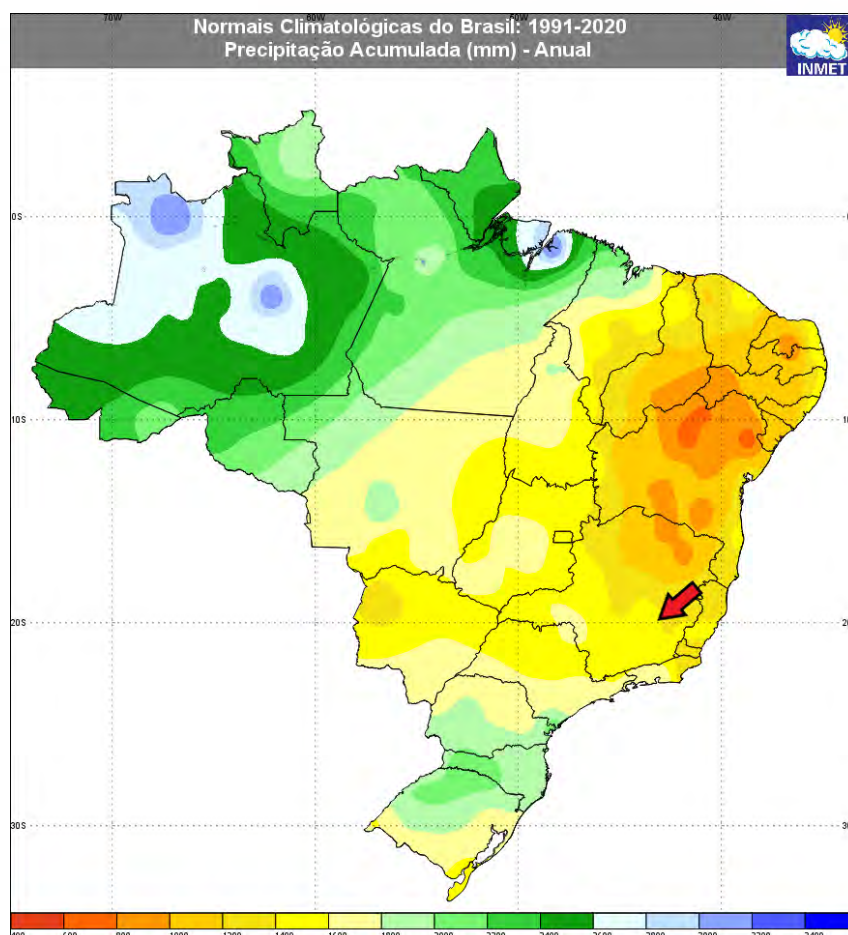


Figura 7-10: Isoietas de chuva acumulada (médias anuais).

Fonte: INMET, 2022.

Por meio dessa representação têm-se que os totais pluviométricos acumulados na área do Projeto ficam entre 1.200 e 1.400mm, médios anuais. Para as estações pluviométricas da ANA identificadas em áreas mais próximas ao empreendimento (dados apresentados na Tabela 7-2) nota-se que os valores variam no entorno desta faixa, havendo ultrapassagens significativas destes valores apenas para as estações situadas na Serra Caraça.

Os registros de precipitação utilizados pela Vale para caracterizar o regime pluvial no local do Projeto Apolo Umidade Natural e de sua referida sondagem referem-se à série histórica mensal de duas estações pluviométricas pertencentes à própria empresa. Uma está localizada na Mina Gongo Soco e manteve-se operante durante o período de agosto de 2000 a agosto de 2011, e a outra estação está posicionada na região da futura mina de Apolo, com registros entre setembro de 2011 até dezembro de 2020, do mesmo modo, também foi utilizada uma estação operada pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), localizada no município de Rio Acima, com dados a partir de 2020, os dados são observados na Tabela 7-3. A série foi compilada por Hidrovia (2021).

Conforme indicam os dados citados, o período seco concentra-se entre abril e setembro e o chuvoso entre outubro e março. Observa-se que a precipitação apresenta uma queda desde 2012 até os dias atuais, destaca-se que os anos hidrológicos 2012/2013 e 2014/2015, ambos

do pluviômetro de Apolo, apresentam valores anômalos de precipitação em relação aos demais anos.

Comparando estes valores com o do pluviômetro de Gongo Soco, verifica-se que provavelmente existe uma anomalia nos dados nestes anos hidrológicos. Neste sentido o modelo hidrogeológico de referência – que será apresentado adiante – para este EIA não considera estes resultados na média geral de precipitação plurianual no valor de 1.533 mm/ano a qual foi adotada no modelo, relativa ao período dos anos hidrológicos analisados. Este valor é coerente com o valor verificado em média anual acima com os dados das estações analisadas anteriormente (ANA e INMET).

Tabela 7-3: Dados pluviométricos locais.

Ano hidrológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Período chuvoso	Período seco	Total
Estação Mina Gongo Soco															
1999 - 2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	89	-	125*	-
2000 - 2001	94	307	277	223	50	137	12	27	4	17	21	83	1087	165	1251
2001 - 2002	177	309	482	484	269	112	53	13	0	0	10	60	1832	136	1968
2002 - 2003	69	211	616	851	135	131	9	23	0	0	40	17	2014	89	2103
2003 - 2004	35	171	322	430	375	106	111	44	3	55	0	0	1438	213	1651
2004 - 2005	74	172	448	334	156	350	47	46	19	20	6	109	1534	247	1781
2005 - 2006	24	368	310	136	193	405	25	19	10	26	19	62	1436	162	1598
2006 - 2007	99	222	349	280	208	46	54	24	3	12	0	16	1202	109	1311
2007 - 2008	164	179	300	347	262	259	130	1	6	0	34	164	1511	334	1845
2008 - 2009	77	233	808	484	191	225	124	9	62	0	31	163	2018	389	2407
2009 - 2010	292	299	725	150	39	232	82	46	20	3	0	48	1736	199	1935
2010 - 2011	161	380	299	354	59	345	87	1	17	0	2	8	1598	114	1712
Estação Apolo															
2011 - 2012	122	95	439	291	75	113	49	50	25	5	12	16	1135	158	1293
2012 - 2013	80	165	77	241	57	109	2	58	36	5	5	43	730*	149*	879*
2013 - 2014	115	122	305	83	27	153	91	25	12	83	7	2	806	221	1028
2014 - 2015	87	264	97	26	0	1	0	22	1	38	0	38	474*	100*	574*
2015 - 2016	42	32	157	436	52	177	26	6	59	0	1	60	895	153	1048
2016 - 2017	15	250	262	97	215	53	26	42	5	0	1	20	892	93	985
2017 - 2018	14	0	39	186	152	117	27	21	2	3	67	61	508	180	687
2018 - 2019	148	168	196	84	192	98	87	84	6	0	0	33	887	211	1097
2019 - 2020	52	184	204	611	286	384	83	31	1	18	14	23	1721	170	1891
Estação Rio Acima															
2020 - 2021	0	0	327	142	358	663	-	-	-	-	-	-	1489	-	1489
Análise de máxima, média e mínima.															
Máxima	292	380	808	851	375	663	130	84	62	83	67	164	2018	389	2407
Média	92	197	335	299	159	201	56	30	14	14	15	53	1347	186	1533
Mínima	0	0	39	26	0	1	0	1	0	0	0	0	508	89	687

* Valores considerados anômalos.

Fonte: Hidrovia, 2021.

7.3.2.2.3 EVAPORAÇÃO

A Figura 7-11 apresenta os resultados da análise climatológica da evaporação realizada pelo INMET (2022) com a série das Normais Climatológicas da Evaporação. Na rede do INMET a evaporação é medida com o equipamento conhecido como “Evaporímetro de Piche”. Como não há estações que coletem estes dados especificamente na área do empreendimento não foi possível avaliar o regime mensal do comportamento da evaporação na área do empreendimento.

Observa-se que a evaporação média anual sobre a área do projeto é da ordem de 1.000 mm a 1.400 mm, ao comparar com o mapa que apresenta as isoietas de precipitação acumulada (Figura 7-10), identifica-se certo equilíbrio em relação ao vapor d’água na região, devido à evaporação e precipitação estarem em faixas próximas entre 1000 a 1400mm.

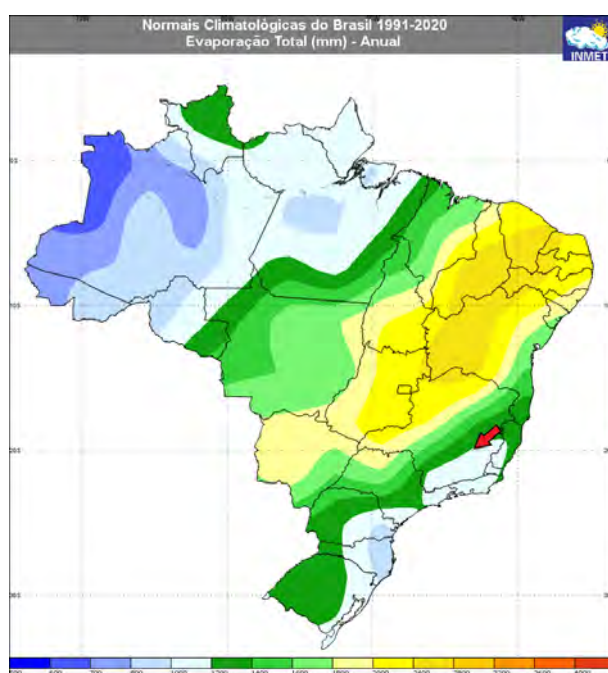


Figura 7-11: Isoplethas de evaporação.

Fonte: INMET, 2022.

O comportamento da evaporação na faixa de latitude da área do projeto é tipicamente o de clima dependente da variabilidade sazonal do campo da pressão, da temperatura, da radiação solar e da altitude. O Gráfico 7-3 apresenta os dados de evaporação total (mm) mensais considerando como fonte de dados a estação do INMET (Belo Horizonte). Estes dados demonstram que os maiores registros guardam uma tendência climatológica de ocorrer nos meses de agosto, setembro e outubro. Neste período, o crescente aumento da radiação solar incidente sobre o hemisfério sul, combinado à nebulosidade ainda baixa, favorecem a entrada de radiação de ondas curtas (menos obstáculos para chegar à superfície) forçando a evaporação do vapor d’água presente na atmosfera. Esta situação contrasta fortemente com aquela verificada entre dezembro e fevereiro. Nesse período o aumento da nebulosidade é significativo, como será observado na sequência do diagnóstico.

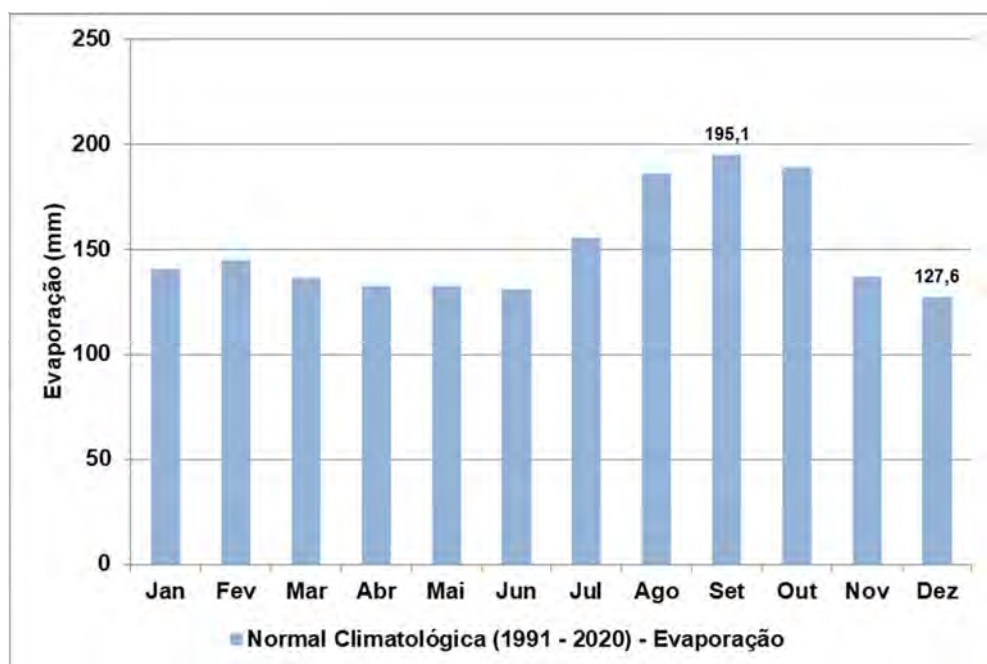


Gráfico 7-3: Evaporação total da Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: INMET, 2022.

7.3.2.2.4 UMIDADE RELATIVA DO AR

A Figura 7-12 apresenta a distribuição espacial das isopletas de umidade relativa média anual sobre o estado de Minas Gerais, realizado com a série das Normais Climatológicas. Observa-se que a umidade sobre a área do projeto oscila entre 70% e 75%. Esse resultado reflete o elevado índice pluviométrico dominante na região.

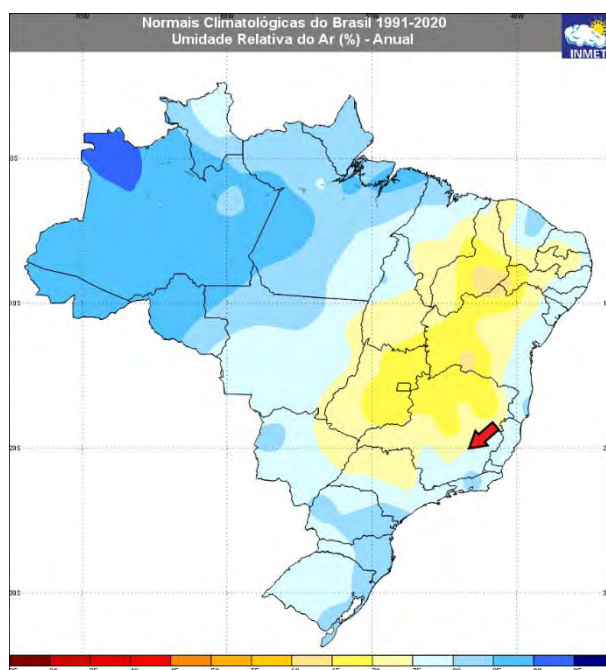


Figura 7-12: Distribuição espacial da umidade relativa.

Fonte: INMET, 2022.

O Gráfico 7-4 apresenta os dados de Umidade Relativa do Ar Média Compensada, elaborado com base nos dados da Normal Climatológica da estação de Belo Horizonte. O comportamento da Umidade Relativa do Ar tende a ser mais elevado nos períodos correspondentes aos maiores acumulados de chuva e às maiores temperaturas, que favorecem a saturação do ar. Nos meses de junho, julho, agosto e setembro observam-se a diminuição e transição em direção ao aumento da temperatura. A média de todo período corresponde a 63,7%, aproximando-se das isopletras, mas demonstrando a variação local da umidade relativa.

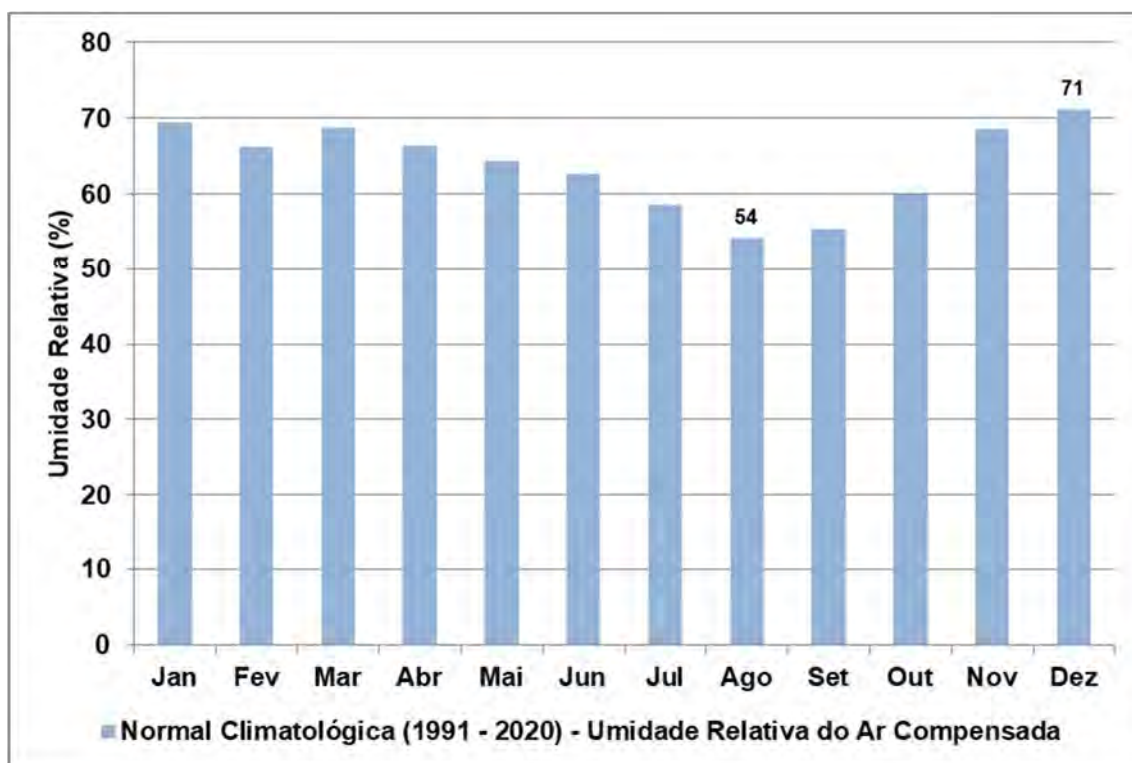


Gráfico 7-4: Umidade Relativa do Ar Média Compensada da Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: INMET, 2022.

7.3.2.2.5 NEBULOSIDADE

A Figura 7-13 mostra a distribuição espacial da nebulosidade elaborada pelo INMET a partir dos dados da sua rede de estações climatológicas. A nebulosidade é medida em décimos por parte de céu coberto em cada estação climatológica. Observa-se que a nebulosidade sobre a área do projeto é de 6 a 7 décimos. Esse resultado reflete o elevado índice de convecção que transporta verticalmente o vapor d'água da superfície para manutenção do teto de nebulosidade moderada.

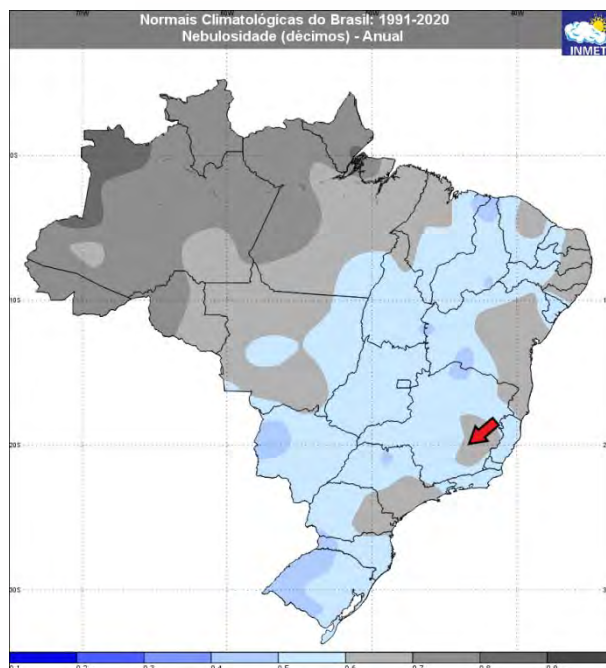


Figura 7-13: Distribuição espacial da nebulosidade.

Fonte: INMET, 2022.

O Gráfico 7-5 ilustra as médias de cobertura do céu a cada mês por meio da estação mais próxima do Projeto, com dados do INMET (1991 a 2020). Os períodos com tendências maiores de nebulosidade são observados nos meses de maior precipitação e maiores temperaturas. No inverno, em junho, julho e agosto são observadas as menores porcentagens (3 décimos) de cobertura do céu devido à estabilidade climática observada. Esse comportamento é similar ao esperado para a região.

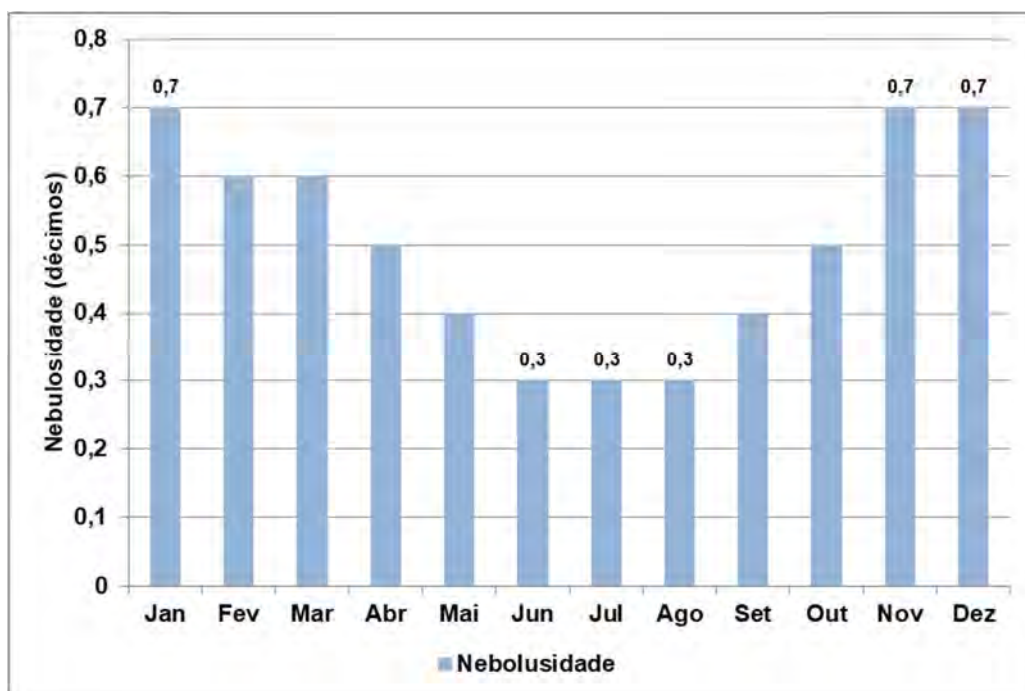


Gráfico 7-5: Nebulosidade (décimos) da Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: INMET, 2022.

7.3.2.2.6 INSOLAÇÃO

A insolação corresponde ao intervalo efetivo de horas em que há brilho solar. A Figura 7-14 mostra a distribuição espacial da insolação elaborada pelo INMET (2022). Observa-se que a insolação total na Normal Climatológica (1991 a 2020) esperada sobre a área do projeto é de aproximadamente 2.400 a 2.600 horas por ano.

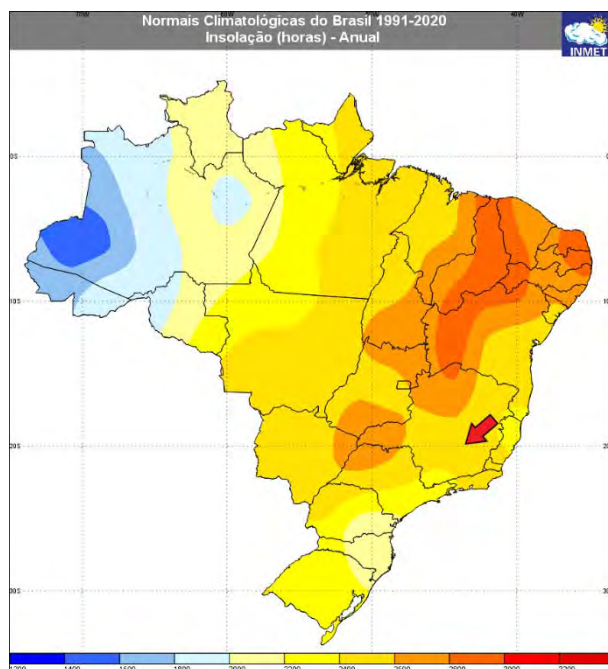


Figura 7-14: Distribuição espacial da insolação.

Fonte: INMET, 2022.

O Gráfico 7-6 apresenta o comportamento esperado, indicando uma tendência de maior duração do brilho solar durante os meses em que há menor nebulosidade, o que facilita o alcance da superfície terrestre. O maior valor (244, 8 horas de brilho solar) é observado em agosto, sendo recorrente ao longo de todo o inverno, e o menor (162 horas de brilho solar) ocorre em dezembro, se prolongando, também, durante o período do verão.

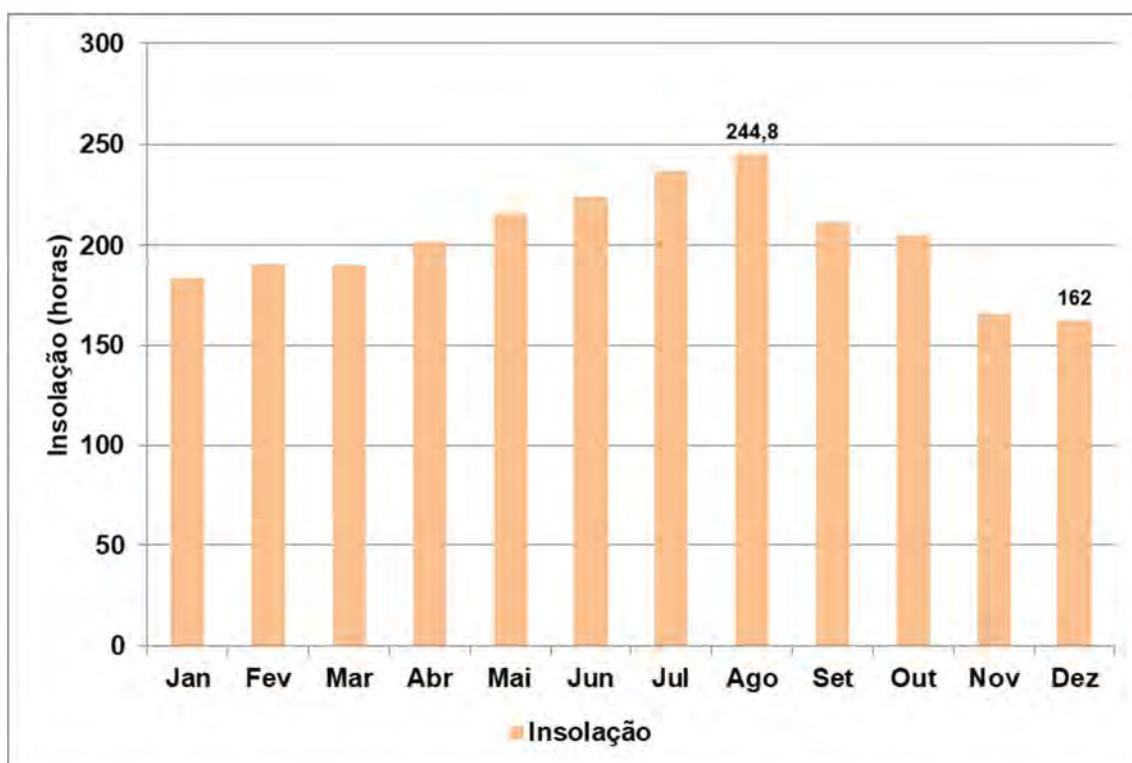


Gráfico 7-6: Insolação Total Mensal da Normal Climatológica (1991 a 2020) - Dados da estação convencional de Belo Horizonte.

Fonte: INMET, 2022.

7.3.2.2.7 VENTO

A dominância temporal de atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul na região central de Minas Gerais conduz à predominância de ventos da porção leste, situação recorrente ao longo do ano, tanto no período seco quanto no úmido. Sendo assim o comportamento dos ventos também se assemelha ao identificado no dado de direção da Normal Climatológica utilizada como referência: Leste, de janeiro a outubro e Nordeste, de novembro a dezembro.

Adicionalmente, convém ressaltar que esses dados também são coniventes com os apresentados no Estudo de Dispersão Atmosférica (Ecosoft, 2021) e cuja rosa dos ventos resultante encontra-se retratada abaixo (Gráfico 7-7), para o período compreendido entre 01/01/2017 e 31/12/2019, tendo sido obtida por meio de modelagem meteorológica de mesoescala (WRF). A rosa indica a predominância de ventos de leste, como esperado para a região.

7.4.2 RESULTADOS

7.4.2.1 LITOESTRATIGRAFIA

Na Área de Estudo as litologias são representadas por rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Grupos Nova Lima e Maquiné), Supergrupo Minas (Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) e coberturas superficiais cenozóicas, como apresentado na coluna litoestratigráfica da Tabela 7-4 e na Figura 7-15 apresentadas na sequência.

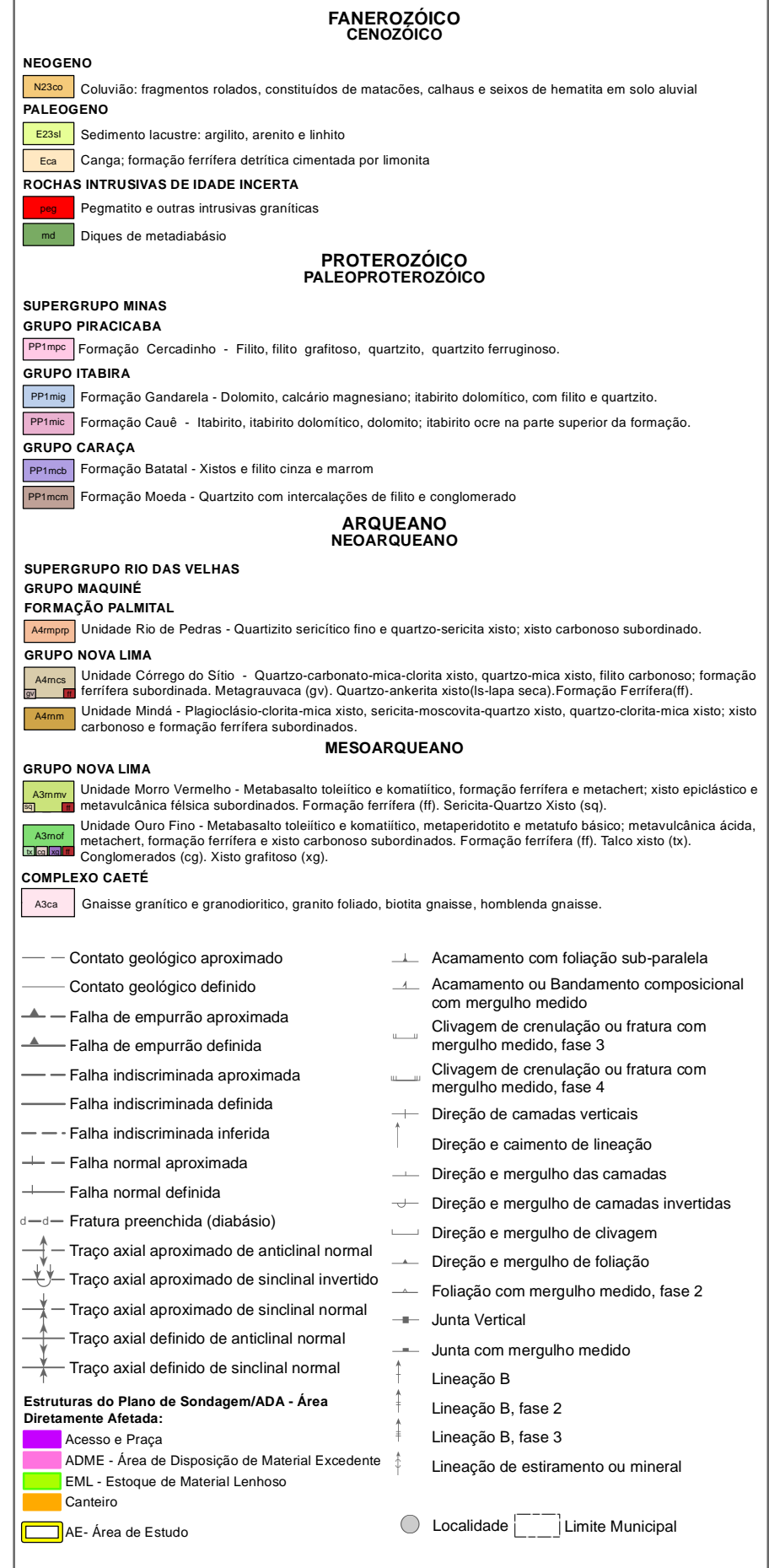
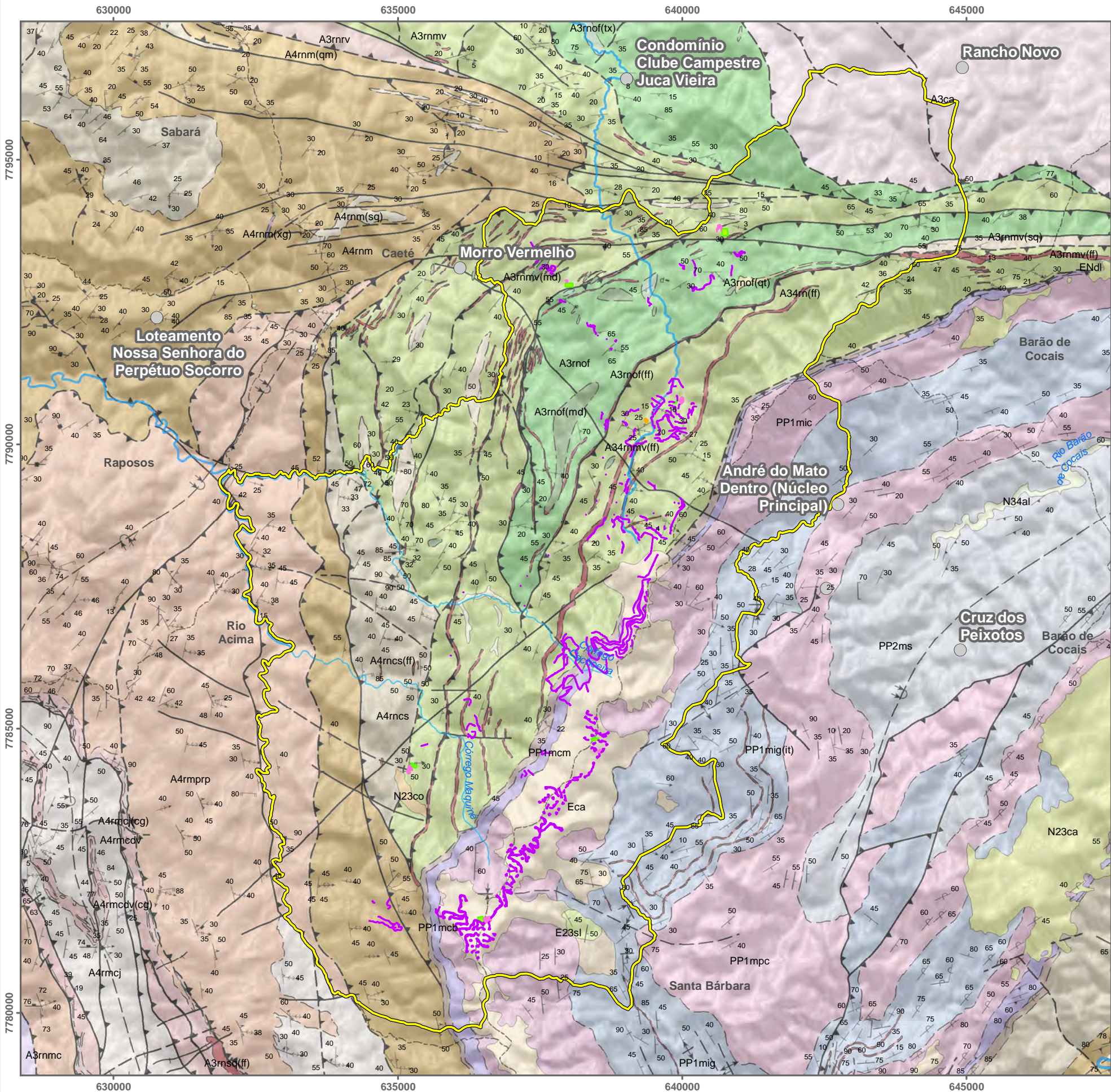
A Figura 7-16 apresenta seções geológicas da Área de Estudo, demonstrando a concentração das atividades nas rochas dos Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira, rochas relativamente mais resistentes e que sustentam o contexto serrano do local. Nessas unidades se situam as estruturas como a mina e pilha de estéril do Projeto Apolo Umidade Natural, justificando a concentração das sondagens previstas.

Tabela 7-4: Coluna litoestratigráfica da Área de Estudo.

Unidade Geológica	Simbologia	Litologia
Fanerozóico (Cenozóico)		
COBERTURAS SUPERFICIAIS		
Aluvião* (Neogeno)	N34al	Areia e cascalho
Colúvio (Neogeno)	N23co	Fragmentos rolados, constituídos de matacões, calhaus e seixos de hematita em solo aluvial
Sedimentos Lacustres (Paleogeno)	E23sl	Argilito, arenito e linhito
Canga (Paleogeno)	Eca	Fragmentos de rocha cimentados por limonita
ROCHAS INTRUSIVAS DE IDADE INCERTA		
Pegmatito	peg	Pegmatito e outras intrusões graníticas
Diques	md	Diques de diabásio
Proterozóico (Paleoproterozóico)		
SUPERGRUPO MINAS		
GRUPO SABARÁ		
Indiviso	PP2ms	Clorita-sericita xisto, quartzito sericítico, quartzito feldspático e metagrauvaca
GRUPO PIRACICABA		
Formação Cercadinho	PP1mpc	Quartzito ferruginoso, quartzito, grit, quartzito sericita xisto, filito, sericita xisto, talco xisto e grafita xisto
GRUPO ITABIRA		
Formação Gandarela	PP1mig	Dolomito, itabirito dolomítico, calcário e filito. Itabirito (it)
Formação Cauê	PP1mic	Itabirito e itabirito dolomítico, com lentes de dolomito. Hematita compacta e friável (h)
GRUPO CARAÇA		
Formação Batatal	PP1mcb	Filito sericítico, filito carbonoso, lente de quartzito fino e de formação ferrífera
Formação Moeda	PP1mcm	Quartzito cinza, grit e conglomerado, quartzito-sericita xisto com lentes de filito intercaladas; quartzito filítico, quartzito-mica xisto e conglomerado
Arqueano		
Neoarqueano		
SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS		
GRUPO MÁQUINÉ		
Formação Casa Forte Unidade Capanema Unidade Jaguará	A4rmcc A4rmcj	Sericita xisto e sericita-quartzito xisto fino Quartzito sericítico de granulação média a grossa e grit; metaconglomerado polimítico e quartzito-mica xisto subordinado.
Formação Palmital Unidade Rio das Pedras	A4rmrp	Quartzito sericítico fino e quartzito-sericita xisto com estratificação cruzada de pequeno a médio porte; xisto carbonoso subordinado. Quartzito sericítico (qts)
GRUPO NOVA LIMA		
Unidade Córrego do Sítio	A4rnsc	Quartzito-carbonato-mica-clorita xisto, quartzito-mica xisto, filito carbonoso; formação ferrífera subordinada. Formação ferrífera (ff). Sericita-quartzito xisto (sq)
Unidade Mindá	A4mrnm	Plagioclásio-clorita-mica-quartzito xisto, sericita-quartzito xisto, quartzito-clorita-mica xisto; xisto carbonoso e formação ferrífera subordinados.
Mesoarqueano		
GRUPO NOVA LIMA		
Unidade Morro Vermelho	A3rnmv	Metabasalto toleítico e komatiítico, formação ferrífera (ff) e <i>metachert</i> ; Sericita-quartzito xisto (sq); xisto epiclástico e metavulcânica félsica subordinada.
Unidade Ouro Fino	A3mrnof	Metabasalto toleítico e komatiítico, metaperidotito e metatufo básico; metavulcânica ácida, <i>metachert</i> , formação ferrífera (ff) e xisto carbonoso subordinado; talco-xisto (tx)
COMPLEXO GRANITO GNÁISSICO		
Complexo Caeté	A3ca	Gnaiss granítico e granodiorítico, granito foliado, biotita gnaiss, hornblenda gnaiss

*A unidade não aparece no mapa geológico por não ser mapeável na escala apresentada.

Fonte: DNPM- CPRM (1996), Baltazar *et al.* (2005).



1:75.000

0 1 2 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); hidrografia (IGAM; Edit AMPLO, 2020); Geologia (CODEMIG, 2005); Área de Estudo (AMPLO, 2021) e Plano de Sondagem/ADA (VALE, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S

Projeção: Transverse Mercator



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Geologia da Área de Estudo

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

28/02/2022

Formato:

A3

Arquivo:

AP_PS_MF_GeologiaAE_A3_v06

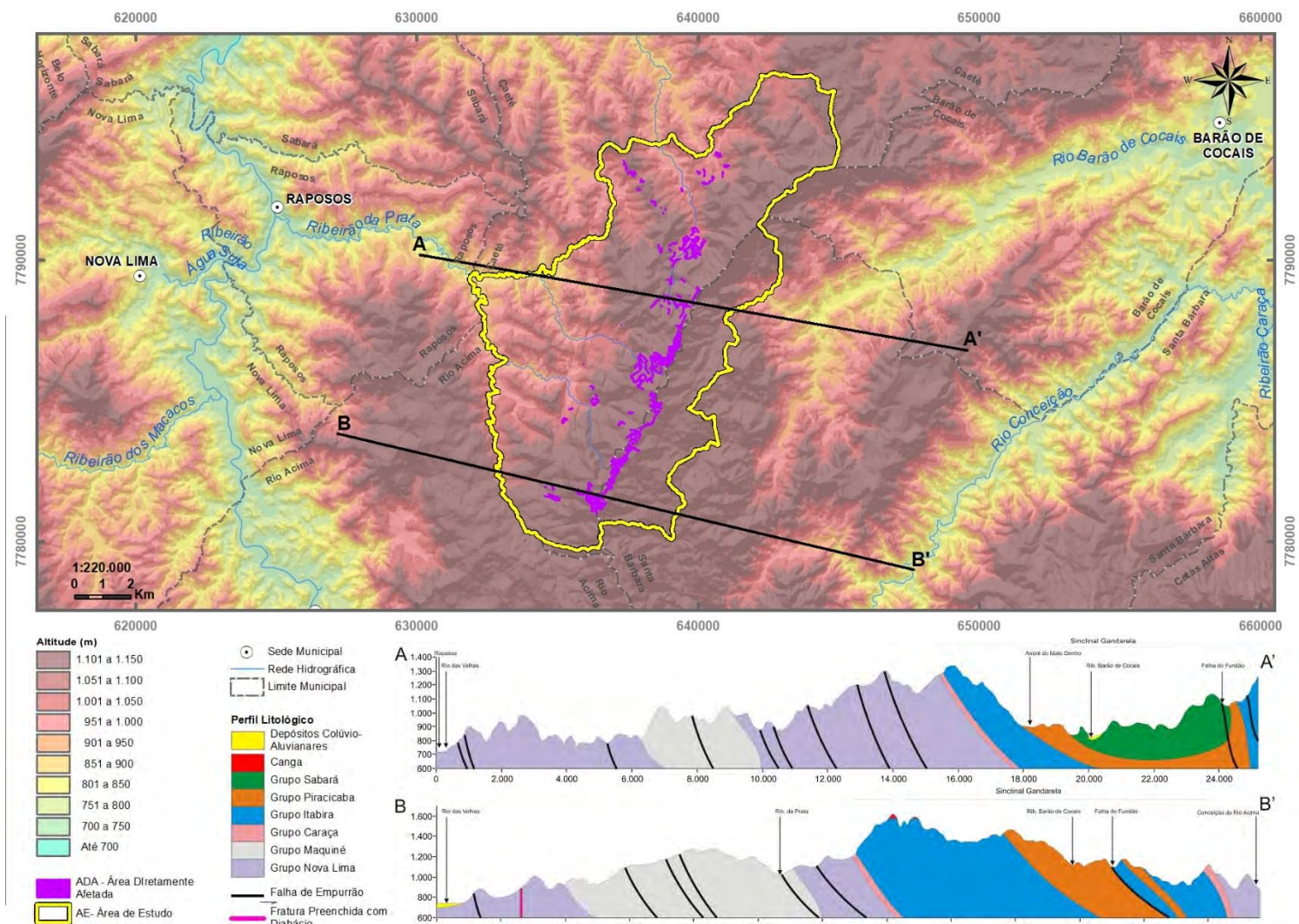


Figura 7-16: Seções geológicas da área de estudo.

7.4.2.1.1 COMPLEXOS GRANITO GNÁISSICOS

Estes complexos abrigam os terrenos mais antigos da região de estudo, uma vez que Arqueanos. No mapeamento de referência o embasamento cristalino recebe nomes informais das localidades presentes nas quadriculas, de maneira que na área do projeto ocorre o Complexo Caeté (porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero).

7.4.2.1.1.1 COMPLEXO CAETÉ

O Complexo Caeté ocorre na porção norte (2.776 +/- Ma, Machado *et al.* 1989), região próxima ao local onde se apresentam sondagens correlatas ao local onde se pretende implantar o Acesso Norte Caeté e Barão. As rochas mais comumente encontradas se referem a gnaisses granítico e granodiorítico, granito foliado, biotita gnaisses e hornblenda gnaisses. De acordo com Rossi (2014) “as rochas podem apresentar-se isótropas ou foliadas, resultado de sucessivos processos tectono-metamórficos superimpostos. Esta foliação orienta-se com mergulhos elevados, segundo as direções principais N-S, NE-SW e E-W e, subordinadamente, NW-SE”.

7.4.2.1.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) (3,0-2,7 Ga, Machado *et al.* 1989, 1992, DNPM-CPRM 1995, 1996) representa uma sequência do tipo *greenstone belt* subdividida nos Grupos Nova Lima e Maquiné. Podem ainda ocorrer intrusões locais de rochas máficas e ultramáficas.

7.4.2.1.2.1 GRUPO NOVA LIMA

O Grupo Nova Lima ocorre na porção central da Área de Estudo, alongando-se em direção meridional, entre as unidades do Grupo Maquiné, a oeste, e do Supergrupo Minas, a leste. Representa a unidade inferior do Supergrupo Rio das Velhas e é formado por rochas vulcânicas máficas e ultramáficas, rochas plutônicas subordinadas, sedimentos químicos, rochas vulcânicas félsicas e sedimentos clásticos e vulcanoclásticos.

A partir de trabalhos de detalhe em áreas de distritos auríferos, várias divisões informais foram propostas para o Grupo Nova Lima, tais como Ladeira (1980), Oliveira *et al.* (1983), Vieira & Oliveira (1988) e Vieira (1991). Com base no mapeamento realizado na escala 1:25.000 pela CPRM (BALTAZAR & SILVA, 1996) e no estudo integrado das rochas vulcânicas e sedimentares, Baltazar e Pedreira (1996), modificado por Baltazar & Zuchetti (2005) agruparam as rochas do Supergrupo Rio das Velhas em associações de litofácies geneticamente relacionadas. Estas associações serviram de base para a divisão litoestratigráfica do Grupo Nova Lima. Na Área de Estudo ocorrem as Unidades Ouro Fino, Morro Vermelho, Mestre Caetano, Mindá e Córrego do Sítio.

A *Unidade Ouro Fino* (A3rnof) constitui a porção basal do Grupo Nova Lima. Ocorre na extremidade NW e na porção centro norte da Área de Estudo. É constituída por sequências de lavas komatiíticas e toleíticas, com corpos intrusivos de diabásios (md), gabros, anortositos e peridotitos, subordinados. Intercaladas ocorrem formações ferríferas bandadas (ff), talco-xistos (tx), *metachert*, tufo máfico, vulcanoclásticas félsicas e xisto carbonoso. As lavas ultramáficas estão representadas por komatiitos peridotíticos com estruturas típicas de

lavas maciças, almofadadas e brechadas com textura *spinifex* e *quench structures* (SCHORSCHER, 1978; SICHEL, 1983). Os peridotitos intrusivos estão representados por rochas com textura cumulática, onde se observam pseudomorfos de olivina substituídos por serpentina. As sequências máficas predominam e estão representadas por basaltos toleiíticos e, em menor proporção, komatiíticos, que ocorrem na forma de lavas maciças e almofadadas (LADEIRA, 1980, 1981). Os basaltos apresentam várias texturas primárias preservadas, tais como variolítica, amigdaloidal, branching plagioclásio, subofítica e micrográfica. Os derrames estão intercalados com formações ferríferas e *metachert*, indicando ambiente de fundo oceânico (BALTAZAR *et al.*, 2005).

A *Unidade Morro Vermelho* (A3rnmv) ocorre envolvendo a Unidade Ouro Fino na porção centro norte da Área de Estudo. É formada predominantemente por rochas vulcânicas, sedimentos químicos e sedimentos clásticos, que se agrupam de duas maneiras: um conjunto vulcano-químico e outro clasto-químico. O primeiro caracteriza-se por apresentar basaltos toleiíticos e komatiíticos intercalados com abundantes pacotes de formação ferrífera e *metachert*, com filito carbonoso subordinado. É comum a alternância rítmica entre derrames basálticos e leitos de formação ferrífera e *metachert*, com espessuras que variam de centímetros até metros, evidenciando a contemporaneidade destes litotipos. O segundo conjunto caracteriza-se pela alternância entre sedimentos clásticos finos e sedimentos químicos; são pelitos predominantemente e filitos carbonosos intercalados com formações ferríferas e *metachert*. A Unidade Ouro Fino grada verticalmente para esta unidade com o domínio das formações ferríferas sobre os leitos de basalto. Os contatos da Unidade Morro Vermelho com as unidades inferiores e superiores são tectônicos por falha de empurrão. A associação toda foi depositada em ambiente de fundo oceânico (BALTAZAR *et al.*, 2005).

A *Unidade Mindá* (A4rnm) ocorre na porção NW da Área de Estudo, formando uma faixa de direção N-S na porção central. É composta por plagioclásio-clorita-mica, sericita-moscovita-quartzo, quartzo-clorita-mica xistos; xisto carbonoso e formação ferrífera são subordinados. Representam predominantemente metapsamitos e metapelitos intercalados, com estratificação gradacional preservada, e sedimentos químicos subordinados. Os contatos com as unidades inferiores e superiores são tectônicos por falha de empurrão (BALTAZAR *et al.*, 2005).

Na *Unidade Córrego do Sítio* (A4rnsc) ocorre na porção central entre as unidades Morro Vermelho e Mindá. Predominam quartzo-carbonato-mica-clorita e quartzo-mica xistos, filito carbonoso, formação ferrífera subordinada e sericita-quartzo xisto. Estas rochas representam metapelitos e metapsamitos, em parte carbonosos, com estratificação gradacional e cruzada preservadas, e com sedimentos químicos subordinados. Os contatos com as unidades Morro Vermelho e Mindá são tectônicos por falha de empurrão (BALTAZAR *et al.*, 2005). As unidades Mindá e Córrego do Sítio transicionam vertical e lateralmente para a associação de rochas vulcanoclástica (a qual não ocorre na Área de Estudo), constituindo uma evolução dos processos de fragmentação e transporte das rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. A principal característica destas unidades é a ciclicidade de camadas, com espessuras variando desde subcentimétricas a até cerca de 50 centímetros, com gradação granodecrescente dentro de cada ciclo, variando de tamanho areia grossa na base até argila carbonosa no topo, com contatos bruscos entre os ciclos. Estruturas primárias como estratificação horizontal plano-paralela e cruzada tabular são comuns e, localmente, observa-se estrutura em chamas (*flame structure*). Estas características básicas, tais como a ciclicidade, gradação interna destes

ciclos e contatos abruptos entre si, permite interpretar as unidades Mindá e Córrego do sítio como resultante de deposição por correntes de turbidez de alta e baixa densidade. Em geral, é possível identificar divisões de Bouma incompletas, representando turbiditos de areias proximais e distais (ZUCCHETTI *et al.*, 1996; ZUCCHETTI E BALTAZAR, 1998).

7.4.2.1.2.2 GRUPO MAQUINÉ

O Grupo Maquiné é constituído por um pacote relativamente espesso de rochas metassedimentares clásticas agrupadas nas formações Palmital (O'Rourke *in* DORR, 1969) e Casa Forte (GAIR, 1962). Na Área de Estudo ocorrem as Unidades Rio de Pedras (Formação Palmital), Jaguará e Capanema (Formação Casa Forte).

A *Unidade Rio de Pedras* (A4rmprp) ocupa a porção oeste da Área de Estudo sendo composta por quartzitos, sericíticos ou não, quartzo-sericita xisto e xisto carbonoso subordinado, representando metarenitos, metagrauvacas e metargilitos, com estratificação cruzada preservada de pequeno a médio porte. Representam metaturbiditos proximais. Os contatos são tectônicos por falha de empurrão com a unidade Mindá e normal com a unidade Jaguará (BALTAZAR *et al.*, 2005).

A *Unidade Jaguará* (A4rmcj) ocorre na porção SW da Área de Estudo e é formada por quartzito sericítico de granulação média a grossa e grit, metaconglomerado polimítico e quartzo-mica xisto subordinado. Mostra estratificação gradacional e cruzada acanalada e tangencial preservadas. Representa uma litofácies “arenito de granulação grossa” e foi interpretada como depósitos aluvial-fluviais de fluxo, não confinado, de um sistema de rios entrelaçados. Os conglomerados podem ser interpretados como barras longitudinais, linguóides ou de preenchimento de canal. Os arenitos com estratificação plano-paralela e associados a conglomerados são depósitos fluviais de águas rasas de topo de barra, os arenitos com estratos cruzados acanalados depositaram-se em águas mais profundas em canais fluviais e os arenitos com laminação cruzada tabular são interpretados como barras linguóides (BALTAZAR *et al.*, 2005).

A *Unidade Capanema* (A4rmcc) ocorre em pequena porção na extremidade sul da Área de Estudo. Compõe-se de sericita xisto e sericita-quartzo xisto fino ocorrendo em íntima associação com a unidade Jaguará para a qual transiciona. Representa uma litofácies “arenito de granulação fina a média” e foi interpretada como depósitos aluvial-fluviais distais de um sistema de rios entrelaçados. Seus litotipos principais são sericita e sericita-quartzo xistos de granulação fina, com estratificação gradacional e cruzada preservadas. Os contatos com a unidade Mindá são tectônicos por falha de empurrão (BALTAZAR *et al.*, 2005).

7.4.2.1.3 SUPERGRUPO MINAS

O Supergrupo Minas (SGM) (<2,6-2,4 Ga, BABINSKI *et al.*, 1991, MACHADO *et al.*, 1996) é caracterizado por uma sucessão de rochas metassedimentares de origem fluvial a marinha plataformais compostas, da base para o topo, pelos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. Na área de estudo ocorrem todas estas unidades, as quais ocupam sua porção leste.

7.4.2.1.3.1 GRUPO CARAÇA

O Grupo Caraça foi descrito por Dorr *et al.* (1957) como um conjunto de rochas clásticas situadas entre a discordância regional do Supergrupo Rio das Velhas e os metassedimentos químicos do Grupo Itabira. O Grupo Caraça corresponde à sequência terrígena inferior da bacia sedimentar e é constituído por metassedimentos clásticos (metaconglomerados do tipo *Witwatersrand*, metarenitos e metapelitos) depositados na fase inicial de abertura do *rift* (depósitos aluviais a deltáicos) em discordância angular e erosiva sobre as rochas do Grupo Nova Lima. Muitas feições discordantes foram obliteradas pela deformação, porém são ainda visíveis em alguns locais. Os contatos do Grupo Caraça com as rochas do Grupo Itabira são concordantes e localmente gradacionais (DORR, 1969, MARSHAK e ALKMIM, 1989, SILVA *et al.*, 2005). O Grupo Caraça é subdividido nas formações Moeda na base e Batatal no topo.

A *Formação Moeda* (PP1mcm) é composta por quartzito, quartzo-sericita xisto com lentes de filito intercaladas, quartzito filítico, quartzo-mica xisto e conglomerado. A espessura máxima atribuída a esta formação é de 1.200 m e a média é cerca de 200 m. Caracteriza-se também pela sua rápida e extrema variação de espessura em certos locais do Quadrilátero Ferrífero (WALLACE, 1958 e DORR *et al.*, 1969). Na Área de Estudo aflora numa faixa que não ultrapassa 200 m de espessura, com direções de mergulho, em geral, para sudeste. Se estende a partir da porção sul na direção SSE-NNW, infletindo para SW-NE.

A *Formação Batatal* (PP1mcb) é constituída de filitos sericíticos e filitos grafitosos; contendo localmente quantidades significativas de clorita e material carbonático representado por lentes de marga dolomítica de espessura reduzida. Ocorrem intercalações de *metacherts* e delgadas lentes de quartzito hematítico, do tipo itabirítico, no topo desta formação. Tem espessura de 30 m na área tipo, no entanto sua espessura é normalmente superior a 50 m. Seu contato com a Formação Cauê é gradacional (SIMMONS e MAXWELL, 1958; DORR, 1969; SILVA *et al.*, 2005). Na Área de Estudo as rochas desta formação afloram numa faixa que pode atingir até 300 metros de espessura acompanhando a Formação Moeda.

7.4.2.1.3.2 GRUPO ITABIRA

O Grupo Itabira foi definido por Dorr *et al.* (1957) como sendo constituído por uma sequência metassedimentar predominantemente química, imediatamente superior ao Grupo Caraça. Foi subdividido em: Formação Cauê (DORR, 1958a) e Formação Gandarela (DORR, 1959b). Corresponde à sedimentação química plataformar da bacia sedimentar.

A *Formação Cauê* (PP1mic) é constituída por formações ferríferas bandadas (FFB) do tipo lago superior com lentes subordinadas de dolomito, níveis de hematita compacta e friável, filitos e mármore ferruginoso (DORR, 1958a). Seu principal litotipo é o itabirito que, na definição de Dorr (1969), corresponde a uma formação ferrífera bandada de fácies óxido, perfeitamente laminada e afetada por metamorfismo, motivando a recristalização do chert, ou jaspe original, em quartzo granular e o ferro em hematita; por espessura aparente na área estudada atinge em torno de 1.000 m. As partes mais intemperizadas da unidade são friáveis e liberam os constituintes mineralógicos com relativa facilidade, contrastando com a rocha fresca, extremamente dura e compacta (DORR, 1969; SILVA *et al.*, 2005). Em grande parte, as rochas da Formação Cauê estão cobertas por lateritas do tipo Canga. Em alguns locais a

passagem da Formação Cauê para a Formação Gandarela é gradacional (DORR, 1969; SOUZA-GOMES, 1985).

A *Formação Gandarela* (PP1mcb) (DORR, 1958b) é composta de dolomitos, mármore, filitos e itabiritos dolomíticos com intercalações de hematita e zonas manganíferas. Essa formação ocorre na porção leste da Área de Estudo. Os dolomitos são de granulometria fina a média, geralmente de cor vermelha, branca ou cinza, muito característica pela estrutura laminada; podem apresentar estruturas indicativas de fluxo sedimentar e estruturas brechóides. No local-tipo, contém bancos algais materializados por níveis estromatolíticos de espessura centimétrica. Seu contato inferior com a Formação Cauê é do tipo gradacional. O contato superior, com o Grupo Piracicaba, é marcado por uma disconformidade (DORR, 1969; SILVA *et al.*, 2005).

7.4.2.1.3.3 GRUPO PIRACICABA

O Grupo Piracicaba consiste em metassedimentos clásticos, incluindo conglomerado fino, quartzito e filito grafitoso, contendo esporadicamente precipitados químicos ou bioquímicos. O Grupo Piracicaba é composto pelas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro. Na Área de Estudo ocorre apenas a *Formação Cercadinho* (PP1mpc), que corresponde à sequência turbidítica do Grupo Piracicaba e é composta essencialmente por metarritmitos ferruginosos caracterizados pela alternância de bancos centimétricos a decimétricos de quartzito ferruginoso grosseiro com níveis de conglomerado fino e filito cinzento ferruginoso, em camadas contínuas milimétricas a centimétricas. A unidade contém localmente bancos de dolomito puro a ferruginoso e lentes de quartzito hematítico grosseiro do tipo itabirítico. Nos locais onde ocorre, a formação apresenta uma acentuada instabilidade por causa do alto grau de fraturamento que geralmente possui. Apresenta espessura máxima de 317 m na localidade-tipo, no entanto, possui espessura média em torno de 100 m (SILVA *et al.*, 2005). O contato basal com a Formação Gandarela é discordante erosivo e com a Formação Fecho do Funil é do tipo transicional.

7.4.2.1.3.4 GRUPO SABARÁ

O *Grupo Sabará* (PP2ms) (RENGER *et al.*, 1994), antiga Formação Sabará de Gair (1958), consiste em filitos, xistos metavulcânicos, metagrauvacas, quartzito sericíticos e quartzito feldspático, ocorre na porção leste, próximo ao limite da AE. Considerando-se sua ocorrência na folha geológica, na seção ao longo do rio das Velhas, próximo ao contato com as rochas intrusivas granito-gnaissicas-migmatíticas, na direção noroeste, pontua-se que aumentam a granulação e o grau metamórfico de acordo com o estudo geológico de referência especificado na metodologia. A metade superior deste grupo é composta por biotita-muscovita xisto com porfiroblastos de granada e estauroлита (GAIR, 1962). A seção tipo ao longo do Rio das Velhas tem 4.000 m de extensão. Estudos geocronológicos de Noce, 1995 *apud* Silva, 2005 revelaram uma vasta distribuição de idades para zircões de uma metagrauvaca do Grupo Sabará variando de 3.100 Ma a 2.100 Ma. A variação de idades indica que o grupo incorporou sedimentos provenientes de várias épocas, e que 2.100 Ma é a idade máxima para a sua deposição.

7.4.2.1.4 ROCHAS INTRUSIVAS

Rochas intrusivas de idade indeterminada incluem diques de diabásio e pegmatitos. Os diques ocorrem na porção centro norte da área de estudo intrudindo litologias da Unidade Ouro Fino do Grupo Nova Lima. Já os pegmatitos ocorrem intrudindo a Unidade Morro Vermelho do Grupo Nova Lima, também na porção centro norte da Área de Estudo.

7.4.2.1.5 COBERTURAS SUPERFICIAIS

Os Depósitos Cenozóicos englobam a canga, os sedimentos lacustres, os colúvios e os aluviões. A *Canga* (Eca) é um produto de alteração intempérica formada por fragmentos de itabirito e hematita compacta provenientes da Formação Cauê, e, minoritariamente, por outras rochas; é cimentada por hidróxido de ferro e possui teor de ferro (Fe) entre 40 e 60%. A posição das ocorrências em superfície corresponde geralmente a elúvios, quando no alto das serras, e colúvios quando dispostos nas vertentes, o que implica que podem estar localizados exatamente sobre as rochas da Formação Cauê, ou extrapolando os limites desta formação. Sustentam o relevo abrupto das serras e possuem uma espessura média entre 2 e 10 m. Podem ser classificadas em Canga rica (hematita com pouca limonita); Canga comum (lascas de hematita e fragmentos de itabirito cimentados por limonita); e Canga química (limonita cimentando argila e solo ferruginoso) (SILVA *et al.*, 2005).

No Quadrilátero Ferrífero, ocorrem quatro *depósitos sedimentares lacustrinos* (E23sl) de idade cenozoica, distribuídos nas bacias do Gandarela, rio do Peixe, Fonseca e Gongo Soco (MAIZATTO E CASTRO, 1993). Na Área de Estudo ocorre o depósito da bacia do Gandarela localizado na porção leste da área, dentro da Formação Gandarela, descrito primeiramente por Gorceix (1884). As rochas sedimentares que compõem o depósito da bacia do Gandarela são linhitos, folhelhos, arenitos, argilitos e conglomerados (SILVA *et al.*, 2005). Gorceix (1884) determinou idade terciária para estes depósitos baseado em plantas fósseis existentes numa camada de linhito com *laurináceas*, *rubiáceas*, *spondiláceas* e *ficus* que deveriam pertencer ao Plioceno, quando muito ao Mioceno Superior.

Os *depósitos coluviais* (N23co) são formados por blocos de rocha imersos numa matriz argilosa. Ocorrem na porção central da Área de Estudo sobre as unidades Morro Vermelho, Mindá e Córrego do Sítio do Grupo Nova Lima.

Os *depósitos aluviais* (N34al) correspondem a sedimentos arenosos e de granulometria cascalho depositados na calha dos cursos de água da Área de Estudo. Estes depósitos não são mapeáveis na escala do mapa geológico de referência, conforme metodologia.

7.4.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

Os principais locais onde haverá pontos destinados à sondagem geotécnica e geológica ocorrem em litologias relativas ao Grupo Caraça e Itabira, com ocorrência de quartzitos e filitos relativos às Formações Moeda e Batatal e de formações ferríferas bandadas relativas à Formação Cauê (Foto 7-1). Grande parte da ADA também ocorre distribuída nas cangas (Foto 7-2 e Foto 7-3), que correspondem a um produto de alteração intempérica formada por fragmentos de itabirito e hematita compacta provenientes da Formação Cauê. Estas cangas

recobrem as porções de cimeira da Serra do Gandarela. Isto ocorre considerando-se que nestes locais estão concentradas grandes estruturas do Projeto Apolo Umidade Natural em processo de licenciamento, como as cavas.



Foto 7-1: Afloramento de itabiritos da Formação Cauê ao longo da área de estudo, demonstrando a ocorrência da litologia no local.



Foto 7-2: Afloramento de coberturas lateríticas ferruginosas (canga) na Área de Estudo.



Foto 7-3: Detalhe de afloramento de canga.

Nos demais locais onde serão realizadas as sondagens predominam os metabasaltos do Grupo Nova Lima, em meio aos quais é recorrente a presença de formação ferrífera, uma vez que é comum a alternância rítmica entre derrames basálticos e leitos de formação ferrífera e *metachert*, com espessuras que variam de centímetros até metros, evidenciando a contemporaneidade destes litotipos. Alguns trechos da ADA se encontram sob litologias das Formações Moeda e Batatal.

7.4.2.3 DIREITOS E RECURSOS MINERAIS

A Tabela 7-5 e a Figura 7-17 sintetizam os direitos minerários, número dos processos, situação legal, bem mineral e tamanho da área, conforme sua ocorrência ao longo da AE e conforme a sobreposição com a Área Diretamente Afetada relativa a sondagem geotécnica e

geológica (dados ANM, julho de 2021), ressaltando-se que nenhuma das atividades previstas tem sobreposição com área de concessão de lavra, exceto quando o requerente identificado na base é a Vale S.A.

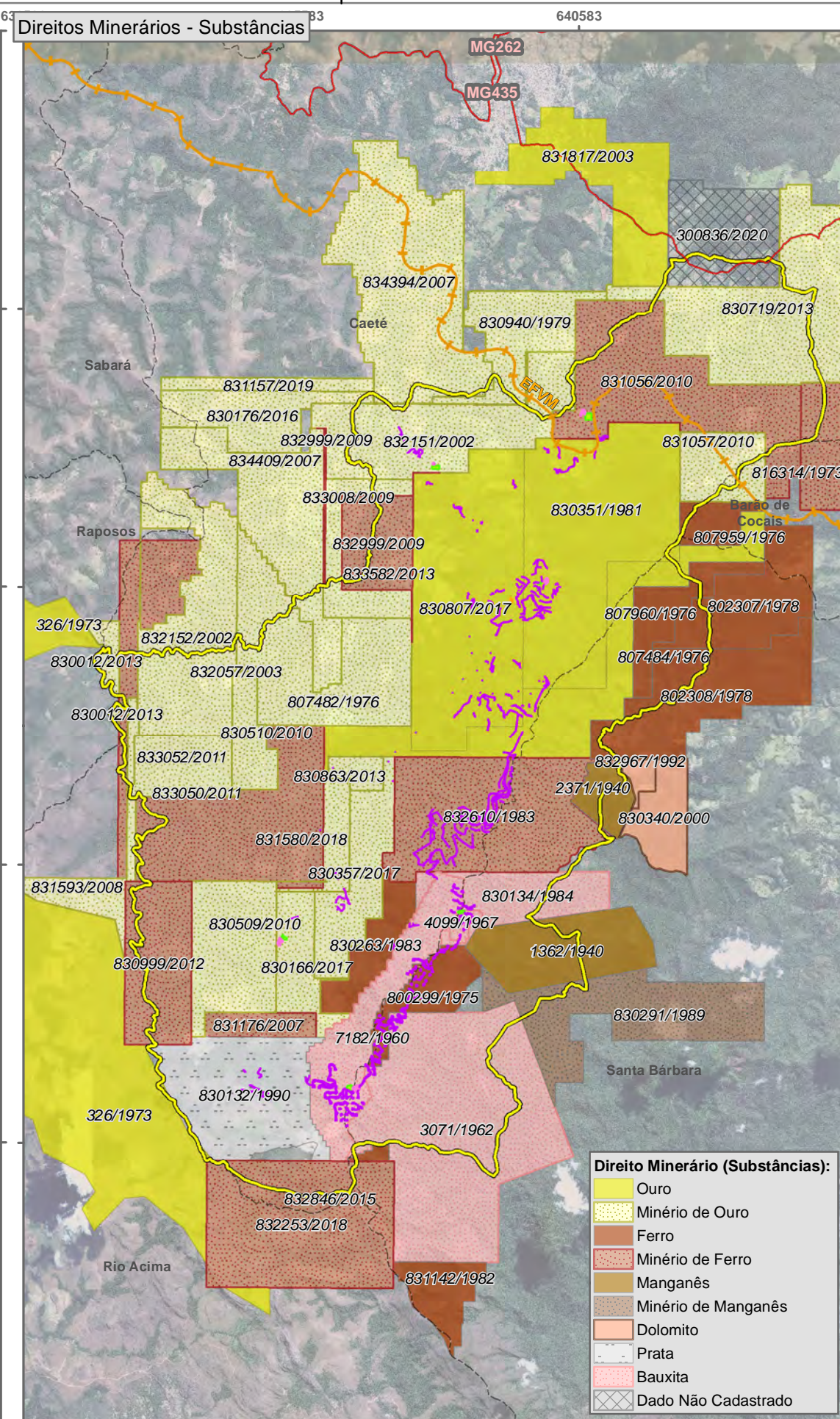
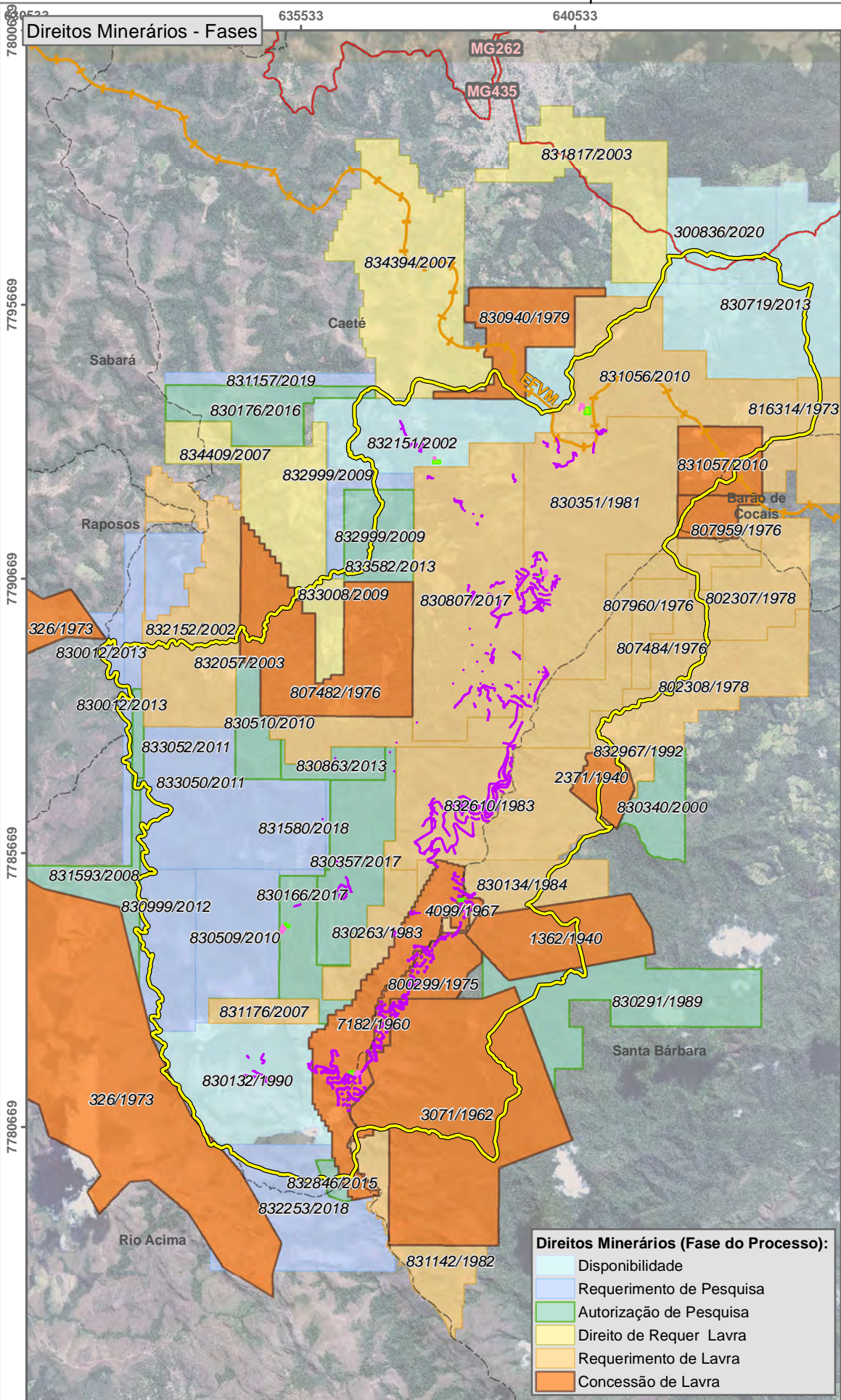
A maior parte das substâncias dos requerimentos na AE são os minérios de ouro de ferro, com usos informados predominantemente industriais. Do total de 56 processos, onze se encontram na fase de concessão de lavra – solicitações AngloGold Ashanti - Córrego do Sítio Mineração S.A. (ouro), Mineração Nossa Senhora do Sion LTDA (manganês), Mineração Serras do Oeste Eireli (ouro) e VALE S.A. (bauxita e ferro).

Tabela 7-5: Recursos Minerais de ocorrência na Área de Estudo.

Processo	Substância	Fase	Concessão	Área de Abrangência
3071/1962	Bauxita	Concessão de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
4099/1967	Bauxita	Concessão de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
7182/1960	Bauxita	Concessão de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
800299/1975	Ferro	Concessão de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
807484/1976	Ouro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
830132/1990	Prata	Disponibilidade	Iamgold Brasil Prospecção Mineral Ltda.	ADA+AE
830134/1984	Bauxita	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
830166/2017	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Brazmine Mineração, Comércio e Indústria Ltda	ADA+AE
830263/1983	Ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
830351/1981	Ouro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
830357/2017	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Brazmine Mineração, Comércio e Indústria Ltda	ADA+AE
830807/2017	Ouro	Requerimento de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
830863/2013	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.a.	ADA+AE
831056/2010	Minério de ferro	Requerimento de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
831176/2007	Minério de ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
831580/2018	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
832151/2002	Minério de ouro	Disponibilidade	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
832610/1983	Minério de ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	ADA+AE
833050/2011	Minério de ferro	Requerimento de pesquisa	Terrativa Minerais S.a.	ADA+AE
1362/1940	Manganês	Concessão de lavra	MINERACAO NOSSA SENHORA DO SION LTDA	AE
2371/1940	Manganês	Concessão de lavra	MINERACAO NOSSA SENHORA DO SION LTDA	AE
300836/2020	Dado não cadastrado	Disponibilidade	DADO NÃO CADASTRADO	AE
326/1973	Ouro	Concessão de lavra	Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.a.	AE
802307/1978	Ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	AE
802308/1978	Ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	AE
807482/1976	Minério de ouro	Concessão de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
807959/1976	Ferro	Concessão de lavra	VALE S.A.	AE
807960/1976	Ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	AE
816314/1973	Minério de ferro	Requerimento de lavra	VALE S.A.	AE

Processo	Substância	Fase	Concessão	Área de Abrangência
830012/2013	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Terrativa Minerais S.A	AE
830012/2013	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Terrativa Minerais S.A	AE
830176/2016	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Larissa Couto Faria	AE
830291/1989	Minério de manganês	Autorização de pesquisa	MINERACAO BELOCAL LTDA	AE
830340/2000	Dolomito	Autorização de pesquisa	Gandarela Minérios Ltda	AE
830509/2010	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Recursos Minerais do Brasil S.A	AE
830510/2010	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Recursos Minerais do Brasil S.A	AE
830719/2013	Minério de ouro	Disponibilidade	Mineração Jaguarua Ltda	AE
830940/1979	Minério de ouro	Concessão de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
830999/2012	Minério de ferro	Requerimento de pesquisa	MINERBRAS MINERAÇÕES BRASILEIRAS LTDA ME	AE
831057/2010	Minério de ouro	Concessão de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
831142/1982	Ferro	Requerimento de lavra	Minerações Brasileiras Reunidas SA	AE
831157/2019	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
831593/2008	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Luiz Antonio Ribeiro dos Santos	AE
831817/2003	Ouro	Direito de requerer a lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
832057/2003	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Brasroma Mineração, Comércio e Indústria Ltda	AE
832152/2002	Minério de ouro	Requerimento de lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
832253/2018	Minério de ferro	Requerimento de pesquisa	Adreane Marquez Drumond	AE
832846/2015	Minério de ferro	Autorização de pesquisa	Agrocity Mineração Ltda	AE
832967/1992	Dolomito	Requerimento de lavra	MINERACAO BELOCAL LTDA	AE
832999/2009	Minério de ferro	Requerimento de pesquisa	Terrativa Minerais S.A.	AE
832999/2009	Minério de ferro	Requerimento de pesquisa	Terrativa Minerais S.A.	AE
833008/2009	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.a.	AE
833052/2011	Minério de ouro	Requerimento de pesquisa	VALE S.A.	AE
833582/2013	Minério de ouro	Autorização de pesquisa	Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.a.	AE
834394/2007	Minério de ouro	Direito de requerer a lavra	Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.a.	AE
834409/2007	Minério de ouro	Direito de requerer a lavra	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE

Fonte: ANM, 2021.



Processo	Substância	Fase	Concessão	Área de Abrangência
3071/1962	BAUXITA	CONCESSÃO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
4099/1967	BAUXITA	CONCESSÃO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
7182/1960	BAUXITA	CONCESSÃO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
800299/1975	FERRO	CONCESSÃO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
807484/1976	OURO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
830132/1990	PRATA	DISPONIBILIDADE	Jamgold Brasil Prospeção Miner.	ADA+AE
830134/1984	BAUXITA	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
830166/2017	MINÉRIO DE OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Brasimine Mineração, Comércio e	ADA+AE
830263/1983	FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
830351/1981	OURO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
830357/2017	OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Brasimine Mineração, Comércio e	ADA+AE
830807/2017	OURO	REQUERIMENTO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
830863/2013	MINÉRIO DE OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	ADA+AE
831056/2010	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	ADA+AE
831176/2007	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
831580/2018	MINÉRIO DE OURO	DISPONIBILIDADE	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
832151/2002	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	ADA+AE
832610/1983	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	ADA+AE
833050/2011	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Terrativa Minerais S.A.	ADA+AE
1362/1940	MANGANÊS	CONCESSÃO DE LAVRA	MINERACAO NOSSA SENHORA DE	AE
2371/1940	MANGANÊS	CONCESSÃO DE LAVRA	MINERACAO NOSSA SENHORA DE	AE
300836/2020	DADO NÃO CADASTRADO	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	AE
326/1973	OURO	CONCESSÃO DE LAVRA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	AE
802307/1978	FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	AE
802308/1978	FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	AE
807482/1976	MINÉRIO DE OURO	CONCESSÃO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
807959/1976	FERRO	CONCESSÃO DE LAVRA	VALE S.A.	AE
807960/1976	FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	AE
816314/1973	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	VALE S.A.	AE
83012/2013	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Terrativa Minerais S.A.	AE
83012/2013	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Terrativa Minerais S.A.	AE
830176/2016	MINÉRIO DE OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Larissa Couto Faria	AE
830291/1989	MANGANÊS	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINERACAO BELOCAL LTDA	AE
830340/2000	DOLOMITO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Gandarela Minérios Ltda	AE
830509/2010	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Recursos Minerais do Brasil S.A	AE
830510/2010	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Recursos Minerais do Brasil S.A	AE
830719/2013	MINÉRIO DE OURO	DISPONIBILIDADE	Mineração Jaguará Ltda	AE
830940/1979	MINÉRIO DE OURO	CONCESSÃO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
830999/2012	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINERBRAS MINERAÇÕES BRASIL	AE
831057/2010	MINÉRIO DE OURO	CONCESSÃO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
831142/1982	FERRO	REQUERIMENTO DE LAVRA	Minerações Brasileiras Reunidas	AE
831157/2019	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
831593/2008	MINÉRIO DE OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Luiz Antonio Ribeiro dos Santos	AE
831817/2003	OURO	DIREITO DE REQUERER A LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
832057/2003	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Brasimine Mineração, Comércio e	AE
832152/2002	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE
832253/2018	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Adreane Marques Drumond	AE
832846/2015	MINÉRIO DE FERRO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Agrocitry Mineração Ltda	AE
832967/1992	DOLOMITO	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINERACAO BELOCAL LTDA	AE
832999/2009	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Terrativa Minerais S.A.	AE
833008/2009	MINÉRIO DE FERRO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Terrativa Minerais S.A.	AE
833050/2011	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	AE
833052/2011	MINÉRIO DE OURO	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VALE S.A.	AE
833582/2013	MINÉRIO DE OURO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	AE
83409/2007	MINÉRIO DE OURO	DIREITO DE REQUERER A LAVRA	Anglogold Ashanti Córrego do Sít	AE
834409/2007	MINÉRIO DE OURO	DIREITO DE REQUERER A LAVRA	Mineração Serras do Oeste Eireli	AE

7.5 ESPELEOLOGIA

7.5.1 METODOLOGIA

Os estudos espeleológicos foram desenvolvidos pela Carste Ciência e Meio Ambiente para a ADA do projeto Apolo Umidade Natural contempla a ADA do presente EIA que se destina a Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral. Foram apresentados no presente EIA os resultados do estudo da Carste, com o potencial espeleológico, os resultados das prospecções, as proposições de relevância de acordo com a legislação vigente e proposta de área de influência.

7.5.2 RESULTADOS

A Figura 7-18 mostra o mapa do potencial espeleológico elaborado pela Carste Ciência e Meio Ambiente para a ADA do projeto Apolo Umidade Natural, que também contempla a ADA do projeto das sondagens geológicas e geotécnicas. As áreas de maior potencial são aquelas onde houve maior densidade de linhas de caminhamento durante a fase de prospecção.

A compilação das prospecções espeleológicas do ano de 2006 a 2017, realizada pela empresa Carste Ciência e Meio Ambiente (2020), resultou em 626 km de trilhas percorridas, em uma área de 37,7 km², culminando no registro de 78 cavidades naturais subterrâneas. Quatro dessas desenvolvem-se em rochas siliciclásticas, sendo as cavernas AP_0049 e AP_0062 inseridas em quartzitos e filitos, e as cavernas AP_0050 e AP_0051 em xisto da Unidade Morro Vermelho. Todas as 74 demais ocorrem em rochas ferríferas da Formação Cauê, além de coberturas cenozoicas.

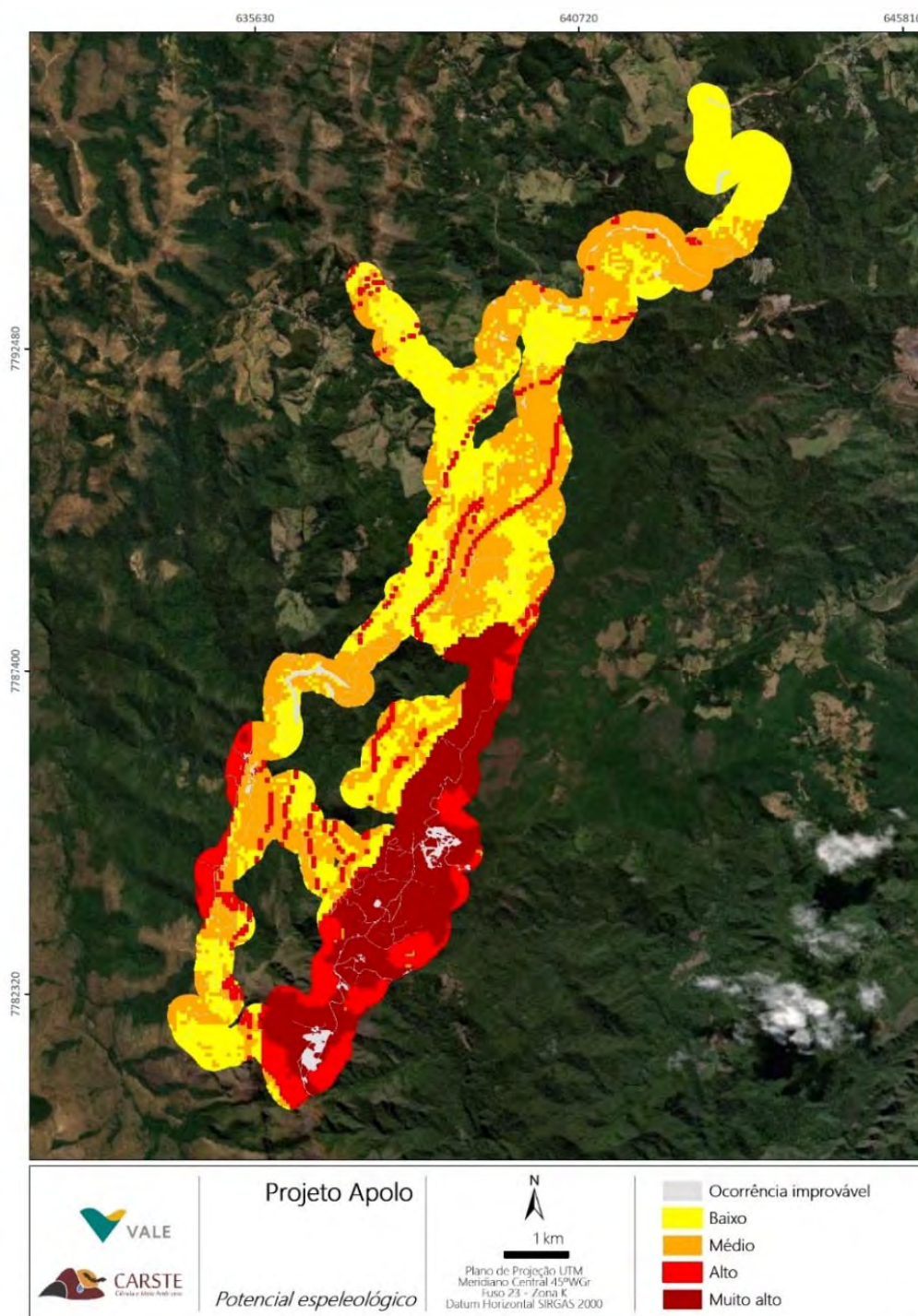


Figura 7-18: Modelo de potencial espeleológico para a região da ADA do projeto.

Fonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, 2020.

As cavernas localizam-se, especialmente, nas porções superiores do relevo na Serra do Gandarela, estando majoritariamente relacionadas à superfície de canga que recobre essa Unidade Geomorfológica.

Após a conclusão dos estudos geoespeleológicos e bioespeleológicos a análise de relevância das 78 cavidades apontou que:

- Quatro cavernas apresentaram relevância máxima (5%), determinada por seis atributos: (i) gênese única ou rara, (ii) morfologia única, (iii) dimensões notáveis em extensão, área e/ou volume, (iv) habitat para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos, (v) habitat de troglóbio raro, (vi) cavidade testemunho.
- Quatro cavernas (5%) apresentam atributos de relevância média (AP_0016, AP_0027, AP_0048, SG_0001) e,
- 70 cavernas (90%) foram classificadas com grau alto de relevância.

A distribuição geral das relevâncias encontra-se apresentada no Gráfico 7-8

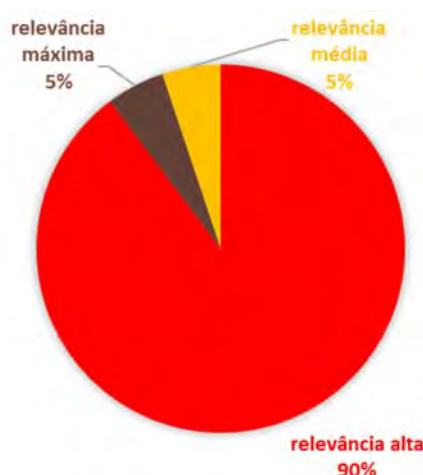


Gráfico 7-8: Percentual de cavernas na região do projeto por grau de relevância final.

Fonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, 2020.

A Tabela 7-6 mostra as coordenadas, litologia, relevância e localização de cada cavidade. O mapa da Figura 7-19 mostra a localização, relevância e propostas das áreas de influência das cavidades de relevância máxima em relação às ADAs do projeto de sondagem e do projeto Apolo Umidade Natural.

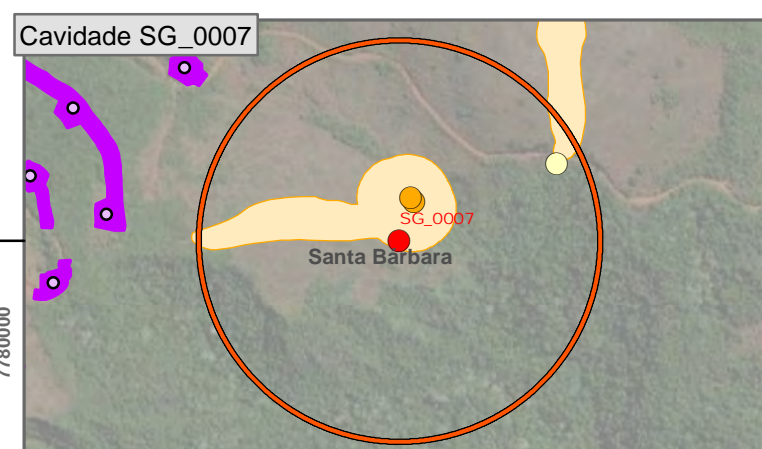
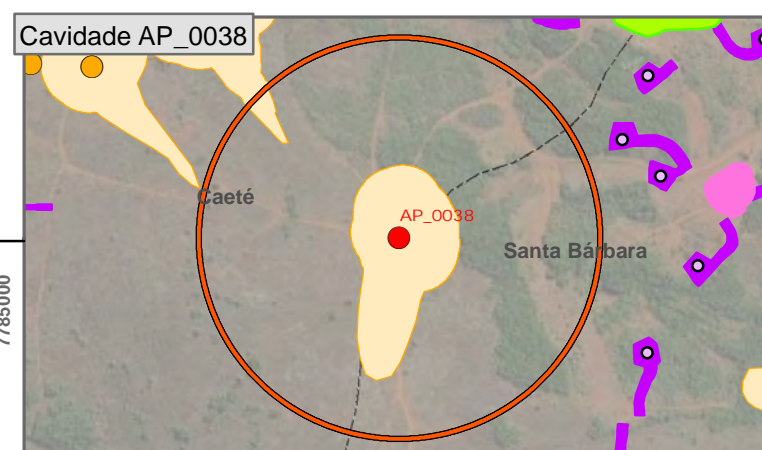
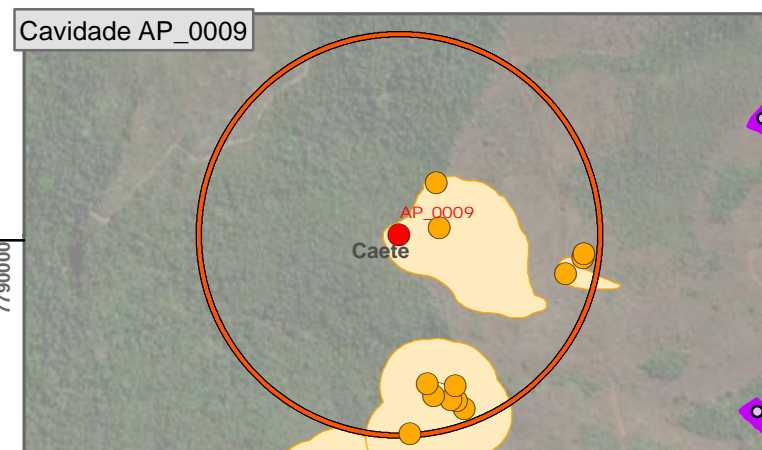
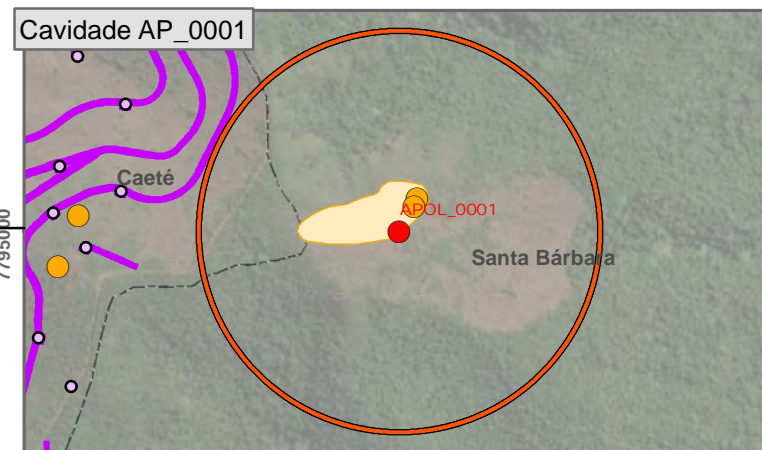
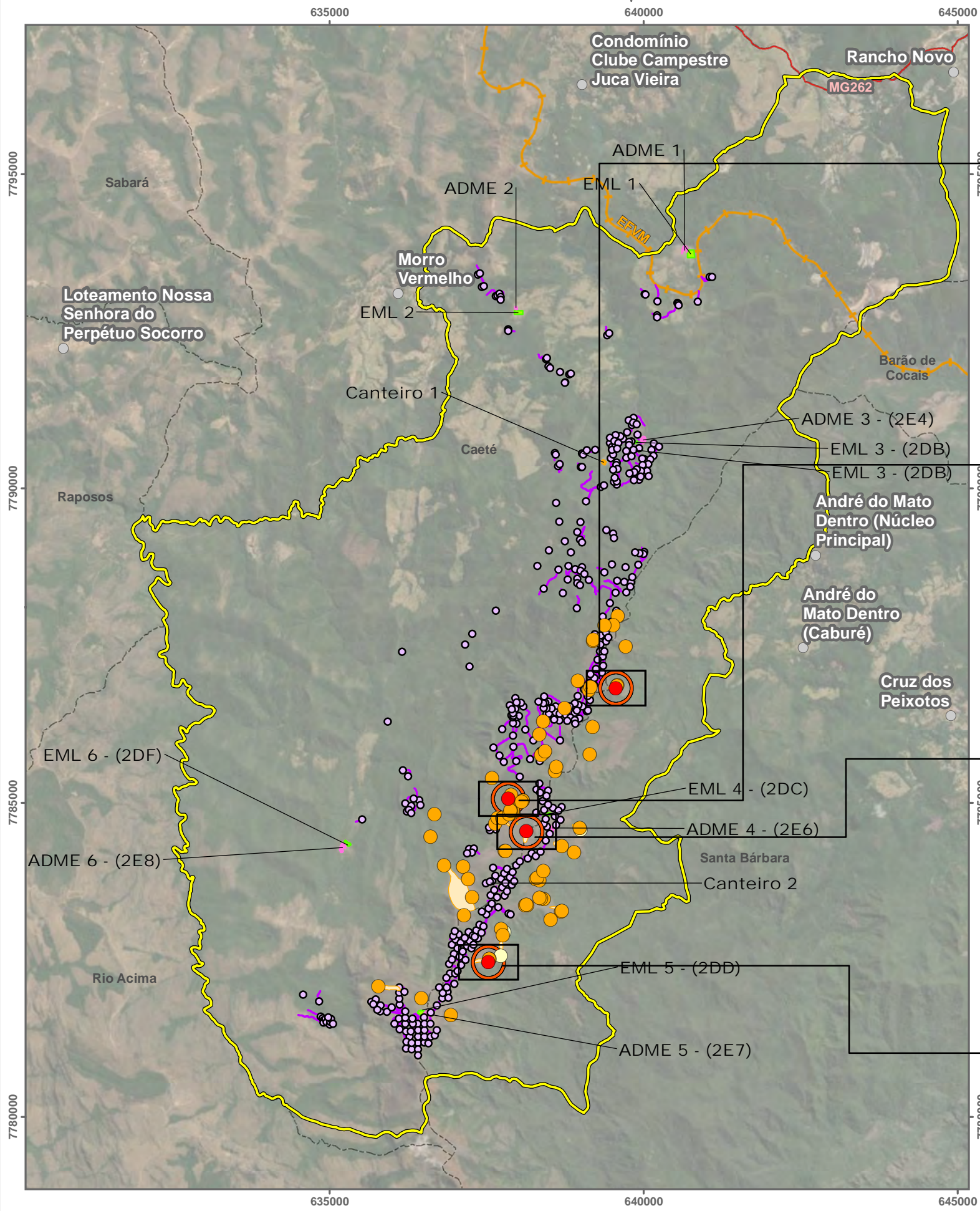
Tabela 7-6: Lista de cavidades identificadas na região das sondagens.

NOME	COORDENADAS UTM		ALTITUDE (M)	PH (M)	DESNÍVE L (M)	ÁREA (M²)	VOLUM E (M³)	LITOLOGIA
	DATUM SIRGAS 2000							
	FUSO 23K							
AP_0001	638740	7786504	1441	14	1,6	32	38	Canga
AP_0002	638420	7785789	1479	9,4	0	71,7	239	Itabirito/canga
AP_0003	638371	7785756	1475	54,3	6,6	107,6	121	Canga
AP_0004	638342	7786086	1417	5,8	0,8	18,8	29	Itabirito/canga
AP_0005	638588	7785501	1599	8,1	1	15,9	12	Itabirito
AP_0006	638612	7785569	1591	42,5	6	55	38	Itabirito
AP_0007	638075	7785031	1493	17,5	1,2	28,6	24	Itabirito
AP_0008	638077	7785036	1490	14,3	0,8	16	7	Itabirito
AP_0009	637847	7785060	1439	184,6	0,8	380,8	543	Itabirito/canga
AP_0011	637897	7785068	1448	14,5	0,4	31,8	33	Canga
AP_0012	637893	7785124	1439	9,8	1,8	26,5	19	Canga
AP_0013	637928	7784844	1466	28,8	2,2	121	165	Itabirito/canga

NOME	COORDENADAS UTM		ALTITUDE (M)	PH (M)	DESNÍVE L (M)	ÁREA (M²)	VOLUM E (M³)	LITOLOGIA
	DATUM SIRGAS 2000							
	FUSO 23K							
AP_0014	637918	7784853	1466	12	0,6	36,6	55	Itabirito
AP_0015	637911	7784854	1467	25,8	0,5	77,9	168	Itabirito/canga
AP_0016	637896	7784862	1465	5,6	1,1	13,3	9	Itabirito
AP_0017	637637	7784660	1461	7,8	1	15,5	12	Canga
AP_0018	637677	7784753	1435	27,3	0,8	36	29	Canga
AP_0019	637753	7784750	1465	23	1,4	33,8	50	Canga
AP_0020	637753	7784750	1465	50,8	4	74	153	Itabirito/canga
AP_0021	637860	7784812	1467	67,3	0	164,3	195	Itabirito
AP_0022	637129	7783980	1430	29,7	0	63,6	48	Canga
AP_0023	637789	7784230	1480	14,7	1,5	27	31	Canga
AP_0024	637208	7783782	1472	5,9	0,6	10	13	Itabirito
AP_0025	637269	7783492	1475	28,4	0	63,7	42	Itabirito/canga
AP_0026	637732	7782985	1555	12,3	0,4	47,8	36	Canga
AP_0027	637782	7782935	1557	5,1	1,7	7,4	9	Itabirito/canga
AP_0028	637756	7782882	1546	17	2,8	25,4	19	Itabirito
AP-0029	638686	7783264	1396	68,6	11,6	161	240	Itabirito/canga
AP_0030	638697	7783270	1398	9	1,6	30	24	Itabirito
AP_0031	638415	7783463	1486	6,7	0,3	14	8	Canga
AP_0032	638369	7783474	1430	9,3	0,8	27	15	Canga
AP_0033	638287	7783784	1454	9,7	1,6	21,5	27	Itabirito/canga
AP_0034	638342	7783767	1419	10,2	0,7	14	12	Itabirito/canga
AP_0035	638149	7783368	1538	8,7	1	24	16	Itabirito
AP_0036	638112	7783366	1541	52	3,6	71,7	52	Itabirito/canga
AP_0037	638700	7784308	1438	27	0,3	74	65	Itabirito
AP_0038	638136	7784537	1531	345	6,8	676	798	Canga
AP_0039	638307	7783794	1443	18,2	0,6	43	86	Itabirito
AP_0040	637804	7784220	1484	15,7	1,8	33	30	Canga
AP_0041	638409	7783909	1461	9,6	6	35	21	Itabirito/canga
AP_0042	638344	7783489	1475	13,7	0	16,9	9	Canga
AP_0043	638520	7783136	1443	8,9	2	13,3	11	Canga
AP_0044	638434	7785813	1417	11,3	2	20,4	14	Canga
AP_0045	637144	7783204	1596	13,2	0	51	57	Itabirito/canga
AP_0046	638131	7783373	1530	12,2	0	15,1	8	Itabirito
AP_0047	637917	7784872	1460	24,6	0	67,6	66	Itabirito
AP_0048	638995	7784565	1385	6,3	0,6	10,5	10	Canga
AP_0049	636828	7783996	1303	17	3,6	34	128*	Quartzito/filito
AP_0050	636610	7784457	1193	7,2	1,8	23	23	Xisto
AP_0051	636673	7784814	1134	6,7	1,4	11	9	Xisto
AP_0052	638896	7784209	1402	9	2	23	20	Canga
AP_0053	638982	7784593	1453	8,7	3,4	31	34	Canga
AP_0054	637890	7784859	1484	7,3	1	11	9	Itabirito
AP_0055	638054	7785011	1491	12,7	1	15	7	Itabirito
AP_0056	637882	7784875	1456	31	5,2	86	210	Itabirito/canga
AP_0062	637588	7785384	1416	12,4	8,8	53	178	Quartzito/filito
AP_0063	638397	7786295	1485	7	1,2	13	17	Itabirito/canga

NOME	COORDENADAS UTM		ALTITUDE (M)	PH (M)	DESNÍVE L (M)	ÁREA (M²)	VOLUM E (M³)	LITOLOGIA
	DATUM SIRGAS 2000							
	FUSO 23K							
AP_0064	639133	7786779	1511	7	1,4	18	14	Itabirito
AP_0065	639158	7786842	1502	33,4	8	94	154	Itabirito
AP_0066	638951	7786934	1425	20,3	4	104	117	Canga
APOL_0001	639558	7786823	1458	16,7	1	35,3	109	Itabirito/canga
APOL_0003	639580	7786863	1447	25,8	5,6	52,9	61	Itabirito/canga
APOL_0004	639576	7786853	1446	5	1	17,6	27	Itabirito
APOL_0008	639140	7785766	1464	25,9	9,5	57,6	42	Itabirito
APOL_0010	639587	7787962	1448	33,9	5,8	124,3	190	Itabirito/canga
APOL_0011	639520	7787819	1485	17	3,2	24,1	25	Itabirito/canga
APOL_0012	639196	7787572	1456	43,2	4	92,9	65	Canga
APOL_0013	639715	7787480	1453	53,5	3,5	128,1	198	Itabirito/canga
APOL_0014	636462	7781886	1605	26,1	6,5	92,2	114	Canga
APOL_0015	636936	7781620	1604	5,6	1	20,1	15	Itabirito
APOL_0016	635780	7782077	1482	14,1	1,2	34,1	48	Canga
APOL_0028	639186	7786195	1424	8,1	1,7	22,8	15	Itabirito/canga
APOL_0031	639198	7787588	1462	14,6	1,5	26,4	21	Canga
APOL_0032	639379	7787814	1434	10,8	0,9	14,4	9	Canga
SG_0001	637726	7782558	1474	6,1	5,3	22	32	Canga
SG_0005	637548	7782511	1441	11,2	0,5	27,6	23	Canga
SG_0006	637544	7782516	1456	12,1	0,8	25,2	28	Canga
SG_0007	637530	7782462	1457	51,4	1,1	185	258	Canga

Fonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, Maio de 2021.



Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

- Pontos de Sondagem
- Acesso e Praça
- ADME - Área de Disposição de Material Excedente
- EML - Estoque de Material Lenhoso
- Canteiro
- AE - Área de Estudo

Cavidade/Relevância

- Máxima
- Alta
- Média
- Buffer de 250m das cavidades de máxima relevância
- Área de Influência das Cavidades
- Localidade
- Rodovia
- Ferrovia
- Limite Municipal

7.6 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DAS ROCHAS

7.6.1 METODOLOGIA

A caracterização geotécnica das rochas e solos presentes na AE do empreendimento adotou os critérios de classificação em Unidades Geotécnicas, utilizado no Projeto APA Sul RMBH – Estudos do Meio Físico: Geotecnia (PIMENTEL *et al.*, 2005). A partir dos resultados desse trabalho ficou evidente o predomínio de algumas variáveis temáticas na determinação do comportamento geotécnico dos materiais (PIMENTEL *et al.*, 2005), como a geologia e a geomorfologia. Devido a evidente importância da geologia no condicionamento geotécnico dos materiais no Quadrilátero Ferrífero, bem como a correlação e dependência existente entre compartimentação geomorfológica e o arcabouço geológico e estrutural, a individualização e caracterização de unidades geotécnicas foram realizados com base nas unidades litológicas, acrescidas das componentes de solo, relevo e estruturas.

Os aspectos geotécnicos foram descritos em relação à capacidade de suporte, escavabilidade, suscetibilidade aos processos erosivos, rupturas de taludes e inundações dos terrenos com base no comportamento esperado para as rochas do QF, considerando-se as informações produzidas no trabalho supracitado. Feições erosivas e aquelas relacionadas com movimentos de massa foram descritas segundo aspectos morfológicos, litológicos, estruturais, geotécnicos e fatores condicionantes dos processos. Dados referentes à percussão, com ensaios SPT, gerados por terceiros, foram analisados com a finalidade de fornecer parâmetros comparativos sobre a capacidade de suporte dos materiais (PIMENTEL *et al.*, 2005).

7.6.2 RESULTADOS

7.6.2.1 UNIDADES GEOTÉCNICAS

O contexto geológico-geotécnico da Área de Estudo está associado às litologias das rochas do Supergrupo Rio das Velhas, do Supergrupo Minas e das coberturas detrítico lateríticas e aluviais do Cenozoico. As rochas identificadas compreendem: xistos, quartzitos, filitos, itabiritos, dolomitos, depósitos lacustres, sedimentos aluvionares, depósitos de tálus, colúvios e coberturas lateríticas (canga).

O comportamento geotécnico de cada unidade geológica permitiu agrupá-las em unidades geotécnicas segundo a proposta de Pimentel *et al.* (2005), trabalho que subsidia as descrições apresentadas. As unidades geológico-geotécnicas estão apresentadas na Figura 7-20 e Tabela 7-7, e foram individualizadas em dois grandes grupos:

- **Unidades Geológico-Geotécnicas Relacionadas ao Substrato Rochoso:** Rochas Básicas, Ultrabásicas, Xistos, Xistos e Quartzitos Finos, Quartzitos e Xistos, Quartzitos, Filitos, Itabiritos, Dolomitos e Calcários, Filitos e Quartzitos ferruginosos.
- **Unidades Geológico-Geotécnicas Relacionadas às Formações Superficiais:** Canga, Coluvionar e Depósitos Aluvionares.

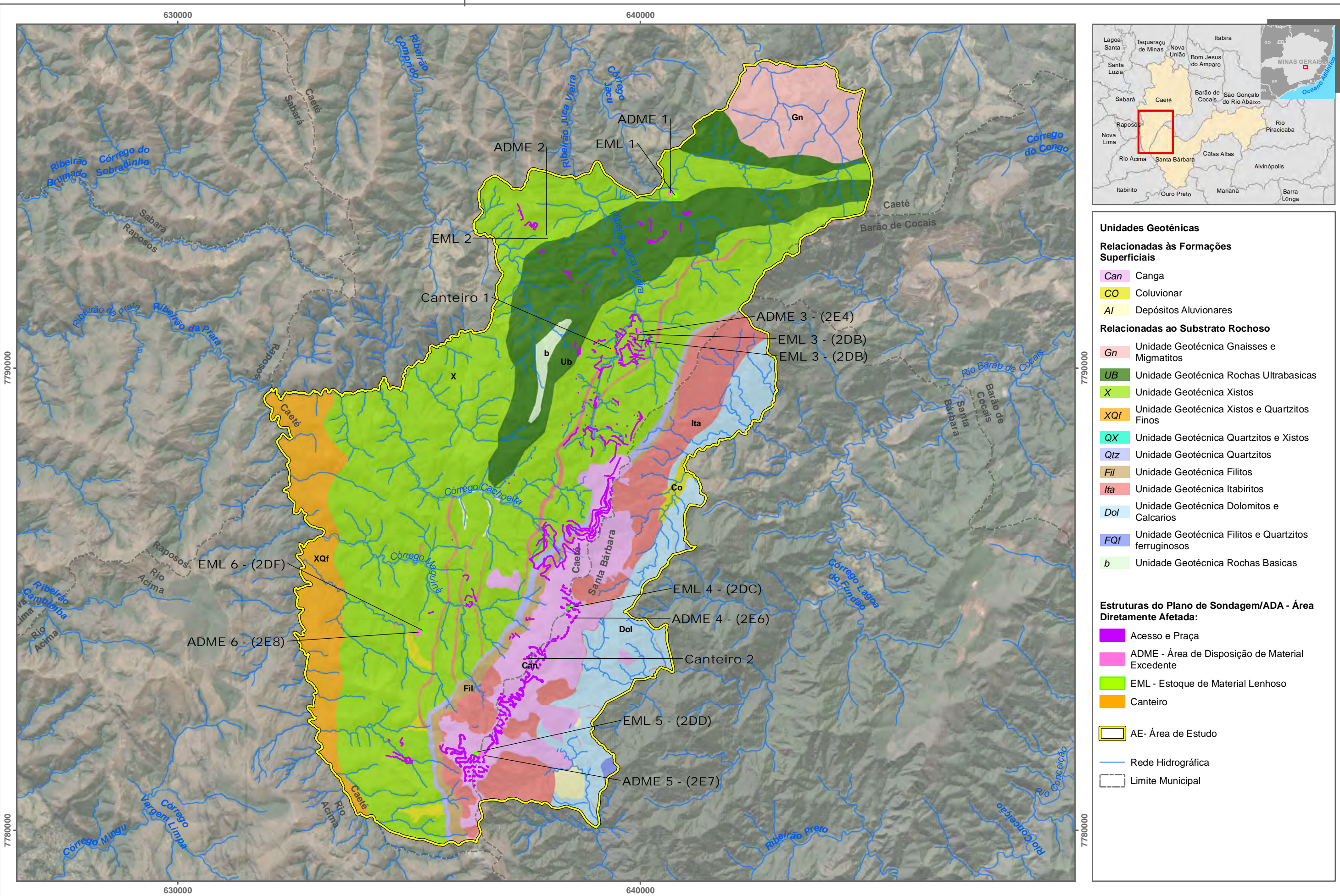


Tabela 7-7: Descrição das unidades geotécnicas da área de estudo e relação com a sondagem geotécnica e pesquisa mineral.

Tipo	Unidade Geotécnica	Descrição (Adaptado de PIMENTEL et al., 2005)
Substrato Rochoso	Gnaisses e Migmatitos	A unidade é constituída de gnaisses, granito-gnaisses, granito-gnaisses porfíricos e migmatitos está relacionada, por associação a geologia na área do projeto, ao Complexo Caeté. Distribui-se principalmente em áreas de relevo de colinas, porção norte da ADA. Os processos intempéricos e pedológicos desenvolveram sobre essas litologias Latossolos e Argissolos, principalmente. A capacidade de suporte é em geral elevada. A escavabilidade é fácil nos locais de ocorrência de solos mais profundos, podendo ser difícil a muito difícil nos locais onde o topo rochoso apresenta-se mais elevado. A suscetibilidade a movimentos de massa é baixa, função dos baixos gradientes topográficos e das características geotécnicas dos materiais de cobertura. Rupturas de talude ocorrem de modo isolado, relacionadas aos processos de evolução, avanço e alargamento das feições erosivas. A suscetibilidade à erosão é alta a moderada. A adaptação das feições erosivas ao longo dos planos das descontinuidades é marcante em diversas ravinas e voçorocas.
	Rochas Ultrabásicas (Ug-Ub)	A unidade é relacionada com os esteatitos, talco-xistos, serpentinitos, dunitos, peridotitos, talco-xistos anfibolíticos, formações ferríferas e turmalinitos, do SGr. Rio das Velhas/Gr. Nova Lima/unidade Ouro Fino, principalmente. Ocorre ao norte da área em relevo de colinas e morros convexos, com cambissolos e latossolos. De acordo com Pimentel et al. (2005) apresenta capacidade de suporte moderada a alta, escavabilidade em geral moderada e suscetibilidade a processos erosivos entre moderada a baixa. Ocorre a norte da AE, entremeada pela unidade xistos e em contato com os Gnaisses e Migmatitos, na região da ADA Acesso Norte Barão.
	Xistos (UG-X)	A unidade é relacionada com os xistos grafitosos, cloríticos e estaurolíticos, fucsita xistos, talco xistos, sericita-muscovita-quartzo xistos, formações ferríferas, rochas calciossilicáticas, e zonas de alteração hidrotermal, do SGr. Rio das Velhas/Gr. Nova Lima/ (unidades Catarina Mendes, Córrego do Sítio, Mindá, Morro Vermelho, Ouro Fino). Ocupa extensa e larga faixa central da AE de direção N-S e distribui-se na região da Pilha B e da usina e estruturas de apoio, bem como na região dos diques e sumps, em relevos de morros convexos, cristas aguçadas e colinas, com cambissolos e neossolos pouco espessos e pouco desenvolvidos. De acordo com Pimentel et al. (2005) apresenta capacidade de suporte moderada a alta, escavabilidade fácil a moderada, suscetibilidade à erosão superficial alta e moderada a muito alta para os movimentos de massa
	Xistos e Quartzitos Finos (UG-XQF)	A unidade é relacionada com os xistos finos, xistos grafitosos, quartzitos sericíticos finos, quartzito finos, quartzitos micáceos e, localmente, filitos, do SGr. Rio das Velhas/Gr. Maquiné/Fm. Casa Forte/Unidade Chica Dona e Fm. Palmital/Unidade Rio das Pedras. Ocupa uma estreita faixa, de direção N-S, no lado oeste da AE, região do ribeirão da Prata, com relevos de serras, patamares e morros convexos, que portam cambissolos, principalmente, além de afloramentos de rochas e solos litólicos. Apresenta capacidade de suporte moderada a alta, escavabilidade moderada a fácil e suscetibilidade à erosão superficial moderada a baixa e moderada para movimentos de massa (Pimentel et al., 2005).

Tipo	Unidade Geotécnica	Descrição (Adaptado de PIMENTEL et al., 2005)
	Quartzitos (UG-QTZ)	Constituída por quartzitos, quartzitos conglomeráticos, quartzitos ferruginosos, metaconglomerados, filitos xistosos e <i>metacherts</i> , do SGr. Rio das Velhas/Gr. Maquiné/Fm. Casa Forte/Unidade Chica Dona, e do SGr. Minas/Fm. Moeda/Gr. Caraça, geralmente. Ocorre em relevos de platôs quartzíticos, patamares, serras e morros convexos, portando solos incipientes com textura arenosa. Ocorre em uma estreita faixa na AE, porção central. Apresenta capacidade de suporte elevada a muito elevada, escavabilidade difícil a muito difícil e suscetibilidade baixa aos ravinamentos e localizada a movimentos de massa do tipo queda de blocos (Pimentel et al., 2005).
	Filitos (UG-FIL)	A unidade é relacionada com os filitos e filitos grafitosos, do SGr. Minas/Gr. Caraça/Fm. Batatal, ocorrendo, em geral, em relevo de colinas, serras e cristas homoclinais, relacionada a cambissolos e solos litólicos. A variação da relação “plano topográfico/planos estruturais” controla as variações da capacidade de suporte baixa a alta, bem como de escavabilidade fácil a moderada até moderada a difícil (Pimentel et al., 2005). A suscetibilidade à erosão é muito alta, seja por ravinamentos como por movimentos de massa e de rupturas de taludes. A unidade ocorre em uma estreita faixa na porção central da AE, na escarpa da serra em contato com itabiritos e quartzitos.
	Itabiritos (UG-ITA)	A unidade é relacionada com os itabiritos com intercalações de filitos, dolomitos e zonas manganíferas subordinadas, do SGr. Minas/Gr. Itabira/Fm. Cauê, em relevos de cristas de homoclinais, serras, platôs lateríticos e escarpas, portando solos litólicos e cambissolos. De acordo com Pimentel et al. (2005), apresenta capacidade de suporte muita elevada, escavabilidade muito difícil até moderada, dependendo do litotipo predominante e suscetibilidade a ravinamento baixa a muito baixa e baixa a elevada para movimentos de massa. Ocorre em ampla faixa na porção leste da ADA, encoberta em partes pela Unidade Geotécnica Cangas, na região da cava do projeto de referencia para as sondagens.
	Dolomitos e Calcários (UG-DOL)	A unidade é relacionada com os dolomitos, calcários dolomíticos, mármore com níveis itabiríticos e de filitos, do SGr. Minas/Gr. Itabira/Fm. Gandarela, em faixa de relevo de patamares, cristas homoclinais, colinas e cristas aguçadas que bordeja o Sinclinal Gandarela pelo lado leste, portando cambissolos e solos litólicos. Na AE ocorre na extremidade leste. Apresenta capacidade de suporte baixa a muito elevada, escavabilidade fácil a muito difícil e suscetibilidade à erosão baixa, graças a cobertura vegetal, ainda bastante preservada (Pimentel et al., 2005).
	Filitos e Quartzitos Ferruginosos (UG-FQF)	A unidade é relacionada com forte variabilidade litológica dos filitos, filitos grafitosos, filitos conglomeráticos, quartzitos, quartzitos ferruginosos, dolomitos, talco-xistos, metagrauvas e lentes de formações ferríferas, do Gr. Piracicaba, SGr. Minas/Fm. Cercadinho e Gr. Sabará. O relevo é representado por colinas e serrotes do Gandarela, esporões e morros, portando cambissolos e solos litólicos. De acordo com Pimentel et al., (2005) apresenta capacidade de suporte geralmente baixa, escavabilidade variando de fácil a moderada ou mesmo difícil e suscetibilidade alta a muito alta aos ravinamentos, bem como alta também aos movimentos de massa e rupturas de taludes. Ocorre na extremidade sul, na porção leste da AE.

Tipo	Unidade Geotécnica	Descrição (Adaptado de PIMENTEL et al., 2005)
	Rochas Básicas (UG-B)	A unidade é constituída relacionada com os enxames de diques de gabros, gabros porfíricos e diques de diabásio que se encontram principalmente ao longo de baixos topográficos, portando principalmente cambissolos típicos. Ocorre na AE entremeando a unidade rochas ultrabásicas, na porção norte.
Formações Superficiais	Cangas (UG-CAN)	A unidade é relacionada, quase essencialmente, com cangas, além de níveis de hematita compacta e friável, bauxita e solos lateríticos concrecionados com espessuras superiores a 2 metros. O relevo de ocorrência é muito variável, de áreas planas de topo de platô a vertentes bastante inclinadas e o suporte edáfico varia de afloramentos de canga, sob forma de fina crosta limonítica ou espessa carapaça a solos bauxíticos. Apresenta capacidade de suporte em geral elevada a muito elevada, escavabilidade variando de moderada (solos) a extremamente difícil (carapaça), suscetibilidade baixa a ravinamentos, mas elevada a queda de blocos das escarpas sustentadas pelas cangas (Pimentel et al., 2005). Ocorre na porção leste da AE, na região da cava e em suas proximidades do projeto.
	Coluvionar (UG-CO)	Relacionada com massas de materiais detríticos carregados por processos principalmente gravitacionais e hídricos, os quais formam depósitos de encosta, com espessuras métricas e heterogêneas granulometria e mineralogia, que portam cambissolos. Apresenta capacidade de suporte baixa a moderada, escavabilidade fácil a moderada e suscetibilidade elevada a ravinamentos, mas baixa para movimentos de massa (Pimentel et al., 2005). Na AE ocorrem duas manchas principais, a sul e a leste, distribuindo-se em encostas.
	Depósitos Aluvionares (UG-AI)	A unidade é relacionada com delgados depósitos aluvionares recentes, compostos de areia, silte, argila e cascalho, que ocorrem em terraços fluviais e pequenos depósitos ao longo das calhas de drenagem, principalmente, com cobertura pedológica de neossolos e gleissolos. Ocorre em um trecho a sul da AE. Apresenta capacidade de suporte baixa, escavabilidade fácil e elevada suscetibilidade à erosão das margens dos cursos d'água e dos terraços (Pimentel et al., 2005).

Fonte: Adaptado de Pimentel *et al.*, 2005.

7.6.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

A avaliação dos aspectos geotécnicos buscou a identificação das áreas de risco geológico-geotécnico, priorizando a identificação de processos erosivos, movimentos de massa existentes e do potencial de risco geotécnico ao longo da ADA das sondagens geológicas e geotécnicas.

A porção sul da ADA ocorre, predominantemente, sob as unidades geotécnicas Itabiritos (Ug-Ita) e sob a unidade geotécnica Cangas (Ug-Can), esta última ligada às formações superficiais. A unidade geotécnica Itabiritos (Ug-Ita) possui capacidade de sustentação em geral muito elevada, entretanto é dependente do grau de alteração das condições de confinamento do maciço. É constituída principalmente por itabiritos, formações ferríferas, filitos, dolomitos e zonas manganésíferas subordinadas. Os movimentos de massa desta unidade são condicionados pela orientação das descontinuidades do maciço, i.e., foliação, falhas e fraturas, em relação espacial com a face do talude. A unidade geotécnica Cangas (Ug-Can) forma uma cobertura superficial principalmente sobre os itabiritos, sobrepondo a estes. Compõe-se de cangas, níveis de hematita compacta e friável que sustentam as cristas do platô laterítico, apresentando capacidade de suporte elevada a muito elevada. Sua escavabilidade é dependente da intensidade de atuação dos agentes intempéricos, podendo variar de moderada a extremamente difícil e apresenta baixa suscetibilidade frente aos processos erosivos.

Por sua vez, a porção norte da ADA encontra-se situada sobre a unidade geotécnica Xistos (Ug-X), a qual é constituída de xisto, xisto grafitoso, xisto clorítico e estaurolítico, fucsita xisto, talco xisto, sericita-muscovita quartzo xisto, formação ferrífera, rochas calciossilicáticas, e zonas de alteração hidrotermal, incluídas no Supergrupo Rio das Velhas / Grupo Nova Lima / unidades: Catarina Mendes, Córrego do Sítio, Mestre Caetano, Mindá, Morro Vermelho, Ouro Fino. Os tipos de solos desta unidade são os Cambissolos e Latossolos. A capacidade de suporte é moderada a alta, a escavabilidade é variável de fácil a moderada, sendo influenciada pelas relações espaciais entre os planos da foliação e o plano de corte, sendo fácil quando paralela e mais difícil quando perpendicular a foliação. Localmente, a escavabilidade pode ser difícil a muito difícil devido à presença de horizontes ou níveis de formação ferrífera, quartzitos e rochas mais coesas. A suscetibilidade à erosão é alta, condicionada pela textura dos materiais de intemperismo, predominantemente siltosa, e pequena espessura dos Cambissolos lépticos e Neossolos.

Em menor proporção, há ADA do projeto situada parcialmente sobre as unidades geotécnicas filitos (Ug-Fil) e quartzitos (Ug-Qtz). A unidade dos quartzitos (Ug-Qtz) é constituída essencialmente por quartzitos com pouca ou nenhuma cobertura superficial, possuindo uma capacidade de suporte elevada a muito elevada, e escavabilidade em geral, difícil a muito difícil, condicionada pelo topo rochoso elevado ou aflorante. A associação de feições estruturais e as relações espaciais entre elas podem gerar cunhas e blocos desconfiados podendo ocasionar rupturas no maciço quartzítico. A unidade geotécnica Filitos (Ug-Fil) é constituída essencialmente por filitos e filitos grafitosos; é fortemente influenciada pelas características litológicas, sendo dependentes das relações estruturais, das atitudes das descontinuidades e da foliação metamórfica frente os esforços solicitados. A capacidade de suporte varia de baixa, quando paralela à foliação, a alta, quando perpendicular. As condições

geotécnicas desta unidade são também condicionadas pelo escoamento das águas superficiais e pelo nível do lençol freático, o qual, uma vez alcançado pelo ravinamento, evolui rapidamente para feições erosivas do tipo voçorocas.

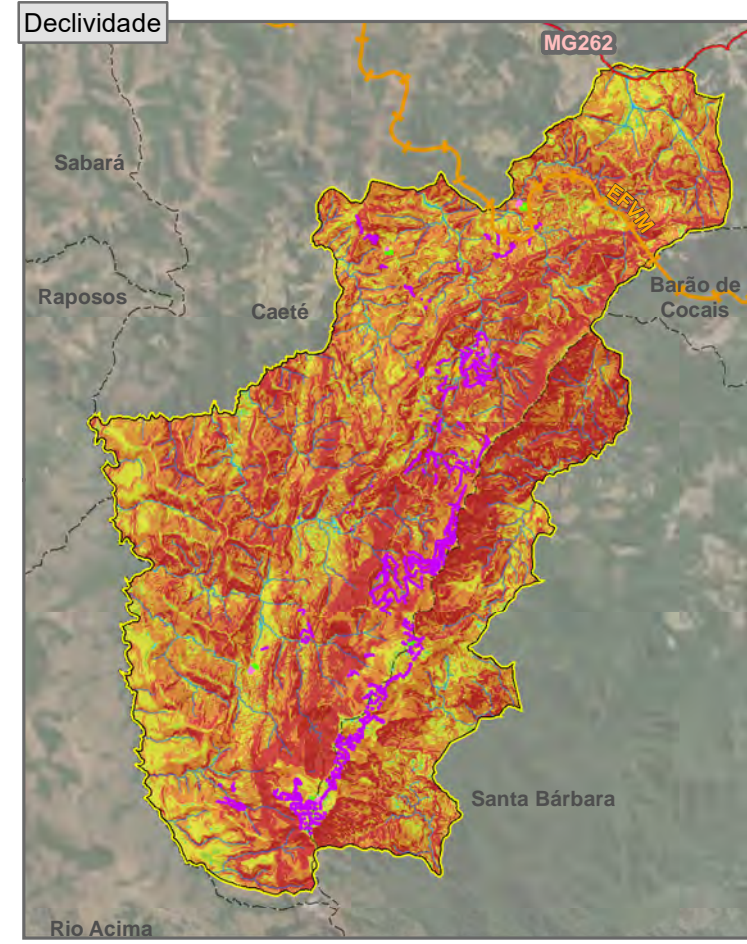
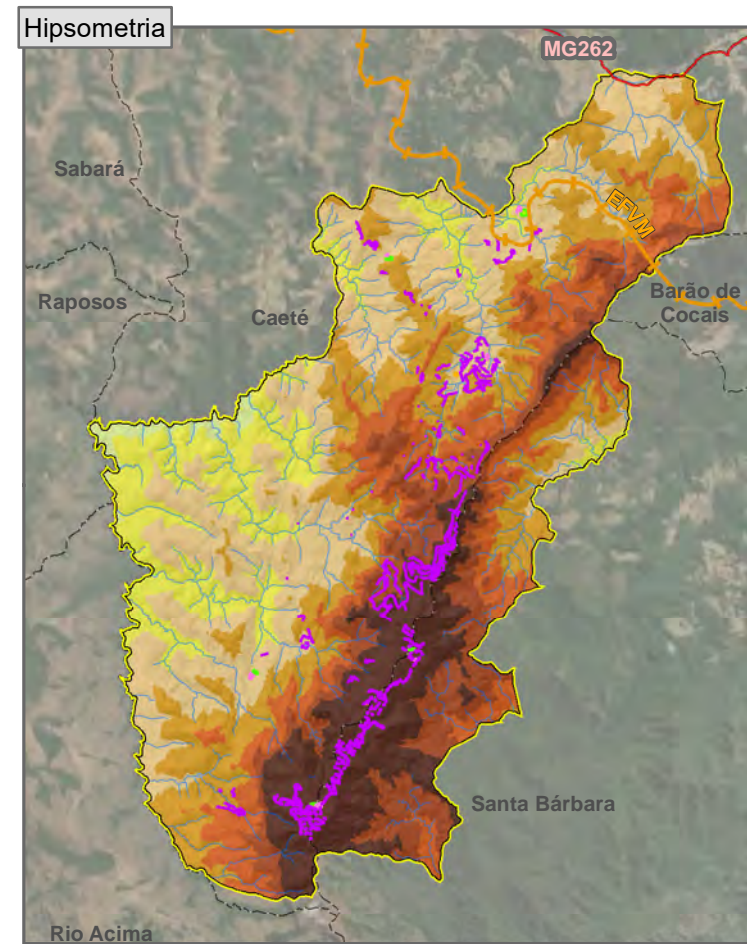
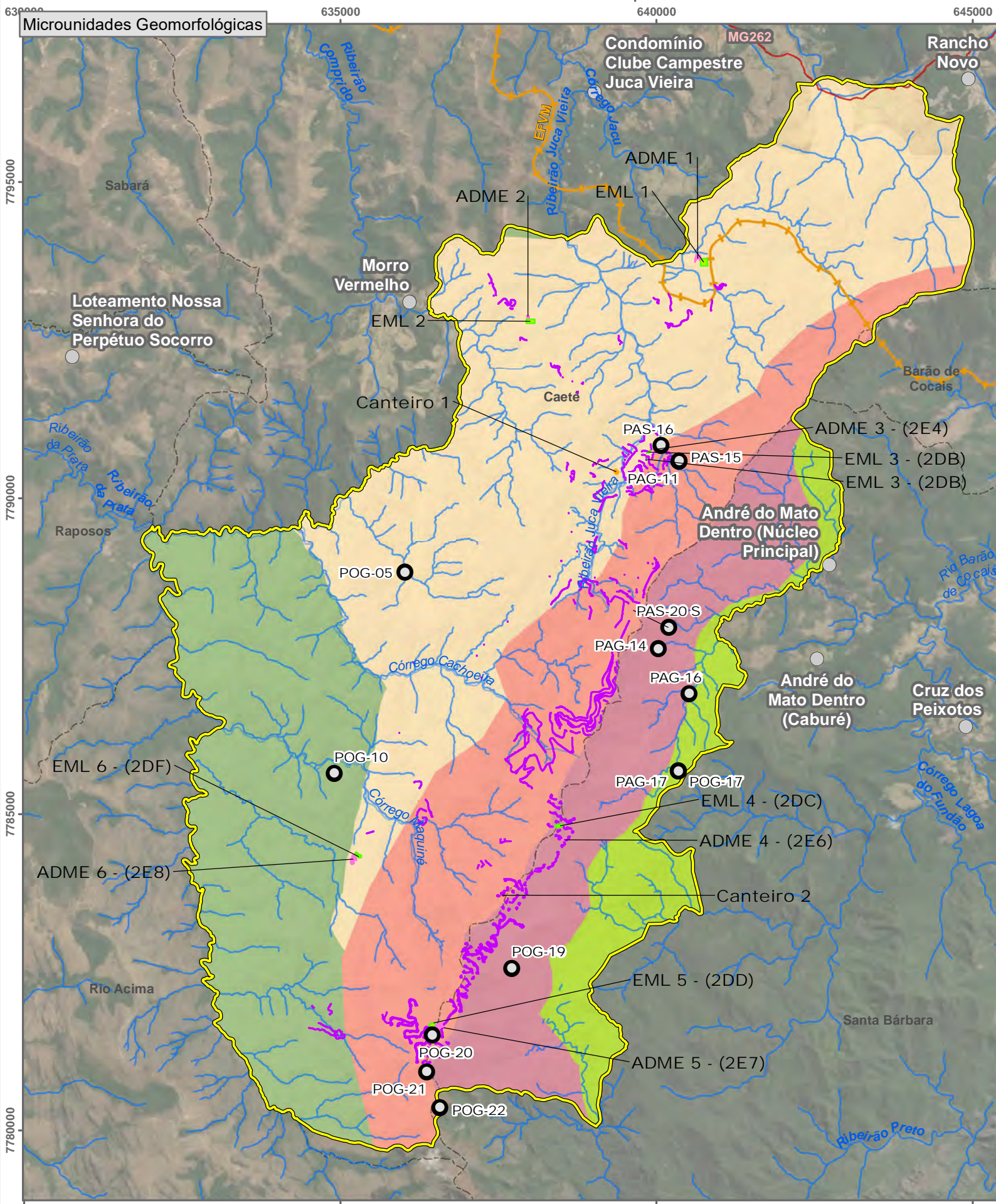
7.7 GEOMORFOLOGIA

7.7.1 METODOLOGIA

A abordagem geomorfológica foi desenvolvida pautando-se em dados secundários disponíveis na literatura que trata dos aspectos físicos do Quadrilátero Ferrífero. Os documentos de maior relevância utilizados foram o Projeto RADAMBRASIL (1983 - Folhas Rio de Janeiro e Vitória na escala de 1:1. 000.000); o Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais na escala de 1:250.000 (CETEC, 1983); Mapa de Unidades do Relevo do Brasil (IBGE, 2006), o Projeto APA Sul RMBH – Estudos do Meio Físico: Geomorfologia (MEDINA *et al.*, 2005) e o Mapa Morfoestrutural do Quadrilátero Ferrífero (SAADI/GOLDER ASSOCIATES, 2008). A partir da consulta ao material bibliográfico supracitado e dos levantamentos de campo realizados pela equipe técnica da Amplo foram identificadas seis unidades geomorfológicas com comportamento morfodinâmico relativamente homogêneo.

7.7.2 GEOMORFOLOGIA

A Área de Estudo é constituída por cinco unidades geomorfológicas que são descritas a seguir. O vale da Anticlinal Conceição é considerado no mapa por razões de geometria das unidades no espaço, demonstrando a unidade geomorfológica imediatamente adjacente as representadas no mapa da Figura 7-21. O mapa contém, ainda, os pontos de observação geomorfológica (POG) referenciados ao longo do texto quanto a tomada de fotografias, bem como apresenta o mapa hipsométrico e de declividade referentes a Área de Estudo.



Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

- Acesso e Praça
- ADME - Área de Disposição de Material Excedente
- EML - Estoque de Material Lenhoso
- Canteiro
- AE - Área de Estudo

Ponto de Observação Geomorfológica

Microunidades Geomorfológicas

- Patamares escalonados Borda Ocidental do Sinclinal Gandarela
- Front de escarpa Sinclinal Gandarela
- Front externo Sinclinal Gandarela
- Escarpa reversa Sinclinal Gandarela
- Patamar interno Sinclinal Gandarela

Hipsometria (m)

- 1.401 - 1.500
- 1.301 - 1.400
- 1.201 - 1.300
- 1.101 - 1.200
- 1.001 - 1.100
- 901 - 1.000
- 801 - 900
- 701 - 800

Declividade em % (classificação segundo Embrapa)

- 0 - 3% (relevo plano)
- 3 - 8% (relevo suave ondulado)
- 8 - 20% (relevo ondulado)
- 20 - 45% (fortemente ondulado)
- > 45% (relevo montanhoso)

Localidade

Rodovia

Ferrovia

Rede Hidrográfica

Limite Municipal

7.7.2.1 UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DOS PATAMARES ESCALONADOS DA BORDA OCIDENTAL DA SINCLINAL GANDARELA

Esta unidade assume o papel de uma zona de transição gradacional entre as morrarias do vale do rio das Velhas e as escarpas da Sinclinal Gandarela. Ela apresenta uma forte amplitude altimétrica entre cotas situadas dentro do intervalo de 740 m a 1450 m, onde patamares topográficos correspondem, em sequência, ao vale do ribeirão da Prata (740 a 1000 m), outros vales suspensos de afluentes do rio das Velhas (1100 e 1300 m) e ao sopé das escarpas do Gandarela (1300 a 1450 m). As declividades variam entre 5°, para fundo de vale, e até 30°, em média, para as vertentes retilíneas a côncavas, com amplitudes de até 200m, que se distribuem ao longo das serranias alinhadas. Seus topos são sustentados, em sua grande maioria, por quartzitos do Grupo Maquiné e, seus sopés por xistos e conglomerados do Grupo Nova Lima (Foto 7-4). O alinhamento das geoformas conserva a influência das faixas de empurrão com vergência para oeste. O controle estrutural se reflete no padrão da drenagem paralelo, localmente, e radial centrífuga.

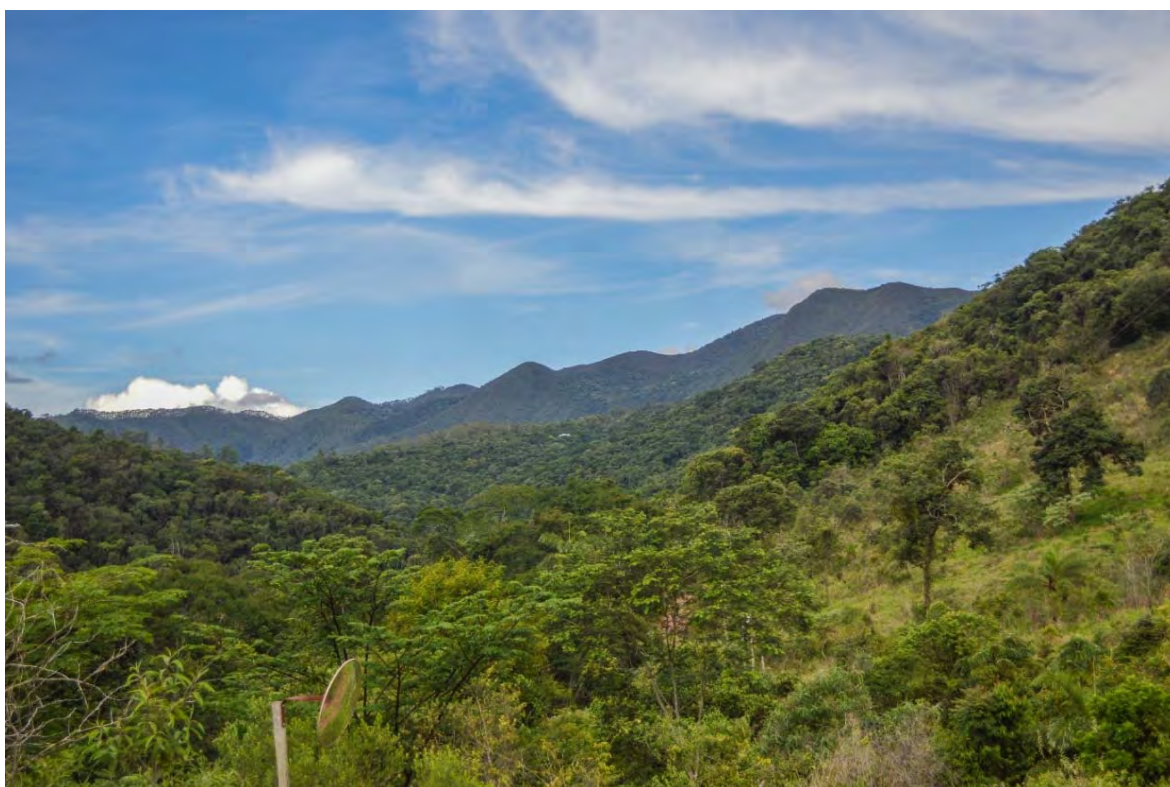


Foto 7-4: Vertentes retilíneas a côncavas da unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados da Borda Ocidental do Sinclinal Gandarela. Topos sustentados por quartzitos e sopés por xistos e conglomerados (ponto POG10).

Do ponto de vista morfodinâmico tem-se que o gradiente hidráulico mais acentuado permite uma maior velocidade das enxurradas que ameaçam gerar ravinamentos nas partes inferiores das vertentes, frente às agressões antrópicas geradas pelo desmatamento, loteamentos e estradas vicinais. No entanto, os afloramentos rochosos muito frequentes garantem a manutenção da erosão sob sua forma predominantemente areolar.

7.7.2.2 UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DO FRONT EXTERNO DA SINCLINAL GANDARELA

Esta unidade corresponde ao contato das estruturas do sinclinal Gandarela com o embasamento cristalino, nos arredores da cidade de Caeté. As rochas que sustentam o relevo local são os metabasaltos do Grupo Nova Lima, que afloram no intervalo altimétrico situado entre 1000 m e 1400 m. Deste modo, estes estabelecem o contato com os gnaisses do Complexo Caeté, que continuam aflorando morros abaixo até a altitude mínima de 860m.

As faces das vertentes são voltadas para NW e, subordinadamente, para E e W, ao longo dos vários anfiteatros e vales que entalham esta unidade, atendendo a uma rede de drenagem organizada segundo um padrão paralelo a subdendrítico. As geoformas são representadas por morrarias com amplitudes que variam, gradativamente, de 300 m em sua porção meridional para até em torno de 100 m na porção setentrional, onde ocorre uma relativa suavização das formas de relevo. As variações de declividade acompanham este contexto com valores menores de 5° a até 30°. A Foto 7-5 representa esta unidade.



Foto 7-5: Morrarias da unidade geomorfológica *Front* Externo da Sinclinal Gandarela. Pastagem e cultivo no fundo do vale caracterizando ambiente rural. Partes mais elevadas ainda recobertas por florestas (ponto POG05).

Do ponto de vista geomorfológico, as declividades acentuadas sobre litotipos geradores de solos suscetíveis a movimentos de massa, devido ao teor em argilas, constituem um risco de acentuação morfogenética. A área é mais densamente ocupada em relação as demais unidades, com maior número de concentrações populacionais e mais denso habitat rural. As matas ciliares são mais escassas e observa-se vários casos de colocação em cultivo de hortigranjeiros. No entanto, esta intensidade do antropismo está ainda evitando as partes elevadas da unidade que se mantêm cobertas por florestas. Deve-se ressaltar, porém, que existem riscos de desencadeamento de crise morfogenética, quando a floresta eliminada revela a existência de geoformas representando prováveis paleo-voçorocas estabilizadas

(anfiteatros com fundo plano entulhado) e que se encontravam fossilizadas sob a floresta. A reativação dos processos que geraram essas formas pode se apresentar de modo catastrófico, dependendo da intensidade e do modo como será realizada a ocupação das áreas correspondentes.

7.7.2.3 UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DO FRONT DE ESCARPA DA SINCLINAL GANDARELA

O *front* das escarpas da Sinclinal Gandarela apresenta a maior amplitude altimétrica da área de estudo. Suas altitudes variam desde os 1640m em cristas sustentadas por cangas e itabiritos até os 860m em profundo vale entalhado por afluentes do rio Conceição nos xistos do Grupo Nova Lima. Nesta unidade, as escarpas são compostas por litologias muito variadas e recorrentes em afloramento, incluindo desde os xistos, passando pelos quartzitos e filitos do Grupo Caraça, até os itabiritos do Grupo Itabira por vezes capeados por canga. As declividades variam de 20° a valores que chegam a superar os 45°, em vertentes retilíneas e de forma triangular, que apresentam geformas típicas da unidade representadas por anfiteatros suspensos (Foto 7-6 e Foto 7-7).



Foto 7-6: Unidade geomorfológica *Front* da Escarpa da Sinclinal Gandarela. Crista sustentada por canga mais a frente. Ao fundo, vertentes retilíneas em forma triangular e anfiteatros suspensos. Cobertura vegetal formada por um mosaico floresta-savana (ponto POG22).



Foto 7-7: Unidade geomorfológica *Front* da Escarpa do Sinclinal Gandarela. Topo sustentado por canga. É possível observar anfiteatros e vertentes retilíneas (ponto POG21).

Visto que esta unidade bordeja toda a estrutura sinclinal de orientação SW-NE, contornando-a por todos os lados, as faces das escarpas são viradas tanto para NW, quanto para W e SE, em direções divergentes entre si, pois são orientadas para o exterior da estrutura sinclinal. Do ponto de vista morfodinâmico, apesar das variações litológicas, a unidade se beneficia de um alto grau de estabilidade em condições naturais. O papel das litologias brandas é obliterado pela espessura adelgada em afloramento e prensada em meio a afloramentos de rochas duras. Por outro lado, a alta declividade desencorajou o uso do solo agrícola e a unidade manteve uma boa cobertura florestal, num contexto de denso mosaico floresta-savana.

7.7.2.4 UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DA ESCARPA REVERSA DA SINCLINAL GANDARELA

As escarpas que ocupam o reverso das camadas que afloram na crista periférica da Sinclinal Gandarela possuem declividades tão acentuadas quanto as que caracterizam os *fronts* de escarpa erosivos (valores de 20° a superiores a 45°), conforme pode-se observar na Foto 7-8. Aparentemente simétricas do ponto de vista fisiográfico, essas vertentes diferem radicalmente em termos de função ambiental.



Foto 7-8: Unidade Geomorfológica da Escarpa Reversa da Sinclinal Gandarela (POG19).

As vertentes desta unidade são mais curtas que as equivalentes no *front* de erosão, estendendo-se até a cota de 920m e suportando uma série de rios que correm paralelamente à crista, sendo estruturalmente controlados pela direção das camadas litológicas. As faces das vertentes são, desta vez, voltadas de modo convergente para o centro da estrutura sinclinal ocupada pela drenagem principal do eixo do vale, mesmo que se mantenham viradas para Noroeste, Oeste e Sudeste.

As diferenças fundamentais são, no entanto, ligadas à característica de vertente de reverso que gera uma maior homogeneidade litológica em longas distâncias e um caminho preferencial para as águas subterrâneas ao longo das anisotropias inter-estratais. As rochas que se destacam neste contexto são os quartzitos do Grupo Caraça e os itabiritos e dolomitos do Grupo Itabira, por vezes capeados por canga.

O fato das vertentes serem concordantes com o mergulho das camadas dessas rochas torna-se relevante para a compreensão da dinâmica de recarga aquífera no sinclinal. O ciclo hidrológico local fica confinado na bacia moldada pela estrutura sinclinal, fazendo convergir águas superficiais e subterrâneas para a calha do rio principal que drena o eixo da estrutura. Do ponto de vista morfodinâmico, em condições naturais, a densa cobertura florestal parece estar assegurando um bom estado de equilíbrio, o qual pode ser rompido por alterações derivadas de áreas de servidão implantadas por intervenções antrópicas.

7.7.2.5 UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DO PATAMAR INTERNO DA SINCLINAL GANDARELA

Esta unidade corresponde à porção mediana das vertentes internas das cristas, induzindo uma variação geomorfológica gradual das bordas escarpadas da Sinclinal Gandarela em direção à sua depressão central. O referido patamar resulta, na realidade, da projeção dos topos de grande número de morros e serrotes alinhados com a direção da estrutura sinclinal (SW-NE) e controlando a hidrografia de padrão subdendrítico. As altitudes variam entre 920 e 1460m. As vertentes possuem declividade média centrada nos valores de 20° a 30°. O substrato litológico é composto por dolomitos do Grupo Itabira, quartzitos do Grupo Piracicaba e, subordinadamente, xistos do Grupo Sabará. A Foto 7-9 exemplifica esta unidade.



Foto 7-9: Morros e serrotes que compõem a região de transição entre as unidades Patamar Interno da Sinclinal Gandarela e Escarpa Reversa da Sinclinal Gandarela (Ponto POG17).

Uma boa cobertura florestal, em parte composta de eucaliptos dos empreendimentos silvícolas, e uma reduzida ocupação agropecuária garantem uma boa estabilidade morfodinâmica.

7.7.2.6 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

Ao longo dos trechos da ADA onde serão realizadas as sondagens geológicas e geotécnicas observa-se um relevo declivoso, associado principalmente ao contexto das unidades geomorfológicas Escarpa Reversa da Sinclinal Gandarela, Front de Escarpa da Sinclinal Gandarela e Front Externo da Sinclinal Gandarela. Na Escarpa Reversa as declividades variam de 20° a valores superiores a 45° e no Front da Escarpa a variação da declividade é a mesma. Em contrapartida, na unidade Front de Escarpa da Sinclinal Gandarela são

apresentadas as maiores amplitudes altimétricas da área de estudo. A unidade Front Externo da Sinclinal Gandarela representa a transição para o relevo mais suavizado conformado sob as litologias gnáissicas do Complexo Caeté, com declividades no interior da unidade variando de menos de 5° a 30°. Essa configuração geral pode ser observada no perfil topográfico apresentado no Gráfico 7-9. O perfil transecta a porção central da área de estudo.

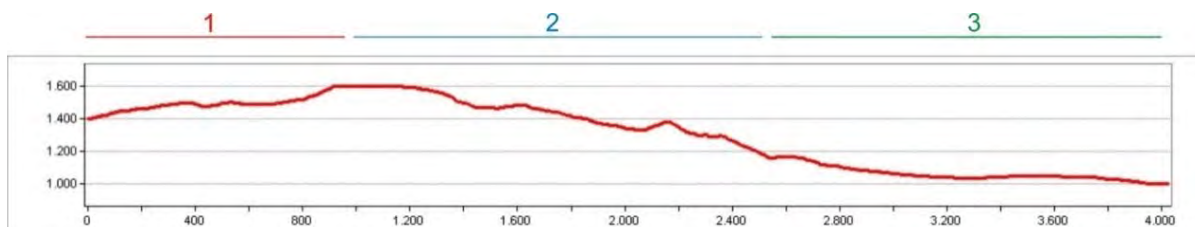


Gráfico 7-9: Perfil topográfico das Unidades Geomorfológicas sobre as quais se darão as atividades.
1) Escarpa Reversa da Sinclinal Gandarela; 2) Front de Escarpa da Sinclinal Gandarela e 3) Front Externo da Sinclinal Gandarela.

7.8 PEDOLOGIA

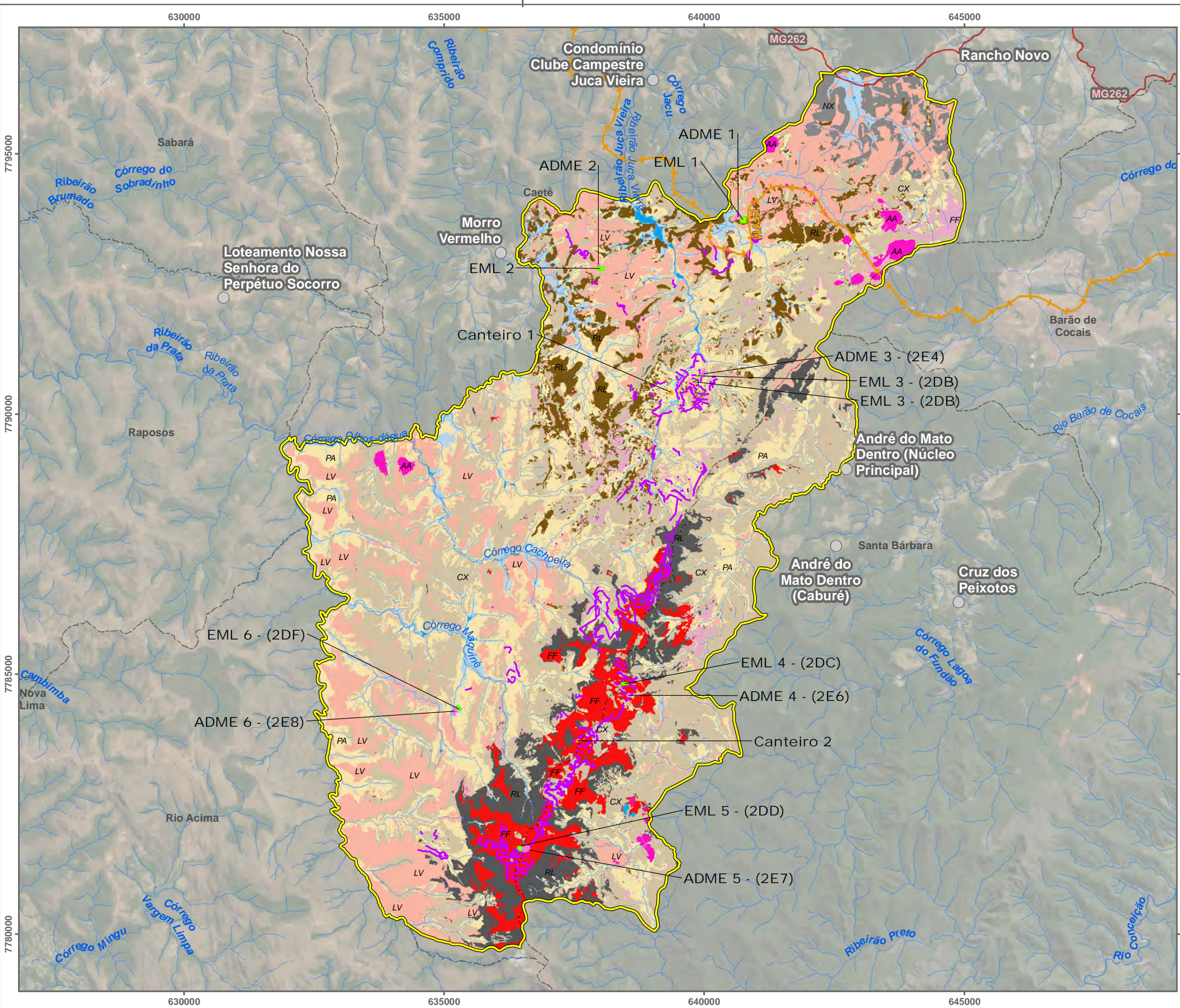
7.8.1 METODOLOGIA

O estudo de solos foi feito a partir de dados secundários, sobretudo os provenientes do projeto APA Sul RMBH, e dados primários obtidos a partir da campanha de campo realizada em dezembro de 2020. A descrição dos perfis pedológicos e coleta de amostras foram feitas conforme Santos *et al.* (2005). As análises físico-químicas das amostras foram realizadas pelo laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa. Os solos foram classificados, sempre que possível, até o quarto nível categórico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Para reduzir a subjetividade na interpretação, espacialização e definição dos limites das classes e alcançar maior nível de detalhes, o mapeamento de solos foi elaborado através do algoritmo de aprendizado de máquinas *random forest*. Como dados de entrada para o algoritmo foram utilizados os dados de classificação de solos, descritores geomorfométricos derivados do modelo digital de terreno (MDT) fornecido pela Vale com resolução espacial de 5 m, bandas espectrais de sensores bordo do satélite Sentinel-2 e o índice vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtido também pelas bandas deste satélite.

7.8.2 RESULTADOS

7.8.2.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Os domínios de solos e unidades de mapeamento identificadas para a cartografia pedológica da área de estudo, bem como suas principais características e proporção que ocupam na área mapeada serão apresentados e descritos a seguir. As classes mais representativas são os Cambissolos háplicos (31,5%), Argissolos amarelos (26,3%) e Latossolos vermelhos (16,4%). Na Figura 7-22 é apresentado o mapa de solos da área de estudo. A seguir serão descritas todas as classes mapeadas.



Classes Pedológicas

- PA ARGISSOLO
- RL Afloramento rochoso / NEOSSOLO LITÓLICO
- CX CAMBISSOLO
- FF Canga - Couraça ferruginosa
- CA Corpo d' água
- GX GLEISSOLO
- LV LATOSSOLO
- NX NEOSSOLO
- RL NITOSSOLO
- FF PLINTOSSOLO
- AA Área antrópica

Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

- Acesso e Praça
- ADME - Área de Disposição de Material Excedente
- EML - Estoque de Material Lenhoso
- Canteiro

Localidade

Rodovia

Ferrovia

Rede Hidrográfica

Limite Municipal

AE - Área de Estudo

7.8.2.1.1 CAMBISSOLOS (C)

Referem-se aos solos minerais não hidromórficos que apresentam horizonte B incipiente, subjacente a horizonte A de qualquer tipo ou a horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. Distinguem-se pelo baixo grau de desenvolvimento pedogenético, o que, em geral, condiciona uma forte influência dos materiais de origem sobre as características dos solos. Ao se observar a distribuição desta classe nota-se que não existe uma concentração predominante de ocorrência, ou seja, são distribuídos igualmente por toda a área e se associam principalmente às litologias dos supergrupos Rio das Velhas e Minas.

Os **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Perférricos latossólicos (CXj)** da área de estudo parecem estar associados ao intemperismo das rochas da Formação Gandarela, especialmente as ricas em ferro, como itabiritos e itabiritos dolomíticos. Estes solos são caracterizados pelos altos teores de Fe_2O_3 , acima de 360 g/kg, o que confere ao perfil cores avermelhadas (EMBRAPA, 2018). Muitas vezes apresentam também altos teores de matéria orgânica, em função do elevado aporte provido pelas florestas estacionais semidecíduais em estágio de sucessão médio a avançado que os recobrem. Além disso, o elevado teor de ferro inibe a decomposição da matéria orgânica, uma vez que restringe a atuação de micro-organismos. Embora este solo tenha sido classificado como Cambissolo, do ponto de vista morfológico se assemelha muito a um Latossolos, o que conferiu a designação “latossólico” no quarto nível categórico. Por fim, destaca-se que são solos ácidos e pobres em nutrientes.

Os **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distroférricos latossólicos (CXdf)** e **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos latossólicos (CXd)** da área de estudo são solos similares quanto aos atributos físicos, químicos e morfológicos, além de ocorrerem associados as mesmas condições de relevo, litologia e vegetação. Também apresenta elevados teores de ferro. Contudo, o solo descrito a partir do perfil PAS-20 (Foto 7-10) não foi classificado como perférrico no terceiro nível categórico por apresentar teor de Fe_2O_3 um pouco abaixo (321 g/kg) do limite para receber esta designação, sendo este 360 g/kg. Admite-se que na área avaliada podem ocorrer solos que se enquadram na mesma classificação, porém com teores de Fe_2O_3 expressivamente mais baixos, (inclusive menores que 180 g/kg, o que enquadra como Tb distrófico a classificação do terceiro nível categórico), sobretudo se formados a partir do intemperismo de rochas mais pobres em ferro, como foi identificado nos perfis PAS-12 (Foto 7-11) e PAS-14. Estima-se que estes solos ocupem 10,1% da área de estudo.



Foto 7-10: Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférico latossólico (PAS-20).



Foto 7-11: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico (PAS-12).

Os **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos lépticos (CXd3)** São solos pouco desenvolvidos e rasos (com contato lítico entre 50 e 100 cm) definidos pela baixa atividade da fração argila e baixa saturação por bases (EMBRAPA, 2018). Frequentemente ocorrem associados aos Neossolos litólicos. Apresentam elevados teores de silte, que no perfil avaliado (Foto 7-12) superou 500 g/kg. Esta característica, somada as altas declividades que estes solos ocorrem, que configuram as fases de relevo montanhoso e escarpado (Foto 7-13), fazem com que eles sejam muito suscetíveis à erosão e movimentos de massa, principalmente quando ocorrem sobre filitos. As observações realizadas em campo sugerem que muitos destes solos sejam resultantes da atuação da pedogênese sobre depósitos coluviais. Normalmente estão recobertos por florestas estacionais semidecíduais e transições destas para campos rupestres.



Foto 7-12: Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico (PAS-15).



Foto 7-13: Ambiente de ocorrência dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos lépticos.

Os **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos típicos (CXd1)** ocupam 11,4% da Área de Estudo. Estão associados principalmente ao relevo forte ondulado e montanhoso podendo, eventualmente, ocorrer em relevo escarpado. Estão distribuídos por praticamente por toda área de estudo e, em maioria, são recobertos por floresta estacional semidecidual ou silvicultura de eucalipto. Também apresentam elevados teores de silte, que alcançaram 480 g/kg no perfil em que este solo foi descrito (PAS-13,Foto 7-14), conferindo a ele elevada erodibilidade.



Foto 7-14: Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (PAS-13).

Os **CAMBISSOLOS HÚMICOS Tb Distroféricos latossólicos (CHdf)**, Foto 7-15, ocupam 1,1% da área de estudo. Na paisagem, eles apresentam-se associados a locais com relevo predominantemente forte-ondulado nas regiões de média a alta e alta vertente. Estão recobertos por formações florestais as quais são responsáveis pelo alto aporte de matéria orgânica e formação do horizonte A Húmico que define o segundo nível categórico destes solos. Além disso, apresentam argila de baixa atividade, saturação por bases inferior a 50% (distróficos) e teores de Fe_2O_3 entre 180 e 360 g/kg (EMBRAPA, 2018). Do ponto de vista morfológico, estes solos se assemelham bastante a Latossolos, contudo a relação entre os teores de silte e argila do horizonte B é muito alta, não atendendo o critério para classificação como tal.



Foto 7-15: Perfil de CAMBISSOLO HÚMICO Tb Distroférrico latossólico (PAS-04).

7.8.2.1.2 LATOSSOLOS (L)

Os Latossolos compreendem solos minerais, não hidromórficos com avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, resultantes de enérgicas transformações no material de origem. São normalmente muito profundos, com espessura de *solum* em geral superior a 2 m, de elevada permeabilidade e comumente bem drenados. Apresentam reduzido incremento de argila em profundidade. São solos com elevada porosidade e, devido à relação direta da capacidade do solo de armazenar e transmitir líquido com a geometria do sistema poroso, os Latossolos apresentam excelente permeabilidade interna, excessiva ou muito rápida, garantindo a maior resistência aos processos erosivos entre as classes de solos. Nos relevos mais suavizados podem ser caracterizados como de baixa suscetibilidade à erosão. Diferenciam-se em segundo nível categórico em função de característica de cor e, no nível subsequente, quanto à saturação de bases e teor de óxidos de ferro pelo ataque sulfúrico. Na área de estudo ocorrem Latossolos vermelhos perférricos, Latossolos vermelhos distróficos e Latossolos vermelho acriférricos.

Os **LATOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos típicos (LVdf)** são solos zonais que ocorrem em praticamente toda a área de estudo, mas de forma mais contínua e com manchas maiores nas porções meridional e ocidental, onde estão associados as regiões de média e alta vertente, assim como aos topos de morros mamelonizados em relevo ondulado a forte ondulado. Via de regra, são acentuadamente drenados, apresentam baixa saturação de bases e concentração de Fe_2O_3 relativamente alta, que pode variar entre 180 e 360 g/kg. Na área avaliada ocorrem relacionados a rochas dos Grupos Maquiné e Nova Lima, embora possam ser formados a partir do intemperismo de outras rochas. Sustentam principalmente fitofisionomias savânicas, como campos limpos, campos sujos e campos cerrado, ainda que possam ser recobertos também por florestas. A Foto 7-16 mostra o perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico descrito em campo.



Foto 7-16: Perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico (PAS-21).

Os **LATOSSOLOS BRUNOS Distróficos típicos (LBb)** ocorrem de forma pontual e fragmentada na área de estudo, sendo que suas manchas mais contínuas se encontram na porção setentrional da Área de Estudo (onde foi descrito o perfil PAS-01, Foto 7-17), associadas a rochas do Complexo Caeté em condições de relevo ondulado a forte ondulado. São recobertos por vegetação de porte florestal, podendo ser silvicultura de eucalipto, floresta estacional semidecidual ou associações de ambas. São solos pobres, bem desenvolvidos e profundos. Ocupam aproximadamente 2,0% da AE.



Foto 7-17: Perfil de LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (PAS-01).

7.8.2.1.3 NEOSSOLOS (R)

Os Neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018). Sua pouca evolução pode estar relacionada a pelo menos um dos seguintes fatores: (1) baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos que não permitiu ainda modificações expressivas do material originário; (2) características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química; (3) do relevo, que, isoladamente ou em conjunto, impediu ou limitou a evolução destes solos (OLIVEIRA, 2011).

Os **afloramentos rochosos / Neossolos litólicos (RL)** ocupam 7,2% da Área de Estudo. Estão relacionados aos locais de maiores inclinações como as escarpas erosivas dos platôs onde são expostas rochas das Formações Cauê, Batatal e Moeda, sobretudo itabiritos, filitos e quartzitos. O solo é raso, não ultrapassando alguns centímetros de espessura e se forma pontualmente em fraturas e irregularidades das rochas. Nestas áreas predominam campos rupestres e transições para floresta estacional semidecidual, estas últimas associadas as regiões de média a baixa vertente e canais de drenagem (Foto 7-18).



Foto 7-18: Ambiente de ocorrência dos afloramentos rochosos e Neossolos litólicos.

Os **NEOSSOLOS LITÓLICOS Distroúmbricos típicos (RLdh)** são solos rasos cujo perfil é definido pela sequência horizonte A sobre a rocha, a exemplo do perfil descrito na área avaliada (PAS-02, Foto 7-19). Ocupam apenas 0,7% da Área de Estudo e ocorrem em sua porção setentrional no domínio das rochas do Complexo Caeté. O termo distroúmbrico, que ocupa o terceiro nível categórico, refere-se a saturação por base inferior a 50% e a presença do horizonte A proeminente.



Foto 7-19: Perfil de NEOSSOLO LITÓLICO Distroúmbrico típico (PAS-02).

7.8.2.1.4 CANGA - COURAÇA FERRUGINOSA (FF)

Este tipo de cobertura ocupa 6,0% da AE e está associada principalmente a fase de relevo plano frequente nos topos dos platôs da Serra do Gandarela. Não obstante, também podem ocorrer em relevo mais movimento até forte ondulado, sobretudo quando relacionada as cristas de serras. Trata-se de coberturas endurecidas, pedregosas / rochosas e com altos teores de ferro resultantes do intemperismo de rochas ricas neste elemento, a exemplo dos Itabiritos da Formação Cauê. Sobre estes substratos se desenvolvem campos rupestres ferruginosos. As estruturas de cava serão implantadas nesta região. A Foto 7-20 exemplifica a ocorrência das cangas / couraças ferruginosas na área de estudo.



Foto 7-20: Canga - Couraça ferruginosa.

7.8.2.1.5 NITOSSOLOS

São solos de textura argilosa ou muito argilosa (OLIVEIRA, 2011) caracterizados pela avançada evolução pedogenética pela intensa atuação do processo de ferralitização resultando em uma composição caulínítico-oxídica (EMBRAPA, 2018). Apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A. O horizonte B nítico tem como características estrutura prismática ou composta por blocos angulares e/ou subangulares de grau moderado ou forte e cerosidade expressiva. Na área de estudo ocorrem principalmente associados a rochas ígneas máficas e ultramáficas básicas do Grupo Nova Lima, Unidade Ouro Fino.

Estima-se que os **NITOSSOLOS HÁPLICOS Distróficos latossólicos (NXd)**, ocorram em aproximadamente 1,2% da área na forma de manchas descontínuas associadas principalmente ao relevo forte-ondulado e rochas básicas das Unidades Morro vermelho e Ouro Fino, como Metabasaltos toleííticos e komatiíticos, metaperidotitos e metatufos básicos. São solos profundos, bem desenvolvidos, com saturação por bases inferior a 50% e se assemelham bastante a Latossolos, diferenciando destes pelos teores mais elevados de argila (textura argilosa ou muito argilosa), que no horizonte B do perfil descrito (PAS-17, Foto 7-21) alcança quase 600 g/kg, e pela cerosidade ao menos comum com grau moderado ou forte. Estes solos sustentam florestas estacionais semidecíduais, silvicultura de eucalipto ou associações de ambas.



Foto 7-21: Perfil de NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico latossólico (PAS-17).

Os **NITOSSOLOS VERMELHOS Distróficos latossólicos (NVd)** são muito similares aos NITOSSOLOS HÁPLICOS descritos no subtópico anterior quanto a geologia, vegetação que os recobre. Tal similaridade também permeia características morfológicas: apresentam cerosidade ao menos comum com grau moderado ou forte; físicas: como altos teores de argila, que no perfil descrito (PAS-06, Foto 7-22) superam 650 g/kg no horizonte B; e químicas: como saturação de bases inferior a 50%. Contudo, NITOSSOLOS VERMELHOS Distróficos latossólicos parecem estar associados as posições de média-alta e alta vertente, bem como os topos de morro. Estima-se que eles ocupam 2,7% da Área de Estudo.



Foto 7-22: Perfil de NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico (PAS-06).

7.8.2.1.6 ARGISSOLOS

Os Argissolos são definidos por apresentarem horizonte B textural (Bt) de argila de atividade baixa ou alta quando identificado caráter alítico (EMBRAPA, 2018). O horizonte Bt é definido por um incremento do teor de argila em relação ao horizonte sobrejacente, podendo ser A ou E. Este incremento pode ser resultante de acumulação absoluta ou relativa decorrente de processos de iluviação e/ou formação in situ e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração de argila e/ou perda de argila do horizonte A por erosão diferencial (EMBRAPA, 2018). Esta mudança textural resulta em uma diminuição da porosidade do solo no horizonte B e, conseqüentemente, há uma redução na capacidade de infiltração neste horizonte. Assim, é comum nestes solos um maior volume da água pluvial se concentrar acima do horizonte B conferindo a ele alta suscetibilidade à erosão, sobretudo laminar, e alguns tipos movimentos de massa, como rastejamento.

Ocorrem frequentemente em vertentes, ou parte deles, com declividade moderada ou eventualmente alta. Estas condições favorecem a remoção da água relativamente rápida resultando em ciclos constantes de umedecimento e secagem que podem ocasionar a dispersão das argilas e transporte delas no perfil para o horizonte B, sendo este um dos principais processos responsáveis pela formação do Bt.

Os **ARGISSOLOS AMARELOS Alíticos endorredóxicos (PAal)** ocorrem em praticamente todo território avaliado ocupando 15,7% dele. Estão relacionados principalmente a regiões de baixa a média vertente e relevo forte ondulado. Como já posto anteriormente, os Argissolos apresentam alta erodibilidade. O caráter alítico refere-se de altas concentrações de alumínio trocável no solo associado a atividade de argila ≥ 20 cmol_c/kg (OLIVEIRA, 2011). O termo endorredóxico no quarto nível categórico refere-se a identificação do caráter redóxico entre 50 e 150 cm de profundidade. Este por sua vez é resultante da saturação temporária com água em horizontes e/ou camadas, que induzam a ocorrência de processos de redução e oxidação, com segregação de ferro e/ou de manganês, na forma de cores mosqueadas e/ou

variegadas. A Foto 7-23 refere-se ao perfil PAS-16 no qual o solo foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Alítico endorredóxico.



Foto 7-23: Perfil de ARGISSOLO AMARELO Alítico endorredóxico (PAS-16).

Os **ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos típicos** ocupam 10,6% da Área de Estudo e ocorrem em condições similares aos descritos no tópico anterior, contudo estão associados a posições um pouco mais elevadas na vertente e relevo ligeiramente menos movimentado, predominando as fases ondulado e forte ondulado. A designação “distrófico” no terceiro nível categórico refere-se a saturação por bases inferior a 50% nos primeiros 100 cm do horizonte B. A Foto 7-24 ilustra um perfil (PAS-07) de ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico descrito na Área de Estudo. Nele foi identificado horizonte E, característica esta relativamente comum em Argissolos. Na AE, sobre estes solos normalmente ocorrem florestas estacionais semidecíduais (Foto 7-25).



Foto 7-24: Perfil de ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico (PAS-07)



Foto 7-25: Ambiente de ocorrência dos ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos típicos.

7.8.2.1.7 GLEISSOLOS

Os Gleissolos correspondem a solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (EMBRAPA, 2018). Estes solos não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plântico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200cm da superfície do solo.

Estes solos estão associados as partes mais baixas da paisagem, especialmente vales com fundo chato. Normalmente configuram áreas brejosas e/ou planícies aluvias dos cursos d'água. Desta forma, frequentemente estes solos estão relacionados a áreas suscetíveis a alagamento e a áreas de proteção permanentes (APPs) hídricas, fatos estes que configuram importantes restrições em relação a sua utilização. As condições anóxicas instaladas nestes ambientes tornam difícil a decomposição da matéria orgânica, favorecendo seu acúmulo.

Os GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos típicos / Associações de solos hidromórficos (GXe) ocorrem apenas pontualmente associados as porções mais baixas dos vales de fundo chato. São áreas que podem ser alagadas sazonalmente ou que o lençol freático se encontra próximo a superfície ao menos na estação chuvosa. Nestes ambientes predominam processos de oxirredução que resultam na formação de solos com cores esbranquiçadas, acinzentadas e mosqueados. Além disso, configuram áreas de acumulação de matéria orgânica devido a menor disponibilidade do oxigênio, sobretudo em regiões de maior saturação hídrica. Também são áreas em que predomina deposição de sedimentos e nutrientes carregados das partes mais altas da paisagem, o que explica a saturação de bases superior a 50% do perfil descrito (PAS-10) expressa pela designação “eutrófico” no terceiro nível categórico. Normalmente constituem áreas que predominam vegetação paludosa ou matas de galeria. Admite-se que associadas as condições fisiográficas similares podem ocorrer outros solos hidromórficos submetidos e períodos menores de saturação hídrica ou a uma flutuação mais expressiva do nível do lençol freático, como Plintossolos. Estima-se que 3,5% da Área de Estudo é recoberta por estes solos.

7.8.2.2 CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

Na ADA do projeto ocorrem todos os tipos de solos identificados na Área de Estudo, contudo predominam ARGISSOLO AMARELO Alítico endorredóxico (15,9%), CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférico latossólico ou CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico (13,2%) Afloramento rochoso/ NEOSSOLO LITÓLICO (12,5%) as proporções que cada uma das classes de solos ocupa na ADA estão detalhadas no Gráfico 7-10, a seguir.

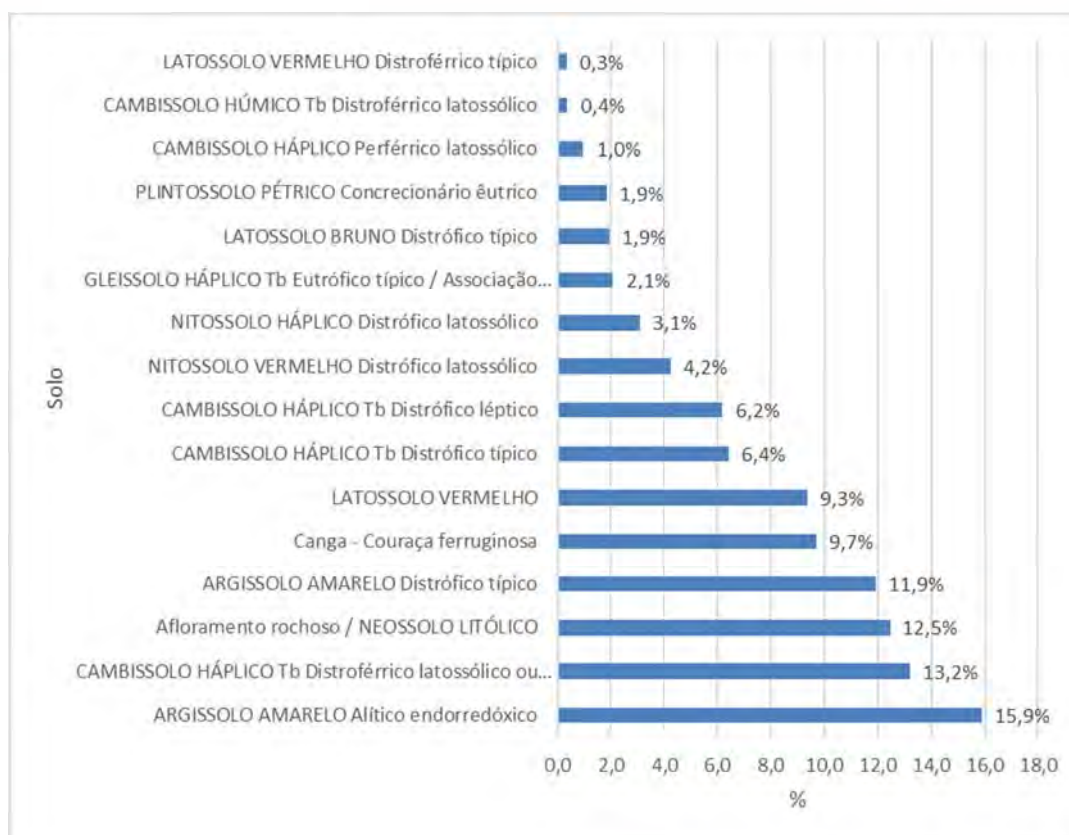


Gráfico 7-10: Proporção de cada classe de solo mapeada na ADA;

De maneira geral, a ADA do projeto apresenta baixa aptidão agrícola em função das altas declividades, o que é um empecilho para a mecanização e favorecem o desenvolvimento de feições erosivas e ocorrência de movimentos de massa. Além disso, os solos são ácidos e apresentam, frequentemente, uma ou mais das seguintes características: rasos, siltosos, alta pedregosidade ou rochosidade. Os principais solos/coberturas que se enquadram em algumas dessas características são os Neossolos litólicos, Cambissolos, Plintossolos pétricos e canga ou couraça ferruginosa. Juntos estes solos correspondem a 51,2% da ADA

Segundo o mapeamento elaborado no presente estudo, os Argissolos amarelos distróficos típicos ocupam 10,7% da ADA e os Argissolos amarelos alíticos endorredóxicos 12,7%. Estes solos apresentam baixa aptidão agrícola por necessitarem de grandes quantidades de fertilizantes e por apresentarem alta erodibilidade (OLIVEIRA et al. 2011).

Os Nitossolos distróficos latossólicos (que somados correspondem a 7,3 da ADA), os Latossolos vermelhos e brunos (que totalizam 11,6% da ADA) e os Cambissolos háplicos latossólicos e húmicos latossólicos (14,5% da ADA) constituem solos com potencial agrícola um pouco mais elevado em relação aos descritos anteriormente por serem mais desenvolvidos e mais profundos, o que possibilita melhor desenvolvimento das raízes das plantas e resulta em uma maior capacidade de campo. Todavia, ainda são solos ácidos e associados ao relevo forte-ondulado a montanhoso o que dificulta a mecanização e os torna mais suscetíveis à erosão. Destaca-se a maior erodibilidade dos Cambissolos em relação aos demais solos mencionados neste parágrafo em função de seus maiores teores de silte. Assim, todas as áreas nas quais se desenvolvem estes solos ainda apresentam grandes restrições para o uso agrícola e atualmente, quando utilizadas para este fim, são destinadas a silvicultura de eucalipto.

7.9 ANÁLISE INTEGRATIVA: SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS E ALAGAMENTOS

7.9.1 METODOLOGIA

Foi elaborado um mapa de suscetibilidade à erosão e a movimentos de massa tendo-se como base uma análise integrativa dos dados do presente estudo, que constituem a base de informações utilizadas para a modelagem ambiental, realizada com base em dois dos modelos mais utilizados para a tratativa desta temática, sendo eles a equação universal de perda de solos (EUPS) e o modelo proposto por Crepani *et al.* (1996), frequentemente aplicado nos zoneamentos ecológicos econômicos (ZEEs). A expressão a seguir representa o modelo utilizado:

$$E = \frac{K + LS + C + P + I + G}{6}$$

Onde:

E = Grau de suscetibilidade à erosão e movimentos de massa

K = Erodibilidade do solo

L = Comprimento da encosta

S = Declividade da encosta

C = Fator de cobertura do solo

P = Fator referente às práticas de controle da erosão

I = *Stream power index*

G = Geologia, expressa pelo tipo de rocha.

Para identificar as áreas mais suscetíveis ao alagamento e assoreamento utilizou-se o índice topográfico de umidade (*Topographic Wetness Index-TWI*), que é um descritor geomorfométrico cujo resultado é expresso em valores adimensionais que indicam a distribuição das zonas de saturação de água superficial e o conteúdo de água nos solos (SIRTOLI *et al.*, 2008). Nesse sentido, esse índice pode ser utilizado para identificar áreas de maior suscetibilidade a alagamentos, mapear áreas brejosas, paludosas ou planícies de inundação e destacar áreas onde há uma redução na competência de transporte de sedimentos devido a diminuição da declividade do relevo. Para seu cálculo são considerados dois fatores: a declividade e a acumulação de fluxo. A tendência em acumular água é inversamente proporcional à declividade e diretamente proporcional a acumulação do fluxo. Este último fator pode ser entendido como a área de contribuição a montante de cada *pixel*. O TWI foi derivado do MDT citado anteriormente. Segundo Beven e Kirk (1979), seu cálculo é realizado pela seguinte expressão:

$$TWI = \ln \frac{A}{\tan(B)}$$

Onde:

A = Acumulação de fluxo;

B = Declividade.

Posteriormente, as análises de suscetibilidade a processos erosivos e o índice de umidade topográfica foram apresentados em um mapa síntese, de maneira a contextualizar os principais aspectos de destaque em relação a ADA.

7.9.2 RESULTADOS

7.9.2.1 SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS

O mapa apresentado na Figura 7-23 apresenta os resultados do modelo de suscetibilidade à processos erosivos.

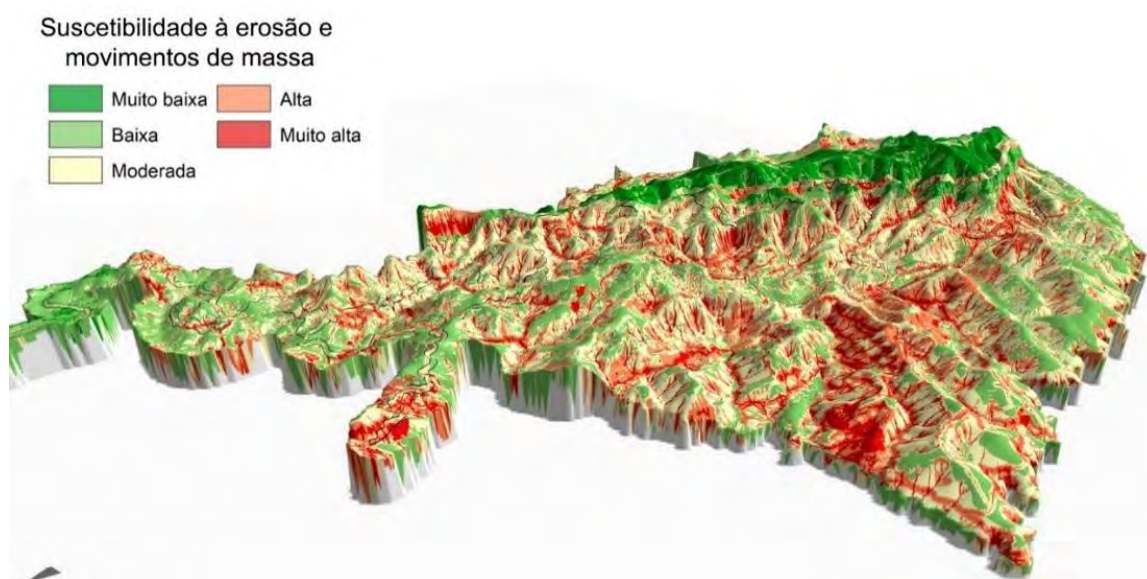


Figura 7-23: Mapa de suscetibilidade à erosão e movimentos de massa. Link para acessar o modelo 3D interativo: <http://tiny.cc/erosaomovmassaapolo> - Utilizar navegador Google Chrome e aguardar alguns minutos para carregamento do arquivo.

O modelo gerado para a área de estudo indicou uma faixa de alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa associada ao *front* da escarpa do sinclinal Gandarela, cujas faces são orientadas para oeste, conforme pode-se observar no mapa da Figura 7-23. Trata-se de vertentes longas extremamente declivosas marcadas por várias linhas de drenagem com alto grau de entalhamento que favorecem a concentração do escoamento superficial.

Paralela e a montante desta faixa ocorre outra com altos valores que pode ser explicada pelas condições de alta declividade e a ocorrência de filitos da Formação Batatal (Figura 7-23). O contexto geomorfológico destas áreas favorece a morfogênese em detrimento de pedogênese, inibindo o desenvolvimento de solos, uma vez que o material intemperizado ou desagregado é removido rapidamente, expondo, muitas vezes, a rocha na forma de afloramentos. Nestas áreas, quando não há formação de solos, os altos valores indicados pelo modelo referem-se à suscetibilidade a movimentos de massa.

Na porção ocidental da área de estudo se desenvolve no sentido longitudinal uma faixa com terrenos os quais predominam as duas classes de maior suscetibilidade à erosão e movimentos de massa (Figura 7-23). Elas estão relacionadas as longas vertentes e vales com

alto grau de entalhamento que dão origem ao relevo forte ondulado a montanhoso esculpido em filitos do Grupo Nova Lima.

De maneira geral, onde a vegetação foi suprimida para a abertura de estradas, a maioria não pavimentada na atualidade, bem como as áreas que margeiam estas vias, a suscetibilidade à erosão é maior, como mostra o modelo (Figura 7-23). As observações feitas em campo confirmam este aspecto evidenciado pelo modelo, uma vez que várias feições erosivas e testemunhos de movimentos de massa foram identificados nos leitos ou margem das estradas.

Finalmente, despontam como áreas de alta suscetibilidade, sobretudo à erosão, aquelas associadas as ravinas e canais de drenagem intermitentes ou de primeira (Figura 7-23) ordem nos quais o escoamento superficial ocorre de maneira concentrada, aumentando o potencial erosivo especialmente relacionado a formação de feições lineares, como voçorocas. O reconhecimento destas áreas se deve a utilização do descritor geomorfométrico *stream power index*.

Associada aos platôs e ao flanco oriental da Serra do Gandarela há uma faixa de orientação N-S que corta toda área de estudo caracterizada pela baixa suscetibilidade à erosão e movimentos de massa (Figura 7-23). Esta característica resulta principalmente das baixas declividades ocorrentes nos topos dos platôs e a cobertura destes e das cristas das serras por canga ou couraças ferruginosas. Mesmo nos rebordos e escarpas erosivas do platô, nesta região, o modelo apresentou valores baixos consequentes da cobertura vegetal composta predominantemente por florestas em estágio sucessional médio ou avançado e pela ocorrência de rochas resistentes, especialmente itabiritos (Figura 7-23). Manchas de suscetibilidade predominantemente moderada em formas lineares se superimpõem a faixa descrita neste parágrafo. Elas estão associadas aos canais naturais intermitentes ou de primeira ordem que ali ocorrem (Figura 7-23) associados a altas declividades e concentram o escoamento superficial ao longo de seus eixos, favorecendo a erosão linear quando da existência de solos.

7.9.2.2 SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTO E ASSOREAMENTO

O relevo da área avaliada é definido por uma grande amplitude altimétrica predominando vertentes declivosas que compõem vales encaixados caracterizados por apresentarem talwegues com alto grau de entalhamento. Tais condições não favorecem o desenvolvimento de grandes áreas planas e baixas, atributos relacionados a maior suscetibilidade a alagamento e assoreamento. De maneira geral, apenas pontualmente os vales apresentam fundos planos onde ocasionalmente ocorrem planícies aluviais pouco expressivas ou pequenas áreas brejosas nas quais se desenvolvem solos hidromórficos como Gleissolos e Neossolos flúvicos. Estes locais são os que apresentam maior suscetibilidade aos fenômenos tema deste tópico e estão representados em tons de azul no modelo tridimensional da Figura 7-24.

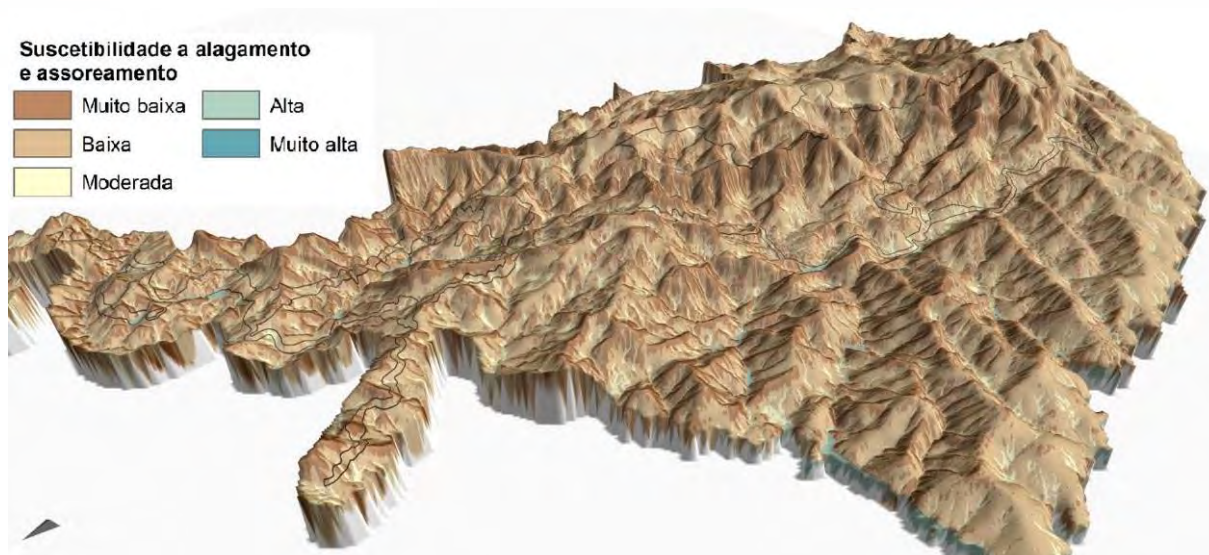


Figura 7-24. Modelo em 3d das áreas mais suscetíveis a alagamento e assoreamento. Link para acessar o modelo 3d interativo https://tiny.cc/alagamento_assoreamento - Utilizar navegador Google Chrome e aguardar alguns minutos para carregamento do arquivo.

Nestas áreas tendem a prevalecer os processos deposicionais e as condições de saturação hídrica / alagamento que podem ser perenes. Contudo, a visita a alguns destes pontos mostrou que estas condições são majoritariamente intermitentes. Observa-se que as duas classes de menor suscetibilidade somadas representam mais de 91% da AE. Elas estão relacionadas principalmente as escarpas e cristas das serras, as formas de terreno divergentes e, em geral, as faces das vertentes. O grau moderado está associado, sobretudo, aos leitos de alguns canais de drenagem com declividade intermediária, suas discretas planícies de inundação (quando existentes), ao sopé das vertentes que se encerram nestes canais e as formas de terreno convergente, como anfiteatros, desde que não ocorram em áreas com declividade acentuada. Ressalta-se que todos os pontos visitados em campo que foram identificados sinais de condições hidromórficas, brejosas, ou pequenas planícies de inundação, as quais podem estar associadas as áreas de maior suscetibilidade a alagamento ou assoreamento coincidem com áreas mapeadas no modelo como de suscetibilidade alta a muita alta a estes fenômenos.

7.9.2.3 SÍNTESE DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO, MOVIMENTOS DE MASSA ALAGAMENTO E ASSOREAMENTO EM RELAÇÃO À ADA

Com o objetivo de integrar a informação relacionada a suscetibilidade à erosão, movimentos de massa, alagamento e assoreamento, foi elaborado um mapa síntese a partir dos modelos apresentados anteriormente neste capítulo para a predição destes fenômenos. Neste mapa (Figura 7-25) foram destacadas as duas classes de maior suscetibilidade expressas em cada modelo, sendo possível notar que na região da cava em licenciamento, onde há concentração de locais de sondagem, não há previsão no modelo para que ocorram naturalmente processos erosivos e alagamento. Em contrapartida, nos trechos de sondagem relacionadas a estruturas como pilhas, acessos e ramal ferroviário há predisposição indicada no modelo, constituindo um ponto de atenção para a consolidação de medidas de controle e para a ativa adoção de medidas mitigadoras – melhoria contínua.

7.10 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

7.10.1 METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se a caracterização da hidrografia existente nas bacias hidrográficas onde é prevista a implantação do Projeto Apolo Unidade Natural e, conseqüentemente, as atividades da sondagem. A rede hidrográfica foi identificada com base em cartas topográficas do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em escala 1:50.000 (cartas Belo Horizonte, Caeté, Rio Acima, Acuruí) e escala 1:100.000 (carta Itabira), imagens de satélite, e demais referências cartográficas disponibilizadas pela Vale.

Foi realizada a caracterização fisiográfica das bacias, do regime hidrológico e das disponibilidades hídricas para a área de estudo. Nesse contexto foram obtidos: Área de drenagem; perímetro; maior elevação do curso d'água (nascente); elevação do ponto de interesse; desnível natural total (até o ponto de interesse); comprimento do curso d'água até o ponto de interesse; declividade do curso d'água; coeficiente de compacidade, fator de forma; tempo de concentração, precipitações totais médias anual, descarga média de longo termo, rendimento específico médio de longo termo, descarga máxima ($t_r = 1.000$ anos), rendimento específico máximo ($t_r = 1.000$ anos), descarga mínima (7 dias / 10 anos) e rendimento específico mínimo (7 dias / 10 anos).

Também foi apresentado o levantamento das outorgas de direito de uso de recursos hídricos, que corresponde aos usuários efetivamente autorizados a realizar captações de águas superficiais, subterrâneas ou interferências em cursos e corpos d'água. Para tanto, foram obtidas portarias emitidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), disponíveis na base cartográfica alocada no portal da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), atualizada no dia 29 de janeiro de 2021. Em buscas de possíveis inconsistências e erros de posicionamento espacial, foi feita uma comparação entre os dados disponibilizados pelo IGAM, por meio do IDE-SISEMA e os certificados e portarias disponíveis no portal da SEMAD, foram ainda consideradas as portarias mais atuais obtidas pela Vale S.A. no território.

Foi feita a compilação de dados de nascentes a partir do relatório da Hidrovia (2021) que sintetiza dados provenientes de várias fontes e campanhas realizadas ao longo do tempo na região do projeto, abrangendo a ADA, bem como também foi utilizada a base de dados do IGAM (2015) e foram ainda levantadas as travessias de cursos d'água.

7.10.2 RESULTADOS

7.10.2.1 ARRANJO HIDROGRÁFICO

A Área de Estudo Local e a Área Diretamente Afetada abrangem quinze sub-bacias hidrográficas, a saber:

- Sub-bacia do Córrego Gandarela;
- Sub-bacia do Córrego Maquiné;
- Sub-bacia do Córrego Maria Casimira;

- Sub-bacia do Córrego Olhos d'água;
- Sub-bacia do Córrego Ponte Preta;
- Sub-bacia do Ribeirão da Prata;
- Sub-bacia do Ribeirão Juca Vieira;
- Sub-bacia do Ribeirão Preto;
- Sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio;
- Sub-bacia do Córrego do Jacu;
- Sub-bacia do Afluente do rio São João ou Cocaís;
- Sub-bacia do Córrego Caeté;
- Sub-bacia do Córrego Cachoeira;
- Sub-bacia do Córrego Roça Grande;
- Sub-bacia do Córrego Mato Grosso.

Na Figura 7-26 pode ser visualizada a localização do empreendimento em relação a hidrografia e bacias da área de estudo, com a hierarquização destas sub-bacias em relação as principais bacias hidrográficas da região. Ainda nesta figura encontram-se apresentadas a localização das solicitações de outorga de uso das águas junto ao IGAM e as nascentes identificadas, temáticas que serão descritas nos itens subsequentes.

Grande parte da área de estudo é drenada pela sub-bacia do ribeirão da Prata, afluente da margem direita do rio das Velhas, até jusante da confluência com o córrego Olhos d'Água, nas proximidades da foz do córrego do Baú. Além do ribeirão da Prata, parte das sub-bacias dos ribeirões Juca Vieira e Santo Antônio, ambas inseridas na bacia do rio das Velhas, também abrangem a área de estudo em sua porção norte.

Na vertente correspondente à bacia hidrográfica do rio Piracicaba (afluente do Rio Doce) a área de estudo é drenada pelas cabeceiras da sub-bacia do córrego Maria Casimira, bem como pelas cabeceiras de uma sub-bacia afluente ao rio São João ou Barão de Cocaís, a montante da confluência com o córrego Mato Grosso.

7.10.2.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS

A Tabela 7-8 apresenta para cada uma das sub-bacias identificadas na região do projeto os resultados dos descritores morfométricos e dados referentes a vazão.

As sub-bacias que possuem a maior área de drenagem são do Córrego Maquiné (11,93 km²), Córrego Cachoeira (11,38 km²) e Ribeirão Juca Vieira (11,1 km²), conforme a Tabela 7-8. Já as que apresentaram maior declividade do curso d'água principal até o ponto de interesse são as sub-bacias do Córrego Gandarela e do Córrego do Jacu, com 164 e 170 m/km, respectivamente. As demais bacias apresentaram valores desse descritor interiores a 122 m/km (Tabela 7-8). A declividade do canal principal é um indicativo da velocidade das águas, da capacidade de transporte de sedimentos, do poder de entalhamento da drenagem e do quão movimentado é o relevo.

O Coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Esse coeficiente expressa um valor adimensional de forma que quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Por outro lado, valores próximos a um indicam que a bacia apresenta forma circular, sendo, neste caso, mais suscetível a enchentes. As sub-bacias que apresentaram menores valores do coeficiente de compacidade foram do córrego Gandarela, córrego Roça Grande, córrego do Jacu e ribeirão Preto, sendo que para estas sub-bacias os valores variaram entre 1,300 e 1,400 (Tabela 7-8).

Assim como o coeficiente de compacidade, o fator de forma (K_f) é um descritor aplicado para avaliar a suscetibilidade a enchentes. Quanto menor o K_f mais alongada é a bacia, portanto, menos sujeita a picos de enchentes. As sub-bacias que apresentaram maiores valores deste descritor foram do ribeirão Preto e do córrego Caeté, respectivamente 0,369 e 0,354 (Tabela 7-8).

O tempo de concentração (t_c) é definido como sendo o tempo (em horas), a partir do início da precipitação, necessário para que toda a sub-bacia contribua com a vazão na seção de controle. A bacia com maior tempo de concentração foi a do ribeirão da Prata, com valor deste descritor igual a 1,594 horas. O t_c das demais sub-bacias variou entre 0,207 e 1,020 horas (Tabela 7-8).

Tabela 7-8: Caracterização Fisiográfica e Hidrológica de Longo Termo das Sub-Bacias componentes da Área de Estudo.

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	UNIDADE	PONTO DE INTERESSE														
			Sub-bacia do Córrego Gandarela	Sub-bacia do Córrego Maquiné	Sub-bacia do Córrego Olhos d'água	Sub-bacia do Córrego Ponte Preta	Sub-bacia do Ribeirão da Prata	Sub-bacia do Ribeirão Juca Vieira	Sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio	Sub-bacia do Córrego do Jacu	Sub-bacia do Córrego Caeté	Sub-bacia do Córrego Cachoeira	Sub-bacia do Córrego Roça Grande	Sub-bacia do Córrego Maria Casimira	Sub-bacia do Ribeirão Preto	Sub-bacia do Córrego Vieira	Sub-bacia do Córrego Mato Grosso
Área de drenagem da bacia de interesse	AD	km ²	4,15	11,93	8,15	5,29	9,62	11,10	4,50	2,14	2,32	11,38	2,90	9,15	5,88	5,28	5,14
Perímetro da bacia de interesse	P	km	9,65	17,99	20,48	11,89	35,83	20,15	13,17	6,83	8,58	17,90	8,06	18,63	12,09	12,27	11,36
Maior elevação do curso d'água (nascente)	H _{MAX}	m	1.665	1.645	1.368	1.642	1.666	1.511	1.368	1.287	1.267	1.621	1.232	1.624	1.666	1.593	1.391
Elevação do ponto de interesse	H _{PONTO}	m	1.040	906	805	920	805	950	985	980	1.021	855	970	900	1.210	1.160	898
Desnível natural total (até o ponto de interesse)	H	m	625	739	563	722	861	561	383	307	246	766	262	724	456	433	493
Comprimento do curso d'água até o ponto de interesse	L	km	3,81	7,89	8,78	6,12	14,89	6,63	2,81	1,80	2,56	7,79	3,80	6,94	3,99	4,28	4,01
Declividade do curso d'água (até o ponto de interesse)	S	m/km	164,04	93,66	64,12	117,97	57,82	84,62	136,30	170,56	96,09	98,33	68,95	104,32	114,29	101,17	122,94
Coeficiente de Compacidade	K _c	---	1,326	1,459	2,009	1,447	3,235	1,693	1,738	1,307	1,577	1,486	1,325	1,724	1,396	1,495	1,403
Fator de Forma	K _f	---	0,286	0,192	0,106	0,141	0,043	0,253	0,570	0,660	0,354	0,187	0,201	0,190	0,369	0,288	0,320
Tempo de concentração	t _c	h	0,373	0,812	1,020	0,611	1,594	0,738	0,317	0,207	0,338	0,789	0,520	0,705	0,445	0,492	0,434
Estação Pluviométrica de Referência	Adimensional		Caeté - 01943010											Colégio Caraça - 02043059			
Precipitações Totais Médias Anual	P _{ANUAL}	mm	1.417											1.927			
Estação Fluviométrica de Referência	Adimensional		Honório Bicalho Unificada - 41199998 / 41200000											Carrapato (Brumal) - 56640000			
Descarga média de longo termo	Q _{MLT}	m ³ /s	0,077	0,222	0,152	0,098	0,179	0,206	0,084	0,040	0,043	0,212	0,054	0,183	0,118	0,106	0,103
Rendimento específico médio de longo termo	q _{MLT}	l/s.km ²	18,60											19,99			
Descarga máxima (TR = 1.000 anos)	Q ₁₀₀	m ³ /s	3,64	10,45	7,14	4,64	8,43	9,73	3,94	1,87	2,03	9,97	2,54	8,10	5,20	4,67	4,55
Rendimento específico máximo (TR = 1.000 anos)	q ₁₀₀	l/s.km ²	876,1											885,1			
Descarga mínima (7 dias / 10 anos)	Q _{7,10}	m ³ /s	0,028	0,080	0,055	0,036	0,065	0,074	0,030	0,014	0,016	0,076	0,019	0,049	0,032	0,029	0,028
Rendimento específico mínimo (7 dias / 10 anos)	q _{7,10}	l/s.km ²	6,71											5,40			

A vazão máxima de um rio é utilizada na previsão de enchentes e no projeto de obras hidráulicas, tais como condutos, bueiros, canais, pontes, barramentos e na atenuação enchentes numa determinada área. Assim, a estimativa desses valores tem importância decisiva nos custos e na segurança dos projetos de engenharia. Quanto a Descarga máxima (TR = 1.000 anos) os maiores valores foram calculados para as sub-bacias dos córregos do Maquiné (10,45 m³/s), Cachoeira (9,97 m³/s) e ribeirão Juca Vieira (9,73 m³/s). As descargas máximas (TR = 1.000 anos) da maioria das sub-bacias consideradas neste estudo foram menores do que 7,1 m³/s (Tabela 7-8).

A descarga mínima (7 dias / 10 anos) Q_{7,10} é a mínima média móvel de 7 dias com 10 anos de tempo de recorrência. Trata-se de um indicador importante para avaliar a disponibilidade hídrica. Os menores valores foram identificados para as bacias do Córrego do Jacu (0,014 m³/s), Córrego Caeté (0,016 m³/s) e Córrego roça grande (0,019 m³/s). Os valores para as demais bacias variaram entre 0,028 e 0,074 m³/s.

7.10.2.3 USO DAS ÁGUAS: CAPTAÇÕES OUTORGADAS SUPERFICIAIS

Foram identificados dois (2) processos de uso insignificante, sendo estes de propriedade da Vale S. A. O uso declarado para os processos relaciona-se com a captação em corpo de água para aspersão de vias, nos córregos Cachoeira e Maquiné. Os processos constantes no sistema IDE SISEMA se encontram vencidos.

Quanto as outorgas, ocorrem cinco (5), sendo todas para utilização de água superficial. Destas, três (3) são de propriedade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Caeté – SAAE, e, duas (2) são de propriedade Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais – DER-MG.

As outorgas pertencentes à SAAE possuem a finalidade declarada associada a utilização para fins de abastecimento público, enquanto as outorgas pertencentes ao DER-MG possuem como finalidade declarada a efetuação de transposição de corpo de água. O principal curso hídrico afetado pelos processos de outorga é o córrego Santo Antônio, com dois processos, seguido pelos córregos do Jacú e Caeté com um processo cada. Um curso hídrico afetado não foi referenciado nas portarias oficiais.

É importante ressaltar que as outorgas do SAAE estão localizadas a jusante da área da sondagem geotécnica e pesquisa mineral, no córrego Santo Antônio e no córrego Jacu, os processos existentes da Vale são para uso insignificante, na sub-bacia do córrego Maquiné, e correspondem a processos que atenderão as necessidades de água do projeto. Neste sentido, considerando abastecimento público o projeto não gera impacto sobre o regime fluvial e a disponibilidade hídrica.

Na ADA não foi notada a ocorrência de nenhum dado oficial versando sobre outorgas vigentes.

A seguir, a Tabela 7-9 apresenta a relação dos usos insignificantes e a Tabela 7-10 mostra os processos de outorga. A localização foi apresentada anteriormente na Figura 7-26, na contextualização das bacias e rede hidrográfica.

Tabela 7-9: Usos Insignificantes dos Recursos Hídricos.

Processo	Tipo	Coordenadas em formato UTM Sirgas 2000 23S		Solicitante	Modo de Uso	Município	Bacia Hidrográfica	Curso Hídrico
		X	Y					
31598/2020	Superficial	636105,8	7787191	Vale S. A.	Aspersão de vias – Captação em corpo de água	Caeté	Rio das Velhas	Córrego Cachoeira
31599/2020	Superficial	635454,7	7785713	Vale S. A.	Aspersão de vias - Captação em corpo de água	Caeté	Rio das Velhas	Afluente do córrego Maquiné

Fonte: VALE, 2022.

Tabela 7-10: Outorgas Vigentes de Direito de Uso dos Recursos Hídricos.

Processo	Portaria	Vigência	Tipo	Coordenadas Sirgas 200 23s UTM		Outorgante	Finalidade	Município	Bacia Hidrográfica	Curso Hídrico
				X	Y					
00298/2002	1611/2003	18/12/2023	Superficial	637850	7790989	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Caeté - SAAE	Para fins de abastecimento público	Caeté	Rio das Velhas	Córrego Santo Antônio
00297/2002	014/2004	07/01/2024	Superficial	637938	7791111	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Caeté - SAAE	Para fins de abastecimento público	Caeté	Rio das Velhas	Córrego Santo Antônio
04579/2008	00758/2009	28/03/2029	Superficial	641266	7792899	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Caeté - SAAE	Para fins de abastecimento público	Caeté	Rio das Velhas	Córrego do Jacú
20681/2013	02225/2013	17/10/2048	Superficial	642609	7796449	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG	Transposição de corpo de água	Caeté	Rio das Velhas	Sem Nome
20682/2013	02226/2013	17/10/2048	Superficial	642853	7796379	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG	Transposição de corpo de água	Caeté	Rio das Velhas	Córrego Caeté

Fonte: IGAM, 2021

7.10.2.4 COMPILAÇÃO DE DADOS DE NASCENTES

Os dados de cadastro de nascentes foram compilados a partir do relatório técnico especializado da Hidrovia (2021), o qual é apresentado na íntegra no Estudo de Impacto Ambiental do Projeto Apolo Umidade Natural protocolado junto ao órgão ambiental, que abrange os dados provenientes de várias fontes e campanhas realizadas ao longo do tempo na região da serra do Gandarela com um acervo de 306 pontos inventariados (APA SUL/BEATO *et al.*, 2005, MULTIGEO, 2006; MDGEO, 2007; MDGEO 2008, 2011; GEOESTRUTURAL, 2010 e MDGEO, 2018). Foram mantidas todas as nascentes já cadastradas, mesmo que em levantamentos recentes, estas se encontrassem secas ou não houvessem sido novamente prospectadas.

Posteriormente, entre os dias 25/10/2017 e 07/11/2017 a Hidrovia visitou 18 nascentes situadas no entorno da cava projetada e em processo de licenciamento do Projeto Apolo Umidade Natural, motivação das sondagens, com o objetivo de realizar uma nova caracterização e comparar as posições e vazões atuais, no período seco, com aquelas registradas em cadastros anteriores. Após a vistoria verificou-se que as nascentes revisitadas mostravam deslocamento para a jusante das bacias em relação às suas posições anteriores, como resultado de um período de seca a partir de 2012, sendo suas coordenadas corrigidas para a nova posição. Outro aspecto a ser ressaltado é a correção de cotas das nascentes nos dados compilados pela Hidrovia, tendo em vista a discrepância dos dados de GPS coletados nos cadastros com a base topográfica de detalhe do estudo de modelagem hidrogeológica destinado ao processo de licenciamento do Projeto Apolo Umidade Natural.

Os cursos d'água IGAM foram adaptados para o MDT de 5 m considerando as nascentes compiladas pela Hidrovia. A classificação mantém o abordado por Hidrovia seguindo ainda os seguintes critérios: 1) Perene a jusante de todas as nascentes cadastradas e inferidas; 2) Intermitentes a montante de nascentes cadastradas, em que se verificou ausência de caminhamentos a montante dessas nascentes e presença de talvegues florestados; 3) Efêmeros nos locais onde foram identificadas com áreas de campo rupestre sobre a canga, delimitados por sensoriamento remoto no processo de mapeamento do uso e cobertura do solo.

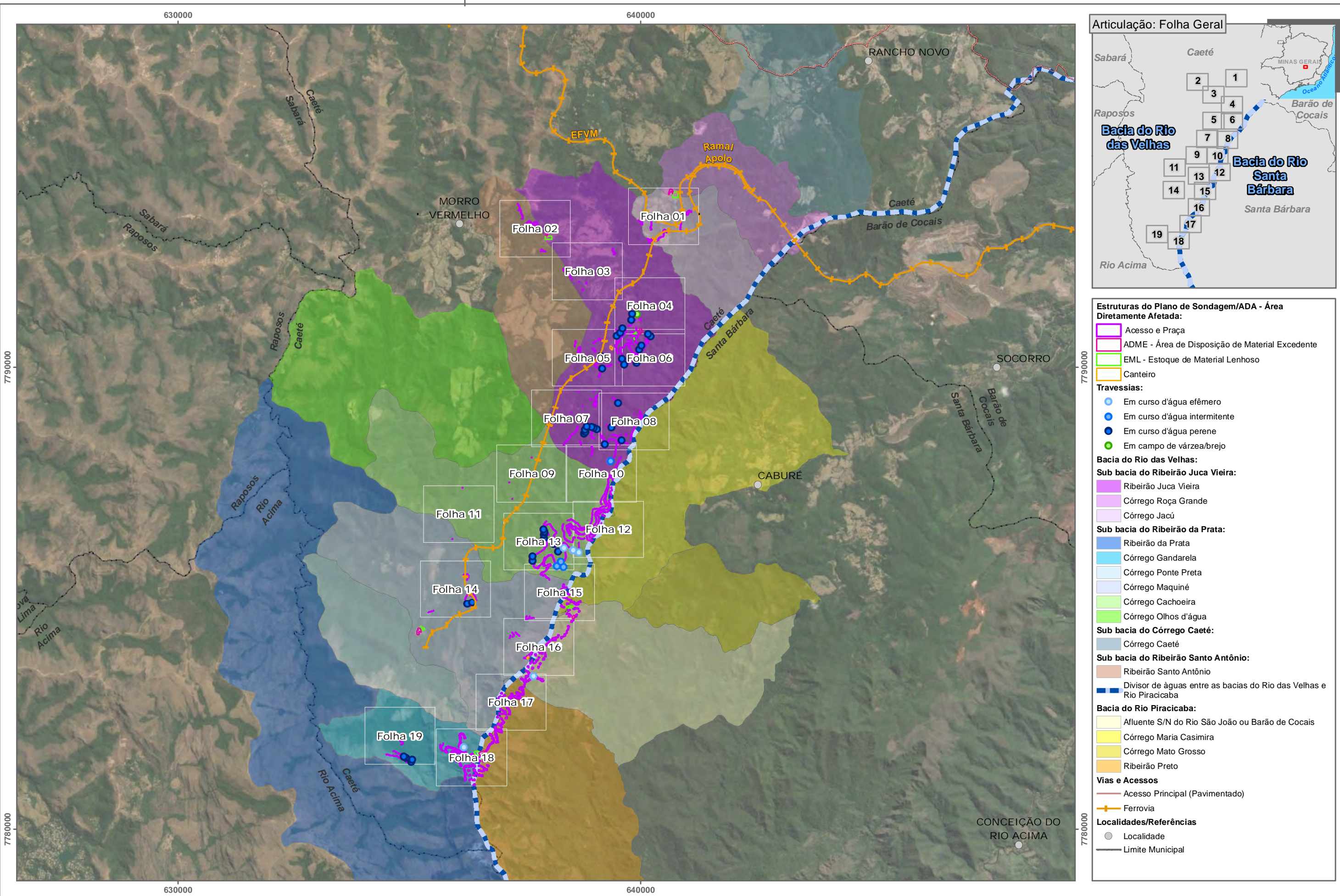
Para as áreas sem levantamento de campo os cursos d'água foram classificados pela Amplo Engenharia como perenes, alocando-se pontos de nascentes nas extremidades das drenagens constantes das bases governamentais oficiais (IGAM, 2015). A situação ocorreu em trechos nos quais não há ainda acordo com os proprietários dos direitos superficiais, predominantemente em trechos como a margem esquerda do ribeirão do Prata, trechos da bacia do Juca Vieira, trechos da bacia do córrego Maria Casimira e na bacia do córrego Caeté.

Foi obtido um total de 164 nascentes cadastradas e 111 nascentes alocadas na extremidade da base de dados do IGAM corrigida para o MDT com detalhamento de 5 metros. A localização foi apresentada anteriormente na Figura 7-26.

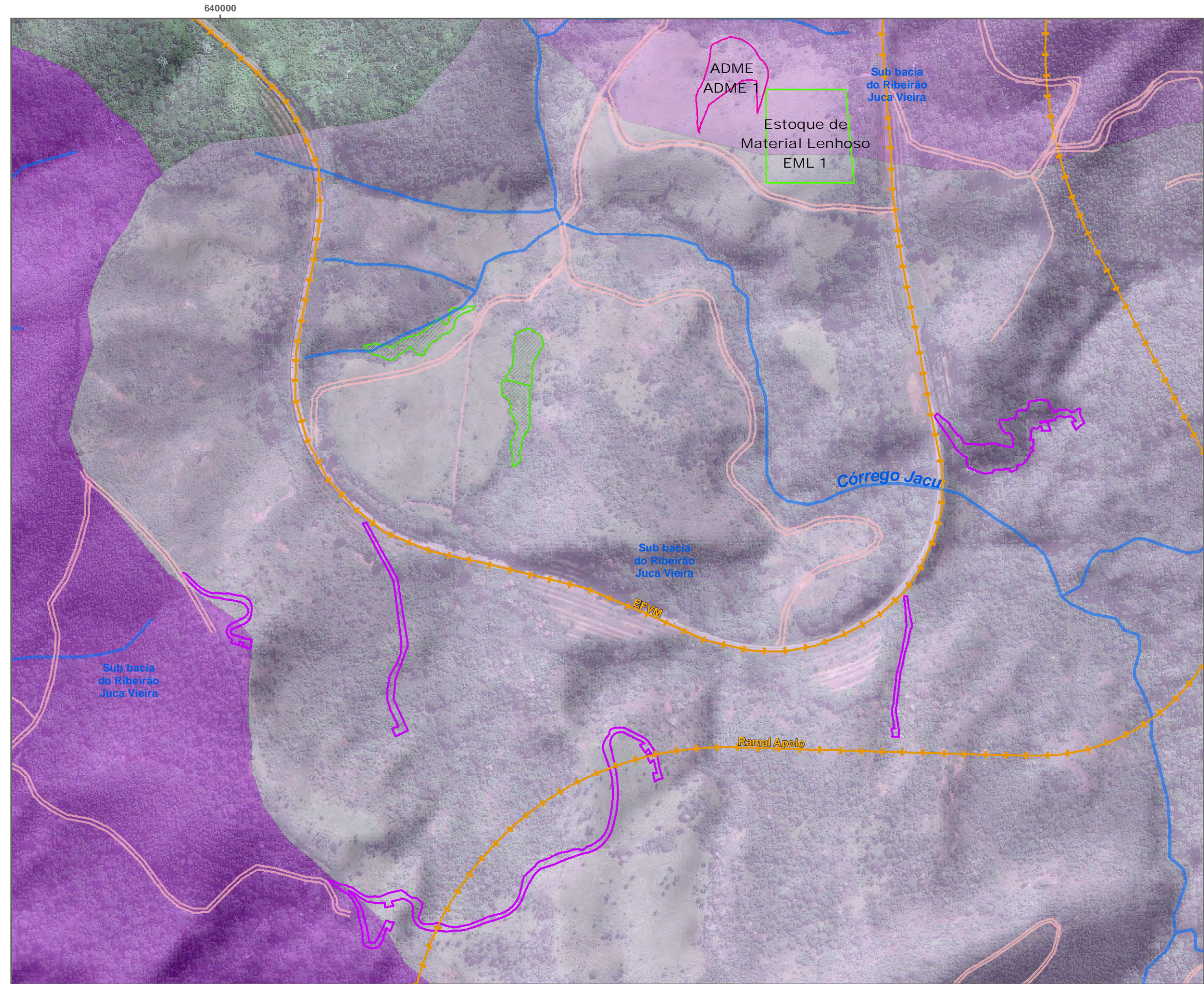
7.10.2.5 TRAVESSIAS DE CURSOS D'ÁGUA

Foram identificadas na Área de Estudo 54 travessias de cursos d'água, deste total, 44 correspondem a cursos d'água perenes, entre as quais uma (1) travessia nas proximidades de uma área brejosa, a qual foi considerada em função da necessidade dos cuidados com o sistema de drenagem (TR-15, adjacente ao córrego da Paula) e as demais 10 constituem travessias em cursos d'água que variam entre intermitentes e efêmeros.

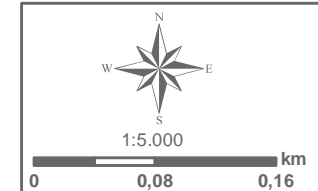
A Figura 7-27 apresenta as travessias de cursos d'água e da Figura 7-28 a Figura 7-46 estão apresentadas as articulações que detalham a localização destas mesmas. A sub-bacia do ribeirão Juca Vieira e a sub-bacia do córrego Cachoeira concentram a maior parte das travessias que foram identificadas, correspondendo as regiões de cabeceiras de drenagem destes mesmos.



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - ADME - Área de Disposição de Material Excedente
 - EML - Estoque de Material Lenhoso
 - Canteiro
- Travessias:**
- Em curso d'água efêmero
 - Em curso d'água intermitente
 - Em curso d'água perene
 - Em campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
 - Córrego Roça Grande
 - Córrego Jacú
- Sub bacia do Ribeirão da Prata:**
- Ribeirão da Prata
 - Córrego Gandarela
 - Córrego Ponte Preta
 - Córrego Maquiné
 - Córrego Cachoeira
 - Córrego Olhos d'água
- Sub bacia do Córrego Caeté:**
- Córrego Caeté
- Sub bacia do Ribeirão Santo Antônio:**
- Ribeirão Santo Antônio
 - Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
- Bacia do Rio Piracicaba:**
- Afluente S/N do Rio São João ou Barão de Cocais
 - Córrego Maria Casimira
 - Córrego Mato Grosso
 - Ribeirão Preto
- Vias e Acessos**
- Acesso Principal (Pavimentado)
 - Ferrovia
- Localidades/Referências**
- Localidade
 - Limite Municipal




- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - ADME - Área de Disposição de Material Excedente
 - EML - Estoque de Material Lenhoso
 - Curso d' água Perene
 - Campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
 - Córrego Roça Grande
 - Córrego Jacú
- Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
- Acessos Existentes
- Ferrovia
- Limite Municipal




Base Cartográfica (Fonte):
Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



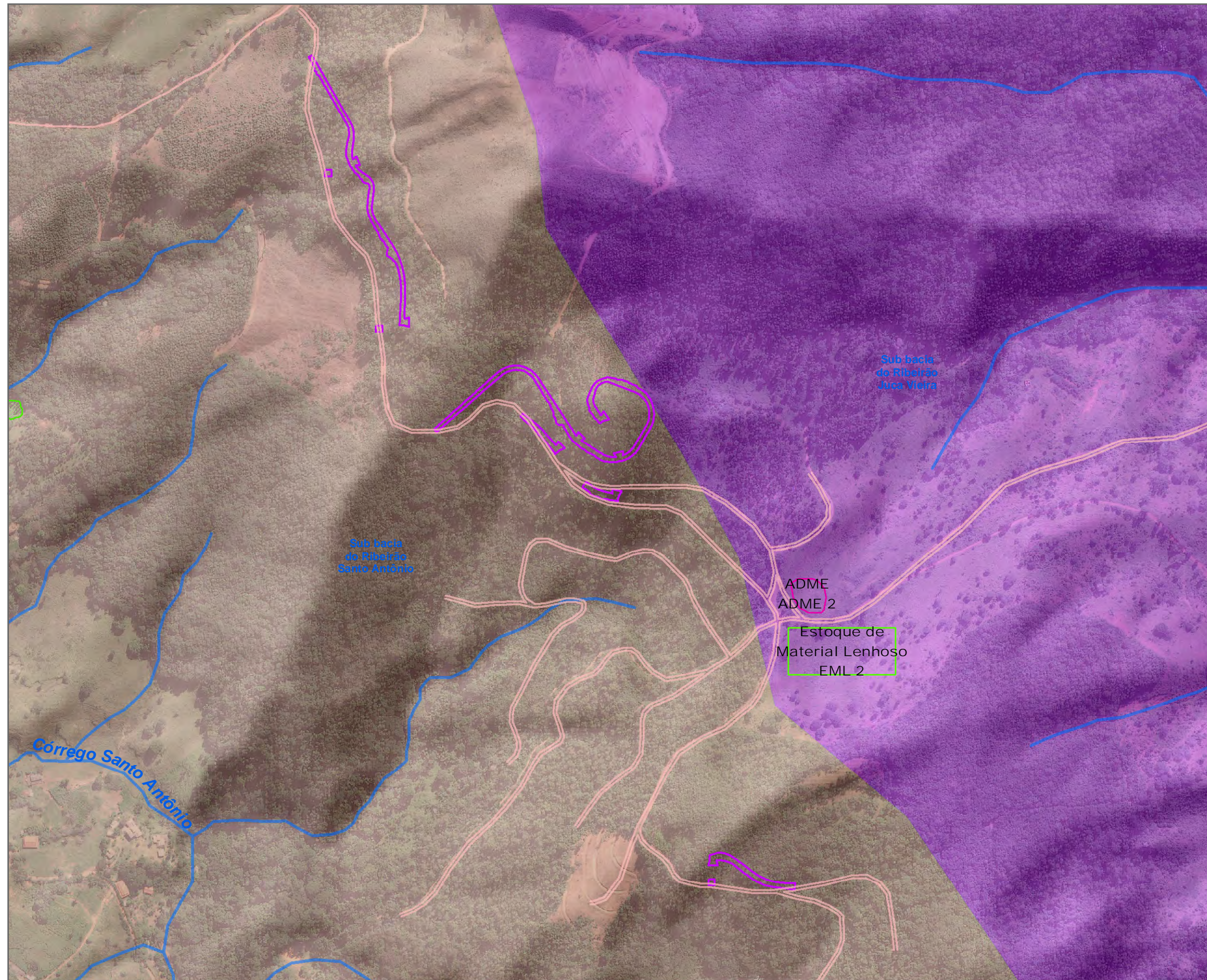
Título: **Travessias do Plano de Sondagem - Folha 01**

Elaboração: **Geoprocessamento Ampla**

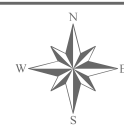
Data: **24/03/2022**

Formato: **A3**

Arquivo: **AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01**



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - ADME - Área de Disposição de Material Excedente
 - EML - Estoque de Material Lenhoso
 - Curso d' água Perene
 - Campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub-bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio:**
- Ribeirão Santo Antônio
- Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
- Acessos Existentes
- Limite Municipal



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 02

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

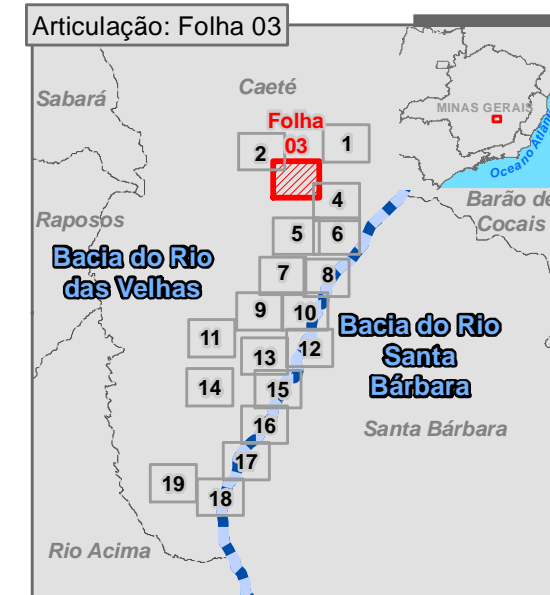
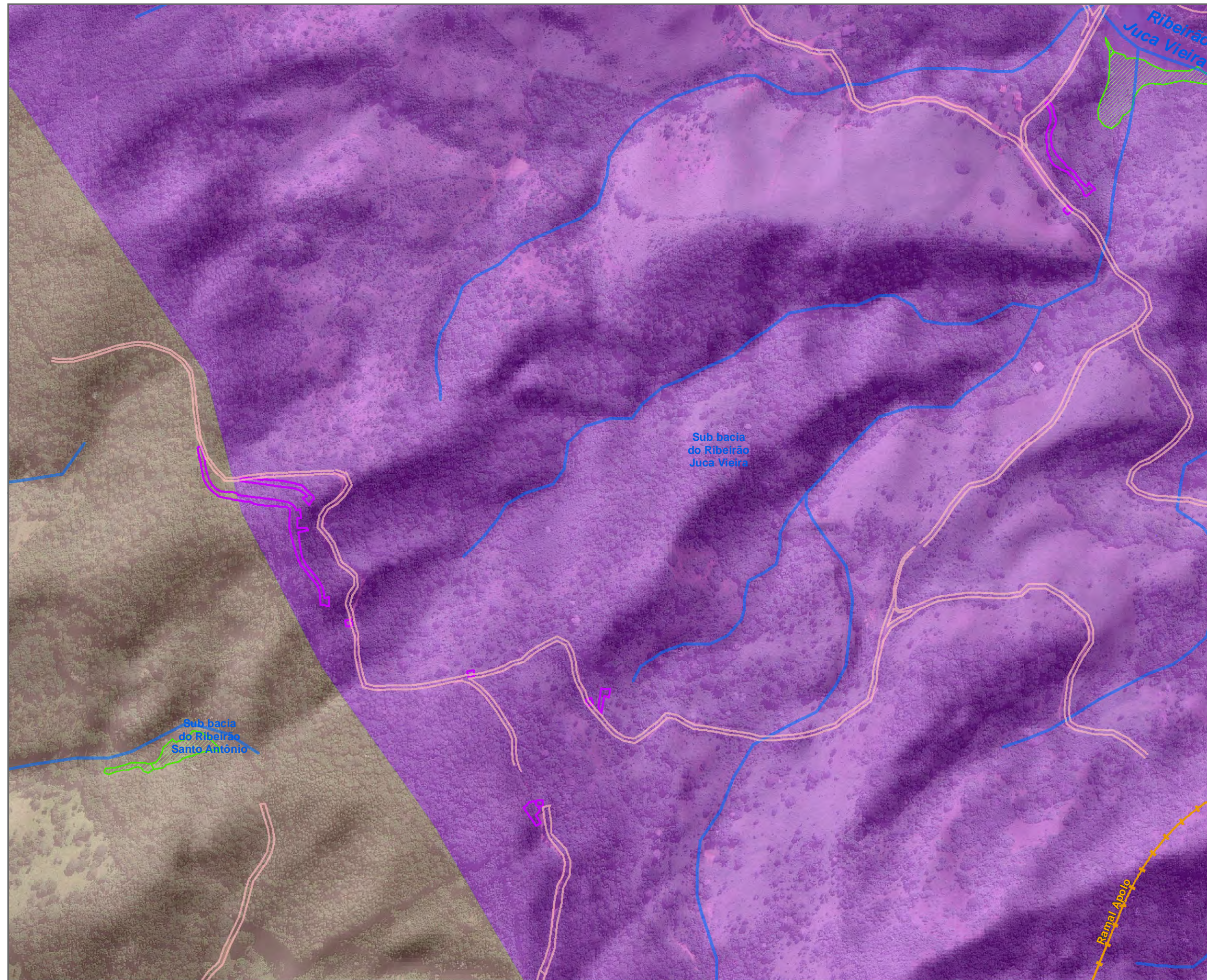
24/03/2022

Formato:

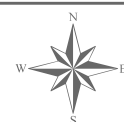
A3

Arquivo:

AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - Curso d' água Perene
 - Campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub bacia do Ribeirão Santo Antônio:**
- Ribeirão Santo Antônio
- Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba**
- Acessos Existentes**
- Ferrovia**
- Limite Municipal**



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020); ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 03

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

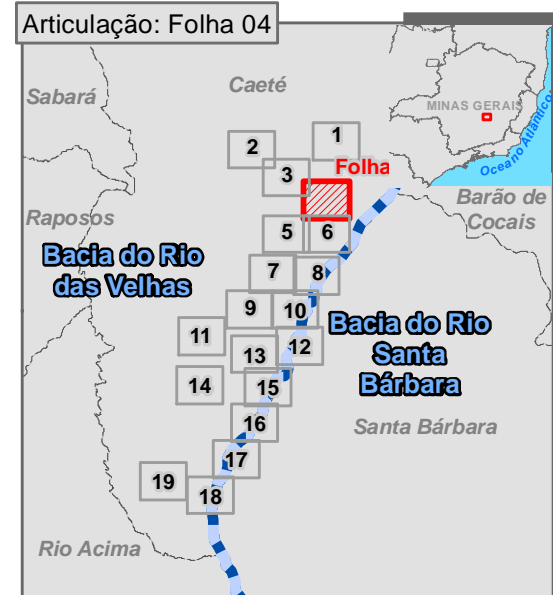
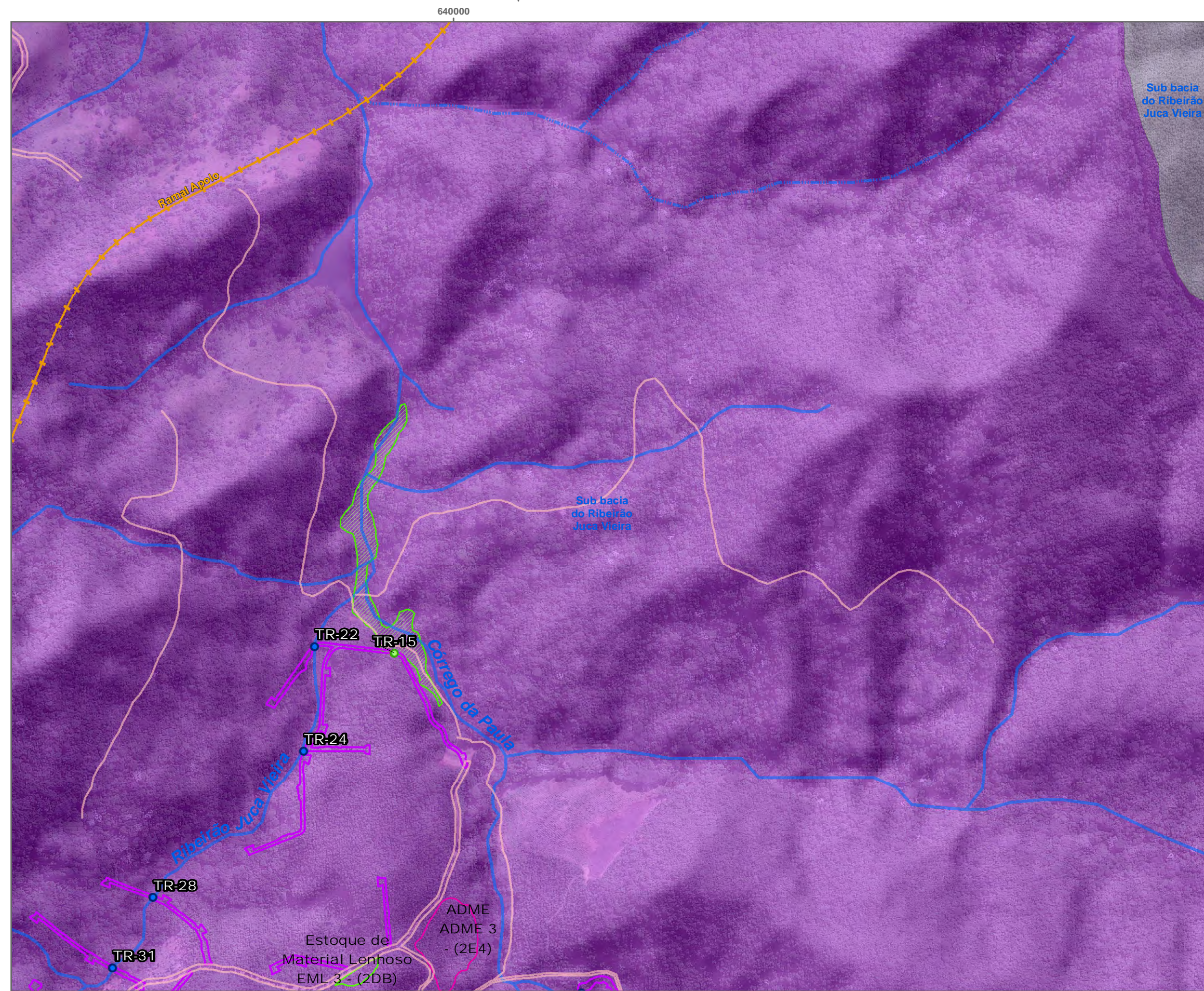
24/03/2022

Formato:

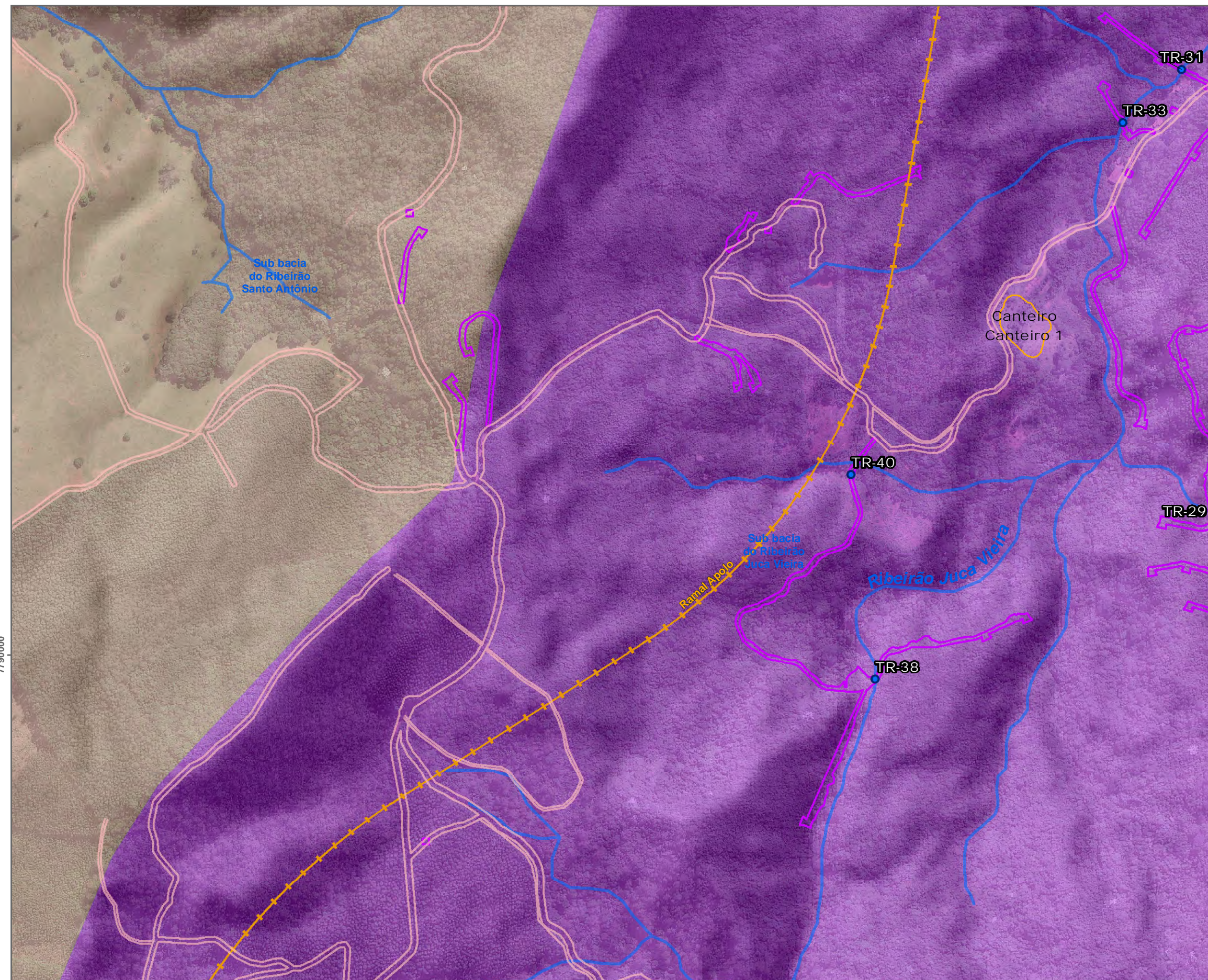
A3

Arquivo:

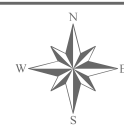
AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - ADME - Área de Disposição de Material Excedente
 - EML - Estoque de Material Lenhoso
- Travessias:**
- Em curso d'água perene
 - Em campo de várzea/brejo
 - Curso d' água intermitente
 - Curso d' água Perene
 - Campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
 - Córrego Jacú
 - Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
 - Acessos Existentes
 - Ferrovia
 - Limite Municipal



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - Canteiro
- Travessias:**
- Em curso d'água perene
 - Curso d' água intermitente
 - Curso d' água Perene
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub bacia do Ribeirão Santo Antônio:**
- Ribeirão Santo Antônio
 - Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
 - Acessos Existentes
 - Ferrovia
 - Limite Municipal



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 05

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

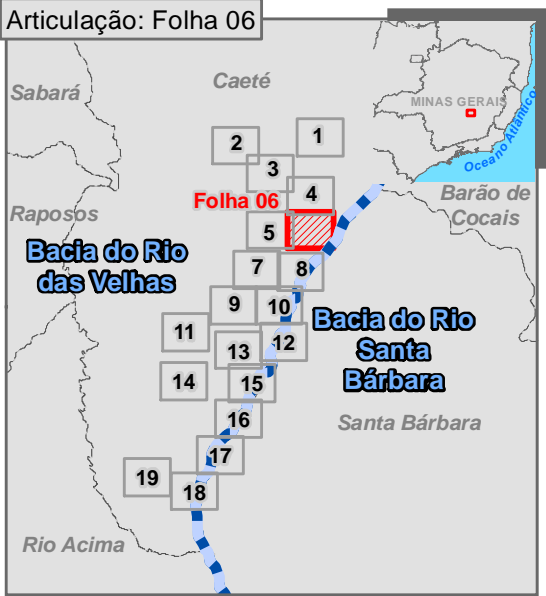
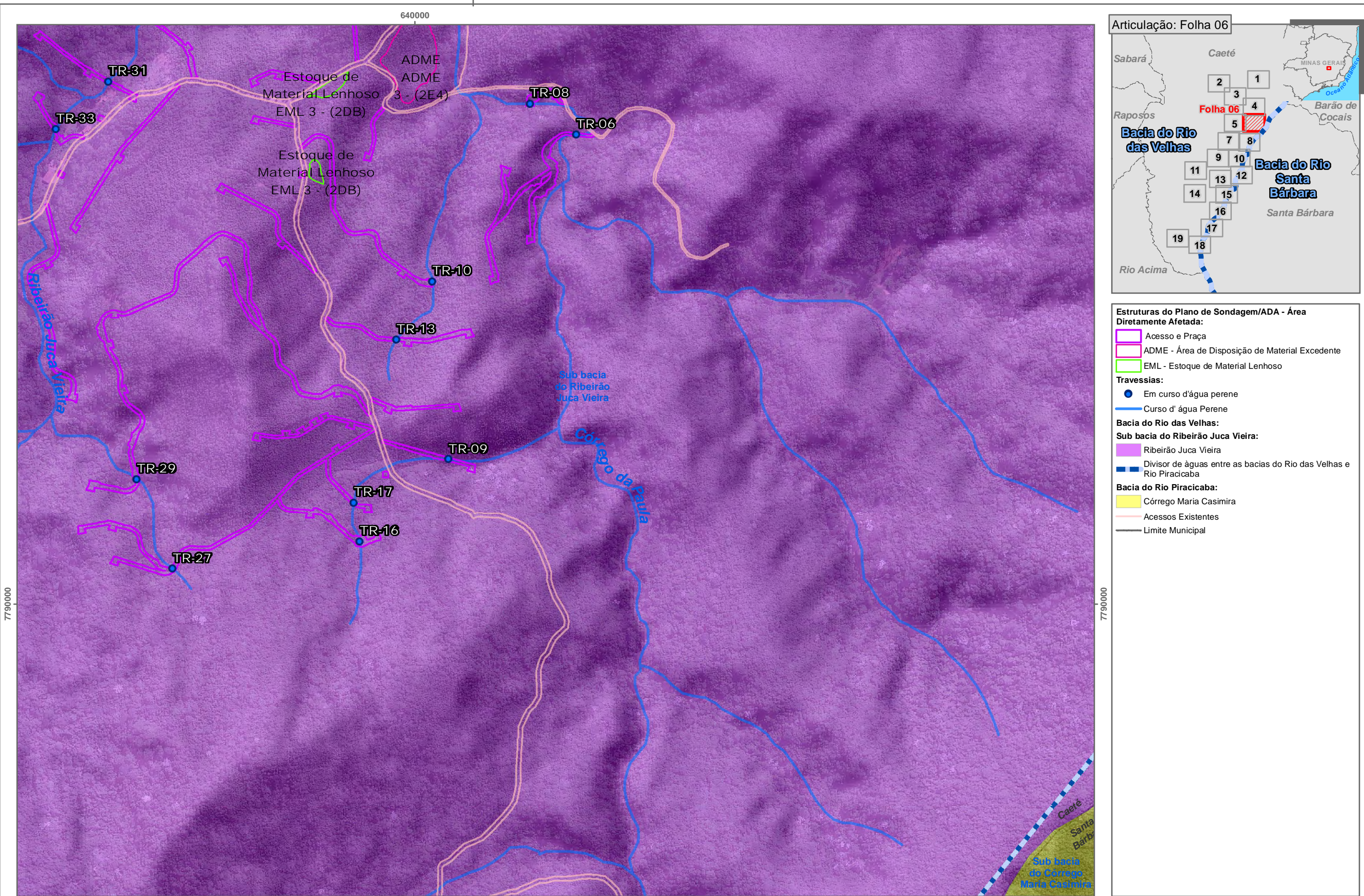
24/03/2022

Formato:

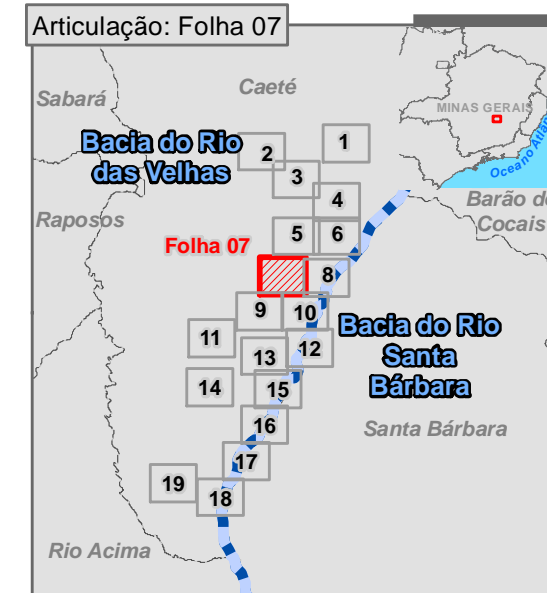
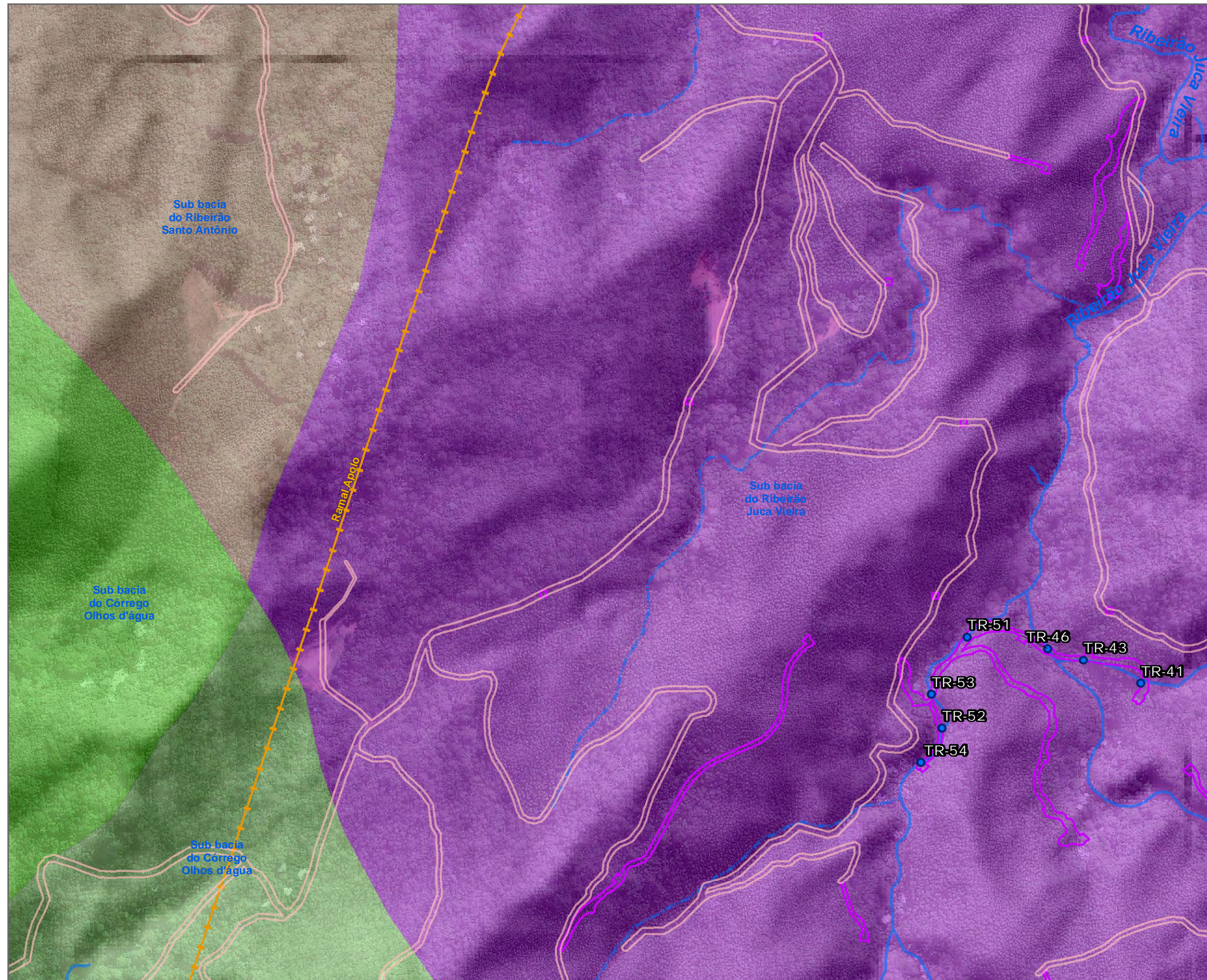
A3

Arquivo:

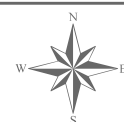
AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - ADME - Área de Disposição de Material Excedente
 - EML - Estoque de Material Lenhoso
- Travessias:**
- Em curso d'água perene
 - Curso d' água Perene
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
 - Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
- Bacia do Rio Piracicaba:**
- Córrego Maria Casimira
 - Acessos Existentes
 - Limite Municipal



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
- Travessias:**
- Em curso d'água perene
 - Curso d' água intermitente
 - Curso d' água Perene
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub-bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub-bacia do Ribeirão da Prata:**
- Córrego Cachoeira
 - Córrego Olhos d'água
- Sub-bacia do Ribeirão Santo Antônio:**
- Ribeirão Santo Antônio
 - Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
 - Acessos Existentes
 - Ferrovia
 - Limite Municipal



Base Cartográfica (Fonte):
Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 07

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

24/03/2022

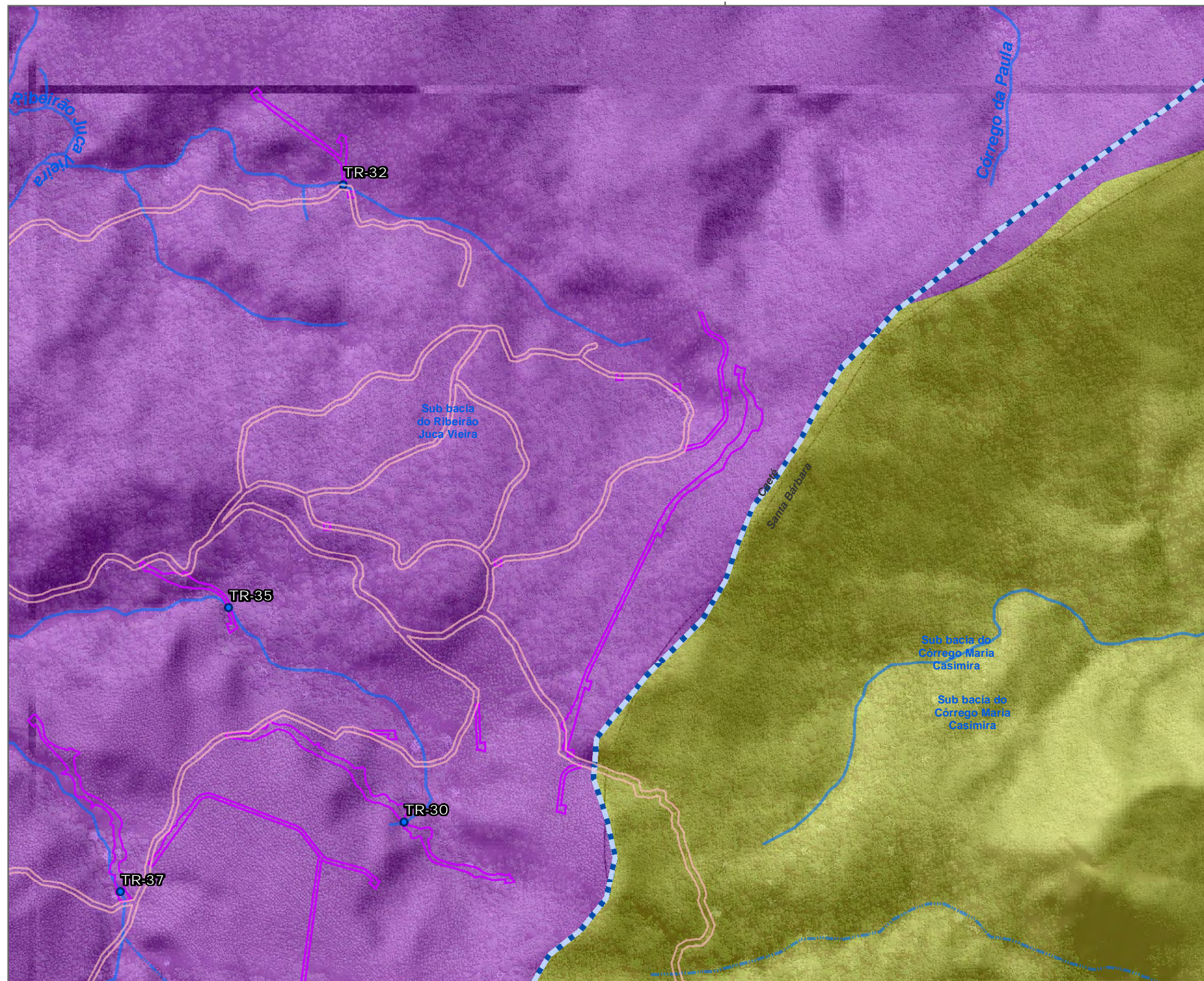
Formato:

A3

Arquivo:

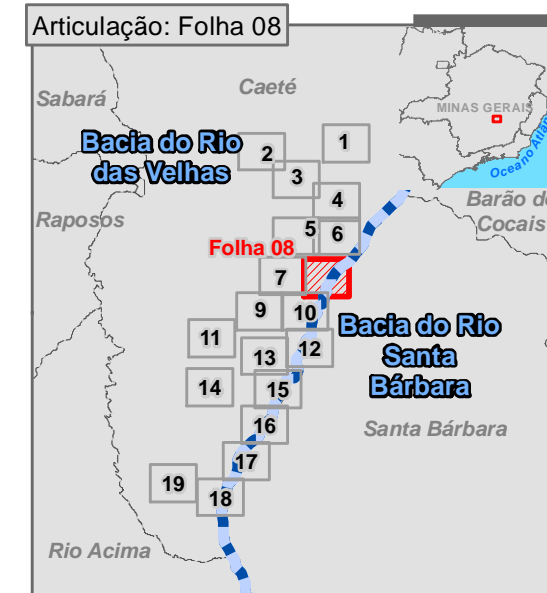
AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01

640000



640000

Articulação: Folha 08



Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:

Acesso e Praça

Travessias:

Em curso d'água perene

Curso d' água intermitente

Curso d' água Perene

Bacia do Rio das Velhas:

Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:

Ribeirão Juca Vieira

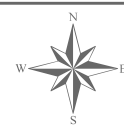
Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba

Bacia do Rio Piracicaba:

Córrego Maria Casimira

Acessos Existentes

Limite Municipal



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE,2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Título:

Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

24/03/2022

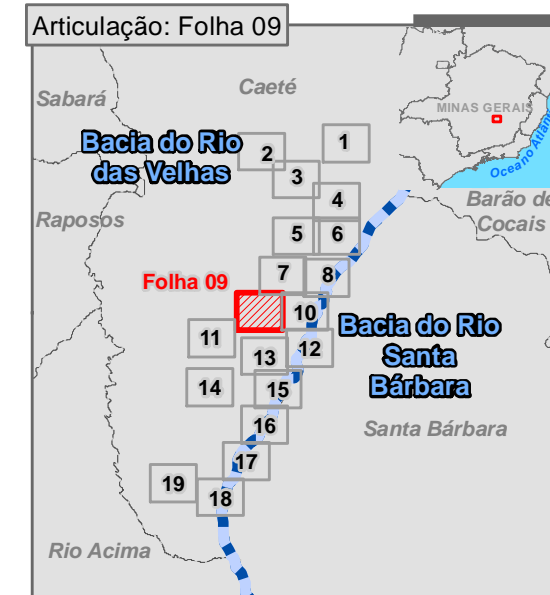
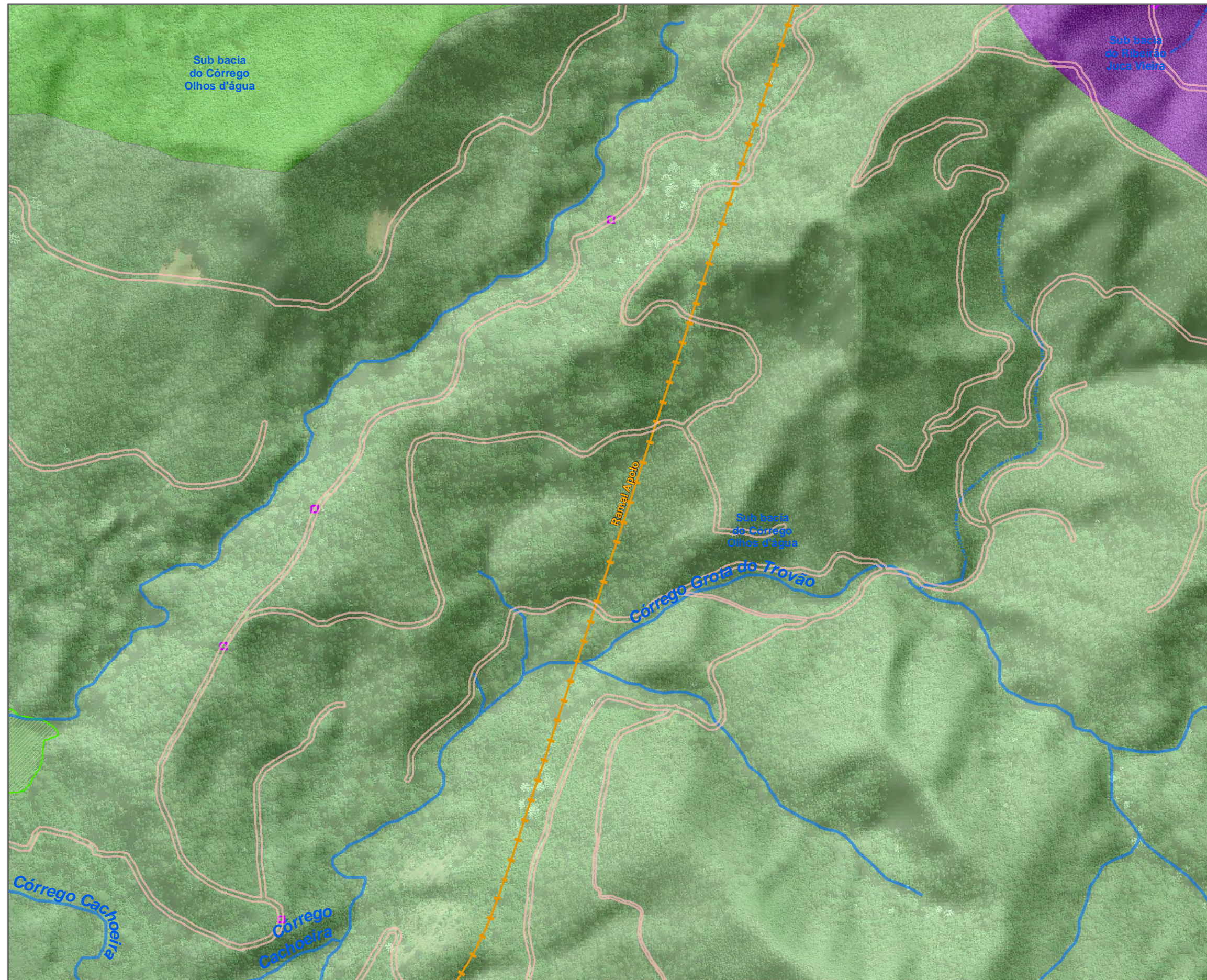
Formato:

A3

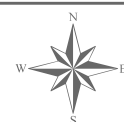
Arquivo:

AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 08



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
 - Curso d' água intermitente
 - Curso d' água Perene
 - Campo de várzea/brejo
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub bacia do Ribeirão da Prata:**
- Córrego Cachoeira
 - Córrego Olhos d'água
- Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba**
- Acessos Existentes
 - Ferrovia
 - Limite Municipal



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 09

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

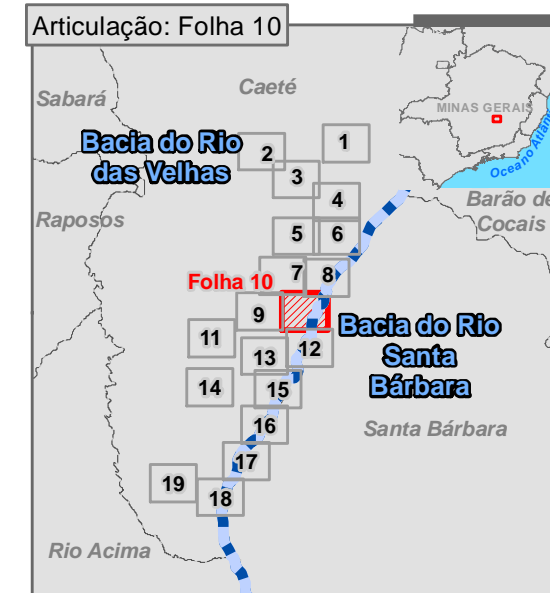
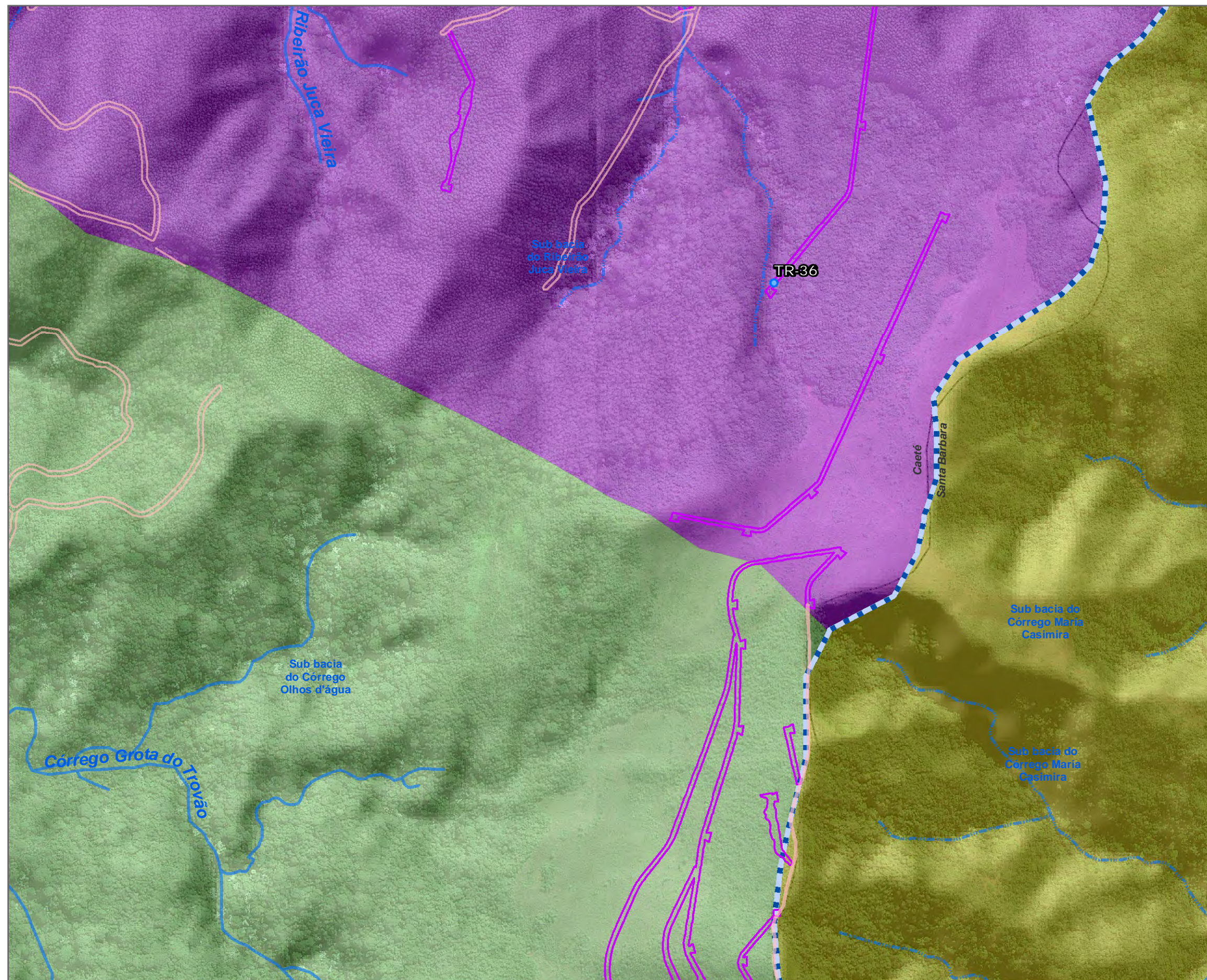
24/03/2022

Formato:

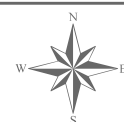
A3

Arquivo:

AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01



- Estruturas do Plano de Sondagem/ADA - Área Diretamente Afetada:**
- Acesso e Praça
- Travessias:**
- Em curso d'água intermitente
 - Em curso d'água perene
 - Curso d' água intermitente
 - Curso d' água Perene
- Bacia do Rio das Velhas:**
- Sub bacia do Ribeirão Juca Vieira:**
- Ribeirão Juca Vieira
- Sub bacia do Ribeirão da Prata:**
- Córrego Cachoeira
- Bacia do Rio Piracicaba:**
- Córrego Maria Casimira
- Legend:**
- Divisor de águas entre as bacias do Rio das Velhas e Rio Piracicaba
 - Acessos Existentes
 - Limite Municipal



1:5.000

0 0,08 0,16 km

Base Cartográfica (Fonte):

Limite Municipal (IEDE, 2015); Localidade (IBGE, 2015); Rodovias (DER, 2011); Ferrovia (ANTT Edit AMPLO, 2018); Vias e Acesso (AMPLO, 2019); Bacia e Sub-bacias (AMPLO, 2020/2021); Hidrografia (IGAM Edit. AMPLO, 2020), ADA - Plano de Sondagem (VALE, 2022), Travessia e Campo de Várzea (AMPLO, 2022).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S



Sondagem Geotécnica e Pesquisa Mineral Apolo



Título:

Travessias do Plano de Sondagem - Folha 10

Elaboração:

Geoprocessamento Amplo

Data:

24/03/2022

Formato:

A3

Arquivo:

AP_PS_Travessias_Articulado_5k_A3_v01