

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) - VOLUME II

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO - CADERNO II

**Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos  
da Planta do Queiroz**

29 de outubro de 2023



# **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) - VOLUME II**

## **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO - CADERNO II**

**Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos  
da Planta do Queiroz**

**AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.**

out-23



## Referências Cadastrais

Cliente:	AngloGold Ashanti
Localização:	Nova Lima/MG
Título:	Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Volume II - Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz
Contato:	Luís de Souza Breda
E-mail:	meioambiente@anglogoldashanti.com
Líder do Projeto:	Tatiane Muglia
Gerente:	Luanna Di Guimarães, Eng <sup>a</sup> . Ambiental - CREA: MG 184549/D
Projeto/centro de custo:	1.08.01.49400
Ordem de Compra:	4502224216
Data do documento:	29 de outubro de 2023

<b>Elaborador/Autor</b>	Tatiane Muglia	Coordenadora Ambiental
<b>Verificador/aprovador</b>	Luanna Di Guimarães	Gerente Ambiental

*Este documento é composto de 03 volumes e está sendo entregue em 01 cópia digital.*

### *Isenção de Responsabilidade:*

*Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.*

*Este documento foi preparado pela Arcadis com observância das normas técnicas recomendáveis e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Arcadis isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado*



## Sumário

<b>11</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO.....</b>	<b>13</b>
11.1	Clima e Meteorologia.....	13
11.1.1	Metodologia .....	14
11.1.2	Classificação Climática e Dinâmica Atmosférica.....	16
11.1.3	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	19
11.1.4	Síntese conclusiva.....	29
11.2	Qualidade do ar .....	29
11.2.1	Metodologia .....	30
11.2.2	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	37
11.3	Mudanças Climáticas .....	44
11.3.1	Metodologia .....	46
11.3.2	Identificação das fontes de emissões atmosféricas.....	46
11.3.3	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	46
11.3.4	Vulnerabilidade das áreas de estudos às mudanças climáticas .....	46
11.3.5	Ações da AngloGold Ashanti Relacionadas às Mudanças Climáticas e Matriz Energética .....	55
11.3.6	Síntese conclusiva.....	59
11.4	Ruído Ambiental .....	60
11.4.1	Metodologia .....	60
11.4.2	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	64
11.4.3	Síntese conclusiva.....	67
11.5	Geologia .....	67
11.5.1	Metodologia .....	67
11.5.2	Contextualização Geotectônica.....	68
11.5.3	Sucessão Litoestratigráfica .....	71
11.5.4	Contextualização da Área de Estudo Regional.....	75
11.5.5	Contextualização da Área de Estudo Local .....	78
11.5.6	Classificação Geológico-Geotécnico.....	78
11.5.7	Síntese conclusiva.....	81



11.6	Geomorfologia .....	82
11.6.1	Metodologia .....	82
11.6.2	Contextualização Geomorfológica .....	83
11.6.3	Contextualização das Áreas de Estudos Regional e Local.....	84
11.6.4	Síntese Conclusiva .....	92
11.7	Pedologia e Aptidão Agrícola.....	93
11.7.1	Metodologia .....	94
11.7.2	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	94
11.7.3	Aptidão Agrícola nas Áreas Regional e Local .....	105
11.7.4	Síntese conclusiva.....	108
11.8	Suscetibilidade a Processos Erosivos.....	109
11.8.1	Metodologia .....	109
11.8.2	Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local .....	109
11.8.3	Síntese conclusiva.....	114
11.9	Espeleologia .....	115
11.9.1	Histórico dos estudos espeleológicos da Planta do Queiroz .....	116
11.9.2	Metodologia .....	116
11.9.3	Resultados.....	118
11.9.4	Considerações finais .....	125
11.10	Recursos Hídricos Superficiais.....	125
11.10.1	Metodologia .....	126
11.10.2	Contextualização da Área de Estudo Regional.....	127
11.10.3	Contextualização da Área de Estudo Local .....	132
11.10.4	Caracterização do Uso das Águas Superficiais .....	137
11.10.5	Síntese Conclusiva .....	140
11.11	Qualidade das Águas Superficiais .....	140
11.11.1	Metodologia .....	141
11.11.2	Resultados.....	154
11.11.3	Síntese conclusiva.....	186
11.12	Recursos Hídricos Subterrâneos.....	188



11.12.1	Metodologia .....	188
11.12.2	Contextualização da Área de Estudo Regional .....	189
11.12.3	Contextualização da Área de Estudo Local .....	190
11.12.4	Usos de água subterrânea .....	203
11.12.5	Síntese conclusiva .....	206
11.13	Qualidade das Águas Subterrâneas .....	207
11.13.1	Metodologia .....	207
11.13.2	Resultados .....	211
11.13.3	Síntese Conclusiva .....	225
11.14	Áreas Contaminadas .....	226
11.14.1	Metodologia .....	226
11.14.2	Diagnóstico de áreas contaminadas .....	226
11.14.3	Síntese conclusiva .....	230
11.15	Referências bibliográficas .....	230

## Tabelas

Tabela 11-1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas para caracterização da área de estudo .....	16
Tabela 11-2 - Parâmetros analisados nas estações .....	16
Tabela 11-3 - Temperaturas mensais da estação INMET 83587 de acordo com as Normais Climatológicas de 1991 a 2020 .....	20
Tabela 11-4 - Distribuições das médias mensais de precipitação .....	22
Tabela 11-5 - Dados mensais de pluviosidade e evaporação de acordo com as Normais Climatológicas (1991-2020) para a estação 83587 .....	23
Tabela 11-6 - Valores de intensidade e direção predominante dos ventos de acordo com as Normais Climatológicas do INMET (1991-2020) para a estação 83587 (BH) .....	28
Tabela 11-7 - Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar .....	30
Tabela 11-8 - Limites Estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018. ....	34
Tabela 11-9 - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018. ....	34
Tabela 11-10 - Valores de referência para Qualidade do Ar de acordo com a DN COPAM nº 1/1981. ....	35
Tabela 11-11 - Valores de referência japonesa para a Taxa de Sulfatação .....	35



Tabela 11-12 - Estrutura do Índice de Qualidade do Ar .....	36
Tabela 11-13 - Critério de Validação de dados.....	36
Tabela 11-14 - Média anual e limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 491/2018 e DN Normativa COPAM nº 01/1981 para o poluente PTS nas estações Raposos, Mina d'água e Galo. ....	38
Tabela 11-15 - Medições (médias diárias) acima dos limites definidos na Resolução CONAMA no 491/2018 para SO <sub>2</sub> na estação Ginete.....	39
Tabela 11-16 - Média anual e limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 491/2018 e DN Normativa COPAM nº 01/1981 para o poluente SO <sub>2</sub> nas estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete.....	40
Tabela 11-17 - Malha Amostral dos Pontos de Monitoramento de Ruído.....	61
Tabela 11-18 - Relação dos equipamentos usados .....	63
Tabela 11-19 - Limites Estabelecidos pela ABNT NBR 10.151/2020.....	64
Tabela 11-20 - Taxonomia Geomorfológica das Áreas de Estudo .....	83
Tabela 11-21 - Localização dos pontos de descrição de solos e tipologia pedológica associada.....	97
Tabela 11-22 - Resultados analíticos de solo - PAEBM barragem de Cocuruto.....	104
Tabela 11-23 - Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia .....	117
Tabela 11-24 - Descrição dos pontos de caracterização na área correspondente do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz. ( <i>Datum SIRGAS 2000</i> ).....	121
Tabela 11-25 - Localização de estação fluviométrica na Área de Estudos Regional.....	126
Tabela 11-26 - Localização dos pontos de monitoramento fluviométrico na Área de Estudos Local .....	126
Tabela 11-27 - Outorgas e cadastros de usos insignificantes na área de estudo.....	139
Tabela 11-28 - Pontos de monitoramento de água superficial no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	144
Tabela 11-29 - Valores máximos permitidos (VMP) pela DN COPAM-CERH nº 08/2022 para águas superficiais Classe 2.....	145
Tabela 11-30 - Pontos de monitoramento de sedimentos no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	147
Tabela 11-31 - Valores Orientadores segundo a Resolução CONAMA 454/2012 e Vicq (2015).....	148
Tabela 11-32 - Pontos de monitoramento de efluentes no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	151
Tabela 11-33 - Valores máximos permitidos (VMP) pela DN COPAM-CERH nº 08/2022 .....	151
Tabela 11-34 - Pontos inventariados contemplando a localização, resultados das análises físico-químicas e vazões médias.....	193
Tabela 11-35 - Dados do monitoramento piezométrico dos piezômetros ativos para os anos de 2021 e 2022. ....	198



Tabela 11-36 - Outorga e uso insignificante dos recursos hídricos subterrâneos próximo a área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	204
Tabela 11-37 - Pontos de Água Subterrânea analisados no âmbito do PAEBM .....	207
Tabela 11-38 - Pontos de Água Subterrânea analisados no âmbito do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas.....	208
Tabela 11-39 - Valores de referência para os parâmetros analisados.....	210
Tabela 11-40 - Relação de atividades contaminantes cadastradas na FEAM para o município de Nova Lima/MG ....	227

## Figuras

Figura 11-1 - Mapa de localização das estações climatológicas .....	15
Figura 11-2 - Sistemas de circulação atmosférica perturbada do sudeste brasileiro .....	18
Figura 11-3 - Temperaturas mensais da Estação 83587 com base nas Normais Climatológicas do INMET (1991-2020) .....	20
Figura 11-4 - Correlação entre os dados pluviométricos das estações utilizadas .....	21
Figura 11-5 - Distribuição das Precipitações Médias Mensais para as estações analisadas.....	22
Figura 11-6 - Dados médios mensais de precipitação e evaporação .....	24
Figura 11-7. Extrato de balanço hídrico da Estação 83587 com base nas Normais Climatológicas do INMET (1991-2020) .....	25
Figura 11-8 - Variação mensal da umidade relativa - Estação 83587.....	26
Figura 11-9 - Dados médios mensais de pressão atmosférica e umidade relativa na estação INMET 83587 (1991 a 2020) .....	27
Figura 11-10 - Localização Espacial das Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar .....	32
Figura 11-11 - Resultados de PTS para as estações Raposos, Mina d'água e Galo .....	37
Figura 11-12 - Resultados de SO <sub>2</sub> para as estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete .....	39
Figura 11-13 - Resultados de SO <sub>3</sub> para as estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete .....	41
Figura 11-14 - Índice de Qualidade do Ar para o poluente SO <sub>2</sub> para os anos de 2021 e 2022.....	42
Figura 11-15 - Nível de sensibilidade às mudanças climáticas das áreas de estudos. ....	48
Figura 11-16 - Nível de exposição às mudanças climáticas das áreas de estudos.....	50
Figura 11-17 - Nível de adaptação às mudanças climáticas das áreas de estudos .....	52
Figura 11-18. Nível de vulnerabilidade às mudanças climáticas das áreas de estudos.....	54
Figura 11-19 - Estratégia de ESG da AngloGold Ashanti no Brasil. ....	55



Figura 11-20 - Certificado de Energia Renovável emitido pela CEMIG, referente ao ciclo do ano de 2022. ....	57
Figura 11-21 - Estratégia de Descarbonização AGA Brasil - Resultados Parciais. ....	58
Figura 11-22 - Localização Espacial das Estações de Monitoramento de Ruído.....	62
Figura 11-23 - Monitoramento de ruído nas comunidades próximas ao projeto.....	63
Figura 11-24 - Resultados de ruído diurno nos pontos de monitoramento.....	65
Figura 11-25 - Resultados de ruído noturno nos pontos de monitoramento.....	66
Figura 11-26 - Síntese esquemática para a Evolução Geológica do Quadrilátero Ferrífero. ....	70
Figura 11-27 - Geologia do Quadrilátero Ferrífero.....	71
Figura 11-28 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. ....	72
Figura 11-29 - Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com as associações de litofácies do Supergrupo Rio das Velhas e destaque para localização aproximada da Área de Estudo Regional.....	77
Figura 11-30 - Mapa das Unidades Geológico-Geotécnicas.....	80
Figura 11-31 - Mapa Geomorfológico da Área de Estudo.....	86
Figura 11-32 - Padrões de Relevo.....	87
Figura 11-33 - Mapa Hipsométrico.....	88
Figura 11-34 - Mapa de Declividade.....	89
Figura 11-35 - Vale do córrego da Mina D'água, visto para montante (Visada Norte), com indicação das Classes de relevo, conforme CPRM (2015).....	91
Figura 11-36 - Barragem de Cocuruto vista a partir da ombreira direita do maciço.....	92
Figura 11-37 - Barragem de Calcinados e Barragem do Rapaunha.....	92
Figura 11-38 - Vista a partir da cabeceira do córrego da Mina d'Água (Barragem do Rapaunha) - fundo de vale com perfil chato e preenchido pelo rejeito - modelado antrópico.....	92
Figura 11-39 - Mapa de Pedologia e Classe de Solos.....	96
Figura 11-40 - Mapa dos perfis de solo descritos por GOLDER (2016) e Arcadis (2022) no contexto da AEL e AER do empreendimento.....	99
Figura 11-41 - Cambissolo háplico identificado no entorno da Barragem de Cocuruto.....	101
Figura 11-42 - Cambissolo háplico identificado no no entorno das barragens de Calcinados e Rapaunha.....	101
Figura 11-43 - Perfil de Neossolo Litólico na margem direita do reservatório Cocuruto (P26).....	102
Figura 11-44 - Perfil Neossolo Litólico (A+C rocha), com horizonte A no fundo de Cocuruto (P19).....	102
Figura 11-45 - Exposição de perfil de latossolo nas proximidades da barragem de Rapaunha (P24).....	103
Figura 11-46 - Aptidão Agrícola nas áreas de estudo.....	107
Figura 11-47 - Suscetibilidade dos solos à erosão hídrica nas áreas de estudo.....	110

Figura 11-48 - Mapa de Suscetibilidade a movimentos de massa e inundação do município de Nova Lima, com delimitação para Área de Estudo Regional e Local .....	113
Figura 11-49 - Mapa de potencial espeleológico. ....	119
Figura 11-50 - Espacialização de todos os pontos de caracterização do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz .....	122
Figura 11-51 - Caminhamento espeleológico no Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz" .....	124
Figura 11-52 - Mapa das bacias hidrográficas no contexto do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	129
Figura 11-53 - Monitoramento de vazão na estação fluviométrica Raposos (2021 - 2022) .....	130
Figura 11-54 - Localização da estação fluviométrica Raposos.....	131
Figura 11-55 - Pontos de monitoramento fluviométrico (AEL) .....	133
Figura 11-56 - Vazões mensais observadas no entorno da barragem de Cocuruto.....	134
Figura 11-57 - Vazões mensais observadas em drenagem no entorno da barragem de Calcinados. ....	135
Figura 11-58 - Vazões mensais observadas em drenagens no entorno da barragem de Rapaunha .....	136
Figura 11-59 - Mapa de localização de outorgas existentes nas áreas de estudo. ....	138
Figura 11-60 - Hidrografia Unifilar com localização das estruturas dos pontos de monitoramento de qualidade de água e efluentes do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz .....	143
Figura 11-61 - Mapa de localização dos pontos de água superficial .....	146
Figura 11-62 - Mapa de localização dos pontos de sedimentos analisados.....	150
Figura 11-63 - Mapa de localização do ponto de efluente analisado.....	153
Figura 11-64 - Gráfico de resultados de Condutividade Elétrica nos pontos de monitoramento de água superficial ..	155
Figura 11-65 - Gráfico de resultados de pH nos pontos de monitoramento de água superficial.....	156
Figura 11-66 - Gráfico de resultados de Oxigênio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial.....	157
Figura 11-67 - Gráfico de resultados de DBO nos pontos de monitoramento de água superficial.....	158
Figura 11-68 - Gráfico de resultados de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) nos pontos de monitoramento de água superficial .....	159
Figura 11-69 - Gráfico de resultados de Sólidos Suspensos Totais (SST) nos pontos de monitoramento de água superficial .....	160
Figura 11-70 - Gráfico de resultados de turbidez nos pontos de monitoramento de água superficial.....	161
Figura 11-71 - Gráfico de resultados do arsênio total nos pontos de monitoramento de água superficial.....	163
Figura 11-72 - Gráfico de resultados de chumbo total nos pontos de monitoramento de água superficial.....	163
Figura 11-73 - Gráfico de resultados de cobre dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial .....	164



Figura 11-74 - Gráfico de resultados de ferro dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial .....	164
Figura 11-75 - Gráfico de resultados de manganês total nos pontos de monitoramento de água superficial.....	165
Figura 11-76 - Gráfico de resultados de zinco total nos pontos de monitoramento de água superficial .....	165
Figura 11-77 - Gráfico de resultados de sulfato nos pontos de monitoramento de água superficial .....	167
Figura 11-78 - Gráfico de resultados de Coliformes Termotolerantes e E.coli nos pontos de monitoramento de água superficial .....	169
Figura 11-79 - Caracterização granulométrica nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	170
Figura 11-80 - Gráfico de resultados de Alumínio nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	171
Figura 11-81 - Gráfico de resultados de Arsênio nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	172
Figura 11-82 - Gráfico de resultados de Cádmiio nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	173
Figura 11-83. Gráfico de resultados de Chumbo nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	173
Figura 11-84 - Gráfico de resultados de Cobre nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	174
Figura 11-85. Gráfico de resultados de Cromo nos pontos de monitoramento de sedimentos.....	174
Figura 11-86 - Gráfico de resultados de Ferro nos pontos de monitoramento de sedimentos.....	175
Figura 11-87 - Gráfico de resultados de Fósforo nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	176
Figura 11-88 - Gráfico de resultados de Manganês nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	176
Figura 11-89 - Gráfico de resultados de Níquel nos pontos de monitoramento de sedimentos .....	177
Figura 11-90. Gráfico de resultados de Zinco nos pontos de monitoramento de sedimentos.....	178
Figura 11-91 - Gráfico de resultados de Arsênio Total no ponto de monitoramento de efluentes .....	179
Figura 11-92. Gráfico de resultados de Cobre Dissolvido no ponto de monitoramento de efluentes.....	180
Figura 11-93. Gráfico de resultados de Manganês Dissolvido no ponto de monitoramento de efluentes.....	180
Figura 11-94. Gráfico de resultados de Zinco Total no ponto de monitoramento de efluentes.....	181
Figura 11-95. Gráfico de resultados de Sulfato no ponto de monitoramento de efluentes.....	181
Figura 11-96. Gráfico de resultados de Nitrato no ponto de monitoramento de efluentes .....	182
Figura 11-97 - Gráfico de resultados de Condutividade Elétrica no ponto de monitoramento de efluentes .....	183
Figura 11-98 - Gráfico de resultados de DQO no ponto de monitoramento de efluentes .....	184
Figura 11-99. Gráfico de resultados de Coliformes Termotolerantes no ponto de monitoramento de efluentes .....	185
Figura 11-100 - Gráfico de desvios dos valores máximos permitidos por parâmetro nos pontos de monitoramento de água superficial .....	187
Figura 11-101 - Mapa das unidades aquíferas na área da ADA, AEL e AER do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.....	191
Figura 11-102 - Mapa de localização dos pontos inventariados em 2022.....	195



Figura 11-103 - Mapa de localização dos pontos analisados de monitoramento piezométrico. ....	197
Figura 11-104 - Gráfico de evolução de cota d'água dos pontos analisados de monitoramento piezométrico. ....	199
Figura 11-105 - Mapa potenciométrico do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz no período seco. ....	201
Figura 11-106 - Mapa potenciométrico do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz período chuvoso. ....	202
Figura 11-107 - Mapa de localização dos pontos de outorgas e usos insignificantes dos recursos hídricos subterrâneos.....	205
Figura 11-108 - Localização dos pontos de monitoramento analisados de água subterrânea .....	209
Figura 11-109 - Gráfico de resultados de Alumínio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea ..	212
Figura 11-110 - Gráfico de resultados de Arsênio Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	213
Figura 11-111 - Gráfico de resultados de Chumbo Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea.....	214
Figura 11-112 - Gráfico de resultados de Cobre Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	215
Figura 11-113 - Gráfico de resultados de Ferro Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	216
Figura 11-114 - Gráfico de resultados de Ferro Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	217
Figura 11-115 - Gráfico de resultados de Manganês Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	218
Figura 11-116 - Gráfico de resultados de Níquel Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea.....	219
Figura 11-117 - Gráfico de resultados de Sulfato Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea.....	220
Figura 11-118 - Gráfico de resultados de Zinco Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	221
Figura 11-119 - Gráfico de resultados de Oxigênio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea ..	222
Figura 11-120 - Gráfico de resultados de pH nos pontos de monitoramento de água subterrânea.....	223
Figura 11-121 - Gráfico de resultados de Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	224
Figura 11-122 - Gráfico de resultados de Turbidez nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	224
Figura 11-123 - Gráfico de desvios dos valores máximos permitidos por parâmetro nos pontos de monitoramento de água subterrânea .....	225
Figura 11-124 - Mapa de localização das áreas contaminadas cadastradas pela FEAM para o município de Nova Lima .....	229

## 11 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

A caracterização do Meio Físico é um dos aspectos integrantes do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), sendo elaborada por equipe técnica multidisciplinar em estrita observância as leis e regulamentos pertinentes e às diretrizes para estudos do Meio Físico preconizadas no capítulo 9.1 do Termo de Referência Geral para Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para Licenciamento Prévio, elaborado pelo Sisema em janeiro de 2023.

O objetivo do diagnóstico ambiental é subsidiar o desenvolvimento de avaliações posteriores, tais como a análise de atributos ambientais relevantes, a análise integrada, a avaliação de impactos, bem como a proposição de ações de controle ambiental que se fizerem necessárias para permitir a implantação e operação do empreendimento de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável. Deste modo, a elaboração do diagnóstico ambiental do Meio Físico buscou identificar a atual situação ambiental ou a qualidade ambiental das áreas de estudo, a partir da caracterização dos principais elementos físicos, a saber: clima e condições meteorológicas, qualidade do ar, mudanças climáticas, ruído e vibração, geologia, geomorfologia, susceptibilidade a processos erosivos, pedologia e aptidão agrícola, espeleologia, recursos hídricos (hidrologia, qualidade das águas superficiais e subterrâneas) e usos da água.

A construção dos textos referentes a estes temas se consistiu a partir da utilização dos dados primários adquiridos por meio de monitoramentos realizados e disponibilizados pela AngloGold Ashanti, além de consulta a artigos de cunho técnico-científico, especificamente pesquisas científicas, cartografia disponível e estudos já realizados nas áreas de estudo do projeto e na região.

### 11.1 Clima e Meteorologia

O conjunto de condições atmosféricas define o clima de uma região, sendo este determinado pelas médias mensais e anuais das condições observadas em um ou mais pontos representativos do clima local (BERRY *et al*, 2003).

A análise de dados climáticos é de suma importância para as atividades de mineração, já que a partir deles é possível definir de maneira mais assertiva, o melhor período e as melhores práticas para as obras, com o objetivo de reduzir os impactos gerados pelas atividades do empreendimento. A seguir serão apresentados os principais aspectos climatológicos de forma a realizar o diagnóstico da Área de Estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz.



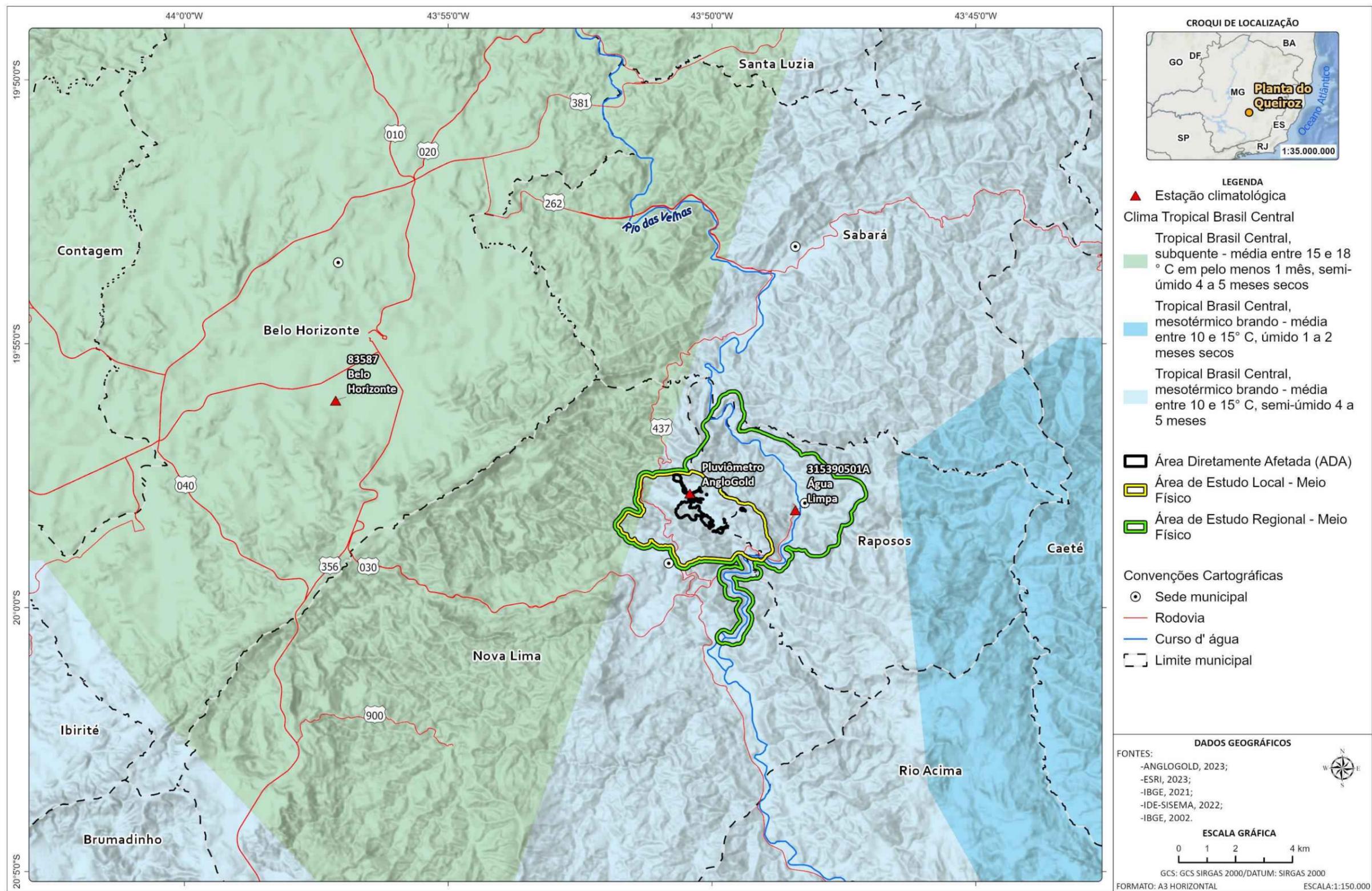
### 11.1.1 Metodologia

O diagnóstico ambiental referente a caracterização do clima e às condições meteorológicas, foi elaborado de forma conjunta para as áreas de estudo com base nos principais aspectos regionais e a descrição de parâmetros climatológicos locais obtidos em estações climatológicas e pluviométricas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastre Naturais - CEMADEN, Agência Nacional de Águas - ANA e o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Os valores médios das variáveis meteorológicas que definem o clima de uma região são denominados “Normais Climatológicas”, e são obtidos por meio do monitoramento destes parâmetros, segundo critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). São medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão da administração pública federal, vinculado ao Ministério da Agricultura e Pecuária. As médias desses parâmetros referem-se a períodos padronizados de 30 anos, sucessivamente, a exemplo: 1961-1991, 1981-2010 e 1991-2020.

As normais climatológicas são os dados climáticos mais difundidos no Brasil, descrevendo os elementos meteorológicos gerais de uma região, como por exemplo, a temperatura, precipitação, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, insolação, nebulosidade, e características dos ventos.

Para análise das variáveis climáticas em escala regional e local foram utilizados dados pluviométricos das Estações Água Limpa (315390501A), fornecidos pelo CEMADEN durante o período de 2018 a 2022, além do pluviômetro AngloGold Ashanti (1997-2022). Ademais, foram utilizados dados das Normais Climatológicas relativas ao período de 1991 a 2020 (INMET, 2022) referente a Estação 83587 - Belo Horizonte (INMET). Esta se localiza a cerca de 11,47 km da Área Diretamente Afetada pelo Projeto, na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, e apresenta características de localização (latitude e altitude) similares às da área de intervenção.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-1 - Mapa de localização das estações climatológicas**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: IBGE (2002 e 2020), ESRI (2021), AngloGold (2023).

As informações sobre as estações utilizadas para a caracterização climática da área de estudo são apresentadas na Tabela 11-1. A Tabela 11-2 apresenta os parâmetros disponíveis em cada uma das estações.

**Tabela 11-1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas para caracterização da área de estudo**

Código	Nome	Coordenadas		Altitude (m)	Tipo	Localização	Distância em relação a ADA (m)	Operadora
		Sirgas 2000/23S						
		UTM E (m)	UTM N (m)					
83587	Belo Horizonte	609653	7795431	861	Meteorológica	Belo Horizonte	11473,0	INMET
-	Pluviômetro AngloGold Ashanti	621340,8	7792108,72	913	Pluviométrica	Nova Lima	6,0	AngloGold Ashanti
315390501A	Água Limpa	624825,4	7791498,65	741	Pluviométrica	Raposos	1651,1	CEMADEN

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: INMET (2023); ANA (2023); CEMADEN (2023); AngloGold (2023).

**Tabela 11-2 - Parâmetros analisados nas estações**

Parâmetros	Estação		
	83587 - Belo Horizonte	Pluviômetro AngloGold	315390501 <sup>a</sup> - Água Limpa
Pluviosidade	x	x	x
Temperatura	x		
Umidade Relativa	x		
Pressão Atmosférica	x		
Evaporação	x		
Ventos	x		
Insolação	x		
Nebulosidade	x		

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: INMET (2023); ANA (2023); CEMADEN (2023); AngloGold (2023).

## 11.1.2 Classificação Climática e Dinâmica Atmosférica

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui 5 (cinco) climas zonais, sendo eles: Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado. Estas zonas climáticas são subdivididas em variadas regiões climáticas a depender de suas características, principalmente da quantidade e distribuição da precipitação e temperatura.

Conforme mapa apresentado na Figura 11-1, verifica-se que o tipo climático existente na região de estudo é o Tropical Brasil Central, mesotérmico brando, com média de temperatura entre 10°C e 15°C, semi-úmido, com 4 a 5 meses secos. Além deste, uma parte da área de estudo local encontra-se sob o domínio do clima Tropical Brasil Central subquente, com média entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês e com 4 a 5 meses secos (IBGE, 2002).



De acordo com IBGE (2006), a região Sudeste apresenta a maior diversificação climática do Brasil, quando considerado o regime de temperatura. Tal diversificação ocorre devido à atuação de diversos fatores, sendo alguns de ordem estática, como condições geográficas (posição, topografia acidentada, etc), e outros de natureza dinâmica, como circulação atmosférica, os quais atuam simultaneamente em constante interação (NIMER, 1979).

Ressalta-se que a dinâmica climática de uma região está associada com a circulação atmosférica, de forma que os processos sinóticos em conjunto com os atributos de superfície definem o comportamento dos elementos climáticos. Nesse contexto, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um importante sistema atmosférico que atua na região Sudeste, o qual tem origem das altas pressões subtropicais localizadas no Atlântico Sul. Este apresenta tempo relativamente estável, com alta umidade sobre áreas marítimas e baixa umidade relativa quando em continente (ASSIS, 2010).

Ainda sobre a dinâmica sinótica da região Sudeste, segundo Nimer (1979), as instabilidades climáticas bruscas e mudanças de tempo, geralmente associadas às chuvas, ocorrem com a chegada de correntes de circulação perturbada. Os três principais sistemas de correntes de circulação perturbada que atuam na região são: Sistema de Correntes Perturbadas de Sul (FP), Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste (IT) e Sistema de Correntes Perturbadas do Leste (EW), representados na figura a seguir (NIMER, 1979).

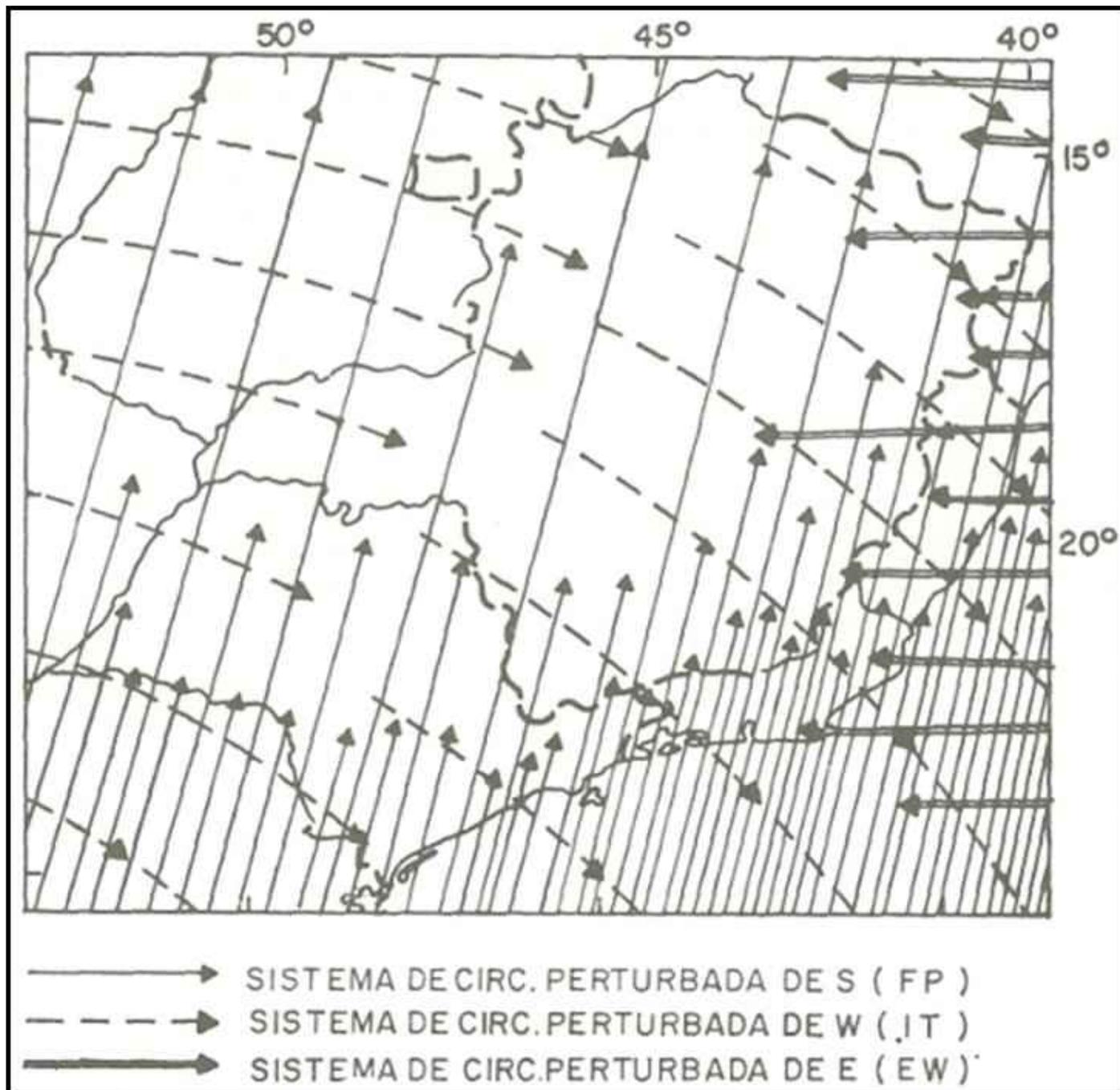


Figura 11-2 - Sistemas de circulação atmosférica perturbada do sudeste brasileiro

Fonte: NIMER, 1979.

Cabe citar também o Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS), oriundo ao sul do continente americano, próximo a zona subantártica e que se desloca, devido aos centros de baixas pressões, em direção às baixas latitudes, principalmente no período de outono e inverno. Esse sistema possui como características básicas o tempo estável, baixa nebulosidade e baixas temperaturas. Ressalta-se que quando este anticiclone chega à região, já está em processo de tropicalização e, portanto, as temperaturas e umidade relativa do ar são mais altas se comparado com seu período de formação (ASSIS, 2010).



Além dos sistemas supracitados, a Zona de Convergência do Atlântico Sul, conhecida como ZCAS é um importante sistema atmosférico associados às chuvas na região Sudeste, principalmente no período de verão. Caracteriza-se por uma extensa faixa de nebulosidade com direção noroeste-sudeste facilmente identificável por imagens de satélite e/ou cartas sinóticas, que geralmente persiste por um período de até 10 dias, resultando em elevados índices pluviométricos em sua região de atuação (ASSIS, 2010).

Saliena-se também a importância dos Sistemas Frontais/ Frentes frias e Linhas de instabilidades (LI), ambos sistemas de baixa pressão associados a intensas chuvas e altas velocidades dos ventos. As Frentes Frias se deslocam em direção às baixas latitudes, impulsionadas pelo APAS e relacionam-se com as LI, cujas formações podem ser identificadas em imagens de satélite e cartas sinóticas (ASSIS, 2010).

### **11.1.3 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local**

Nos itens a seguir, são descritas as características do comportamento das principais variáveis climatológicas no âmbito do Projeto.

#### **11.1.3.1 Temperatura**

Sobre a temperatura na área de estudo, conforme dados das Normais Climatológicas (1991 a 2020), referente à Estação 83587, localizada no município de Belo Horizonte, a aproximadamente 913 metros de altitude, a temperatura média compensada anual é de 22,1 °C.

Verifica-se a existência de dois períodos distintos: um com temperaturas mais altas (meses de outubro a março), e outro com temperaturas mais baixas (meses de abril a setembro). A Figura 11-3 e Tabela 11-3 apresentam os valores compensados de temperaturas mínimas, máximas e médias, registradas na estação 83637 no período de 1991 a 2020 de acordo com as Normais climatológicas do INMET.

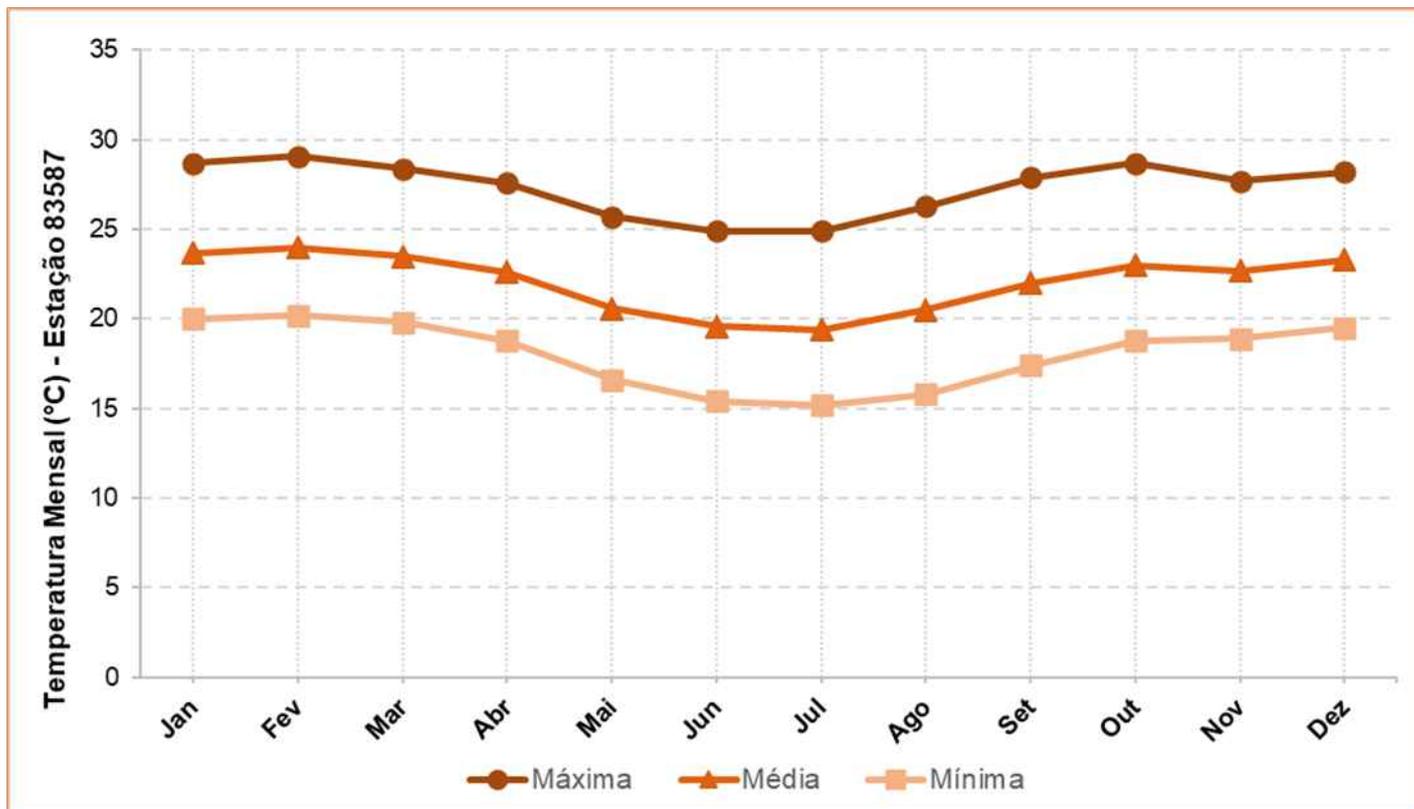


Figura 11-3 - Temperaturas mensais da Estação 83587 com base nas Normais Climatológicas do INMET (1991-2020)

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

Tabela 11-3 - Temperaturas mensais da estação INMET 83587 de acordo com as Normais Climatológicas de 1991 a 2020

Temperatura Mensal (°C) - Estação 83587 (Belo Horizonte)													
Normais Climatológicas INMET 1991-2020													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
<b>Máxima</b>	28,7	29,1	28,4	27,6	25,7	24,9	24,9	26,3	27,9	28,7	27,7	28,2	27,3
<b>Média</b>	23,7	24	23,5	22,6	20,6	19,6	19,4	20,5	22	23	22,7	23,3	22,1
<b>Mínima</b>	20	20,2	19,8	18,8	16,6	15,4	15,2	15,8	17,4	18,8	18,9	19,5	18

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

Ainda conforme os dados médios das Normais Climatológicas (1991-2020), fevereiro é o mês com as temperaturas mais altas (média de 24 °C) e julho o mês com as temperaturas mais baixas (média de 19,4 °C). Verifica-se também que fevereiro é o mês com a maior média compensada de temperatura máxima (29,1 °C), relativa ao período de verão. A temperatura máxima absoluta do período de 1991 a 2020 ocorreu em outubro de 2015 (37,5°C).

Com relação às temperaturas mínimas, percebe-se, como esperado, que o período de inverno apresenta as menores médias, sendo julho o mês com média compensada de temperatura mínima mais baixa (15,2°C). A temperatura mínima absoluta no período de 1991 a 2020 ocorreu em junho de 1997 (8 °C).

### 11.1.3.2 Pluviometria

As informações utilizadas para caracterização pluviométrica foram obtidas por meio da consulta à base de dados das três estações relacionadas na figura a seguir. Considerando que o Pluviômetro AngloGold Ashanti é o ponto de monitoramento pluviométrico mais próximo a Área Diretamente Afetada pelo empreendimento, foi realizada análise de correlação entre esta estação e as demais (83587 e 315390501A) localizadas na área de estudos a fim de se verificar o coeficiente de correlação entre as estações.

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) é um método estatístico que permite determinar se os dados estão próximos ou não de uma linha linear de regressão simples ou múltipla. O  $R^2$  varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1 for o valor, mais é aplicado o modelo de regressão linear, ou seja, o modelo é mais bem ajustado na correlação.

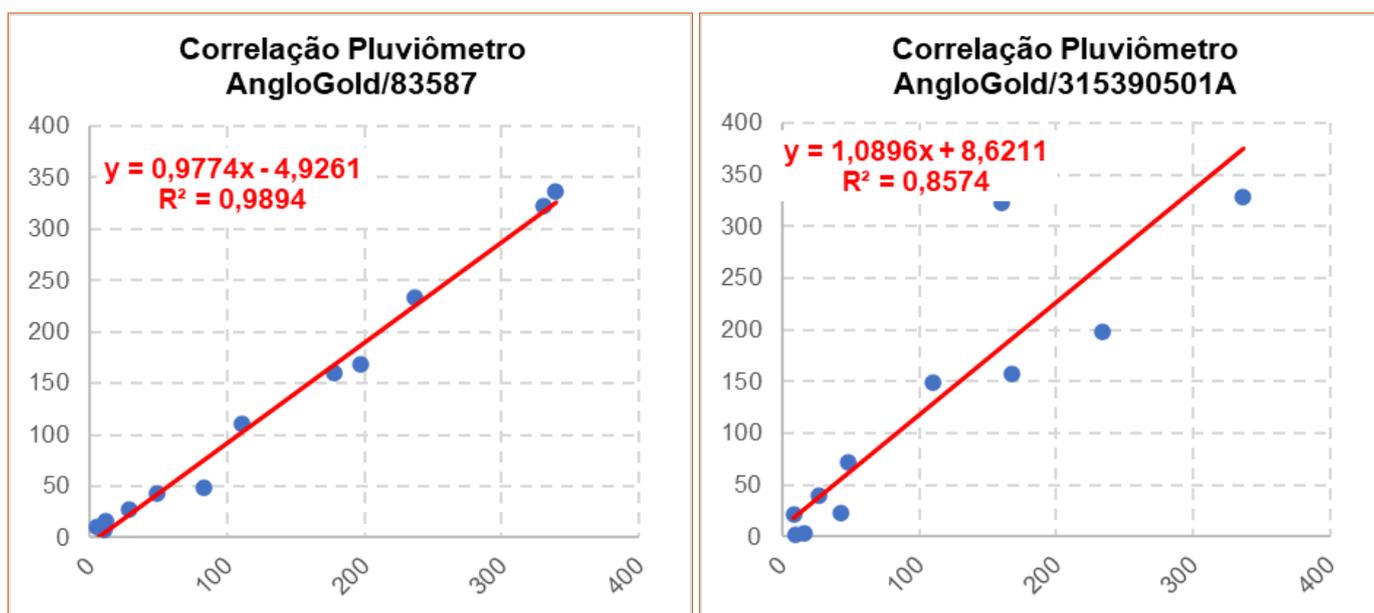


Figura 11-4 - Correlação entre os dados pluviométricos das estações utilizadas

Elaborado: Arcadis, 2023. INMET, 2023; CEMADEN, 2023.

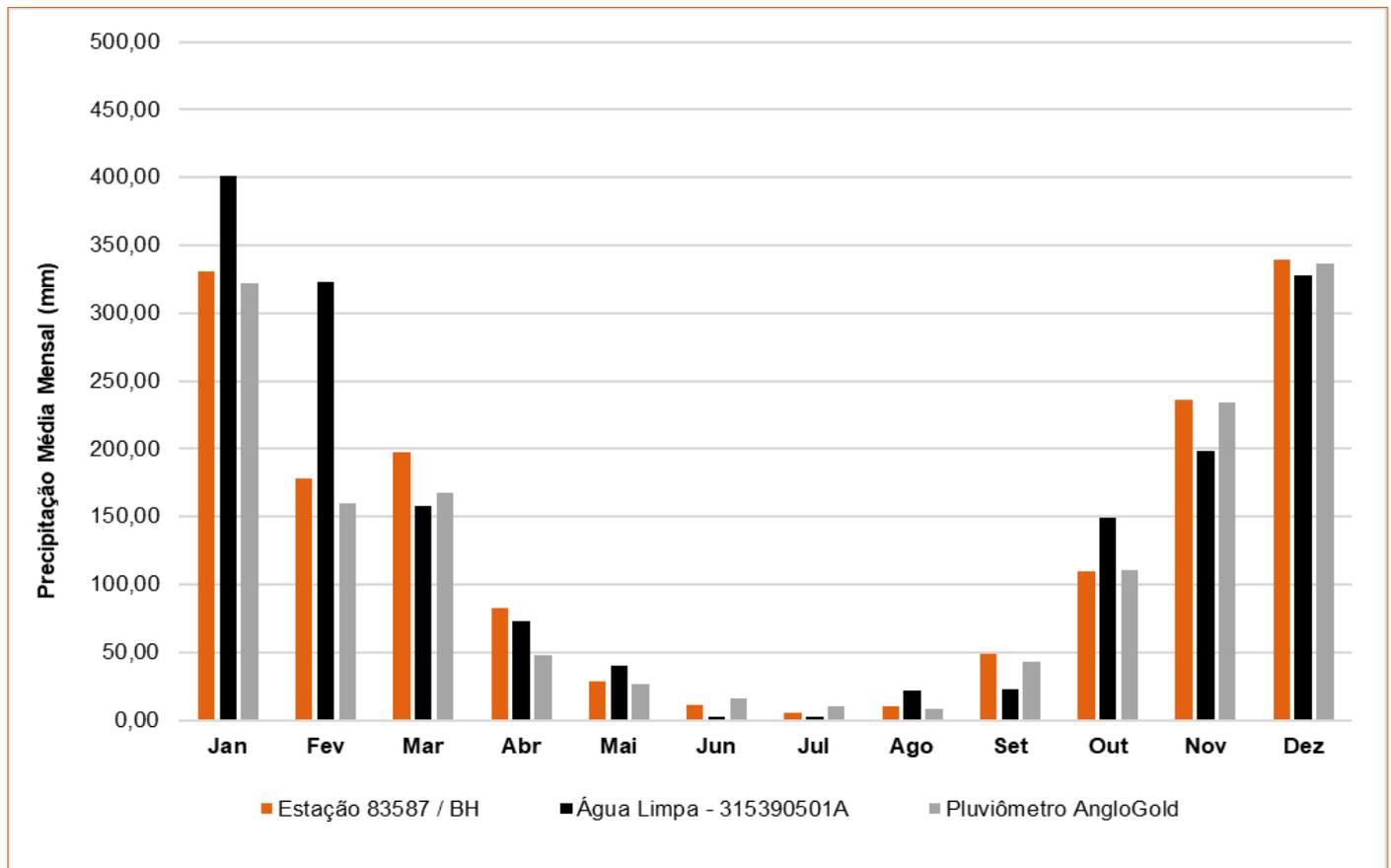
Os resultados da análise de correlação indicam que a estação que melhor se correlaciona com o Pluviômetro AngloGold Ashanti é a estação do INMET 83587, apresentando um  $R^2$  de 0,9894. A estação 315390501A também apresentou coeficiente de correção alto comparado ao Pluviômetro AngloGold Ashanti, com  $R^2$  de 0,8574. Dessa maneira, entende-se que ambas as estações são adequadas para a caracterização pluviométrica da região de estudo.

Sobre a distribuição das chuvas ao longo do ano, a Tabela 11-4 e a Figura 11-5 apresentam as distribuições das médias mensais de precipitação para a Estação Convencional INMET 83587 (Normais climatológicas de 1991 a 2020), Estação Água Limpa - 315390501A e Pluviômetro AngloGold Ashanti.

**Tabela 11-4 - Distribuições das médias mensais de precipitação**

Mês	Precipitação média (mm)		
	Estação 83587 / BH (1990-2020)	Pluviômetro AngloGold Ashanti (2011-2022)	Água Limpa - 315390501A (2018-2022)
Jan	330,90	321,91	401,45
Fev	177,70	160,25	323,30
mar	197,50	167,91	158,10
Abr	82,30	48,05	72,76
mai	28,10	26,88	39,64
Jun	11,40	16,22	2,84
Jul	5,40	9,98	2,00
Ago	10,60	8,22	21,52
Set	49,20	42,71	22,52
out	110,10	110,35	149,32
nov	236,00	234,19	198,12
Dez	339,10	336,79	328,20
<b>Total</b>	<b>1578,30</b>	<b>1483,45</b>	<b>1719,77</b>

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.



**Figura 11-5 - Distribuição das Precipitações Médias Mensais para as estações analisadas**

Elaborado: Arcadis, 2023. INMET, 2023; CEMADEN, 2023, AngloGold, 2023.



Segundo dados das Normais Climatológicas para a estação 83587, no período de 1991-2020 (INMET, 2023), os valores médios totais anuais de pluviosidade atingem aproximadamente 1578,3 mm, apresentando um total acumulado de 236 mm em novembro, 339,1 mm em dezembro e 330,9 mm em janeiro, os meses mais chuvosos e que concentram pouco mais de 57% do total anual. Durante os três meses mais secos do ano, junho, julho e agosto, os valores médios de pluviosidade mantêm-se no máximo em torno de 11,40 mm.

Assim, o regime pluviométrico da região pode ser caracterizado como tipicamente tropical, com dois períodos bem definidos: um chuvoso, de outubro a março, com maiores índices de chuvas geralmente nos meses de outubro a janeiro e um período seco, de abril a setembro, com estiagem mais crítica no trimestre junho a agosto. Ressalta-se que abril e outubro apresentam características de transição entre a estação chuvosa e seca. As precipitações ocorrentes na região estão geralmente associadas a ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), cuja faixa de nebulosidade resulta em chuvas intensas na região do sudeste brasileiro, além das Linhas de Instabilidade (LI), Frentes Frias e de movimentos convectivos.

O valor médio total anual acumulado de chuva é de 1719,77 mm na Estação Água Limpa - 315390501A e de 1483,45 mm de acordo com os dados obtidos junto ao Pluviômetro AngloGold Ashanti. Nota-se que as três estações analisadas neste estudo apresentam padrão de chuva e seca semelhantes, variando na intensidade acumulada em cada mês.

### 11.1.3.3 Evaporação

A evaporação caracterizada pela passagem de um líquido para estado gasoso tem papel fundamental no processo de resfriamento de um ambiente (GRIMM, 2008).

Na Tabela 11-5 e Figura 11-6 são apresentadas as médias mensais de precipitação e evaporação acumuladas, segundo as Normais climatológicas para a estação 83587 nos anos de 1991 a 2020.

Verifica-se que nos meses de agosto, setembro e outubro, há um aumento dos valores de evaporação, causados pela elevação da temperatura somada a diminuição considerável das chuvas. Ainda segundo as normais, os meses com maior taxa de evaporação são julho (155,5 mm), agosto (186 mm), setembro (195,1 mm) e outubro (188,9 mm). Os meses de dezembro (127,6 mm), abril (132,5 mm), maio (132,5 mm) e junho (131 mm) apresentam os menores valores

**Tabela 11-5 - Dados mensais de pluviosidade e evaporação de acordo com as Normais Climatológicas (1991-2020) para a estação 83587**

Mês	Estação 83587 (1991 - 2020)	
	Pluviosidade	Evaporação
Jan	330,90	140,80
Fev	177,70	145,20
Mar	197,50	136,50
Abr	82,30	132,50
Mai	28,10	132,50
Jun	11,40	131,00

Mês	Estação 83587 (1991 - 2020)	
	Pluviosidade	Evaporação
Jul	5,40	155,50
Ago	10,60	186,00
Set	49,20	195,10
Out	110,10	188,90
Nov	236,00	136,90
Dez	339,10	127,60
<b>Total anual</b>	<b>1578,30</b>	<b>1808,50</b>

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

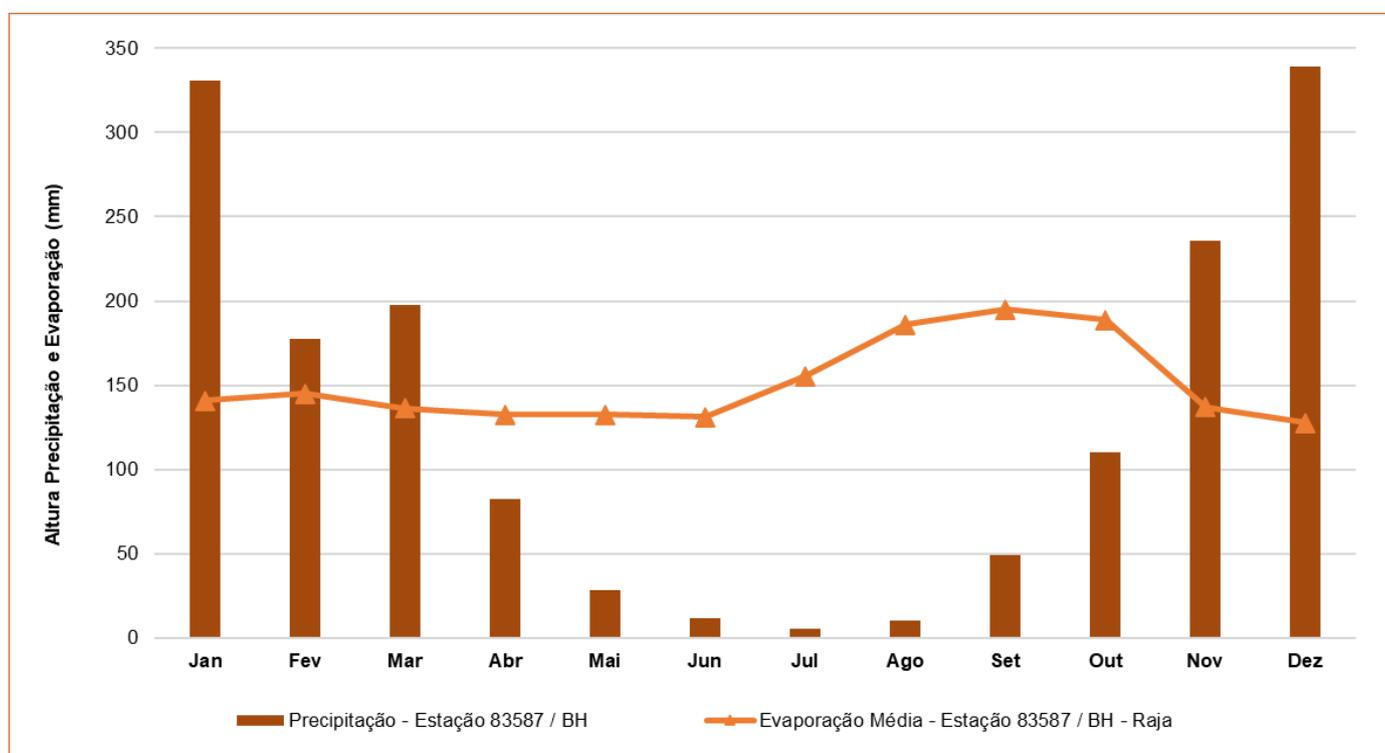


Figura 11-6 - Dados médios mensais de precipitação e evaporação

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

#### 11.1.3.4 Balanço Hídrico Climatológico

O balanço hídrico é um importante método que permite calcular a disponibilidade de água no solo e em superfícies vegetadas, onde se contabiliza a precipitação em relação a evapotranspiração potencial, o que resulta na identificação da concentração da capacidade de armazenamento de água no solo (TUBELIS, 1984).

Para este estudo foi empregado um método bastante utilizado para o cálculo de balanço hídrico, o de Thornthwaite e Mather (1955), onde considera-se a relação dos índices pluviométricos com a evapotranspiração potencial, a partir de um determinado valor de capacidade de armazenamento de absorção do solo conforme os tipos de solos e de cobertura vegetal. Os valores de precipitação anual média (P) entre 1991 e 2020 foram superiores aos de evapotranspiração potencial anual (ETP), somando 1578,3 mm e 1496,2 mm, respectivamente. De novembro a março os valores de precipitação são superiores aos de ETP, já nos meses de abril a outubro os valores de evapotranspiração potencial são superiores aos valores de precipitação. Ressalta-se que neste estudo, para fins de cálculos de balanço hídrico o valor de capacidade de armazenamento do solo (CA) foi considerado 100 mm.

O gráfico a seguir apresenta o extrato do balanço hídrico para a estação 83587 no período de 1991 a 2020 (Normais Climatológicas):

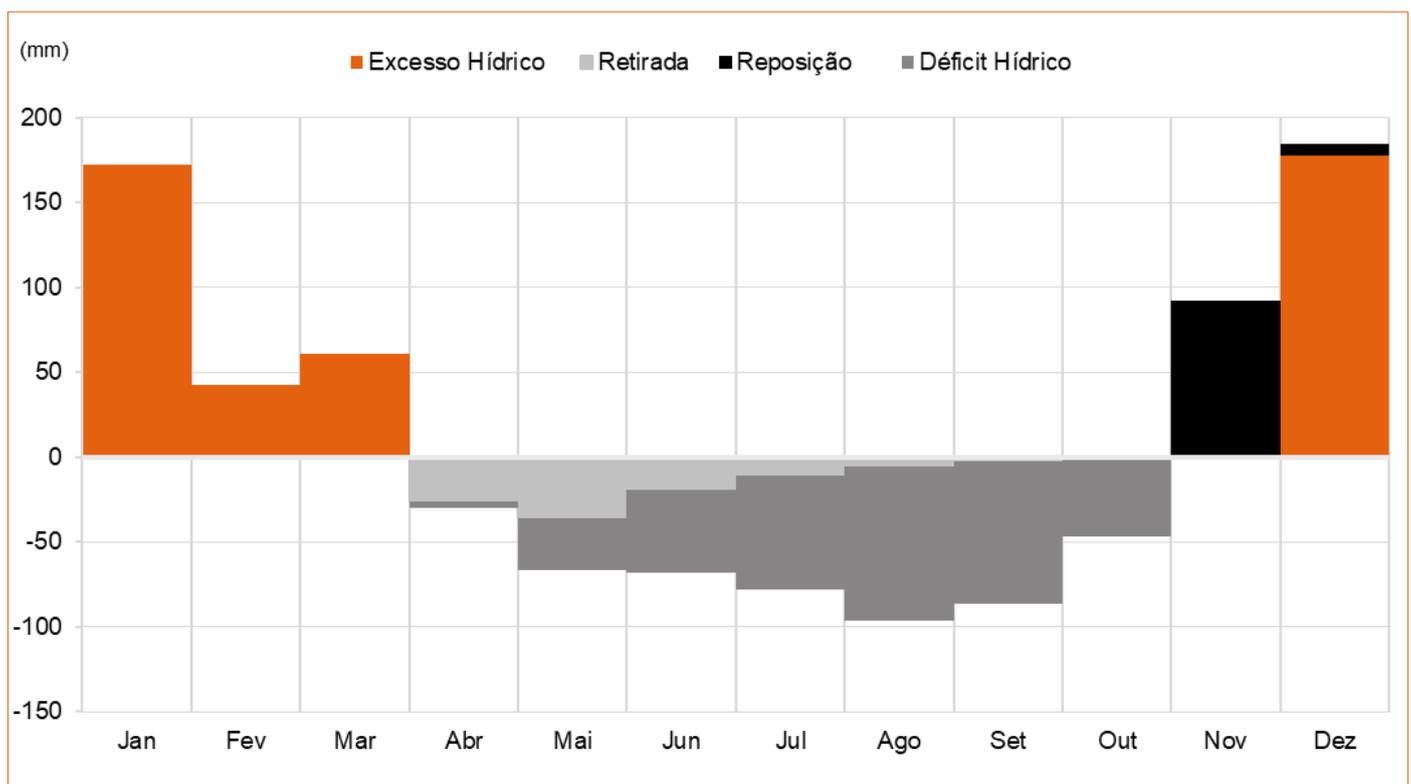


Figura 11-7. Extrato de balanço hídrico da Estação 83587 com base nas Normais Climatológicas do INMET (1991-2020)

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

Observa-se que os meses de dezembro a março são meses de excedente hídrico, com reposição hídrica ocorrendo em novembro e dezembro. Ressalta-se que a partir de abril até meados de setembro há retirada de água do solo, o que somado a diminuição das chuvas e a elevada evapotranspiração, leva o sistema ao déficit hídrico que perdura até outubro.

### 11.1.3.5 Umidade Relativa e Pressão Atmosférica

A umidade do ar é uma variável climática que diz respeito a quantidade de vapor d'água contido na atmosfera. Ela é o resultado da evaporação das águas encontradas na superfície terrestre, concomitantemente a evapotranspiração animal e vegetal (TORRES e MACHADO, 2008). A figura a seguir apresenta as distribuições médias de umidade relativa ao longo dos meses, na estação climatológica 83587 no período de 1991-2020 (Normais Climatológicas).<sup>1</sup>

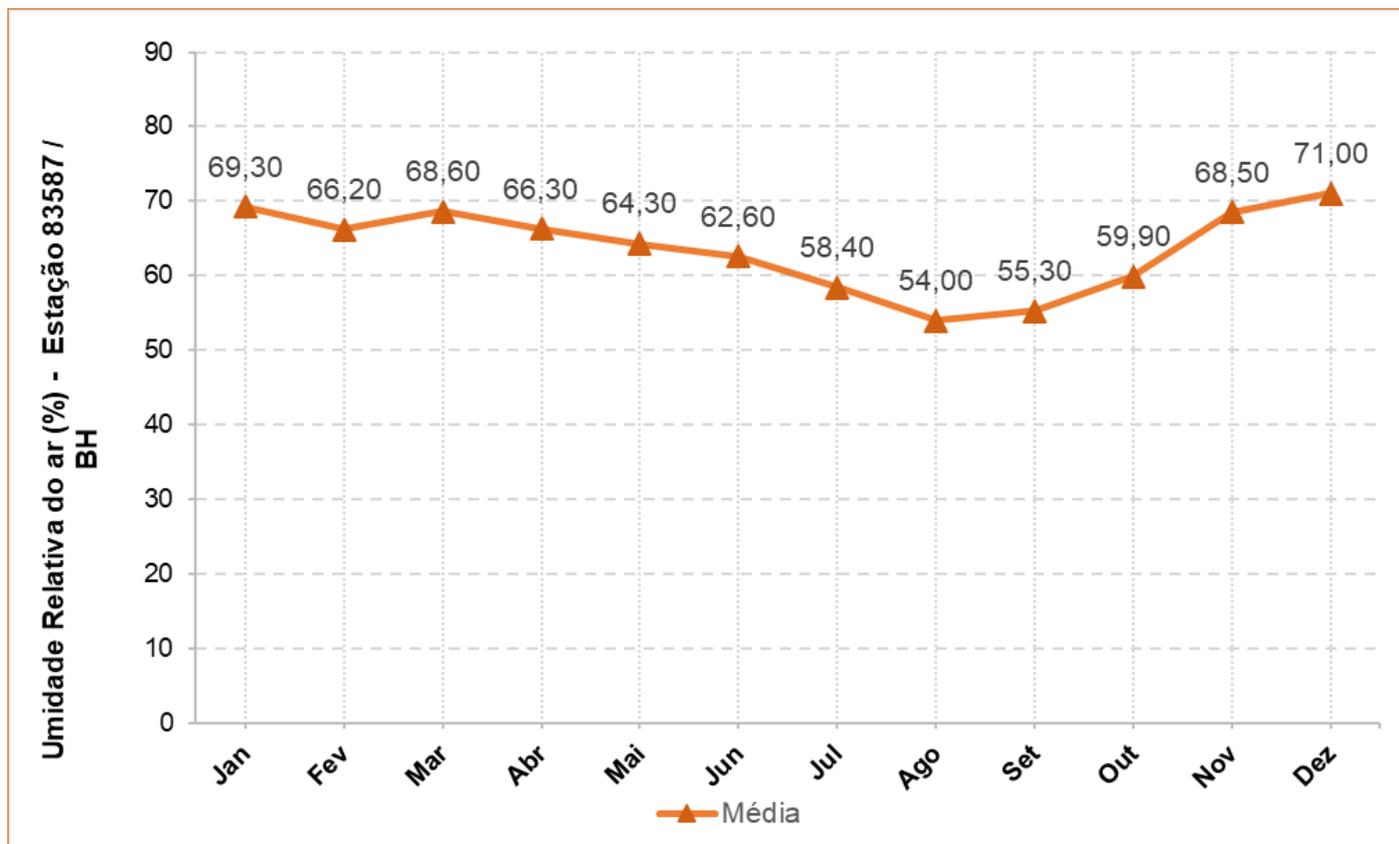


Figura 11-8 - Variação mensal da umidade relativa - Estação 83587

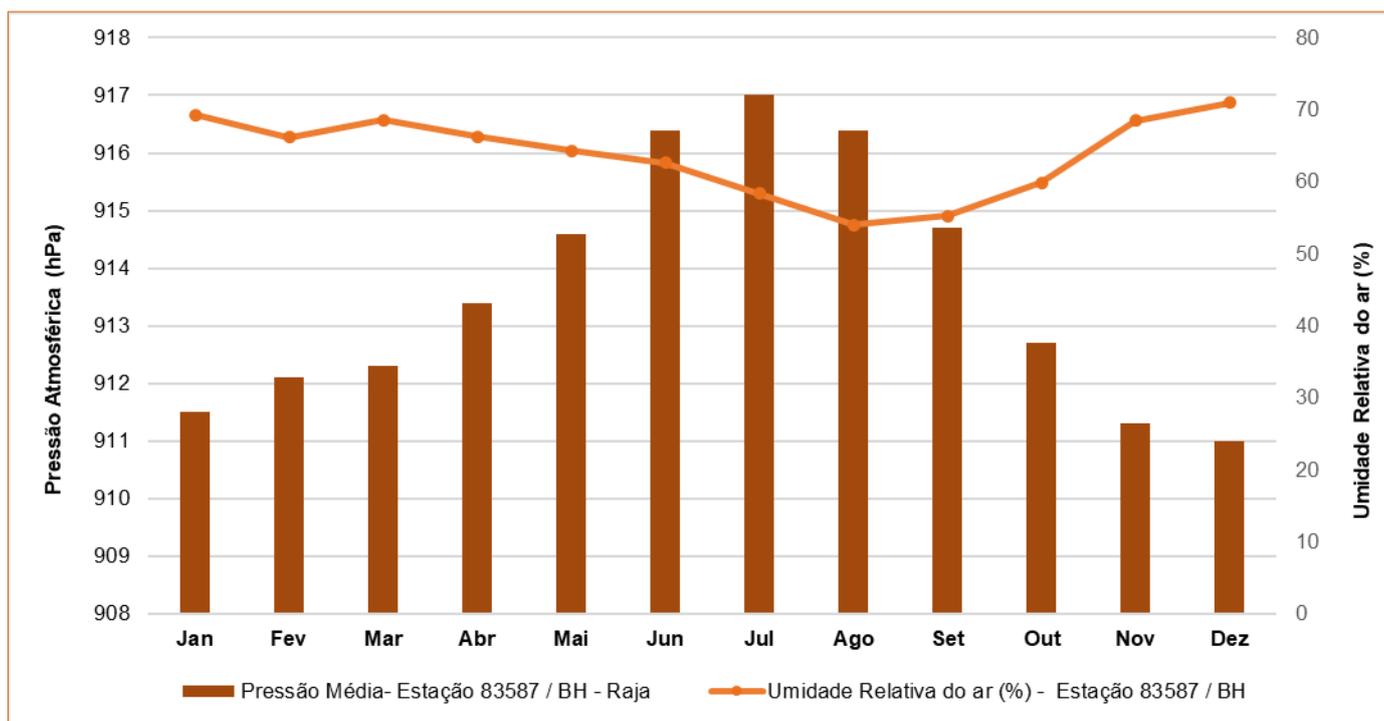
Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.

Com relação aos níveis de umidade relativa do ar, os índices mais baixos são associados ao período seco. Durante essa época, são comuns algumas semanas em que a umidade atinge valores mínimos absolutos abaixo de 50% durante os horários mais secos da tarde.

Conforme apresentado no gráfico acima, é possível verificar uma queda nas médias mensais de umidade relativa do ar durante os meses de junho a setembro, apresentando média mais baixa no mês de agosto, com um valor de 54%. Estes valores aumentam a partir de outubro, com média mais alta ocorrendo no mês de dezembro (71%).

<sup>1</sup> Destaca-se que não há valores médios de umidade relativa máxima e mínima para as Normais Climatológicas da estação INMET 83587 (1991 a 2020), desta forma no gráfico da Figura 12.1.11 só foi considerado os dados médios para este atributo climático.

A pressão atmosférica, por sua vez, é a força que a atmosfera exerce sobre a superfície (TUBELIS, 1984). Nesse contexto, a figura a seguir apresenta os dados médios mensais para pressão atmosférica e umidade relativa na Estação 83587, demonstrando que com o aumento da pressão atmosférica ocorre a diminuição da umidade relativa do ar na região.



**Figura 11-9 - Dados médios mensais de pressão atmosférica e umidade relativa na estação INMET 83587 (1991 a 2020)**

*Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.*

A baixa umidade do ar durante o inverno na área de estudo está relacionada à predominância de sistemas de alta pressão, grandes massas de ar seco que atuam na porção central do Brasil, que em certas circunstâncias dão origem a bloqueios atmosféricos que dificultam a progressão de frentes frias e sistemas de baixa pressão responsáveis pela ocorrência de chuvas, fazendo com que se desviem em direção ao oceano. Desta forma, verifica-se um gradativo aumento na pressão do ar no decorrer do ano, atingindo valores máximos de 917 hPa no mês de julho (inverno) e valores mais baixos no mês de dezembro 911 hPa (verão).

### 11.1.3.6 Velocidade e direção predominante dos ventos

O vento é um importante elemento climático que resulta do deslocamento de ar que ocorre a partir da mudança de gradiente de pressão, no qual o ar se desloca de zonas de altas pressões em direção a zonas de baixa pressão. Segundo Tubelis e Nascimento (1984) além de gradientes de pressão, os ventos são gerados a partir das movimentações de rotação da Terra, da força centrífuga em relação ao seu movimento e do atrito com a superfície terrestre. A tabela a seguir apresenta os valores de intensidade e direção predominante do vento para a estação 83587.

**Tabela 11-6 - Valores de intensidade e direção predominante dos ventos de acordo com as Normais Climatológicas do INMET (1991-2020) para a estação 83587 (BH)**

NORMAIS CLIMATOLOGICAS INMET 1991-2020 - Estação 83587 / BH - Raja (1991-2020)		
Mês	Intensidade do Vento (m.s <sup>-1</sup> )	Direção predominante do vento (p. cardeais e colaterais)
Jan	1,5	NE
Fev	1,6	E
Mar	1,5	E
Abr	1,4	NE
Mai	1,4	E
Jun	1,4	E
Jul	1,5	E
Ago	1,7	E
Set	1,7	E
Out	1,7	NE
Nov	1,6	NE
Dez	1,5	NE
Anual	1,5	E

*Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: INMET, 2023.*

De acordo com os dados da estação 83587 acima apresentados, a intensidade média anual do vento é de 1,5 m/s e os meses de maiores velocidades do vento são agosto, setembro e outubro, medindo 1,7 m/s. Os meses que apresentam menores velocidades médias dos ventos são abril, maio e junho, todos com média de 1,4 m/s.

Conforme dados apresentados, nota-se que a área de inserção do projeto possui direção predominante dos ventos a Leste (E), com ocasionais meses cuja direção predominante é a Nordeste (NE).

Ressalta-se que o conhecimento acerca da direção dos ventos é de suma importância, uma vez que estes valores medidos auxiliam, por exemplo, a prever a dispersão de poluentes atmosféricos oriundos de atividades de empreendimentos.

### **11.1.3.7 Insolação e Nebulosidade**

Além dos itens descritos anteriormente, existem informações acerca do monitoramento de outras variáveis climatológicas, tais como níveis de insolação e nebulosidade.

Embora o inverno seja caracterizado pela redução na duração dos dias em relação às noites, essa diferença não é muito grande em baixas latitudes e, por isso, observa-se que a predominância do tempo sem nuvens provocando aumento nas horas de insolação durante o período seco na região da estação 83587 (junho a agosto), chegando a valores superiores a 240 horas em agosto, enquanto no mês mais chuvoso (dezembro), a insolação média é de 162 horas, apesar de ser época do solstício de verão.



Por sua vez, os índices de nebulosidade diminuem com o aumento das horas de insolação. Verifica-se que a cobertura média de nuvens é de aproximadamente 3 décimos nos meses de inverno (junho, julho e agosto), mas chega a superar os 7 décimos em dezembro, auge da estação chuvosa na estação 83587.

#### **11.1.4 Síntese conclusiva**

A região do empreendimento possui duas estações bem definidas: uma chuvosa (de outubro a março), que apresenta os maiores índices de chuvas principalmente nos meses de dezembro e janeiro, e uma estação seca (de abril a setembro), com estiagem mais crítica no trimestre junho a agosto. Os tipos climáticos predominantes da região, segundo IBGE (2002) envolvem o clima Tropical Brasil Central (mesotérmico brando que apresenta geralmente média de temperatura entre 10°C e 15°C, semi-úmido com 4 a 5 meses secos) e o clima Tropical Brasil Central subquente (média de temperatura entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês e com 4 a 5 meses secos).

É importante destacar que a precipitação média na região de estudo variou de 1483,45 mm (Pluviômetro AngloGold Ashanti) a 1719,11 mm (Estação Água Limpa - 315390501A) e que de acordo com o balanço hídrico climatológico local, os meses de dezembro a março são meses de excedente hídrico, com reposição hídrica ocorrendo em novembro e dezembro. Os meses de déficit hídrico perduram de abril a outubro.

Em relação ao comportamento dos ventos, de acordo com os dados obtidos junto a estação 83587 (1991-2020), a intensidade deste atributo varia de 1,4 m/s a 1,7 m/s, com média anual de 1,5 m/s. Já a direção predominante dos ventos é Leste (E) com alguns meses a Nordeste (NE).

Por fim, justifica-se que dados climáticos são de suma importância para as atividades de mineração, uma vez que a partir destes é possível definir o melhor período e as melhores práticas para obras a fim de diminuir os impactos gerados pelas atividades do empreendimento.

### **11.2 Qualidade do ar**

De acordo com a Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro 2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar, poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou outras características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

No caso do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz em Nova Lima/MG, as principais fontes de emissões que podem causar alteração da qualidade do ar são as atividades relacionadas a supressão da vegetação, limpeza do terreno, terraplanagem, transporte de materiais, movimentação de máquinas e equipamentos utilizados para a construção da Pilha H2 e intervenção nas áreas de empréstimo, além da circulação em vias não pavimentadas.



Dentro da área de estudo local há presença de comunidades antrópicas, a exemplo dos bairros Galo, Mina D'Água e Mingú (Nova Lima/MG), condição que implica em pressão social sobre os efeitos das emissões atmosféricas provenientes das atividades minerárias, visto que estas áreas estão sujeitas a percepção imediata de qualquer desvio que acarrete alteração significativa da qualidade do ar. É importante mencionar que, conforme Estudo de Dispersão Atmosférica apresentado pela ENGEAR Consultoria (2020) e diagnóstico climático elaborado no âmbito deste EIA, os ventos desta região são predominantemente originados nos quadrantes sudeste/leste/nordeste, o que, em um cenário de dispersão de poluentes na atmosfera, favorece a formação de plumas a oeste/sudoeste/noroeste das fontes de emissão. Desta forma, atenção especial deve ser dada às comunidades localizadas nesta porção em relação à área do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.

No que tange a qualidade do ar, é de fundamental importância o entendimento da dinâmica atmosférica da região (emissões, meteorologia e níveis de poluentes no ar) e a manutenção de um programa de controle de emissões atmosféricas. O primeiro item visa estabelecer o conhecimento sobre todas as variáveis interferentes nos processos de emissão de poluentes, sua dispersão na atmosfera e estado da qualidade do ar dos locais, enquanto o segundo visa minimizar a ocorrência dos eventos indesejados de alteração da qualidade do ar. Destaca-se que a AngloGold já possui um monitoramento contínuo nas principais comunidades localizadas no entorno do empreendimento.

## 11.2.1 Metodologia

### 11.2.1.1 Localização das estações amostrais

O diagnóstico da qualidade do ar da área de estudo foi elaborado com base nos resultados obtidos a partir do monitoramento já executado pela AngloGold no contexto Planta do Queiroz, localizada no município de Nova Lima/MG.

A proximidade das estações de monitoramento da qualidade do ar em relação à área do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz, objeto do presente EIA, permite que seus resultados possam ser utilizados, de forma representativa, para fins de *background*.

É importante ressaltar que, embora haja pontos de monitoramento tanto na área de estudos regional quanto na local e que estas tenham características específicas, os resultados foram abordados de forma integrada e devidamente relacionados na análise, visando facilitar a compreensão da atual qualidade do ar nas áreas em questão. A Tabela 11-7 e a Figura 11-10 apresentam a relação das estações de monitoramento cujos resultados foram utilizados no presente diagnóstico.

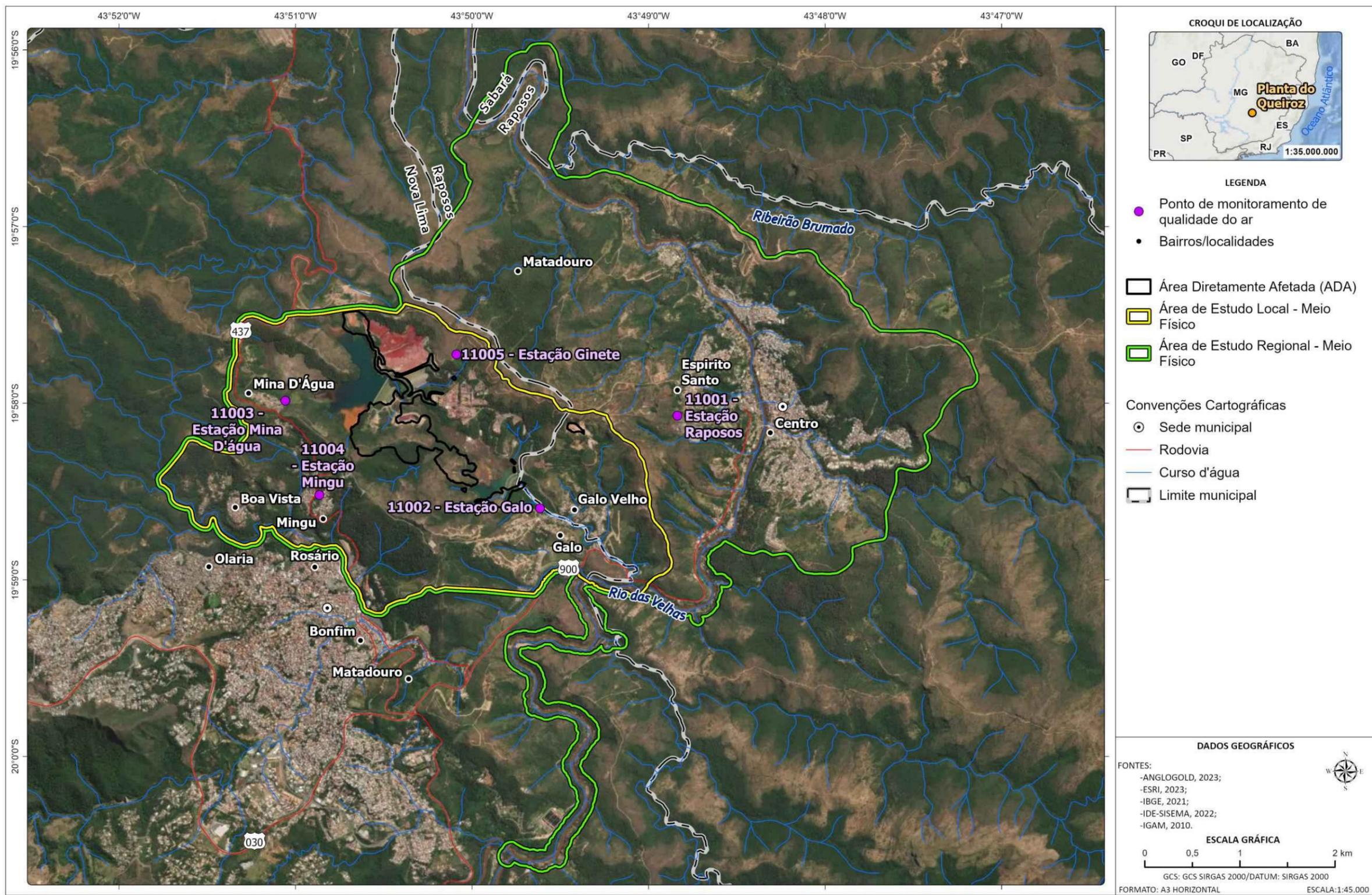
Tabela 11-7 - Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar

Nome da Estação	Coordenadas		Distância em relação a ADA (m)	Poluentes avaliados	Periodicidade	Fonte dos dados	Localização
	UTM E (m)	UTM N (m)					
11001 - Estação Raposos	624098,03	7791636,832	936,2	SO <sub>2</sub> , taxa de sulfatação e PTS	Mensal	AngloGold	Área de Estudos



Nome da Estação	Coordenadas		Distância em relação a ADA (m)	Poluentes avaliados	Periodicidade	Fonte dos dados	Localização
	UTM E (m)	UTM N (m)					
							Regional - AER
11002 - Estação Galo	622734457	7790680595	273,6	SO <sub>2</sub> , taxa de sulfatação e PTS	Mensal	AngloGold	Área de Estudos Local - AEL
11003 - Estação Mina D'água	620225,361	7791819,473	709,7	SO <sub>2</sub> , taxa de sulfatação e PTS	Mensal	AngloGold	Área de Estudos Local - AEL
11004 - Estação Mingu	620556,134	7790835,818	579,5	Taxa de sulfatação	Mensal	AngloGold	Área de Estudos Local - AEL
11005 - Estação Ginete	621920	7792294	820,0	SO <sub>2</sub> , taxa de sulfatação	Mensal	AngloGold	Área de Estudos Local - AEL

*Elaborado por Arcadis, 2023.*



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-10 - Localização Espacial das Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.



### 11.2.1.2 Periodicidade, Metodologia de Amostragem e Análises Químicas

A AngloGold já realiza na Planta do Queiroz, continuamente, o monitoramento de Partículas Totais Em Suspensão - PTS, Dióxido De Enxofre - SO<sub>2</sub> e a Taxa de Sulfatação expressa em miligramas de SO<sub>3</sub>, com periodicidade semanal, mantendo-se o critério de alternância de intervalos de seis dias da semana. É importante destacar que para este diagnóstico, foram utilizados dados de janeiro/2021 a dezembro/2022.

No que tange a metodologia de amostragem destes poluentes, cita-se as seguintes normas:

#### Dióxido de Enxofre:

- ABNT NBR 9.546 - Dióxido de enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo método da Pararosanilina;
- Metodologia de ensaio: método Colorimétrico.

#### Particulado Total em Suspensão:

- ABNT NBR 9.547 - Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do Amostrador de Grande Volume;
- Metodologia de ensaio: método Gravimétrico.

#### Taxa de Sulfatação:

- Referência interna: PE-0412 • Corrosão Atmosférica - Taxa de Sulfatação - Determinação pelo Método da Vela de Dióxido de Chumbo;
- Metodologia de ensaio: ABNT NBR 6921:2002 - Corrosão atmosférica - Taxa de Sulfatação;
- Determinação pelo método da vela de dióxido de chumbo.

### 11.2.1.3 Limites de Referência

*A priori* é importante destacar que embora o monitoramento de qualidade do ar já realizado na Planta Queiroz utilize os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa do COPAM nº 1, de 26 de fevereiro de 1981, de forma complementar, também serão utilizados os valores máximos permitidos determinados pela Resolução CONAMA 491 de 19 de novembro de 2018. Considerando que as Legislações Federal e Estadual não definem padrões de Qualidade do Ar quanto ao poluente SO<sub>3</sub> pelo método da taxa de Sulfatação total, são adotados a título de referência valores desenvolvidos pelo Laboratório de Saúde Pública de Kawasaki - Japão (BRASIL, 1985), conforme monitoramento já realizado pela AngloGold.

A Resolução CONAMA 491/2018 estabelece os padrões intermediários (padrões estabelecidos como valores temporários (a serem cumpridos em etapas) e padrão final (valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005) para partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O<sub>3</sub>) indicado na tabela abaixo. Partículas Totais e Suspensão (PTS) e Fumaça (FMC) são parâmetros auxiliares, a serem usados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente. Neste estudo foi adotado o padrão Intermediário 1 (PI-1), considerando que este consiste na primeira etapa dos valores estabelecidos na CONAMA nº 491/2018 a serem cumpridos.

**Tabela 11-8 - Limites Estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018.**

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Material particulado MP <sub>10</sub>	24 horas	120	100	75	50
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20
Material particulado MP <sub>2,5</sub>	24 horas	60	50	37	25
	Anual <sup>1</sup>	20	17	15	10
Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub>	24 horas	120	50	30	20
	Anual <sup>1</sup>	40	30	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub>	1 hora <sup>2</sup>	260	240	220	200
	Anual <sup>1</sup>	60	50	45	40
Ozônio - O <sub>3</sub>	8 horas <sup>3</sup>	140	130	120	100
Fumaça	24 horas	120	100	75	50
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20
Monóxido de Carbono - CO	8 horas <sup>3</sup>	10.000	10.000	10.000	10.000
Partículas Totais e Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240
	Anual <sup>4</sup>	-	-	-	80
Chumbo - Pb <sup>5</sup>	Anual <sup>1</sup>	-	-	-	0,5

<sup>1</sup> Média aritmética anual; <sup>2</sup> Média horária; <sup>3</sup> Máxima média móvel obtida no dia; <sup>4</sup> Média geométrica anual; <sup>5</sup> Medido nas partículas totais em suspensão

Elaborado por Arcadis, 2023.

Define-se como condições de referência 25°C de temperatura e 760 mmHg de pressão atmosférica (CONAMA Nº491/18). A Resolução CONAMA nº 491/2018, prevê ainda, níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações, vide tabela a seguir.

**Tabela 11-9 - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018.**

Nível	SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	MP <sub>2,5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )
<b>Atenção</b>	800	250	125	15	200	1.130
<b>Alerta</b>	1.600	420	210	30	400	2.260
<b>Emergência</b>	2.100	500	250	40	600	3.000

Elaborado por Arcadis, 2023.

Nota: Média de 24h para SO<sub>2</sub>, MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>; Média móvel de 8h para CO e O<sub>3</sub>; Média de 1h para NO<sub>2</sub>.

A Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013 “estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências” e a Deliberação Normativa do COPAM nº 1, de 26 de fevereiro de 1981, determina os padrões para Qualidade do ar, ambas vigentes no estado de Minas Gerais.

Conforme Anexo X da DN COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013 está estabelecido o seguinte padrão para Emissão Atmosférica de SO<sub>2</sub>:

- SO<sub>2</sub> em fábrica de ácido sulfúrico: 2,0 kg/t de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> produzido.

De acordo com a DN COPAM nº 1, de 26 de fevereiro de 1981 estão estabelecidos os seguintes padrões para Qualidade do Ar:

**Tabela 11-10 - Valores de referência para Qualidade do Ar de acordo com a DN COPAM nº 1/1981.**

Parâmetros	Média Geométrica Anual (ug/m <sup>3</sup> )	Máxima Diária (ug/m <sup>3</sup> )
PTS	80	240
SO <sub>2</sub>	80	365

\*Estas concentrações não podem ser excedidas mais de uma vez por ano.

Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.

Considerando que a DN COPAM nº 1/1981 é mais restritiva que a DN COPAM nº 187/2013, para fins de análise, na esfera legislativa estadual foi utilizada os VMP da primeira em detrimento da segunda.

É importante salientar que tanto a legislação Federal quanto a Estadual, não estabelecem padrões de qualidade do ar para o poluente SO<sub>3</sub>, pelo método de taxa de Sulfatação total. Desta forma, conforme monitoramento já realizado pela AngloGold, serão adotados neste estudo a título de referência, os valores desenvolvidos pelo Laboratório de Saúde Pública de Kawasaki - Japão (BRASIL, 1985). A tabela a seguir apresenta os valores de referência de qualidade do ar para a taxa de Sulfatação total.

**Tabela 11-11 - Valores de referência japonesa para a Taxa de Sulfatação**

Referência para a Qualidade do Ar	Concentrações	
	(mg SO <sub>3</sub> /100cm <sub>2</sub> dia)	(mgSO <sub>3</sub> /m <sub>2</sub> dia)
Escasso	< 1,0	< 100,0
Suportável	1,0 a 2,0	100,0 a 200,0
Médio	2,0 a 3,0	200,0 a 300,0
Alto	3,0 a 4,0	300,0 a 400,0
Altíssimo	> 4,0	> 400,0

Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.

De modo a complementar às discussões aqui apresentadas, foram apresentadas considerações elaboradas no âmbito do Estudo de Dispersão Atmosférica - EDA, intitulado “*Estudo de Dispersão de Poluentes Atmosféricos AngloGold Ashanti Planta Industrial do Queiroz*”, elaborado pela Engear Consultoria em 2020.

#### 11.2.1.4 Índice de Qualidade do Ar - IQAr

O índice de qualidade do ar é uma ferramenta matemática utilizada para transformar as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes, podendo associar-se aos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana.

O Anexo IV da Resolução CONAMA 491/2018 define que o Índice de Qualidade do Ar será quantificado para os parâmetros: MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>. Os critérios e correlações são definidos no “Guia Técnico para o Monitoramento da Qualidade do Ar” publicado pelo Ministério de Meio Ambiente. Neste guia, no Capítulo 9, apresenta-se a estrutura completa, e as respectivas concentrações para a devida classificação da qualidade do ar. A tabela a seguir descreve esta estrutura.

**Tabela 11-12 - Estrutura do Índice de Qualidade do Ar**

Qualidade do Ar	Índice	MP <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2,5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (mg/m <sup>3</sup> ) 8h	NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) 1h
N1 - Boa	0-40	0-50	0-25	0-100	0-9	0-200	0-20
N2 - Moderada	41-80	>50-100	>25-50	>100-130	>9-11	>200-240	>20-40
N3 - Ruim	81-120	>100-150	>50-75	>130-160	>11-13	>240-320	>40-365
N4 - Muito Ruim	121-200	>150-250	>75-125	>160-200	>13-15	>320-1130	>365-800
N5 - Péssima	201-400	>250-600	>125-300	>200-800	>15-50	>1130-3750	>800-2620

Fonte: Guia Monitoramento Qualida -de do Ar, MMA, 2020.

O Guia de Monitoramento da Qualidade do Ar (2020) define ainda os critérios de representatividade temporal dos dados. O monitoramento contínuo pode apresentar falhas, seja no funcionamento dos monitores, no armazenamento de dados, comunicação, energia, entre outros. Como o monitoramento deve representar a qualidade do ar de uma região, fez-se necessária a adoção de critérios de representatividade temporal dos dados, de forma a garantir uma média representativa. A tabela a seguir indica os tempos mínimos de amostragem para que os dados sejam considerados representativos.

**Tabela 11-13 - Critério de Validação de dados**

Tipo de Média	Critério de Validação
Média Horária	3/4 das medidas válidas na hora
Média Diária	2/3 das médias horárias válidas no dia
Média Mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês
Média Anual	1/2 das médias diárias válidas obtidas em cada quadrimestre (jan-abr; mai-ago; e set-dez)

Fonte: Guia Monitoramento Qualidade do Ar, MMA, 2020.

Ressalta-se que no âmbito deste estudo foram calculados o IQAr somente para o poluente SO<sub>2</sub>, uma vez que a CONAMA 491/2018 não define critérios de classificação para os poluentes PTS e SO<sub>3</sub>.

## 11.2.2 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local

A seguir são apresentados os resultados e discussões para o diagnóstico de qualidade do ar das áreas de estudos regional e local, realizado a partir de dados de monitoramento de Partículas Totais Suspensas (PTS), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Taxa de Sulfatação (SO<sub>3</sub>) e do Índice de Qualidade do Ar (IQA<sub>r</sub>).

### 11.2.2.1 Partículas Totais Suspensas (PTS)

Conforme Resolução CONAMA N° 491/2018, as Partículas Totais em Suspensão (PTS) são “partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros”. Estas partículas são importantes indicadores de qualidade do ar e podem ocasionar efeitos adversos à saúde humana, a fauna e flora local, bem como reduzir a visibilidade atmosférica.

A fim de caracterizar as condições atuais de qualidade do ar da região do empreendimento, no que se refere às médias diárias, o gráfico a seguir apresenta os resultados de monitoramento da qualidade do ar do poluente PTS para as estações PQZ-11001 - Raposos (AER), PQZ-11002 - Galo (AEL) e PQZ-11003 - Mina D'água (AEL).

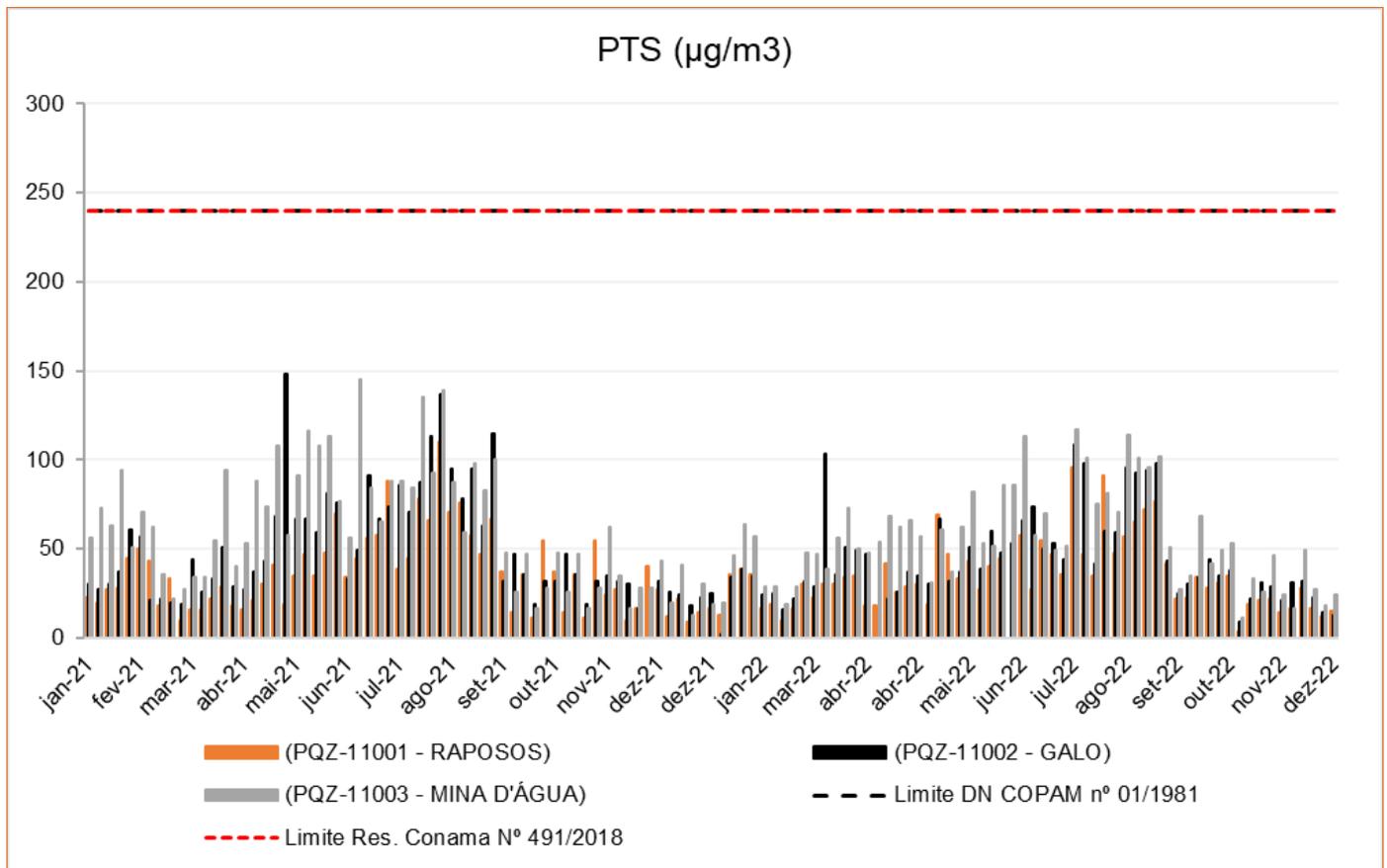


Figura 11-11 - Resultados de PTS para as estações Raposos, Mina d'água e Galo

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

Observa-se que ao longo do ano de 2021 e 2022 nenhuma média diária esteve acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018 e pela DN COPAM nº 01/1981, tanto na área de estudo regional (Estação Raposos), quanto na área de estudo local (Estação Galo, Estação Mina D'água). Entretanto, é possível notar que existem intervalos em que há maior concentração de PTS, principalmente no período seco (meses de março a setembro), que é caracterizado por baixos volumes de precipitação e estabilidade atmosférica, o que dificulta a dissipação de poluentes. Menciona-se também o fenômeno denominado inversão térmica, que ocorre principalmente no inverno (equivalente ao período seco) e que favorece a concentração de materiais poluentes sob a camada fria e densa, localizada próxima à superfície terrestre, que “bloqueia” o movimento descendente do ar quente (menos denso) e causa uma estabilidade atmosférica local temporária.

A tabela a seguir apresenta os resultados de monitoramento anual (exposição de longo prazo) da qualidade do ar para as Partículas Totais em Suspensão nas estações Raposos, Mina d'água e Galo.

**Tabela 11-14 - Média anual e limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 491/2018 e DN Normativa COPAM nº 01/1981 para o poluente PTS nas estações Raposos, Mina d'água e Galo.**

PTS - Média Geométrica Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite Deliberação Normativa COPAM nº 01/1981 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite Res. Conama Nº 491/2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2021	2022
<b>PQZ-11001 - Raposos</b>	80	80	30	30
<b>PQZ-11002 - Galo</b>	80	80	43	34
<b>PQZ-11003 - Mina D'água</b>	80	80	53	49

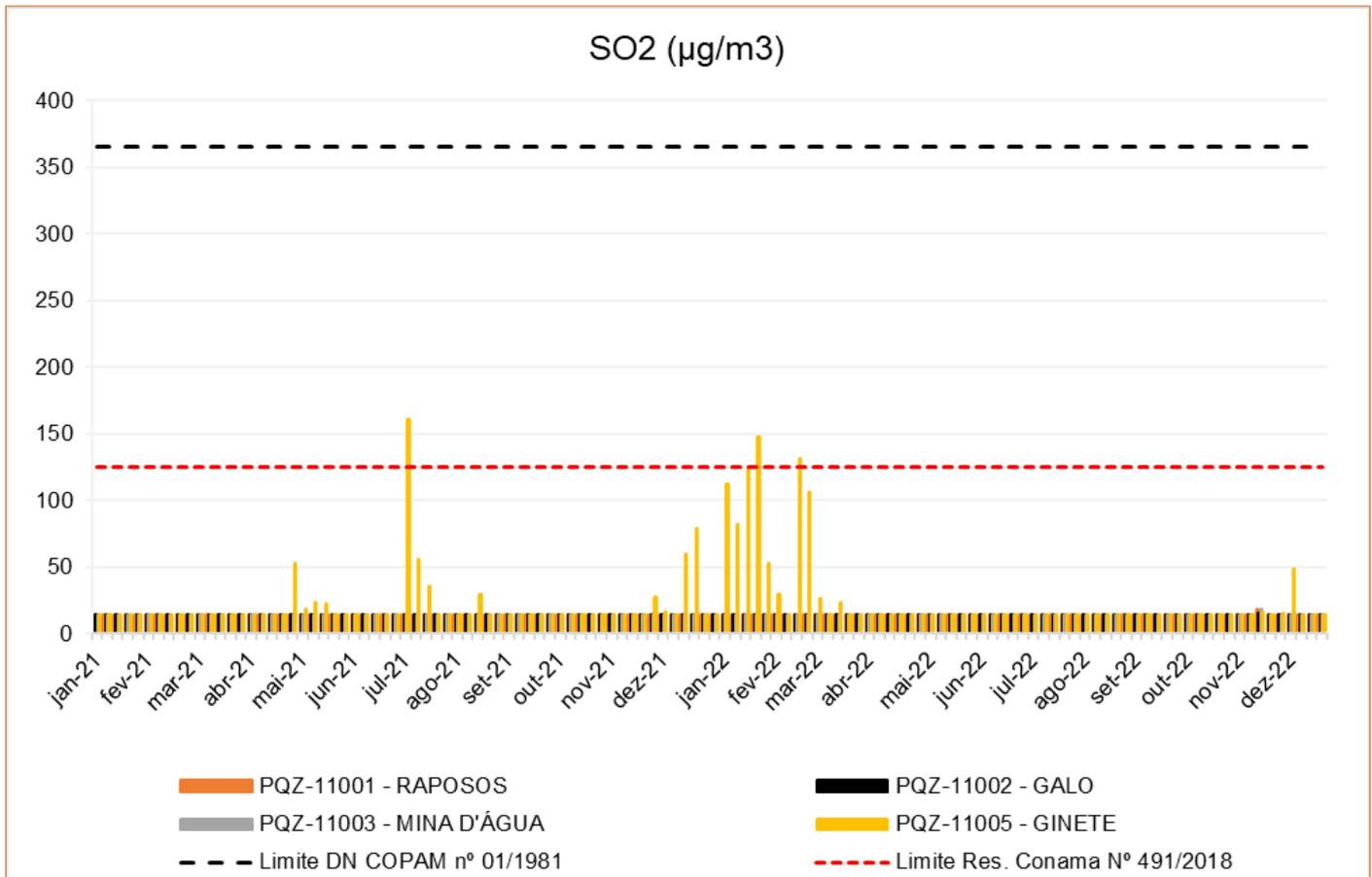
*Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.*

Não houve neste período desvios para o padrão (PF) definido pelo CONAMA 491/18 e DN COPAM nº 01/1981 para as concentrações anuais (médias geométricas), em nenhuma das estações de monitoramento.

### 11.2.2.2 Dióxido De Enxofre ( $\text{SO}_2$ )

O Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) possui origem tanto antropogênica (a exemplo dos processamentos de combustíveis que apresentam enxofre em sua composição, como óleo diesel, gasolina e combustível industrial), quanto origem natural (gases provenientes de erupções vulcânicas). Este é precursor dos sulfatos que podem ser associados, junto aos aerossóis, à acidificação de corpos d'água, corrosão de edificações, dentre outros impactos (CETESB, 2021). Quando reage com o oxigênio presente na atmosfera, o  $\text{SO}_2$  pode se transformar em Trióxido de Enxofre ( $\text{SO}_3$ ), o qual será mais detalhado no item seguinte.

A fim de caracterizar as condições atuais de qualidade do ar da região do empreendimento, o gráfico a seguir apresenta os resultados de monitoramento para o poluente  $\text{SO}_2$  nas estações PQZ-11001 - Raposos (AER), PQZ-11002 - Galo (AEL), PQZ-11003 - Mina D'água (AEL) e PQZ-11005 - Ginete (AEL).



**Figura 11-12 - Resultados de SO<sub>2</sub> para as estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

De acordo com dados apresentados, três amostras de SO<sub>2</sub> na estação Ginete, representativa da área de estudo local, apresentaram valores acima do limite máximo permitido (PI-1) pela Resolução CONAMA nº 491/2018. Quando considerada a DN COPAM nº01/1981, não há desvios de SO<sub>2</sub>.

**Tabela 11-15 - Medições (médias diárias) acima dos limites definidos na Resolução CONAMA no 491/2018 para SO<sub>2</sub> na estação Ginete.**

Data	PQZ-11005 - Ginete (µg/m <sup>3</sup> )	Limite Res. Conama Nº 491/2018
10-jul-21	161	125
30-jan-22	148	125
23-fev-22	132	125

*Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.*

Nota-se que de forma geral os dados se mantêm padronizados ao longo do ano, embora existam medições pontuais (apenas 3 em 24 medições) em que há um aumento de SO<sub>2</sub> no ambiente. Como exposto anteriormente, três amostras de SO<sub>2</sub> apresentaram desvios em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018 na estação Ginete, tendo um desvio ocorrido no período seco e dois no período chuvoso. De toda forma, é importante enfatizar que os desvios se deram de modo pontual, somente na estação mais distante das comunidades de entorno.

A tabela a seguir apresenta os resultados de monitoramento anual (exposição de longo prazo) da qualidade do ar para as SO<sub>2</sub> nas estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete.

**Tabela 11-16 - Média anual e limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 491/2018 e DN Normativa COPAM nº 01/1981 para o poluente SO<sub>2</sub> nas estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete**

SO <sub>2</sub> - Média Aritmética Anual (µg/m <sup>3</sup> )	Limite Deliberação Normativa COPAM nº 01/1981 (µg/m <sup>3</sup> )	Limite Res. Conama Nº 491/2018 (µg/m <sup>3</sup> )	2021	2022
PQZ-11001 - Raposos	80	40	15	15
PQZ-11002 - Galo	80	40	15	15
PQZ-11003 - Mina D'água	80	40	15	15
PQZ-11005 - Ginete	80	40	22	27

Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.

Quanto às concentrações anuais (médias geométricas), não houve neste período desvios para o padrão (PI-1) definido pelo CONAMA 491/18 e DN COPAM nº 01/1981, em nenhuma das estações de monitoramento.

### 11.2.2.3 Taxa de Sulfatação (SO<sub>3</sub>)

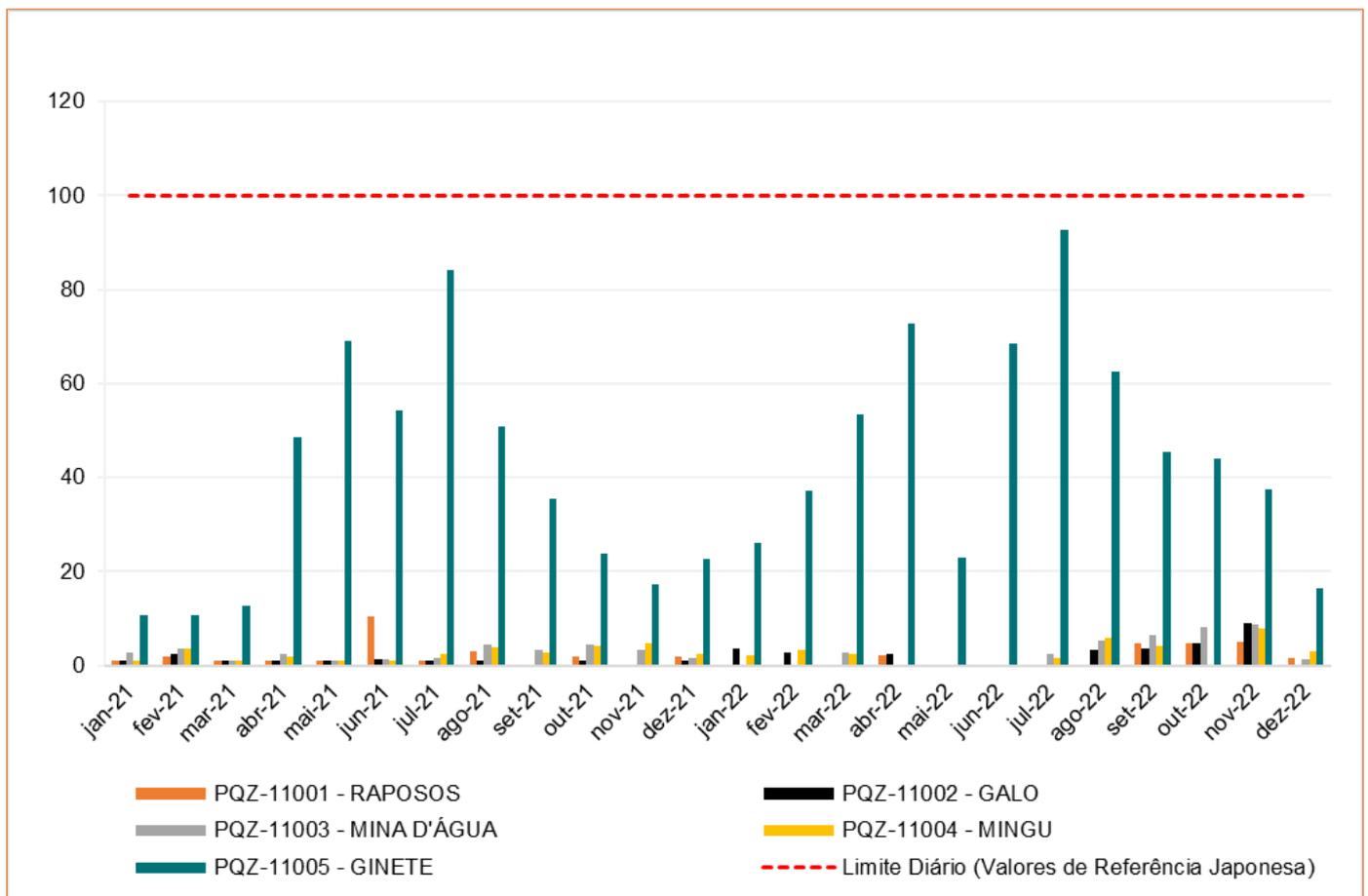
De acordo com a ABNT NBR 6921/2002, entende-se por taxa de sulfatação a “*massa de compostos de enxofre fixada numa superfície reativa, expressa em miligramas de SO<sub>3</sub> em função da unidade de área e da unidade de tempo*”.

O trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) em reação com a água presente na atmosfera resulta na formação do ácido sulfúrico, processo de sulfatação expresso na seguinte equação:



Dentre as consequências à saúde humana da presença do ácido sulfúrico na atmosfera, pode-se citar a irritação nos olhos, nariz, garganta e vias aéreas, bem como problemas na função pulmonar (CETESB, 2020). Segundo Cetesb (2020), no meio ambiente o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> favorece a formação de chuva ácida, que causa grandes danos à flora, aos ecossistemas aquáticos e às estruturas públicas e privadas expostos a intempéries.

A fim de caracterizar as condições atuais de qualidade do ar da região do empreendimento, o gráfico a seguir apresenta os resultados de monitoramento da qualidade do ar para o poluente SO<sub>3</sub> para as estações PQZ-11001 - Raposos (AER), PQZ-11002 - Galo (AEL), PQZ-11003 - Mina D'água (AEL) e PQZ-11005 - Ginete (AEL). Salienta-se que não há legislações no âmbito Federal e Estadual que estabeleçam limites máximos permitidos para SO<sub>3</sub>. Desta forma, os resultados foram comparados aos valores desenvolvidos pelo Laboratório de Saúde Pública de Kawasaki - Japão, apresentados no item referente à metodologia.



**Figura 11-13 - Resultados de SO<sub>3</sub> para as estações Raposos, Mina d'água, Galo e Ginete**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

Observa-se que, ao longo do ano de 2021 e 2022, nenhuma média diária esteve acima dos limites estabelecidos pela legislação analisada. Ressalta-se que a estação Ginete, localizada próxima a Planta Industrial e mais distante das comunidades do entorno, foi a estação que apresentou maiores concentrações de SO<sub>3</sub> durante o período seco.

Destaca-se que para este poluente, não há comparação entre os resultados e limites estabelecidos para exposição de longo prazo (anual).

#### 11.2.2.4 Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

O gráfico de representação do IQAr mostra, majoritariamente, resultados classificados na faixa **BOA** para as quatro estações de monitoramento (PQZ-11001 - Raposos, PQZ-11002 - Galo, PQZ-11003 - Mina D'água e PQZ-11005 - Ginete). Ressalta-se que nas três estações situadas mais próximas as comunidades (PQZ-11001 - Raposos, PQZ-11002 - Galo e PQZ-11003 - Mina D'água) os resultados foram classificados na faixa **BOA** em todas as campanhas ao longo dos anos de 2021 e 2022 para o poluente SO<sub>2</sub>. A classificação **MODERADA**, embora presente em menor quantidade, foi observada em oito situações na estação Ginete, ponto mais distante das comunidades de entorno. Nesta estação também foram observados treze dias de IQAr classificados como **RUIM**. Salienta-se, no entanto, que foram considerados 121 dias de monitoramento, ou seja, na maior parte do tempo o resultado se manteve na faixa boa, mesmo na estação mais próxima da Planta do Queiroz.

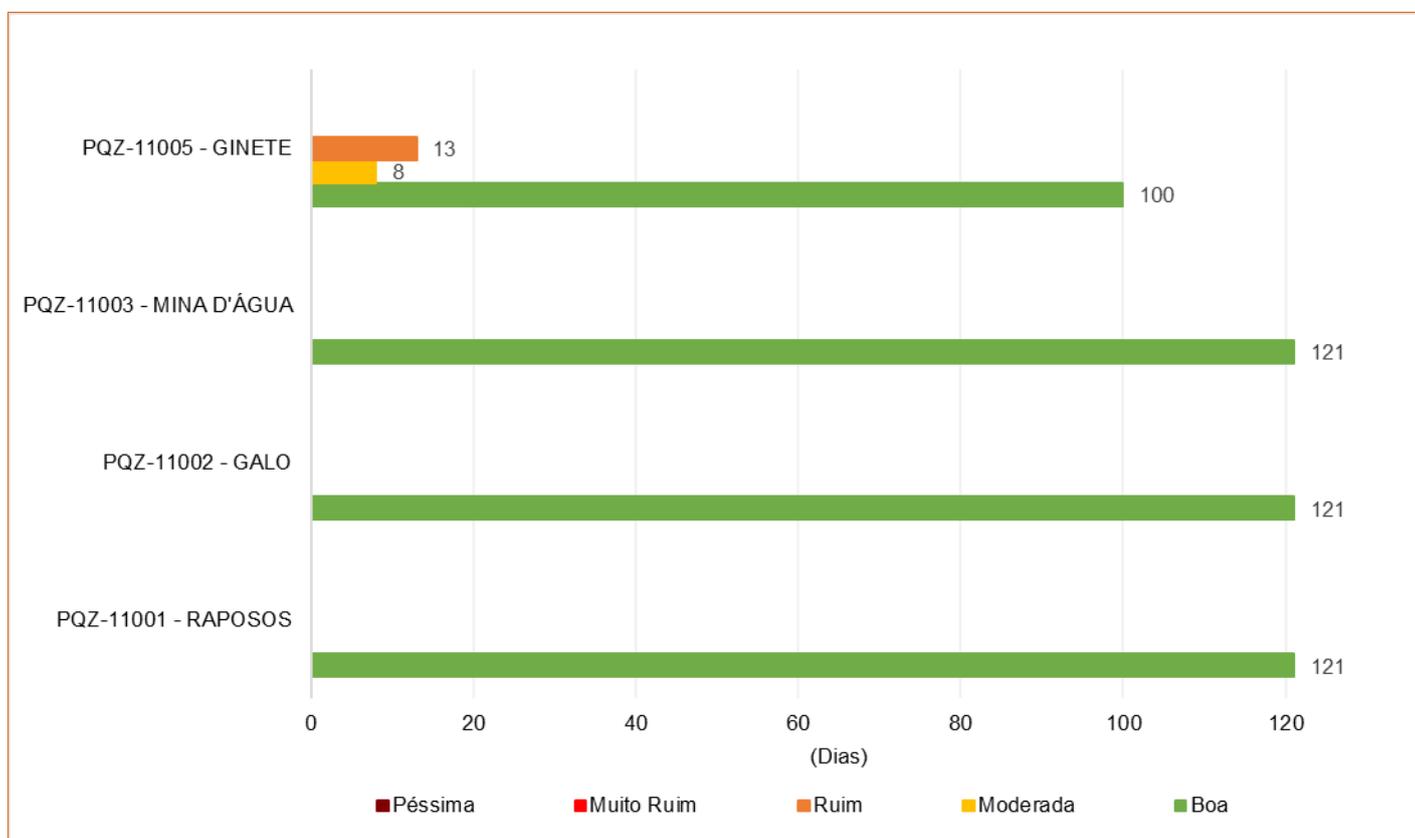


Figura 11-14 - Índice de Qualidade do Ar para o poluente SO<sub>2</sub> para os anos de 2021 e 2022.

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

Para os poluentes PTS e SO<sub>3</sub> não são calculados o índice de Qualidade do Ar - IQAr, uma vez que não existe quantificação para estes na CONAMA 491/2018.



### 11.2.2.5 Estudo de Dispersão Atmosférica - EDA

Em setembro de 2020 foi elaborado pela ENGEAR Consultoria o Estudo de Dispersão Atmosférica - EDA para o Complexo Industrial do Queiroz, utilizando o *software* AERMOD View e seus pré-processadores, recomendados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e órgãos ambientais em todo o Brasil. Este estudo teve como objetivo principal determinar o impacto atmosférico causado pelas emissões dos poluentes provenientes das atividades e operações executadas no empreendimento.

Neste estudo foi elaborado inventário de emissões da Planta Industrial do Queiroz, das quais pode-se citar as Chaminés da Fábrica de Ácido Sulfúrico Planta A e Planta B e as Chaminés de Exaustão das Capelas do Laboratório (fontes pontuais). Também foram avaliadas as emissões oriundas da movimentação de veículos.

Também foram analisados dados meteorológicos da Estação Cercadinho F501 (Código 86799), referentes ao período janeiro de 2015 a dezembro de 2018, os quais indicam que os ventos que atuam nesta região, se originam predominantemente da direção sudeste, oriundos de sistemas de alta pressão que se situam no Oceano Atlântico. Além disso, foram observados que menos de 1% dos ventos são calmos, 28,2% são ventos de aragem e bafagem e 61% são classificados como ventos fracos e moderados.

Foram determinados receptores sensíveis, ou seja, locais prioritários para atenção quanto aos impactos na qualidade do ar decorridos do empreendimento. Estes estão localizados no entorno da Planta do Queiroz compreendendo, além dos atuais pontos de monitoramento, áreas com grande contingente de população, como o bairro Mangabeiras e Nova Lima.

Nos resultados obtidos através da modelagem realizada pela ENGEAR Consultoria (2020) não foram observadas concentrações superiores aos limites permitidos pela CONAMA 491/20108 para os poluentes PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>x</sub> e CO. A exceção refere-se ao poluente NO<sub>x</sub>, o qual apresentou limite superior ao adotado para NO<sub>2</sub>. Este fato pode ser explicado pela inserção na simulação de taxas de emissão de monitoramento de NO<sub>x</sub> e de que este é composto em maior quantidade por monóxido de nitrogênio (NO), além de menores quantidades de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dentre outros óxidos, o que resultou em superestimação da simulação (ENGEAR, 2020).

Quando comparados aos valores obtidos através das medições nos pontos de monitoramento, observou-se que os resultados medidos foram superiores aos que foram modelados no âmbito do EDA, já que na modelagem são consideradas fontes e interferências apenas associadas às atividades do empreendimento e as regiões nas quais estão localizados os pontos de monitoramento sofrem influência de outras fontes de poluição (ENGEAR, 2020).

### 11.2.2.6 Síntese conclusiva

Para este diagnóstico foram utilizados resultados de 5 (cinco) estações que se localizam dentro dos limites das áreas de estudo regional e local, conforme monitoramento já realizado pela AngloGold Ashanti.



Dentre o período analisado (2021 e 2022) não foram observados desvios em relação aos limites estabelecidos pela CONAMA n° 491/2018 e DN COPAM n°041/1981 para Partículas Totais em Suspensão - PTS. Para o poluente SO<sub>2</sub> (Dióxido de Enxofre), foram registrados apenas três desvios pontuais comparados com Resolução CONAMA 491/2018, mas nenhum desvio quando considerado a DN COPAM n°041/1981. A taxa de sulfatação medida através do poluente SO<sub>3</sub> (Trióxido de Enxofre) manteve-se dentro os padrões estabelecidos pela legislação japonesa, considerando a inexistência de legislação nacional em relação ao tema. Não foram observados desvios em relação aos limites estabelecidos pela CONAMA n° 491/2018 e DN COPAM n°041/1981 para Partículas Totais em Suspensão - PTS.

Considerando os resultados de monitoramento de SO<sub>2</sub> foi possível estabelecer o Índice de qualidade do ar (IQA) na região. As estações Mina d'água, Galo e Raposos, situadas nas comunidades de mesmo nome, apresentaram todos os resultados dentro da classificação **BOA** (121 dias), a estação Ginete apresentou 100 dias classificados com o IQA **BOM**, 13 dias **RUIM** e 8 dias **MODERADO**, ou seja, mesmo a estação situada mais próxima a Planta do Queiroz apresentou resultados na maior parte do tempo na faixa classificada como **BOA**.

Desta forma, conclui-se a partir da análise de *background* que na região de inserção do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz já existem fontes potenciais de emissão que podem promover alteração na qualidade do ar, podendo estar relacionadas ao próprio Complexo Industrial do Queiroz. Apesar disso, os resultados obtidos no âmbito do estudo demonstram, de modo geral, a manutenção da qualidade do ar em conformidade com a legislação vigente, demonstrando, ainda, que os controles ambientais já adotados no âmbito do Plano de Controle Ambiental - PCA, aprovado em licenciamentos anteriores das atividades já desenvolvidas na Planta do Queiroz e que deverá ser expandido para o projeto em discussão, tem condições de mitigar os impactos do projeto, conforme discutido em tópico específico deste documento.

## 11.3 Mudanças Climáticas

O clima é um importante agente capaz de transformar o ambiente através de sua interação com os fatores físicos, químicos e biológicos presentes na natureza, o que o coloca em papel fundamental na relação ser humano e meio ambiente.



Nas últimas décadas aprofundou-se as discussões a respeito do papel do ser humano nas mudanças climáticas e em como estas afetariam o modo de vida cotidiano. *A priori*, é importante destacar que mudança climática, segundo a definição da Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC é a “*mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis*”. Tais mudanças dizem respeito às alterações significativas dos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa, pluviosidade etc.) de um determinado local considerando um grande período (décadas e séculos). O IPCC (2007) por sua vez, associa as mudanças climáticas a quaisquer mudanças no clima ao longo dos anos, relacionadas a variabilidade natural do clima ou como resultado de ações humanas (IPCC, 2017). Ademais, a PNMC aborda o relevante conceito de vulnerabilidade, que consiste no:

*“...grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.”*

Desta forma, é seguro dizer que a vulnerabilidade climática é o resultado da confluência da sensibilidade que o ambiente tem de ser afetado positiva ou negativamente pelas mudanças climáticas, do grau de exposição ao qual o sistema está exposto a estas mudanças e a capacidade que este sistema tem de se adaptar às novas condições climáticas.

Outro conceito importante de ser mencionado é o de efeito estufa, um processo natural no qual a atmosfera absorve radiação terrestre e se aquece, eventualmente irradia esta energia recebida, que por sua vez é difundida na atmosfera e pode ou ser irradiada novamente ou absorvida pela superfície (GRIM, 2008). Esse efeito desempenha um papel crucial na sobrevivência da vida no planeta, uma vez que o equilíbrio energético entre a Terra e a atmosfera é essencial para manter uma temperatura adequada para a existência de diversas formas de vida, incluindo a humana.

Segundo a PNMC os gases do efeito estufa são “constituintes gasosos, naturais ou antrópicos, que, na atmosfera, absorvem e reemitem radiação infravermelha”. Segundo a CETESB (2023), os principais gases do efeito estufa são: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Clorofluorcarbonos (CFCs), Ozônio (O<sub>3</sub>) e o vapor d’água.

Com base na discussão aqui apresentada, é importante salientar que compreender os impactos das mudanças climáticas relacionados a vida humana, a biodiversidade e aos aspectos socioeconômicos é fundamental para que seja possível traçar medidas e ações a fim de combater e mitigar impactos adversos. Neste âmbito, é imprescindível identificar e avaliar a contribuição das diferentes atividades humanas para o cenário, sendo este o objetivo da presente análise.



### **11.3.1 Metodologia**

O diagnóstico ambiental referente ao item “Mudanças Climáticas”, foi realizado com base no “Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais” desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM em parceria com a EnviroConsult e EcoResources, cujo produto abrange a avaliação da vulnerabilidade do estado de Minas Gerais às mudanças climáticas apoiado na análise integrada dos possíveis impactos gerados por estas alterações. De forma subsidiária, foi realizada a descrição das possíveis fontes de emissão associadas à implantação do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, de modo a compreender eventuais impactos gerados pelo empreendimento.

Em posse de tais informações, foi possível elaborar análise que auxilia na compreensão das vulnerabilidades às mudanças climáticas das áreas de estudo a fim de determinar as possíveis interferências destas alterações no pleno funcionamento do empreendimento. De forma conjunta, foram levantadas as possíveis alterações no clima causadas pelas atividades do projeto.

### **11.3.2 Identificação das fontes de emissões atmosféricas**

Entre as principais fontes de emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) vinculadas ao Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, pode-se citar movimentação de máquinas e veículos movidos à diesel, combustão em equipamentos fixos, emissões relacionadas ao tratamento de efluentes e geração de energia.

### **11.3.3 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local**

#### **11.3.4 Vulnerabilidade das áreas de estudos às mudanças climáticas**

O estudo de vulnerabilidade regional às mudanças climáticas do Estado de Minas Gerais foi elaborado com base na definição de vulnerabilidade sugerida pelo IPCC em 2007 e nos principais fatores que permitem avaliar o grau de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação de um território às mudanças climáticas (FEAM, 2014).

Os componentes que possibilitam avaliar tais fatores estão associados aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e climáticos com destaque aos campos mais vulneráveis às mudanças climáticas. A seguir apresenta-se os componentes associados à avaliação de vulnerabilidade no contexto do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.

##### **11.3.4.1 Sensibilidade às mudanças climáticas**

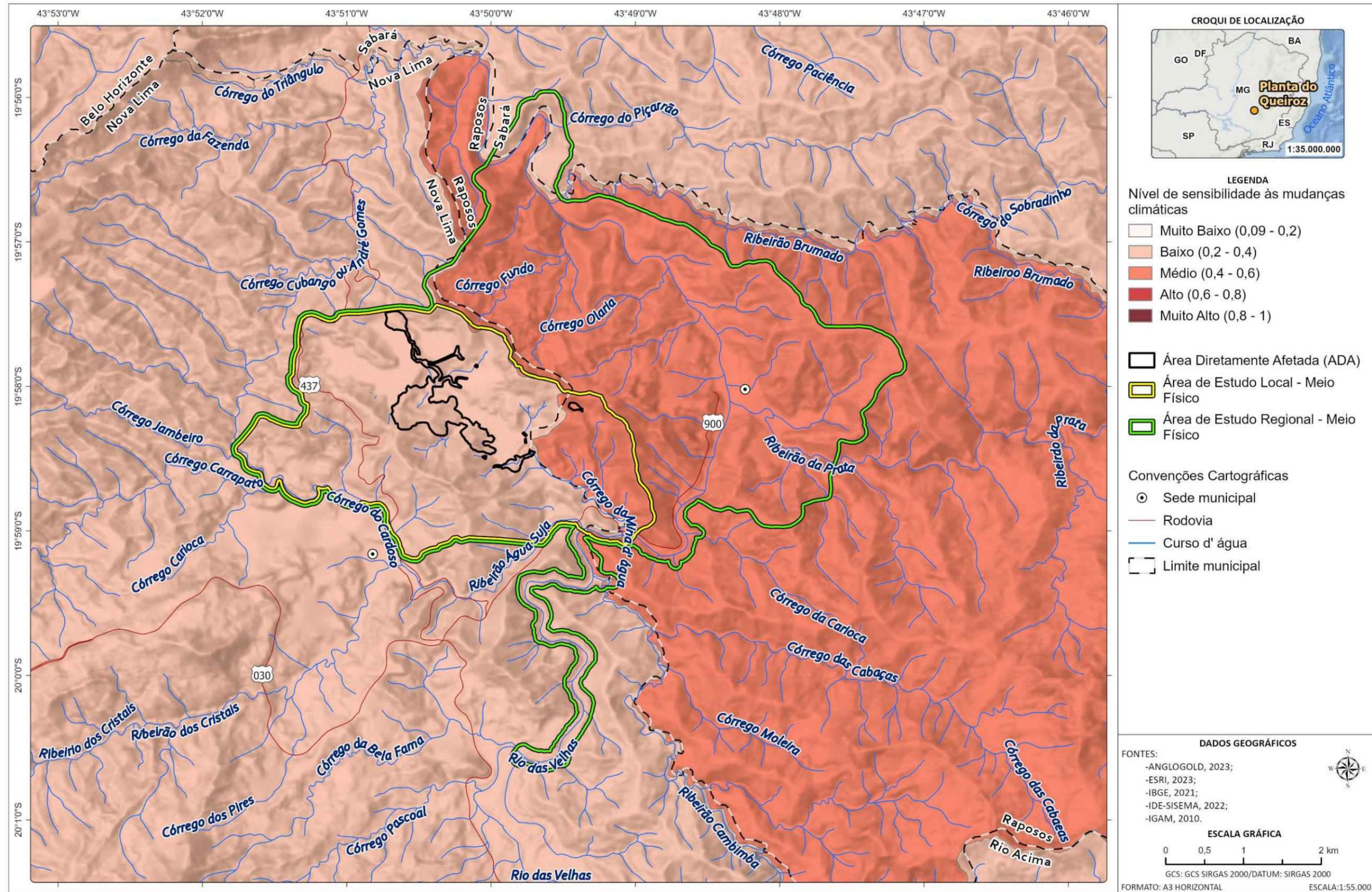
Os fatores avaliados no âmbito do estudo de vulnerabilidade, que afetam significativamente a sensibilidade que um determinado local possui em relação as mudanças climáticas, são:

- PIB
- Renda per capita



- Dependência econômica à agricultura e pecuária
- Dependência econômica da silvicultura
- Dependência econômica do turismo
- Dependência econômica da mineração
- Dependência energética das fontes sensíveis ao clima
- Condições precárias das infraestruturas rodoviárias
- População/Pressão demográfica
- Dinâmica migratória
- Alta urbanização
- Condições de educação
- Condições de saúde
- Serviços de tratamento de esgoto
- Qualidade ambiental
- Risco ambiental
- Disponibilidade hídrica
- Pressão sobre os recursos hídricos
- Ocorrência de seca e estiagens
- Ocorrência de chuvas intensas
- Ocorrência de inundações
- Ocorrência de deslizamentos de terreno
- Áreas suscetíveis à desertificação
- Biomas
- Vegetação nativa

O índice de Sensibilidade pode variar de 0 (**Muito Baixo**) a 1 (**Muito Alto**). De acordo com a figura a seguir, nota-se que o nível de sensibilidade da área de estudos local é predominantemente **baixo** (0,2 - 0,4), com uma porção a sudeste e pequena a nordeste caracterizada com **média** (0,4 - 0,6) sensibilidade. Na porção da Área de Estudos Regional que excede a AEL este índice é majoritariamente **médio**, com uma pequena porção a norte e outra porção ao sul enquadradas como de **baixa** sensibilidade.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-15 - Nível de sensibilidade às mudanças climáticas das áreas de estudos.

Fonte: Elaborado por Arcadis, 2023.

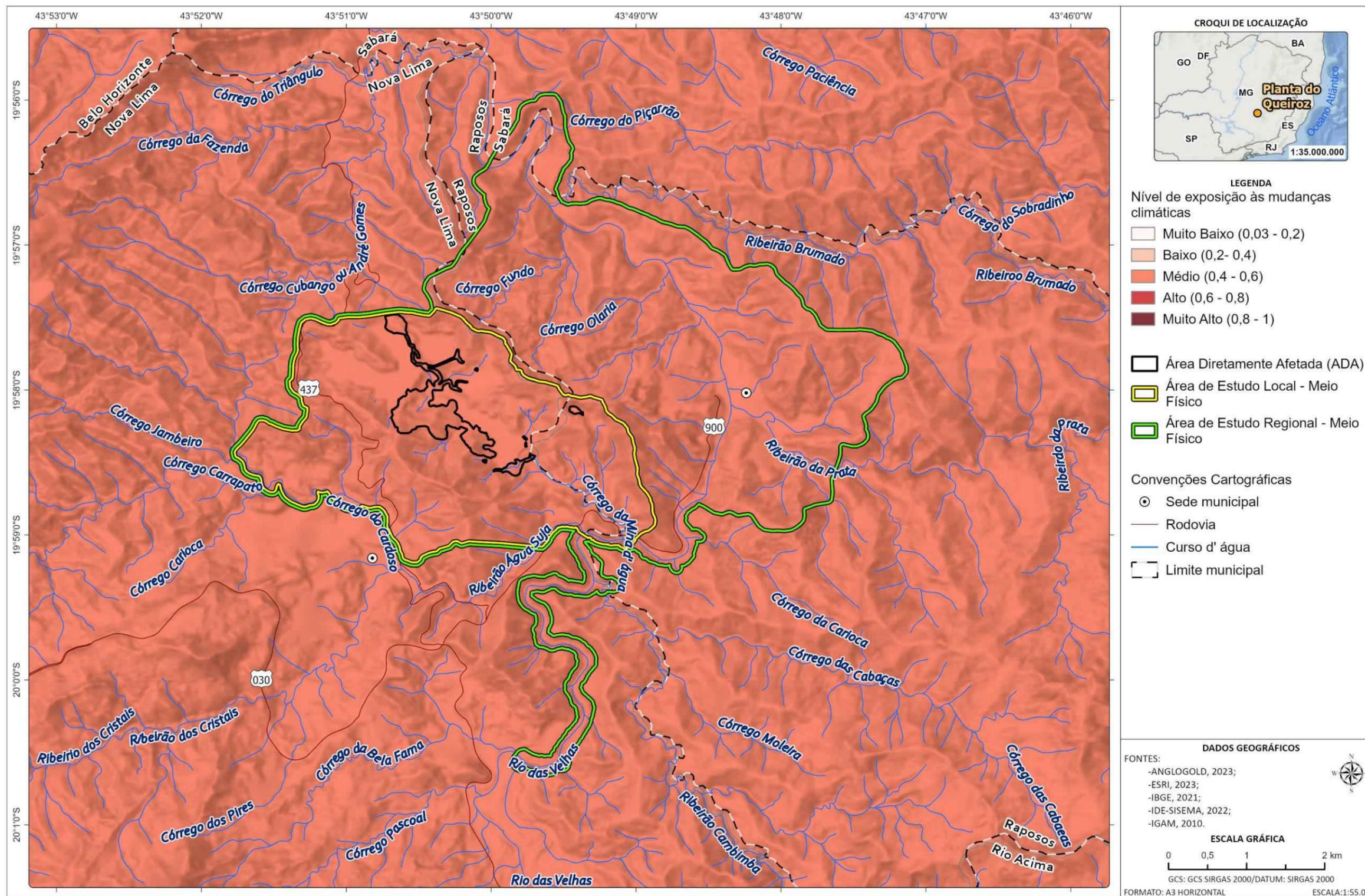


#### 11.3.4.2 Exposição às mudanças climáticas

Para o índice de exposição às mudanças climáticas são avaliados os níveis de uma série de possíveis impactos, a saber:

- Temperaturas
- Diminuição das precipitações
- Aumento das precipitações
- Diminuição do PIB
- Diminuição das zonas de cultivo agrícola
- Diminuição da silvicultura
- Redução da geração hidrelétrica
- Pressão migratória
- Impactos sobre a saúde humana
- Impactos sobre a biodiversidade
- Processo de desertificação

O índice de Exposição apresenta uma escala de 0 (Muito Baixo) a 1 (Muito Alto). Conforme ilustrado na figura a seguir, observa-se que na área de estudos (regional e local), o nível de exposição às mudanças climáticas é classificado como médio (0,4 - 0,6).



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-16 - Nível de exposição às mudanças climáticas das áreas de estudos

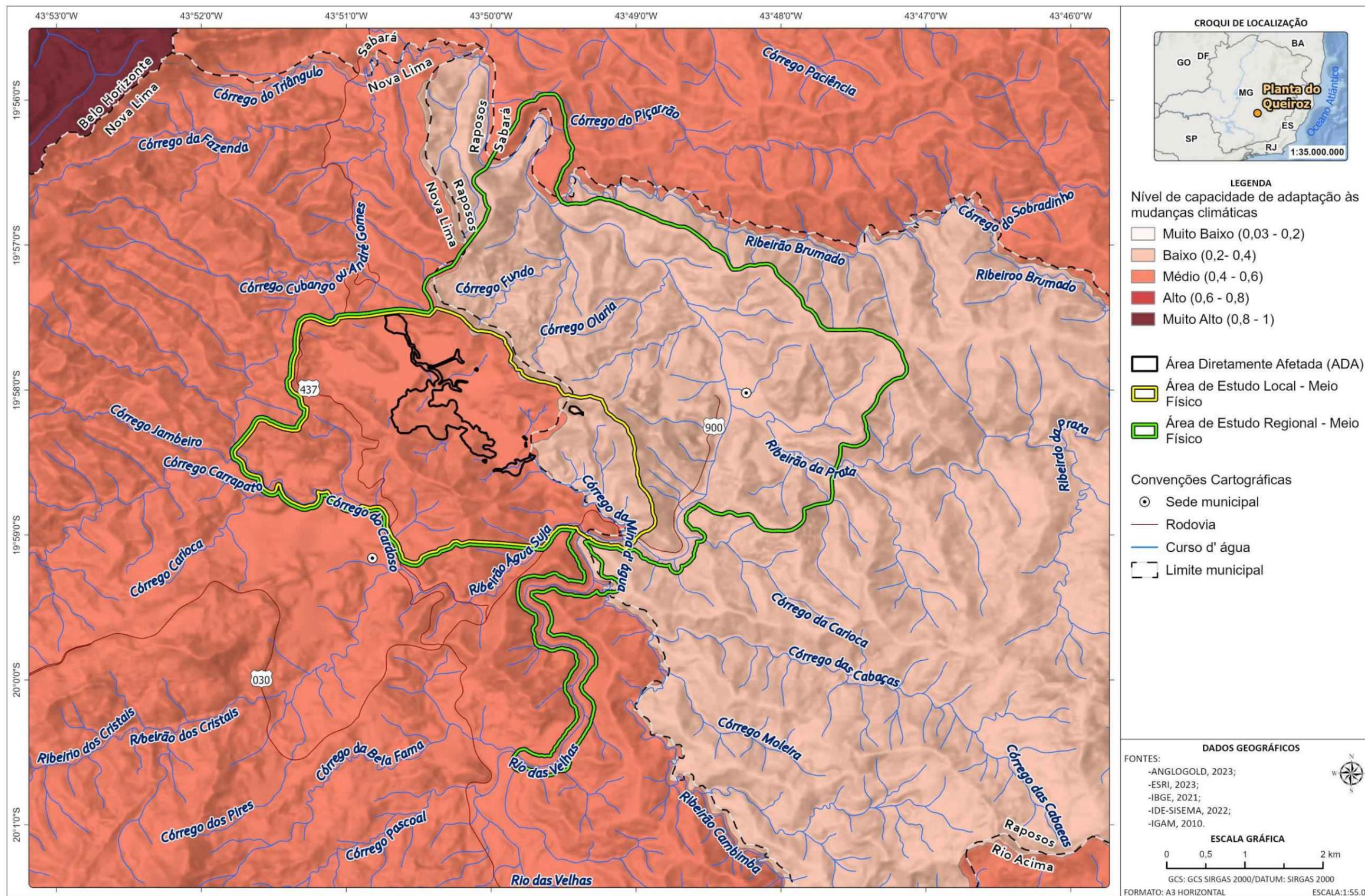
Elaborado por Arcadis, 2023.



#### 11.3.4.3 Adaptação às mudanças climáticas

Para se avaliar a capacidade de adaptação às mudanças climáticas houve a interseção dos resultados do Zoneamento Ecológico Econômico sobre a potencialidade institucional dos municípios com os resultados municipais do Índice de Desenvolvimento Humano. A figura a seguir apresenta o mapa de adaptação às mudanças climáticas da área de estudos

A capacidade de adaptação às mudanças climáticas varia em uma escala de 0 (**Muito Baixo**) a 1 (**Muito Alto**). Conforme ilustrado na figura a seguir, pode-se observar que o nível de adaptação na área de estudos local é predominantemente classificado como **médio** (0,4 - 0,6), com uma região a sudeste e outra menor a nordeste apresentando **baixa** sensibilidade (0,2 - 0,4). Já na porção da Área de Estudos Regional que excede a AEL, esse índice é principalmente **baixo**, com uma pequena porção ao norte e ao sul sendo classificadas como **média**.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

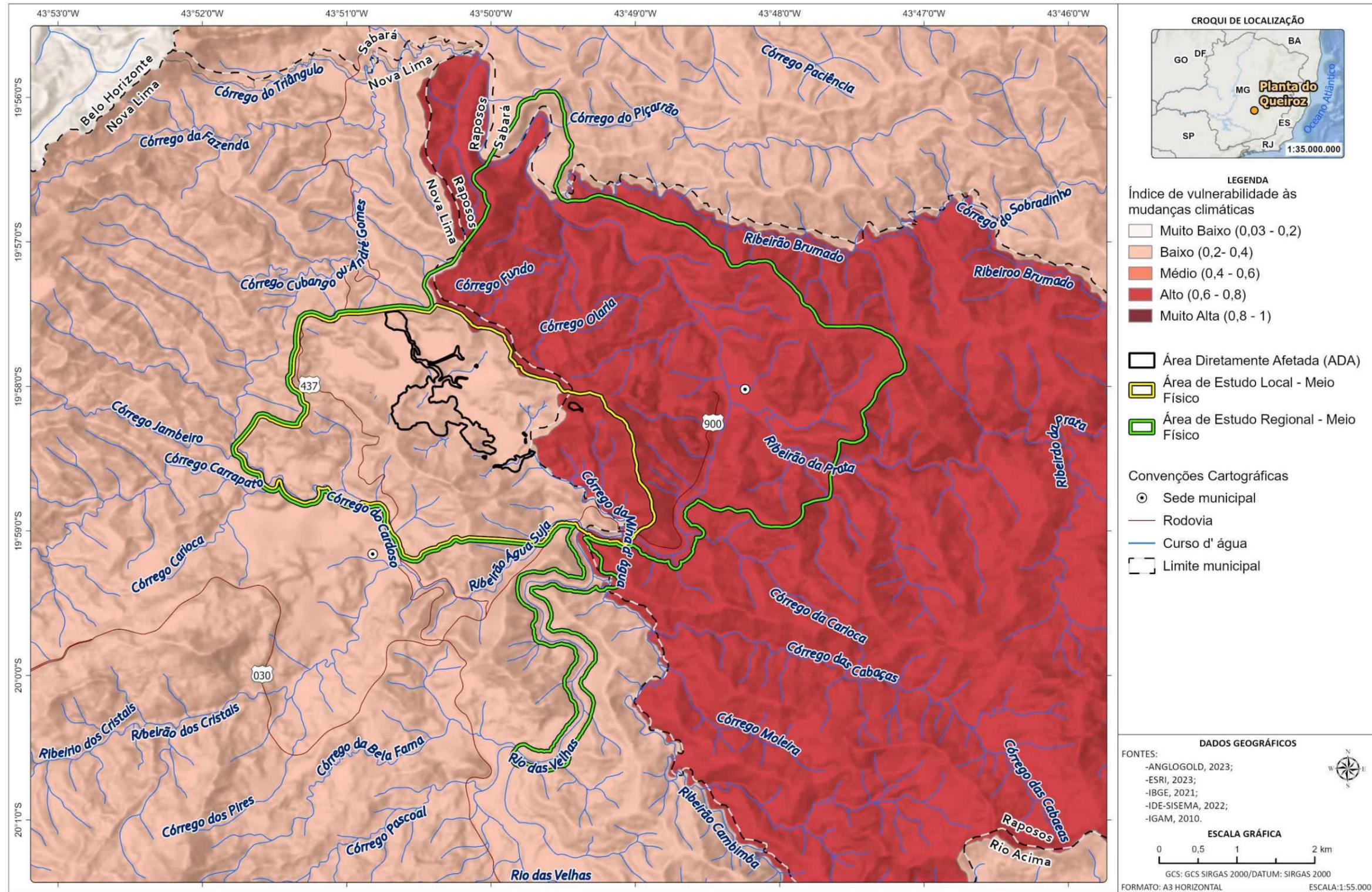
Figura 11-17 - Nível de adaptação às mudanças climáticas das áreas de estudos

Elaborado por Arcadis, 2023.



#### 11.3.4.4 Vulnerabilidade às mudanças climáticas

O diagnóstico referente aos componentes de vulnerabilidade (sensibilidade, exposição e adaptação) permite definir o grau de vulnerabilidade da área de estudos, e pode variar de 0 (**Muito Baixo**) a 1 (**Muito Alto**). Nota-se, de acordo com a figura a seguir que o nível de vulnerabilidade às mudanças climáticas da área de estudos local é, em sua maioria, considerado **baixo** (0,2 - 0,4), com uma pequena porção a nordeste e outra a sudeste apresentando **alta** sensibilidade. Já na área de estudos regional, esse índice é considerado **alto** (0,6 - 0,8) em área significativa, especialmente a leste. Uma pequena porção a norte é enquadrada como **baixa** vulnerabilidade, índice observado também nas porções sul e oeste da AER (esta última correspondente à Área de Estudos Local).



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-18. Nível de vulnerabilidade às mudanças climáticas das áreas de estudos

Elaborado por Arcadis, 2023

### 11.3.5 Ações da AngloGold Ashanti Relacionadas às Mudanças Climáticas e Matriz Energética

Diante do contexto apresentado anteriormente, é importante destacar que a AngloGold Ashanti possui uma robusta estratégia em ESG (sigla em inglês que define os princípios fundamentais de sustentabilidade, ou seja, “*Meio Ambiente, Social e Governança*”), tendo a mesma sido estabelecida com base nos seguintes passos: - 1) Definição do Modelo Estratégico da Companhia 2) Mapeamento dos Stakeholders e da Matriz de Materialidade 3) Definição das Diretrizes Estratégicas 4) Definição dos Projetos do Portifólio de ESG e 5) Estabelecimento de uma Governança Efetiva. É realizada ainda a revisão periódica e melhoria contínua de toda a estratégia, considerando os temas materiais que norteiam a mesma, quais sejam: I - Gestão responsável de Barragens e Rejeitos; II - Desempenho Econômico e Crescimento do Negócio; III - Transparência, Imagem e Reputação; IV - Conformidade Ambiental e Gestão Ambiental; V - Construção de Legado Positivo; VI - Atração, Retenção, Gestão de Talentos e Diversidade; VII - Relacionamento com Governos; VIII - Relacionamento com Comunidades (Licença Social); IX - Água e Gestão de Recursos Hídricos; X - Saúde e Segurança; XI - Patrimônio Imobiliário, Histórico e Cultural; XII - Mudanças Climáticas e Matriz Energética.



Figura 11-19 - Estratégia de ESG da AngloGold Ashanti no Brasil.

Disponibilizado por AngloGold, 2023.



Neste contexto, cabe salientar as ações da empresa relacionadas às Mudanças Climáticas e Matriz Energética. No que se refere a redução de emissão de gases do efeito estufa, a AngloGold Ashanti vem desenvolvendo uma estratégia de descarbonização de suas atividades e operações que visa identificar oportunidades de redução das emissões e uso de energias renováveis. Como uma empresa global de produção de ouro, a empresa reconhece o seu papel em avançar na transição para uma economia de baixo carbono. Neste cenário, o objetivo da Estratégia de Descarbonização da AngloGold Ashanti é de reduzir as emissões de gases de efeito estufa das unidades da empresa no país e em nível mundial, contribuindo para alcançar as metas do Acordo de Paris.

Para o desenvolvimento da Estratégia de Descarbonização das operações da AngloGold Ashanti, foram previstas as seguintes etapas: I) Criação de grupo de trabalho e contratação de consultoria externa especializada; II) Diagnóstico das operações e definição do baseline; III) Estudo oportunidades e riscos; IV) Projeção das reduções das emissões; V) Plano de trabalho longo prazo e priorização das ações; VI) Acompanhamento periódico e análise crítica para eventuais correções.

Para tanto foram estabelecidas como metas principais a redução de 30% das emissões de carbono até 2030; e zerar as emissões de carbono até 2050. Cabe destacar que já em 2022 a primeira meta foi atingida, considerando que a AngloGold Ashanti Brasil conseguiu zerar emissões de escopo 2, garantindo que toda a energia elétrica consumida nas operações da empresa no país seja proveniente de fontes renováveis.



**CEMIG**  
CERTIFICADO DE ENERGIA RENOVÁVEL  
PC/GC-00437/2023:EGT

Geração e disponibilização da quantidade de energia vinculada a esta declaração referente ao ano de 2022, provenientes de fonte hidrelétrica, energia renovável conforme dados abaixo:

<b>CEDENTE</b> CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.	<b>ENERGIA VINCULADA</b> 420.440 MWh
<b>CNPJ</b> 06.981.176/0001-58	<b>QUANTIDADE REC</b> 420.440
	<b>FONTE DE GERAÇÃO</b> HIDRÁULICA
	<b>FATOR DE EMISSÃO</b> 0 TCO2EQ
<b>CESSIONÁRIO</b> ANGLGOLD ASHANTI CÔRREGO DO SÍTIO MINERAÇÃO S.A. e MINERAÇÃO SERRA GRANDE S.A.	<b>USINA</b> 46,1% UHE IRAPÉ/ 53,9% UHE SÁ CARVALHO
<b>CNPJ</b> 18.565.382/0001-66 e 42.445.403/0001-94	<b>LOCALIZAÇÃO</b> Grão Mogol - MG Antônio Dias - MG
	<b>COORDENADA GEOGRÁFICA</b> 16°44'15"S, 42°34'30"W 19°38'8"S, 42°48'23"W
	<b>PERÍODO GERAÇÃO</b> 01-jan-22 a 31-dez-22

A CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. declara que o atributo de energia renovável referente a quantidade de energia elétrica declarada, foi repassado exclusivamente em favor da empresa descrita neste documento, não tendo sido transmitido na forma de certificados de energia renovável ou repassado a outros clientes e se compromete a atestar a autenticidade das informações aqui relatadas.

Belo Horizonte, quarta-feira, 29 de março de 2023

ACESSE MAIS INFORMAÇÕES SOBRE O CEMIG REC

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certificação

O Certificado CEMIG REC está disponível somente para os clientes da CEMIG Geração Transmissão S.A. associados à produção de energia e à preservação do meio ambiente: ODS 7 - Energia acessível e limpa e ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima.

**Figura 11-20 - Certificado de Energia Renovável emitido pela CEMIG, referente ao ciclo do ano de 2022.**

*Disponibilizado por AngloGold, 2023.*

Em relação aos investimentos direcionados para a Estratégia de Descarbonização, salientam-se os 4 milhões de reais investidos em 2021 e 2022 com a aquisição de fontes elétricas renováveis, estudos técnicos de eletrificação das frotas (início dos testes piloto com uma escavadeira elétrica previstos já para o final de 2023), estudos de viabilidade de projetos de usinas fotovoltaicas nas operações e aumento da eficiência energética de projetos e processos minerários. Além disso se encontra em estudo a avaliação da viabilidade da empresa de ingressar no mercado de créditos de carbono, considerando suas áreas de preservação e compensação ambiental. Cabe destacar que tecnologias e soluções de baixo carbono ainda estão em fase de desenvolvimento e testes para que sejam aplicadas nos processos de mineração de forma viável.

Como principais resultados atingidos com a Estratégia de Descarbonização da AGA Brasil, até o momento, tem-se a utilização de mais de 60% da matriz energética proveniente de fontes renováveis, com uma consequente redução de 33% das emissões de CO<sub>2</sub> a partir da utilização destas fontes.

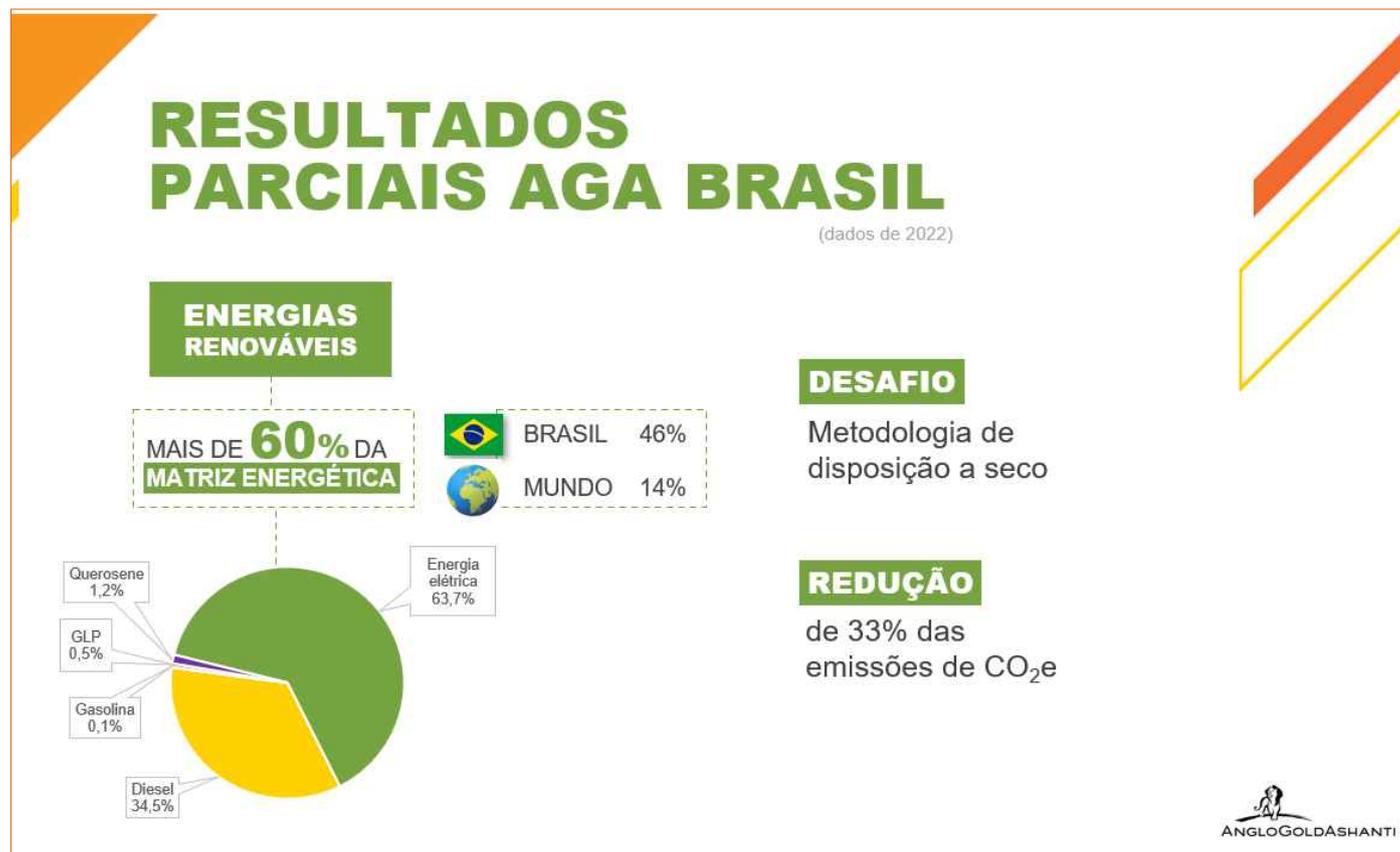


Figura 11-21 - Estratégia de Descarbonização AGA Brasil - Resultados Parciais.

Disponibilizado por AngloGold, 2023.

Diante de todo o exposto, é possível observar que é inegável que o Projeto de Descarbonização da AGA Brasil beneficia não só o meio ambiente, mas também as comunidades que a hospedam, além dos empregados e sociedade como um todo. De qualquer forma, além de continuar com foco na meta de zerar emissões próprias até 2050, ainda é necessário ampliar o escopo do projeto, através do desenvolvimento de diretrizes para ampliar os esforços para todos os fornecedores e parceiros da empresa (GEE escopo 3).

Em paralelo, estudos e projetos de compensação ambiental têm sido desenvolvidos para auxiliar na neutralização das emissões por meio de áreas preservadas. Neste contexto, merece destaque o estudo em desenvolvimento em parceria com a Future Carbon, empresa especializada na geração de créditos de carbono. A partir dos estudos em andamento nas áreas de conservação da AngloGold Ashanti, será possível gerar, certificar e aplicar os créditos no fomento à preservação das áreas e também na mitigação de emissões de gás carbônico.

Em relação ao longo prazo, salienta-se que a jornada ainda demandará monitoramento constante e análise crítica periódica, avaliando a necessidade de ajustes em virtude de novas tecnologias que forem surgindo ao longo do tempo, sempre com foco na melhoria contínua e aprimoramento de todo o processo.



Em relação à ecoeficiência, destacam-se a matriz energética da empresa (gerando energia elétrica a partir do complexo formado por pequenas usinas hidrelétricas de Rio de Peixe e de sua participação na Hidrelétrica de Igarapava); gestão da água, com baixo consumo específico e recirculação sempre que possível; reaproveitamento dos resíduos e subprodutos industriais para comercialização.

No que se refere a preservação ambiental, salienta-se que a AngloGold Ashanti mantém uma vasta extensão territorial de áreas preservadas com vegetação nativa, contribuindo para a conservação da fauna e da flora (mais de 500 espécies diagnosticadas e preservadas), além dos recursos hídricos nas regiões em que atua. Assim, seja através da manutenção da conservação de áreas florestais e de campos cerrados, seja através da compra de propriedades exclusivamente para as compensações ambientais e florestais, estabelecidas no âmbito dos licenciamentos ambientais (para cada hectare suprimido para a operação, a empresa preserva e/ou cria áreas de preservação, pelo menos, 3 vezes maiores), atualmente, a empresa conta com cerca de 11 mil hectares preservados, com mais de 310.000 mudas doadas e plantadas. Além disso, a empresa possui 873ha de áreas declaradas como Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), sendo: a RPPN Mata Samuel de Paula, em Nova Lima, com 147 ha; e a RPPN AngloGold - Cuiabá, em Sabará, com 726ha de áreas de grande importância devido à sua biodiversidade. Somente no entorno da Serra da Piedade, em Sabará, somando a área da RPPN Cuiabá com a área de Reserva Legal, são mais de 1500 hectares de áreas preservadas, contribuindo para a preservação de recursos hídricos e da biodiversidade.

### 11.3.6 Síntese conclusiva

O tema das mudanças climáticas tem sido bastante discutido na sociedade, uma vez que os impactos gerados a partir de tais alterações podem afetar tanto a vida humana, quanto a biodiversidade e as relações socioeconômicas. É importante destacar que as mudanças climáticas podem produzir mudanças de temperatura, alteração do regime de chuvas, aumento de doenças e pragas, estiagens prolongadas, inundações, dentre outras.

Com base no estudo de vulnerabilidade é possível verificar de forma preliminar que as áreas de estudos possuem nível de exposição **médio** às mudanças climáticas, nível **baixo a médio** de sensibilidade e **baixa a média** capacidade de adaptação a estas mudanças. Desta forma foi possível identificar que a área de estudos regional e local possuem de **baixa a média** vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Considerando as características construtivas do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, espera-se que ocorram atividades com potencial gerador de gases do efeito estufa, assim como a mudança do uso e cobertura da terra, que pode alterar o balanço de energia natural local, visto que qualquer alteração no uso pode modificar a capacidade deste de armazenar e dissipar calor.

Entretanto, é importante mencionar que já estão previstas medidas para mitigar tais impactos, detalhadas no presente Estudo de Impacto Ambiental e no Plano de Controle Ambiental associado, tais como a manutenção preventiva nos veículos e equipamentos.



Além disso, enfatiza-se, como elementos cruciais de mitigação dos impactos potenciais do projeto e atividades da AGA relacionados às mudanças climáticas, as compensações ambientais aplicáveis no âmbito do licenciamento do projeto, com criação de áreas de conservação e/ou recuperação até três vezes maiores que as áreas de intervenção previstas, além do próprio Projeto de Descarbonização da AGA Brasil que beneficia não só o meio ambiente, mas também as comunidades que a hospedam, além dos empregados e sociedade como um todo. Reforça-se, pois, a meta da AGA de continuar com foco em zerar emissões próprias até 2050, incluindo ainda a necessidade de ampliação do escopo do projeto, através do desenvolvimento de diretrizes para ampliar os esforços para todos os fornecedores e parceiros da empresa (GEE escopo 3).

## 11.4 Ruído Ambiental

De acordo com a ABNT NBR 16313 que dispõe sobre terminologia acústica, designa-se som as “*flutuações de pressão em torno da pressão ambiente nas frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 kHz*” (ABNT NBR 16313, 2014, p.1). Cita-se ainda que este é relativo à sensação auditiva humana. Ademais, esta norma estabelece que “*o termo ruído é usualmente associado a sons que podem causar incômodos, ser indesejáveis ou não inteligíveis*” (ABNT NBR 16313, 2014, p.1).

Segundo Estevam (2013) “ao trazer prejuízos à saúde e ao bem-estar da população, o ruído em excesso pode ser considerado um tipo de poluição” (ESTEVAM, 2013, p.19). As alterações do ambiente acústico podem resultar em danos potenciais ao ser humano e influenciar a qualidade de vida da população, gerando reações psicossociais efetivas como irritabilidade e insônia (LACERDA *et. al.* 2005). Também é relevante destacar que os efeitos das alterações sonoras podem atingir a fauna local, resultando em seu afugentamento.

Senso assim, ao utilizar-se o termo pressão acústica, com referência ao ruído, seu conceito torna-se mais evidente, bem como a sua potencialidade em causar danos ou incômodos a terceiros. Considerando que o ouvido humano pode perceber sons a partir de 0 dB (em 1000 Hertz), para expressar os valores de ruído utiliza-se a escala decibel que varia de 0 dB, considerado o limiar da audição, até 140 dB, considerado o limiar da dor (ESTEVAM, 2013).

### 11.4.1 Metodologia

#### 11.4.1.1 Pontos de Amostragem

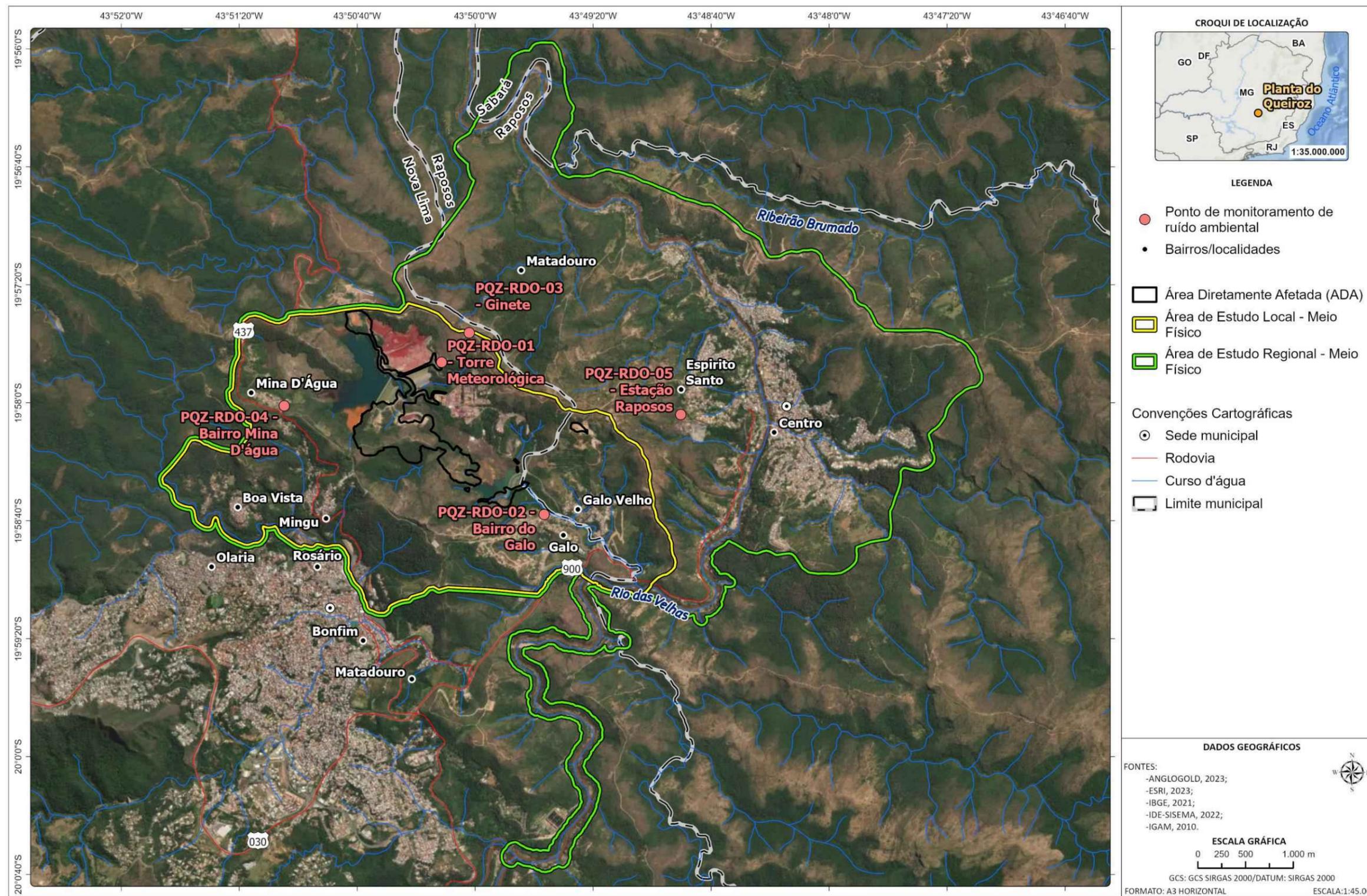
O diagnóstico de ruído das áreas de estudo foi elaborado com base nos resultados obtidos no monitoramento já executado pela empresa Aqua Ambiental para a AngloGold no contexto da Planta do Queiroz. A proximidade das estações de monitoramento de pressão acústica em relação à área do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, objeto do presente EIA, permite que seus resultados possam ser utilizados de forma representativa, para fins de *background*.

É importante ressaltar que, embora haja pontos de monitoramento tanto na área de estudos regional quanto na local e que estas tenham características específicas, os resultados foram abordados de forma integrada e devidamente relacionados na análise, visando facilitar a compreensão da pressão sonora nas áreas em questão. A Tabela 11-17 e Figura 11-22 apresentam a relação das estações de monitoramento cujos resultados foram utilizados no diagnóstico dos níveis de ruído.

**Tabela 11-17 - Malha Amostral dos Pontos de Monitoramento de Ruído**

Nome da Estação	Coordenadas		Distância em relação a ADA (m)	Periodicidade	Fonte dos dados	Localização
	UTM E (m)	UTM N (m)				
PQZ-RDO-01 - Torre Meteorológica	621743	7792208	42,8	Semestral	AngloGold	AEL
PQZ-RDO-02 - Bairro do Galo	622742	7790612	334,3	Semestral	AngloGold	AEL
PQZ-RDO-03 - Ginete	622018	7792512	399,8	Semestral	AngloGold	AER
PQZ-RDO-04 - Bairro Mina D'água	620189	7791762	722,0	Semestral	AngloGold	AEL
PQZ-RDO-05 - Estação Raposos	624096	7791644	935,3	Semestral	AngloGold	AER

*Elaborado por Arcadis, 2023.*



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-22 - Localização Espacial das Estações de Monitoramento de Ruído

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

### 11.4.1.2 Periodicidade e equipamentos utilizados

As amostragens manuais de ruído foram realizadas com periodicidade semestral, em séries de 300 (trezentas) leituras em 1 segundo por um tempo de aproximadamente 5 (cinco) minutos, nos períodos diurno (07h às 22h) e noturno (22h01 às 06h59). Os equipamentos utilizados no monitoramento manual encontram-se relacionados na Tabela 11-18. A tabela a seguir ilustra como são realizadas as medições.

**Tabela 11-18 - Relação dos equipamentos usados**

Equipamento	Modelo / Fabricante	Número de Série	Identificação Interna	IEC atendida	Número do Certificado	Validade da Calibração
FUNSION/ MICROFONE	FUNSION/ 01dB	13203	AQMS 006 AQMI 007	61672-3	RBC1- 11760- 371	30/03/2024
CALIBRADOR ACÚSTICO	CAL-21/ 01dB	35054804	AQCS 004	60942	RBC-A- 2021/101	28/02/2023

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*



**Figura 11-23 - Monitoramento de ruído nas comunidades próximas ao projeto**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

No que tange ao período de análise dos dados, destaca-se que foram utilizados os resultados obtidos para os anos de 2021 e 2022.

### 11.4.1.3 Limites de Referência

O monitoramento da pressão sonora foi realizado em conformidade com a Resolução CONAMA nº 01, de 08 de março de 1990, que determina que sejam atendidos os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma técnica NBR 10.151/2020 - Versão Corrigida: 2020. Frisa-se que para fins de comparação e avaliação dos níveis de ruído ambiental, considerou-se o nível contínuo equivalente (LAeq) o qual representa o nível médio contínuo da energia sonora equivalente ao sinal variável medido.

A NBR 10.151, de 31 de maio de 2019 - Versão Corrigida: 2020 - "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral", é aplicável para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, sendo considerado recomendável padrões de ruído para conforto acústico.

Os limites do nível de pressão sonora (RLAeq) definidos pela ABNT 10.151/2020 são divididos por tipologias de uso do solo e períodos diurno e noturno, de acordo com a tabela a seguir. Conforme monitoramento já realizado pela AngloGold, todos os pontos utilizados para este estudo são considerados como "Área Predominantemente Industrial", onde os limites são 70 dB para o período diurno e 60 dB para o noturno.

**Tabela 11-19 - Limites Estabelecidos pela ABNT NBR 10.151/2020**

Área	RLAeq (dB)	
	Diurno	Noturno
Área de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado de ABNT 10.151/2020.

A Lei Estadual 10.100/1990 estabelece que são prejudiciais à saúde, à segurança ou ao sossego públicos os níveis de ruído que: (i) atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 dB(A) acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego; (ii) independentemente do ruído de fundo, atinjam no ambiente exterior do recinto em que tem origem, nível sonoro superior a 70 dB(A) durante o dia, e 60dB(A) durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 horas e as 6 horas, se outro não estiver estabelecido em legislação municipal pertinente.

### 11.4.2 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local

A seguir são apresentados os resultados e discussões para o diagnóstico de ruído das áreas de estudo regional e local do empreendimento, realizado a partir dos monitoramentos de níveis de pressão sonora já efetuados na Planta do Queiroz.

### 11.4.2.1 Pressão Sonora - Período Diurno

O gráfico a seguir apresenta os resultados do monitoramento de ruído diurno nos anos de 2021 e 2022 para os pontos PQZ-RDO-01 - Torre Meteorológica (AEL), PQZ-RDO-02 - Bairro do Galo (AEL), PQZ-RDO-03 - Ginete (AER), PQZ-RDO-04 - Bairro Mina D'água (AEL) e PQZ-RDO-05 - Estação Raposos (AER).

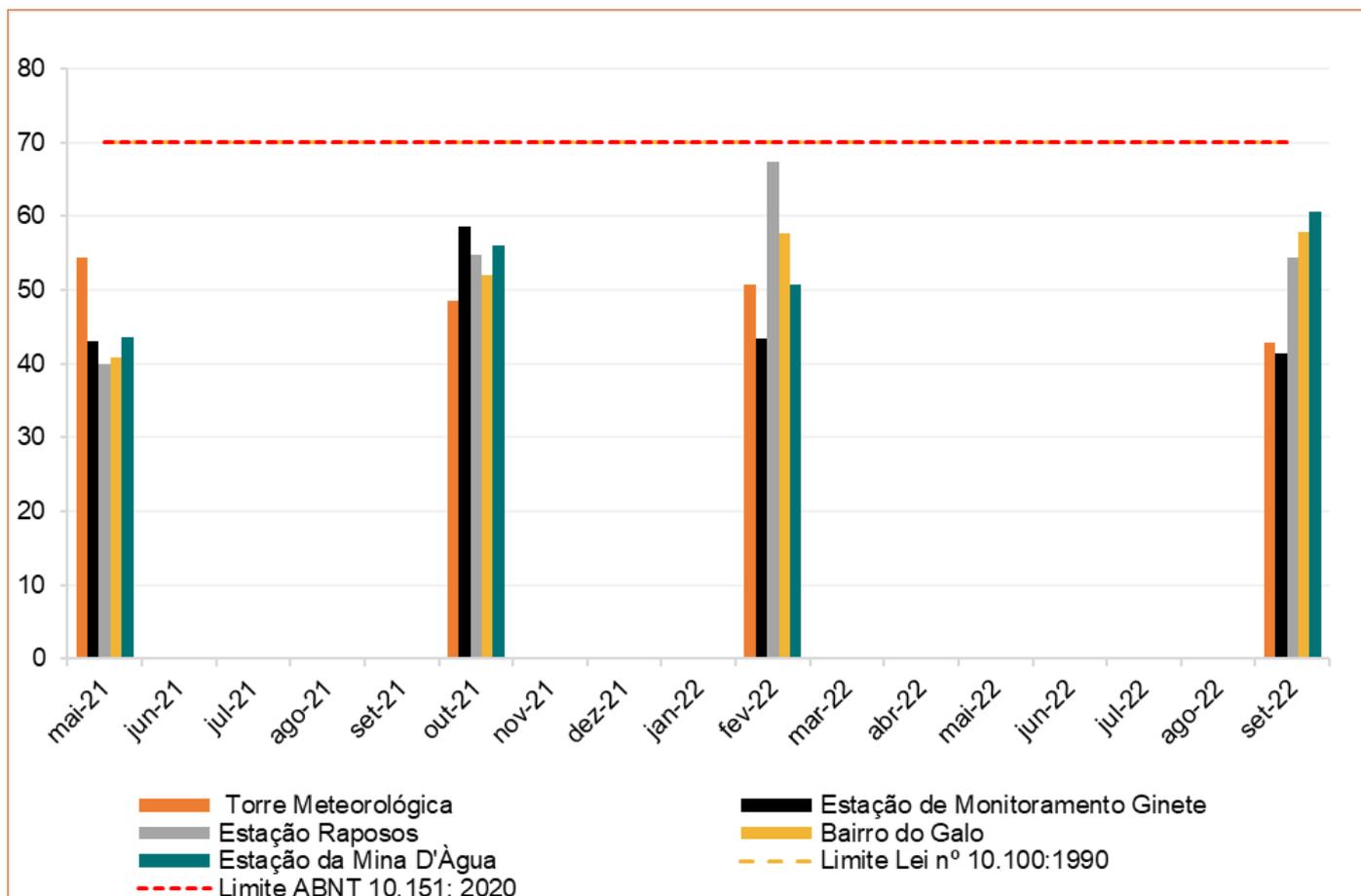


Figura 11-24 - Resultados de ruído diurno nos pontos de monitoramento

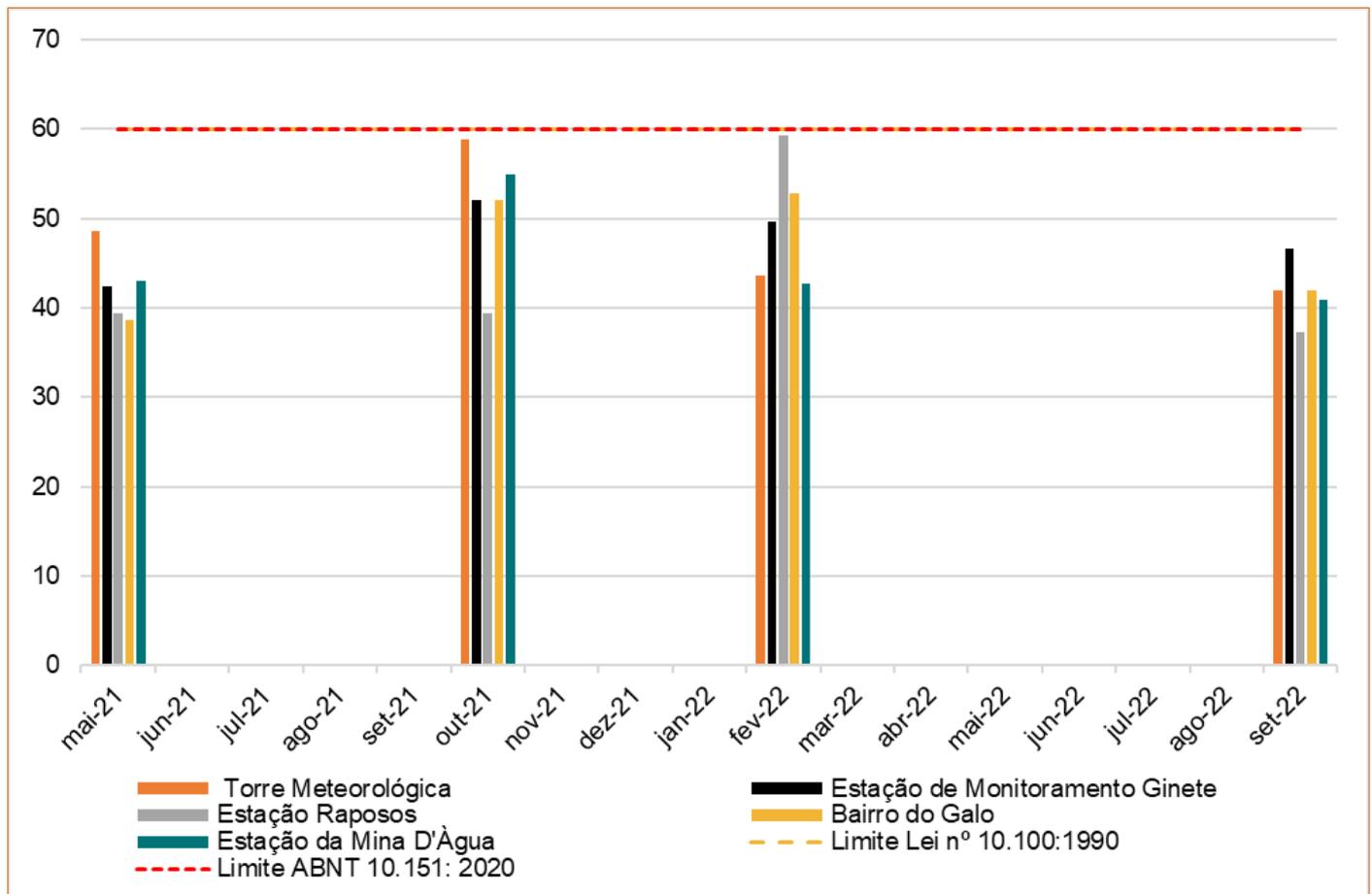
Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

De acordo com os gráficos acima apresentados, os valores de ruído mensurados para o período diurno, tanto para a área de estudos regional, quanto para a local, estão de acordo com os limites estabelecidos pela ABNT 10.151/2020 e pela Lei Estadual nº 10.100/1990.

Destaca-se que conforme relatórios de monitoramento realizado pela empresa Aqua Ambiental, as medições são realizadas com a Planta do Queiroz em funcionamento para classificar o nível de pressão sonora produzido por este empreendimento. Entretanto, no âmbito destes relatórios, foi possível observar a influência de ruídos intrusivos resultantes do tráfego de veículos, movimentação de transeuntes, manifestação da fauna local (cachorros, cigarras, maritacas e pássaros em geral), além da circulação de ventos fortes próximos aos locais das medições.

### 11.4.2.2 Pressão Sonora - Período Noturno

O gráfico a seguir apresenta os resultados do monitoramento de ruído noturno nos anos de 2021 e 2022 para os pontos PQZ-RDO-01 - Torre Meteorológica (AEL), PQZ-RDO-02 - Bairro do Galo (AEL), PQZ-RDO-03 - Ginete (AER), PQZ-RDO-04 - Bairro Mina D'água (AEL) e PQZ-RDO-05 - Estação Raposos (AER).



**Figura 11-25 - Resultados de ruído noturno nos pontos de monitoramento**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

De acordo com os gráficos acima apresentados, os valores de ruído noturno tanto para a área de estudos regional, quanto para a local, estão de acordo com os limites estabelecidos pela ABNT 10.151/2020 e pela Lei Estadual nº 10.100/1990.

Segundo relatórios de monitoramento, assim como observado no período diurno, no período noturno além dos ruídos produzidos pelas atividades da Planta do Queiroz há sons intrusivos próximos aos locais de medição, provenientes do tráfego de veículos, movimentação de transeuntes, manifestação da fauna local (cachorros, grilos, sapos, cigarras e pássaros) e circulação de ventos fortes.



### 11.4.3 Síntese conclusiva

De acordo com os dados de monitoramento de ruído já estabelecidos pela AngloGold Ashanti, os níveis de pressão sonora existentes na área de estudos regional e local encontram-se em conformidade aos limites estabelecidos pela ABNT 10.151/2020 e pela Lei Estadual nº 10.100/1990.

Ressalta-se que a região a qual compreende as áreas de estudos do meio físico já possui níveis de pressão sonora, principalmente devido ao contexto de uso e ocupação próximo às áreas de monitoramento, uma vez que algumas das regiões representadas estão sob influência de atividades diversas. Cita-se como exemplo o intenso tráfego de veículos/máquinas, movimentação de pessoas, as próprias dinâmicas dos bairros residenciais/perímetros urbanos, manifestação da fauna local (cachorros, sapos, grilos, etc.), bem como o funcionamento da Planta do Queiroz.

## 11.5 Geologia

A geologia é a ciência que estuda a Terra, sua estrutura, composição, processos geológicos e a história do nosso planeta. Ao se estudar a geologia de um local será possível, não só saber quais rochas compõem o substrato, mas também entender a evolução geológica do local por meio da caracterização e descrição litológica. Por meio desta também é possível saber sobre seus recursos naturais e potencialidades.

A caracterização das rochas também é essencial para a identificação e exploração de recursos minerais, como minérios metálicos, carvão, petróleo, gás natural e água subterrânea. Além disso, a caracterização das rochas desempenha um papel crucial na compreensão e mitigação de riscos geológicos, como deslizamentos de terra, erosão costeira e desmoronamentos. Ao identificar as propriedades físicas e estruturais das rochas, é possível avaliar a estabilidade do terreno e implementar medidas preventivas para proteger comunidades e infraestruturas contra eventos naturais adversos.

### 11.5.1 Metodologia

O diagnóstico dos aspectos geológicos foi elaborado com base em dados secundários, compilados e modificados a partir de publicações científicas diversas, dentre as quais destacam-se o trabalho de Alckmim e Marshak (1998), em que é apresentado o contexto geotectônico do Cráton São Francisco e sua inserção no Quadrilátero Ferrífero.

Com base na pesquisa bibliográfica relatada, foram descritas as principais unidades litoestratigráficas e o contexto litoestrutural e geotectônico das áreas de estudo regional e local. Para a elaboração do mapa geológico referente às áreas de estudo, foi utilizada a base cartográfica do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (HEINECK *et al.*, 2003) em escala de 1:1.000.000 bem como arquivos vetoriais (*shapefile*) da versão mais atual do referido mapa (Silva *et al.*, 2020), ambas publicações da parceria CPRM - Serviço Geológico do Brasil e CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais.



A caracterização geológico-geotécnica das rochas e solos abrangidos na Área de Estudo regional e local do Meio Físico adotou os critérios de classificação do Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010) e o Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno como Subsídio ao Planejamento Territorial (CPRM, 2016). Os aspectos geotécnicos foram descritos em relação à capacidade de suporte, escavabilidade, suscetibilidade aos processos erosivos, rupturas de taludes e inundações dos terrenos. Feições erosivas e aquelas relacionadas com movimentos de massa foram descritas segundo aspectos morfológicos, litológicos, estruturais, geotécnicos e fatores condicionantes.

### 11.5.2 Contextualização Geotectônica

A área de estudo situa-se na borda leste do Quadrilátero Ferrífero (QF), considerada a mais importante província mineral do sudeste do Brasil. O Quadrilátero Ferrífero localiza-se na porção centro-sudeste do Estado de Minas Gerais e ocupa uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>. A denominação “Quadrilátero” se deu em função do arranjo geométrico de sua morfoestrutura e o adjetivo “Ferrífero” em função de suas formações geológicas que contêm tais recursos em quantidade relevante (MACHADO e AZEVEDO, 2012).

A região possui seus vértices delimitados pelos municípios de Congonhas, Mariana, Itabira e Itaúna e é internacionalmente reconhecida como um importante terreno pré-cambriano com significativos recursos minerais, em especial ouro e ferro, com ocorrências subordinadas de depósitos manganésíferos, calcário, bauxita, argila, caulim, dentre outros.

O Quadrilátero Ferrífero tem geometria definida por estruturas de megadobras sinformes e antiformes, truncadas por cinturões de falhas de empurrão, de direção norte-sul em sua porção oriental. As primeiras estruturas estabelecem seus limites norte, sul, oeste e leste, representados pela homoclinal da Serra do Curral e sinclinais Dom Bosco, Moeda e Santa Rita. A leste, além da Sinclinal Santa Rita, os sinclinais Gandarela, Ouro Fino e Conta História apresentam suas feições como amplo arco de direção norte-sul, segmentados pelos cinturões de falhas de empurrão atribuídas ao Ciclo Tectônico Brasileiro (considerado como sucessivos episódios colisionais relacionados à aglutinação de Gondwana ocidental ocorridos no final do Pré - Cambriano) (BALTAZAR et al., 2005).

A parte ocidental do Quadrilátero Ferrífero apresenta feições que evidenciam uma deformação transamazônica, representadas por cinturão de dobras e falhas de direção NE/SW e vergência para NW. Ainda na parte ocidental do Quadrilátero Ferrífero, dobras e falhas de empurrão, de direção NW/SE e vergência para SW são atribuídas a uma tectônica Arqueana (BALTAZAR et al., 2005).



Vários modelos tectônicos foram propostos para explicar o complexo padrão do Quadrilátero Ferrífero, dentre os quais destaca-se o trabalho de Alkmim & Marshak (1998), que sugerem que o Quadrilátero passou por quatro fases de deformação, baseados em resultados de estudos estruturais e em avaliações de dados compilados. Os autores apresentam uma síntese da evolução tectônica da região, indicada a seguir:

- Formação dos terrenos granito-*greenstone* arqueanos: o embasamento de rochas cristalinas mais antigas da região do Quadrilátero Ferrífero tem idade de 3200 Ma. Todos os fragmentos de crosta continental desta idade serviram como embasamento, e entre 2800-2700 Ma depositaram-se sucessões sedimentares e de rochas verdes (Supergrupo Rio das Velhas), provavelmente em uma margem convergente. O plutonismo granitóide criou um clássico cinturão arqueano granito-*greenstone*, com domos de granitos cercados por porções de *greenstone*;
- Formação da Bacia Minas: entre 2600-2400 Ma, a região do Quadrilátero Ferrífero passou de uma porção plataformal continental para uma bacia de margem passiva. O início desta bacia representa um evento extensional, como indicado pelas fácies e ambientes de deposição do Grupo Caraça (RENGER et al., 1993);
- Evento Transamazônico (D1): aproximadamente em 2100 Ma, a região do Quadrilátero Ferrífero é envolvida por um cinturão de dobramentos e cavalgamentos com vergência para noroeste, resultando no desenvolvimento de zonas de cisalhamento e dobras em escala regional, bem como, subordinadamente, em dobras parasíticas. O desenvolvimento de um cinturão de dobramentos e cavalgamentos transamazônico ocorreu logo após a deposição do Grupo Sabará, em 2125 Ma;
- Colapso Orogênico Transamazônico (DC): entre 2095 e 2051 Ma, estabeleceu-se, regionalmente, um regime extensional com o desenvolvimento de terrenos em domos e quilhas;
- Rifte Espinhaço (DE): a formação da Bacia Espinhaço se reflete no Quadrilátero Ferrífero com a intrusão de diques de diabásio em torno de 1750 Ma. Entre 1000-900 Ma ocorre desenvolvimento extensional propiciando a formação de uma bacia oceânica (PEDROSA SOARES et al., 1992);
- Brasileiro (D2): o segundo evento contraccional ocorreu entre 700-430 Ma e criou um cinturão de dobramentos e cavalgamentos com vergência para oeste que reativou antigas estruturas do Quadrilátero Ferrífero. Este evento representa um dos últimos orógenos colisionais que formaram o supercontinente Gondwana resultando, também, na reativação de zonas de cisalhamento e falhas que bordejam os domos com *trends* para oeste.

A figura a seguir sintetiza de forma esquemática a evolução geológica da região do Quadrilátero Ferrífero.

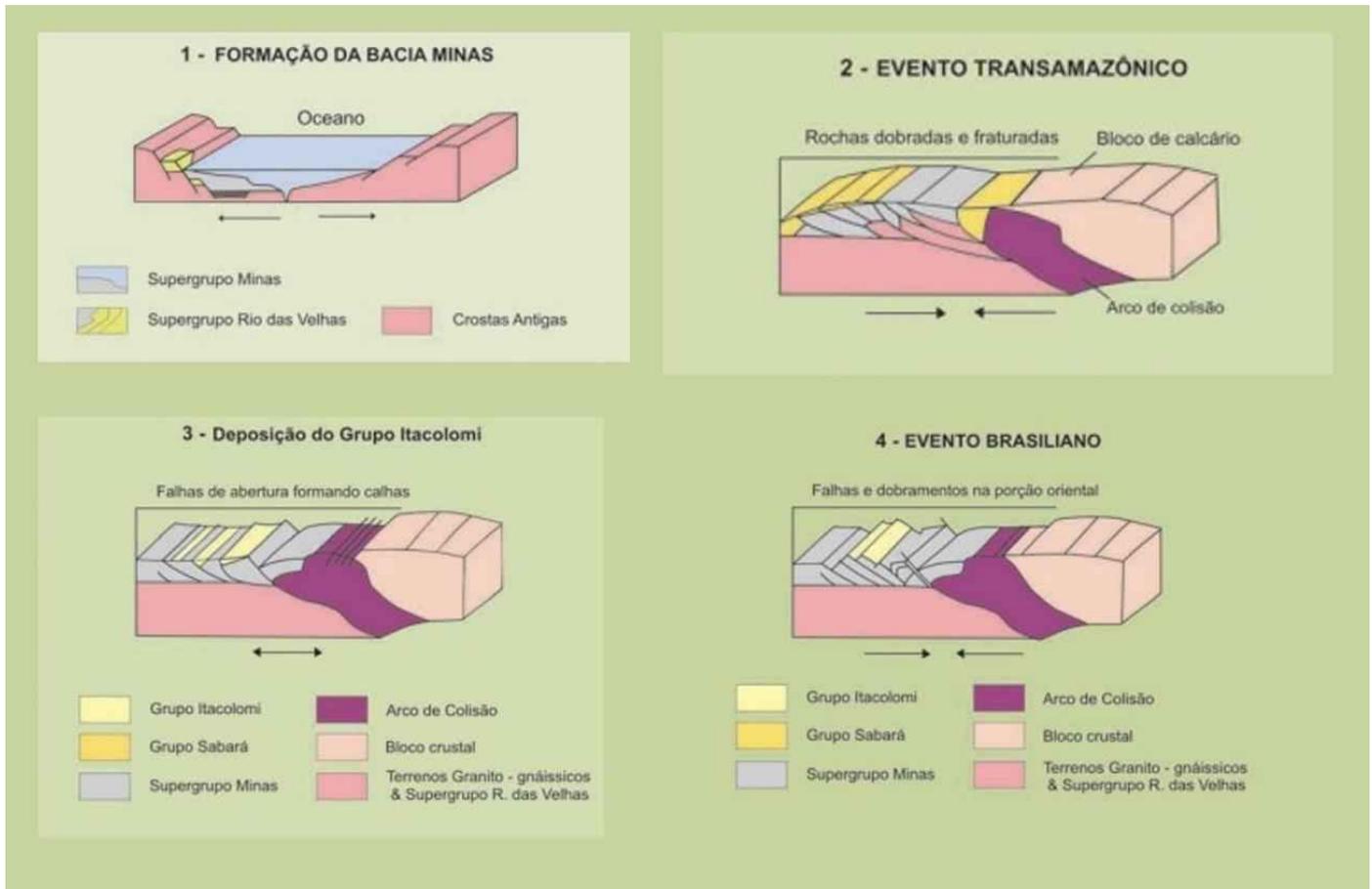


Figura 11-26 - Síntese esquemática para a Evolução Geológica do Quadrilátero Ferrífero.

Fonte: Adaptado de Azevedo et al., (2012).

Segundo Azevedo et al., (2012) a geologia do Quadrilátero Ferrífero é caracterizada por um complexo metamórfico basal, uma sequência do tipo *greenstone belt*, representada pelo Supergrupo Rio das Velhas, e sequências metassedimentares paleo e mesoproterozoicas representadas pelo Supergrupo Minas, Grupo Sabará, Grupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço, representados na Figura 11-27.

De acordo com o Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno como Subsídio ao Planejamento Territorial (CPRM, 2016), a área de estudo se insere, sob contexto geoquímico e mineralógico, em terrenos ricos em mineralizações de ouro devido a associação geológica das rochas máficas-ultramáficas de ambiente *greenstone belt* associados à Sequências vulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas.

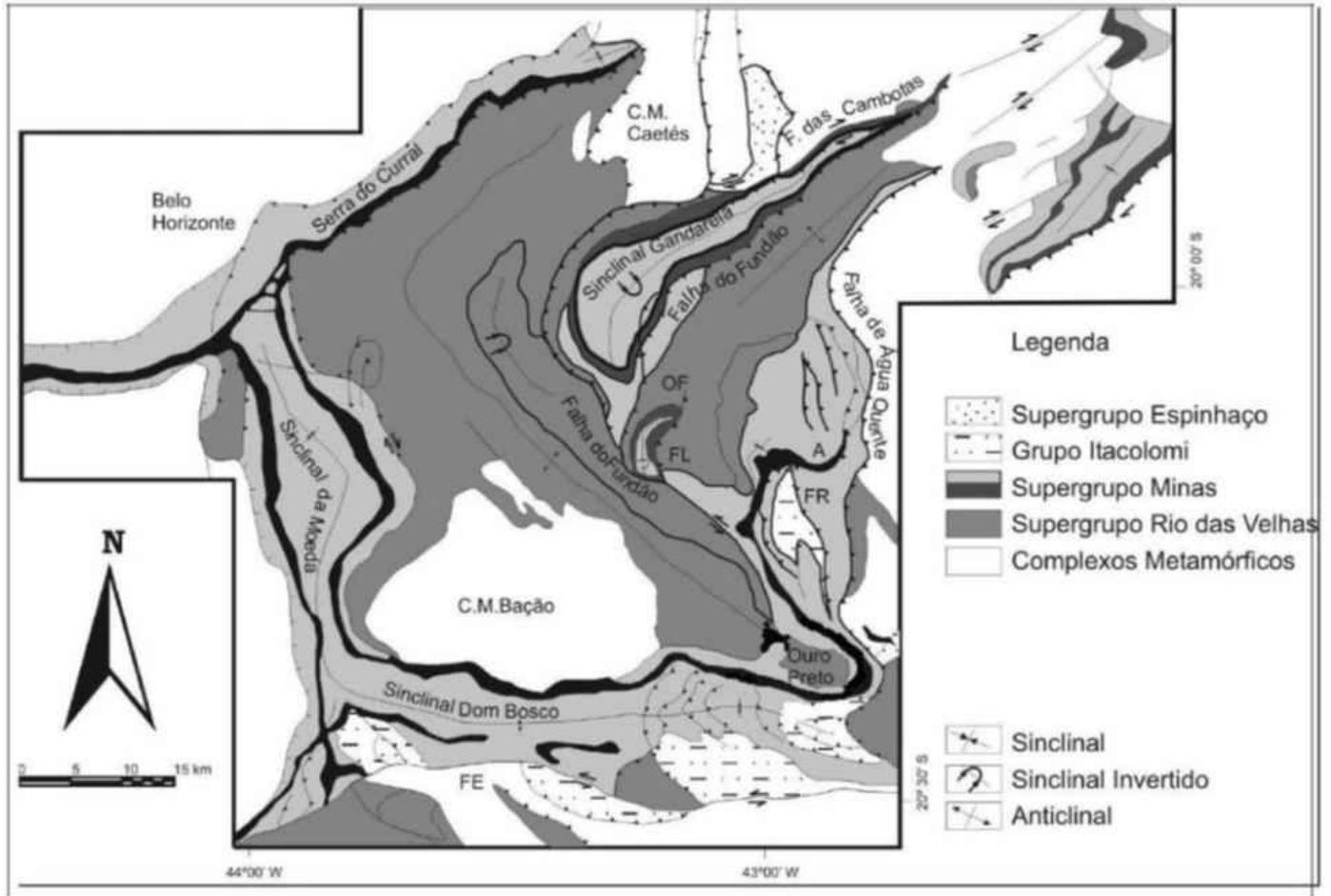


Figura 11-27 - Geologia do Quadrilátero Ferrífero

Fonte: Lobato et al, 2001.

### 11.5.3 Sucessão Litoestratigráfica

Diversos autores estudaram a sucessão estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, sendo dividida em escala regional em quatro conjuntos maiores, conforme descrição a seguir e ilustrado na figura a seguir.

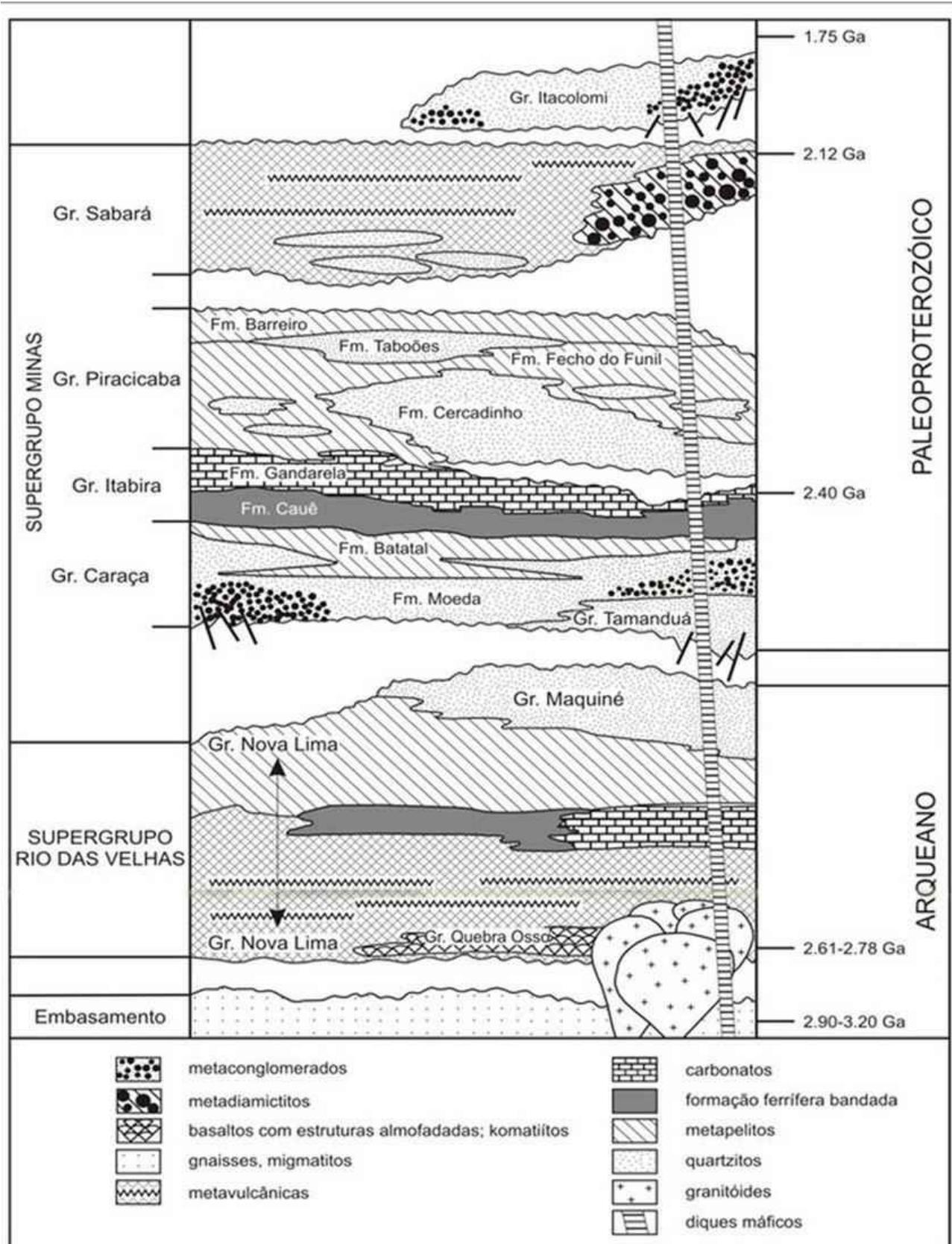


Figura 11-28 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.

Fonte: Alkmim e Marshak 1998



- **Terrenos granito - gnáissicos de idade arqueana:**

Os complexos metamórficos de rochas cristalinas arqueanas são formados por uma diversidade litológica que aflora nas adjacências e na porção central do Quadrilátero Ferrífero, no denominado Complexo Bação. Esses terrenos foram definidos como embasamento por Marshak & Alkimin (1989) e possuem idades que variam de 3,28 e 2,61 Ga. O embasamento é composto por rochas gnáissicos-migmatíticas polideformadas de composição tonalítica granítica e, subordinadamente têm-se a ocorrência de granitos, granodioritos, anfibolitos e rochas ultramáficas.

- **Sequências vulcanossedimentares arqueanas:**

O Supergrupo Rio das Velhas é composto por uma sucessão *greenstone belt*, que inclui metavulcânicas (komatiitos, basaltos, vulcanoclásticas) e metassedimentos, incluindo formações ferríferas, carbonatos e terrígenos. Segundo Dorr (1969), as rochas dessas unidades são compostas pelos grupos Nova Lima, Maquiné e Quebra Osso.

O Grupo Nova Lima é a unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas sendo constituído por filitos, filitos grafitosos, clorita-xistos, sericita-xistos, metagrauvacas, rochas máficas e ultramáficas, formações ferríferas do tipo Álgoma, metacherts e metadolomitos. formado pelas associações de litofácies, da base para o topo: (1) associação metavulcânica-plutônica máfica-ultramáfica; (2) metavulcano-sedimentar química; (3) metassedimentar química-pelítica; (4) metavulcanossedimentar clástica; (5) metassedimentar clástica marinha (ressedimentada).

O Grupo Quebra Osso foi definido por Schorscher (1978) como uma associação de rochas sotopostas ao Grupo Nova Lima. O Grupo Quebra Osso, unidade basal do *greenstone belt* Rio das Velhas, é considerado um dos principais segmentos do magmatismo ultrabásico no Quadrilátero Ferrífero. Esse grupo indiviso compreende metakomatiitos e, subordinadamente, metatufos ultramáficos e rochas metassedimentares (formações ferríferas bandadas, metachert, filitos carbonosos e fuchsita-quartzo xistos).

O Grupo Maquiné é a unidade de topo do Supergrupo Rio das Velhas e tem ocorrência restrita à porção centro-leste do Quadrilátero Ferrífero. Segundo Dorr (1969), este grupo é composto pelas formações, da base para o topo: Palmital, constituída por quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos; e Casa Forte, originalmente definida por Gair (1962), constituída por quartzitos sericíticos, cloríticos a xistosos e filitos (DORR, 1969).

- **Sequências de coberturas sedimentares e vulcanossedimentares proterozóicas:**

O Supergrupo Minas é composto por quatro Grupos: Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará (DORR, 1969). Esta unidade sobrepõe-se geralmente às rochas dos complexos metamórficos e Supergrupo Rio das Velhas em contato tectônico. Esse supergrupo, com idade máxima de 2650 Ma, tem como camada-guia formações ferríferas do tipo Lago Superior.



A base da unidade é o Grupo Caraça, que apresenta as Formações Moeda, inferior, e Batatal, superior. A Formação Moeda é constituída por quartzitos com intercalações de filito e níveis conglomeráticos. Na Formação Batatal, predominam filitos sericíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos. A unidade intermediária é o Grupo Itabira constituído por uma sequência de metassedimentos químicos iniciada pela Formação Cauê seguida da Formação Gandarela. A Formação Cauê é composta por itabirito, itabirito dolomítico, dolomito ferruginoso e filito. A Formação Gandarela é formada por dolomitos, filito dolomítico e dolomito silicoso. A unidade de topo é o Grupo Piracicaba, com as seguintes formações da base para o topo: Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro.

A Formação Cercadinho caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos, frequentemente ferruginosos. A Formação Fecho do Funil é constituída por filitos, filitos dolomíticos e lentes de dolomito. Os ortoquartzitos de granulometria fina da Formação Taboões e os filitos e filitos grafitosos da Formação Barreiro são de ocorrência restrita.

O Grupo Sabará, porção mais jovem do Supergrupo Minas, é separado das unidades basais por discordância. Este contém zircões detríticos de 2125 Ma (Rolim & Alkmim, 2004), e é constituído por clorita xistos e filitos, metagrauvas, metaconglomerados, quartzitos e raras formações ferríferas. Suas rochas afloram praticamente em todo o Quadrilátero Ferrífero. O Grupo Itacolomi é restrito às porções sudeste e sul do Quadrilátero Ferrífero e assenta discordantemente sobre todas as demais unidades. É constituído por quartzitos, quartzitos conglomeráticos e lentes de conglomerados com seixos de itabirito, filito, quartzito e quartzo de veio. Os grupos Sabará e Itacolomi são interpretados, respectivamente, como depósitos sin e pós tectônicos em relação ao Evento Transamazônico (Alkmim & Marshak, 1998). O Supergrupo Espinhaço ocorre na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, representado pelo pacote quartzítico da serra de Cambotas.

No contexto geológico regional do Quadrilátero Ferrífero, além da sequência estratigráfica descrita anteriormente, destaca-se também a presença de rochas básicas e metabásicas intrusivas que cortam as sequências supracrustais e os terrenos granito-gnáissicos especialmente a oeste de Belo Horizonte e na serra do Caraça.

- **Coberturas sedimentares recentes.**

O Fanerozoico encontra-se restrito a pequenas bacias intramontanas cenozoicas, como as bacias do Gandarela e do Fonseca, representado essencialmente por rochas pelíticas, linhitos da Formação Fonseca e conglomerados compostos por clastos de itabiritos da Formação Chapada de Canga (Azevedo *et al.*, 2012).

Segundo Baltazar *et al.* (2005), as coberturas sedimentares recentes são principalmente representadas por depósitos de argilas laterizadas (*mudstone*), depósitos elúvio-colúviais com capeamento limonítico (chapadas de canga), sedimentos lacustres e fluviolacustres e coberturas detrítico-lateríticas.



#### 11.5.4 Contextualização da Área de Estudo Regional

A partir de consulta ao Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (HEINECK et al., 2003) em escala de 1:1.000.000 bem como arquivos vetoriais (*shapefile*) da versão mais atual do referido mapa (SILVA et al., 2020), ao sobrepor a abrangência da Área de Estudo Regional, observa-se que afloram rochas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas. O mapa geológico produzido para o Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, que apresenta a delimitação espacial da Área de Estudo Regional bem como a Área de Estudo Local, é apresentado na íntegra no Anexo I (Volume II).

Originalmente definido como Série Rio das Velhas e subdividido nos grupos Nova Lima e Maquiné (DORR et al. 1957), e este em formações Palmital (O'ROURKE, 1957) e Casa Forte (GAIR, 1962), foi posteriormente renomeado como Supergrupo Rio das Velhas (LOCKZY & LADEIRA 1976) com inclusão do Grupo Quebra Osso na base da sequência por Schorscher (1979). Assim, atualmente o Supergrupo Rio das Velhas subdivide-se, da base ao topo, nos grupos Quebra Osso (RVQO), Nova Lima (RVNL) e Maquiné (RVM) segundo os autores Dorr (1969), Ladeira (1980) e Inda et al (1984).

O Grupo Quebra Osso (SCHORSCHER, 1978; INDA et al., 1984) é constituído por rochas metavulcânicas ultramáficas e máficas, de filiação komatiítica, com raras e delgadas intercalações de formações ferríferas e de metacherte.

O Grupo Nova Lima (DORR, 1969) engloba metassedimentos pelíticos e psamíticos, metavulcanitos básicos a ácidos, formações ferríferas, formações manganíferas (gonditos, queluzitos), metacherte e raros dolomitos e conglomerados, (LADEIRA, 1980). No topo do supergrupo encontra-se o Grupo Maquiné (DORR, 1969) que é constituído por metassedimentos detríticos (quartzitos, filitos, conglomerados).

A subdivisão estratigráfica informal, proposta pela equipe do Projeto Rio das Velhas (ZUCCHETTI et al., 1996, 1998; Baltazar & Silva 1996) e modificada por Baltazar & Zucchetti (2005), é mantida com modificações para o Grupo Nova Lima e para as duas formações que compõem o Grupo Maquiné. As unidades litoestratigráficas informais foram propostas a partir do agrupamento dos litotipos constituintes dos grupos Nova Lima e Maquiné em associações de litofácies, caracterizadas em trabalhos de campo, com apoio de estudos petrográficos e litoquímicos. Isto possibilitou a elaboração de uma coluna simplificada, apresentada a seguir, a qual não constitui um empilhamento estratigráfico formal, mas apenas uma coluna composta, considerando-se o caráter polideformado da área, com repetição e omissão de camadas, sendo necessários estudos mais detalhados de natureza estrutural, estratigráfica e geocronológicos.

As associações de litofácies e suas respectivas unidades litoestratigráficas correspondentes são, da base para o topo, as seguintes:

- Associação vulcânico-plutônica máfica-ultramáfica: Grupo Quebra Osso e unidade Ouro Fino do Grupo Nova Lima (GNL);
- Associação vulcanossedimentar química: unidade Morro Vermelho;
- Associação metassedimentar química-pelítica: unidade Santa Quitéria;



- Associação metavulcanoclástica: unidades Ribeirão Vermelho e Mestre Caetano;
- Associação ressedimentada: unidades Mindá e Córrego do Sítio, nos setores norte e leste; unidades Catarina Mendes, Fazenda Velha e Córrego da Paina, no setor sul; unidade Rio de Pedras da Formação Palmital do Grupo Maquiné;
- Associação costeira (ou litorânea): unidades Pau D'Óleo e Andaimés;
- Associação não-marinha: unidades Chica Dona, Jaguará, Córrego do Engenho e Capanema, da Formação Casa Forte do Grupo Maquiné.

Conforme indicado na Figura 11-29 e no Mapa Geológico (Anexo I - Volume II), as associações de litofácies que afloram na Área de Estudo Regional são: associação vulcânica máfica-ultramáfica, associação metavulcanoclástica e associação ressedimentada. A associação vulcânica máfica-ultramáfica é composta pelas rochas do Grupo Quebra Osso e unidade Ouro Fino (A3rnof) do Grupo Nova Lima (GNL); a associação metavulcanoclástica por rochas da Unidade Mestre Caetano (A3rnm), enquanto a associação ressedimentada é marcada apenas pela unidade Mindá (A4rnm). As associações de rochas para as unidades supracitadas são apresentadas a seguir.

#### **11.5.4.1 Associação vulcânico-plutônica máfica-ultramáfica**

Na Área de Estudo Regional afloram rochas da unidade basal Ouro Fino do Grupo Nova Lima, na qual predominam metabasaltos toleíticos e komatiíticos, metaperidotitos, metatufos básicos, metavulcânicas ácidas, formações ferríferas, metacherts e xistos carbonosos.

#### **11.5.4.2 Associação metavulcanoclástica**

Desta associação, afloram na Área de Estudo Regional rochas da Unidade Mestre Caetano, marcadas por sericita-clorita-quartzos, sericita-clorita xistos, sericita xistos, xistos carbonosos, formações ferríferas bandadas (BIF's) e quartzo-anketirta xistos subordinados. Secundariamente ocorrem conglomerados, talco-xistos, xistos grafitosos e quartizitos sericiticos.

#### **11.5.4.3 Associação ressedimentada**

Esta associação é marcada na Área de Estudo Regional pela abrangência de rochas da Unidade Mindá, cujos principais litotipos são: plagioclásio-clorita-micas, sericita-moscovita-quartzos, quartzo-clorita-mica xistos. Xistos carbonosos e formações ferríferas são subordinados. Representam predominantemente metapsamitos e metapelitos intercalados, com estratificação gradacional preservada e sedimentos químicos subordinados.

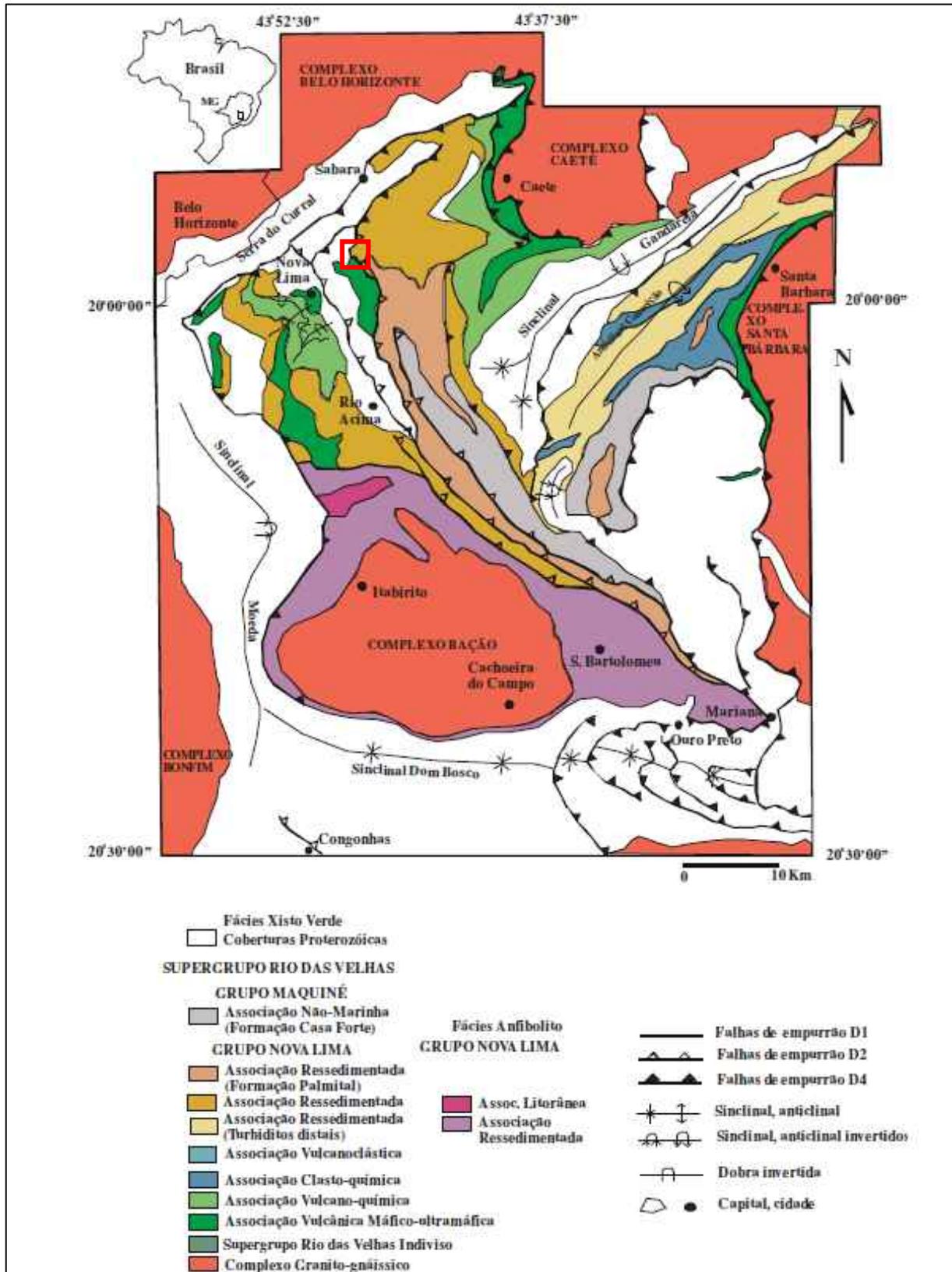


Figura 11-29 - Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com as associações de litofácies do Supergrupo Rio das Velhas e destaque para localização aproximada da Área de Estudo Regional

Fonte: Baltazar & Zucchetti, (2005).



### 11.5.5 Contextualização da Área de Estudo Local

Como a Área de Estudo Local se refere a um refinamento poligonal a partir da delimitação da Área de Estudo Regional, observa-se que, a partir da análise do mapa geológico apresentado no Anexo I (Volume II), a unidade geológica de maior predominância espacial na Área de Estudo Local corresponde a Unidade Mestre Caetano do Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas). Secundariamente, limitada à porção nordeste da Área de Estudo Local, aflora uma delgada porção de rochas da Unidade Ouro Fino.

Assim, considerando a abrangência da Área de Estudo Local, assume-se a mesma contextualização litoestratigráfica e geotectônica que foi abordada na caracterização geológica regional. Conforme já mencionado, da Unidade Mestre Caetano aflora na Área de Estudo Local majoritariamente sericita-clorita xistos, seguido por lentes de quartzo-ankerita xisto (ls-lapa seca), quartzitos sericiticos (qts) e conglomerados (cg). Da Unidade Ouro Fino afloram preferencialmente metabasaltos toleipiticos e komatiíticos, e porções restritas de talco xisto (tx) e formações ferríferas (ff).

Cabe ainda ressaltar que, segundo o mapeamento da CPRM (2010), a associação máfica-ultramáfica é de ambiência geológica e mineralógica favorável à ocorrência de ouro, cobre, chumbo, zinco, cromo, ferro, manganês, barita, magnesita, talco, quartzitos e pedras preciosas; contribuindo para classificar - dentro da sucessão litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero - esta associação como de maior concentração de mineralização em ferro e ouro.

### 11.5.6 Classificação Geológico-Geotécnico

Conforme mencionado na metodologia, a fim de caracterizar os domínios geológico-geotécnicos da área de estudo fez-se consulta ao Projeto APA Sul RMBH (MEDINA et al., 2005), o qual apresenta caracterização das unidades geológico-geotécnicas da APA Sul inseridas no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero. Além deste estudo, cabe mencionar consulta aos dados de mapeamentos mais recentes realizados pela CPRM, a exemplo: Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010) e Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno como Subsídio ao Planejamento Territorial (CPRM, 2016).

O referido mapeamento do Projeto APA Sul classifica a porção leste do Quadrilátero Ferrífero, onde se insere o Área de Estudo do projeto da Pilha H2 como Unidade Geotécnica Xistos, sub-dividindo a unidade conforme nomenclatura (Ug\_X-ep) para as rochas das unidades Córrego do Sítio, Mestre Caetano e Ouro Fino do Supergrupo Rio das Velhas/Grupo Nova Lima. Segundo tal bibliografia, a capacidade de suporte desta unidade é moderada a alta, cuja variabilidade é dependente das relações espaciais entre o carregamento e os planos da foliação, sendo maior quando aplicada perpendicularmente aos planos e menor quando aplicada paralelamente à foliação.



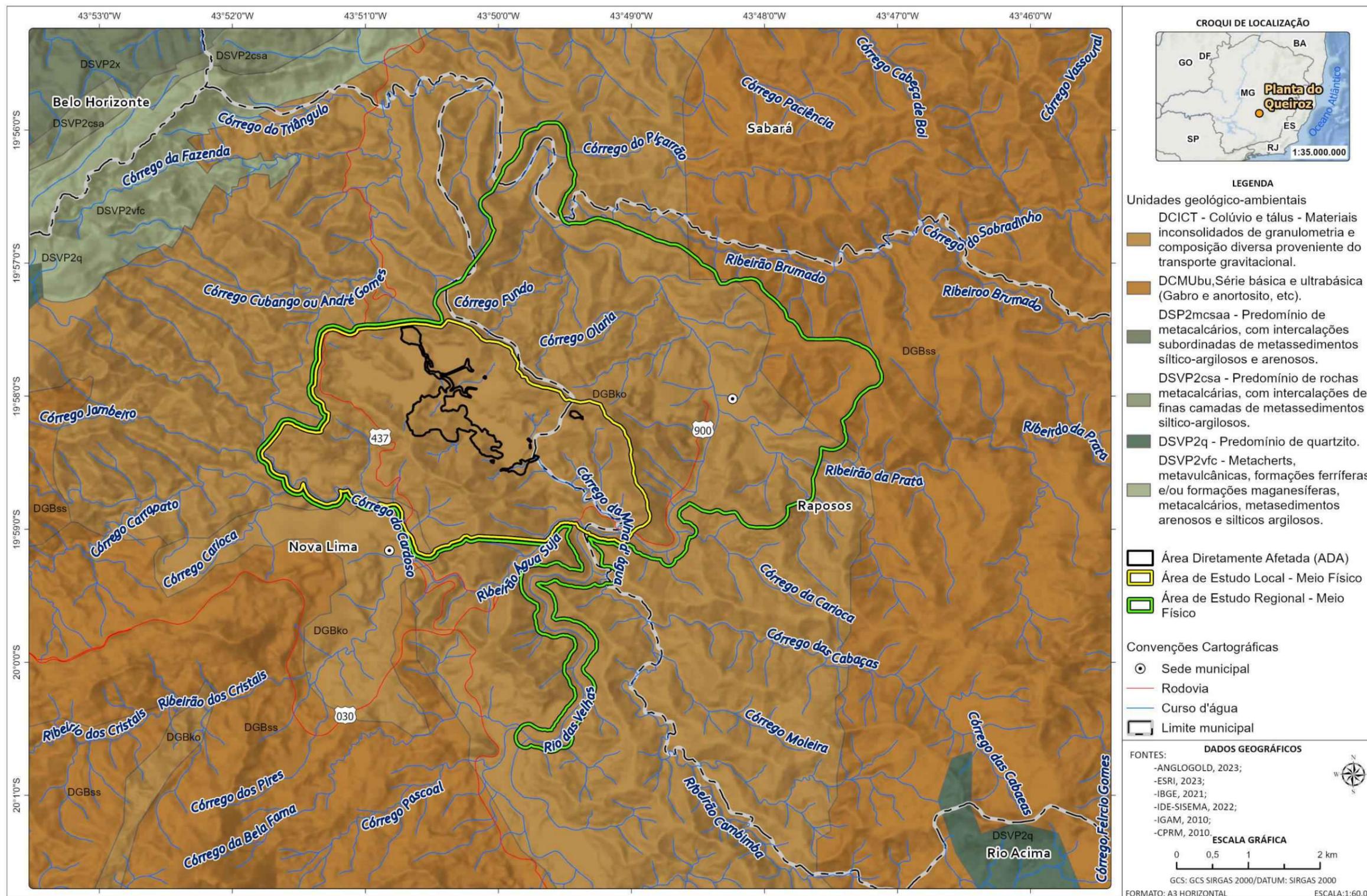
A escavabilidade é variável de fácil a moderada, sendo influenciada pelas relações espaciais entre os planos da foliação e o plano de corte, sendo fácil quando paralela e mais difícil quando perpendicular à foliação. Localmente, a escavabilidade pode ser difícil a muito difícil, devido à possível presença de horizontes ou níveis de formação ferrífera, quartzitos e cangas. A suscetibilidade a movimentos de massa é variável de alta a muito alta, sendo fortemente condicionada pelas relações espaciais entre a face do talude, a foliação e demais estruturas geológicas como falhas e fraturas. A estabilidade dos taludes é condicionada também pela morfologia, declividade dos terrenos e, fundamentalmente, pelas formas de ocupação, onde a implantação de condomínios com arruamentos, cortes e aterros, resultaram no aumento da fragilidade da unidade à ruptura de taludes.

O Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno como Subsídio ao Planejamento Territorial (CPRM, 2016), por sua vez, apresenta revisão bibliográfica mais recente das divisões em domínios geológico-geotécnicos apresentadas no Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010), correlacionando a análise litoestratigráfica de rochas de diferentes formações e/ou grupos a comportamentos geotécnicos semelhantes. Assim, as unidades geológicas são reagrupadas em domínios geológico-ambientais de acordo com o compilado de dados de ambos os mapeamentos da CPRM (2010 e 2016).

Pela avaliação dos dados apresentados nos estudos supracitados, na Área de Estudo - tanto Regional quanto Local - conforme apresentado no mapa da Figura 11-30 predomina o **Domínio 5 - Sequências metassedimentares e metavulcanossedimentares neo-arqueozoicas, relacionadas ao Greenstone Belt Rio das Velhas** representada pela *Unidade Geológico-Geotécnica Grupo Nova Lima*, marcada por xistos e filitos vulcanogênicos básicos e intermediários e metassedimentos clasto-químicos, incluindo formações ferríferas. Esta unidade geológico-geotécnica é caracterizada por irregularidades verticais de litologias, que são dotadas de diferentes aspectos mineralógicos, hidráulicos e geomecânicos.

A variação das características geotécnicas se deve ao fato de se intercalarem irregularmente entre si litotipos de origem vulcânica com litotipos de origem clasto-química, ambos quase sempre diferentemente alterados na faixa do moderado ao elevado grau, o que confere ao conjunto muito alta erodibilidade e instabilidade por exposição em taludes de corte (CPRM, 2016). Quando são e/ou sob baixo grau de intemperismo químico, as litologias apresentam resistência ao corte que varia entre moderada a alta. Não são facilmente removíveis, necessitando de uso de explosivo para desmonte de material.

Devido a intenso fraturamento e dobramento presentes nos maciços e à variabilidade no padrão de mergulhos dos estratos, as unidades geológico-ambientais do **Domínio 5** apresentam alto potencial para ocorrência de deslocamento e queda de blocos em taludes de corte (CPRM, 2010). As litologias presentes nesse domínio sofrem processo de alteração heterogênea, o que condiciona a existência de blocos e/ou matacões em meio ao manto de alteração, dificultando a execução de obras subterrâneas e pode gerar instabilização de edificações.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-30 - Mapa das Unidades Geológico-Geotécnicas

Elaboração: Arcadis, 2023.



### 11.5.7 Síntese conclusiva

Conforme as informações supracitadas, a área do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz se insere no Quadrilátero Ferrífero, maior província mineral do Brasil. Conhecida por sua relevância na indústria mineral, sua geologia é marcada por formações rochosas antigas, que datam desde o arqueano até o período Proterozoico, aproximadamente entre 2,7 bilhões e 541 milhões de anos atrás.

Na sequência lito-estratigráfica afloram na Área de Estudo Regional, em maior proporção, rochas metavulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas. O Supergrupo Rio das Velhas é composto por uma sucessão *greenstone belt*, que inclui metavulcânicas (komatiitos, basaltos, vulcanoclásticas) e metassedimentos, incluindo formações ferríferas, carbonatos e terrígenos; sendo o supergrupo dividido nos grupos: Nova Lima, Maquiné e Quebra Osso.

Dos referidos grupos, ocorrem em maior abrangência espacial na Área de Estudo Regional as rochas do Grupo Nova Lima. Esta é a unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas sendo constituído por filitos, filitos grafitosos, clorita-xistos, sericita-xistos, metagrauvacas, rochas máficas e ultramáficas, formações ferríferas do tipo Álgoima, metacherts e metadolomitos formado pelas associações de litofácies, da base para o topo: (1) associação metavulcânica-plutônica máfica-ultramáfica; (2) metavulcano-sedimentar química; (3) metassedimentar química-pelítica; (4) metavulcanossedimentar clástica; (5) metassedimentar clástica marinha (ressedimentada).

Dentro deste contexto litoestratigráfico, a unidade geológica de maior predominância espacial na Área de Estudo Local corresponde à associação metavulcânica-plutônica máfica-ultramáfica e associação metavulcanoclástica, compostas respectivamente pelas unidades Unidade Ouro Fino e Mestre Caetano do Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas).

A Unidade Mestre Caetano ocorre em maior extensão territorial na Área de Estudo Local, sendo aflorantes rochas como sericita-clorita-quartzos, sericita-clorita xistos, sericita xistos, xistos carbonosos, formações ferríferas bandadas (BIF's) e quartzo-anketirta xistos subordinados. Secundariamente ocorrem conglomerados, talco-xistos, xistos grafitosos e quartzitos sericiticos. Já as rochas da Unidade Ouro Fino afloram em delgada porção limítrofe à norte/nordeste da Área de Estudo Local, ocorrendo afloramentos de metabasaltos toleipiticos e komatiíticos, e porções restritas de talco xisto (tx) e formações ferríferas (ff).

Cabe ainda ressaltar que, segundo o mapeamento da CPRM (2010), as rochas da unidade basal Ouro Fino do Grupo Nova Lima são as de ambiência geológica e mineralógica mais favorável à ocorrência de ouro, cobre, chumbo, zinco, cromo, ferro, manganês, barita, magnesita, talco, quartzitos e pedras preciosas; contribuindo para classificar - dentro da sucessão litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero - esta associação como de maior concentração de mineralização em ferro e ouro.



Não menos importante, cabe mencionar que as rochas do Grupo Nova Lima, dentro do contexto geológico-geotécnico, se classificam como pertencentes ao **Domínio 5 - Sequências metassedimentares e metavulcanossedimentares neo-arqueozoicas, relacionadas ao Greenstone Belt Rio das Velhas**, as quais se configuram como rochas que apresentam alto potencial para ocorrência de deslocamento e queda de blocos em taludes de corte. Quando são e/ou sob baixo grau de intemperismo químico, as litologias apresentam resistência ao corte que varia entre moderada a alta.

## 11.6 Geomorfologia

A geomorfologia tem por objetivo analisar as formas do relevo, considerando aspectos relacionados à sua gênese e evolução. Seu estudo desempenha um papel fundamental na compreensão e interpretação da paisagem, contribuindo para o entendimento dos fatores naturais e antrópicos que modelam a superfície terrestre.

Sendo assim, a análise geomorfológica desempenha papel fundamental em um estudo de impacto ambiental. Através desta, é possível compreender os processos naturais que moldam a paisagem e avaliar como estes podem ser alterados a partir da implantação de um novo empreendimento ou atividade antrópica.

Neste contexto, a presente caracterização busca descrever e analisar os aspectos geomorfológicos relevantes da área de estudo, bem como identificar as possíveis interações entre esses elementos e o empreendimento a ser instalado. Ademais, a partir deste diagnóstico será possível fornecer informações que subsidiem eventuais medidas de prevenção, mitigação ou compensação de impactos ambientais ocasionados pelas intervenções antrópicas previstas.

### 11.6.1 Metodologia

A caracterização geomorfológica das áreas de estudo baseou-se em informações secundárias disponíveis na literatura e relacionáveis à área de inserção do Projeto. Dentre as referências utilizadas, destaca-se o mapa de compartimentos do relevo elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em escala 1:250.000 (2018).

A análise das informações deste mapeamento se deu a partir da metodologia de hierarquização dos diferentes táxons do relevo proposta no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), a qual permite a definição hierárquica de quatro unidades taxonômicas. Considerando a escala de mapeamento (1:250.000), foram avaliados os três primeiros táxons, a saber: 1º - Domínios Morfoestruturais, definidos por elementos geotectônicos e arranjos megaestruturais que condicionam o relevo regional; 2º - Regiões Geomorfológicas, resultantes da atuação de processos de ordem tectonoclimática sobre o arcabouço litoestrutural, que incidem diretamente na evolução dos atuais modelados do relevo; 3º - Unidades Geomorfológicas, que configuram conjuntos de relevos com arranjos fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelados, resultantes de determinados processos de geomorfogênese.

Além deste, contribuíram para o desenvolvimento da análise a consulta aos mapas de geodiversidade do estado de Minas Gerais e de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações para os municípios de Nova Lima e Raposos, disponibilizados pela CPRM (2010; 2015), bem como mapas de hipsometria e declividade, elaborados a partir das imagens de satélite Alos com radar acoplado (Palsar), em resolução de 12,5m. O primeiro representa classes altimétricas com cotas que variam entre 600 e 1200 m. Já o segundo subsidiou a classificação do relevo em margens percentuais de 0-3% (plano), 3-8% (suave ondulado), 8-20% (ondulado) e 20-45% (forte ondulado).

Ademais, para análise do contexto geomorfológico utilizou-se como referência o documento Projeto APA Sul RMBH - Estudos do Meio Físico: Geomorfologia (MEDINA et al., 2005); bem como estudos ambientais pretéritos disponibilizados pelo empreendedor (GOLDER, 2016; SETE, 2018).

## 11.6.2 Contextualização Geomorfológica

Conforme mapeamento geomorfológico disponibilizado pelo IBGE para o estado de Minas Gerais (1:250.000), as áreas de estudo inserem-se na seguinte configuração geomorfológica, considerando as três primeiras divisões taxonômicas do relevo:

**Tabela 11-20 - Taxonomia Geomorfológica das Áreas de Estudo**

Domínio Morfoestrutural	Região Geomorfológica	Unidade Geomorfológica
Crátons Neoproterozóicos	Quadrilátero Ferrífero	Serras do Quadrilátero Ferrífero

*Elaboração: Arcadis, 2023.*

O Quadrilátero Ferrífero caracteriza-se como um dos conjuntos orográficos mais importantes do estado de Minas Gerais, concentrando a maior parte das reservas minerais do estado. Conforme Medina et.al., (2005), este está distribuído ao longo de uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>, possuindo altitudes médias que variam entre 800 e 900 metros, na qual sobressaem os alinhamentos de cristas com vales encaixados e vertentes ravinadas. O autor indica a ocorrência de cristas em altitudes de 1.200 metros, podendo atingir a cota de 2.000 metros conforme verificado em algumas localidades da serra do Caraça (SETE, 2018).

Segundo Almeida (1977), a região do Quadrilátero Ferrífero foi palco de diversos eventos tectônicos ocorridos ao longo do Arqueano e Proterozóico, que originaram um relevo dobrado em anticlinais e sinclinais. Os anticlinais foram erodidos e agora ocupam as porções inferiores do relevo, enquanto os sinclinais (protegidos em suas abas por litotipos mais resistentes), permaneceram suspensos. O Quadrilátero configura-se, assim, como um "mosaico formado por províncias geomorfológicas ligadas diretamente às condições estruturais, nas quais variações na declividade das vertentes e, sobretudo, variações altimétricas, se relacionam a variações litológicas" (VARAJÃO, 1991).



De forma geral, a região apresenta um complexo arcabouço geológico em termos litológicos e estruturais, que pode ser resumido nas seguintes unidades: Supergrupo Rio das Velhas, composto por quartzitos, xistos e filitos, que constituem uma sequência tipo *greenstone belt*; Supergrupo Minas, composto por rochas metassedimentares (quartzitos, xistos, filitos e formações ferríferas); e Grupo Itacolomi, constituído basicamente por quartzitos (SALGADO e SILVA, 2009). As rochas mais resistentes aos processos de intemperismo e erosão, os itabiritos e quartzitos, sustentam as serras que delimitam, em termos geomorfológicos, o Quadrilátero Ferrífero: Serra da Moeda, a oeste, Serra do Caraça, a leste, Serra do Curral/Piedade, a norte, e Serra de Ouro Branco, a sul. Por sua vez, a evolução geomorfológica regional rebaixou a porção central do Quadrilátero a partir da remoção das rochas mais friáveis, resultando na exposição das rochas do Complexo do Bação, uma unidade arqueana do embasamento cristalino de carácter granítico-gnáissico-migmatítico. A menor resistência litológica condiciona o modelado de colinas e morros suavizados, que diferencia o interior da região em relação às bordas serranas. Assim, de forma geral, três grandes compartimentos de relevo podem ser individualizados no quadrilátero ferrífero (KING, 1956; BARBOSA e RODRIGUES, 1965; DORR, 1969; BARBOSA, 1980 e VARAJÃO, 1991): (i) terras altas, que constituem as cotas mais elevadas da topografia, com ângulos gerais de vertentes frequentemente escarpados, associadas aos quartzitos e itabiritos; (ii) terras Intermediárias, constituídas por cristas frequentemente alongadas e estreitas, com ângulos de vertentes geralmente íngremes, em cotas de altitudes deprimidas em relação às Serranias adjacentes, associadas aos xistos e filitos; e (iii) terras baixas, formadas por colinas côncavas e convexas típicas, com ângulos de vertentes mais suaves, com expressão estrutural secundárias, associadas aos terrenos metamórficos granito-gnáissicos (SETE, 2018).

As Áreas de Estudo referentes ao Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz localizam-se na porção norte do Quadrilátero Ferrífero, no compartimento de relevo definido como “Terras Intermediárias” (SETE, 2018), em um prolongamento da Serra do Curral, que corresponde a uma relevante feição topográfica de expressão regional, com extensão próxima a 100 km e que representa um importante divisor hidrográfico entre as bacias hidrográficas do Rio Paraopeba e Rio das Velhas (MEDINA et.al., 2005).

### 11.6.3 Contextualização das Áreas de Estudos Regional e Local

Conforme destacado no item anterior, as áreas de estudo regional e local estão inseridas integralmente na unidade geomorfológica das Serras do Quadrilátero Ferrífero. A AER engloba, em sua extensão, toda a sub-bacia hidrográfica do córrego Mina d'Água, estendendo-se para o vale fluvial do rio das Velhas e abrangendo, ainda, os interflúvios que delimitam a área urbana de Raposos. A AEL, por sua vez, corresponde à bacia hidrográfica do córrego Mina d'Água sendo acrescida, a oeste, pelo divisor de águas adjacente, tendo sua delimitação no córrego do Cardoso.

Os efeitos do controle tectônico e litológico no modelado do relevo do Quadrilátero Ferrífero serviram de base para classificação e individualização geomorfológica deste em dez Unidades Morfoestruturais, classificação que foi empregada no mapeamento do Projeto APA Sul RMBH (MEDINA et.al., 2005). Dentre as unidades apresentadas, as áreas de estudo regional e local localizam-se no Vale Anticlinal do rio das Velhas - VRV.

O Vale Anticlinal do rio das Velhas se desenvolveu sobre as rochas Grupo Nova Lima, Supergrupo rio das Velhas, especialmente sobre xistos e filitos, e está limitado na região de estudo à norte-noroeste pela Crista Monoclinal da Serra

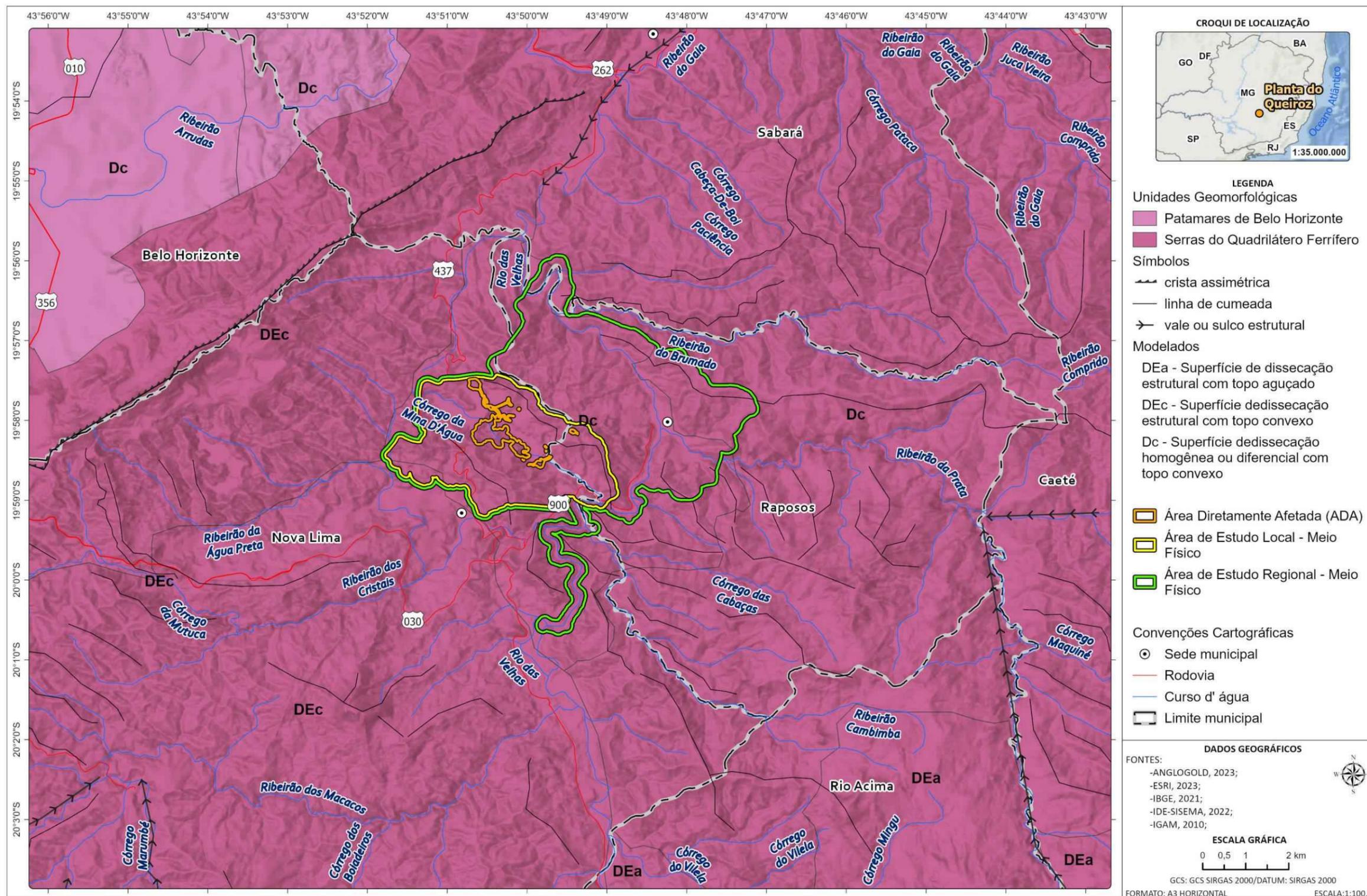


do Curral e a sul-sudeste pela Depressão Interplanáltica do Alto rio das Velhas (SETE, 2018). Esta unidade mostra-se compartimentada em feições de dissecação do relevo e de acumulação (planícies fluviais e terraços). Apresenta, em geral, uma morfologia composta por colinas suavizadas comparativamente às Serranias do entorno. Sua conformação resulta da ação das águas fluviais sobre as rochas xistosas do Grupo Nova Lima, com intensa dissecação, acarretando um relevo com altitudes que variam entre 700 e 950 m (SETE, 2018).

No que se refere aos padrões de relevo, conforme mapeamento realizado por CPRM (2010), nas Áreas de Estudo Regional e Local ocorre o Domínio Montanhoso, que corresponde a um padrão de relevo constituído por alinhamentos serranos, maciços montanhosos, front de *cuestas* e *hogbacks*. Suas formas são acidentadas, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Seu sistema de drenagem principal exhibe a predominância de processos de entalhamento, originando amplitudes de relevo acima de 300m, podendo ser inferiores localmente. A Figura 11-32 demonstra as áreas de estudo com relação aos padrões de relevo mapeados pela CPRM.

Quanto às características hipsométricas, representadas Figura 11-33 as altitudes variam entre 700 m e 1000 m, com as áreas mais baixas sendo representadas pelos vales fluviais do córrego Mina D'água e rio das Velhas. As maiores altimetrias, por sua vez, são observadas nos interflúvios que definem as sub-bacias locais, estando estes no intervalo entre as cotas de 900 e 1000 m.

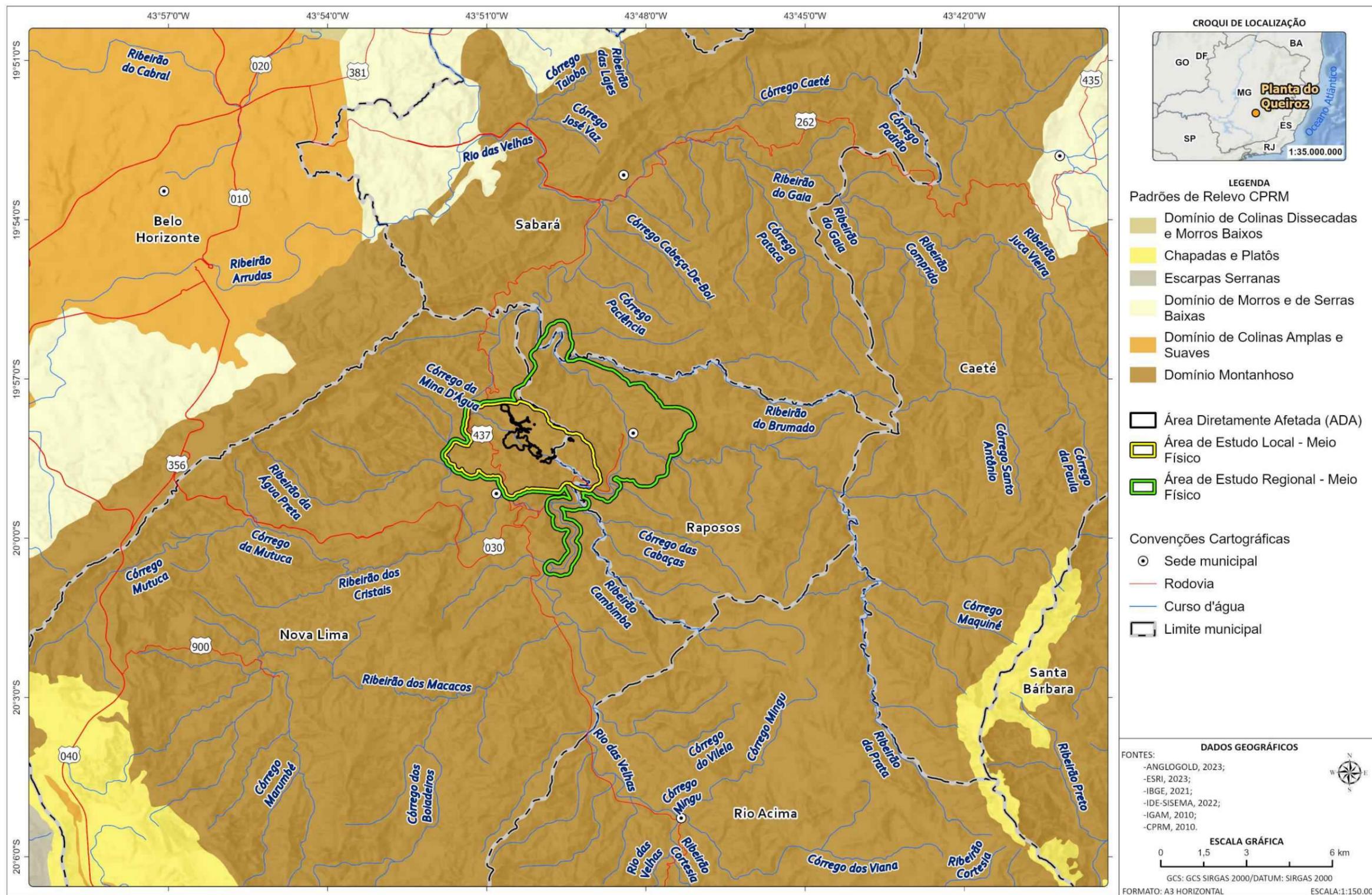
No que se refere à declividade nas áreas de estudo regional e local predominam o relevo caracterizado como fortemente ondulado a ondulado, com declividades entre 20% a 45%. Em algumas porções observa-se faixas com declividade características de relevos montanhosos, com declividades entre 45% e 75%. Também são observadas áreas que apresentam relevo escarpado, em que as declividades ultrapassam 75%. Estas, entretanto, ocorrem em pequenos trechos, pouco representativos no recorte espacial em análise.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-31 - Mapa Geomorfológico da Área de Estudo

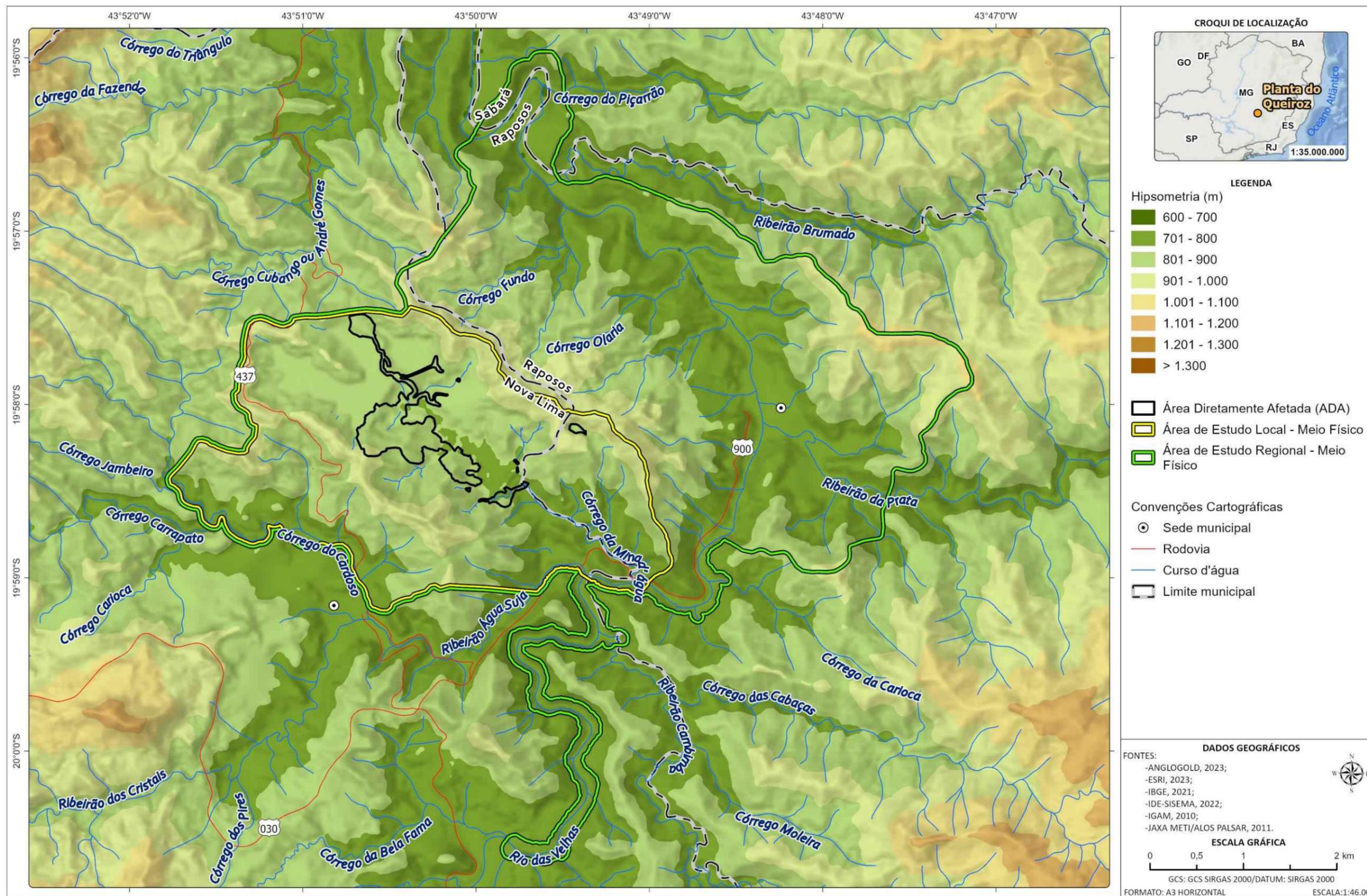
Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, IBGE, IDE-Sisema.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-32 - Padrões de Relevos

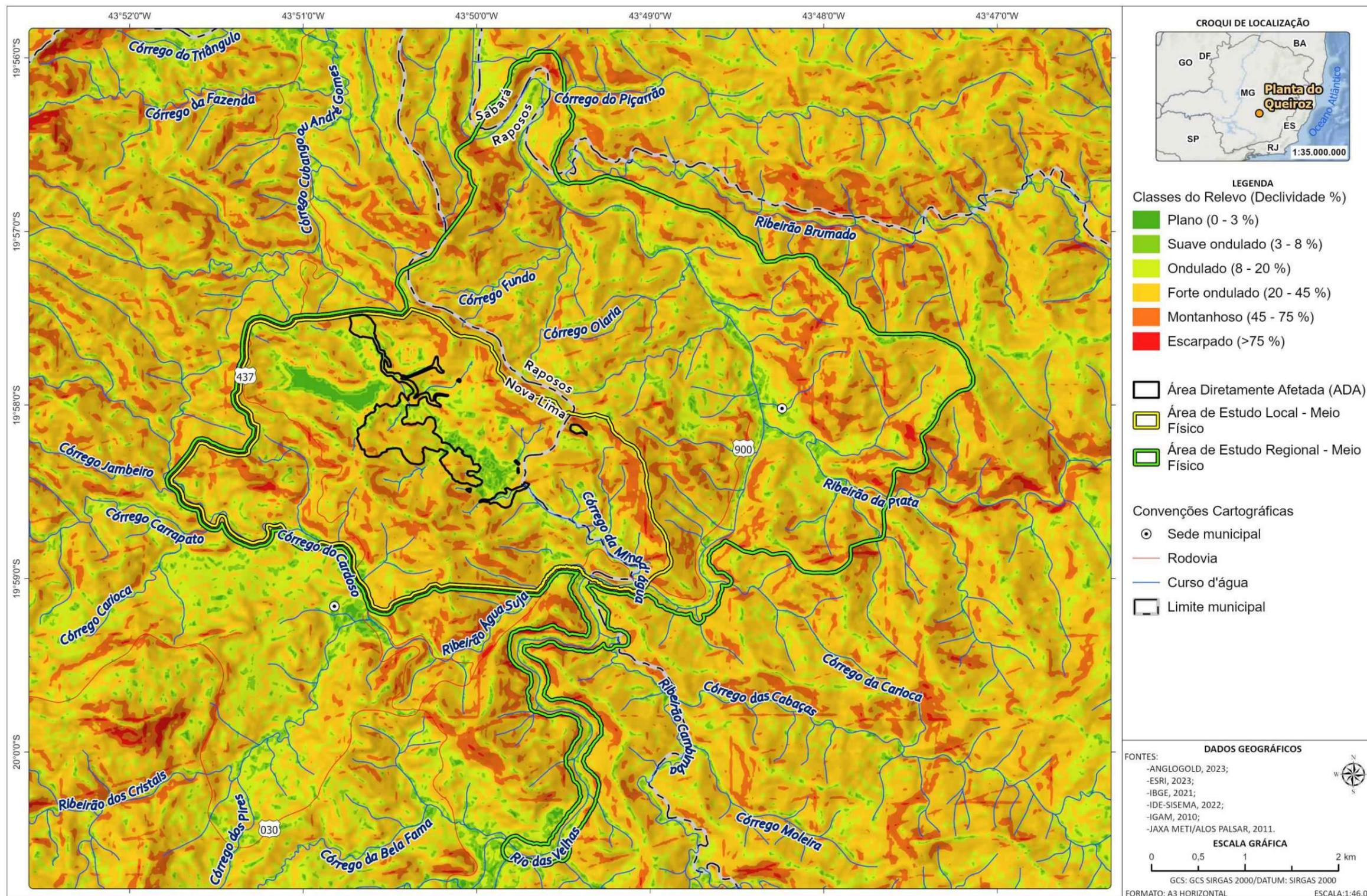
Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, CPRM, IDE-Sisema.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-33 - Mapa Hipsométrico

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, IBGE, IDE-Sisema, ALOS PALSAR.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-34 - Mapa de Declividade

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, IBGE, IDE-Sisema, ALOS PALSAR.



Quanto ao relevo da sub-bacia do córrego Mina d'Água, especificamente, este é classificado predominantemente como forte ondulado, com altitudes entre 981 m nas cotas mais elevadas dos interfúvios desta sub-bacia e 728 m em sua foz do rio das Velhas (GOLDER, 2016). O leito do rio das Velhas, a sudeste, apresenta trechos alternados de baixo e alto grau de sinuosidade com vales estreitos e encaixados. De forma geral apresenta um forte controle estrutural, marcado por mudanças bruscas em sua direção (SETE, 2018).

De forma geral, considerando classificações do relevo propostas por CPRM (2015) nas Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações para os municípios de Nova Lima e Raposos, além de registros oriundos de levantamentos de campo apresentados em estudo elaborado pela Golder (2016), é possível identificar a ocorrência de três classes de relevo principais na sub-bacia do córrego Mina d'Água, sendo estas as classes dos Morros Altos, Morros Baixos e Planícies Aluviais.

Os denominados Morros Altos encontram-se nas faixas altimétricas entre 900 e 1000 metros. Com relação às encostas, são observadas formas retilíneas e côncavas, com presença de anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos. Os Morros Baixos ocorrem entre as faixas altimétricas de aproximadamente 800 e 900 metros, com forma das encostas variando entre convexas a retilíneas e côncavas, com ocorrência de anfiteatros de cabeceira de drenagem. A classe de relevo de "Planícies Fluviais", por sua vez, distribui-se nos vales do córrego da Mina D'água e seus tributários, ao longo da faixa altimétrica entre 700 e 800m, com relevo apresentando uma topografia moderadamente dissecada sustentada por rochas metamórficas (dobradas e fraturadas), que proporcionam controle estrutural ao curso da drenagem do córrego da Mina D'água. Segundo a descrição apresentada pela CPRM (2015), essa unidade apresenta encostas com formas convexas suavizada. As classes citadas estão representadas na Figura 11-35 por linhas tracejadas na cor laranja, azul e verde, respectivamente. Ressalta-se que a Serra do Curral ocupa a porção topográfica mais expressiva, que se estende à norte dos limites das áreas de estudo regional e local.



**Figura 11-35 - Vale do córrego da Mina D'água, visto para montante (Visada Norte), com indicação das Classes de relevo, conforme CPRM (2015)**

*Fonte: Modificado de GOLDER, 2016.*

Cabe destacar que as características geomorfológicas do vale do córrego da Mina D'água passaram por alterações significativas em decorrência das diversas intervenções antrópicas relacionadas à Planta Industrial do Queiroz, com destaque para a implantação e operação dos barramentos Cocuruto, Rapaunha e Calcinados Figura 11-36, Figura 11-37 e Figura 11-38 Segundo Golder (2016), tais estruturas alteraram as formas dos fundos de vale, que se tornaram chatos pela disposição do rejeito; proporcionaram o encurtamento no comprimento de rampa das vertentes, pelo aumento da cota de inundação; e ocasionaram alterações na dinâmica fluvial e no escoamento das vertentes, pelo controle de vazão e alteração do nível de base local. Além disso, cabe destacar também as alterações relacionadas ao próprio padrão de expansão urbana na região relacionado às movimentações de solo no entorno da planta, com evolução e ampliação das áreas de bairros residenciais e comunidades nos municípios de Nova Lima e Raposos.

Ainda conforme levantamento realizado por Golder (2016), na área são verificados processos de escoamento difuso e concentrado originando sulcos e ravinas e, eventualmente, movimentos de massa em áreas que sofreram intervenção antrópica, associados especialmente às áreas constituídas por filitos e xistos.



**Figura 11-36 - Barragem de Cocuruto vista a partir da ombreira direita do maciço**

*Fonte: GOLDER (2016).*



**Figura 11-37 - Barragem de Calcinados e Barragem do Rapaunha**

*Fonte: GOLDER (2016).*



**Figura 11-38 - Vista a partir da cabeceira do córrego da Mina d'Água (Barragem do Rapaunha) - fundo de vale com perfil chato e preenchido pelo rejeito - modelado antrópico**

*Fonte: GOLDER, 2016.*

#### **11.6.4 Síntese Conclusiva**

Conforme mapeamento geomorfológico disponibilizado pelo IBGE para o estado de Minas Gerais (1:250.000), as áreas de estudo regional e local inserem-se na unidade geomorfológica denominada “Serras do Quadrilátero Ferrífero”.



O Quadrilátero Ferrífero caracteriza-se como um dos conjuntos orográficos mais importantes do estado de Minas Gerais, concentrando a maior parte das reservas minerais do estado. Conforme Medina et.al., (2005), este está distribuído ao longo de uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>, possuindo altitudes médias que variam entre 800 e 900 metros, e cristas que podem atingir a cota de 2000m. As variações altimétricas, por sua vez, são atribuídas a processos de erosão diferencial, em que rochas mais resistentes a agentes intempéricos e erosivos constituem as porções mais elevadas do relevo, enquanto rochas mais suscetíveis constituem as porções intermediárias e baixas.

De acordo com o levantamento de padrões de relevo realizado por CPRM (2010), nas Áreas de Estudo Regional e Local ocorre o Domínio Montanhoso, que corresponde a um padrão de modelado que apresenta formas acidentadas e sistemas de drenagem em processo de entalhamento.

Quanto às características hipsométricas, as altitudes nas áreas de estudo variam entre 700 m e 1000 m, com as porções mais baixas sendo representadas pelos vales fluviais do córrego Mina D'água e rio das Velhas. As maiores altimetrias, por sua vez, são observadas nos interflúvios que definem as sub-bacias locais, estando estes no intervalo entre as cotas de 900 e 1000m. No que se refere à declividade, predomina o relevo caracterizado como fortemente ondulado a ondulado, com declividades entre 20% a 45%.

Ressalta-se que o vale do córrego da Mina D'água, onde se localiza a área de intervenção do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, passou por alterações geomorfológicas significativas em decorrência das diversas intervenções antrópicas relacionadas à Planta Industrial do Queiroz, com destaque para a implantação e operação dos barramentos Cocuruto, Rapaunha e Calcinados. Além disso, cabe destacar também o impacto relacionado ao próprio padrão de expansão urbana na região relacionado às movimentações de solo no entorno da planta, com evolução e ampliação das áreas de bairros residenciais e comunidades nos municípios de Nova Lima e Raposos.

## 11.7 Pedologia e Aptidão Agrícola

Os solos podem ser definidos como corpos naturais constituídos por quantidades variáveis de materiais minerais e orgânicos. Estes se originam da alteração e reorganização de materiais de origem (rochas, sedimentos ou outros solos) a partir da ação de organismos vivos, agentes atmosféricos e trocas de energia, podendo ainda ser modificados por interferências antrópicas (CETESB, 2023; EMBRAPA, 2018). Quando examinados a partir da superfície, consistem em seções aproximadamente paralelas, organizadas em camadas e/ou horizontes que se distinguem do material original (EMBRAPA, 2018).



No que se refere às funções ambientais, constituem fator essencial no fornecimento de nutrientes e suporte à vegetação, filtragem e armazenamento de água, regulação do ciclo de carbono, além de se configurarem como habitats para organismos vivos, proporcionando um ambiente de interação entre diversos componentes do ecossistema. Neste contexto, é também um recurso fundamental à vida humana, sendo base para práticas agrícolas e demais tipos de uso e ocupação da superfície (CETESB, 2023).

Sendo assim, preservar a qualidade do solo é essencial para garantir a sustentabilidade e conservação ambiental. Neste âmbito, o diagnóstico de pedologia desempenha um papel fundamental em estudos de impacto ambiental, pois fornece informações sobre as características e propriedades dos solos em determinada área de estudo, tornando possível compreender os impactos potenciais de atividades antrópicas e dando subsídio à elaboração de medidas preventivas, mitigadoras e de recuperação, quando pertinentes.

Diante deste contexto, o presente diagnóstico tem como objetivo apresentar e caracterizar as tipologias pedológicas predominantes nas áreas de estudo regional e local do projeto de implantação da Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, assim como discorrer sobre suas potencialidades e fragilidades incluindo as respectivas aptidões para atividades agrícolas.

### **11.7.1 Metodologia**

A presente caracterização pedológica foi elaborada a partir de dados e informações secundários, destacando-se as seguintes fontes: (i) Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais em escala 1:650.000, elaborado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) em parceria com as Universidades Federais de Viçosa (UVF) e Lavras (UFLA) (2010); (ii) Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais elaborado por Embrapa (2004), em escala 1: 1.000.000; e (iii) classificações propostas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

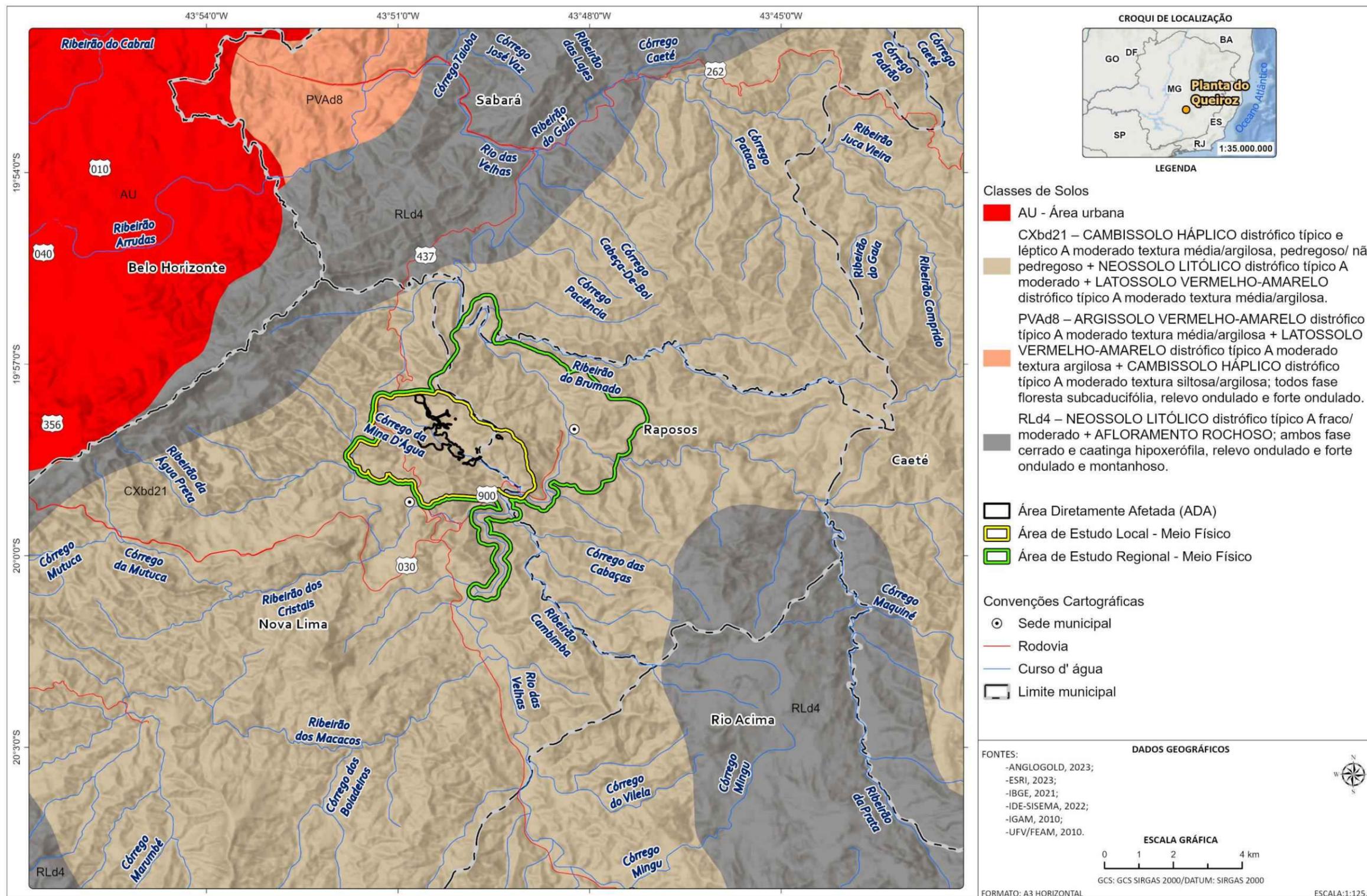
Além das referências supracitadas, foram utilizados dados primários oriundos de levantamentos de campo realizados por Golder (2016) na bacia do córrego Mina D'água, a partir dos quais foram realizadas descrições de perfis de solos expostos em vias de acesso, taludes e áreas com eventos de erosão. Também foram utilizados dados referentes ao levantamento, coleta e caracterização química de amostras de solo realizados por Arcadis (2022) no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) das barragens do Queiroz.

### **11.7.2 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local**

Conforme Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (FEAM et al., 2010) nas Áreas de Estudo Regional e Local ocorre a classe de solos denominada Cambissolo Háplico distrófico típico. Associados e em menor proporção, ocorrem Neossolos Litólicos distróficos típicos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos. A localização da área de estudos em relação às classes pedológicas presentes encontra-se apresentada na Figura 11-39.



Cabe ressaltar que em decorrência do baixo nível de detalhe da escala do mapeamento analisado (1:650.000), manchas de solo de menor extensão podem não ser compreendidas na representação, devendo ser identificadas a partir de trabalhos de campo.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-39 - Mapa de Pedologia e Classe de Solos**  
Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, IBGE, IDE-Sisema, FEAM.

Em estudo elaborado pela Golder (2016) foi realizada a descrição de 25 perfis de solo localizados na bacia do córrego Mina D'água, que representa cerca de 695ha da área de estudo local. Dos pontos avaliados, 12 perfis correspondem a Cambissolos Háplicos, 10 perfis a Neossolos Litólicos, e 1 a Latossolo Vermelho-Amarelo. Além das unidades citadas, Golder (2016) também identificou a ocorrência de solos coluvionares, afloramentos rochosos e locais marcados pela presença de capeamentos de canga.

No âmbito da elaboração do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto, Arcadis (2022) também realizou levantamentos de campo na região, com o objetivo de coletar e analisar quimicamente amostras de solo de forma estabelecer o Valor de Referência de Qualidade do Solo - VRQ para a área de *dam break*. Dos 46 pontos avaliados, três encontram-se na Área de Estudo Regional e, portanto, são abordados no presente diagnóstico. Conforme o PAEBM, estes perfis correspondem à classe dos Cambissolos Háplicos.

Todos os pontos mencionados estão espacializados na tabela a seguir e são apresentados na figura a seguir, onde estão detalhadas as coordenadas, tipos de solo, localização em relação à área de estudos e responsável pelo levantamento.

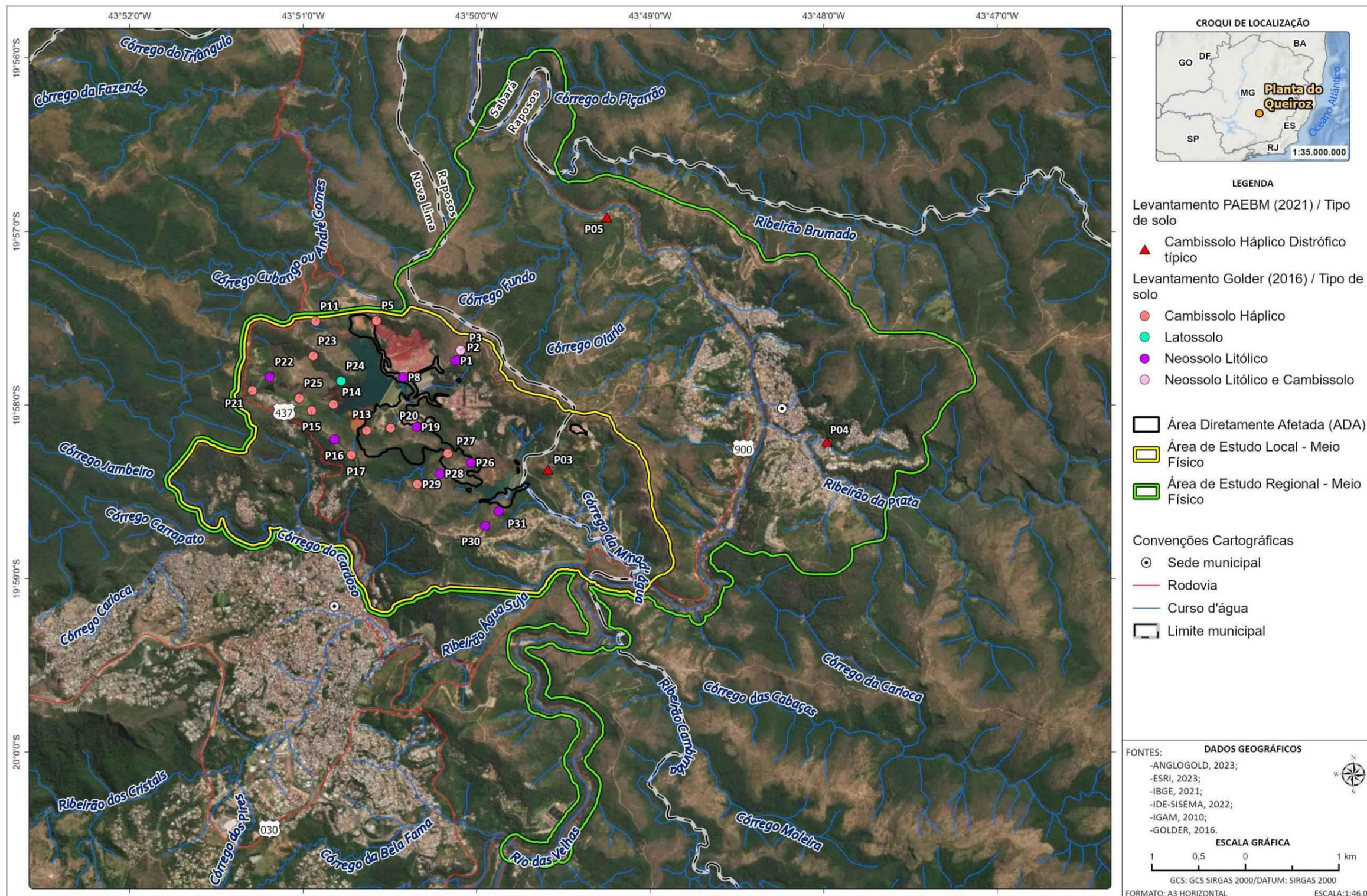
**Tabela 11-21 - Localização dos pontos de descrição de solos e tipologia pedológica associada**

Ponto	Coordenadas		Tipo de Solo	Localização	Levantamento
	Sirgas 2000 / 23S				
	UTM N (m)	UTM E (m)			
P1	621860	7792257	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P2	621889	7792264	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P3	621913	7792367	Neossolo Litólico e Cambissolo	AEL	Golder (2016)
P5	621072	7792688	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P8	621333	7792086	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P11	620458	7792684	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P13	620962	7791518	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P14	620632	7791798	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P15	620411	7791737	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P16	620639	7791428	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P17	620807	7791259	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P19	621464	7791554	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P20	621205	7791543	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P21	619816	7791952	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P22	619995	7792095	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P23	620432	7792315	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P24	620711	7792048	Latossolo Vermelho-Amarelo	AEL	Golder (2016)
P25	620287	7791868	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P26	622008	7791170	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P27	621777	7791269	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P28	621698	7791058	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)



Ponto	Coordenadas Sirgas 2000 / 23S		Tipo de Solo	Localização	Levantamento
	UTM N (m)	UTM E (m)			
P29	621469	7790944	Cambissolo Háplico	AEL	Golder (2016)
P30	622146	7790496	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P31	622288	7790655	Neossolo Litólico	AEL	Golder (2016)
P03	622783	7791097	Cambissolo Háplico	AEL	Arcadis (2022)
P04	625588	7791377	Cambissolo Háplico	AER	Arcadis (2022)
P05	623393	7793777	Cambissolo Háplico	AER	Arcadis (2022)

Modificado: *GOLDER*, 2016.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-40 - Mapa dos perfis de solo descritos por GOLDER (2016) e Arcadis (2022) no contexto da AEL e AER do empreendimento**  
Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Golder (2016), Arcadis (2022), Anglogold.



A seguir são apresentadas as descrições de cada tipologia de solo identificada na área de estudos, bem como a caracterização química dos solos realizada para o PAEBM da barragem de Cocuruto (ARCADIS, 2022).

### 11.7.2.1 Cambissolo Háplico Distrófico típico

Conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), os Cambissolos correspondem a um grupamento de solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente. Um horizonte B incipiente se configura como um horizonte subsuperficial que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de estrutura e no qual mais da metade do volume não consiste em estruturas da rocha de origem (IBGE, 2015).

Estes solos podem se originar a partir de diversos tipos de materiais litológicos, formas de relevo e condições climáticas. Por este motivo, suas características variam significativamente segundo sua localização (EMBRAPA, 2018). Podem ser de fortemente até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escura, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila. O horizonte B incipiente (Bi) pode apresentar textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o *solum* (horizontes A + B) geralmente possui teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento do horizonte A para o Bi. A estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços (EMBRAPA, 2018).

Os Cambissolos Háplicos correspondem àqueles que não se enquadraram nas demais categorias referentes ao segundo nível categórico de classificação de solos. A especificação “distrófico”, por sua vez, indica um solo com saturação por bases menor que 50%, apresentando baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018).

Na área de estudos local, os perfis correspondentes aos Cambissolos Háplicos indicaram a presença do horizonte C em níveis mais rasos até muito profundos. Por serem pouco estruturados, associados a relevos com maiores declividades, correspondem a solos com alto grau de erodibilidade, podendo desencadear erosões tanto lineares quanto laminares (GOLDER, 2016). As figuras abaixo demonstram perfis de Cambissolos Háplicos registrados por Golder (2016).



**Figura 11-41 - Cambissolo háplico identificado no entorno da Barragem de Cocuruto**

*Fonte: GOLDER, 2016.*



**Figura 11-42 - Cambissolo háplico identificado no entorno das barragens de Calcinados e Rapunha**

*Fonte: GOLDER, 2016.*

### 11.7.2.2 Neossolo Litólico Distrófico típico

Conforme Embrapa (2018), os Neossolos podem ser definidos como um grupamento de solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido. Estes compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

Quando classificados como litólicos, se configuram como solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A ou hístico diretamente sobre a rocha, sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros, com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matações). Admitem um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018).

Os Neossolos Litólicos são suscetíveis à erosão acelerada devido à pequena profundidade e saturação rápida de água, favorecendo o escoamento superficial. De forma geral, estes estão associados a áreas com altos níveis de declividade e litologias mais resistentes ao intemperismo e erosão. O caráter distrófico observado na unidade presente nas áreas de estudo indica que se trata de um solo com saturação por bases menor que 50%, possuindo baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018).

Segundo o mapeamento realizado pela Golder (2016), na área de estudos local esses solos estão associados a relevos com declividades elevadas, incluindo terrenos montanhosos à escarpados, com associação a afloramentos rochosos.



Figura 11-43 - Perfil de Neossolo Litólico na margem direita do reservatório Cocuruto (P26)

Fonte: GOLDER, 2016.



Figura 11-44 - Perfil Neossolo Litólico (A+C rocha), com horizonte A no fundo de Cocuruto (P19)

Fonte: GOLDER, 2016.

### 11.7.2.3 Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico

Os Latossolos são definidos como o grupamento de solos constituído por horizonte B latossólico em sequência a qualquer tipo de horizonte A (exceto hístico). O horizonte B latossólico é um horizonte mineral subsuperficial, cujos constituintes evidenciam avançado estágio de intemperização, sendo virtualmente destituído de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Este é formado a partir do processo de latolização que consiste, de forma geral, na ocorrência de intensa lixiviação de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , etc.) e sílica do perfil, o que leva à concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2018).

Neste contexto, os latossolos configuram solos evoluídos, que devido ao avançado estágio de pedogênese apresentam profundidade do *solum* (horizonte A + B) usualmente maior que 1m. São bem estruturados e variam de fortemente a bem drenados, apresentando alta resistência à ocorrência de processos erosivos. Têm granulometria predominante de silte e argila, formando agregados com alta porosidade, e sequência de horizontes A, B, C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Como consequência da alta intemperização, são normalmente ácidos, com reduzida saturação por bases (distróficos), apresentando baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018).

O horizonte B apresenta cores que variam desde amarelas ou bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas, dependendo da natureza e quantidade dos constituintes minerais (principalmente óxidos e hidróxidos de ferro), além de regime hídrico, características de drenagem do solo e teores de ferro no material de origem (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos vermelho-amarelos, unidade presente na área de estudos, diferencia-se dos demais tipos de latossolos por sua cor, que é amarelada devido à maior presença do óxido Goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ). O caráter distrófico da unidade indica que trata-se de solo com saturação por bases menor 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, apresentando baixa fertilidade natural.

Em levantamento de campo, Golder (2016) identificou uma exposição de Latossolo, apresentada na figura a seguir. No geral, este tipo de solo apresenta resistência à erosão, porém em locais de maior declividade podem estar suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa.



**Figura 11-45 - Exposição de perfil de latossolo nas proximidades da barragem de Rapaunha (P24)**

*Fonte: GOLDER, 2016*

#### **11.7.2.4 Análises PAEBM (2022)**

A seguir são apresentados dados referentes ao levantamento, coleta e caracterização química de amostras de solo realizados por Arcadis (2022) no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. Dos 46 pontos avaliados, dois encontram-se na Área de Estudo Regional e um na Área de Estudos Local, sendo abordados no presente diagnóstico.

As coletas nos três pontos incluídos nas áreas de estudo foram realizadas no mês de setembro de 2021. Conforme Arcadis (2022), os resultados analíticos das amostras de solo foram comparados aos valores de prevenção (VP) propostos pela Deliberação Normativa COPAM n°166/2011, que estabelece valores de referência de qualidade dos solos; e Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas. A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos, com destaque para desconformidades observadas.

**Tabela 11-22 - Resultados analíticos de solo - PAEBM barragem de Cocuruto**

Parâmetro	Unidade	Limite CONAMA 420/09	Limite COPAM 166/2011	Ponto		
				P3	P4	P5
Alumínio	mg/kg	-	-	8006,4	28481,4	3992,89
Antimônio	mg/kg	2	2	4,5	< 1	< 1
Arsênio	mg/kg	15	15	260	26	20
Bário	mg/kg	150	150	54,72	31,72	13,19
Boro	mg/kg	-	-	54,49	38,88	22,91
Cádmio	mg/kg	1,3	1,3	2,32	1,55	1,09
Chumbo	mg/kg	72	72	14,46	13,74	11,95
Cobalto	mg/kg	25	25	20,51	16,66	2,71
Cobre	mg/kg	60	60	54,76	38,99	39,09
Cromo	mg/kg	75	75	168,14	266,42	198,61
Ferro	mg/kg	-	-	103011,0	79048,0	66738,0
Manganês	mg/kg	-	-	2266,8	694,53	187,07
Molibdênio	mg/kg	30	30	< 1	< 1	< 1
Níquel	mg/kg	30	30	122,3	62,2	85
Nitrato	mg/kg	-	-	54,5	77,89	54,97
Prata	mg/kg	2	2	< 1	< 1	3,63
Selênio	mg/kg	5	5	< 1	< 1	< 1
Tetracloro de carbono	mg/kg	0,17	0,17	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Vanádio	mg/kg	-	-	59,32	95,19	30,3
Zinco	mg/kg	300	300	66,99	43,67	46,83
Selênio	mg/kg	5	5	< 1	< 1	< 1

<: inferior ao limite de quantificação laboratorial.

Elaboração: Arcadis, 2023.

Conforme resultados das análises para os pontos P3, P4 e P5, os metais em desacordo com o VP das legislações detectados nas amostras foram: Antimônio (Sb), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Prata (Ag). Dentre os parâmetros que não possuem VP estabelecido em legislação, as concentrações mais expressivas foram dos metais alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn).



Conforme conclusões do estudo elaborado por Arcadis (2021), que se baseou em evidências apresentadas no Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno desenvolvido por CPRM (2014), todos os elementos que apresentaram valores acima dos padrões podem estar relacionados às características da geologia local, correspondente, nos pontos avaliados, a rochas máficas e ultramáficas do Grupo Nova Lima. O mesmo se aplica às altas concentrações de alumínio, ferro e manganês, intrínsecos às litologias observadas na área.

Segundo CPRM (2014), os elementos Manganês e Cádmiio possuem correlação positiva, o que significa que rochas que contém manganês em sua composição podem, em decorrência do intemperismo, promover de forma associada a liberação de cádmio no ambiente superficial. O mesmo estudo aponta que há correlação entre estes dois elementos e o Ferro. Segundo resultados obtidos pela Arcadis (2022), nos dois pontos com desvio (P03 e P04) foi possível observar comportamento similar entre o Cd e o Mn, comprovando a correlação positiva.

As mesmas conclusões se aplicam aos elementos cromo (Cr) e níquel (Ni), que conforme CPRM (2014) também apresentam boa correlação de troca catiônica, marcada pela presença de tais analitos em altas concentrações no solo associadas à localização sobre as rochas máficas e/ou ultramáficas do Grupo Nova Lima.

Os desvios de Arsênio observados, por fim, também podem estar associados a origem geoquímica natural. Conforme CPRM (2014), algumas rochas que compõem o Grupo Nova Lima são ricas neste elemento, que pode ser liberado para o ambiente a partir de processos de intemperismo. Neste contexto, também cabe destacar que diversos depósitos auríferos na região do quadrilátero ferrífero ocorrem associados ao mineral arsenopirita, rico em arsênio. O ponto P03, que apresentou a maior concentração de arsênio observada, encontra-se próximo a um depósito aurífero, o que pode explicar as altas concentrações observadas para o analito, conforme demonstra resultados acima do VP para os três pontos analisados (ARCADIS, 2021). O entendimento destes resultados também é importante para se compreender comportamentos relacionados à qualidade da água dos corpos hídricos da região, considerando que os mesmos podem se justificar pelo *background* geoquímico, responsável por variações observadas nos monitoramentos ambientais desenvolvidos.

### **11.7.3 Aptidão Agrícola nas Áreas Regional e Local**

Para avaliação da aptidão agrícola foi consultado o mapeamento realizado por Embrapa (2004) em escala 1: 1.000.000 para o estado de Minas Gerais. Neste estudo, a avaliação da aptidão consistiu no enquadramento das terras dentro de seis grupos, objetivando apresentar as alternativas de uso em função da viabilidade de melhoramento dos cinco fatores limitantes básicos e da intensidade de limitação que persistir após a utilização de práticas agrícolas inerentes aos sistemas de manejo A (baixo nível tecnológico), B (médio nível tecnológico) e C (alto nível tecnológico) (EMBRAPA, 2004).

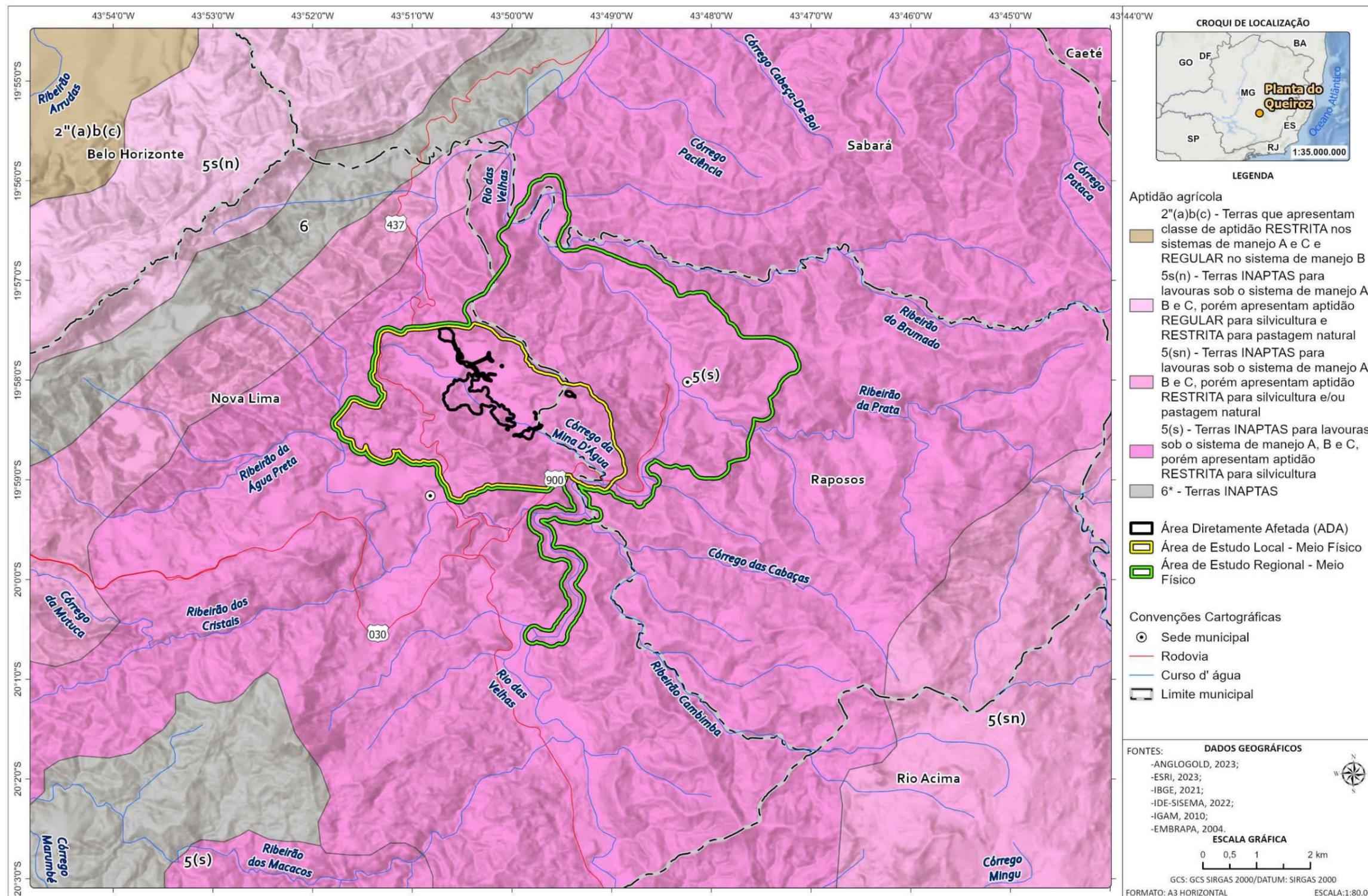


Neste contexto, a região onde se inserem as Áreas de Estudo Regional e Local é integralmente classificada no grupo 5. Este grupo é constituído pelas classes consideradas inaptas para lavouras independente do tipo de sistema de manejo (A, B ou C), mas que apresentam alguma aptidão para usos menos intensivos, como pastagens naturais e silvicultura. Nas áreas de estudo é observada a classe de aptidão denominada 5(s), conforme apresentado na Figura 11-46. Esta é compreendida como a classe inapta para lavouras, mas que apresenta aptidão para silvicultura, sendo, ainda assim, restrita para este uso. Esta classe também apresenta aptidão para pastagens naturais.

No âmbito da avaliação da aptidão agrícola cabe retomar as classes de solo identificadas nas áreas de estudo. Neste sentido, os Cambissolos apresentam alto grau de suscetibilidade à erosão quando associados a relevos com declividades acentuadas. Além disso, cambissolos definidos como háplicos e distróficos apresentam baixa fertilidade natural. Podem ser considerados, portanto, como solos com significativas limitações ao uso agrícola.

Os Neossolos Litólicos, também identificados nas áreas de estudo, são solos pouco desenvolvidos e com elevado grau de erodibilidade natural. Por serem distróficos, também apresentam baixa fertilidade. Ressalta-se ainda o fato de estarem associados a relevos com alta declividade, resultando em altas restrições para uso agrícola.

Por fim, os Latossolos se configuram como solos bem estruturados e resistentes à erosão, porém apresentam baixa fertilidade natural devido à alta lixiviação sofrida ao longo do processo de pedogênese. Assim, apresentam aptidão para uso agrícola desde que sejam utilizadas corretas técnicas de manejo. Apesar deste fato, são encontrados em menor expressão nas áreas de estudo, e estão associados a áreas com declividades elevadas, que favorecem a ocorrência de movimentos de massa.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-46 - Aptidão Agrícola nas áreas de estudo.

Elaborado por Arcadis, 2023.



#### 11.7.4 Síntese conclusiva

Conforme Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (FEAM et al., 2010) nas Áreas de Estudo Regional e Local ocorre a classe de solos denominada “Cambissolo Háptico distrófico típico”. Associados e em menor proporção, ocorrem Neossolos Litólicos distróficos típicos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos.

Os Cambissolos correspondem a um grupamento de solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente, que podem se originar a partir de diversos tipos de materiais litológicos, formas de relevo e condições climáticas. Na área de estudo local estão associados a relevos com maiores declividade e, por serem pouco estruturados, apresentam alto grau de erodibilidade. Apresentam caráter distrófico, que indica baixa saturação por bases e, conseqüentemente, baixa fertilidade natural.

Os Neossolos podem ser definidos como um grupamento de solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido. Quando classificados como litólicos, se configuram como solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A diretamente sobre a rocha, sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros. Estes são solos suscetíveis à erosão acelerada devido à pequena profundidade e saturação rápida de água, favorecendo o escoamento superficial. De forma geral, estão associados a áreas com altos níveis de declividade e litologias mais resistentes ao intemperismo e erosão. Conforme destacado anteriormente, o caráter distrófico indica baixa fertilidade natural.

Os Latossolos são definidos como o grupamento de solos constituído por horizonte B latossólico em sequência a qualquer tipo de horizonte A (exceto hístico). Configuram solos evoluídos, que devido ao avançado estágio de pedogênese apresentam profundidade do *solum* (horizonte A + B) usualmente maior que 1m. São bem estruturados e variam de fortemente a bem drenados, apresentando alta resistência à ocorrência de processos erosivos. Como consequência da alta intemperização, são normalmente ácidos, com reduzida saturação por bases (distróficos), apresentando baixa fertilidade natural.

Quanto às características químicas, análises realizadas por Arcadis (2021) em amostras de solos coletadas em três pontos localizados nas áreas de estudo (um ponto na área de estudos local e dois pontos na área de estudos regional) demonstraram a presença de metais acima dos valores estipulados por legislações referentes à qualidade do solo (Resolução CONAMA 420/2009 e Deliberação Normativa COPAM 166/2011), a saber: Antimônio (Sb), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Prata (Ag). Dentre os parâmetros que não possuem delimitações estabelecidas em legislação, as concentrações mais expressivas foram dos metais alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn). Apesar dos resultados acima dos padrões, foi possível concluir que todos os elementos que apresentaram desvios podem ter sua presença associada às características naturais da geologia local, correspondente, nos pontos avaliados, a rochas máficas e ultramáficas do Grupo Nova Lima.

Por fim, quanto à aptidão agrícola, conforme mapeamento realizado por Embrapa (2004) as áreas de estudo se localizam na classe de aptidão do grupo 5 (5s), definida como inapta para lavouras e com possibilidade de uso restrita para a Silvicultura.

## 11.8 Suscetibilidade a Processos Erosivos

Erosão hídrica, desprendimento de partículas de solo, escoamento superficial de volume pluvial, movimentação gravitacional de massa, enchentes e inundações compreendem processos naturais da dinâmica superficial do ambiente terrestre que podem ser desencadeados naturalmente por agentes físicos ambientais, a exemplo da ação do vento, chuvas, volume fluvial, gelo/neve etc. Apesar de naturais, tais processos também podem ser intensificados/agravados por intervenções humanas no relevo.

No caso do estudo de suscetibilidade a processos erosivos, o mesmo corresponde à compilação de dados acerca do contexto geológico, geomorfológico e pedológico, uma vez que a erosão do solo tem relação direta com o grau de erosividade da chuva, grau de erodibilidade do solo, comprimento e declividade das encostas, e fator de cobertura do solo estudado.

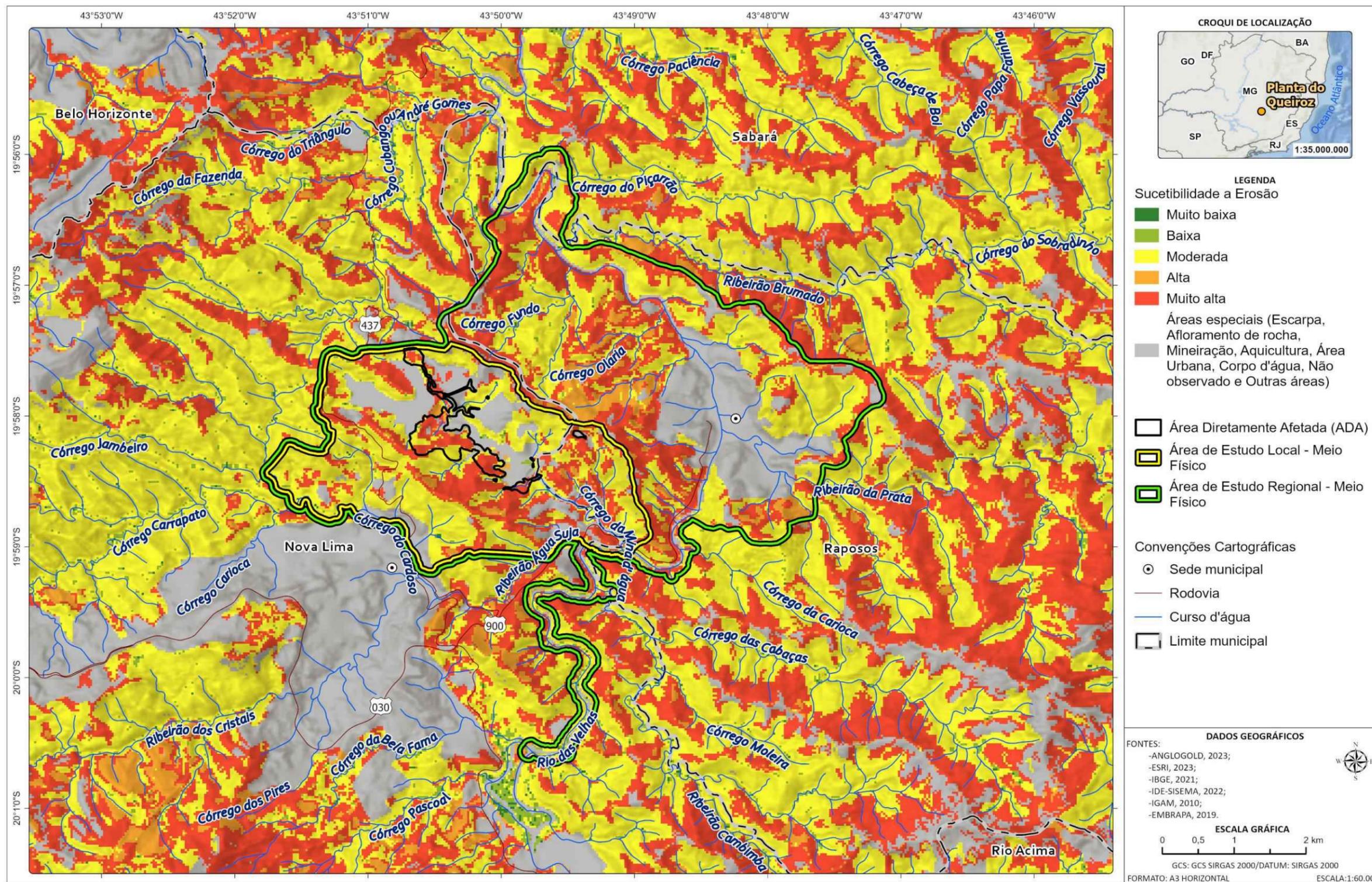
Assim, estudar a suscetibilidade de erosão dos solos na Área de Estudo se faz importante para se compreender qual o padrão da dinâmica superficial sob condições naturais preteritamente a uma intervenção humana, de modo a prevenir eventuais interferências no padrão de erosão local que possam contribuir para a ocorrência de processos de movimentação de massa.

### 11.8.1 Metodologia

Visando enfoque em pontos de atenção para áreas de suscetibilidade a processos erosivos, fez-se consulta aos dados disponibilizados no estudo geotécnico do Projeto APA Sul RMBH (MEDINA et al., 2005), bem como ao Mapa de suscetibilidade à erosão hídrica do Brasil publicado pela Embrapa (2020), em escala 1:250.000, e a Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima - MG (CPRM, 2015), em escala 1:50.000, a qual representa literatura de referência mais recente publicada que trata do mapeamento e integração de dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrográficos para caracterizar as áreas de maior suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa (erosões laminares, lineares, escorregamentos, deslizamentos).

### 11.8.2 Contextualização das Áreas de Estudo Regional e Local

Considerando dados do Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil disponibilizado pela Embrapa (2020) em escala 1:250.000, nas áreas de estudo regional e local os solos apresentam suscetibilidade que varia entre muito alta, alta e moderada. Estas variações são altamente influenciadas pelos níveis de declividade presentes, e podem ser observadas na figura a seguir.



C:\Users\victor.brandao\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:victor.brandao Em:19/10/2023

**Figura 11-47 - Suscetibilidade dos solos   erosão hídrica nas áreas de estudo.**  
Elaborado por Arcadis, 2023.



O Mapa das Unidades Geológico-Geotécnicas em escala 1:50.000 do Projeto APA Sul RMBH publicado em 2005 apresenta delimitação das diferentes unidades de classificação das rochas do Quadrilátero Ferrífero, agrupando-as de acordo com as características geotécnicas, geomecânicas, de capacidade de suporte/sustentação litológica, grau de intemperismo, grau de escavabilidade e suscetibilidade à erosão. Este foi apresentado frente à localização das áreas de estudo na Figura 11-30 no capítulo 11.5.6, referente à Classificação Geológico-Geotécnica.

Conforme o referido mapa, as áreas de estudo do projeto da Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz se inserem na Unidade Geotécnica de Xistos (sub-divisão xistos-ep), sendo composta por xisto, xisto grafitoso, talco xisto e formação ferrífera das unidades: Córrego do Sítio, Mestre Caetano e Ouro Fino. Assim, de acordo com Medina et al (20025), quanto à suscetibilidade a erosão tal unidade é classificada de alta a muito alta, condicionada pela declividade mais elevada dos terrenos, pela textura dos materiais de intemperismo, predominantemente siltosa, pela pequena espessura dos solos presentes e pelas formas de ocupação da unidade. A suscetibilidade a movimentos de massa é variável de alta a muito alta, sendo fortemente condicionada pelas relações espaciais entre a face do talude, a foliação e demais estruturas geológicas como falhas e fraturas. A estabilidade dos taludes é condicionada também pela morfologia, declividade dos terrenos e, fundamentalmente, pelas formas de ocupação, onde a implantação de condomínios com arruamentos, cortes e aterros, resultaram no aumento da fragilidade da unidade a ruptura de taludes.

Já a Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima/MG (CPRM, 2015), em escala 1:50.000, apresenta em maior nível de detalhamento o mapeamento realizado no município, permitindo uma caracterização mais aprofundada das áreas de risco geológico para a área de estudo (regional e local).

Tanto para Área de Estudo Regional quanto Local, conforme observado no mapa da Figura 11-48, a classificação entre grau alto, médio e baixo de suscetibilidade a movimentos de massa são relacionadas ao agrupamento de dados geomorfológicos, como padrão e compartimentação de relevo, declividade das encostas; bem como dados geológicos, pedológicos e hidrográficos.

Compilando dados apresentados nos itens anteriores quanto a Geologia, Geomorfologia e Pedologia; pode-se afirmar que toda Área de Estudo (regional e local) se insere sobre rochas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas compostas majoritariamente por associações de quartzito, talco xisto, gabros com formações ferríferas, metagabros, serpentinitos e formações ferríferas; sob relevo montanhoso marcado por compartimentação colinosa e de terrenos acidentados, cuja classe de solos predominante é o Cambissolo Háplico distrófico típico, com porções de Neossolo Litólico e Latossolo Vermelho-amarelo. Desse modo, como a contextualização geológica, pedológica e de macro compartimentação do relevo é homogênea para toda a área de estudo, as variáveis que definem o grau de suscetibilidade a movimentos de massa e erosão se restringe à amplitude, declividade e formas das encostas.



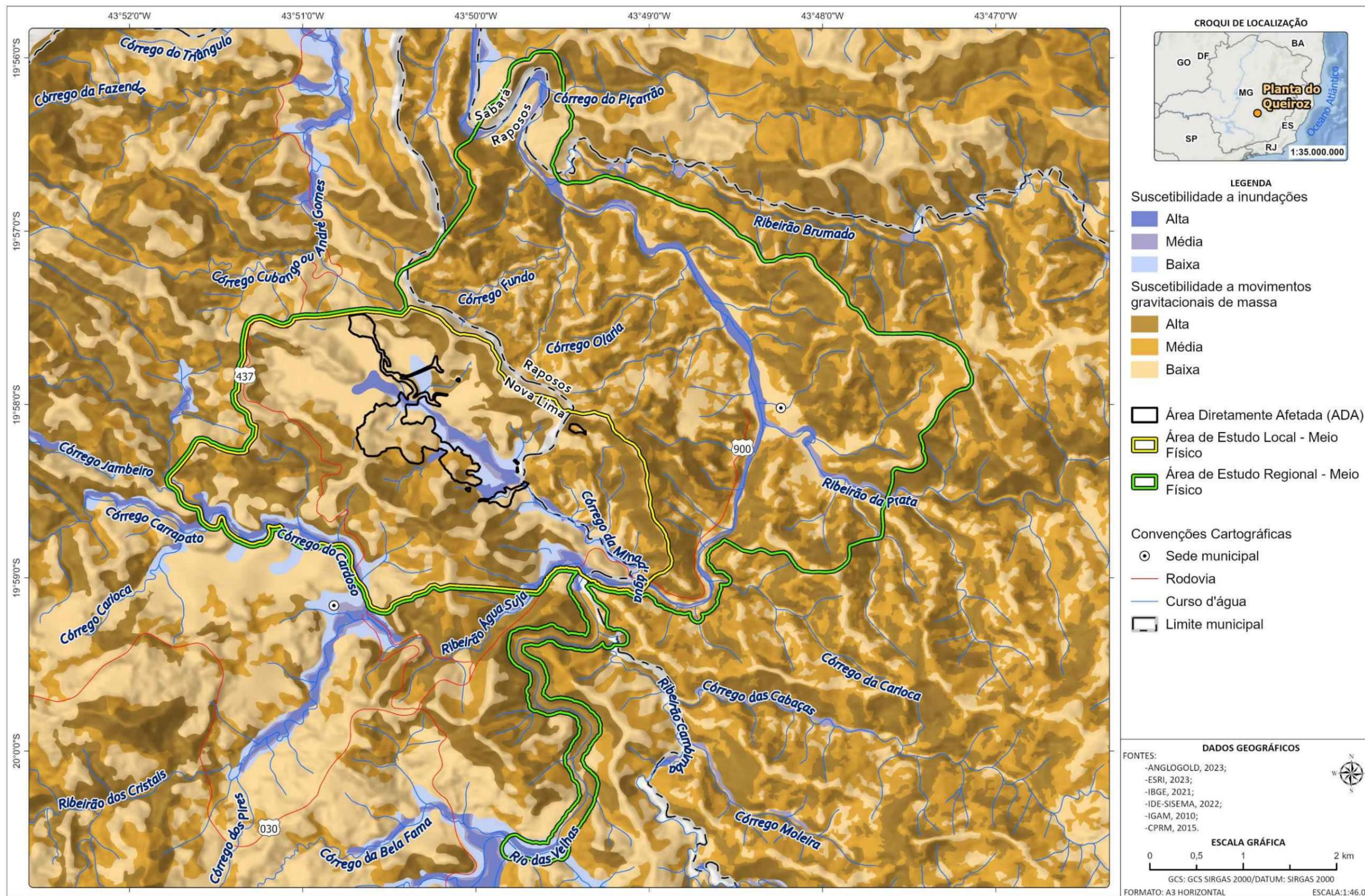
Segundo o relatório técnico da carta (CPRM, 2015), as situações de risco alto de movimento de massa se referem às áreas de morros altos e baixos, cujas formas de encostas são retilíneas e côncavas, as quais tendem a convergência do escoamento superficial de água, e com anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos. As amplitudes das encostas nessas áreas de alta suscetibilidade variam de 80 a 300 metros, e vertentes são íngremes com declividades de até 25°. Nessas condições, entre alta e média vertente há alta concentração de nascentes e drenagens de primeira ordem que se desenvolvem sobre perfis de solo pouco evoluídos e rasos, gerando tendência a ocorrência de processos de deslizamentos e rastejos.

Já as áreas mapeadas como de média suscetibilidade a movimentação de massa, também com predomínio de morros altos e baixos, são marcadas por encostas convexas a retilíneas, com amplitudes topográficas de 60 a 200 metros e declividade variando de 10 a 30°. Apresentam alta a média densidade de drenagens de segunda ordem. Os solos nestas áreas tendem a ser mais evoluídos e moderadamente profundos, com capacidade maior de suporte e sustentação do que nas áreas de alta suscetibilidade, indicando menores taxas de erosão e desprendimento de solo.

As áreas de baixa suscetibilidade, por sua vez, se referem a planícies e terraços fluviais e morros baixos, com encostas convexas suavizadas e topos amplos, com amplitudes baixas menores que 120 m e declividades inferiores a 15°, onde predominam processos de alagamentos dos cursos d'água em épocas de cheia e rastejamentos de solo aluviais nas baixas vertentes.

Quanto a processos de inundação, as áreas de alta suscetibilidade a inundação se referem a planícies aluviais com baixas declividades e amplitudes, marcada por solos hidromórficos das planícies aluviais. Os processos mais recorrentes são solapamento de margens e inundações que podem chegar a até 2m de altura em relação à borda da calha do leito regular (CPRM, 2015). Comparando o mapa de suscetibilidade com os canais de drenagem da bacia hidrográfica, observa-se que a alta classe para inundação se sobrepõe à planície de inundação ao longo do Córrego da Mina d'Água, Córrego da Represa e o Ribeirão da Prata.

As áreas classificadas como de média e baixa suscetibilidade a inundação se referem a faixas marginais das áreas mapeadas como de alta suscetibilidade, predominantemente entre os terraços fluviais baixos e flancos das encostas, de baixas amplitudes e declividades inferiores a 5°.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-48 - Mapa de Suscetibilidade a movimentos de massa e inundação do município de Nova Lima, com delimitação para Área de Estudo Regional e Local

Elaboração: Arcadis, 2023



### 11.8.3 Síntese conclusiva

Para entendimento da classificação do grau de risco a processos erosivos e demais processos de movimentação de massa na área do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, foi feita consulta ao Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil disponibilizado pela Embrapa (2020), em escala 1:250.000; , ao Mapa das Unidades Geológico-Geotécnicas em escala 1:50.000 do Projeto APA Sul RMBH; e à Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima/MG (CPRM, 2015), em escala 1:50.000.

De acordo com o Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil disponibilizado pela Embrapa em escala 1:250.000, nas áreas de estudo regional e local os solos apresentam suscetibilidade que varia entre muito alta, alta e moderada, altamente influenciada pelos níveis de declividade presentes.

De acordo com o Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais, toda a porção sudeste do estado mineiro que se insere no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero onde afloram terrenos gnáissico-migmatíticos, em sua maioria alterados, caracterizados por espessos perfis de solo sujeitos ao escorregamento e voçorocamento, sobretudo nas áreas de declividade mais elevada (amplitude de relevo superiores a 20 metros e declividade acima dos 20°).

Já conforme classificação do Mapa das Unidades Geológico-Geotécnicas do estudo do Projeto APA Sul RMBH a Área de Estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz se insere na Unidade Geotécnica de Xistos cuja suscetibilidade a erosão é classificada de alta a muito alta, condicionada pela declividade mais elevada dos terrenos, pela textura dos materiais de intemperismo, predominantemente siltosa, pela pequena espessura dos solos presentes e pelas formas de ocupação da unidade. A suscetibilidade a movimentos de massa é variável de alta a muito alta, sendo fortemente condicionada pelas relações espaciais entre a face do talude, a foliação e demais estruturas geológicas como falhas e fraturas.

Por fim, a Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima/MG (CPRM, 2015), em escala 1:50.000, apresenta em maior nível de detalhamento o mapeamento realizado no município, permitindo uma caracterização mais aprofundada das áreas de risco geológico para a área de estudo (regional e local). Tal literatura classifica as áreas de risco a movimentos de massa (erosões, rastejamentos, deslizamentos de terra, tombamentos de bloco) e à inundação como classe alta, média e baixa.

Predomina na Área de Estudo Regional a classe de média suscetibilidade a movimentos de massa com predomínio de morros altos e baixos, são marcadas por encostas convexas a retilíneas, com amplitudes topográficas de 60 a 200 metros e declividade variando de 10 a 30°. Secundariamente, há também grande abrangência espacial de áreas de baixa suscetibilidade na Área de Estudo Local que, por sua vez, se referem a planícies e terraços fluviais e morros baixos, com encostas convexas suavizadas e topos amplos, com amplitudes baixas menores que 120 m e declividades inferiores a 15°, onde predominam processos de alagamentos dos cursos d'água em épocas de cheia e rastejamentos de solo aluviais nas baixas vertentes.



Junto às áreas de baixa suscetibilidade a movimentos de massa, também se delimitam as áreas de baixa/média/alta suscetibilidade à inundação, condicionadas pelas principais drenagens que conformam o corpo d' água do Córrego Mina d'Água.

## 11.9 Espeleologia

As cavidades naturais subterrâneas integram o Patrimônio Espeleológico e foram declaradas bens da União pela Constituição Federal, art. 20, inciso X. Este patrimônio ambiental não dispõe de legislação regulamentadora de regência, apenas normas emanadas do Poder Executivo regulando a matéria.

Devido às características singulares das cavidades, o poder público implementou um intenso regramento que tem por objetivo a preservação do patrimônio. O estudo espeleológico foi executado com base no Decreto n. 6.640, de 7 de novembro de 2008, que define cavidade natural subterrânea como:

*qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, fuma ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante. (BRASIL, decreto n. 6.640/08)*

O recorte espacial do presente estudo de Prospecção Espeleológica abrangeu as intervenções superficiais do empreendimento minerário, acrescidas de seu entorno de 250 metros. A Resolução CONAMA nº 347/2004, art.2, IV, define o conceito de área de influência sobre o patrimônio espeleológico como:

*área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários a manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola. (BRASIL, resolução CONAMA n. 347/04).*

Esta definição de área de influência da caverna também está contida no Anexo V da Instrução Normativa MMA N° 02, de 30 de agosto de 2017. De acordo com a Resolução CONAMA nº 347/2004 (art. 4º, §. 2º), a área de influência será definida pelo órgão ambiental competente, a partir de estudos específicos.

O art. 4º, §. 3º, da Resolução CONAMA nº 347/2004 estabelece a área de influência como a projeção horizontal das cavidades, acrescida de um entorno de 250 m, em forma de poligonal convexa, até não se efetivar a definição baseada nos estudos específicos. Este ato normativo dá embasamento para executar a prospecção da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, e também de seu entorno de 250 m.

O presente documento refere-se ao trabalho de campo executado em 2023, com vista para o licenciamento do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, empreendimento da AngloGold Ashanti, localizado no município de Nova Lima/MG, avaliando a necessidade de complementação de estudos espeleológicos



em função da ADA definida para o novo aterro e sua área de entorno de 250 metros, conforme determinam as leis que vigoram sobre o tema Patrimônio Espeleológico no âmbito Federal, Estadual e Municipal.

### **11.9.1 Histórico dos estudos espeleológicos da Planta do Queiroz**

O primeiro estudo de prospecção espeleológica efetuado na Planta Metalúrgica do Queiroz foi executado no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do aterro de disposição de resíduos perigosos denominado Aterro H, Processo COPAM n. 089/1985/049/2014, executado pela empresa BIOS CONSULTORIA AMBIENTAL (2014).

O segundo estudo de prospecção espeleológica executado nesta unidade ocorreu no âmbito do EIA do Projeto de Ampliação do Sistema de Disposição de Rejeitos Calcinaados (Processo COPAM n. 089/1985/051/2016), feito pela empresa GOLDER (2016). A ADA do empreendimento compreendeu a área do Projeto Calcinaados - Ampliação do Sistema de Disposição da Barragem Calcinaados B5, incluindo a área de empréstimo e a área de disposição de material excedente.

Em 2017 foi executada a terceira prospecção espeleológica na Planta Metalúrgica do Queiroz, pela GOLDER (2017), no âmbito do EIA do Projeto Calcinaados. Este estudo foi uma complementação da primeira prospecção (GOLDER, 2016), adensando a malha de prospecção na ADA (Plano Diretor do Projeto Calcinaados) acrescida de seu entorno de 250,0m.

A quarta prospecção espeleológica foi executada pela GEO IT (2018), visando a complementação do caminhamento existente na Planta Metalúrgica do Queiroz, no âmbito do Processo COPAM n. 089/1985/050/2014 (REVLO - Revalidação das Licenças de Operação vigentes). Na sequência, foi realizado o estudo de Análise de Relevância Espeleológica da referida cavidade (AQZ-0001), que foi conduzido pela mesma empresa GEO IT, 2019.

Finalmente, a quinta prospecção espeleológica da Planta Metalúrgica do Queiroz, referente a regularização ambiental dos projetos de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz. GEO IT (2023).

### **11.9.2 Metodologia**

#### **11.9.2.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico**

Essa atividade se dá em gabinete com o levantamento bibliográfico sobre cavernas no Brasil, com destaque para região de estudo, além de consulta a artigos científicos, livros, mapas geológicos, imagens de satélite e cartas topográficas em escala compatível com os objetivos do empreendimento.

De modo complementar, também é realizada a consulta as bases de dados espeleológicos oficiais no Brasil para averiguar se há cavidades previamente cadastradas nos locais de estudo. As fontes consultadas foram:

- Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE (CECAV/ICMBio);

- Cadastro Nacional de Cavernas - CNC (Sociedade Brasileira de Espeleologia).

### 11.9.2.2 Avaliação do potencial espeleológico

Essa avaliação baseia-se em identificar o grau de favorabilidade para a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas em um determinado recorte espacial.

Nesse sentido, para fins de avaliação preliminar do potencial espeleológico da área de interesse, foi adotado como referência o trabalho desenvolvido por Jansen *et al.* (2012) e disponibilizado pelo CECAV/ICMBio - “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil”, que estabelece as classes de potencial espeleológico de acordo com a litologia (Tabela 11-23), além de delimitar áreas em todo território brasileiro favoráveis à ocorrência de cavernas.

No referido trabalho, a classificação litológica que estabelece o grau de potencialidade para ocorrência de cavernas foi fundamentada nos seguintes parâmetros:

- Localização das províncias espeleológicas brasileiras;
- Mapa Geológico do Brasil, com ênfase nas “Litologia1”, “Litologia2” e “Nome da Unidade”, na escala de 1:2.500.000, desenvolvido pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2003);
- Localização das cavidades existentes na base de dados do CECAV, gerados a partir da integração de dados oriundos de bibliografia especializada, pesquisas e estudos ambientais, Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e CODEX, da Redespeleo Brasil.

**Tabela 11-23 - Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia**

GRAU DE POTENCIALIDADE	LITOTIPO
Muito Alto	Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito
Alto	Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga
Médio	Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto
Baixo	Anortosito, Arcóseo, Augengnaise, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaise, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros litotipos
Ocorrência Improvável	Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos

Fonte: Jansen *et al.* (2012); Adaptado: Arcadis, 2023.



Em linhas gerais, o “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil” foi elaborado em uma escala de detalhe mais abrangente, 1:2.500.000, visando a classificação do potencial espeleológico em todo o território nacional. Por essa razão, em alguns casos os resultados podem indicar áreas com potencial sub ou superestimado.

Sob essa perspectiva, para avaliar os impactos das atividades previstas para implantação do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz, sobre o patrimônio espeleológico, agora em escala de detalhe maior (por meio de representações cartográficas e escala compatível com a área de estudo), utilizou-se como base informações mais detalhadas sobre o potencial espeleológico da Planta do Queiroz oriundas de estudos pretéritos decorrentes de processos de licenciamento ambiental.

Nesse contexto, foi lançado mão do potencial espeleológico apresentado no Relatório de Prospecção Espeleológica Planta Metalúrgica do Queiroz - Nova Lima/MG (2018), Processo COPAM 089/1985/050/2014, que avaliou não só a litologia como também outros fatores importantes que contribuem para a formação de cavidades naturais como declividade, estruturas geológicas, hidrografia e hipsometria, conforme determina a IS 08/2017 (revisão1).

### **11.9.2.3 Análise cartográfica e documental**

A análise cartográfica e documental permitiu conhecer de forma mais detalhada a região de estudo, possibilitando identificar os locais com maior possibilidade a formação/ocorrência de cavidades naturais subterrâneas no local, contribuindo na melhora da acurácia do estudo de viabilidade do projeto, reduzindo riscos, prazos e custos.

### **11.9.2.4 Elaboração de relatório**

Esta etapa refere-se à composição final do relatório, na qual foi realizada a consolidação das análises e dados obtidos durante o trabalho.

## **11.9.3 Resultados**

### **11.9.3.1 Potencial espeleológico**

Segundo as premissas estabelecidas na Instrução de Serviço Sisema 08/2017 (revisão 1), para avaliação inicial do potencial de ocorrência de cavidades naturais na área de estudo, foi tomado como referência o trabalho desenvolvido pelo CECAV/ICMBio para a definição do “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil”.

De acordo com o referido trabalho, quase 100% da Planta do Queiroz é classificada como médio potencial espeleológico, havendo somente um pequeno trecho (menos de 1%) na zona sudeste do empreendimento como baixo potencial. No que se refere a área prevista para o Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz (ADA e seu entorno estendido em 250 m), que se insere dentro dos limites da Planta do Queiroz, todo o espaço é classificado como médio potencial entretanto, o potencial espeleológico apresentado no estudo de

prospecção da Planta Metalúrgica do Queiroz (GEO IT, 2023), que avaliou a litologia e outros fatores importantes que contribuem para a formação de cavidades naturais através da Análise de Decisão Multicritérios (ADM), resultou no estabelecimento de cinco categorias de potencial para ocorrência de cavidades na área: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo ou improvável. O mapa a seguir, retirado do estudo citado, traz a distribuição espacial destas categorias:

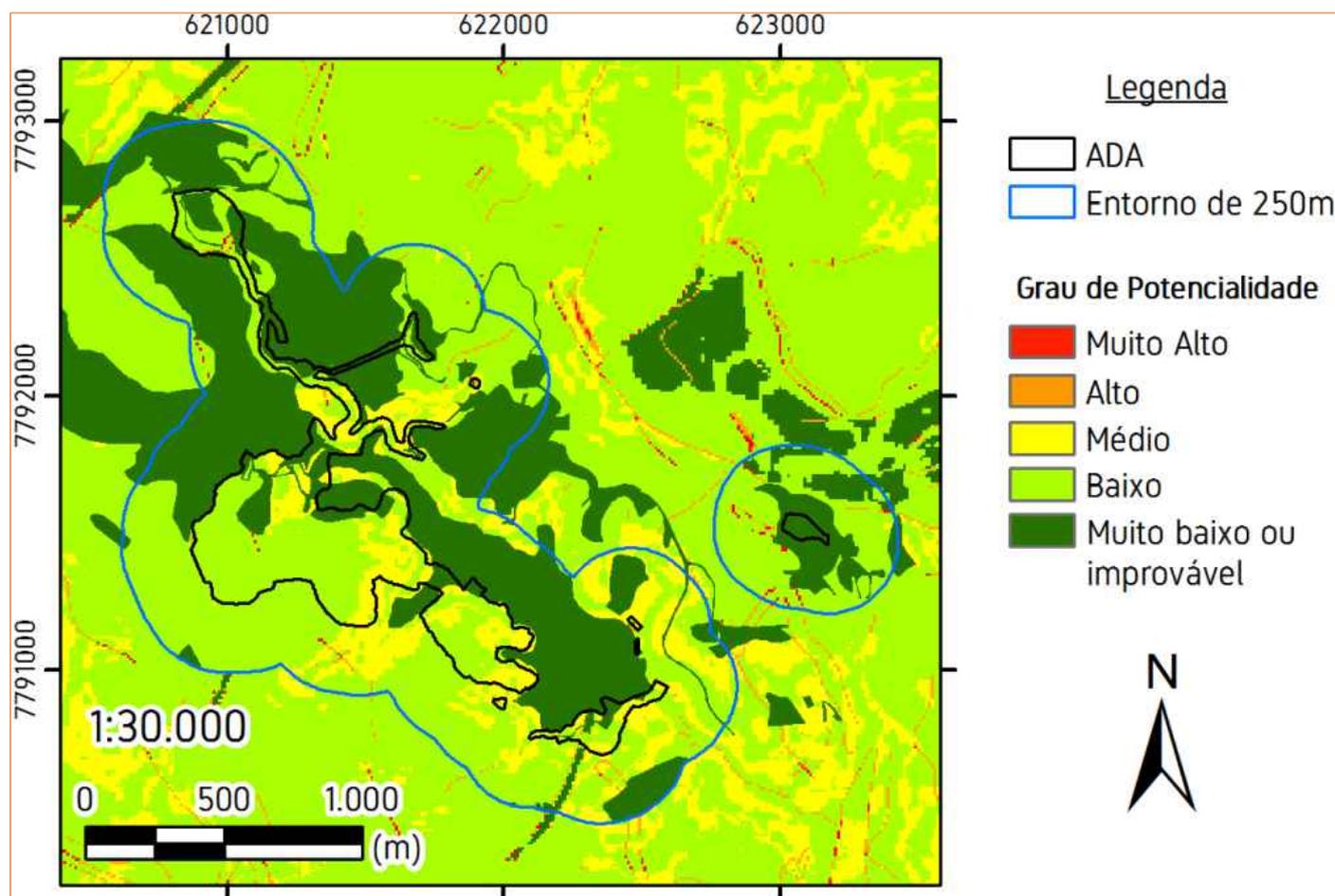


Figura 11-49 - Mapa de potencial espeleológico.

Fonte: GEO IT, 2023.

Em linhas gerais, o potencial espeleológico predominante da Planta do Queiroz é classificado como baixo. De acordo com as referências consultadas, tal classificação foi atribuída por conta de uma espessa camada de solo coluvionar, silte-argiloso por vezes argiloso (derivados do intemperismo da rocha substrato, xisto/filito), que cobre a maior parte da área, configurando um contexto geológico pouco favorável a formação de cavidades naturais. A segunda categoria dominante é o potencial muito baixo ou improvável, que compreende aos espaços com instalações já estabelecidas (barragens, planta industrial e estruturas relacionadas, estacionamentos etc.), em razão delas descaracterizarem a superfície local, reduzindo/anulando a probabilidade para ocorrência de cavernas. Em seguida se destacam locais classificados como médio potencial e, os potenciais alto e muito alto foram definidos por pequenos pontos esparsos localizados em sua maioria na área de entorno (250 metros) do empreendimento. Quanto ao local previsto para a implantação da obra (ADA e seu entorno estendido em 250 metros), o potencial predominante passa a ser muito baixo ou improvável, em razão da maior parte desse recorte espacial ser caracterizado por estruturas como: planta industrial,



barragens de rejeito (Cocuruto, Rapauha, Calcinados), acessos e áreas alagadas. A ordem de grandeza do potencial nas demais partes é baixo potencial, seguido de médio, alto e muito alto potencial, nessa ordem.

### 11.9.3.2 Levantamento e análise de dados

#### 11.9.3.2.1 Prospecção Espeleológica

Como relatado anteriormente, a área da Planta do Queiroz passou por cinco momentos que envolveram estudos de prospecção espeleológica (todos eles protocolados no órgão competente):

- I. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do aterro de disposição de resíduos perigosos denominado Aterro H , Processo COPAM n. 089/1985/049/2014 (BIOS, 2014);
- II. Estudo de Prospecção Espeleológica - EIA do Projeto de Ampliação do Sistema de Disposição de Rejeitos Calcinados (Processo COPAM n. 089/1985/051/2016) (GOLDER, 2016);
- III. Prospecção Espeleológica na Planta Metalúrgica do Queiroz (GOLDER, 2017);
- IV. Complementação do caminhamento espeleológico existente na Planta Metalúrgica do Queiroz, no âmbito do Processo COPAM n. 089/1985/050/2014 (REVLO - Revalidação das Licenças de Operação vigentes) (GEO IT, 2018).
- V. Regularização ambiental do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz" (GEO IT, 2023)

Nesses trabalhos, o inventário espeleológico teve caráter sistemático cobrindo toda a área da Planta do Queiroz e seu entorno de 250 metros. Como resultado, foram totalizados 176 pontos de caracterização ao longo desse recorte espacial e percorridos 81,99 km de trilhas e estradas (GEO IT, 2023), investigando os locais de maior probabilidade para ocorrência de cavernas - afloramento rochoso, drenagens, ruptura no relevo etc. - e visitado os pontos de menor potencial em busca de atributos que favorecessem a formação de cavernas.

No que diz respeito as feições espeleológicas, foram identificadas somente duas em toda extensão da Planta do Queiroz (Figura 11-50). A primeira delas se refere a uma cavidade natural (AQZ-0001) e a outra um pequeno abrigo (AQZ-0002). Ambas possuem desenvolvimento linear inferior a cinco metros e seu volume desenvolvido em xisto.

A cavidade AQZ-0001 foi classificada como baixa relevância de acordo com o Art.12 da Instrução Normativa MMA nº02/2017, por não apresentar nenhum dos atributos que configuram o referido artigo. Nesse contexto, foi solicitada a autorização para supressão da AQZ-0001 ao órgão responsável, com objetivo de regularizar a situação das intervenções existentes na sua área de entorno inicial (GEO IT, 2019).

Em relação a área de implantação do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz, foram estabelecidos 07 pontos de controle, conforme exposto no mapa 1.6-1, enquanto a descrição e localização georreferenciada de cada um deles é reproduzida na tabela a seguir.

**Tabela 11-24 - Descrição dos pontos de caracterização na área correspondente do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz. (Datum SIRGAS 2000)**

PONTO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	DESCRIÇÃO	FONTE
	UTM E	UTM N			
P01	620868	7791423	905	Ponto situado em terço inferior de encosta, com declividade moderada, próximo ao reservatório da barragem Rapaunha, onde existe um relevo antropizado. Foi efetuado no interior de uma antiga cava, registrada como mina, um achado arqueológico, por Traços e Oficinas Consultoria Ambiental e Cultural (2018). Nesta escavação antrópica existe exposição de solo com 1,2 m de espessura, sobreposto a saprolito de xisto com 2 m de espessura mínima. Portanto, o potencial espeleológico é baixo	Geoit, 2023
P02	621.101	7.791.468	885	Ponto localizado na baixa vertente, onde existe relevo antropizado. O mapa de potencial espeleológico classificou esta região como de alto potencial espeleológico, entretanto, após a conferência em campo, foi verificado que este resultado se deve a alta declividade de taludes e cortes de estrada.	Geoit, 2023
P03	621.350	7.791.098	870	Ponto na meia encosta, com baixa declividade, com vegetação de mata e solo com cobertura de serrapilheira. Não foram identificados afloramentos rochosos, sendo o potencial espeleológico muito baixo.	Geoit, 2023
P04	621411	7791051	823	Ponto em fundo de vale, onde existe curso d'água ativo na visita, com direção NE, 1 m de largura e aproximadamente 0,4 m de profundidade. Sua calha é sedimentar e em suas margens existem afloramentos de xisto, sotopostos a regolito com até 1,5 m de espessura. Foram observados muros de pedra mapeados como arrimo, um achado arqueológico, por Traços e Oficinas Consultoria Ambiental e Cultural (2018). O potencial de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas é médio, ainda assim, toda drenagem no recorte espacial da prospecção espeleológica foi percorrida, não tendo sido registradas cavidades ou abrigos.	Geoit, 2023
P05	621.900	7.792.395	932	Ponto localizado na alta vertente com média declividade, em área classificada como de potencial espeleológico muito alto pelo mapa de potencial executado. Em campo, foi verificado que a região caracteriza-se pela existência de rampa de colúvio, sem a existência de afloramentos rochosos, sendo, portanto, de muito baixo potencial espeleológico. Devido a vegetação rasteira, é possível ter amplo campo de visão deste segmento da área prospectada. Próximo a este ponto foi observada ravina que evidencia que o solo é profundo	Geoit, 2023
P06	621.821	7.792.331	941	Ponto em terço superior de encosta, próximo ao topo, com baixa declividade. Esta região caracteriza-se por rampa de colúvio sem afloramentos rochoso. O potencial espeleológico é baixo. A jusante deste ponto, existem áreas classificadas como de alto e muito alto potencial pelo mapa executado, contudo, foi verificado em campo que são taludes próximos a planta industrial, inacessíveis e de potencial espeleológico muito baixo.	Geoit, 2023
P07	620.819	7.791.156	918	Ponto situado à meia encosta, em estrada com corte antrópico expondo solo muito profundo, com profundidade mínima de 3 m. Desta maneira, visto que esta região é caracterizada pela presença de cobertura sedimentar, o potencial espeleológico é baixo.	Geoit, 2023

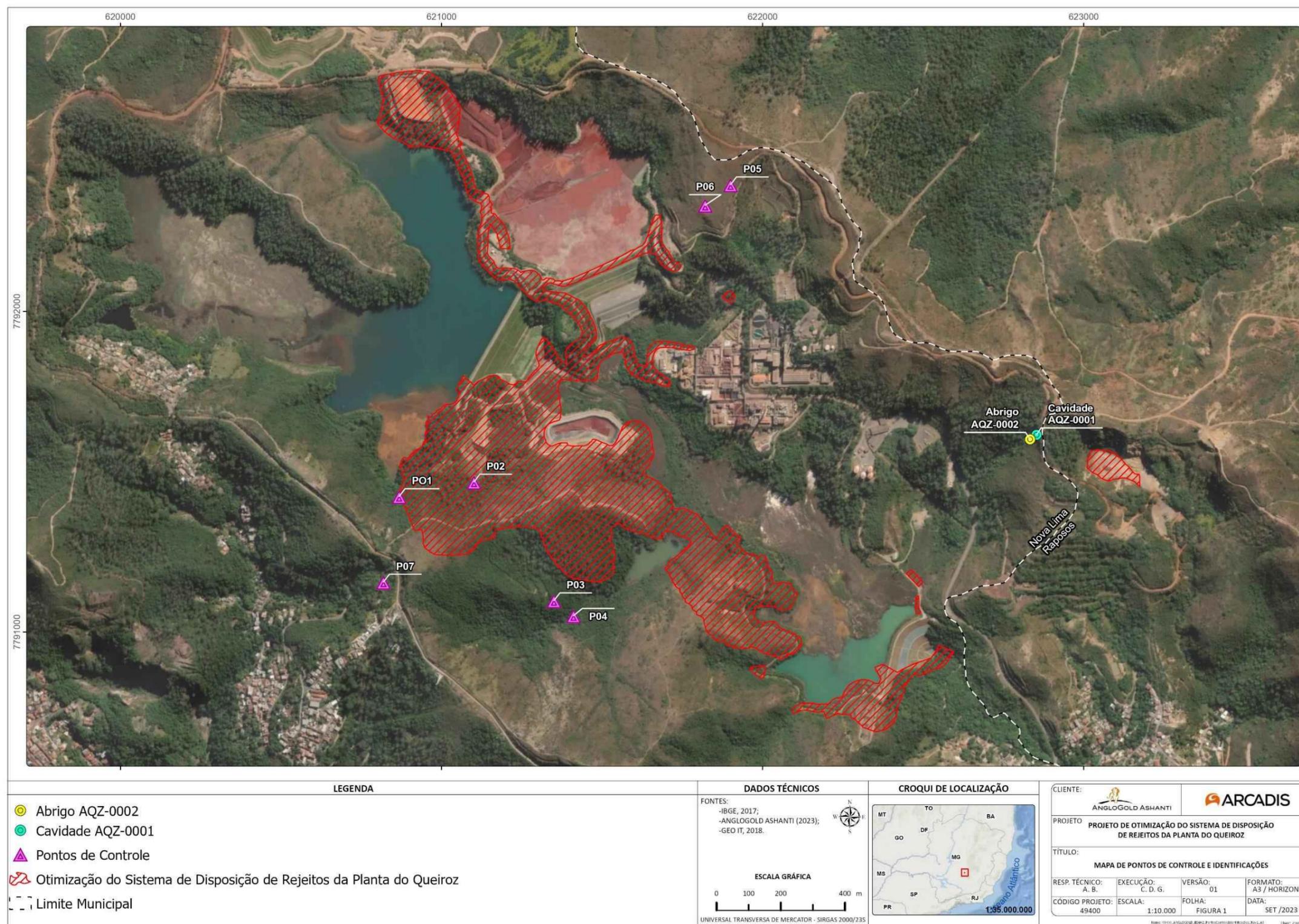


Figura 11-50 - Espacialização de todos os pontos de caracterização do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz

Fonte: GEO IT, 2023; Adaptado: Arcadis, 2023.



O caminhamento realizado nesse espaço foi dado da mesma maneira comentada anteriormente, sendo investigado os locais com maior probabilidade para ocorrência de cavernas - afloramento rochoso, drenagens, ruptura no relevo etc. - e visitado os pontos de menor potencial para verificação da presença/ausência de atributos que favorecessem a formação de cavernas (MAPA 1.6-2). Os lugares correspondentes ao potencial muito baixo ou improvável, também foram visitados e analisados visualmente (determinadas pelo horizonte de visão do observador) e fotografadas para comprovar a ausência de atributos que favoreçam a formação de cavernas.

De acordo com as informações apresentadas, não foram registrados pontos com afloramento rochoso, mas em nenhum deles foi identificada a presença de cavidades naturais subterrâneas. Desta maneira, associando todas as informações apresentadas e avaliando um cenário futuro, considerando as atividades previstas para instalação do empreendimento, pode-se concluir que não haverá dano ou impacto sobre o patrimônio espeleológico, uma vez que não foram identificadas cavidades naturais subterrâneas ou feições espeleológicas (dolinas, sumidouros, ressurgências entre outras) na área prevista para implantação Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz.

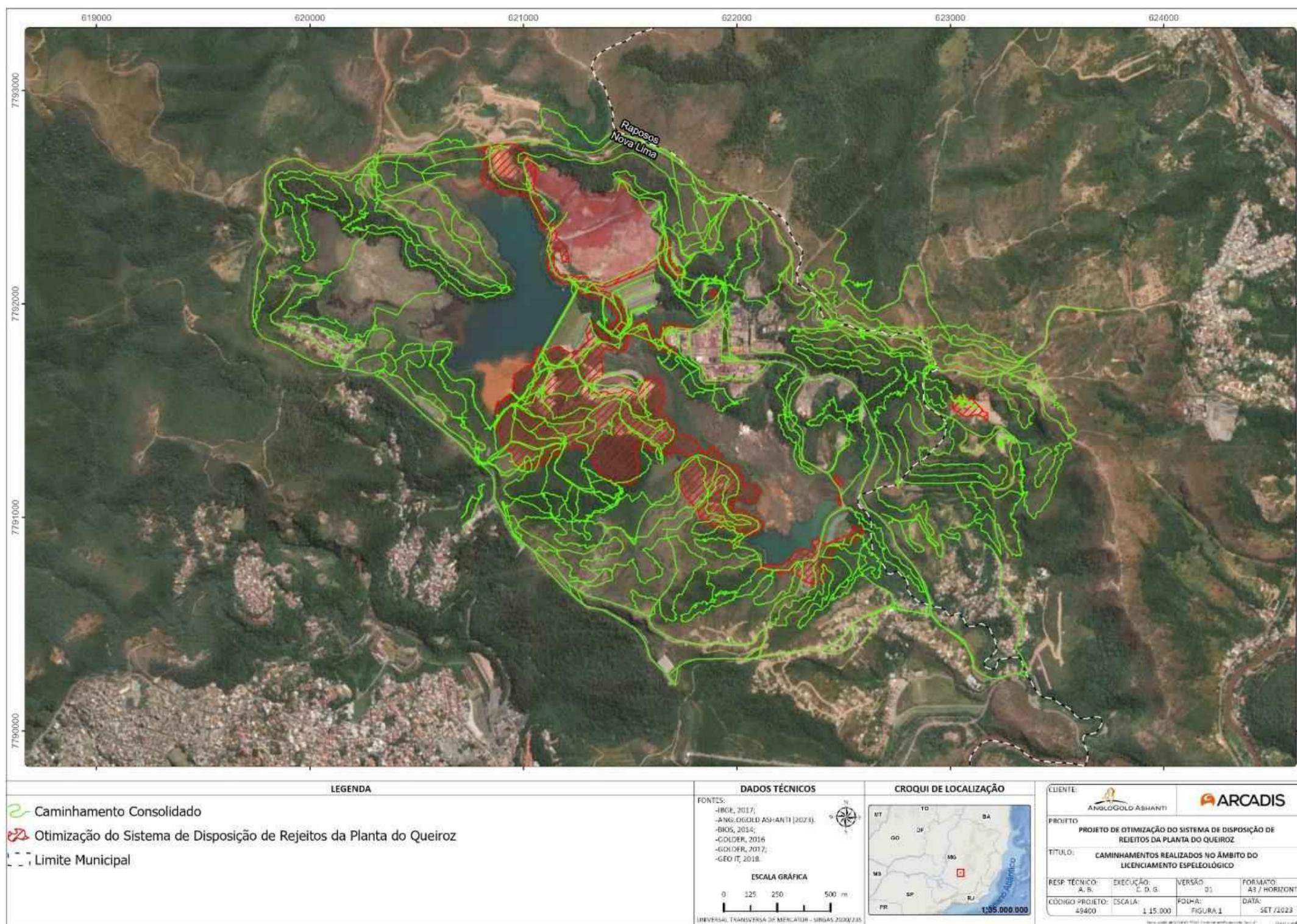


Figura 11-51 - Caminhamento espeleológico no Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz"

Fonte: BIOS, 2014; GOLDER, 2016; 2017; GEO IT, 2018; GEO IT, 2023; Adaptado: Arcadis, 2023



#### 11.9.4 Considerações finais

A prospecção executada na ADA+250 m do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz, somada à outras quatro campanhas de campo já efetuadas na área, 129,63km percorridos em estradas de acesso e trilhas abertas na vegetação.

Não foi registrada nenhuma nova cavidade natural subterrânea ou abrigo. Já havia registro de uma cavidade, denominada AQZ-0001, e de um abrigo, denominado AQZ-0002, no entorno de 250 m da ADA.

A cavidade AQZ-0001 foi classificada como de baixa relevância, e já foi solicitada a autorização para ocorrência de impactos negativos potenciais irreversíveis (GEO IT, 2019). Disposta na área de entorno de 250 m, mais especificamente a 204 m da ADA onde está prevista a deposição de material (topsoil) para a obra emergencial do reforço para estabilização do Aterro de Resíduos Industriais G. Registra-se que a área de deposição de topsoil se dará, tão somente na área delimitada, contemplando a cava exaurida Espírito Santo, a qual se encontra paralisada, sendo esta área escolhida pelo fato de estar totalmente antropizada, visando reduzir a intervenção ambiental para esta obra emergencial.

De acordo com o conceito estabelecido na Instrução de Serviço SISEMA (Sistema Estadual de Meio Ambiente) 08/2017 - Revisão 1, os abrigos são feições pseudocársticas e não são considerados cavidades naturais subterrâneas.

#### 11.10 Recursos Hídricos Superficiais

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997) define como parte de seus objetivos centrais a utilização racional e integrada destes recursos visando o desenvolvimento sustentável e a manutenção da disponibilidade da água em padrões de qualidade adequados para as gerações atual e futura. Neste contexto, algumas das diretrizes gerais de ação para implementação da PNRH são a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários; e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Alinhada com as determinações da PNRH, a caracterização dos recursos hídricos superficiais torna-se parte fundamental de um estudo de impacto ambiental, uma vez que possibilita determinar os atributos atuais deste componente e analisar possíveis alterações que possam ser ocasionadas por intervenções antrópicas previstas no âmbito do empreendimento. Desta forma, serão apresentados a seguir os principais aspectos relativos à dinâmica hídrica superficial nas áreas de estudo Regional e Local do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.

### 11.10.1 Metodologia

A caracterização dos recursos hídricos superficiais apresentada pautou-se na análise de dados e informações secundárias oriundos de órgãos oficiais, como mapeamentos da rede hidrográfica e informações sobre usos da água disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), além de produções bibliográficas sobre o tema. Destaca-se que a caracterização foi baseada nas escalas de análise regional e local, conforme definição apresentada no Capítulo 1 - Áreas de Estudo.

Dentre as principais fontes consultadas, para análise das vazões características da Área de Estudo Regional foram utilizados dados da estação fluviométrica Raposos (41200430), operada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), referentes às médias mensais monitoradas nos anos de 2021 e 2022, cuja localização encontra-se apresentada na Tabela 11-25. Para avaliação das características fluviométricas na Área de Estudo Local foram utilizados dados de monitoramento de vazão disponibilizados pelo empreendedor em 12 pontos localizados na área operacional de Queiroz. Este monitoramento é realizado pela empresa Clam Engenharia e teve início em julho de 2022, tendo como objetivo avaliar as descargas líquidas de drenagens localizadas na área de entorno dos barramentos Rapaunha, Calcinados e Cocuruto. A localização dos pontos de monitoramento encontra-se apresentada na Tabela 11-26 e o período avaliado refere-se aos meses de julho/2022 a dezembro/2022.

**Tabela 11-25 - Localização de estação fluviométrica na Área de Estudos Regional**

Estação Fluviométrica	Operador	Coordenadas	
		Sirgas 2000/23S	
		UTM E (m)	UTM N (m)
Raposos (41200430)	CPRM	624861	7792158

Fonte: IDE Sisema, 2023.

**Tabela 11-26 - Localização dos pontos de monitoramento fluviométrico na Área de Estudos Local**

Ponto	Barragem Monitorada	Coordenadas	
		Sirgas 2000/23S	
		UTM E (m)	UTM N (m)
Monitoramento 1	Cocuruto	622082	7790739
Monitoramento 2	Cocuruto	621960	7790884
Monitoramento 3	Cocuruto	622648	7791479
Monitoramento 4	Cocuruto	621295	7791664
Monitoramento 5	Cocuruto	621536	7791107
Monitoramento 6	Cocuruto	622547	7791366

Ponto	Barragem Monitorada	Coordenadas	
		Sirgas 2000/23S	
		UTM E (m)	UTM N (m)
Monitoramento 7	Calcinados	621903	7792163
Monitoramento 9	Rapaunha	620493	7792615
Monitoramento 10	Rapaunha	620836	7791420
Monitoramento 11	Rapaunha	619970	7792484
Monitoramento 12	Cocuruto	620619	7791713

Fonte: Clam Meio Ambiente, 2022.

### 11.10.2 Contextualização da Área de Estudo Regional

A intervenção em análise localiza-se na bacia hidrográfica do córrego Mina D'água, afluente da margem esquerda do rio das Velhas, sendo este um contribuinte direto do rio São Francisco (CBH Rio das Velhas, 2023).

O rio São Francisco nasce na serra da Canastra, no estado de Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte até Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao oceano Atlântico através da divisa entre os estados de Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2016).

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHRSF) é uma bacia de domínio federal, que possui grande importância em termos de volume de água transportado e potencial hídrico, com relevante contribuição histórica e econômica na região em que se insere. Apresenta extensão aproximada de 2.863 km, vazão média de 2.769 m<sup>3</sup>/s e uma área de drenagem de 639.219 km<sup>2</sup>. Devido a estas características, representa cerca 8% do território nacional, abrangendo 505 municípios localizados nos territórios de sete unidades da federação, a saber: Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Distrito Federal. A bacia é dividida em quatro regiões fisiográficas (Alto São Francisco, Médio São Francisco, Submédio São Francisco e Baixo São Francisco) e 34 sub-bacias hidrográficas (CBHSF, 2016).

A BHRSF possui como um de seus principais afluentes o rio das Velhas, localizado na região do Alto São Francisco e considerado seu maior contribuinte em extensão. Sua nascente principal situa-se na Cachoeira das Andorinhas, no município de Ouro Preto - Minas Gerais, a partir de onde percorre uma distância de aproximadamente 800 km até sua foz no rio São Francisco, em Barra do Guaicuí, município de Várzea da Palma (Minas Gerais) (IGAM; CBH Rio das Velhas, 2015).



A bacia hidrográfica do rio das Velhas possui uma área de drenagem de aproximadamente 29.173 km<sup>2</sup>. Conforme DN CERH-MG n° 71/2021, esta integra a Unidade Estratégica de Gestão (UEG) 1 - Afluentes do Alto São Francisco, correspondendo à Circunscrição Hidrográfica SF5 (IGAM; CBH Rio das Velhas, 2015). Em sua extensão abrange um total de 51 municípios, possuindo uma população de cerca de 4,8 milhões de habitantes. Esta é dividida em quatro regiões fisiográficas: Alto Rio das Velhas, Médio Alto Rio das Velhas, Médio Baixo Rio das Velhas e Baixo Rio das Velhas.

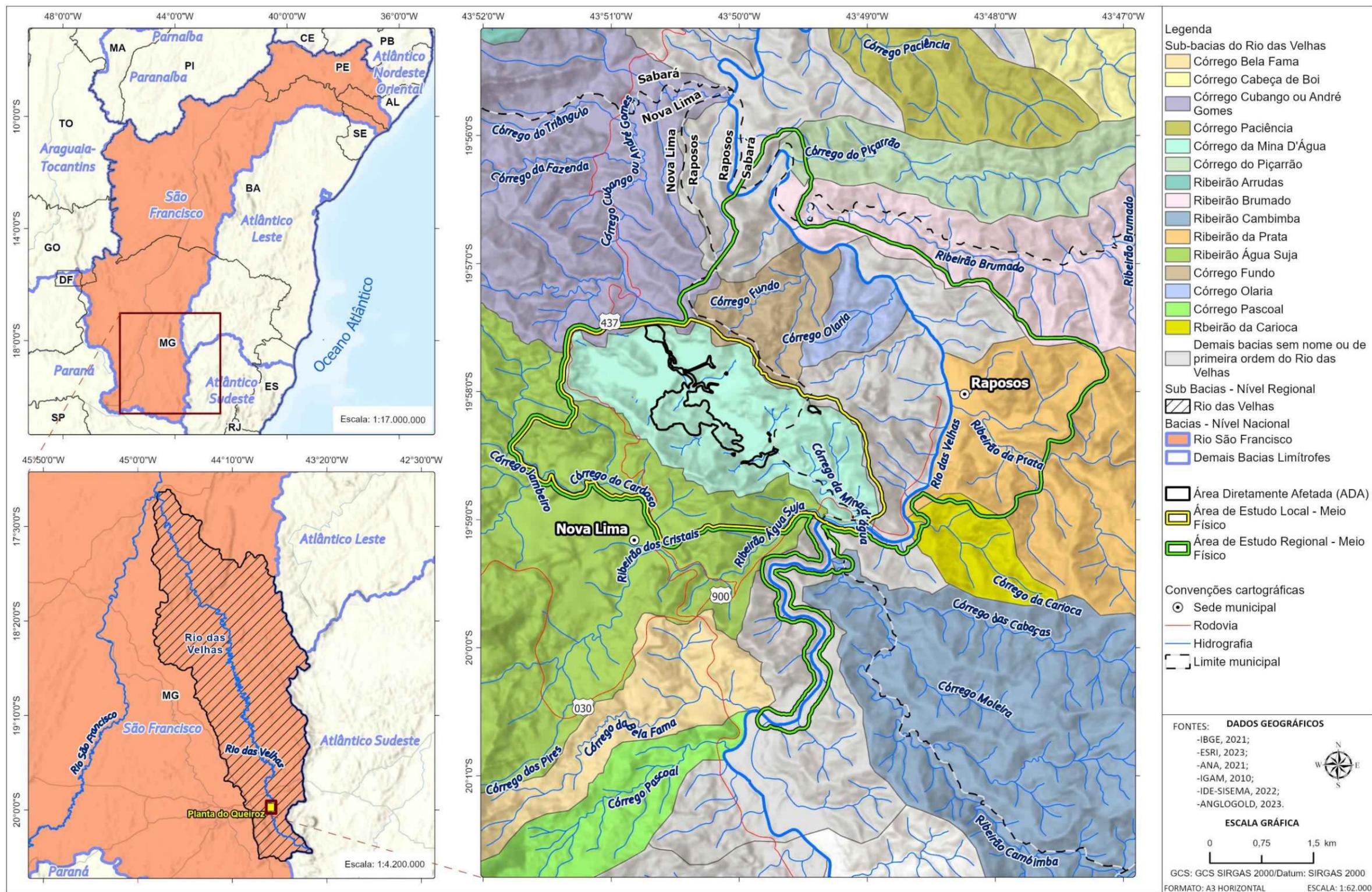
O empreendimento em análise está localizado no trecho Alto, que apresenta maior concentração populacional, uma vez que contempla, dentre outros municípios, aqueles incluídos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Possui como um de seus principais eixos econômicos a atividade minerária, uma vez que engloba parte significativa do conjunto orográfico do Quadrilátero Ferrífero (CBH Rio das Velhas, 2023).

O território da bacia do Rio das Velhas também se subdivide em 23 regiões de planejamento e gestão de recursos hídricos, denominadas de Unidades Territoriais Estratégicas (UTE). O empreendimento em análise se localiza na Unidade Territorial Estratégica (UTE) Águas da Moeda, que possui uma área de 544,32 km<sup>2</sup> e é composta pelos municípios de Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Sabará (CBH Rio das Velhas, 2023).

Dentro deste contexto, a Área de Estudos Regional (AER) selecionada para o presente estudo (Figura 11-52) compreende um total de aproximadamente 2417,12ha, localizando-se integralmente no interior da Bacia hidrográfica do rio das Velhas e compreendendo parte dos limites territoriais dos municípios de Nova Lima e Raposos/MG.

Assim, em sua porção norte a AER é delimitada pelos interflúvios que definem a sub-bacia do córrego da Mina D'água. A Oeste, a AER estende-se do divisor de águas adjacente à ADA até o sopé da vertente, tendo sua delimitação no córrego do Cardoso. A Sul, a AER é delimitada conforme interflúvio contíguo ao ribeirão Água Suja, seguindo até encontro com o rio das velhas. No rio das Velhas, abrangeu porção à montante do empreendimento, seguindo o trecho deste ponto até a altura da região sudeste da área urbana de Nova Lima, onde se localiza a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Sistema Rio das Velhas/Bela Fama.

A Leste, a AER compreende o trecho do rio das Velhas e alguns de seus afluentes diretos, com destaque para o ribeirão da Prata, em seu baixo curso. Contempla ainda a área urbana de Raposos, sendo limitada a nordeste no rio das Velhas a jusante de sua confluência com o córrego Piçarrão. Sua espacialização e localização quanto às bacias hidrográficas em escala regional pode ser observada na figura a seguir.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-52 - Mapa das bacias hidrográficas no contexto do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, IBGE, IDE-Sisema, ANA, IGAM.

Para caracterização do regime fluviométrico no âmbito da Área de Estudo Regional, foram avaliados os dados médios mensais de monitoramento de vazão referentes aos anos de 2021 e 2022 na Estação Fluviométrica Raposos (41200430), operada pela CPRM. Esta se localiza no rio das Velhas, a jusante da confluência com ribeirão da Prata, na altura da área urbana do município homônimo, conforme demonstrado na Figura 11-53. As médias mensais de vazão observadas encontram-se sistematizadas na figura a seguir.

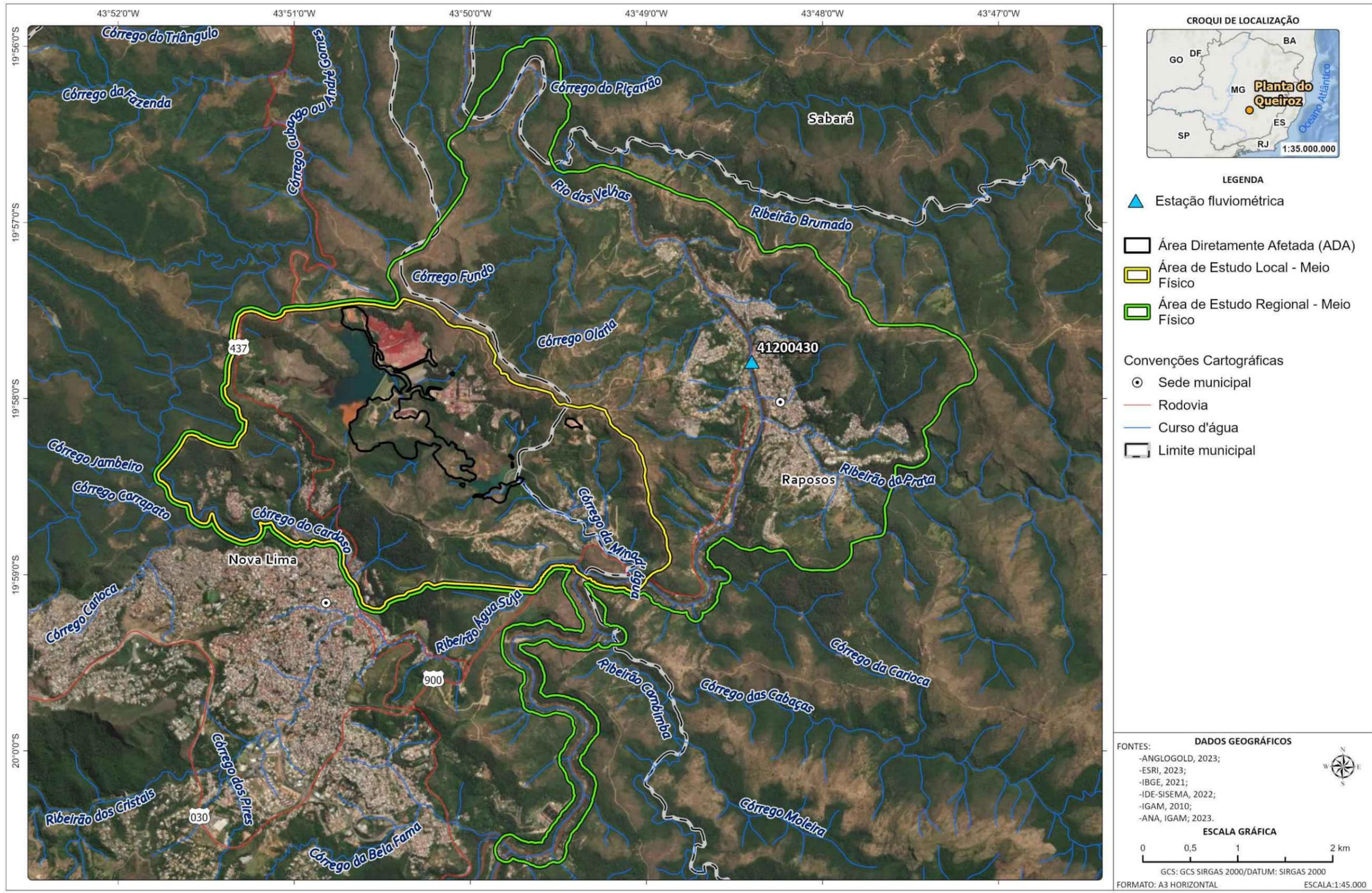


**Figura 11-53 - Monitoramento de vazão na estação fluviométrica Raposos (2021 - 2022)**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Hidroweb.*

Os valores médios para cada mês indicam que o comportamento das vazões é condizente com os índices pluviométricos, observando-se valores elevados no período chuvoso (meses de outubro a março) com decréscimo no período seco (meses de abril a setembro). Observa-se, ainda, um aumento significativo das vazões em fevereiro de 2022, refletindo os altos registros pluviométricos observados neste período chuvoso, especialmente no mês de janeiro (569mm, conforme registros da Estação Pluviométrica Água Limpa - 315390501). Ressalta-se que não há dados disponíveis para o período de dezembro de 2021 a janeiro de 2022.

A vazão média máxima para os dois anos ocorreu em fevereiro, com  $43,47\text{m}^3/\text{s}$  em 2021 e  $65,32\text{m}^3/\text{s}$  em 2022. Os valores médios mínimos ocorreram no mês de setembro para os dois anos, sendo  $4,91\text{m}^3/\text{s}$  em 2021 e  $9,36\text{m}^3/\text{s}$  em 2022.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-54 - Localização da estação fluviométrica Raposos

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: IDE-Sisema.



### 11.10.3 Contextualização da Área de Estudo Local

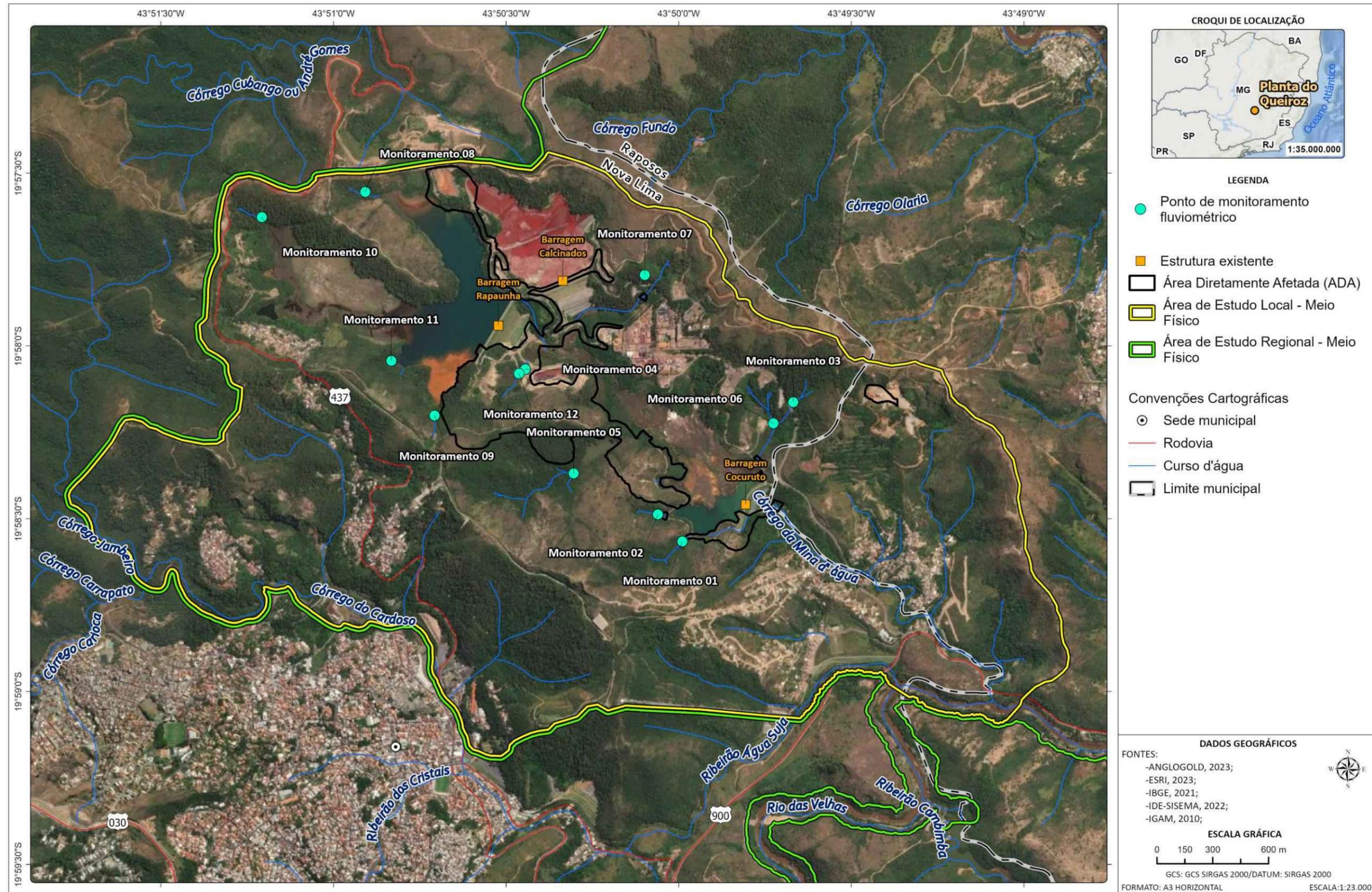
A Área de Estudos Local (AEL) abrange um total de aproximadamente 991,82ha (Figura 11-55). Seus limites seguem os interflúvios que definem a bacia hidrográfica do córrego Mina D'água estendendo-se, a oeste, do divisor de águas adjacente até o sopé da vertente, tendo sua delimitação no córrego do Cardoso. A Sul, a AEL é delimitada no ponto de confluência do córrego Mina D'água com o rio das Velhas.

Conforme Clam (2022), a bacia hidrográfica do córrego Mina D'água abrange uma área de drenagem de aproximadamente 7km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 4,5 km<sup>2</sup> estão dentro do contexto das atividades da Planta do Queiroz. Seus principais afluentes são córregos de primeira a terceira ordem, sem denominação, que conformam uma rede de drenagem de padrão dendrítico. O curso principal percorre uma extensão de aproximadamente 5km em sentido Noroeste - Sudeste até desaguar, conforme citado anteriormente, na margem esquerda do rio das Velhas. Cabe ressaltar que em 2022 a empresa CLAM Meio Ambiente realizou cadastro de nascentes nas adjacências das Barragens de Rapaunha, Calcinados e Cocuruto, sendo registrados 53 pontos.

Ressalta-se que toda a bacia do córrego Mina D'água encontra-se altamente antropizada em decorrência da implantação de estruturas associadas à Planta Queiroz, com destaque para os barramentos Rapaunha, Calcinados e Cocuruto, que modificaram os níveis de base locais e, conseqüentemente, os padrões hidrossedimentológicos naturais. Na região também estão presentes áreas urbanas como os bairros Galo, Mina D'Água e Mingú (Nova Lima/MG) que, por sua vez, também contribuem para a antropização da bacia do referido córrego, seja pela expansão das áreas residenciais, seja pelo lançamento de drenagens e de efluentes sanitários sem tratamento nos corpos receptores.

Conforme descrito, a AEL também abrange uma pequena porção da bacia hidrográfica do córrego do Cardoso, referente a sua vertente oeste, onde estão presentes córregos de primeira, segunda e terceira ordem, sem denominação. O córrego do Cardoso é um afluente direto da margem esquerda do ribeirão Água Suja que, posteriormente, deságua no rio das Velhas.

Para caracterização do regime fluviométrico no âmbito da Área de Estudo Local, foram avaliados dados relativos ao monitoramento das descargas líquidas de drenagens localizadas na área de entorno das barragens de Rapaunha, Calcinados e Cocuruto, inseridas na Planta do Queiroz. O monitoramento é realizado pela empresa Clam Meio Ambiente e teve início em julho de 2022, ocorrendo em 12 pontos, conforme demonstrado na Figura 11-55. Para elaboração do presente estudo, foram utilizados dados disponíveis até o mês de dezembro de 2022.

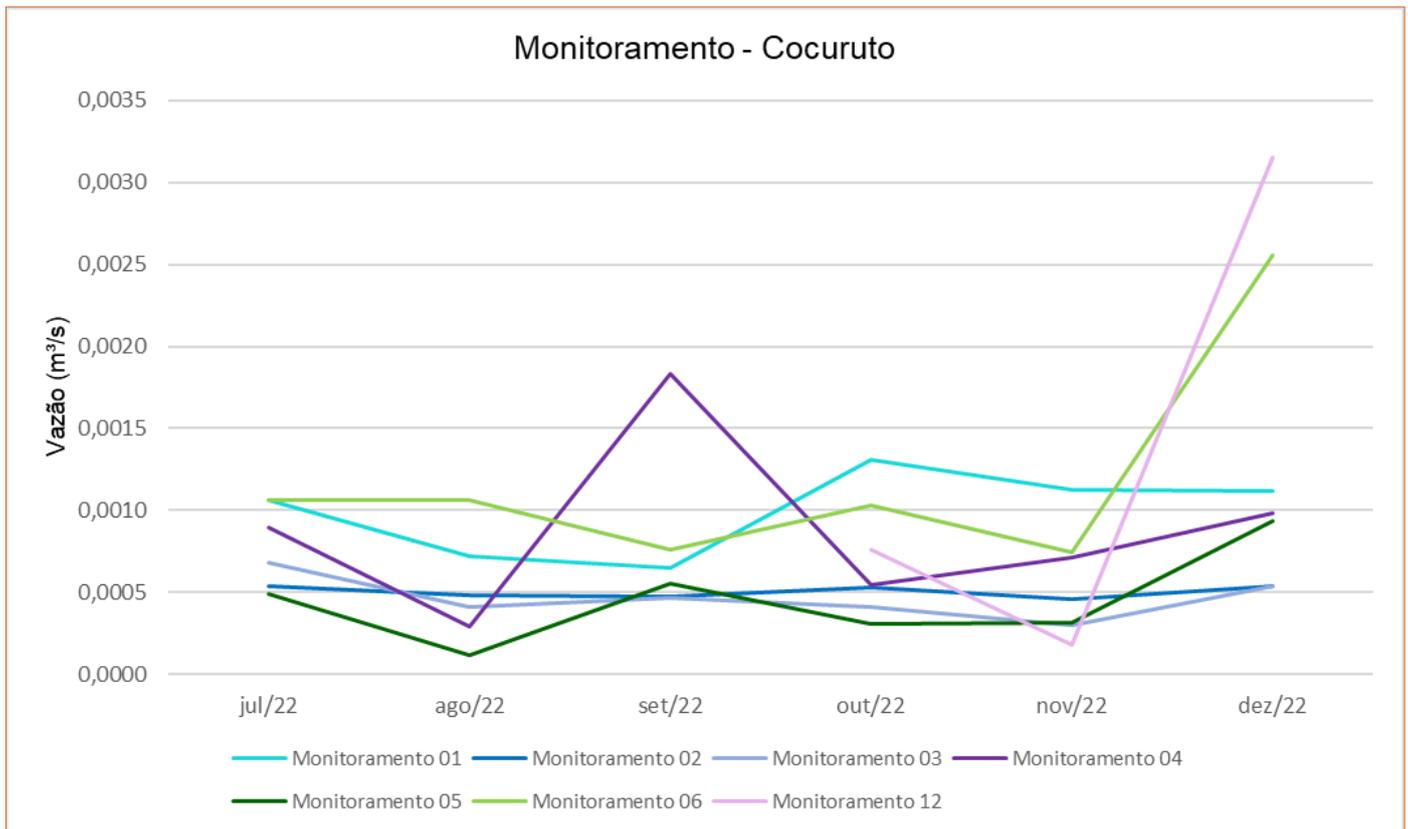


C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:29/09/2023

**Figura 11-55 - Pontos de monitoramento fluviométrico (AEL)**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, 2023.

A figura a seguir, demonstra os resultados de monitoramento obtidos para sete pontos localizados em drenagens no entorno da barragem de Cocuruto.



**Figura 11-56 - Vazões mensais observadas no entorno da barragem de Cocuruto.**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, 2023.*

Apesar do período avaliado não contemplar todos os meses do ano hidrológico, para o ponto “Monitoramento 1” observa-se que as vazões são condizentes com o regime pluviométrico local, apresentando valores menores nos meses de julho a setembro (período seco) e valores maiores entre outubro e dezembro (período chuvoso). O valor máximo identificado foi no mês de outubro (0,013 m³/s) e o mínimo no mês de setembro (0,0006m³/s).

Para o ponto “Monitoramento 2” foram observados valores de vazão praticamente constantes ao longo do período avaliado (cerca de 0,0005m³/s), sem alterações conforme a sazonalidade.

No ponto “Monitoramento 3”, foi observado que os valores de vazão decrescem a partir de julho, mantendo-se baixos até novembro, voltando a se elevar em dezembro. Neste contexto, o maior valor de vazão monitorado é observado ainda em julho (0,0007m³/s), sendo o mínimo em novembro (0,0003m³/s).

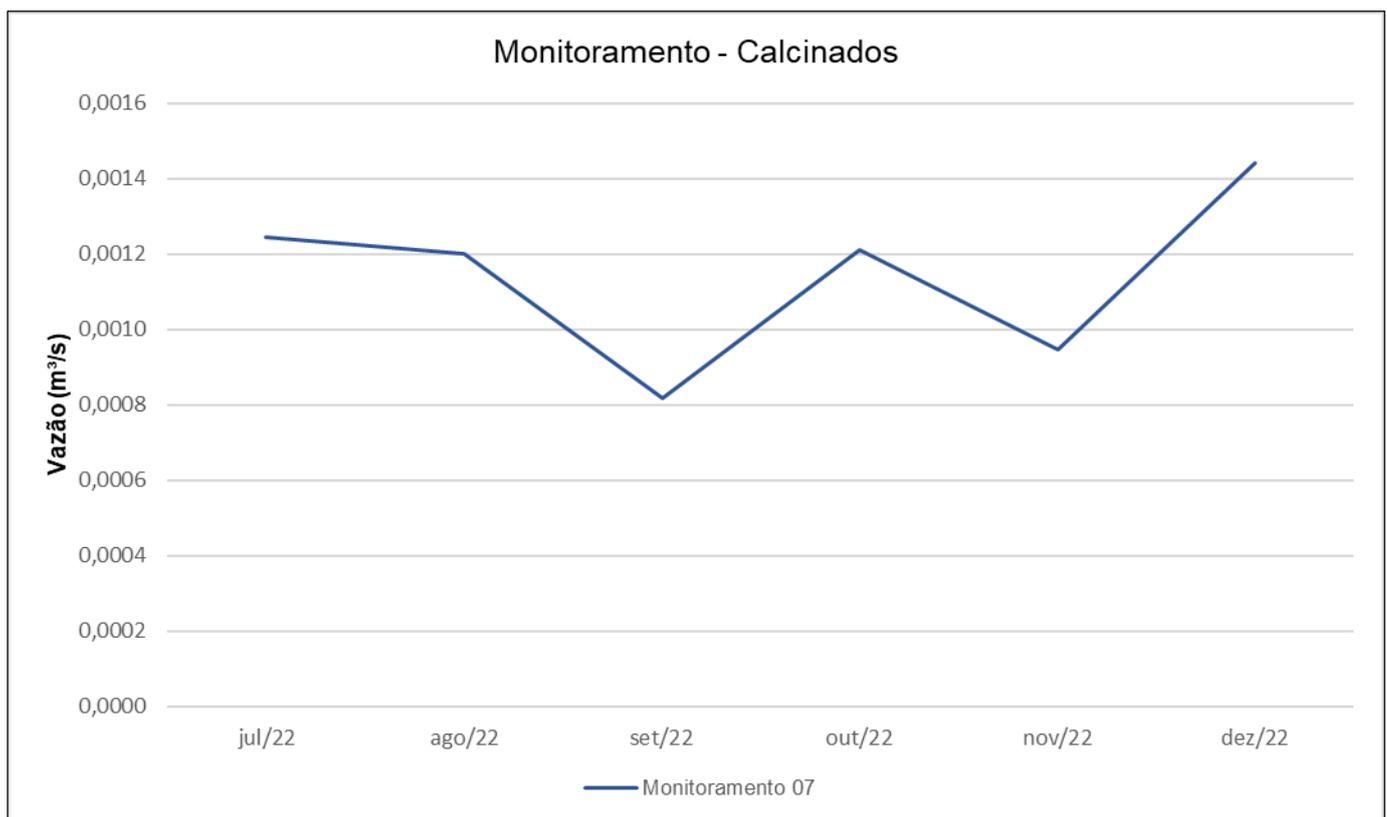
O ponto “Monitoramento 4”, por sua vez, apresenta vazões que caem a partir de julho, tendo um pico em setembro. Em outubro o valor monitorado diminui, mas se eleva novamente nos meses seguintes (novembro e dezembro). O menor valor observado ocorreu em agosto (0,0003m³/s) e o maior no mês de setembro (0,0018m³/s).

O mesmo comportamento foi observado no ponto “Monitoramento 05”, em que a vazão sofre decréscimo a partir de julho, com pico em setembro, queda no mês de outubro mas nova elevação em novembro e dezembro. Neste ponto, o maior valor observado foi em dezembro ( $0,0009\text{m}^3/\text{s}$ ) e o menor em agosto ( $0,0001\text{m}^3/\text{s}$ ).

O ponto “Monitoramento 06” apresenta vazão em decréscimo a partir de julho, com subida no mês de outubro e nova queda em novembro, que representou o mês com menor vazão ( $0,0007\text{m}^3/\text{s}$ ). O valor monitorado volta a subir em dezembro, que apresentou o maior resultado ( $0,0026\text{m}^3/\text{s}$ ).

O ponto “Monitoramento 12”, por fim, teve seu monitoramento iniciado apenas em outubro de 2022. Sendo assim, somente três meses de dados são apresentados, notando-se que outubro é o mês com maior vazão ( $0,0008\text{m}^3/\text{s}$ ), que sofre decréscimo em novembro ( $0,0002\text{m}^3/\text{s}$ ).

A figura a seguir demonstra os resultados de monitoramento obtidos para o ponto “Monitoramento 7” localizado no entorno da barragem de Calcinados.

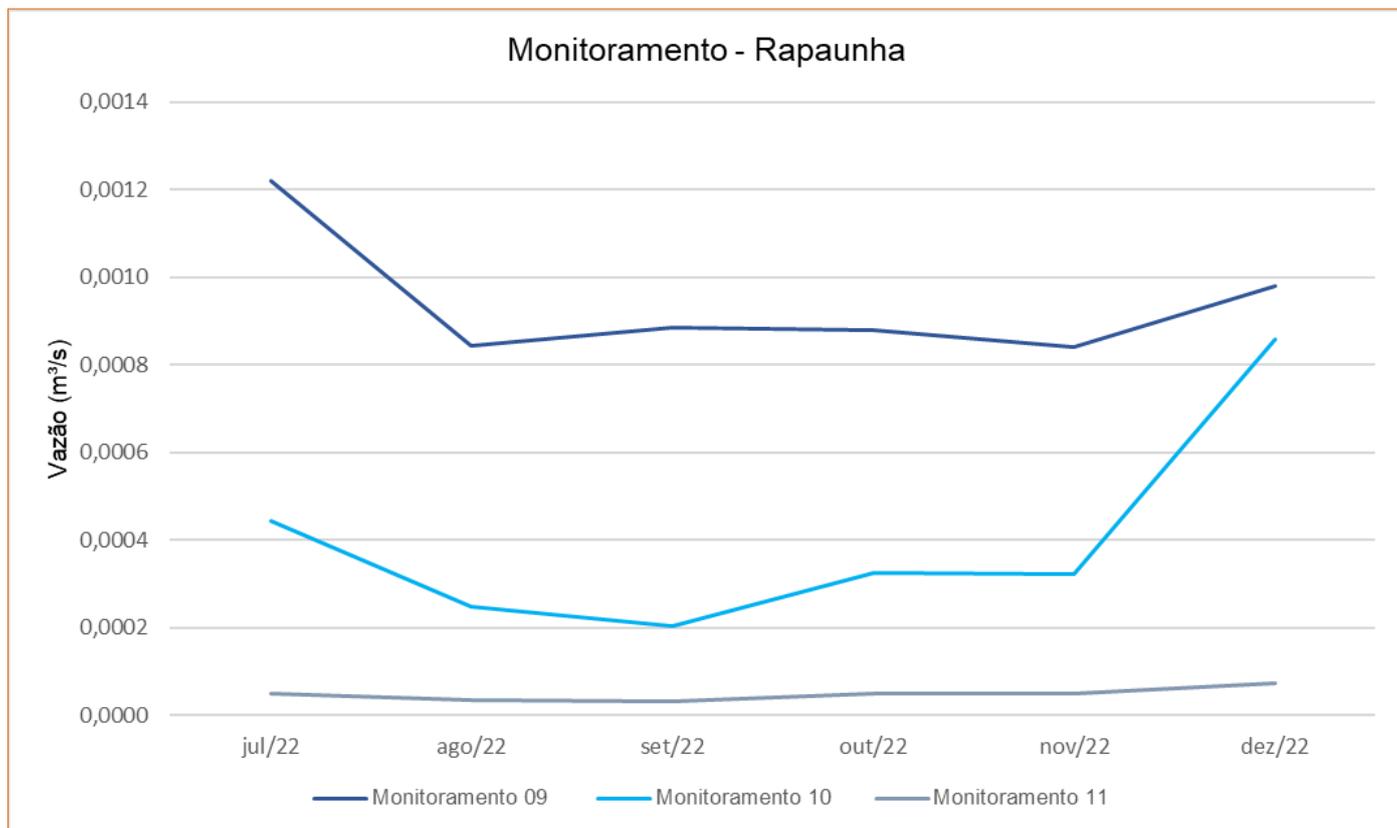


**Figura 11-57 - Vazões mensais observadas em drenagem no entorno da barragem de Calcinados.**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, 2023.*

Para o ponto “Monitoramento 7” observa-se que a vazão sofre decréscimo a partir de julho, com subida no mês de outubro e nova queda em novembro. O valor monitorado volta se elevar em dezembro, que representa o mês com maior maior vazão ( $0,0014\text{m}^3/\text{s}$ ). O mês com menor valor monitorado foi setembro ( $0,0008\text{m}^3/\text{s}$ ).

A figura a seguir demonstra resultados obtidos para o monitoramento de três pontos (“Monitoramento 9”, “Monitoramento 10” e “Monitoramento 11”) em drenagens no entorno do barramento de Rapaunha.



**Figura 11-58 - Vazões mensais observadas em drenagens no entorno da barragem de Rapaunha**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Anglogold, 2023.*

Observa-se que no ponto “Monitoramento 09” a vazão sofre decréscimo a partir de julho, com aumento em setembro e outubro e nova queda em novembro. Os valores mínimos observados foram no mês de agosto e no próprio mês de novembro, ambos com 0,0008m³/s. O valor monitorado volta a subir em dezembro, que representa o mês com maior vazão (0,0012m³/s).

O ponto “Monitoramento 10” apresenta vazões condizentes com o regime pluviométrico, com queda nos valores a partir de julho (período seco) e aumento em outubro (período chuvoso). O menor valor foi observado em agosto e setembro (ambos com registros de 0,0003m³/s) e o maior valor foi identificado em dezembro (0,0009m³/s).

No ponto “Monitoramento 11”, por fim, foram observadas vazões baixas e relativamente constantes ao longo dos meses monitorados. Em julho foi observada uma vazão de 0,00005m³/s, com queda em agosto para 0,00003m³/s, valor que se manteve em setembro. Em outubro este valor retorna a 0,00005m³/s, mantendo-se o mesmo em novembro e sofrendo ligeiro aumento para 0,00007m³/s em dezembro.

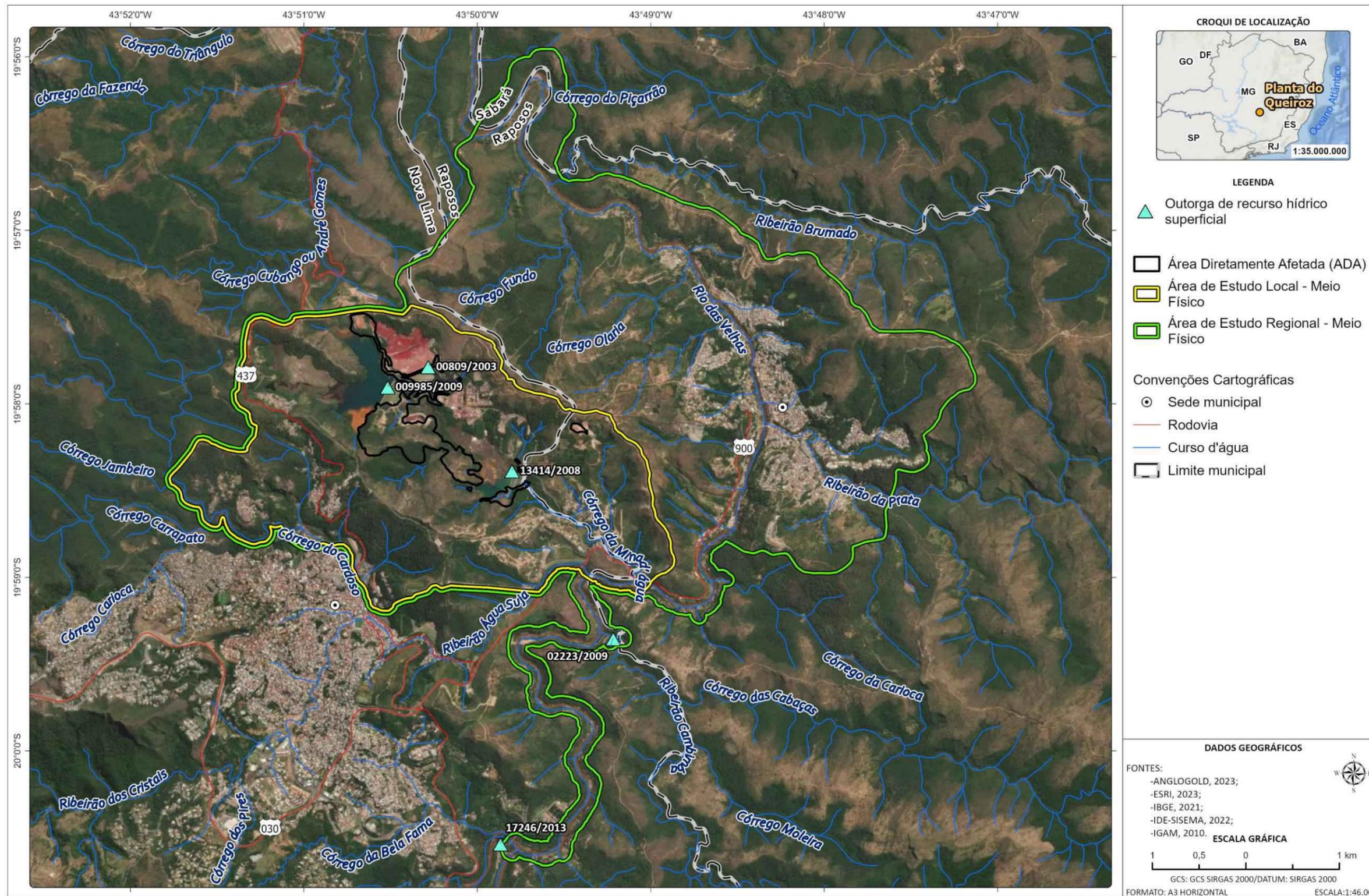


Cabe ressaltar que nenhuma das drenagens monitoradas apresenta qualquer tipo de estrutura instalada que exerça controle sobre os fluxos hidrológicos. Sendo assim, variações nos resultados quanto aos padrões do regime pluviométrico podem ser explicadas pelo fato do monitoramento ocorrer mensalmente, podendo ser influenciado pela ocorrência de eventos de chuva pontuais em dias anteriores às campanhas de campo, ou por dias seguidos de estiagem, mesmo em um mês pertencente ao período chuvoso. Neste contexto, compreende-se que as medições podem não refletir todo o histórico de vazões escoadas a cada dia, fator intrínseco às limitações do monitoramento. Outro fator de fundamental influência nos volumes de vazão em nascentes e drenagens de primeira ordem associadas é o uso do solo do entorno, que pode modificar diretamente os padrões de infiltração e exploração de água, ocasionando variações ao longo do período hidrológico.

#### **11.10.4 Caracterização do Uso das Águas Superficiais**

A demanda hídrica de uma bacia hidrográfica refere-se às vazões necessárias para o atendimento aos usos múltiplos da água, envolvendo usos consuntivos e não consuntivos. Nesse sentido, cabe ressaltar que os usos consuntivos são aqueles que retiram do corpo hídrico uma vazão levando ao consumo de parte ou do montante total dessas águas, a exemplo dos usos para irrigação, indústria, abastecimento humano, dessedentação animal, dentre outros. Os usos não consuntivos, por sua vez, independem do consumo do recurso captado, podendo ser citados os usos para lazer, turismo, navegação e pesca.

Os usos das águas superficiais nas áreas de estudo Regional e Local foram verificados com base em dados de outorgas e usos insignificantes disponibilizados pelo IGAM através do portal IDE-Sisema. Além disso, foram consultados certificados de outorga pertencentes ao empreendedor. Conforme levantamento, os usos presentes nas áreas de estudo Regional e Local referem-se a outorgas concedidas à Anglogold Ashanti. Quanto a outros usuários, adjacente à delimitação sul da Área de Estudos Regional há uma outorga para abastecimento público referente à captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Sistema Rio das Velhas/Bela Fama, responsável por cerca de 40% do abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. As informações e localizações das outorgas citadas encontram-se apresentadas na figura a seguir e na Tabela 11-27. Quanto aos usos insignificantes, não foram identificados registros nas áreas de estudo.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MFEIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-59 - Mapa de localização de outorgas existentes nas áreas de estudo.

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Ide-Sisema, Anglogold.



**Tabela 11-27 - Outorgas e cadastros de usos insignificantes na área de estudo**

Processo	Longitude	Latitude	Modalidade	Curso d'água	Modo de uso	Finalidade	Vazão L/s	Local
02223/2009	623420	7789283	Outorga	Ribeirão Cambimbe	Captação de água em barramento existente	Consumo industrial	120	AER
009985/2009	621171	7791973	Outorga	Afluente do Córrego Mina D'água pela margem direita	-	Disposição de Rejeitos (Barragem Rapaunha)	-	AEL
00809/2003	621580	7792186	Outorga	Afluente do Córrego Mina D'água	-	Disposição de Rejeitos (Barragem Calcinaços)	-	AEL
13414/2008	622415	7791073	Outorga	Córrego Mina D'água	-	Disposição de Rejeitos (Barragem Cocuruto)	-	AEL
17246/2013	622272	7787107	Outorga	Rio das Velhas	Captação em Corpo D'água	Abastecimento Público	877100 0 -	Adjacente à AER

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: Ide-Sisema, 2023; AngloGold, 2023.*



### 11.10.5 Síntese Conclusiva

A Área Diretamente Afetada localiza-se na bacia hidrográfica do córrego Mina D'água, afluente do rio das Velhas. Este, por sua vez, integra a bacia hidrográfica do rio São Francisco e está incluído na Unidade de Gestão Estratégia (UEG) 1 - Afluentes do Alto São Francisco.

A Área de Estudo Local (AEL) abrange um total de aproximadamente 991,82ha. Seus limites seguem os interflúvios que definem a bacia hidrográfica do córrego Mina D'água estendendo-se, a oeste, do divisor de águas adjacente até o sopé da vertente, tendo sua delimitação no córrego do Cardoso. A Sul, a AEL é delimitada no ponto de confluência do córrego Mina D'água com o rio das Velhas. Área de Estudos Regional (AER) compreende um total de aproximadamente 2417,12ha, englobando toda a AEL. A Sul, a AER é delimitada conforme interflúvio contíguo ao ribeirão Água Suja, seguindo até encontro com o rio das velhas. Neste último, abrangeu porção à montante do empreendimento, seguindo o trecho deste ponto até a altura da região sudeste da área urbana de Nova Lima, onde localiza-se a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Sistema Rio das Velhas/Bela Fama. A Leste, a AER compreende o trecho do rio das Velhas e alguns de seus afluentes diretos, com destaque para o ribeirão da Prata, em seu baixo curso. Contempla ainda a área urbana de Raposos, sendo limitada a nordeste no rio das Velhas a jusante de sua confluência com o córrego Piçarrão.

De forma geral, toda a rede de drenagem das áreas de estudo regional e local possui padrão dendrítico. No que se refere aos dados de fluviometria, estes demonstram que o comportamento das vazões em parte dos pontos de monitoramento analisados segue os regimes pluviométricos sazonais, com valores mais baixos no período de estiagem (abril a setembro), crescimento a partir de outubro e maiores valores nos primeiros meses do ano, especialmente janeiro e fevereiro. Em outros pontos as vazões variam em desacordo aos índices pluviométricos, podendo refletir o fato de que o monitoramento mensal realizado não contempla o histórico de vazões escoadas a cada dia. Outro fator de fundamental influência nas vazões de nascentes e drenagens de primeira ordem associadas é o tipo de uso do solo do entorno, que pode modificar diretamente os padrões de infiltração e exploração de água.

Por fim, quanto aos usos da água, aqueles presentes nas áreas de estudo Regional e Local referem-se a outorgas concedidas à Anglogold para manutenção dos barramentos Rapaunha, Calcinados e Cocuruto e para captação para consumo industrial no ribeirão Cambimbe. Quanto a outros usuários, adjacente à delimitação sul da Área de Estudos Regional há uma outorga para abastecimento público referente à Estação de Tratamento de Água (ETA) do Sistema Rio das Velhas/Bela Fama, responsável por cerca de 40% do abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. No que se refere aos usos insignificantes, não foram identificados registros nas áreas de estudo.

## 11.11 Qualidade das Águas Superficiais

Neste item será apresentada uma avaliação da qualidade das águas superficiais, sedimentos e efluentes sob as áreas de estudo regional e local do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz.



Estudos ambientais com foco nas características físico-químico em águas superficiais tornam-se ferramentas fundamentais para identificação das novas condições impostas no ambiente e, se necessário, para o controle dos problemas delas decorrentes. A qualidade das águas pode ser representada por meio de diversos parâmetros, que traduzem suas características físicas, químicas e biológicas. Os requisitos de qualidade de água devem ser avaliados à luz de seus usos previstos, ou seja, de modo a atender as condições mínimas para estes usos e identificar os impactos que as atividades antrópicas provocam no meio ambiente por meio da avaliação de mudanças nas variáveis ambientais.

Segundo Von Sperling (2007), a qualidade de uma água está determinada por fenômenos naturais e antrópicos exercidos na bacia hidrográfica. As características da água natural estão determinadas pelas substâncias químicas dissolvidas, diretamente relacionadas com a geoquímica do solo e das rochas nas bacias hidrográficas que drenam os rios e lagos.

Nesse sentido, os sedimentos são importantes fontes de informações de registros das dinâmicas de uma bacia hidrográfica. A compreensão de suas características granulométricas e geoquímicas permitem identificar as características naturais de uma região em relação ao substrato litológico. Juntamente a isso, é possível verificar a presença e indícios de aporte de substâncias (por exemplo, metais) derivados de atividades antropogênicas nesses sistemas. Por meio do estudo geoquímico, relacionado a análise das concentrações das diferentes substâncias químicas presentes nos sedimentos, é possível determinar a influência e intensidade das atividades antrópicas no sistema fluvial. Para tanto, é necessário o conhecimento de valores de referência de metais e semimetais para a correta análise de suas concentrações para a região, os chamados backgrounds geoquímicos, permitindo a compreensão das peculiaridades e das condições geológicas locais.

A legislação ambiental determina padrões e condições para que efluentes sejam lançados nas redes coletoras e corpos d'água. O padrão de lançamento de efluentes em corpos hídricos é uma ferramenta que, juntamente com o padrão de qualidade dos corpos receptores, visa à preservação e conservação de fontes potáveis de água, isso porque, cada efluente possui características químicas, físicas e biológicas próprias, que variam de acordo com o ramo de atividade da indústria e/ou empresa geradora e as matérias-primas utilizadas. O conhecimento da composição do efluente possibilita a determinação das cargas de poluição / contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor.

### **11.11.1 Metodologia**

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais, sedimentos e efluentes, foram utilizados dados do Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental realizados pela AngloGold Ashanti, além dos dados referentes ao levantamento, coleta e caracterização físico-química de amostras de água superficial e sedimentos realizados pela Arcadis (2022) no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. A série histórica contemplou, de maneira geral, o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022, com certa variabilidade da frequência de monitoramento em função dos parâmetros analisados, condição que será mais bem detalhada nos tópicos subsequentes. Ambos os estudos utilizados nesse diagnóstico contam com uma gama de

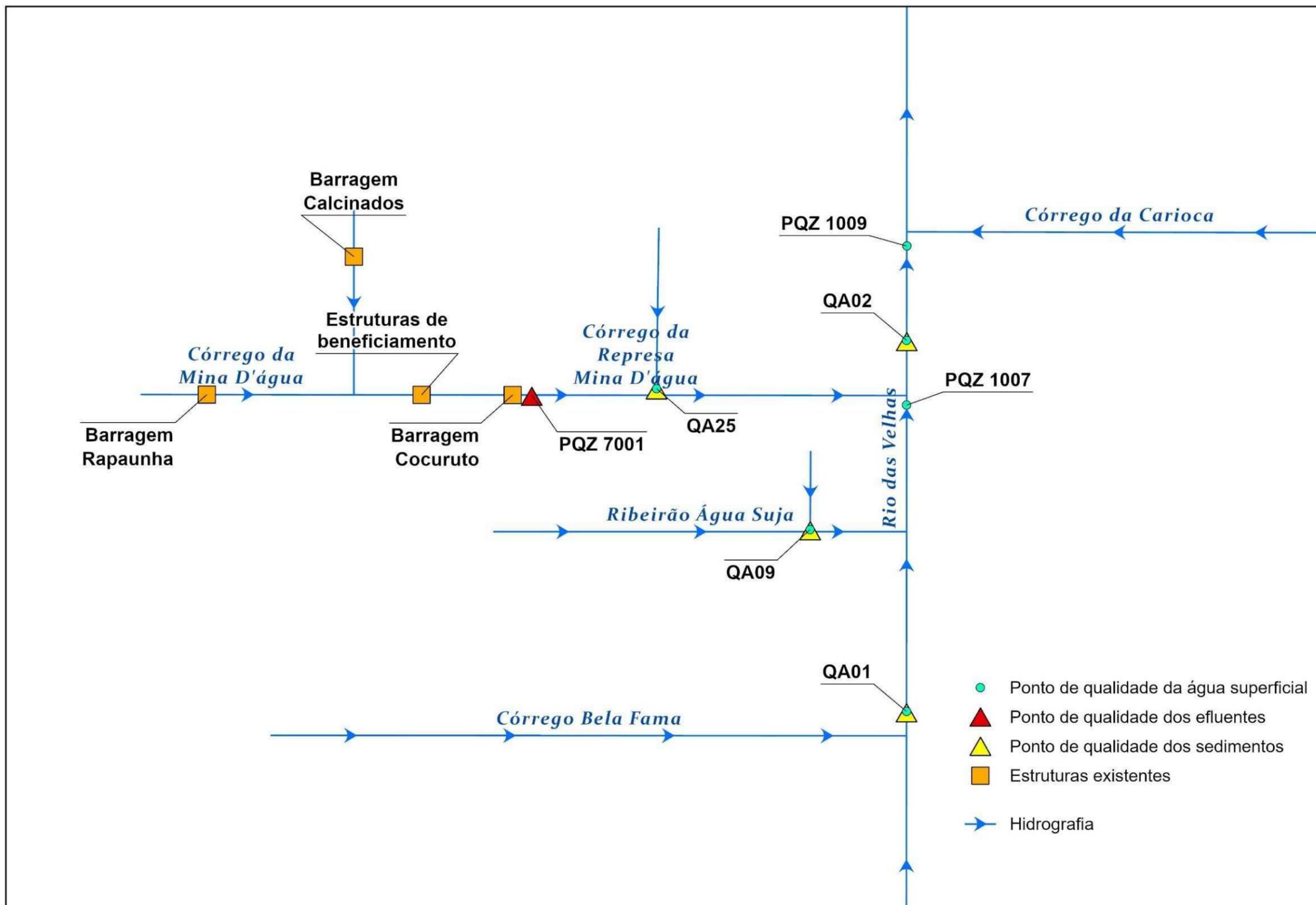


variáveis físicas e químicas, referentes à uma malha de pontos de amostragem distribuídos na sub-bacia do rio das Velhas, integrando a bacia do rio São Francisco, no município de Nova Lima.

O Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto foi constituído por 12 pontos amostrais, dos quais, 5 se inserem na área de estudo e foram utilizados para compor as análises de qualidade da água superficial e de sedimentos: QA01, QA02, QA09, QA25 e QA33. Através do Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental, a AngloGold Ashanti realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais no rio das Velhas, a montante (denominado ponto PQZ 1007) e jusante (denominado ponto PQZ 1009) do lançamento dos efluentes gerados na Planta do Queiroz (barragem Cocuruto), os quais também foram contemplados nas análises de qualidade da água superficial deste diagnóstico.

Com intuito de complementar a análise e discussão da qualidade das águas superficiais, considerou-se o ponto de efluente final da barragem do Cocuruto (PQZ 7001) único ponto de lançamento de efluente para a área externa do empreendimento, o qual faz parte dos monitoramentos de qualidade ambiental realizados pela AngloGold Ashanti. O efluente é descartado no córrego Mina D'água, cuja vazão é composta, basicamente, pelo referido lançamento.

A figura a seguir indica o diagrama unifilar dos referidos pontos de monitoramento e, em seguida, serão detalhadas separadamente as metodologias conforme as matrizes estudadas.



### 11.11.1.1 Água superficial

Para caracterizar a qualidade dos sedimentos presentes nos cursos hídricos da área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, foram avaliados os pontos de monitoramento distribuídos no entorno do empreendimento, utilizando, a depender do ponto de monitoramento e parâmetro avaliado, os resultados da série histórica (janeiro de 2021 a dezembro de 2022) do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas executado pela AngloGold Ashanti e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

Para os pontos analisados no âmbito do PAEBM, QA01, QA02, QA09, QA25 e QA33, os resultados são referentes ao período de setembro de 2021 a dezembro de 2022, realizados trimestralmente totalizando 6 (seis) amostras para cada ponto, a exceção de alguns parâmetros como Sulfato, Sulfeto, Turbidez e Zinco Total, que apresentam dados somente para o ano de 2022 e, portanto, 3 (três) amostras cada. A tabela a seguir apresenta a compilação de todos os pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, bem como períodos de amostragem.

**Tabela 11-28 - Pontos de monitoramento de água superficial no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz**

Ponto	Tipo	Curso d'água	Enquadramento	Coordenadas		Estudo	Cobertura temporal	Área de Estudo
				UTM N (m)	UTM E (m)			
QA-01	Água Superficial	Rio das Velhas	Classe 2	622395	7787044	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)
QA-02	Água Superficial	Rio das Velhas	Classe 2	623800	7789808	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)
QA-09	Água Superficial	sem nome	Classe 2	623122	7790027	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Local (AEL)
QA-25	Água Superficial	sem nome	Classe 2	623327	7790308	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Local (AEL)
QA-33	Água Superficial	Rio das Velhas	Classe 2	622463	7794839	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)
PQZ-1007	Água Superficial	Rio das Velhas	Classe 2	623653	7789913	Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental	Jan/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Local (AEL)
PQZ 1009	Água Superficial	Rio das Velhas	Classe 2	624470	7789893	Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental	Jan/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas, a partir da Deliberação Normativa nº20/1997, foi devidamente enquadrada segundo sua qualidade e seus usos preponderantes. Os trechos nos quais os pontos PQZ-1007, PQZ-1009, QA01, QA02, QA09, QA25 e QA33 estão inseridos são classificados como Classe 2.

Os padrões de qualidade para corpos hídricos superficiais são definidos com base na qualidade da água requerida para seus usos prioritários. Em Minas Gerais a norma atual que estabelece os padrões para a água superficial é a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022, a qual “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. A Tabela 11-29 apresenta os limites supracitados e a Figura 11-61 apresenta o mapa de localização desta malha amostral em relação ao projeto.

**Tabela 11-29 - Valores máximos permitidos (VMP) pela DN COPAM-CERH nº 08/2022 para águas superficiais Classe 2**

Parâmetros	Unidade	Superficial COPAM 08/2022
		Classe 2
Arsênio Total	mg/L	0,01
Chumbo Total	mg/L	0,01
Cianeto Livre	mg/L	0,005
Coliformes termotolerantes	mg/L	1000
Cobre Total	mg/L	-
Condutividade Elétrica	uS/cm	-
DBO	mg/L	5
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
Manganês Total	mg/L	0,1
Mercurio total	mg/L	0,0002
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5
pH	-	6 a 9
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500
Sólidos Totais Suspensos	mg/L	100
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto	mg/L	0,002
Turbidez	UNT	100
Zinco Total	mg/L	0,18
Escherichia coli	mg/L	1000

Fonte: Deliberação Normativa COPAM-CERH 08/2022.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-61 - Mapa de localização dos pontos de água superficial**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

### 11.11.1.2 Sedimentos

Para caracterizar a qualidade dos sedimentos presentes nos cursos hídricos da área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, foram avaliados os pontos QA01, QA02, QA09, QA25 e QA33, localizados no entorno do empreendimento. Para isso, foram analisados os resultados da 1ª (setembro de 2021), 2ª (março de 2022) e 3ª (setembro 2022) campanhas de monitoramento realizadas pela Arcadis no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. A tabela a seguir apresenta os pontos de monitoramento de sedimentos.

**Tabela 11-30 - Pontos de monitoramento de sedimentos no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz**

Ponto	Tipo	Curso d'água	Enquadramento	Coordenadas		Estudo	Cobertura temporal	Área de Estudo
				UTM N (m)	UTM E (m)			
QA01	Sedimentos	Rio das Velhas	Classe 2	622395	7787044	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)
QA02	Sedimentos	Rio das Velhas	Classe 2	623800	7789808	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)
QA09	Sedimentos	sem nome	Classe 2	623122	7790027	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Local (AEL)
QA25	Sedimentos	sem nome	Classe 2	623327	7790308	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Local (AEL)
QA33	Sedimentos	Rio das Velhas	Classe 2	622463	7794839	PAEBM da barragem de rejeitos de Cocuruto	Set/2021 a Dez/2022	Área de Estudo Regional (AER)

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

Os parâmetros analisados foram selecionados de acordo com os interesses geoquímicos, considerando parâmetros relacionados com a atividade minerária e com a geologia local e regional: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Fósforo, Óxido de Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco e granulometria.

Como não há uma classificação para avaliar a qualidade química de sedimentos decorrente, utilizou-se como referência a Resolução CONAMA 454/2012 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. A caracterização química foi realizada de acordo com as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais definidos nesta Resolução. Para disposição em águas doces sob jurisdição nacional, os resultados analíticos foram comparados com os Valores Orientadores (VOR) níveis I e II, uma vez que é a única resolução que trata de sedimento, mesmo referindo-se a material dragado. Os valores orientadores adotados têm como referência a publicação oficial Environmental Canada, propostos pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2002):

nível I: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota.

nível II: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

Além da caracterização físico-química, a distribuição granulométrica dos sedimentos também seguiu as orientações da Resolução CONAMA 454/2012 para material a ser dragado, que tem como referência de classificação granulométrica a escala Granulométrica de WENTWORTH (1922). Nesse contexto, as seguintes classes granulométricas foram consideradas: ▪ Areia Muito Grossa (2 a 1 mm) ▪ Areia Grossa (1 a 0,5 mm) ▪ Areia Média (0,5 a 0,25 mm) ▪ Areia Fina (0,25 a 0,125 mm) ▪ Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm) ▪ Silte (0,062 a 0,00394 mm) ▪ Argila (0,00394 a 0,0002 mm).

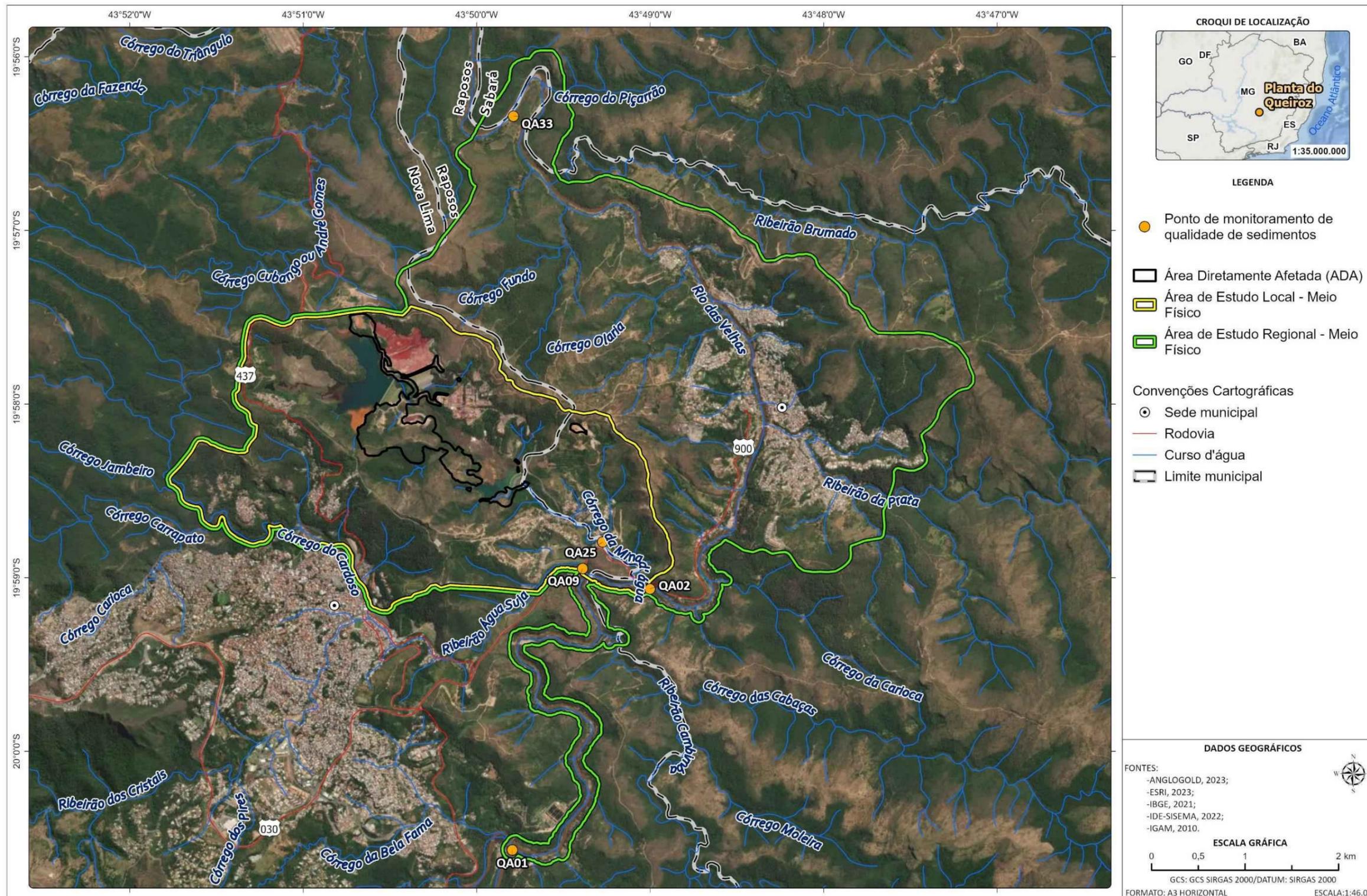
Cabe destacar que os parâmetros Manganês, Alumínio e Ferro não estão listados nesta Resolução, mas foram comparados de acordo com Vicq (2015). Optou-se pela utilização desta referência, pois é a mesma adotada pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM em suas avaliações na mesma bacia hidrográfica. A Tabela 11-31 apresenta os valores orientadores segundo a Resolução CONAMA 454/2012 e o estudo de Vicq (2015). No mapa Figura 11-62 é apresentada a localização dos pontos de monitoramento de sedimentos.

**Tabela 11-31 - Valores Orientadores segundo a Resolução CONAMA 454/2012 e Vicq (2015)**

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Vicq 2015
		Nível I	Nível II	
Alumínio	mg/kg	-	-	45200
Antimônio	mg/kg	-	-	-
Arsênio	mg/kg	5,9	17	-
Bário	mg/kg	-	-	-
Berílio	mg/kg	-	-	-
Boro	mg/kg	-	-	-
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	-
Chumbo	mg/kg	35	91,3	-
Cobalto	mg/kg	-	-	-
Cobre	mg/kg	35,7	197	-
Cromo	mg/kg	37,3	90	-
Estanho	mg/kg	-	-	-
Ferro	mg/kg	-	-	281000
Fósforo	mg/kg	2000	2000	-
Lítio	mg/kg	-	-	-

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Vicq 2015
		Nível I	Nível II	
Manganês	mg/kg	-	-	3300
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	-
Molibdênio	mg/kg	-	-	-
Níquel	mg/kg	18	35,9	-
Prata	mg/kg	-	-	-
Selênio	mg/kg	-	-	-
Titânio	mg/kg	-	-	-
Tungstênio	mg/kg	-	-	-
Urânio	mg/kg	-	-	-
Vanádio	mg/kg	-	-	-
Zinco	mg/kg	123	315	-

Fonte: Deliberação Normativa COPAM-CERH 08/2022.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-62 - Mapa de localização dos pontos de sedimentos analisados**  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023; IGAM, 2020; IBGE, 2021; ESRI, 2023.

### 11.11.1.3 Efluentes

Para a caracterização da qualidade do efluente na área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz, foi avaliado o ponto de monitoramento PQZ 7001, o qual se configura como o único ponto de lançamento de efluente externo ao Complexo, cujo receptor é o Rio das Velhas. Foram utilizados os resultados das campanhas mensais realizadas pela AngloGold Ashanti no âmbito do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, contemplando todo o período de 2021 e 2022. A Tabela 11-32 a seguir apresenta as informações do ponto de monitoramento do efluente e a Figura 11-63 o mapa de sua localização.

**Tabela 11-32 - Pontos de monitoramento de efluentes no entorno do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz**

Ponto	Tipo	Descrição	Coordenadas		Estudo	Cobertura temporal	Área de Estudo
			UTM N (m)	UTM E (m)			
PQZ 7001	Efluente industrial	Efluente final da planta Queiroz, após Barragem Cocuruto	622.420	7.790.869	Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental	Jan/2021 a Ago/2022	Área de Estudo Local (AEL)

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

Os parâmetros selecionados foram: Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Coliformes termotolerantes, Condutividade elétrica, DBO, DQO, Fenóis, Ferro dissolvido, Manganês dissolvido, Mercúrio total, Nitrato, Sólidos sedimentáveis, Óleos e graxas, Sulfato, Sulfeto, Surfactantes e Zinco total. Todos os parâmetros citados tiveram os resultados avaliados e foram comparados com os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH/MG nº 08/2022, para lançamento de efluentes industriais.

A tabela a seguir apresenta os valores máximos permitidos (VMP) segundo DN COPAM nº 08/2022.

**Tabela 11-33 - Valores máximos permitidos (VMP) pela DN COPAM-CERH nº 08/2022**

Parâmetros	Unidade	COPAM N°08/2022 (Efluentes)
Arsênio Total	mg/L	0,2
Cádmio Total	mg/L	0,1
Chumbo Total	mg/L	0,1
Cobre Dissolvido	mg/L	1
Coliformes termotolerantes	(UFC/100mL)	-
Condutividade Elétrica	uS/cm	-
Cor verdadeira	-	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	60
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	180
Fenóis	mg/L	0,5

Parâmetros	Unidade	COPAM N°08/2022 (Efluentes)
Ferro Dissolvido	mg/L	15
Manganês Dissolvido	mg/L	1
Mercúrio Total	mg/L	0,01
Nitrato	mg/L	-
Óleos e Graxas	mg/L	20
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	1
Sulfato	mg/L	-
Sulfeto	mg/L	1
Surfactantes	mg/L	2,0
Zinco Total	mg/L	

Fonte: Deliberação Normativa COPAM-CERH 08/2022.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-63 - Mapa de localização do ponto de efluente analisado**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023; IGAM, 2010; IBGE, 2021; ESRI, 2023.



## 11.11.2 Resultados

### 11.11.2.1 Água superficial

A avaliação da série histórica dos resultados de água superficial contemplou, de modo geral, o período de janeiro/2021 a dezembro/2022, com monitoramentos mensais (PQZ-1007, PQZ-1009) e trimestrais (QA01, QA02, QA09, QA25 e QA33). Para o embasamento das discussões utilizou-se a análise gráfica para os parâmetros e pontos monitorados.

Salienta-se que os valores abaixo dos limites de quantificação (LQ) do laboratório não foram representados nos gráficos, uma vez que não se sabe ao certo os valores reais destas amostras.

#### 11.11.2.1.1 Condutividade elétrica e pH

A condutividade refere-se à capacidade da água em conduzir corrente elétrica, estando diretamente relacionada às concentrações iônicas e metais dissolvidos presentes no meio. Esse parâmetro fornece uma indicação das modificações nas concentrações minerais da água. A presença de metais e íons em água pode ser influenciada pela geoquímica da área e podem ser observados através da variação da condutividade do meio (CETESB, 2022).

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 não estabelece limites para a condutividade elétrica para água superficial. Conforme Figura 11-64, grande parte dos valores estão abaixo de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , exceto nos pontos QA02, QA09 e QA25, este último apresentando os valores mais altos de condutividade elétrica dentre os pontos analisados.

Segundo Arcadis (2022), os aumentos dos valores mencionados para condutividade elétrica, podem estar relacionados à localização deste ponto em área de mistura de lançamentos provenientes da Planta do Queiroz. Contudo, como observado nos pontos a montante da confluência com o rio das Velhas, o corpo hídrico é capaz de depurar o lançamento (ARCADIS, 2022).

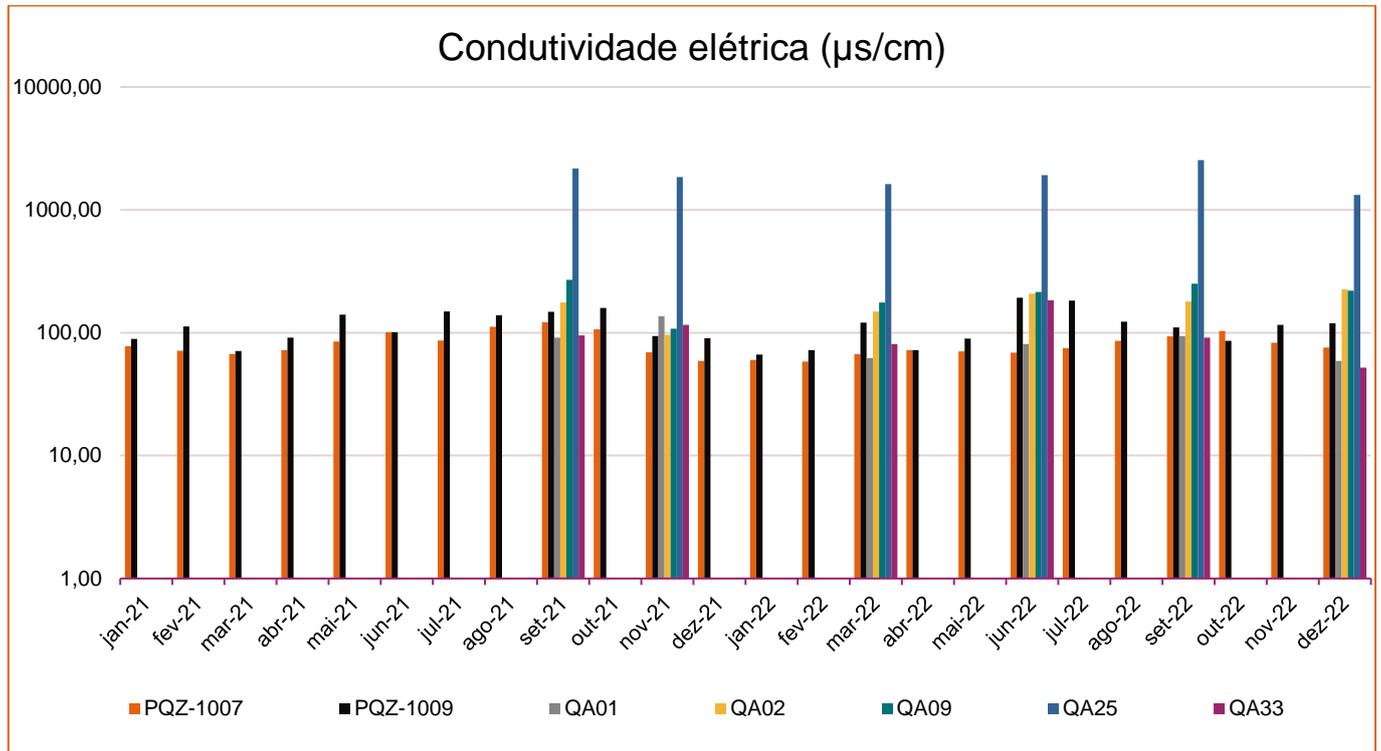
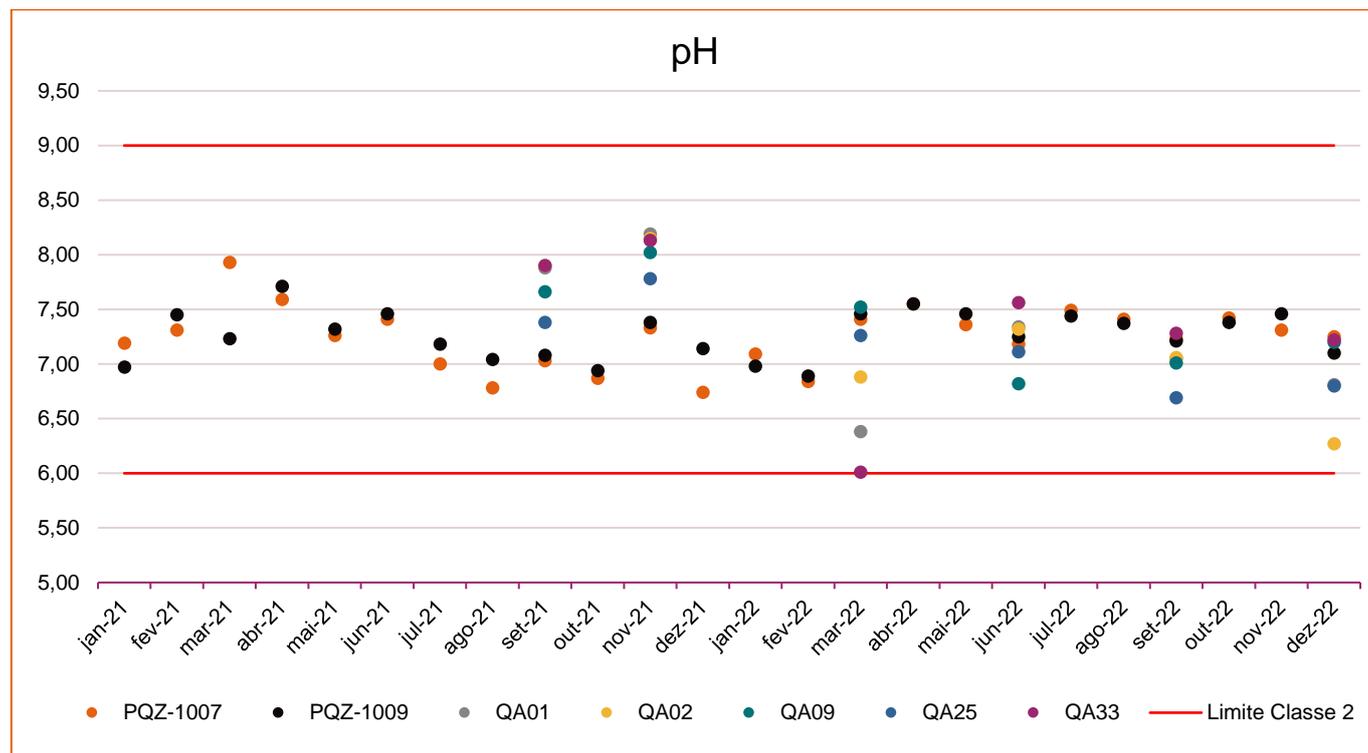


Figura 11-64 - Gráfico de resultados de Condutividade Elétrica nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

O pH indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma amostra. É um parâmetro importante devido a sua influência em diversos equilíbrios químicos. Nos ecossistemas aquáticos naturais, sua influência ocorre diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e na toxicidade de diversos compostos. Em meio ácido, os metais pesados tendem a ter maior biodisponibilidade, aumentando seu nível de toxicidade (CETESB, 2022).

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 estabelece os limite máximo de 9 e mínimo de 6 para pH em corpos d'água classe 2. A partir do gráfico da figura a seguir, observa-se que todos os resultados de pH, para o período em análise, apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação para água superficial.



**Figura 11-65 - Gráfico de resultados de pH nos pontos de monitoramento de água superficial**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

### 11.11.2.1.2 Oxigênio Dissolvido e DBO

O Oxigênio dissolvido (OD) assume grande importância nos corpos d'água, pois dele depende a sobrevivência de seres aeróbios. Sua ausência ou restrição conduz à redução da diversidade biológica. Ademais, caso o oxigênio seja totalmente consumido, passam a prevalecer condições anaeróbicas no ambiente aquático e a formação de ambiente redutor, tornando os metais pesados e os compostos de fósforo mais solúveis e biodisponíveis no ambiente. A redução nas concentrações de oxigênio dissolvido está comumente associada à deterioração de matéria orgânica proveniente de esgotos sanitários e associados (CETESB, 2022).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) está relacionada à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável. Nesse contexto, a DBO representa a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período, numa temperatura de incubação específica. Os maiores incrementos nos níveis de DBO nos cursos d'água são provocados por lançamentos de origem orgânica (CETESB, 2022).

Para águas doces Classe 2, é recomendado pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 que o nível de oxigênio dissolvido seja, no mínimo, de 5 mg/L, concentração considerada adequada para a sobrevivência e desenvolvimento dos organismos aquáticos e para DBO o limite máximo é de 5,0 mg/L. As figuras a seguir apresentam os gráficos de distribuição dos resultados de oxigênio dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de monitoramento de água superficial.

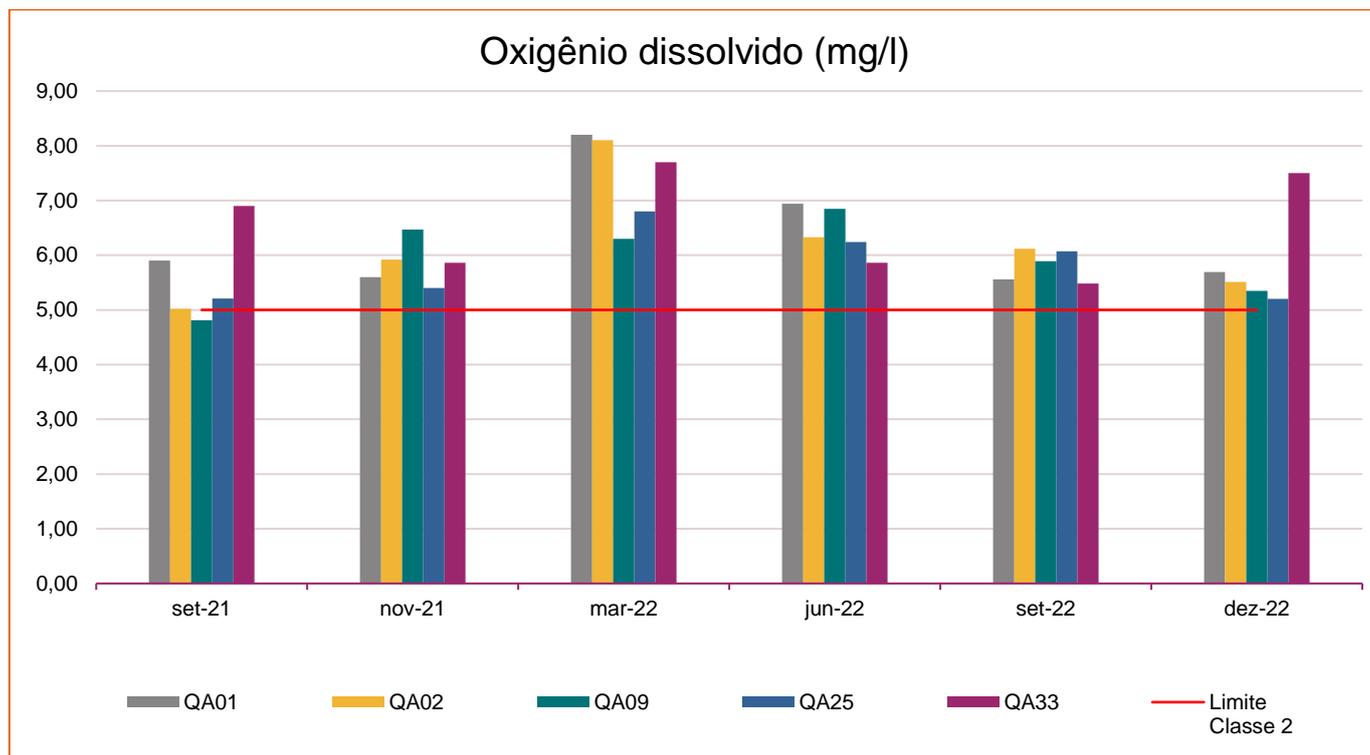


Figura 11-66 - Gráfico de resultados de Oxigênio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

Conforme figura a seguir todos os valores de OD monitorados estão acima do mínimo recomendado pela DN Conjunta COPAM-CERH/MG, com exceção do monitoramento de setembro de 2021 no ponto QA09, que se normalizou nos demais monitoramentos.

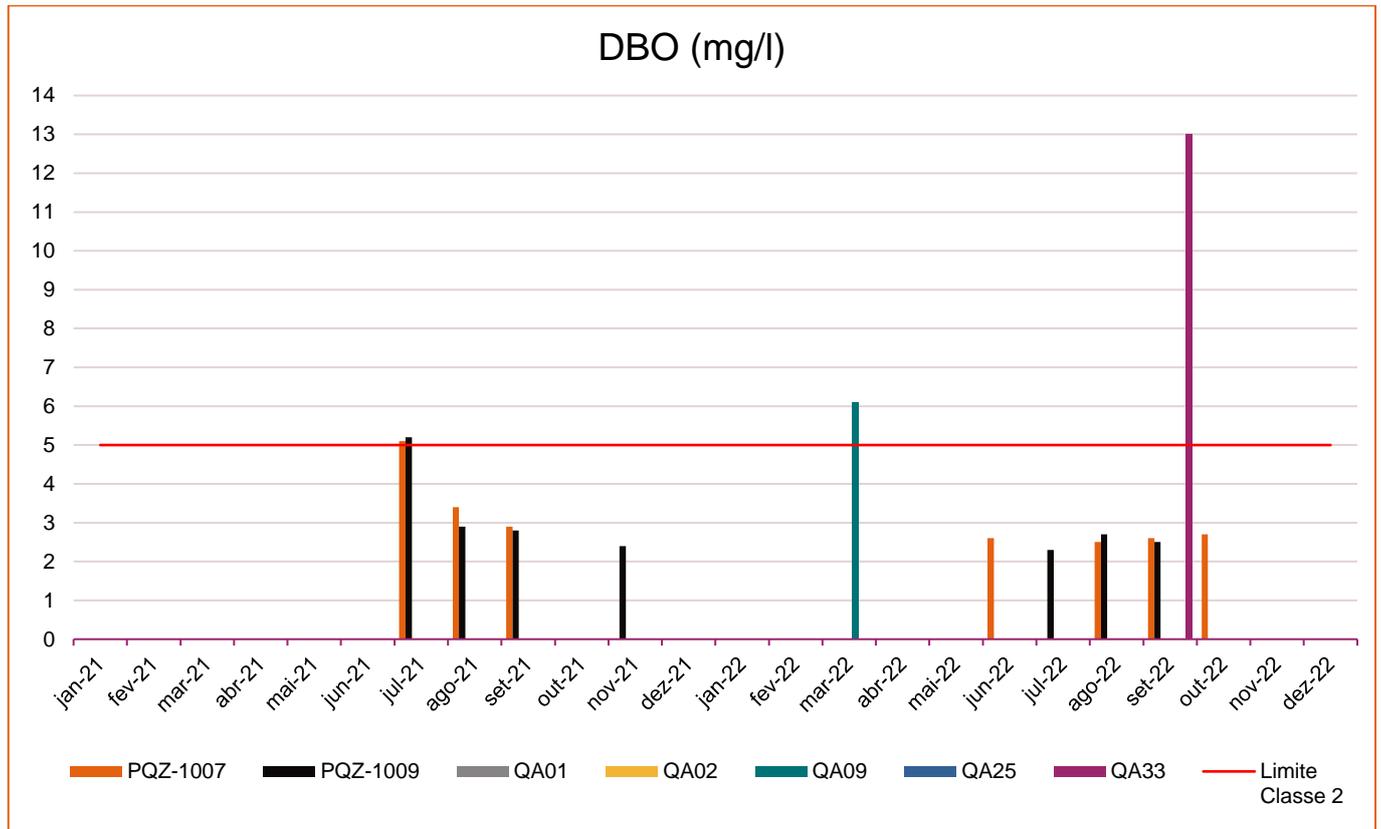


Figura 11-67 - Gráfico de resultados de DBO nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

Quanto ao DBO (Figura 11-68), ressalta-se que a maioria dos resultados se encontram abaixo do limite quantificável pelo laboratório, (portanto inferior ao valor máximo permitido), desta forma estes valores não foram representados no gráfico. Apenas foram observados desvios pontuais nos pontos PQZ - 1007, PQZ - 1009, QA09 e QA33 (uma vez em cada ponto durante todo o período monitorado), os três primeiros localizados na área de estudo local e o último na regional.

Os desvios registrados nos parâmetros de oxigênio dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) podem ser considerados resultados isolados, já que não apresentaram precedentes ou sucessores anômalos em relação à série histórica de cada ponto de monitoramento. Portanto, esses valores discrepantes não são representativos da dinâmica local e regional da qualidade da água.

### 11.11.2.1.3 Série de Sólidos e Turbidez

Destaca-se que os parâmetros englobados nesse tópico são os principais indicadores de carreamento de sólidos e sedimentos para cursos d'água. Os parâmetros Sólidos totais, Sólidos dissolvido totais e Sólidos suspensos totais estão diretamente associados às concentrações de Turbidez. Vale ressaltar que no estado de Minas Gerais é comum o aumento na concentração de sólidos suspensos nas águas superficiais durante os meses de outubro a março, decorrente do período de chuvas intensas (VON SPERLING, 2014).

Desta forma, a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece o limite máximo de 500 mg/L para sólidos dissolvidos totais (SDT) e 100 mg/L para sólidos suspensos totais (SST), para corpos d'água - classe 2. Para o parâmetro sólidos sedimentáveis não há limite vigente de acordo com esta legislação. Os gráficos a seguir apresentam os resultados destes parâmetros ao longo do período analisado. É importante mencionar que os valores abaixo de LQ não foram apresentados nos gráficos, uma vez que não se sabe o seu valor ao certo.

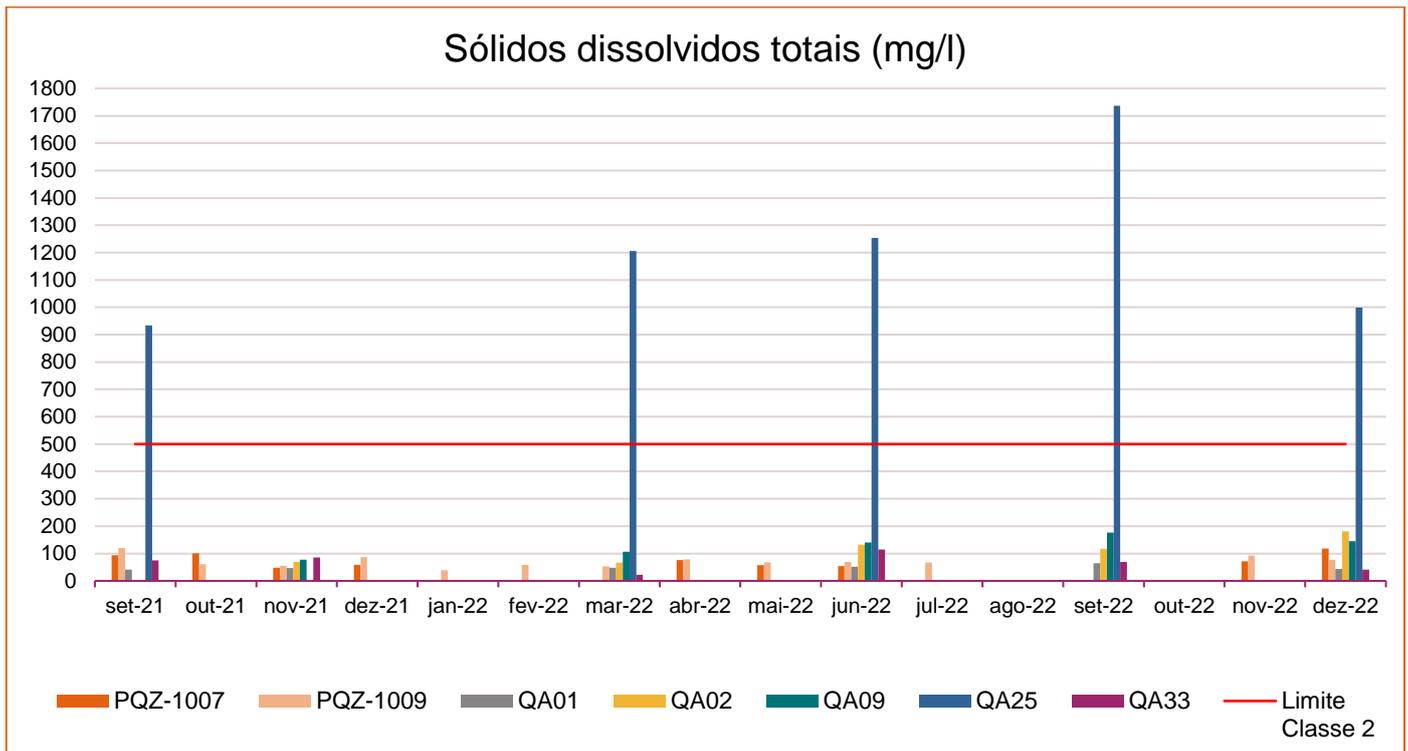
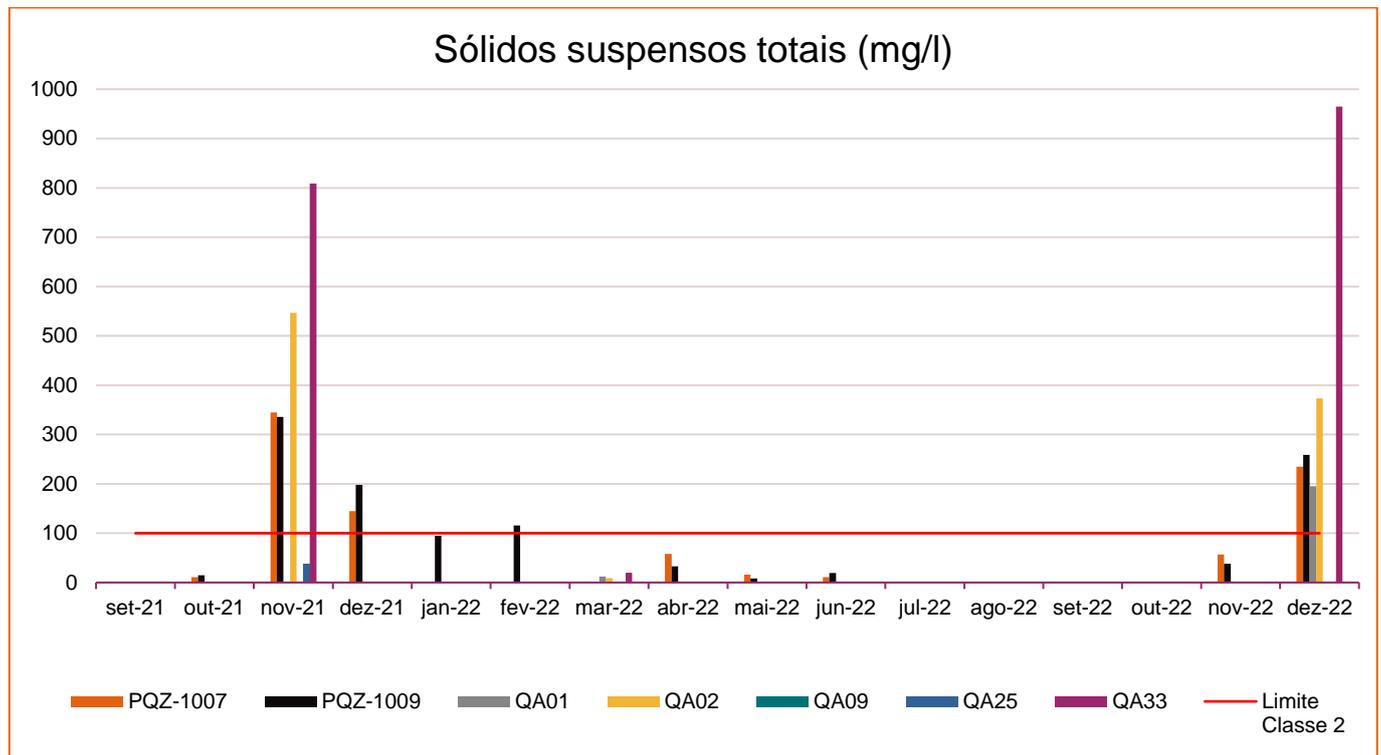


Figura 11-68 - Gráfico de resultados de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) nos pontos de monitoramento de água superficial  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.



**Figura 11-69 - Gráfico de resultados de Sólidos Suspensos Totais (SST) nos pontos de monitoramento de água superficial**  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

A partir da Figura 11-68 nota-se que de forma geral, os resultados de sólidos dissolvidos totais apresentam-se abaixo do limite instituído pela legislação, entretanto algumas amostras no ponto QA25, localizado na área de estudo local, apresentaram desvios.

Como a maior parte dos resultados de sólidos sedimentáveis foram inferiores aos limites de quantificação (LQ) do laboratório e não há limite estabelecido pela legislação, este parâmetro não foi apresentado em gráfico.

Na Figura 11-69, observa-se que a maioria dos resultados de sólidos suspensos totais se encontram dentro do padrão estabelecido pela legislação. No entanto, os pontos QA02, QA01 e QA33, todos localizados na área de estudo regional, apresentaram valores superiores ao valor máximo permitido pela legislação nos meses de novembro/21 e dezembro/22.

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que o aumento da concentração de sólidos sedimentáveis e SST nas áreas de estudo regional e local, estão relacionados principalmente ao período chuvoso, o qual resulta em aumento do escoamento superficial. Destaca-se, contudo, a amostra quantificada no ponto QA01 (AER), localizado no Rio das Velhas à montante do empreendimento, em setembro/22, mês caracterizado por tempo seco. Tendo em vista que os demais pontos monitorados mantiveram resultados abaixo de LQ, conclui-se que houve, no período da medição, algum evento anômalo na região onde está situado o ponto QA01.

Segundo Arcadis (2022), os desvios mencionados do ponto QA25 para o parâmetro SDT, podem estar relacionados à localização deste ponto em área de mistura de lançamentos provenientes da Planta do Queiroz. Além disso, como observado no mapa, o ponto QA25 também pode estar sendo influenciado pelas drenagens e contribuições sob influência da comunidade do Bairro Galo. De toda forma, como observado nos pontos a montante da confluência com o rio das Velhas, o corpo hídrico é capaz de depurar o lançamento (ARCADIS, 2022).

A turbidez possui direta relação com as séries de sólidos, uma vez que representa o grau de interferência à passagem de luz que ocorre ao atravessar a água, devido a presença de sólidos em suspensão. A origem da turbidez e a presença de sólidos totais em suspensão estão relacionados, em sua maioria a processos naturais, tais como a erosão, atividade microbiana e a liberação de detritos orgânicos, embora a origem relacionada a processos antropogênicos, como lançamento de efluentes, não possa ser descartada (CETESB, 2022).

Para águas doces classe 2, a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece o limite máximo de 100 NTU. A maioria dos resultados de turbidez, para os pontos de água superficial, está inferior ao VMP (Figura 11-70), entretanto alguns resultados foram quantificados acima desse limite.

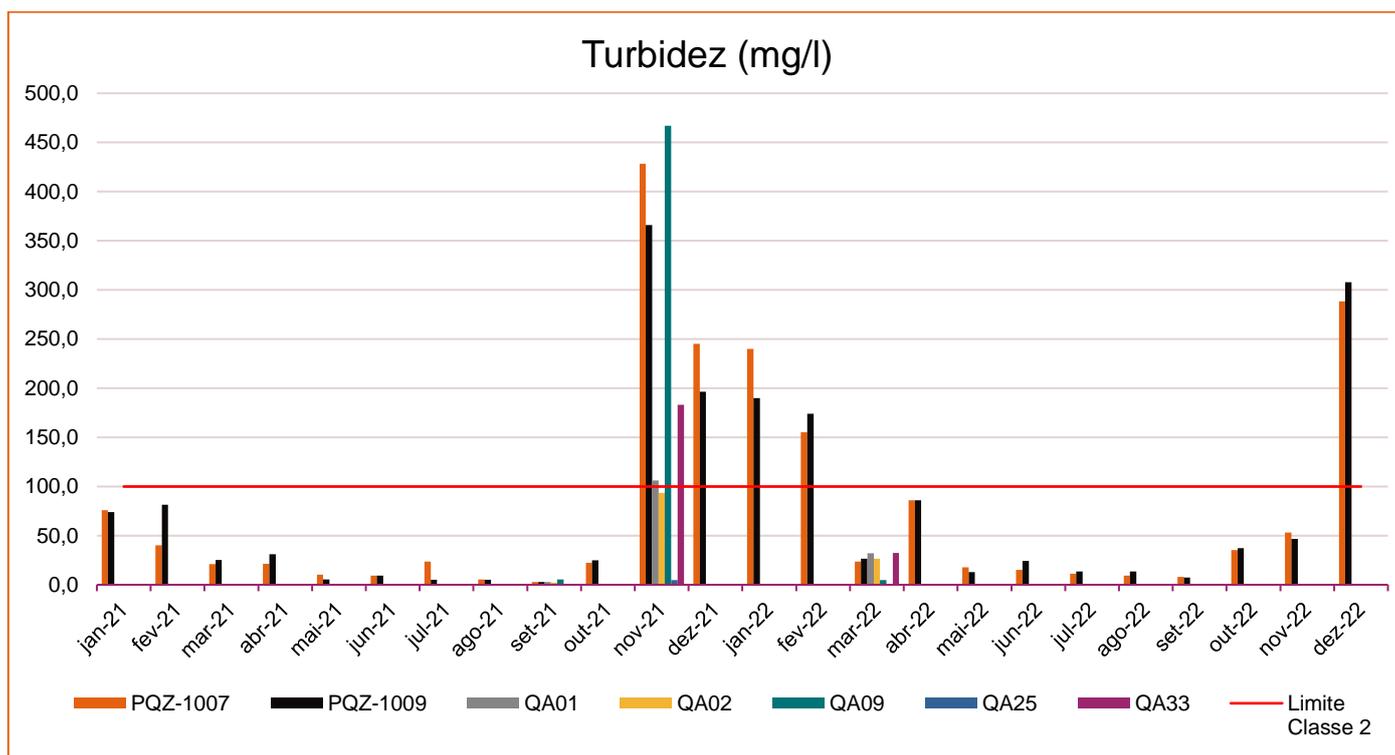


Figura 11-70 - Gráfico de resultados de turbidez nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023



Os valores superiores ao limite ocorrem principalmente nos meses de novembro/21, dezembro/21, janeiro/22, fevereiro/22 e dezembro/22, tanto em pontos à montante quanto em pontos à jusante do empreendimento. A partir disso, é possível concluir que o aumento da turbidez durante o período de chuvas nos cursos d'água monitorados ocorreu provavelmente devido ao escoamento superficial nas proximidades, que carregou material sólido e matéria orgânica. Corroborando este fato e como citado anteriormente, há um aumento, de forma geral, das concentrações de sólidos neste período.

#### 11.11.2.1.4 Metais e semimetais

O entendimento acerca dos metais presentes na água superficial é de extrema importância para a avaliação da qualidade da água e controle da poluição hídrica, uma vez que estes metais são compostos químicos que podem ser tóxicos para organismos vivos e seres humanas, quando presentes em concentrações muito elevadas nos corpos hídricos.

É importante ressaltar que, de forma geral, os parâmetros aqui analisados são de interesse para os estudos das áreas de estudos regional e local, já que podem ser associados às minerações de ouro, bem como às características geológicas presentes na região de análise.

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 estabelece os seguintes limites máximos:

- Arsênio Total: 0,01 mg/L em corpos d'água - classe 2
- Chumbo Total: 0,01 mg/L para corpos d'água - classe 2
- Cobre Dissolvido: 0,009 mg/L para corpos d'água - classe 2
- Ferro Dissolvido: 0,3 mg/L para corpos d'água - classe 2
- Manganês Total: 0,1 mg/L para corpos d'água - classe 2
- Mercúrio Total: 0,1 mg/L para corpos d'água - classe 2
- Zinco Total: 0,18 mg/L para corpos d'água - classe

Ressalta-se que não será apresentado gráfico para mercúrio total, assim como não são apresentados alguns resultados de determinados parâmetros (a exemplo do cobre total) já que todos os resultados foram inferiores ao limite de quantificação do laboratório e, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela legislação. As figuras a seguir apresentam os resultados para os demais parâmetros analisados.

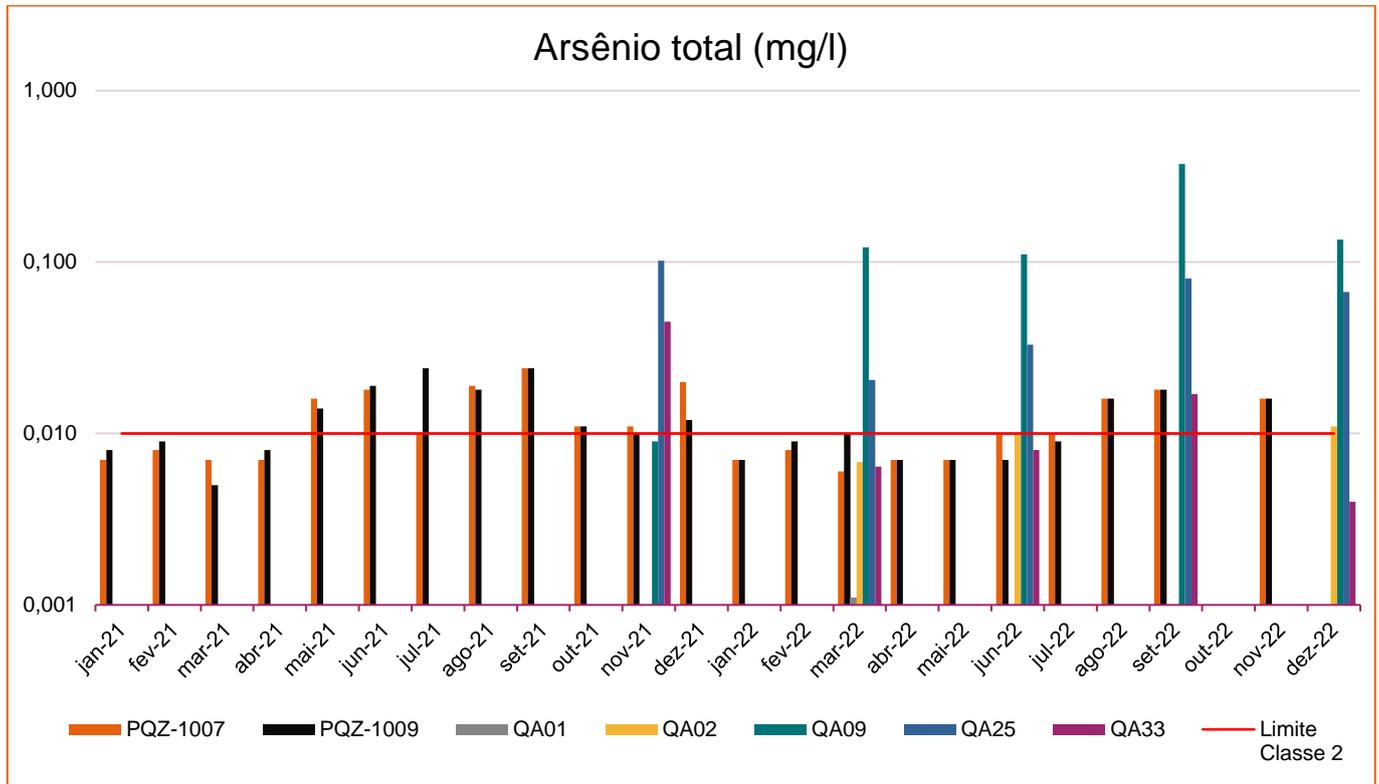


Figura 11-71 - Gráfico de resultados do arsênio total nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023

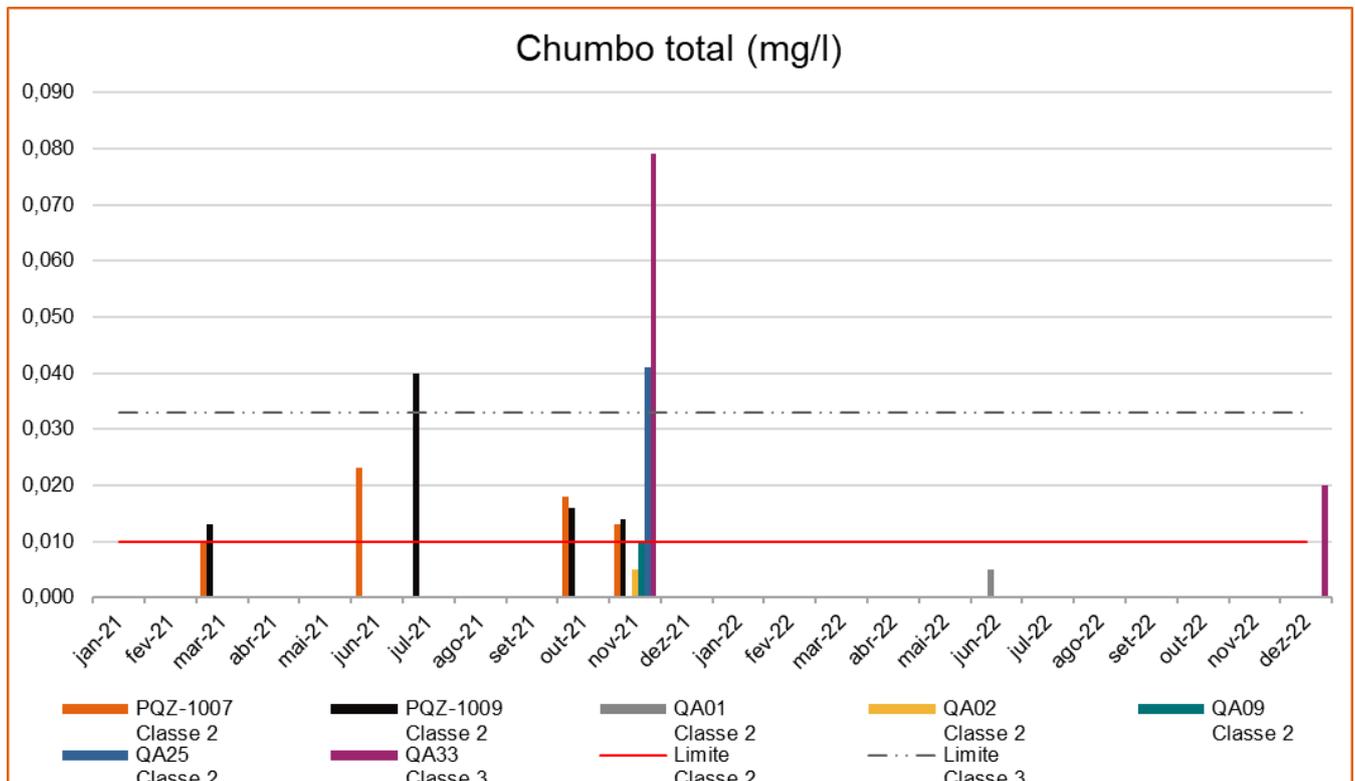


Figura 11-72 - Gráfico de resultados de chumbo total nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023

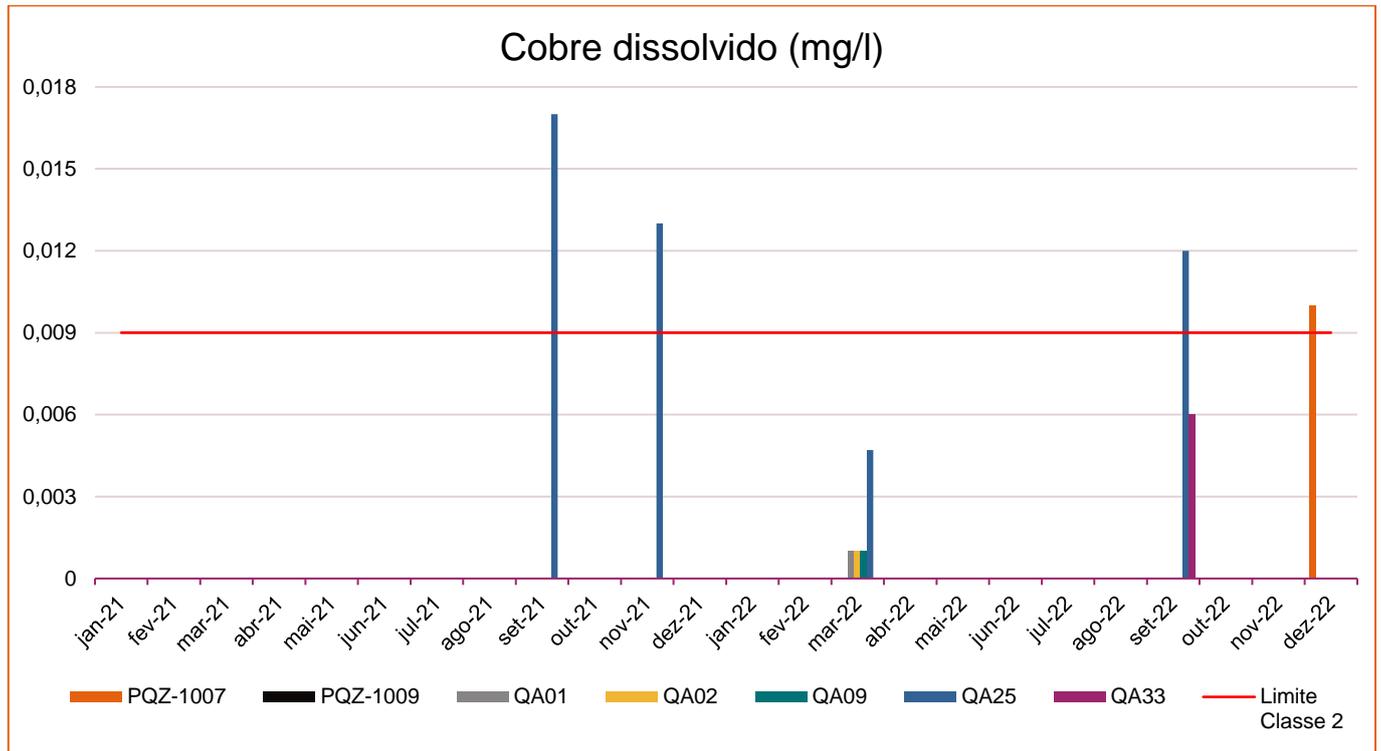


Figura 11-73 - Gráfico de resultados de cobre dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023

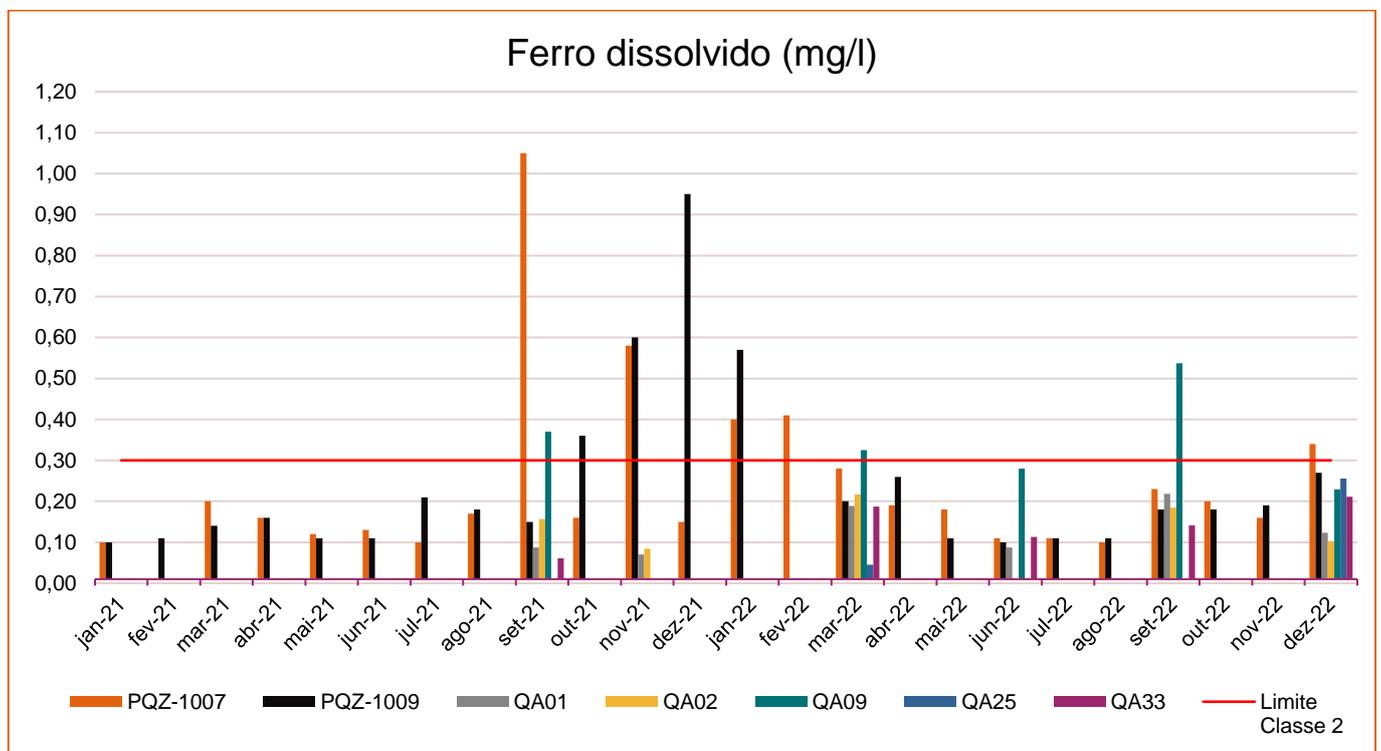


Figura 11-74 - Gráfico de resultados de ferro dissolvido nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

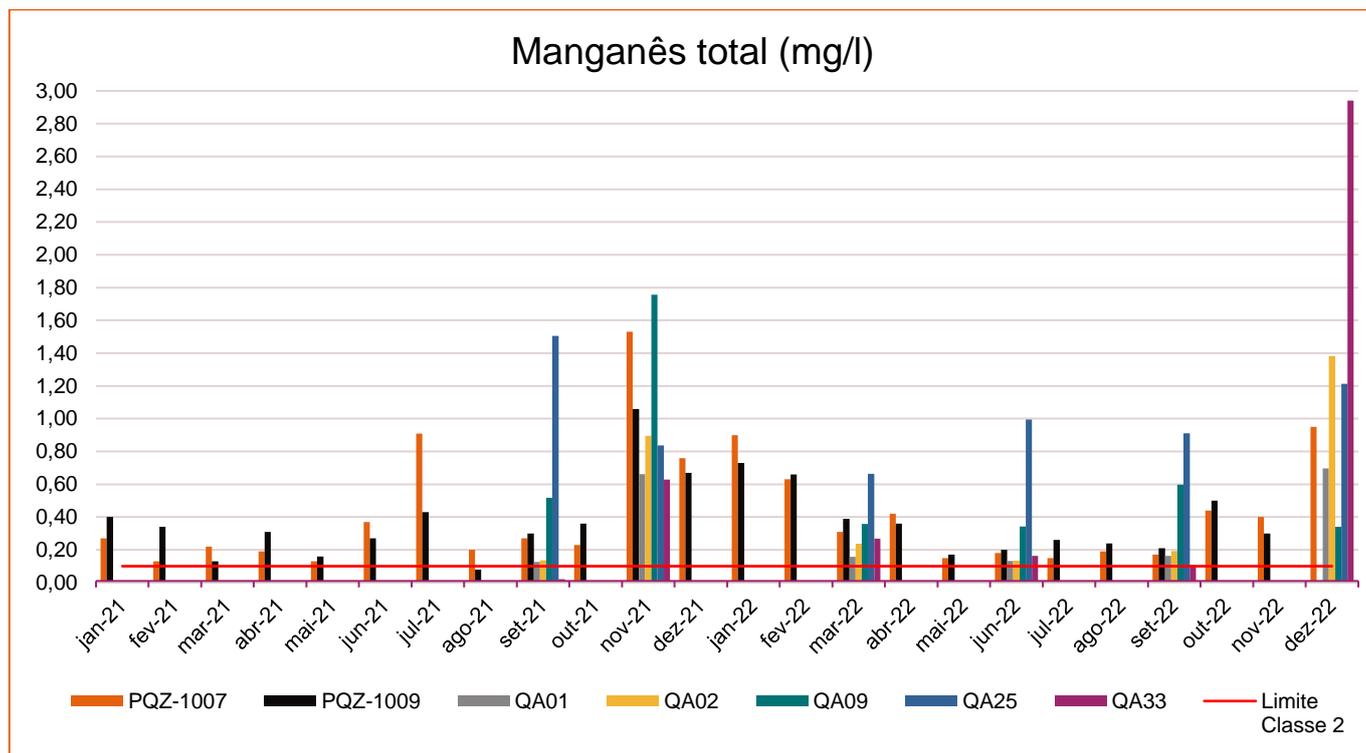


Figura 11-75 - Gráfico de resultados de manganês total nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

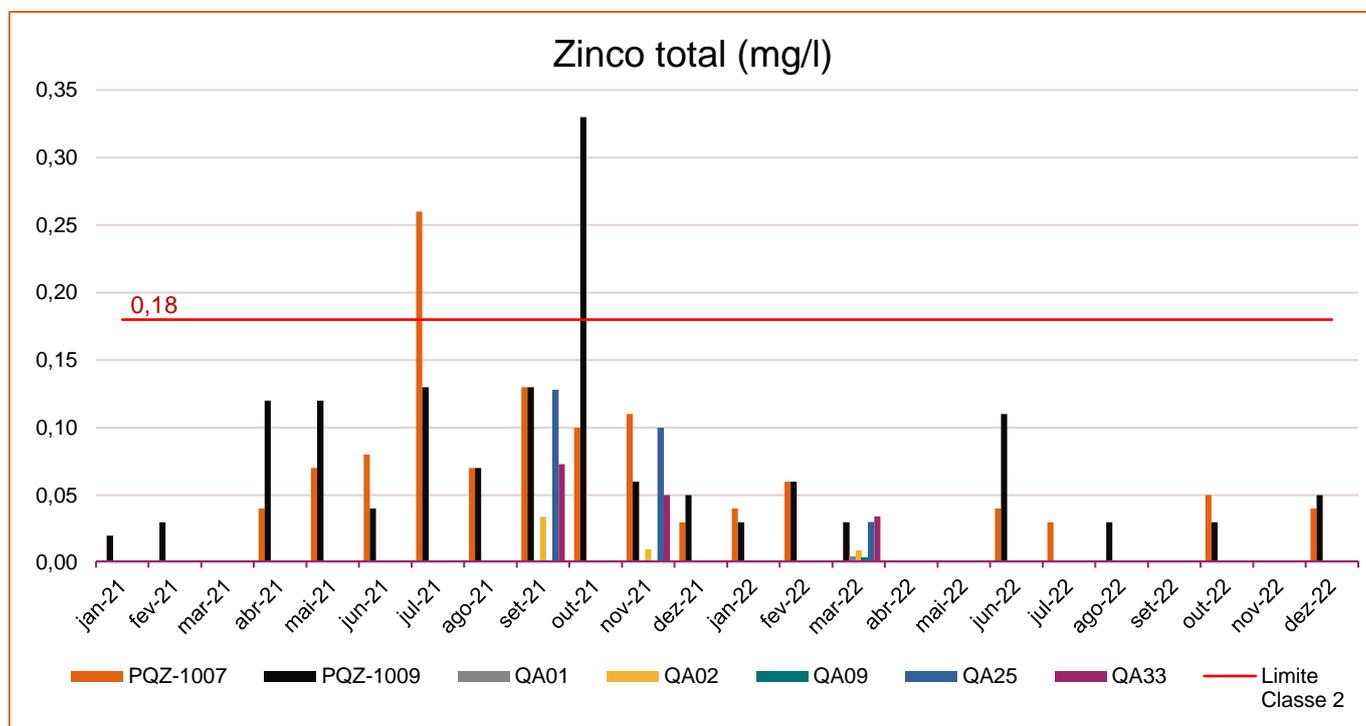


Figura 11-76 - Gráfico de resultados de zinco total nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023



A partir do gráfico da Figura 11-71 nota-se que com exceção do ponto QA01 (AER), todos os locais de monitoramento, tanto à montante quanto à jusante do empreendimento, apresentaram desvios para arsênio total.

A Figura 11-72 mostra que grande parte dos resultados de chumbo total ficaram inferiores ao limite de quantificação do laboratório - 0,01 mg/L e, portanto, dentro do limite estabelecido em legislação. Contudo, algumas amostras nos pontos PQZ - 1007, PQZ - 1009, QA25 e QA33 apresentaram desvios em relação ao VMP.

Quanto ao cobre total, a partir do gráfico representado na Figura 11-73, observa-se que a maioria dos resultados se encontram em conformidade com a legislação, entretanto algumas amostras nos pontos PQZ - 1007 e QA25 apresentaram desvios pontuais.

Para o ferro dissolvido, nota-se que foram registrados valores superiores ao VMP para os pontos de água superficial nos pontos PQZ - 1007, PQZ - 1009 e QA09 (Figura 11-74). O manganês total apresentou desvios em relação ao VMP em todos os pontos analisados, tanto à montante quanto à jusante do empreendimento (Figura 11-75).

O zinco total, por sua vez, apresentou poucos desvios pontuais, apenas em 2 (duas) amostras - pontos PQZ 1007 e PQZ 1009 - à montante e jusante do empreendimento, em julho/21 e outubro/21, respectivamente (Figura 11-76). Salieta-se que estes resultados não se repetem, sendo possível compreender estes eventos como isolados e não representativos das áreas de estudo local e regional

Cabe destacar que tais desvios podem estar diretamente relacionados ao próprio *background* da região (geologia e litologia local), como demonstrado nos resultados obtidos em relação às análises de solo, discutidos em tópico anterior. Os resultados dos referidos estudos demonstraram, para diversos pontos da AEL e AER, que vários metais ocorrem na região naturalmente em desacordo com o VP das legislações, tais como: Antimônio (Sb), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Prata (Ag). Dentre os parâmetros que não possuem VP estabelecido em legislação, as concentrações mais expressivas foram dos metais alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn).

Além disso, cabe reforçar a presença das comunidades dos Bairros do Galo, Mingu e Mina D'água que, por sua vez, determinam um padrão de ocupação com exposição de áreas para a sua expansão (contribuindo como fontes potenciais geradoras de sedimentos) e possuem lançamentos de efluentes sem tratamento nas drenagens na bacia de contribuição do córrego Mina D'água. Estes fatos podem ser intensificados pelos eventos pluviométricos que ocorrem com intensidade na região, como discutido em tópico anterior.

Diante deste contexto, conclui-se que a contribuição destes parâmetros na área de estudos regional e local não é proveniente exclusivamente do empreendimento, o que é corroborado pelo fato de que pontos a montante da confluência do rio das Velhas com a Planta do Queiroz também apresentam desvios do VMP.

### 11.11.2.1.5 Sulfeto e Sulfato

Conforme Cassella *et. al* (1995), o sulfeto é encontrado em águas naturais com baixas concentrações, com comportamento geralmente sazonal a depender das variações climáticas. Geralmente está presente em solução como íon sulfeto ácido e em águas de despejos domésticos, é oriundo da decomposição de matéria orgânica ou redução de sulfato (CASSELLA *et. al*, 1995). O sulfato, por sua vez, é um dos íons mais encontrados na natureza, ocorre em águas naturais a partir da dissolução de rochas e solos e pela oxidação de sulfeto (CETESB, 2022).

Desta forma, a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece o limite máximo de 0,002 mg/L para Sulfeto e de 250,0 mg/L para Sulfato.

Não será apresentado gráfico para sulfeto, uma vez que todos os resultados foram inferiores ao limite de quantificação do laboratório e, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela legislação. A figura a seguir apresenta os resultados de monitoramento de sulfato.

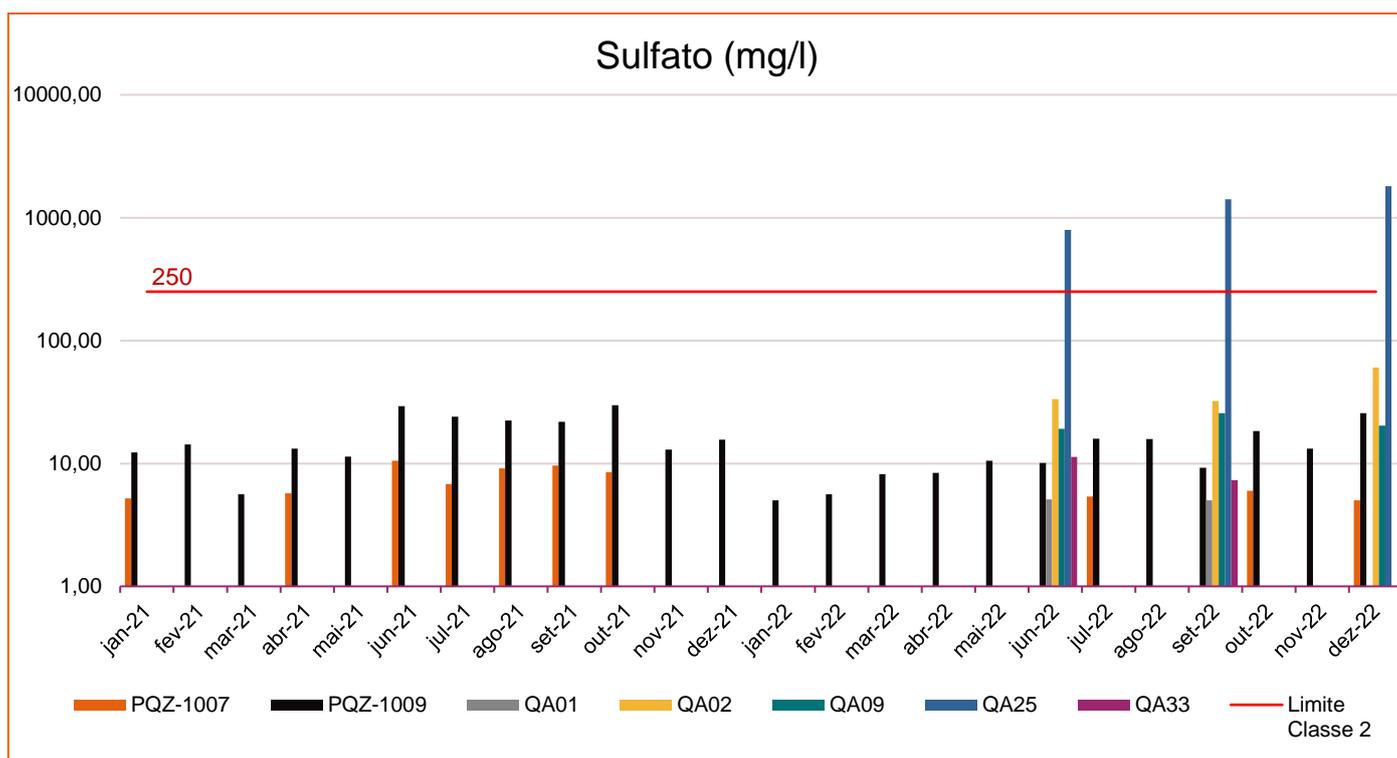


Figura 11-77 - Gráfico de resultados de sulfato nos pontos de monitoramento de água superficial

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

Através do gráfico apresentado na figura acima, é possível observar que a maioria dos resultados de sulfato estão inferiores ao valor máximo (VMP), com exceção de 3 (três) amostras coletadas no ponto QA25 (AEL) em junho/22, setembro/22 e dezembro/22.



O aumento da concentração de sulfato na área de estudos local, pode ser relacionado as formações geológicas presentes na região, bem como pelas atividades mineradoras exercidas neste contexto além dos lançamentos de efluentes domésticos das comunidades existentes na região, como a comunidade de Mina D'água que, conforme informações da AngloGold Ashanti, lança os seus respectivos efluentes dentro da Barragem Rapauha. Segundo CETESB (2022), as principais fontes antrópicas de sulfato nas águas possuem relação com as descargas de esgotos domésticos, bem como efluentes industriais, corroborando com os resultados observados.

#### 11.11.2.1.6 Cianeto

O cianeto pode ser encontrado naturalmente em baixas concentrações no solo e água. As principais fontes de emissão antropogênica são a mineração e as indústrias químicas (CETESB, 2022). É considerado um parâmetro de interesse para o empreendimento uma vez que o beneficiamento do ouro utiliza cianeto como agente lixiviante, além de ser considerado tóxico para os organismos.

A Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece o limite máximo de cianeto livre de 0,005 mg/L para corpos d'água - classe 2. Ressalta-se que no âmbito do PAEBM não foi monitorado Cianeto Livre para águas superficiais portanto nesta análise considera-se somente dados do monitoramento já realizado pela AngloGold Ashanti. Não será apresentado gráfico para cianeto livre, uma vez que todos os resultados foram inferiores ao limite de quantificação do laboratório - 0,004 mg/L para os pontos de monitoramento PQZ - 1007 e PQZ - 1009 e, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

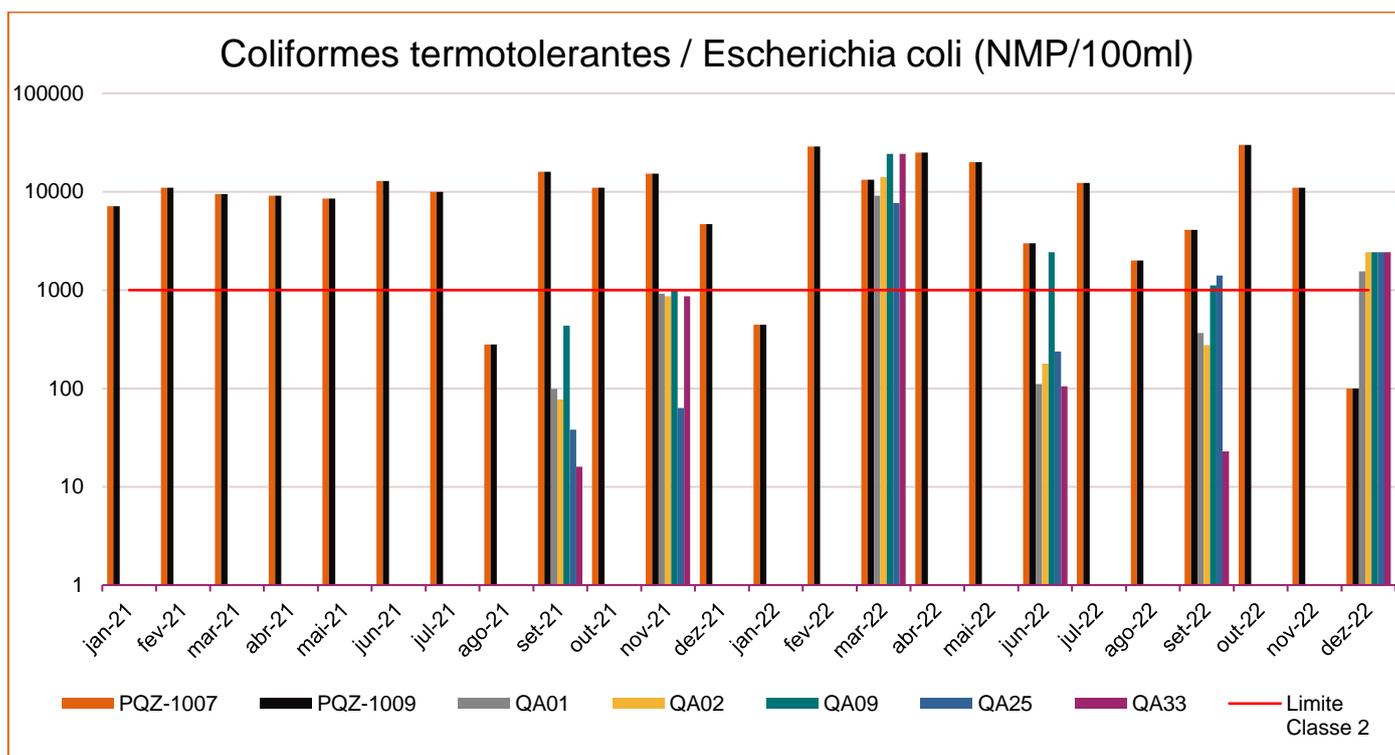
#### 11.11.2.1.7 Coliformes termotolerantes e Escherichia coli

A identificação e contagem de microrganismos presentes em corpos d'água são de interesse dos aspectos de proteção da saúde pública. De todos os microrganismos presente nos corpos d'água, aqueles capazes de causar doenças ao ser humano (microrganismos patogênicos) recebem maior atenção no tangente ao tratamento de esgotos. Os organismos mais comumente utilizados para a identificação de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliforme, que se divide ainda em 3 outros grupos mais utilizados:

- i) Coliformes totais: Foram os primeiros a serem adotados como indicadores da poluição humana, porém a presença desse grupo numa água residuária não significa que seja contribuição humana ou animal pois estes organismos podem se desenvolver na vegetação e no solo.
- ii) Coliformes fecais ou termotolerantes: são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais.
- iii) Escherichia coli: é a principal bactéria do grupo coliformes fecais. Diferente dos coliforme totais e fecais, a E coli é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2005).

Os monitoramentos os quais estão sendo alvo de estudo desse diagnóstico, contemplam os grupos de coliformes termotolerantes e *E coli*. Considerando que são duas variáveis que se relacionam, no contexto deste relatório serão avaliadas de forma conjunta.

A DN COPAM/CERH 08/2022 estabelece o limite máximo de 1000 mg/L para coliformes termotolerantes e E. coli em corpos d'água - classe 2. A figura a seguir apresenta gráfico de resultados destes parâmetros. Menciona-se que, para os pontos PQZ - 1007 e PQZ - 1009 só existem resultados de monitoramento de coliformes termotolerantes e para os demais pontos, somente dados de E. coli.



**Figura 11-78 - Gráfico de resultados de Coliformes Termotolerantes e E.coli nos pontos de monitoramento de água superficial**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

De acordo a figura acima, é possível observar que os resultados de coliformes termotolerantes e E.coli excedem os limites permitidos diversas vezes, tanto nos pontos representativos da área de estudos regional, quanto local, tanto em pontos à montante quanto à jusante do empreendimento. Infere-se, portanto, que os resultados destes parâmetros podem estar relacionados com os lançamentos de esgoto possivelmente não tratados nas áreas de estudo regional e local (ARCADIS, 2022).

### 11.11.2.2 Sedimentos

Neste tópico serão apresentados e discutidos os dados da qualidade dos sedimentos na área de estudo. Na representação gráfica estão indicados os resultados obtidos durante as campanhas de monitoramento realizadas pela Arcadis no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. Os resultados foram comparados com os valores orientadores segundo a Resolução Conama nº 454/2012 níveis 1 e 2 e Vicq (2015). A avaliação da série histórica dos resultados de sedimentos contemplou as campanhas realizadas em setembro/21, março/22 e setembro/22.

### 11.11.2.2.1 Granulometria

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. A classificação, baseada na Escala Granulométrica de Wentworth (1922), é apresentada na figura a seguir, para os 5 pontos selecionados na área de estudo.

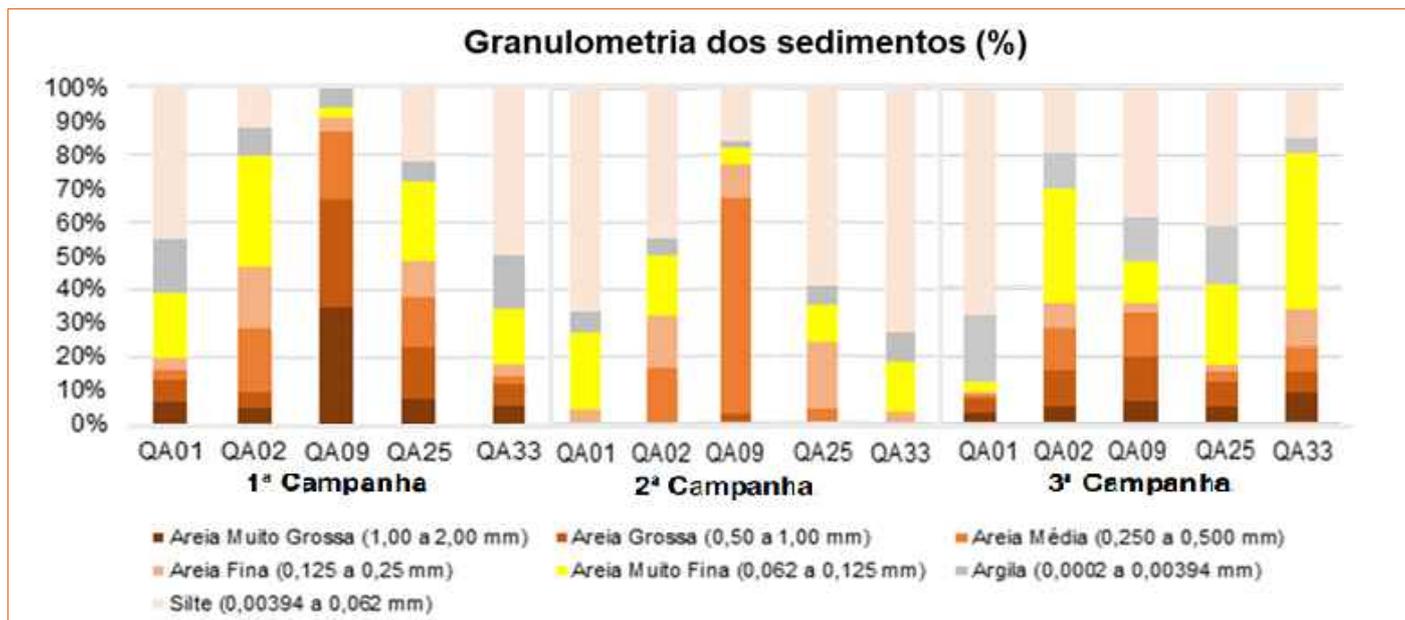


Figura 11-79 - Caracterização granulométrica nos pontos de monitoramento de sedimentos

Adaptado por Arcadis, 2023. Fonte: Arcadis, 2022.

As análises dos resultados em relação a faixa granulométrica dos sedimentos coletados na 1ª campanha, indicam pontos (QA01 e QA33) com comportamento granulométrico nas frações de silte, argila e areia muito fina. Ademais, verifica-se também pontos com maior expressão nas frações de areia fina, média e grossa (QA02 e QA25). Por fim, de forma mais significativa o ponto QA09, apresentou predominância das frações de areia média, grossa e muito grossa.

Considerando os dados obtidos na 2ª campanha, observa-se uma predominância da fração silte e areia muito fina na maioria dos pontos (QA01, QA02, QA25 e QA33). A exceção ocorre no ponto QA09, no qual a fração de areia média foi mais expressiva, representando mais de 50% da sua composição.

Para a 3ª campanha verifica-se uma variabilidade nos resultados das faixas granulométricas, porém, é possível perceber uma predominância de silte, argila e areia muito fina em todos os pontos do monitoramento de sedimento, e menores porcentagens para as frações fina, média, grossa e muito grossa de areia.

Tais comportamentos são esperados e ocorrem em função de diferenças nos aspectos hidrológicos e processos de transporte sedimentar, onde a maior ou menor presença de sedimentos nas frações finas (argila e silte) e areia são respostas físicas aos processos atuantes e demais aspectos da bacia.

### 11.11.2.2.2 Metais e semimetais

A seguir, é apresentada uma síntese das principais variáveis analisadas, durante as campanhas de amostragem. Na representação gráfica, estão indicados, para cada ponto amostrado, os resultados, além do valor máximo permitido (VOR) pela Resolução Conama nº 454/2012 níveis 1 e 2 e os limites conforme Vicq (2015).

Nas três campanhas foram analisados os parâmetros Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Berílio, Boro, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Estanho, Ferro, Fósforo, Lítio, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Titânio, Tungstênio, Urânio, Vanádio e Zinco.

Destes, somente Arsênio, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Fósforo, Mercúrio, Níquel e Zinco possuem valores orientadores conforme Resolução Conama 454 de 2012. Os parâmetros Manganês, Alumínio e Ferro não estão listados nesta Resolução, mas foram comparados de acordo com Vicq (2015).

Dentre os parâmetros analisados, o Antimônio, Berílio, Estanho, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio, Tungstênio e Urânio apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação do método analítico e, portanto, não quantificáveis, na maioria das análises.

O Alumínio foi detectado em 100% das amostras de sedimento analisadas, com concentrações que se mantiveram abaixo dos valores de referência em todos os pontos e em todas as campanhas, como pode ser observado na figura a seguir.

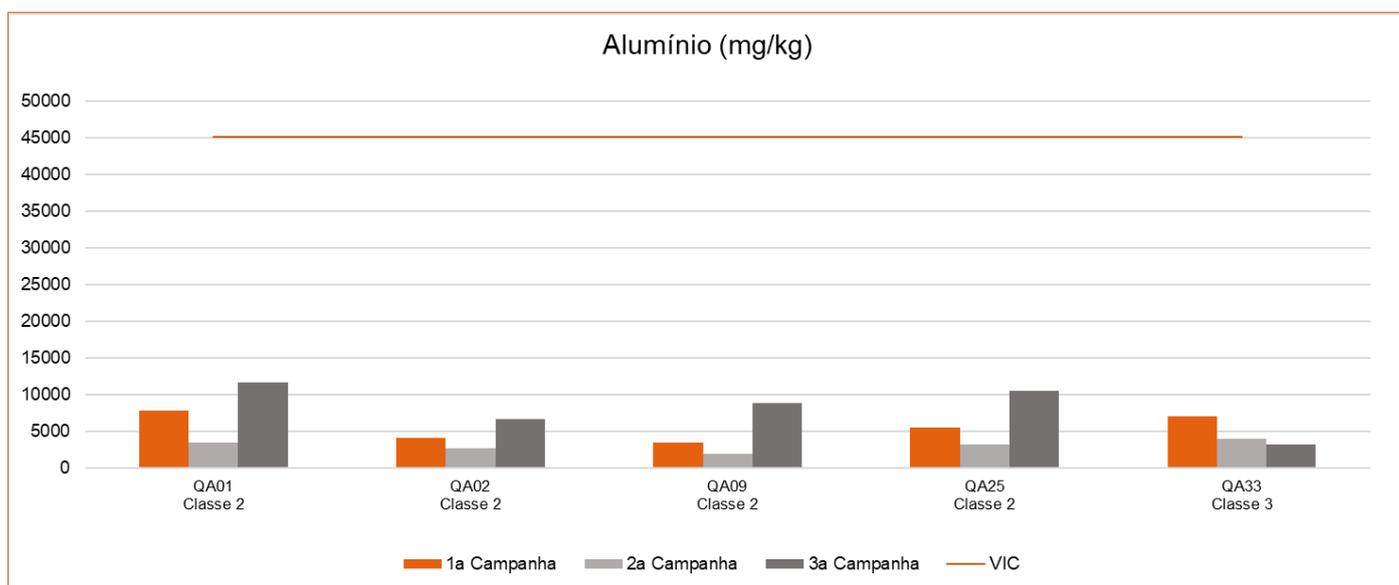
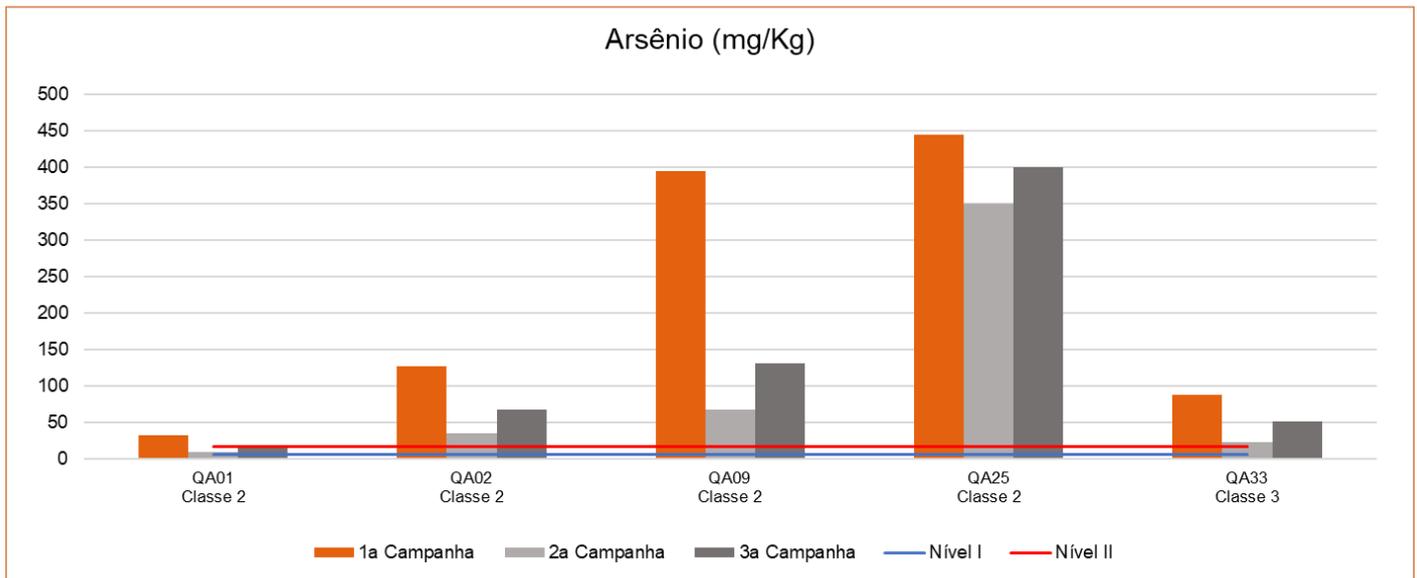


Figura 11-80 - Gráfico de resultados de Alumínio nos pontos de monitoramento de sedimentos

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

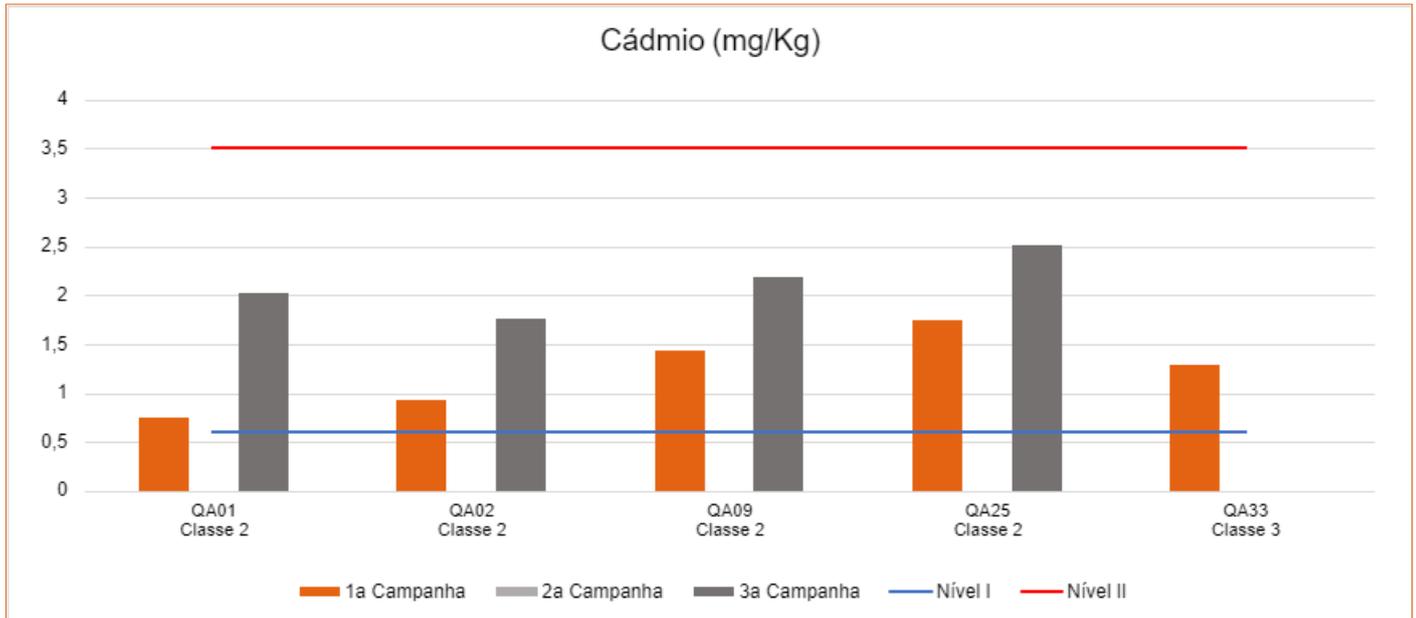
Para as campanhas realizadas, observa-se que os resultados obtidos para o Arsênio (Figura 11-81) de modo majoritário, foram superiores ao VOR Nível 2 estabelecido pela CONAMA 454/2012, tanto em pontos à montante quanto à jusante do empreendimento, exceto os resultados da 1ª e 2ª campanhas no ponto QA-01. Esse comportamento pode ser justificado pela presença do metal de forma característica na região em estudo.



**Figura 11-81 - Gráfico de resultados de Arsênio nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

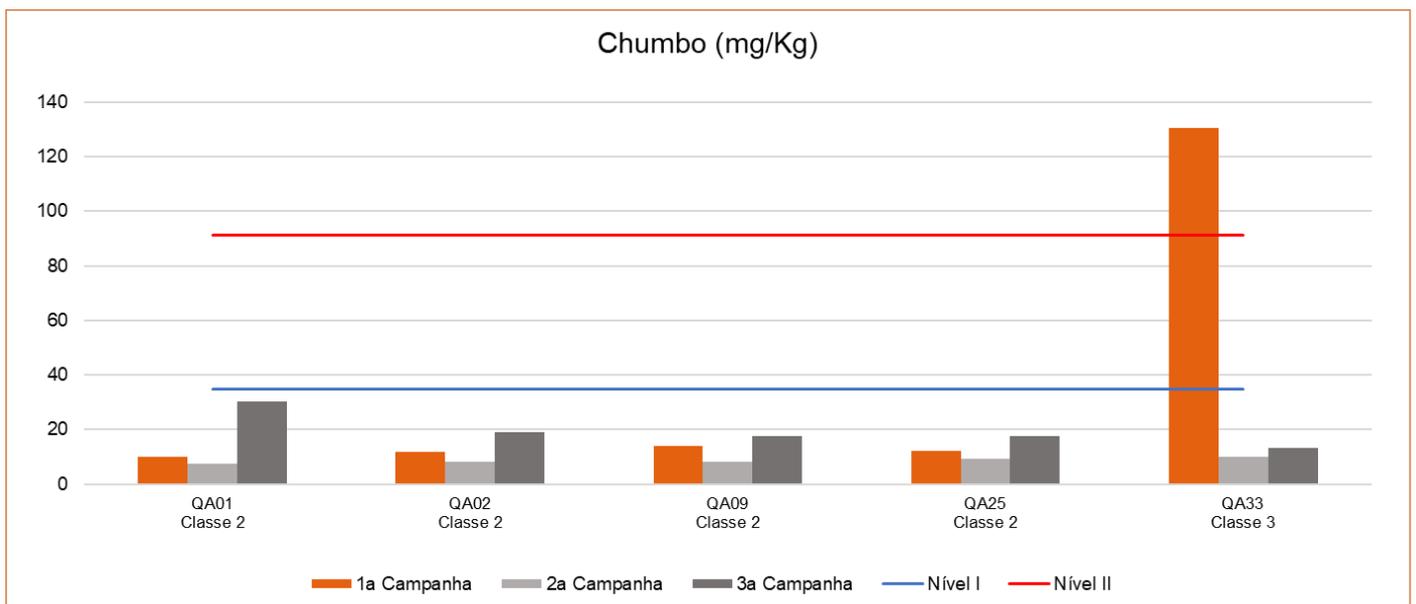
Analisando os resultados de Cádmiu obtidos nos monitoramentos, verifica-se que na 1ª campanha os resultados obtidos para todos os pontos amostrados, tiveram valores acima do VOR Nível I estabelecido na CONAMA 454/2012. De modo análogo, é observado esse comportamento para os dados da 3ª campanha, a exceção do ponto QA-33 que apresentou resultado menor do que o valor do limite de quantificação (LQ) do método. Na 2ª campanha todos os resultados foram inferiores ao LQ, por esse motivo, não estão apresentados no gráfico da figura a seguir.



**Figura 11-82 - Gráfico de resultados de Cádmio nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

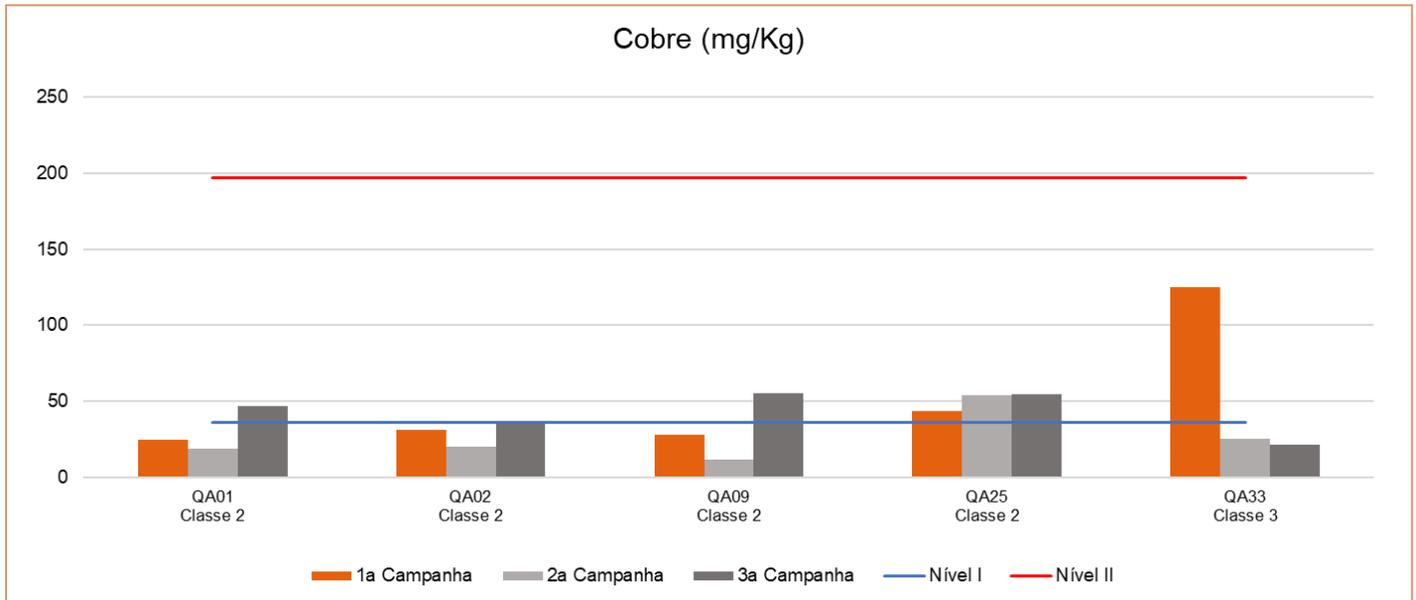
Conforme as campanhas apresentadas, os resultados encontrados para o analito Chumbo foram reportados de maneira mais pronunciada apenas na 1ª campanha no ponto QA-33 com valor igual a 130,51 mg/Kg, tendo o valor acima do VOR Nível II. Ademais, observa-se que os outros resultados para todos os pontos se mantiveram abaixo do limite de Nível I, estabelecido pela CONAMA 454/2012. Na figura a seguir é apresentado o gráfico com os valores de Chumbo obtidos nas três campanhas de monitoramento.



**Figura 11-83. Gráfico de resultados de Chumbo nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

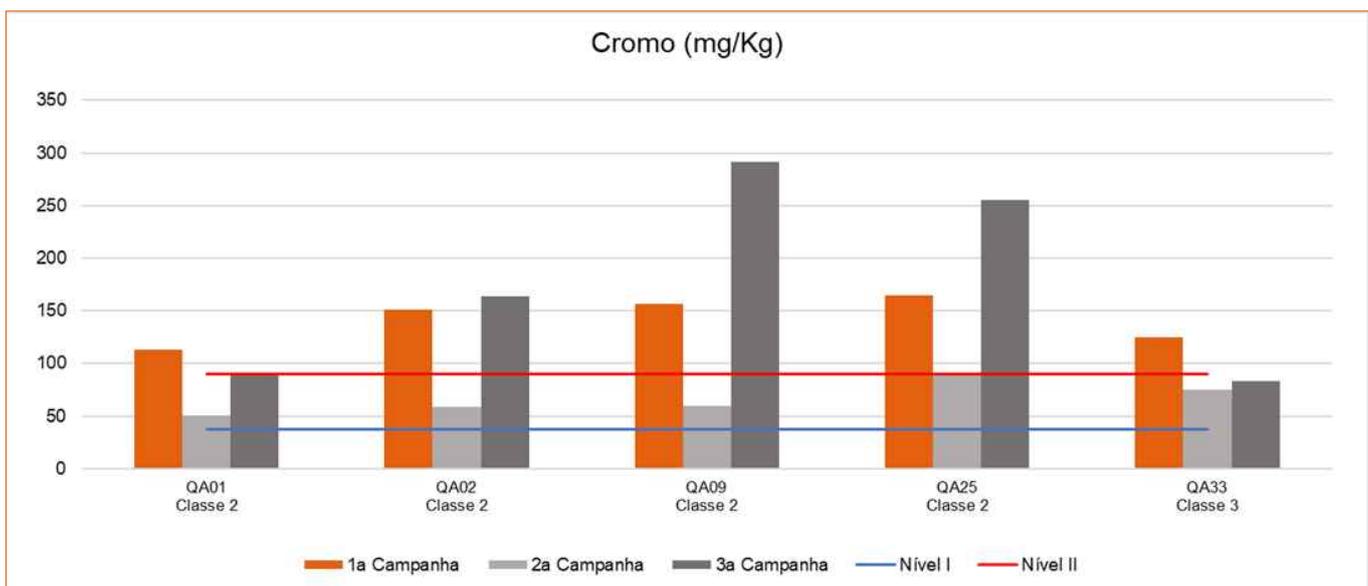
Considerando as campanhas apresentadas, nota-se, a partir da figura a seguir, uma variação dos valores para o Cobre, sendo alguns valores acima do Valor Orientador Nível I, estabelecido pela CONAMA 454/2012.



**Figura 11-84 - Gráfico de resultados de Cobre nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

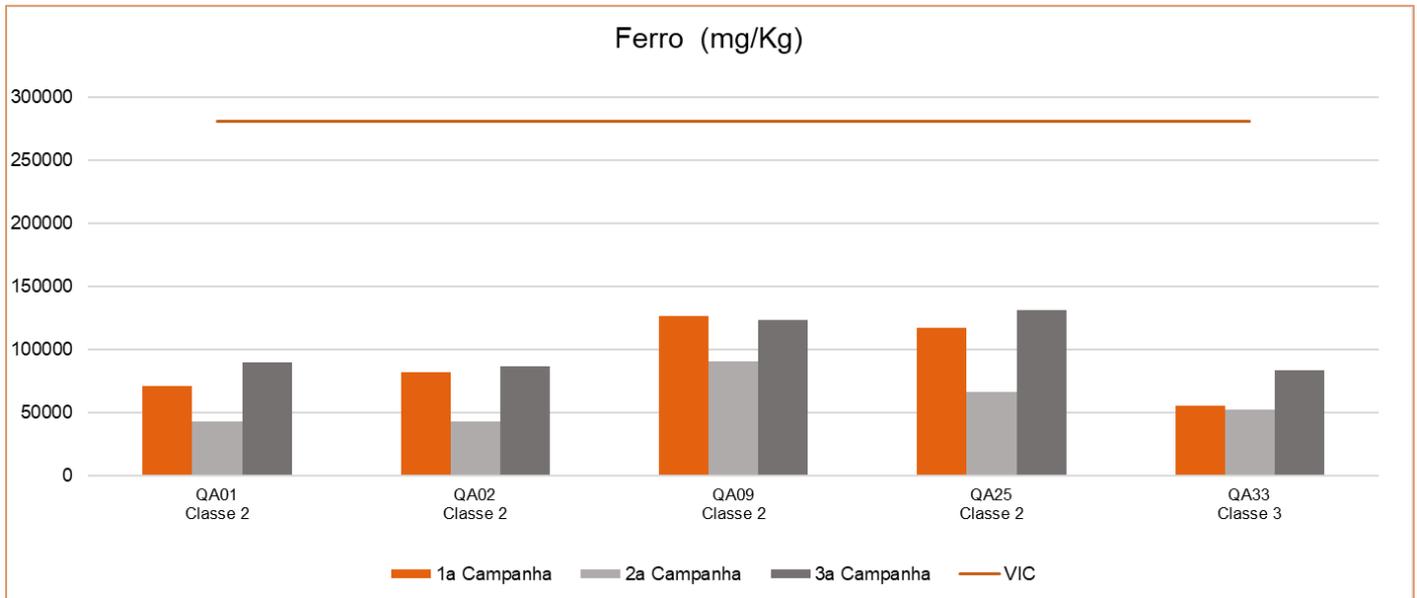
O analito Cromo também foi reportado de maneira mais expressiva na região estudada, nas campanhas realizadas. De forma geral, todos os resultados da 1ª campanha tiveram valores acima do VOR Nível II. A 2ª campanha, os resultados ficaram todos maiores que o Nível I e a 3ª tiveram dados oscilando entre o Nível I e o Nível II (e acima deste). Na figura a seguir é apresentado o gráfico com os valores históricos de Cromo das campanhas contempladas neste diagnóstico.



**Figura 11-85. Gráfico de resultados de Cromo nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

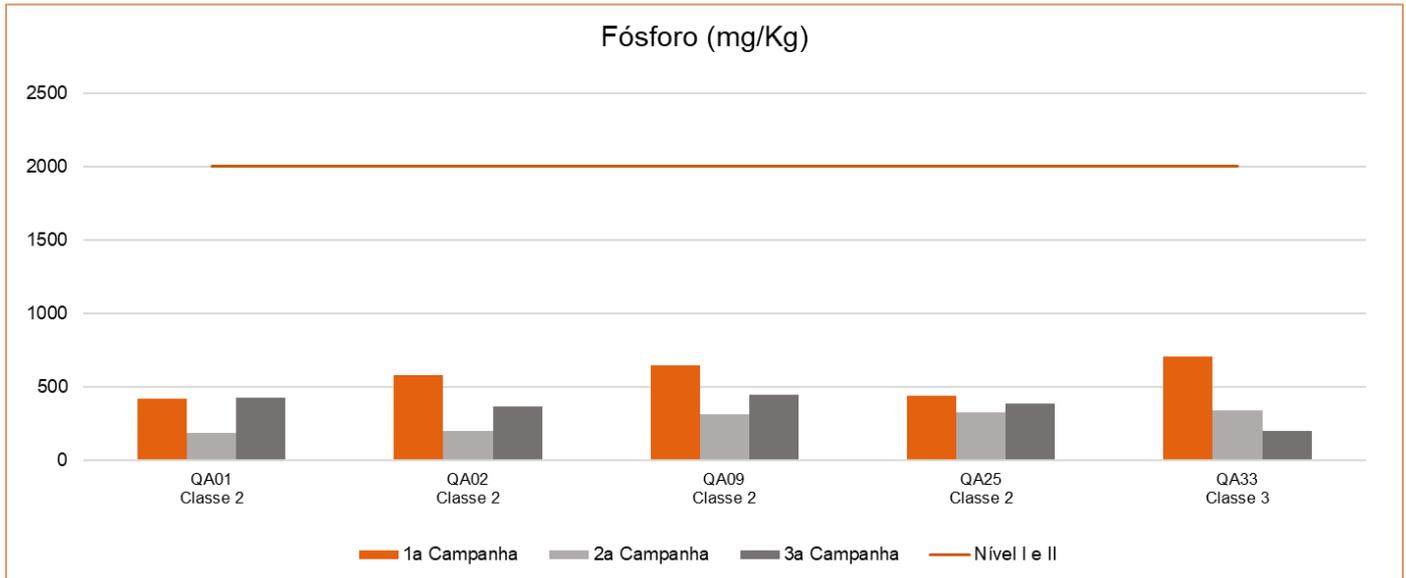
Na figura a seguir é apresentado o gráfico com os valores de Ferro. Apesar de não estar referenciado através da Resolução CONAMA 454/2012, o Ferro é um elemento pertencente a geologia regional e, portanto, está em abundância nas áreas avaliadas por este estudo, desta forma, para avaliar o comportamento deste elemento, também se optou por utilizar os valores de referência de Vicq (2015). Observando os resultados obtidos nas campanhas realizadas, verifica-se que todos os valores se mantiveram menores do que o valor de referência utilizado, para todos os pontos em estudo.



**Figura 11-86 - Gráfico de resultados de Ferro nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

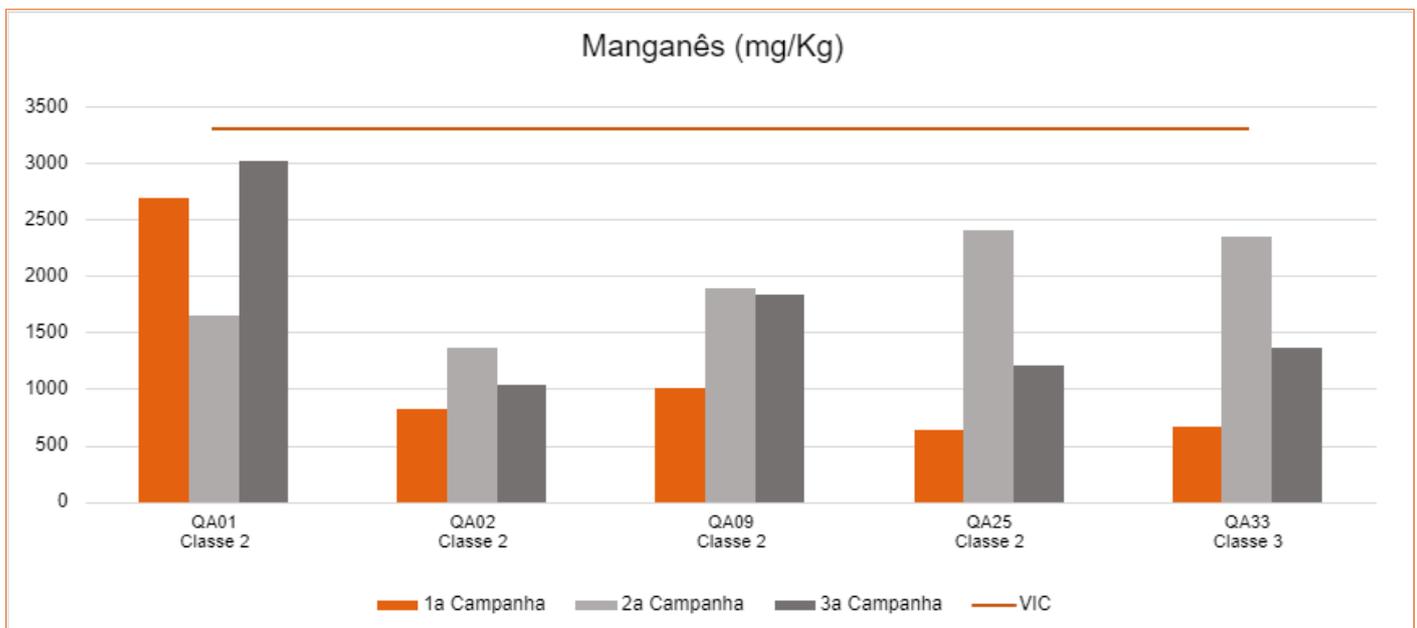
Na figura a seguir é apresentado o gráfico de resultados de Fósforo. Verificando os resultados das campanhas apresentadas, observa-se que os valores de Fósforo para todos os pontos foram significativamente menores que os limites estabelecidos pela CONAMA 454/2012.



**Figura 11-87 - Gráfico de resultados de Fósforo nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

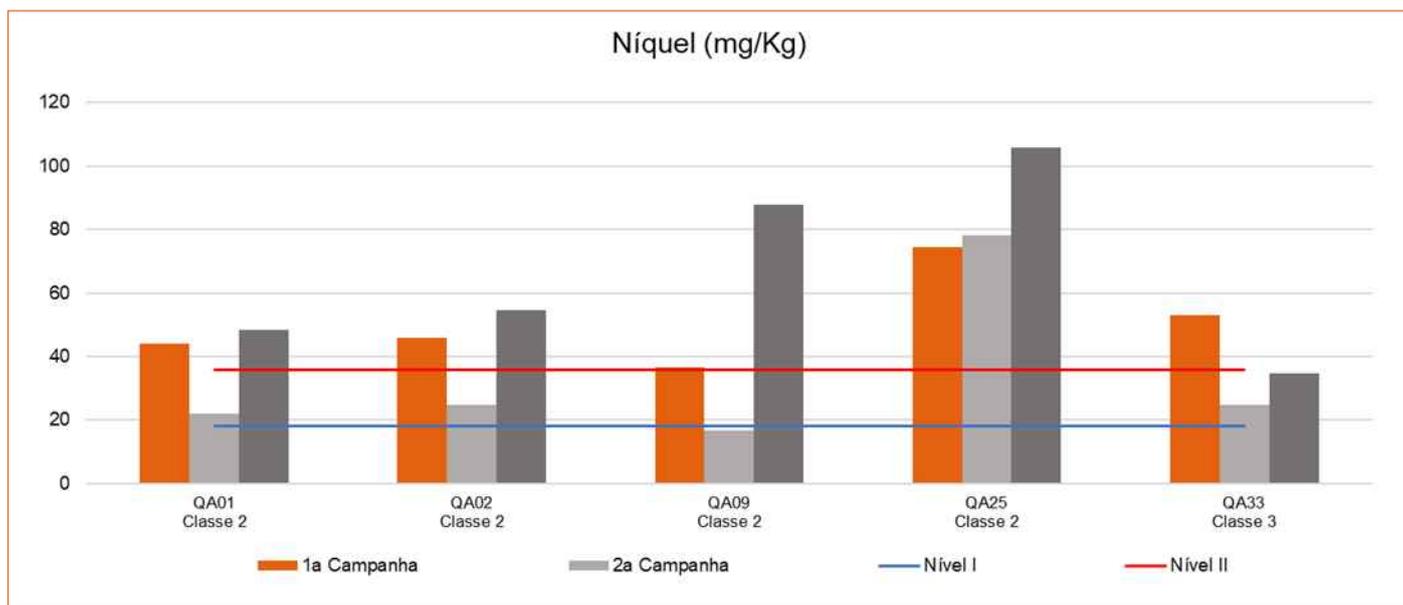
O analito manganês também é um elemento característico da geoquímica da área em estudo e não está referenciado na Resolução CONAMA 454/2012, e, portanto, para esta análise também considerou os valores de referência de Vicq (2015). Verifica-se, a partir da figura a seguir, que em todas as campanhas os resultados apresentaram variabilidade entre os pontos em estudo e se mantiveram menores que o valor de referência utilizado.



**Figura 11-88 - Gráfico de resultados de Manganês nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

Na figura a seguir é apresentado o gráfico com os valores históricos de Níquel obtidos nas campanhas de monitoramento. Nota-se uma variabilidade nos resultados, sendo que de modo majoritário, os dados se apresentaram maiores que o VOR Nível II (CONAMA 454/2012), sobretudo, na 1ª e 3ª campanhas em todos os pontos de monitoramento. Para a 2ª campanha, os resultados em sua maioria foram maiores que o VOR Nível I, tendo apenas um resultado inferior ao menor limite estabelecido na legislação no ponto QA09.

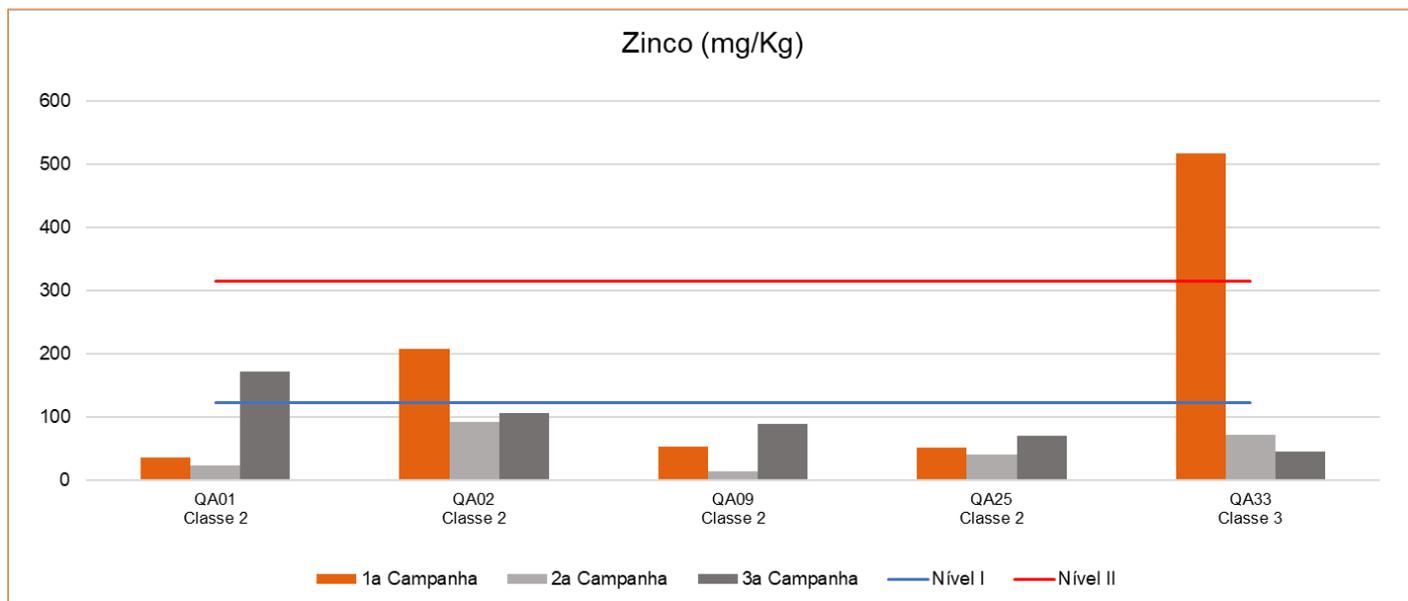


**Figura 11-89 - Gráfico de resultados de Níquel nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

Na figura a seguir é apresentado o gráfico com os valores históricos de Zinco das campanhas para os pontos do estudo.

Considerando as campanhas apresentadas, nota-se uma variação dos valores para o Zinco em todas as campanhas apresentadas, sendo o valor mais expressivo igual a 517,26 mg/Kg, obtido na 1ª campanha do ponto QA-33, acima do VOR Nível II. De modo predominante, os resultados foram inferiores ao menor limite da CONAMA 454/2012, a exceção do resultado da 3ª campanha do ponto QA-01 (172,52 mg/Kg) e do resultado da 1ª campanha para o ponto QA-02 (208,38 mg/Kg), ambos acima do VOR Nível I.



**Figura 11-90. Gráfico de resultados de Zinco nos pontos de monitoramento de sedimentos**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

### 11.11.2.3 Efluentes

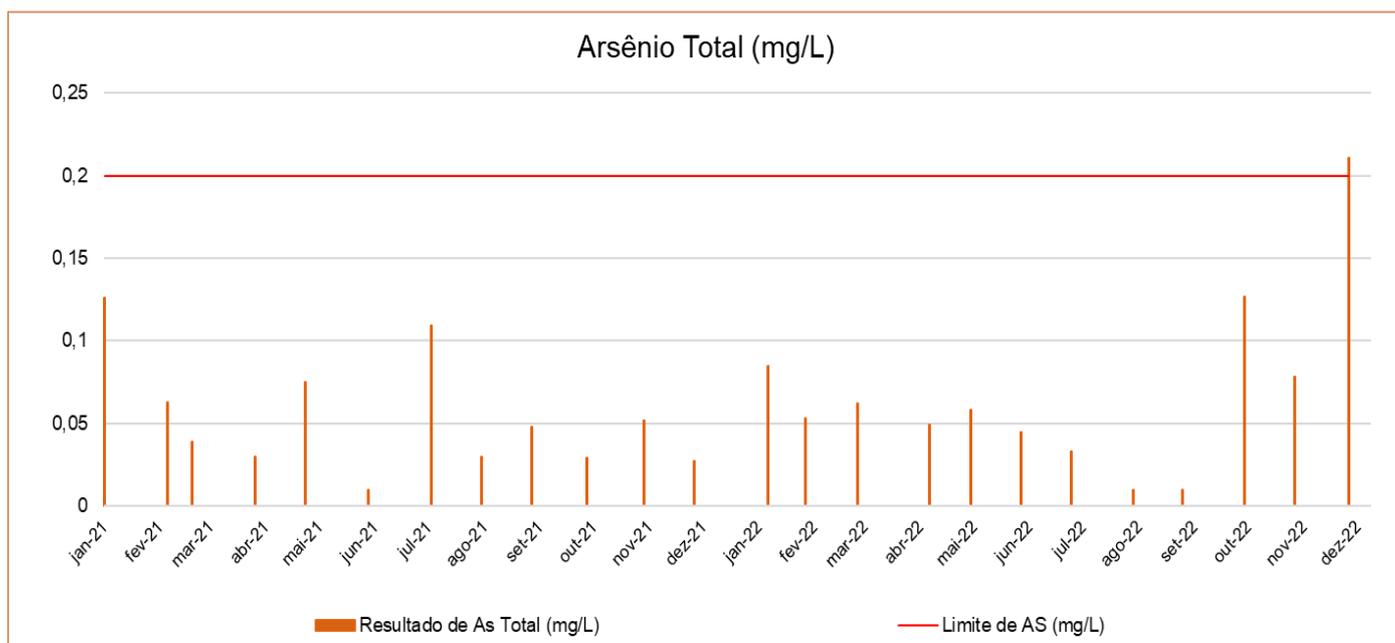
Neste tópico serão apresentados e discutidos os dados da qualidade do efluente avaliado no único ponto de lançamento de efluente externo ao Complexo e que se encontra na área de estudo delimitada para o presente diagnóstico. Na representação gráfica estão indicados os resultados obtidos durante as campanhas de monitoramento realizadas pela AngloGold Ashanti no âmbito do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, contemplando todo o período de 2021 e 2022.

Nas campanhas mensais são analisados os parâmetros Arsênio Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Zinco Total, Cor real, Mercúrio Total, Fenóis, Ferro Dissolvido, Sólidos Sedimentáveis, Sulfetos, Condutividade Elétrica, Manganês Dissolvido, Nitrato, Óleo e Graxas, Sulfato, Surfactantes, e Coliformes Termotolerantes. Destes, somente Cor verdadeira, Condutividade Elétrica, Nitrato e Coliformes Termotolerantes não possuem limite estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH/MG nº 08/2022. Os demais parâmetros citados tiveram os resultados avaliados e foram comparados com os limites estabelecidos pela referida legislação.

#### 11.11.2.3.1 Metais, semimetais e íons metálicos

Dentre os metais, semimetais e íons metálicos analisados durante as campanhas de monitoramento avaliadas neste diagnóstico, os parâmetros Cádmio, Chumbo, Ferro Dissolvido, Mercúrio Total, Nitrato e Sulfeto apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação do método analítico e, portanto, não quantificáveis, na maioria das análises. Os parâmetros que apresentaram resultados quantificáveis, serão discutidos a seguir.

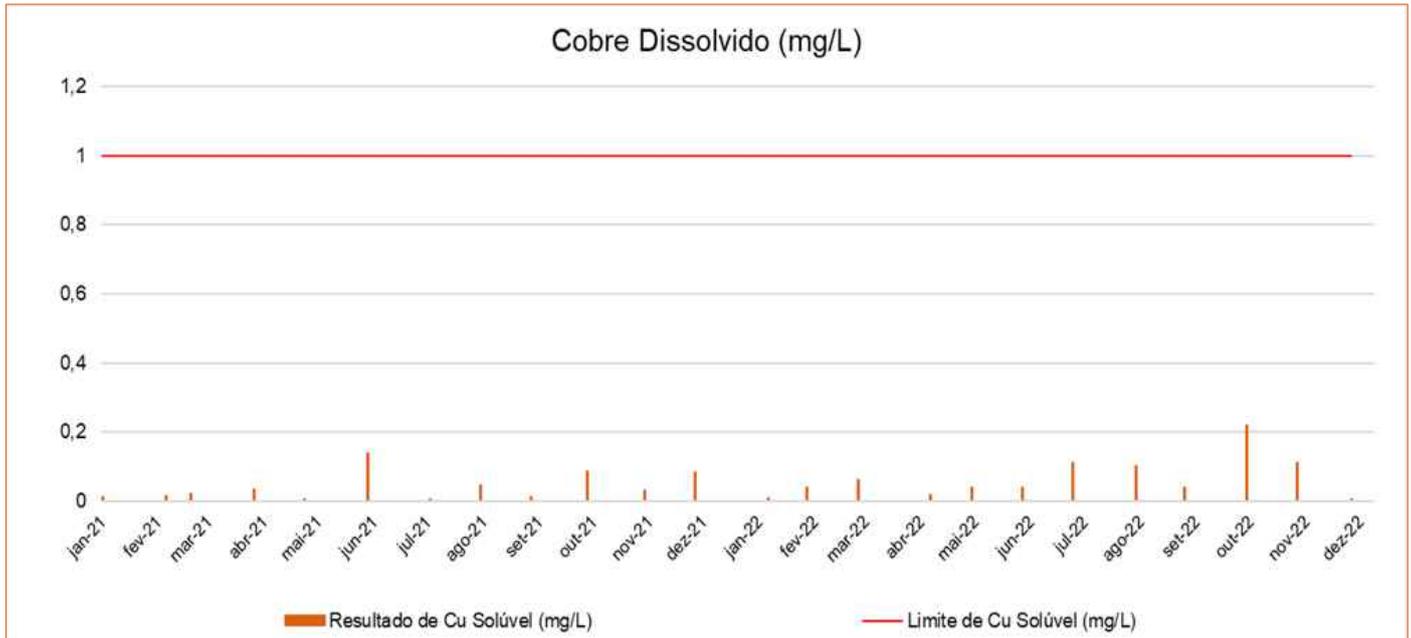
Conforme apresenta a figura a seguir, o Arsênio Total foi detectado em 100% das amostras de efluente analisadas. Houve uma variabilidade nos resultados durante as campanhas, e os valores estão em conformidade com o VMP (Valor Máximo Permitido) estabelecido pela DN COPAM-CERH/MG nº08/2022, a exceção ocorreu apenas em dezembro de 2022, com um desvio pontual que esteve ligeiramente acima do limite (0,21 mg/L).



**Figura 11-91 - Gráfico de resultados de Arsênio Total no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

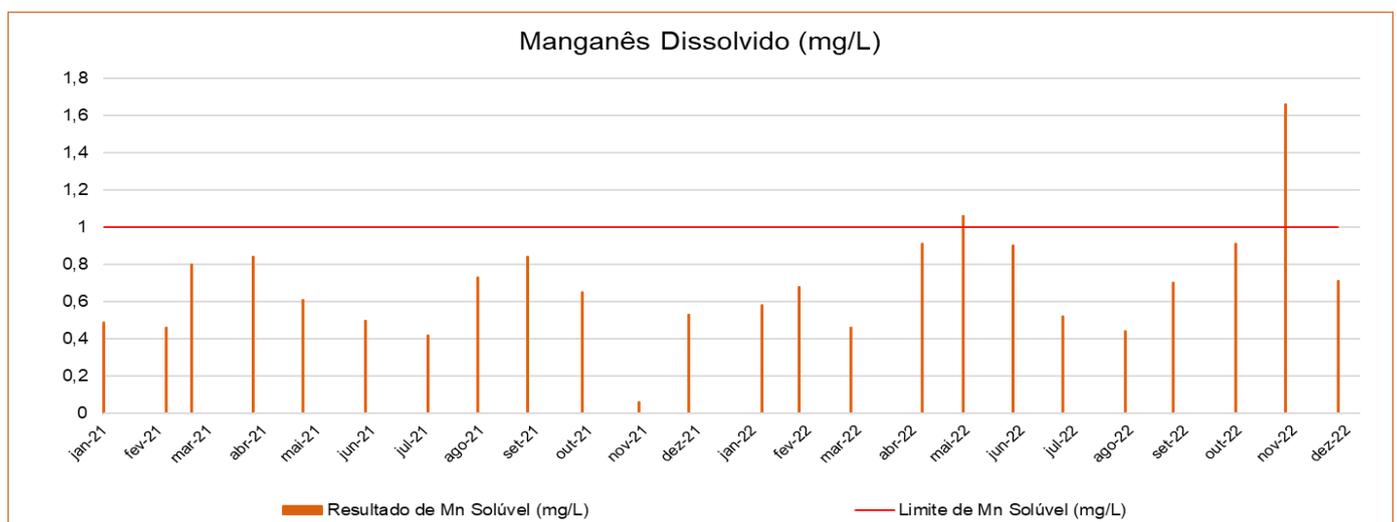
A figura a seguir apresenta a análise das campanhas mensais realizadas, para o parâmetro Cobre Dissolvido no ponto de efluente analisado (PQZ-7001). Como pode ser observado, houve uma variabilidade nos resultados durante as campanhas de 2021 e 2022, mas todos os valores se mantiveram em conformidade com o VMP (Valor Máximo Permitido) estabelecido pela legislação vigente.



**Figura 11-92. Gráfico de resultados de Cobre Dissolvido no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

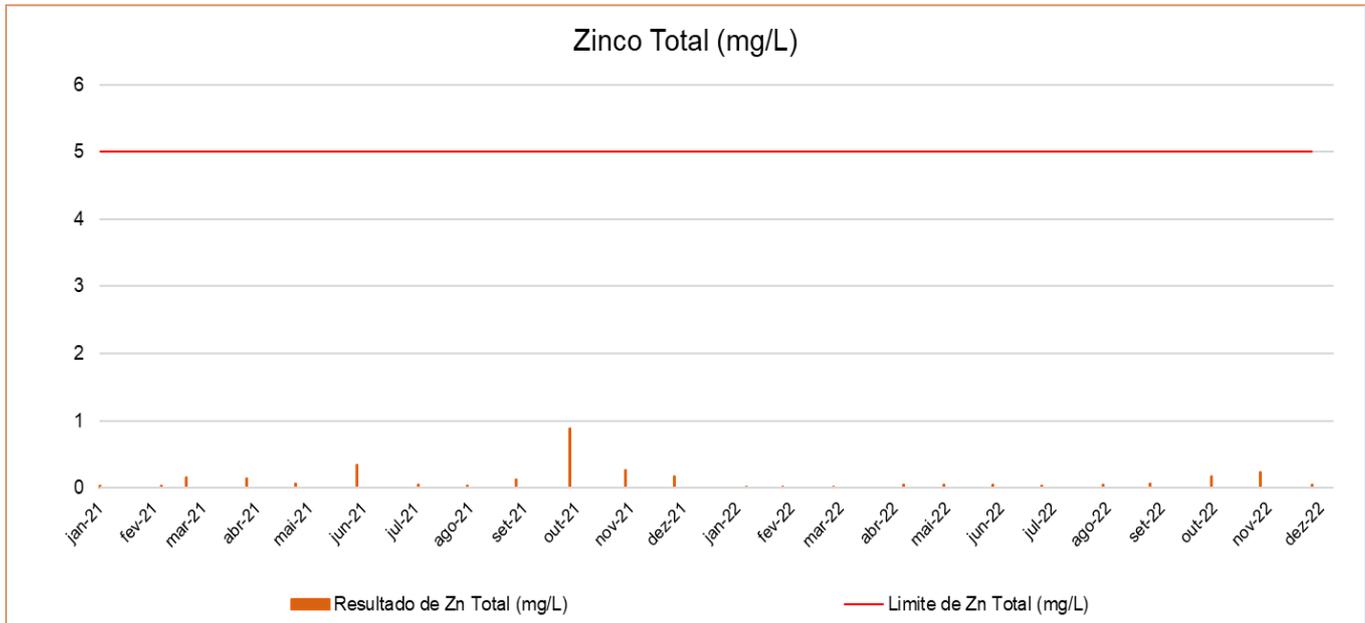
Ao analisar o gráfico para o parâmetro Manganês Dissolvido, verifica-se que para o período avaliado, majoritariamente, os resultados se mantiveram dentro do limite estabelecido pela DN COPAM nº08/2022. Contudo, houve a ocorrência de resultados superiores ao VMP de lançamento para os meses de maio e novembro de 2022.



**Figura 11-93. Gráfico de resultados de Manganês Dissolvido no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

A figura a seguir apresenta a análise das campanhas mensais realizadas para o parâmetro Zinco Total no ponto de efluente analisado (PQZ-7001). Observa-se que não houve extrapolação do VMP em nenhum dos meses.

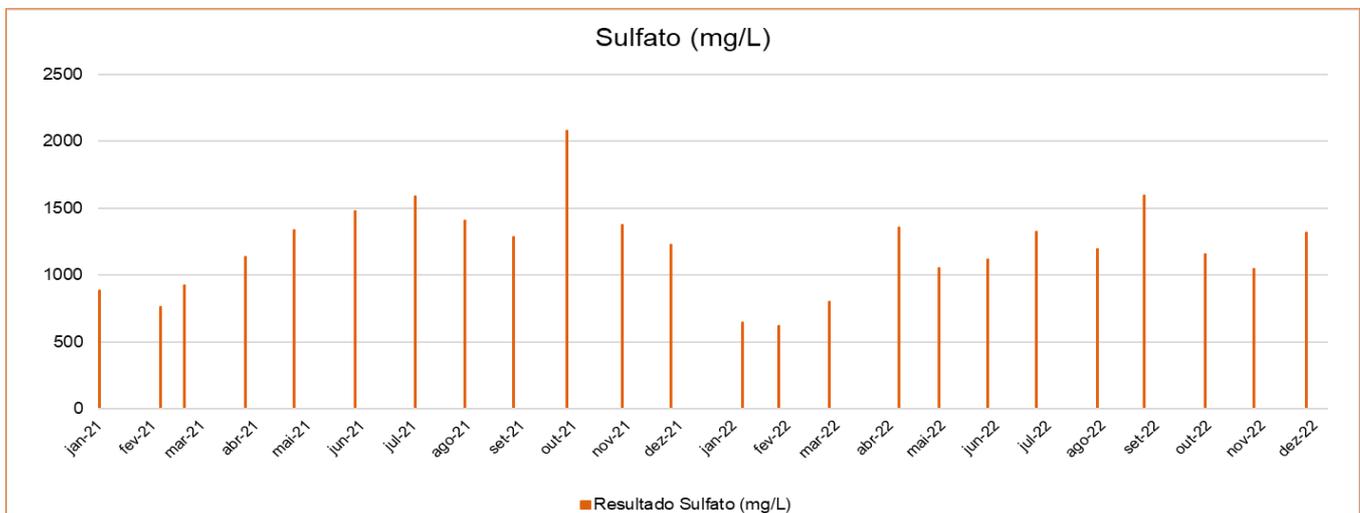


**Figura 11-94. Gráfico de resultados de Zinco Total no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

A figura a seguir apresenta a análise das campanhas mensais realizadas, para o parâmetro Zinco Total no ponto de efluente analisado (PQZ-7001).

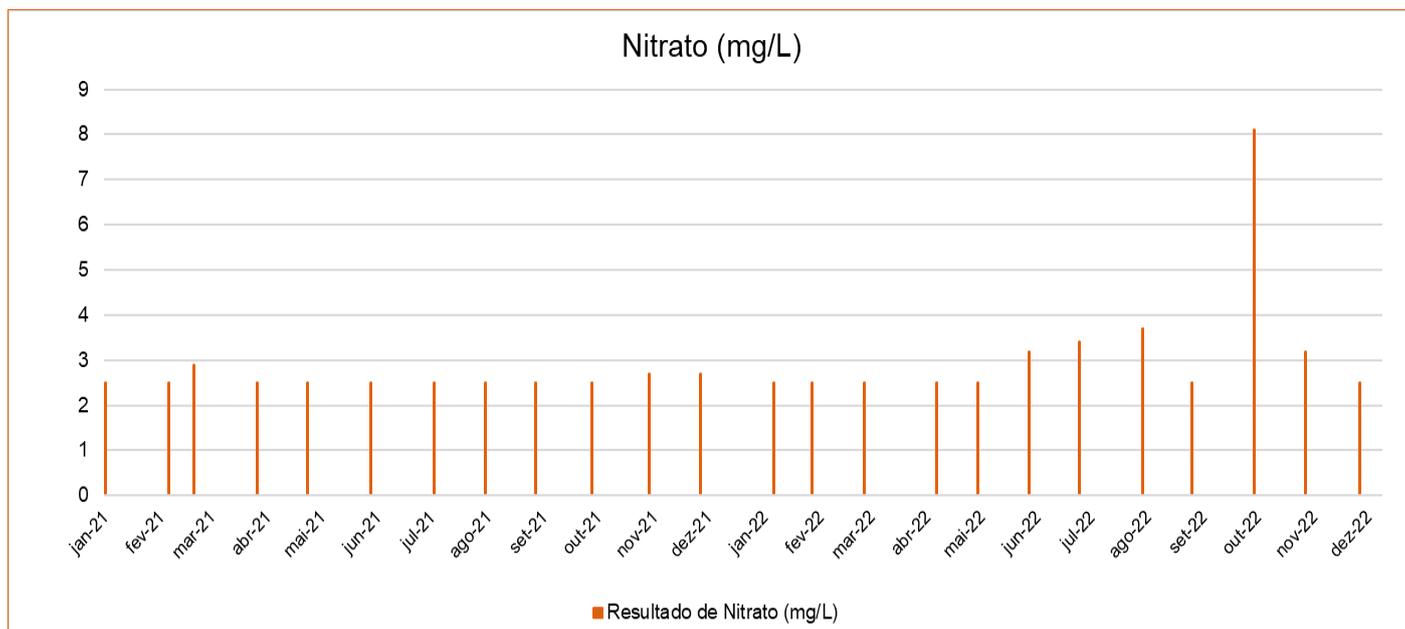
Na Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 não há valor regulamentado para o limite máximo de sulfato no lançamento de efluentes. Para campanhas realizadas entre 2021 e 2022, verifica-se um comportamento oscilatório das concentrações ao longo dos dois anos monitorados, cujo valor mínimo observado foi de 621 mg/L em fevereiro/2022 e o máximo de 2081,1 mg/L em outubro/2021.



**Figura 11-95. Gráfico de resultados de Sulfato no ponto de monitoramento de efluentes**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

A figura a seguir apresenta a análise das campanhas mensais realizadas, para o parâmetro Nitrato no ponto de efluente analisado (PQZ-7001). A Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 não estabelece limite máximo de nitrato para lançamento de efluentes. Para campanhas realizadas entre 2021 e 2022, verifica-se que grande parte dos resultados foi próxima a 3,0 mg/L. O valor máximo para este parâmetro foi de 8,1 mg/L em outubro/2022.



**Figura 11-96. Gráfico de resultados de Nitrato no ponto de monitoramento de efluentes**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

### 11.11.2.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade refere-se à capacidade da água em conduzir corrente elétrica, estando diretamente ligada às concentrações iônicas e metais dissolvidos presentes no meio (CETESB, 2018). Esse parâmetro fornece uma indicação das modificações nas concentrações minerais da água.

A figura a seguir apresenta a análise das campanhas mensais realizadas, para o parâmetro condutividade elétrica no ponto de efluente analisado (PQZ-7001). Ressalta-se que a Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 não estabelece VMP para condutividade elétrica em efluentes industriais. De modo geral, esse parâmetro apresenta comportamento oscilatório ao longo dos meses (jan/21 a dez/22), conforme explicitado no gráfico. Os resultados variam de 1385  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 3255  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (PQZ-7001). Valores de condutividade superiores para o efluente, quando comparado com o curso hídrico, é esperado, uma vez que esse descarte industrial geralmente possui maior aporte de sólidos e metais.



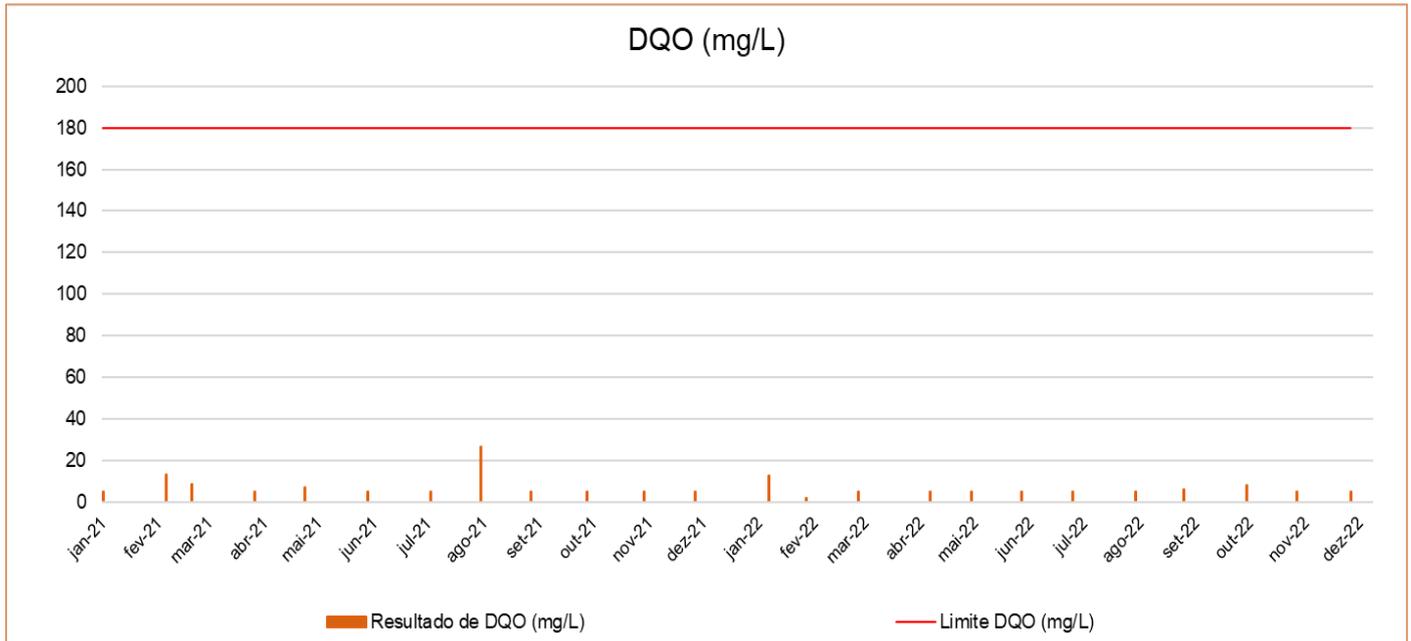
**Figura 11-97 - Gráfico de resultados de Condutividade Elétrica no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

### 11.11.2.3.3 Carga orgânica

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma amostra de água está relacionada à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável. Nesse contexto, a DBO representa a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período, numa temperatura de incubação específica. Os maiores aumentos em termos de DBO nos cursos d'água são provocados por lançamentos de origem orgânica (CETESB, 2018). A Demanda Química de Oxigênio (DQO) também é um indicador de matéria orgânica, mas baseia-se na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido, por ação de um agente químico oxidante forte (CETESB, 2018).

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 estabelece o limite de 60 mg/L para DBO e 180 mg/L para DQO em efluentes industriais. Nas amostras consideradas neste diagnóstico, a maioria dos resultados obtidos para o parâmetro DBO, estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico, portanto, em conformidade com a legislação. Quanto aos resultados obtidos para o parâmetro DQO, todos foram quantificáveis e em conformidade com o VMP (Valor Máximo Permitido), conforme apresentado na figura a seguir.



**Figura 11-98 - Gráfico de resultados de DQO no ponto de monitoramento de efluentes**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023*

Os óleos e graxas correspondem às substâncias oleosas (hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros) de origem mineral, vegetal ou animal. São normalmente oriundos de resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolinas, estradas e vias. Na decomposição desses parâmetros há redução do oxigênio dissolvido, devido à elevação da DBO e DQO, causando prejuízos à vida aquática (CETESB, 2018).

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº08/2022 estabelece o limite máximo de 20 mg/L para óleos e graxas minerais em efluentes industriais e, nas campanhas analisadas, todas as concentrações desse parâmetro estiveram abaixo do limite de quantificação laboratorial, portanto, em conformidade com a legislação vigente.

Outro parâmetro relacionado à carga orgânica do efluente são os fenóis, substâncias de origem industrial, conhecidos devido a sua elevada toxicidade ao homem, organismos aquáticos e microrganismos, estando presentes em medicamentos, fungicidas, bactericidas e desinfetantes. A DN COPAM nº08/2022 estabelece limite máximo de 0,5 mg/L e todos os valores obtidos nas campanhas mensais realizadas no monitoramento da AngloGold Ashanti, também estiveram abaixo do limite de quantificação laboratorial, portanto dentro do limite exigido pela legislação.

Por fim, os surfactantes, também denominados substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno, são compostos orgânicos associadas aos detergentes, capazes de modificar a tensão superficial da água. As elevadas descargas desses compostos podem provocar a formação de espumas e acelerar a eutrofização do meio. A Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece os limite máximo de 2,0 mg/L para o lançamento de efluentes. Todos os valores obtidos nos monitoramentos realizados mensalmente em 2021 e 2022 estiveram abaixo do limite de quantificação laboratorial, portanto em acordo com a legislação vigente.

#### 11.11.2.3.4 Coliformes termotolerantes

Conforme já mencionando, de todos os microrganismos presente nos corpos d'água, aqueles capazes de causar doenças ao ser humano (microrganismos patogênicos) recebem maior atenção no tangente ao tratamento de esgotos. No ponto PQZ-7001, são realizadas análises mensais de Coliformes termotolerantes, que são indicadores de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais. A Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 não estabelece limite máximo de concentrações de Coliformes termotolerantes para o lançamento de efluentes. Conforme apresentado na figura a seguir, os resultados oscilaram bastante durante as campanhas de monitoramento.

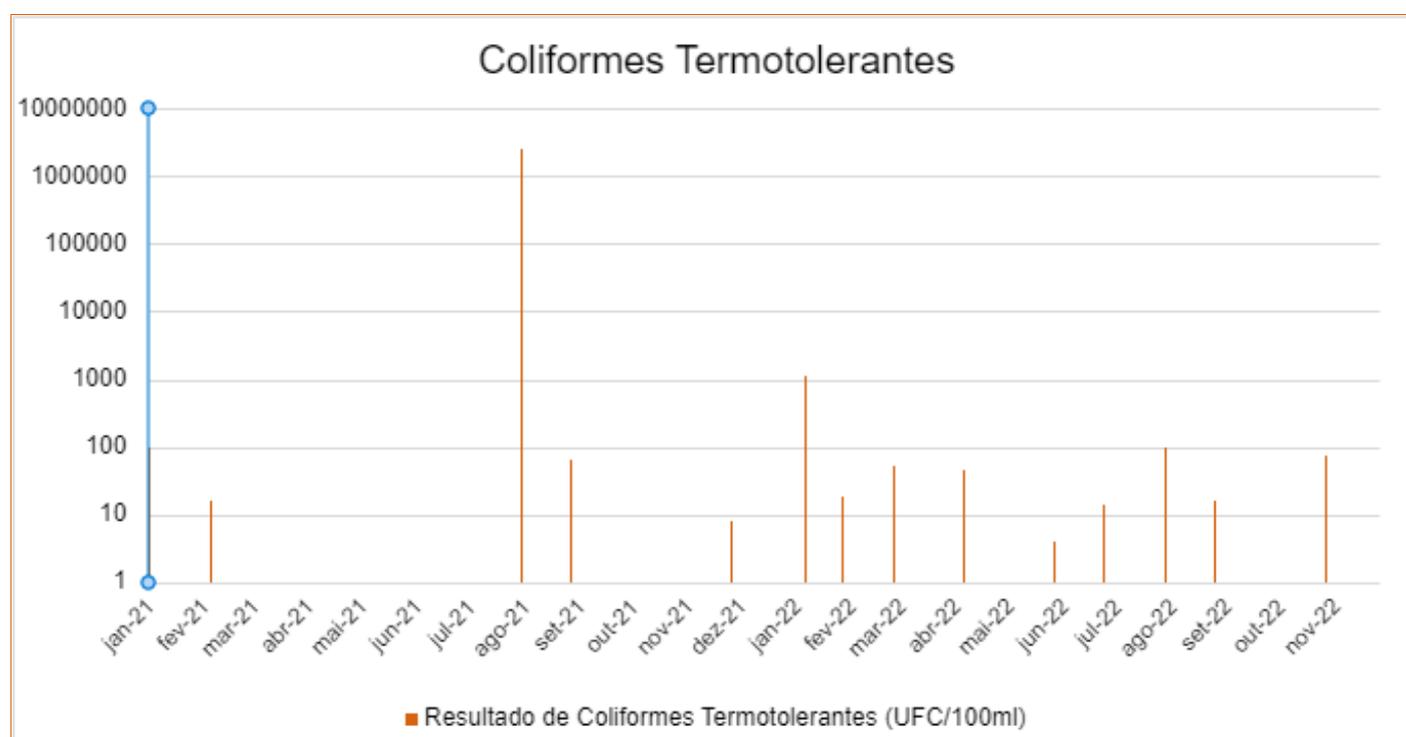


Figura 11-99. Gráfico de resultados de Coliformes Termotolerantes no ponto de monitoramento de efluentes

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023

#### 11.11.2.3.5 Sólidos sedimentáveis e cor verdadeira

Destaca-se que os parâmetros englobados nesse tópico são os principais indicadores de carreamento de sólidos e sedimentos para cursos d'água. A cor verdadeira está associada a problemas de estética, às dificuldades na penetração da luz e à presença de compostos recalcitrantes (não biodegradáveis, isto é, de taxas de decomposição muito baixas) nas águas naturais. Tais compostos, em geral, são tóxicos aos organismos aquáticos. Os sólidos sedimentáveis indica a fração de sólidos suspensos, que em determinadas condições, sofrem a ação da gravidade e sedimentam, indicando a parcela de sólidos que irão sedimentar na calha do rio.

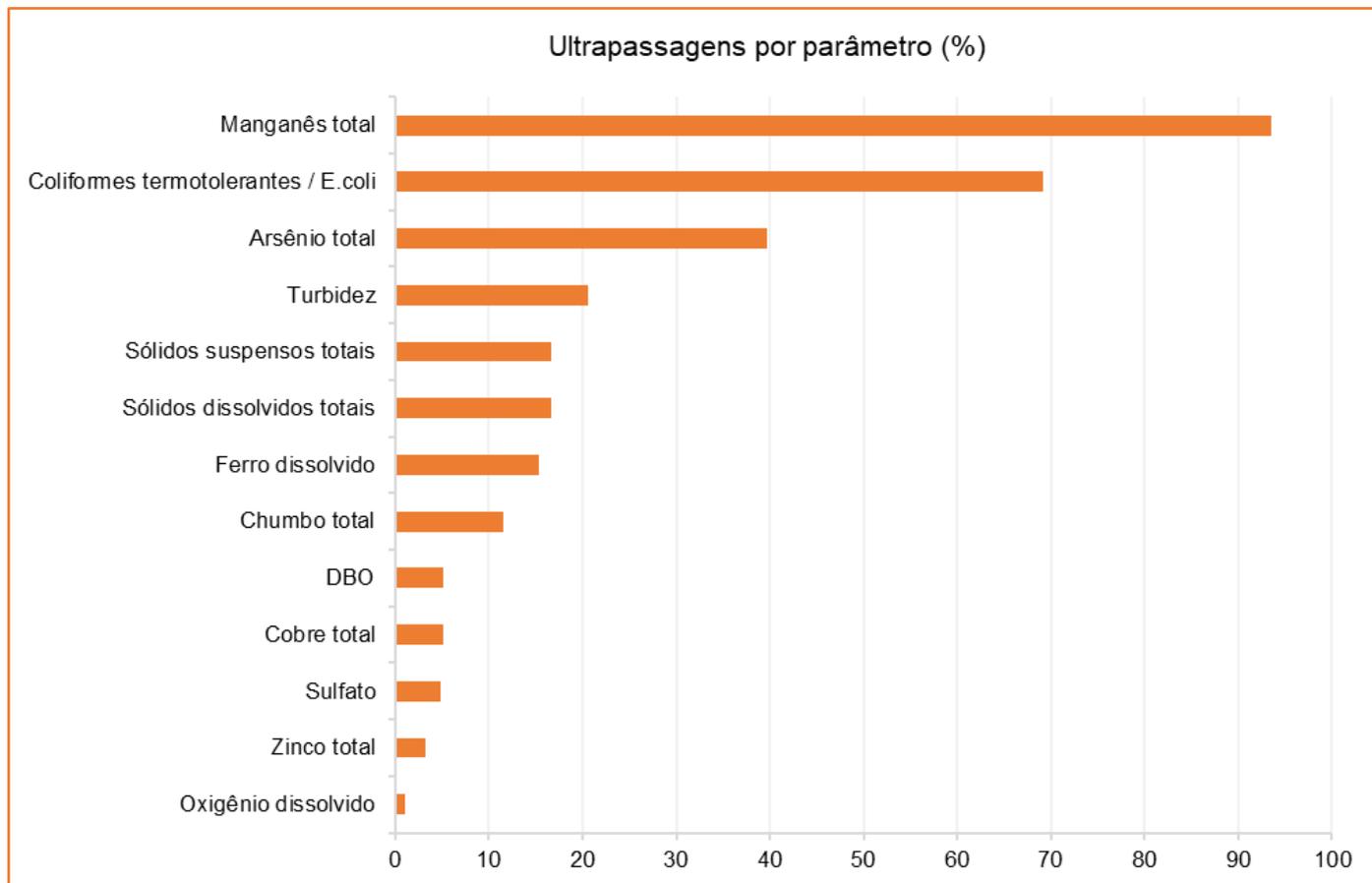


A Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022 estabelece o limite máximo de Sólidos Sedimentáveis de 1,0 mL/L para o lançamento de efluentes e não estabelece limite máximo para o parâmetro Cor verdadeira. Todos os valores obtidos nos monitoramentos realizados mensalmente em 2021 e 2022 estiveram abaixo do limite de quantificação laboratorial, portanto em acordo com a legislação vigente.

### **11.11.3 Síntese conclusiva**

A avaliação dos recursos hídricos sob as áreas de estudo regional e local do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, foi realizada utilizando dois pontos de monitoramento do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas (PQZ - 1007 e 1009), além dos pontos amostrais utilizados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. Para complementação da discussão considerou-se o ponto de lançamento de efluente do empreendimento (PQZ-7001) e as análises de sedimentos.

A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que os pontos de água superficial, inseridos no plano de monitoramento do empreendimento, apresentou resultados conformes para a maioria dos parâmetros limitados pela Deliberação Normativa COPAM/CERH nº8/2022. Exceções a essas conformidades foram observadas, majoritariamente, nos resultados de manganês total e, em menor escala nos metais arsênio total, ferro dissolvido, e chumbo total, tanto em pontos à montante quanto à jusante do empreendimento. A figura a seguir apresenta os parâmetros com maiores desvios para o período analisado (janeiro/21 a dezembro/22).



**Figura 11-100 - Gráfico de desvios dos valores máximos permitidos por parâmetro nos pontos de monitoramento de água superficial**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.*

Os parâmetros que apresentaram mais desvios em relação ao permitido pela legislação foram o manganês total (93,6%), coliformes termotolerantes e E. coli (69,2%) e o arsênio total (39,7%). Observou-se que resultados superiores foram medidos tanto nos pontos a jusante à Planta do Queiroz, quanto a montante, o que sugere que a contribuição desses parâmetros no curso d'água analisado é oriunda de outras fontes além do empreendimento.

No caso do ferro manganês e arsênio, cabe destacar que a planta está localizada na região do Quadrilátero Ferrífero, a qual é notoriamente reconhecida pela presença natural marcante desses elementos. Para os coliformes termotolerantes e E.coli, infere-se que os resultados destes parâmetros estão relacionados com os lançamentos de esgoto possivelmente não tratados nas áreas de estudo regional e local. Em relação ao chumbo total, os resultados em desconformidade foram esporádicos e, por isso, considerados sem grande representatividade.

Quanto à qualidade do lançamento do efluente final, ressalta-se que o ponto de lançamento da barragem Cocuruto (PQZ-7001) se manteve dentro dos limites estabelecidos na Deliberação Normativa COPAM/CERH nº08/2022, com exceção dos desvios pontuais observados para os parâmetros Arsênio Total (dezembro de 2022) e Manganês Dissolvido (maio e dezembro de 2022).



No que se refere aos sedimentos, os parâmetros arsênio, cromo, níquel e zinco apresentaram concentrações mais pronunciadas, tanto em pontos à montante quanto à jusante do empreendimento, para os quais registrou-se valores acima dos valores orientadores (VOR Nível I e Nível II), considerando a resolução CONAMA 454/2012. De maneira geral, observou-se quanto a matriz de sedimentos que não houve violações ao valor de referência de Vicq para os analitos Alumínio, Ferro e Manganês. Importante ressaltar que esses metais apresentam valores mais expressivos, uma vez que pertencem as características geoquímicas da região em estudo.

Destaca-se por fim, que o background da qualidade das águas nas áreas de estudo regional e local mostra que já existem fontes de contribuição de poluentes nos cursos d'água associadas as características naturais (geologia) ou organização espacial do lugar (urbanização).

## 11.12 Recursos Hídricos Subterrâneos

Segundo a Resolução CNRH nº 15/2001 e a Resolução CONAMA nº 396/2008, águas subterrâneas são aquelas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, circulando e preenchendo poros de naturezas diversas (vazios entre grãos, fraturas, falhas, fissuras, cavidades cársticas, juntas entre camadas ou entre colunas de rochas, etc.) (ALBUQUERQUE e RÊGO, 1998). Um aquífero, por sua vez, é um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (RESOLUÇÃO CONAMA n. 396/2008). Sendo assim, um aquífero não deve ser avaliado somente pelo critério de acumulação de água, mas principalmente pela capacidade de permitir sua transmissão.

Ao aflorar, a água subterrânea constitui o escoamento de base da rede hidrográfica superficial, dando origem a sistemas hídricos diversos. Além disso, configura uma fonte fundamental para o abastecimento de água: conforme Fundaj (2020), 52% dos municípios brasileiros utilizam águas subterrâneas para o abastecimento, sendo que 36% são abastecidos exclusivamente e 16% parcialmente por essa fonte.

Diante deste contexto, a caracterização dos recursos hídricos subterrâneos configura parte fundamental de um estudo de impacto ambiental, uma vez que possibilita determinar as características deste componente e analisar possíveis alterações que possam ser ocasionadas por intervenções antrópicas. Desta forma, serão apresentados a seguir os principais aspectos relativos aos recursos hídricos subterrâneos nas áreas de estudo avaliadas no presente EIA.

### 11.12.1 Metodologia

A caracterização dos recursos hídricos subterrâneos apresentada pautou-se na análise de dados e informações secundários oriundos de órgãos oficiais, como mapeamentos hidrogeológicos da CPRM, dados de usos da água registrados junto ao IGAM, além de estudos de referência publicados na literatura e dados disponibilizados pelo empreendedor. A avaliação foi baseada nas escalas de análise regional e local, conforme definição apresentada no item I - Áreas de Estudo.



Para o entendimento do comportamento do fluxo da água subterrânea na região do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz será abordado o modelo conceitual, inventário de nascentes, piezometria, potenciometria e uso de água subterrânea.

### 11.12.2 Contextualização da Área de Estudo Regional

Para caracterizar a área de estudos regional (AER) foi utilizado o modelo hidrogeológico conceitual, que consiste no conhecimento das unidades hidrogeológicas, assim como representa as condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas desde a infiltração no solo até a descarga em surgências e demais estruturas.

A classificação das unidades hidrogeológicas se dá de acordo com as características hidrodinâmicas apresentadas por cada rocha. Em função de sua porosidade (capacidade de armazenar) e permeabilidade (capacidade de transmitir água subterrânea), as rochas podem ser classificadas como (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983):

- **Aquíferos:** formações geológicas que contém água em seus poros ou fraturas e são capazes de transmiti-la em quantidades economicamente viáveis para suprir as necessidades humanas. Em função do tipo de porosidade apresentada, estes podem ser subdivididos nas seguintes tipologias: (i) aquífero granular (ou poroso), que apresenta porosidade primária, em que a água subterrânea é armazenada nos poros existentes entre os grãos constituintes da rocha; (ii) aquífero fissural (ou fraturado), que é provido de porosidade secundária, em que a água subterrânea é armazenada nas descontinuidades existentes na rocha (falhas, fraturas, planos de acamamento); e (iii) aquífero cárstico (ou de conduto), que apresenta porosidade terciária, em que a água subterrânea é armazenada nas aberturas ocasionadas pela dissolução da rocha (dutos, cavernas, fraturas alargadas, etc);
- **Aquitardos:** formação geológica que contém água, mas à transmite lentamente;
- **Aquicludes:** formação geológica que contém água, mas não é capaz de transmiti-la;
- **Aquíferos:** formação geológica que não contém água e tampouco é capaz de transmiti-la.

Segundo estudos da Golder (2016) e Water Services (2023), tendo por base as diferentes características hidrodinâmicas, existem três unidades hidrogeológicas que puderam ser individualizadas na AER: Aquíferos Inconsolidados; Aquíferos em Xistos; e, Rochas Intrusivas, tais unidades serão descritas a seguir e representadas na Figura 11-101.

- **Aquíferos Inconsolidados**

Estes aquíferos abrangem depósitos sedimentares aluviais e elúvio-colvionares, que constituem meios muito heterogêneos com características hidrodinâmicas variáveis, constituindo zonas aquíferas localizadas, em áreas de depressões de terreno sobre rochas menos permeáveis como filitos, xistos e dolomitos, com restituição de águas perenizadas, mas com grande variação sazonal. Predominantemente, os terraços aluvionares são constituídos por areias e cascalhos, com alta permeabilidade e boa capacidade de armazenamento.



- **Aquíferos em Xistos (Sistema de Aquífero Nova Lima)**

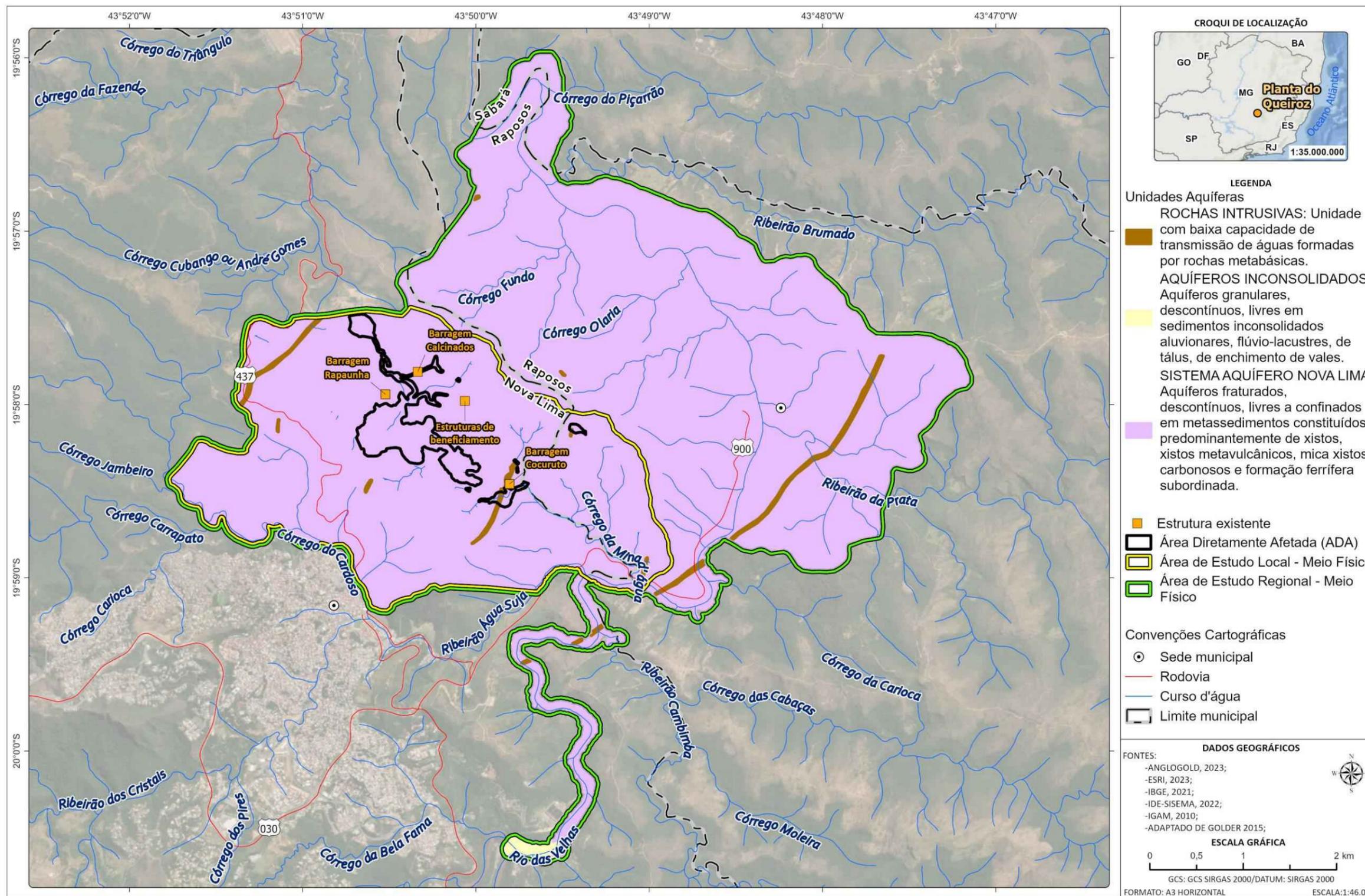
O sistema aquífero xistoso é representado pelas rochas metassedimentares do Supergrupo Minas, dos Grupos Nova Lima, compostas predominantemente por xistos de composições variadas e, subordinadamente, por formação ferrífera, filitos e quartzitos. Estes aquíferos são de porosidade fissural e, de modo geral, apresentam baixo potencial hidrogeológico, porém, localmente, os terrenos na sua área de ocorrência exibem topografia acidentada, fortemente ondulada com média a alta capacidade de infiltração.

- **Rochas Intrusivas**

As rochas metabásicas, no geral, são barreiras hidráulicas em forma de diques que podem causar a compartimentação hidrogeológica das unidades aquíferas, já que, quando alterados, mostram-se muito argilosos. Porém, quando se apresentam como rochas sãs, podem apresentar descontinuidades, neste caso, podem tornar propícia a percolação da água, que acontece apenas em grandes profundidades, quando as descontinuidades são mais fechadas, apresentando, assim, características de aquícludes e/ou aquítarados.

### **11.12.3 Contextualização da Área de Estudo Local**

A caracterização da área de estudo local, assim como da Área de Estudo Regional, foi realizada a partir dos modelos hidrogeológicos de estudos da Golder (2016) e Water Services (2023). Tendo por base as diferentes características hidrodinâmicas, existem duas unidades hidrogeológicas que puderam ser individualizadas na ADA e AEL, sendo elas os Aquíferos em Xistos e Rochas Intrusivas, estas já foram descritas na AER, conforme pode ser observado na figura a seguir que apresenta o mapa das unidades aquíferas da ADA, AEL e AER do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-101 - Mapa das unidades aquíferas na área da ADA, AEL e AER do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023; IBGE, 2021; IGAM, 2010; Golder, 2016.



Para melhor análise da área estudo local foram avaliadas as cotas de nível d'água das nascentes e piezômetros para avaliação da potenciometria no período seco e chuvoso.

### 11.12.3.1 Inventário de nascentes

As nascentes são manifestações superficiais das águas subterrâneas e correspondem ao ponto em que o lençol freático alcança a superfície do solo. Foi realizado pela CLAM em maio de 2022, período de estiagem, o cadastramento e/ou recadastramento de nascentes nas adjacências das Barragens de Rapaunha, Calcinados e Cocuruto na Planta do Queiroz, no município de Nova Lima, Minas Gerais, que compreende a ADA e AEL. Registra-se ainda, que no período seco de 2023, a equipe da AngloGold Ashanti realizou um refinamento do estudo realizado pela CLAM e gerou uma Nota Técnica em complementação ao inventário da CLAM.

Considerando a atualização do inventário, através da Nota Técnica, foram registrados 55 pontos, sendo 26 identificados como nascentes perenes, 14 drenagens secas e 15 pontos de controle. Foram executadas medições dos parâmetros físico-químicos (pH, eH/potencial redox, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, temperatura do ar, turbidez e as descargas líquidas) *in situ*, nesses cursos d'água.

Analisando os resultados obtidos, percebe-se que, em relação ao parâmetro Turbidez os valores variaram de 2,76 NTU (NQZ-Clam 31) a 291 NTU (NQZ-Clam 05), para Oxigênio Dissolvido variaram entre 0,04 mg/L (NQZ-Clam 05) e 6,21 mg/L (NQZ-Clam 51), para pH variaram entre 5,27 (NQZ-Clam 32) a 7,35 (NQZ-Clam 38), para condutividade elétrica entre 10 µS/cm (NQZ-Clam 03) e 1127 µS/cm (NQZ-Clam 38) e para o Eh -53,5 mV (NQZ-Clam 38) a 240,8 mV (NQZ-Clam 22). Os valores de vazão variaram de 0,020 L/s (NQZ-Clam 42) a 0,931 L/s (NQZ-Clam 26).

As coordenadas, bem como as informações dos pontos inventariados estão apresentadas na Tabela 11-34 e a Figura 11-102 exibe a localização dos pontos.

Tabela 11-34 - Pontos inventariados contemplando a localização, resultados das análises físico-químicas e vazões médias.

Ponto	Tipo de ponto	Coordenadas UTM (Sirgas 2000)			Resultados <i>in situ</i>							
		X	Y	Cota (m)	pH	Eh (mV)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)		Turbidez (NTU)	Vazão (L/s)
									Água	Ar		
NQZ-Clam 01	Nascente	622917	7790990	771	5,9	58,9	85	1,15	21,73	24	12,9	0,583985551
PCQZ-Clam 02	Ponto de Controle	622964	7790909	794								
NQZ-Clam 03	Nascente	622319	7790502	802	5,75	139,5	10	0,34	21,88	25	183	0,109170306
DSQZ-Clam 04	Drenagem Seca	622290	7790275	835								
NQZ-Clam 05	Nascente	621951	7790166	858	6,9	156,4	46	0,04	19,21	25	291	0,335996241
DSQZ-Clam 06	Drenagem Seca	620822	7791311	920								
NQZ-Clam 07	Nascente	622416	7791563	817	6,06	19,6	105	3,81	21,27	24	216	0,329312656
DSQZ-Clam 08	Drenagem Seca	622419	7791535	817								
NQZ-Clam 09	Nascente	622521	7791527	890	6,02	124,4	47	4,38	20,23	24	60,4	0,132596685
DSQZ-Clam 10	Drenagem Seca	622535	7791534	890								
PCQZ-Clam 11	Ponto de Controle	622553	7790932	792	6,55	26,9	445	0,06	12,67	15	25,1	0,057807752
DSQZ-Clam 12	Drenagem Seca	621943	7791060	811								
NQZ-Clam 13	Nascente	621856	7790894	839	6,92	87,9	45	0,74	21,13	18	118	0,151362984
NQZ-Clam 14	Nascente	621859	7790893	826	6,34	101	48	3,05	19,9	18	25,5	0,210369741
PCQZ-Clam 15	Ponto de Controle	619913	7791959	872	5,95	89,7	74	1,81	18,85	15	5,35	
NQZ-Clam 16	Nascente	619852	7792531	917	6,51	114	60	1,75	18,38	15	127	0,044619284
PCQZ-Clam 17	Ponto de Controle	619968	7792473	884								
DSQZ-Clam 18	Drenagem Seca	619867	7792534	902								
NQZ-Clam 19	Nascente	620412	7792637	898	6,48	90,9	16	1,79	17,95	15	108	0,403361345
NQZ-Clam 21	Nascente	622074	7790726	1042	5,4	224,7	32	1,85	20,78	16	30,1	0,055071301
PCQZ-Clam 22	Ponto de Controle com água parada	622071	7790694	771	5,43	240,8	20	1,91	19,13	15	11,5	
NQZ-Clam 23	Nascente	621923	7790657	814	5,51	229	23	0,5	19,13	15	9,43	0,067107966
NQZ-Clam 24	Nascente	622001	7790621	785	6,1	187,6	20	2,28	18,08	15	27,9	0,047643183
NQZ-Clam 25	Nascente	622002	7790622	785	5,91	216,3	23	1,91	20,23	15	62,1	0,0416207
NQZ-Clam 26	Nascente	622029	7792211	960	6,28	141,6	50	2,02	20,58	21	96,1	0,931484165
DSQZ-Clam 27	Drenagem Seca	622009	7792219	949								
NQZ-Clam 28	Nascente	622023	7792238	950	6,54	170,9	17	1,74	18,68	21	5,81	0,063966377
PCQZ-Clam 29	Ponto de Controle	621961	7792125	935								
NQZ-Clam 31	Nascente	621476	7792589	877	6,23	90,7	65	5,56	19,24	18	2,76	
PCQZ-32	Ponto de controle	641444	7792578	874	5,27	179,8	70	3,74	17,32	18	10,5	0,086585221
DSQZ-Clam 33	Drenagem Seca	621069	7792634	83								
DSQZ-Clam 34	Drenagem Seca	620666	7791638	866								
NQZ-Clam 35	Nascente	620613	7791710	851	5,45	155,2	15	2,61	20,82	15	53,2	0,07767933

Ponto	Tipo de ponto	Coordenadas UTM (Sirgas 2000)			Resultados <i>in situ</i>								
		X	Y	Cota (m)	pH	Eh (mV)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)		Turbidez (NTU)	Vazão (L/s)	
									Água	Ar			
DSQZ-Clam 36	Drenagem Seca	621632	7791491	808									
NQZ-Clam 37	Nascente	621177	7791518	819	6,17	29,6	101	3,13	21,42	19	6,07		
PCQZ-Clam 38	Ponto de Controle no meio de drenagem com água	621271	7791648	777	7,35	-53,5	1127	5,56	15,63	19	163	0,815850816	
PCQZ-Clam 39	Ponto de Controle	620835	7791391	833	6,27	113,9	106	3,74	21,18	21	15,4	0,792563601	
DSQZ-40	Drenagem seca	620839	7791394	838									
DSQZ-Clam 41	Drenagem Seca	622714	7791595	914									
NQZ-Clam 42	Nascente	622743	7791535	914	6,13	144,8	44	3,61	19,37	21	63,2	0,027613812	
NQZ-Clam 43	Nascente	623805	7790087	708	6,82	114	19	5,8	19,66	21	16,57	0,066405521	
NQZ-Clam 44	Nascente	623704	7790410	707	5,8	176,9	28	2,99	19,92	21	16,4	0,124458874	
NQZ-Clam 45	Nascente	623700	7790402	708	6,38	154,8	28	4,65	19,46	21	116	0,098691977	
NQZ-Clam 46	Nascente	621133	7791005	860	6,22	103	104	2,49	19,57	19	110	0,168237615	
DSQZ-Clam 47	Drenagem Seca	621148	7790991	860									
DSQZ-Clam 48	Drenagem Seca	621285	7790905	860									
NQZ-Clam 49	Nascente	621278	7790873	861	6,91	149,3	50	3,14	22,13	19	8,96	0,46321024	
PCQZ-Clam 50	Ponto de Controle	621403	7791052	877									
NQZ-Clam 51	Nascente	621527	7791010	830	6,05	182,8	26	6,21	18,62	19	5,89	0,067768288	
PCQZ-Clam 52	Ponto de Controle	621517	7791070	837									
NQZ-Clam 53	Nascente	621450	7791133	812	5,98	43,5	55	2,04	18,34	19	50,7		
PCQZ-54	Ponto de Controle	619954	7791925	870									
PCQZ-55	Ponto de Controle	621108	7791612	845									
PCQZ-56	Ponto de Controle	621097	7791536	839									

Adaptado de: CLAM, 2022.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-102 - Mapa de localização dos pontos inventariados em 2022.

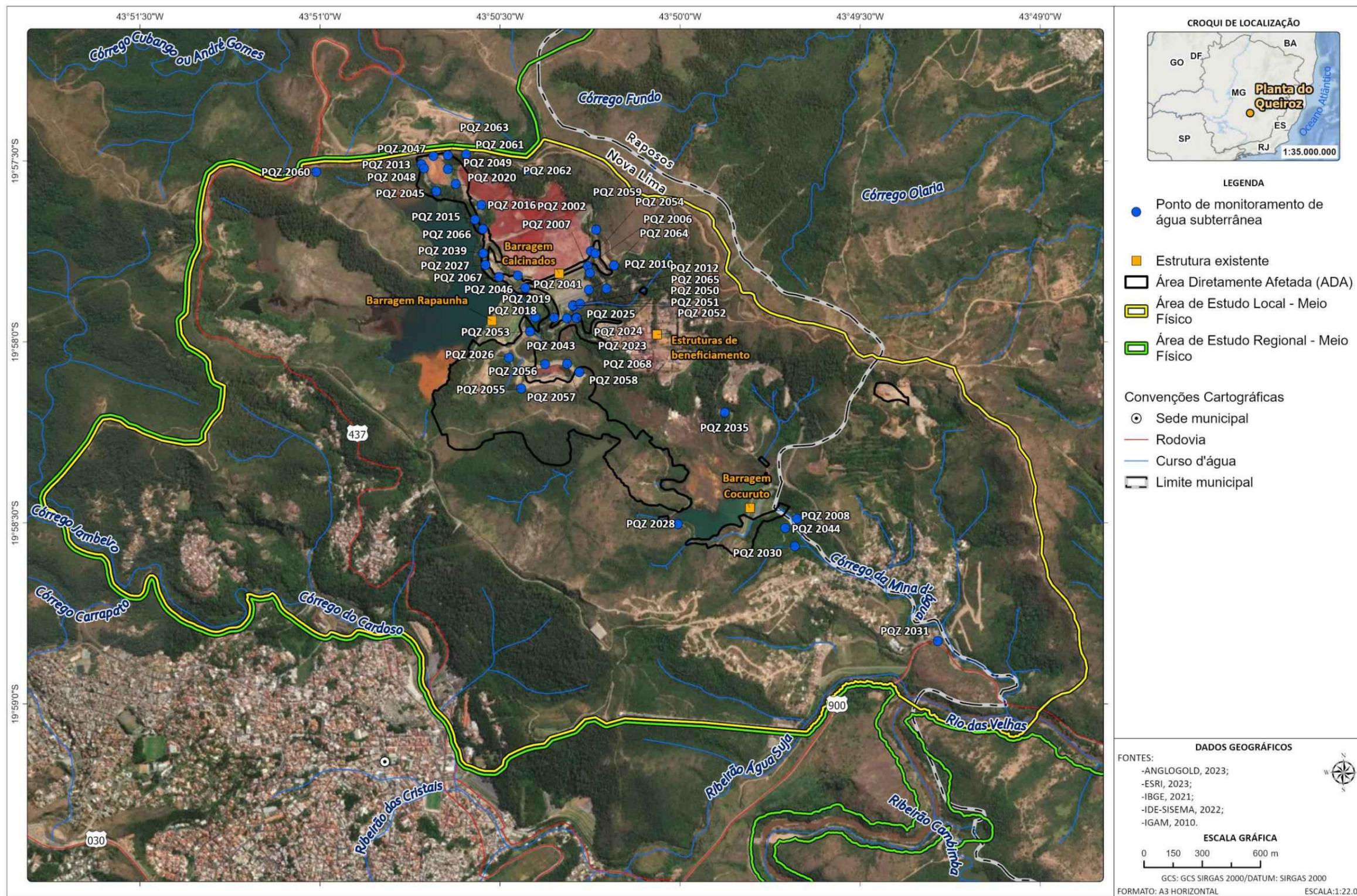
Elaboração: Arcadis, 2023.



### 11.12.3.2 Piezometria

Para avaliação piezométrica da área a AngloGold Ashanti disponibilizou a planilha com as séries históricas de cota de nível d'água medido nos piezômetros na área, sendo utilizados os dados dos anos de 2021 e 2022 de 35 pontos com monitoramento ativo, que compreendem a ADA e AEL.

Segue a Figura 11-103 com mapa ilustrando a localização dos instrumentos de monitoramento analisados e a Tabela 11-35 apresenta a relação dos valores de nível d'água monitorados. A Figura 11-104, por sua vez, ilustra gráfico de evolução piezométrica ao longo do recorte temporal de análise (janeiro de 2021 a dezembro de 2022).



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

**Figura 11-103 - Mapa de localização dos pontos analisados de monitoramento piezométrico.**

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IGAM, 2010.

Tabela 11-35 - Dados do monitoramento piezométrico dos piezômetros ativos para os anos de 2021 e 2022.

Ponto	COTA	jan/21	fev/21	mar/21	abr/21	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
PQZ 2002	870,351	851,771	851,281	852,411	852,041	850,821	850,031	849,471	848,641	848,341	847,801	847,671	848,831	851,561	852,761	851,641	850,371	849,551	849,251	849,131	848,251	848,091	847,951	847,531	847,581
PQZ 2006	863,242	835,63	835,42	836,04	835,92	835,52	834,96	834,62	833,97		833,15	832,99	833,64	835,64	836,14	835,94	835,26	834,85	834,58	834,54	833,92	833,64	833,52	833,16	833,07
PQZ 2007	855,978	826,078	826,058	826,718	826,918	826,578	825,888	825,428	824,768		823,178	822,968	823,128	826,118	826,148	826,848	825,868	825,458	825,168	824,858	824,078	823,538	823,408	822,838	823,008
PQZ 2008	767,777	763,03	763,13	762,02	763,00	762,93	762,87	762,84	762,75	767,78	762,64	762,82	763,09	763,25	763,65	763,09	763,07	763,05	762,92	762,70	762,81	762,62	762,54	762,68	762,70
PQZ 2010	838,906	818,836	818,946	819,116	819,126	819,146	819,046	819,066	819,006	819,006	818,356	818,346	818,376	819,106	819,296	819,586	819,246	819,176	819,166	818,946	818,716	818,636	818,476	818,346	818,276
PQZ 2012	873,930	829,850	829,910	830,150	830,140	830,110	830,250	830,190	830,090	829,960	829,820	829,810	829,870	830,630	830,530	830,730	830,320	830,310	830,370	830,040	830,030	829,860	829,900	829,810	829,910
PQZ 2013	892,134	865,644	865,844	866,604	866,784	866,894	861,564	866,564	866,334	866,004	865,484	865,304	865,244	868,914	861,994	870,074	868,814	868,264	868,004	867,734	867,464	867,104	866,674	866,374	866,204
PQZ 2015	853,657	843,407	843,487	843,947	843,517	843,327	843,417	843,257	843,167		843,167	843,387	843,977	844,607	844,487	844,527	843,927	847,017	843,627	843,757	843,537	843,237	843,207	843,337	843,997
PQZ 2016	879,76	865,09	865,71	865,91	865,71	865,53	864,88	864,79	865,60	865,20	865,02	865,34	865,72	867,52	866,50	866,48	865,56	865,71	866,02	865,83	865,86	865,57	865,39	865,33	
PQZ 2018	852,068	814,778	814,848	814,938	814,898	814,818	814,788	814,738	814,808		814,498	814,568	814,628	815,078	814,908	814,768	814,708	814,718	814,688	814,658	814,608	814,568	814,528	814,528	814,548
PQZ 2019	832,176	807,676	807,736	808,046	808,046	807,866	807,916	807,866	807,776		807,316	807,236	807,236	807,676	807,776	807,906	807,976	807,966	807,926	807,896	807,776	807,666	807,556	807,426	806,466
PQZ 2020	885,540	864,880	865,090	866,090	866,570	866,470	866,200	865,880	865,620	865,420	865,100	864,940	865,110	867,510	867,890	869,100	868,680	868,250	868,170	867,760	867,620	865,290	863,000	862,740	864,480
PQZ 2023	807,429	805,999	805,889	805,949	805,929	805,909	805,929	805,919	805,849	805,819	805,789	805,899	806,309	806,259	806,289	806,129	806,049	805,909	805,929	805,869	805,809	805,799	805,739	805,899	805,899
PQZ 2024	807,806	806,076	805,986	806,016	805,976	805,976	805,996	805,966	801,576	805,856	805,856	805,976	806,116	806,296	806,346	806,236	806,126	805,956	806,006	806,006	805,866	805,886	805,816	805,956	
PQZ 2025	807,794	806,094	805,994	806,034	805,974	805,984	806,024	805,994	805,944		805,894	805,994	806,154	806,344	806,354	806,244	806,124	805,974	805,994	805,954	805,894	805,884	805,844	805,974	805,964
PQZ 2026	827,201	819,351	819,551	819,521	819,361	819,191	819,141	819,011	817,731		820,131	809,201	819,121	819,471	819,621	819,311	819,161	819,191	819,031	818,871	818,861	818,701	818,761	818,901	819,271
PQZ 2027	874,557	851,907	851,767	852,027	851,937	851,677	851,687	851,627	851,757	852,057	851,807	851,907	851,907	852,207	852,317	852,037	851,887	852,037	851,907	851,757	851,617	851,407	851,627	851,877	874,557
PQZ 2028	809,914	801,314	801,944	801,794	801,674	801,794	801,814	801,784	801,744	801,794	801,784	801,834	801,744	801,814	801,904	801,764	801,524	801,694	801,694	801,634	801,234	799,204	799,194	799,614	
PQZ 2030	767,351	762,161	762,551	762,221	761,971	761,711	761,541	761,371	761,191		760,861	761,831	762,621	763,261	763,541	762,571	761,951	762,091	761,711	761,511	761,371	761,181	762,611	761,321	761,701
PQZ 2031	745,734	733,794	734,364	733,834	733,774	733,724	732,804	733,594	733,524		733,404	733,444	733,654	733,684	733,844	733,634	733,444	733,234	733,364	733,304	733,264	733,264	733,174	733,164	733,264
PQZ 2035	838,255	806,145	806,135	806,245	806,105	806,245	806,215	806,155	806,135		805,825	805,855	805,855	806,155	806,205	806,455	806,265	806,285	806,375	806,365	806,335	806,285	806,285	806,235	806,265
PQZ 2039	871,216	853,716	854,636	854,186	853,766	853,046	853,516	853,336	853,196	853,056	852,796	853,126	853,556	854,136	854,396	854,206	853,316	853,396	853,096	852,776	852,606	852,736	852,746	852,856	853,226
PQZ 2041	874,635	860,305	859,555	860,905	860,375	858,995	861,465	858,975	858,535	858,235	857,735	858,015	858,335	860,395	860,315	859,385	859,015	858,435	857,895	857,355	857,115	856,795	856,565	856,475	856,605
PQZ 2043	809,469	805,999	806,159	805,999	805,829	805,829	805,479	805,429	805,369		805,269	805,419	805,569	806,199	806,009	805,759	805,369	805,369	805,799	805,679	805,649	805,639	805,579	805,719	805,759
PQZ 2044	774,433	763,173	763,703	763,923	763,263	763,423	762,693	763,023	762,833		762,463	762,483	763,163	764,703	765,103	764,213	763,383	763,243	763,403	763,203	762,963	762,333	762,623	762,703	762,883
PQZ 2045	862,694	851,874	851,084	850,964	851,384	851,274	851,224	851,174	851,274	851,354	851,194	851,374	851,024												
PQZ 2046	861,540	830,460	831,360	830,980	831,050	830,900	830,210	830,080	829,640	829,360	828,910	828,730	828,670	829,100	829,310	829,610	829,600	829,500	829,390	828,940	849,970	828,520	828,180	828,060	827,910
PQZ 2047	903,075	866,675	866,755	866,965	867,265	867,345	867,355	867,305	867,205	867,055	866,745	849,075	866,425	867,115	867,275	867,955	868,005	868,225	868,315	868,415	868,475	868,275	868,025	867,875	867,655
PQZ 2048	892,013	866,363	866,493	866,963	867,393	867,653	867,573	867,283	866,963	866,653	866,233	865,973	865,893	870,313	870,143	871,673	870,183	869,563	869,153	868,723	868,293	867,863	867,463	867,013	866,793
PQZ 2049	888,942	865,582	865,632	865,862	866,492	866,612	866,632	866,472	866,312	866,162	865,722	865,562	865,532			868,722	867,992	867,902	867,842	867,722	867,552	864,542	864,352	864,102	863,902
PQZ 2050	814,929								809,749	809,599	809,999	798,929	810,049	810,199	810,279	810,139	810,129	810,159	810,139	810,079	810,039	809,989	809,999	809,869	
PQZ 2051	814,808								808,638	808,478	788,808	788,808	808,938	809,008	809,218	809,088	809,108	809,128	809,028	809,048	808,988	808,928	808,848	808,768	
PQZ 2052	814,859								810,859	810,509	754,859	810,569	810,619	811,179	811,159	811,389	811,209	811,239	811,279	811,119	811,039	810,979	810,819	810,579	
PQZ 2053	818,650	817,360	817,410	817,460	817,410	817,380	817,370	817,420	817,320	817,270	817,300	817,320	817,450	817,670	817,710	817,450	817,400	817,380	817,560	817,400	817,320	817,240	817,210	817,220	
PQZ 2054	883,694	859,404	858,534	860,014	859,704	858,444	857,664	857,084	856,364		855,294	855,274	856,474	859,224	860,264	858,744	858,004	857,394	856,994	856,214	855,844	855,844	855,544	855,114	855,164
PLUVIOMETRIA		143,90	387,90	130,30	9,60	3,60	25,60	0,10	8,00	8,60	219,10	244,60	425,80	551,40	296,90	5,10	50,10	55,30	0,00	0,00	11,10	28,00	119,40	276,30	381,30

Elaborado por: Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

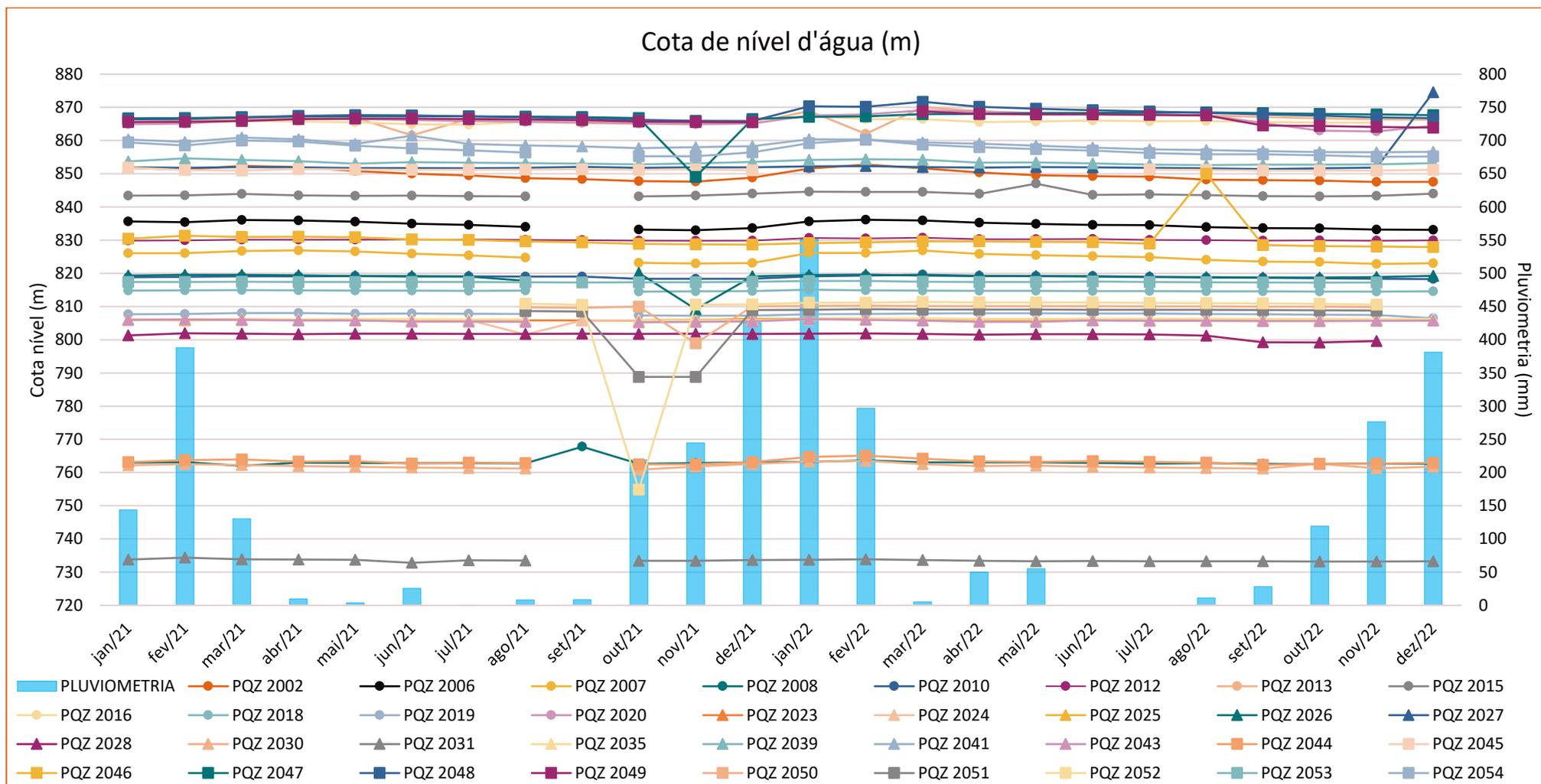


Figura 11-104 - Gráfico de evolução de cota d'água dos pontos analisados de monitoramento piezométrico.

Elaboração: Arcadis, 2023



No geral, as cotas variaram de 732,804 m (Ponto PQZ2031 em junho de 2021) a 874,557 m (Ponto PQZ2027 em dezembro de 2022), onde as menores cotas estão nos pontos PQZ2031, PQZ2030, PQZ2045 e PQZ2008. Já as maiores cotas estão nos pontos PQZ2048, PQZ2013, PQZ2020, PQZ2049, PQZ2047 e PQZ2016. Percebe-se que entre setembro de 2021 e março de 2022 ocorreram oscilações maiores em alguns pontos, assim como em agosto e dezembro de 2022.

Analisando a pluviometria percebe-se que no período chuvoso alguns pontos apresentam um leve aumento na cota d'água, como ocorre, por exemplo, nos pontos PQZ2002, PQZ2006, PQZ2007, PQZ2015, PQZ2016, PQZ2041, PQZ2044 e PQZ2054.

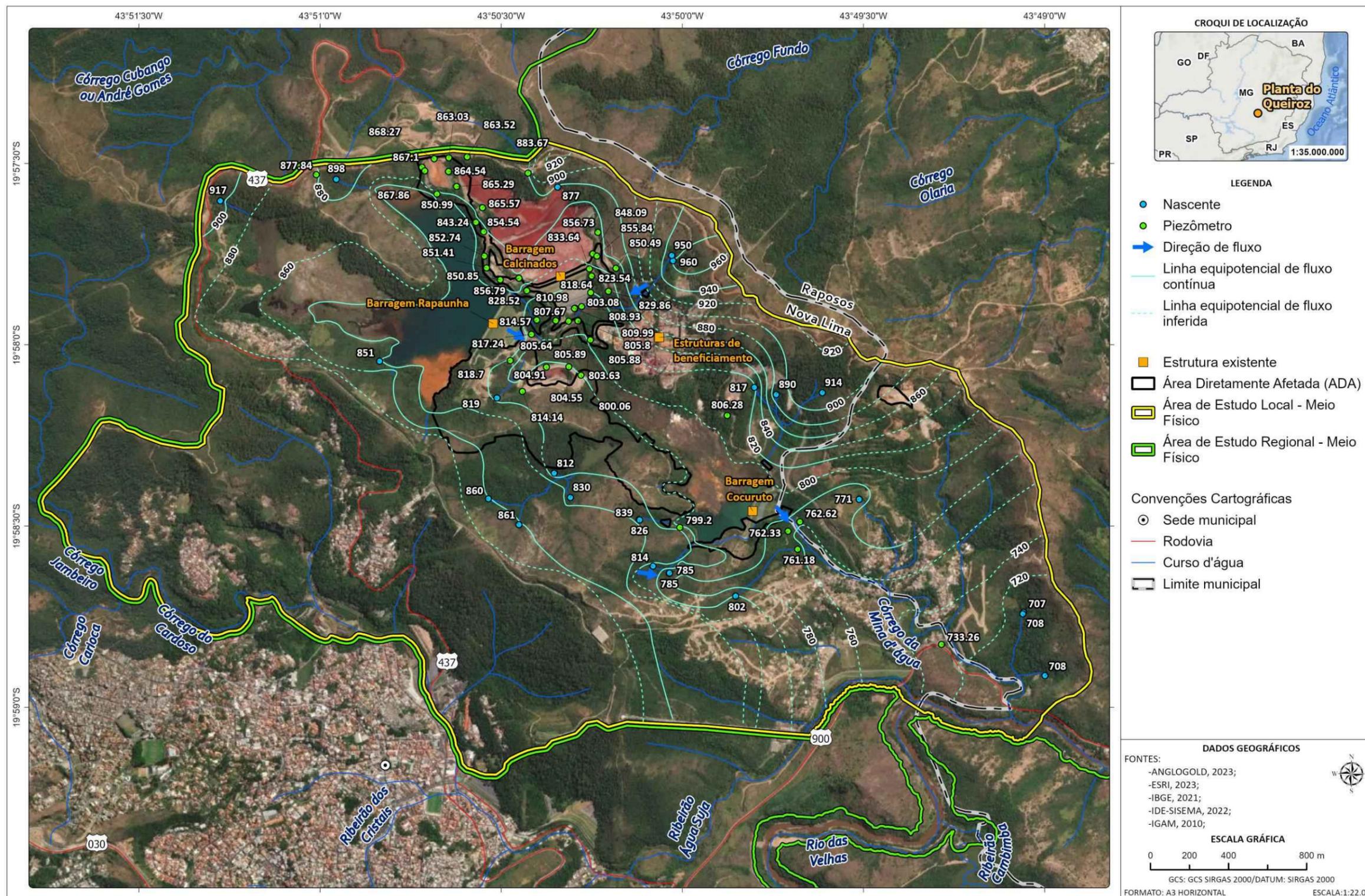
### 11.12.3.3 Potenciometria

O mapa potenciométrico é elaborado a partir da união de linhas equipotenciais e linhas de fluxo. As linhas equipotenciais representam os locais de uma área que apresentam a mesma carga hidráulica, ou seja, mesma cota do nível d'água. A proximidade ou distanciamento das equipotenciais remetem o gradiente hidráulico do aquífero, e podem indicar condições de condutividade hidráulica em sub-superfície. As linhas de fluxo são dispostas de forma perpendicular às equipotenciais, indicando o sentido do escoamento subterrâneo.

O mapa potenciométrico do período seco foi elaborado a partir das cotas das nascentes cadastradas em 2022 pela CLAM Engenharia e atualizadas em 2023 pela equipe AGA, associadas às cotas de nível d'água dos piezômetros analisados no item anterior. Já no mapa para o período chuvoso foram avaliadas somente as cotas de nível d'água piezométricas na ADA e AEL.

O mapa da Figura 11-105 representa a potenciometria para a ADA, AEL e AER referente ao período seco, onde as linhas potenciométricas foram representadas a cada vinte metros, sendo que a maior carga hidráulica da área é de 960m e a menor de 720m. O fluxo d'água subterrâneo possui direções predominantes na vertente leste com sentido de escoamento de ENE para SSW. Já a vertente oeste indicou direção de fluxo preferencial de WNW para Esse. Estas direções coincidem com as vertentes que delimitam a bacia hidrográfica do córrego Mina d'água, sendo que ao aflorar no relevo, a direção da água segue indo em direção SE, sendo a principal direção do córrego Mina d'água.

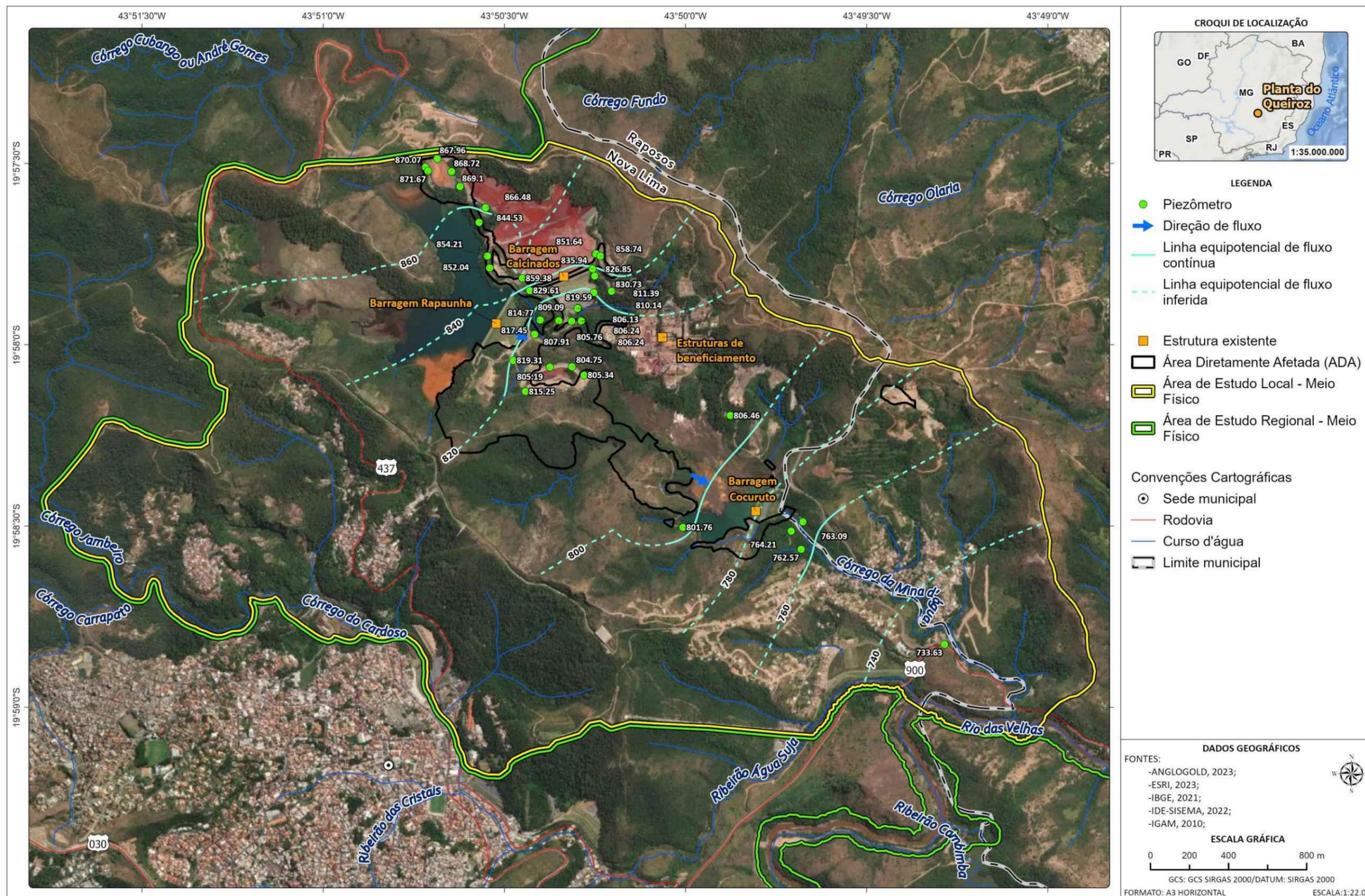
Já o mapa da Figura 11-106 representa a potenciometria para a ADA, AEL e AER referente ao período chuvoso. Cabe ressaltar que para a produção deste mapa potenciométrico, foram utilizados os dados referentes apenas ao nível d'água nos piezômetros, de modo que as direções de fluxo para o período chuvoso apresentam menor resolução quando comparadas às linhas de fluxo do período seco. Assim, as linhas potenciométricas foram representadas a cada vinte metros, sendo que a maior carga hidráulica da área é de 860m e a menor de 740m. O fluxo d'água subterrâneo possui direções predominantes SE, sendo paralelo à direção de fluxo e escoamento das águas superficiais do córrego Mina d'água.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:05/10/2023

Figura 11-105 - Mapa potenciométrico do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz no período seco.

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IGAM, 2010.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:29/09/2023

Figura 11-106 - Mapa potenciométrico do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz período chuvoso.

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IGAM, 2010.



#### 11.12.4 Usos de água subterrânea

Os usos das águas subterrâneas foram verificados com base em dados de outorgas e usos insignificantes disponibilizados pelo IGAM através do portal IDE-Sisema.

Conforme dados avaliados, não existem usuários com outorgas e usos insignificantes inseridos dentro da área da ADA, AEL e AER. Porém próximos à área existem 11 usuários de águas subterrâneas sendo, do total, 7 registros para outorgas e 4 para usos insignificantes. Na Tabela 11-36 são sistematizadas informações acerca dos usos insignificantes e outorgas dos usos levantados próximos à área, e a Figura 11-107 demonstra sua localização.

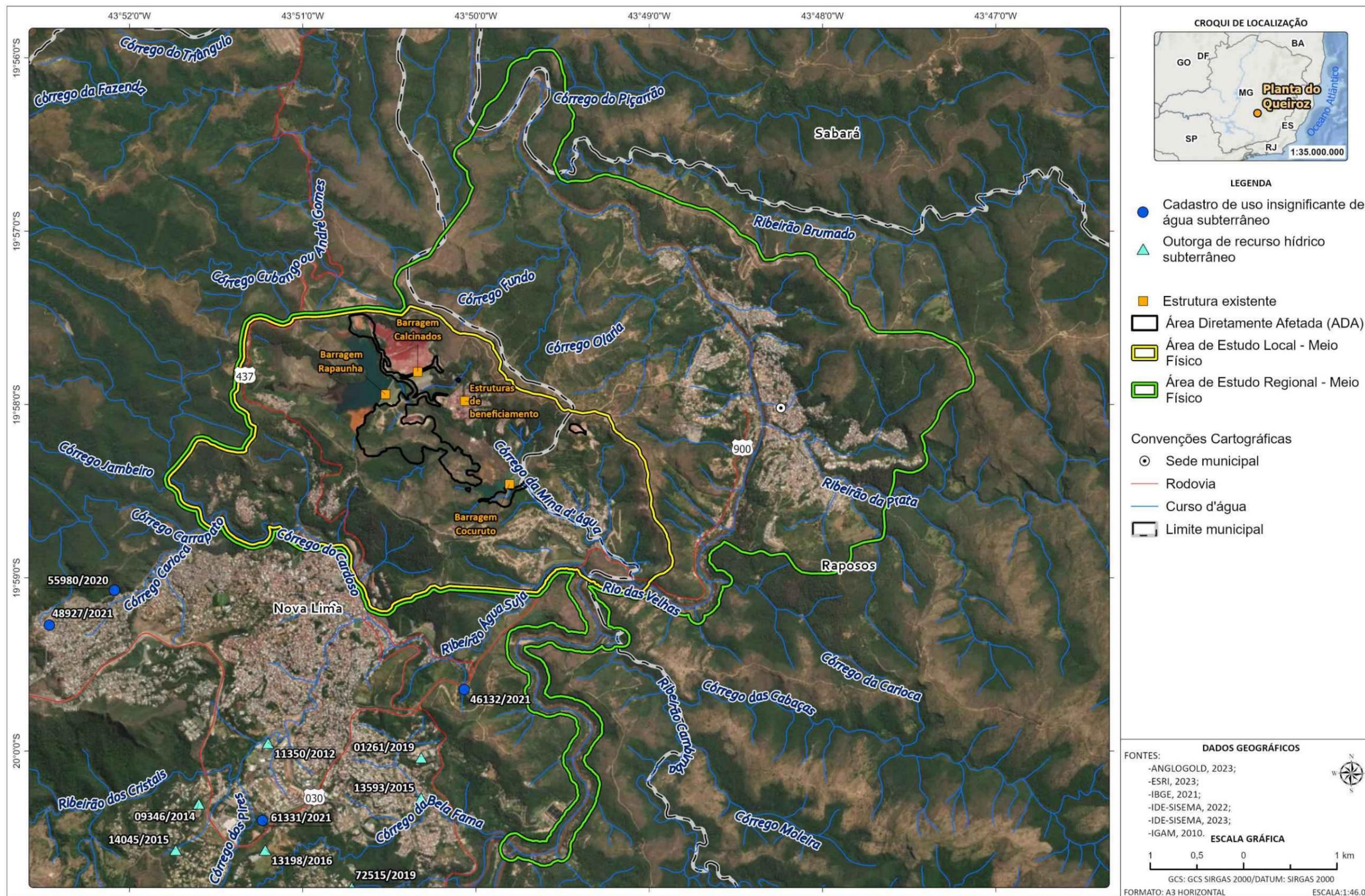
De forma geral, foram identificadas nove finalidades de uso dos recursos hídricos próximo da área de estudo, sendo elas: Abastecimento público, Aquicultura, Aspersão de vias, Consumo humano, Consumo industrial, Dessedentação de animais, Irrigação, Lavador de rodas (Lavagem de veículos) e Lavagem de veículos. Alguns registros não apresentavam finalidade cadastrada no banco de dados, sendo tratados pela denominação “Sem Informação”.

No que se refere às vazões demandadas, foi verificado que os cadastros de usos insignificantes apresentam vazão total captada de 3,45 m<sup>3</sup>/h, enquanto outorgas apresentam um total de 79,16 m<sup>3</sup>/h. De forma geral, o total de água demandado conforme os registros é de 82,61 m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 11-36 - Outorga e uso insignificante dos recursos hídricos subterrâneos próximo a área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.**

Código	Tipo	Modo de Uso	Finalidade de Uso	vazão (m³/h)
46132/2021	Uso Insignificante	Captação De Água Em Surgência (Nascente)	Sem informação	1,00
61331/2021	Uso Insignificante	Captação De Água Em Surgência (Nascente)	Consumo humano, Dessedentação de animais e Irrigação	0,90
48927/2021	Uso Insignificante	Captação De Água Subterrânea Por Meio De Poço Manual (Cisterna)	Irrigação	1,25
55980/2020	Uso Insignificante	Captação De Água Em Surgência (Nascente)	Consumo humano e Dessedentação de animais	0,30
13593/2015	Outorga	Poço Tubular	Consumo humano, Aspersão de vias, Consumo humano, Consumo humano	16,00
72515/2019	Outorga	Poço Tubular	Irrigação, Consumo humano, Paisagismo, Irrigação	3,00
01261/2019	Outorga	Poço Tubular	Irrigação, Consumo industrial, Limpeza de instalações, Aqüicultura	8,00
13198/2016	Outorga	Poço Tubular	Consumo humano, Lavagem de veículos, Fornecimento de água, Lavador de rodas (Lavagem de veículos)	7,00
11350/2012	Outorga	Poço Tubular	Consumo humano, Consumo humano, Irrigação, Lavador de rodas (Lavagem de veículos)	17,00
09346/2014	Outorga	Poço Tubular	Abastecimento público, Consumo humano, Dessedentação de animais, Lavador de rodas (Lavagem de veículos)	11,74
14045/2015	Outorga	Poço Tubular	Abastecimento público, Consumo humano, Dessedentação de animais, Lavador de rodas (Lavagem de veículos)	16,42

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: IDE Sisema, 2023.



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-107 - Mapa de localização dos pontos de outorgas e usos insignificantes dos recursos hídricos subterrâneos.

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2020; IBGE, 2019.



### 11.12.5 Síntese conclusiva

Para o entendimento do comportamento do fluxo da água subterrânea na região do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, composto pela Nova Pilha de Rejeitos Desaguados H2 (PDR H2) e Intervenções Emergenciais da Planta do Queiroz foram abordados: modelo conceitual, inventário de nascentes, piezometria, potenciometria e uso de água subterrânea.

Para caracterização foi utilizado o modelo hidrogeológico conceitual, que consiste no conhecimento das unidades hidrogeológicas, com a representação das condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas desde a infiltração de água no solo até a descarga em surgências e demais estruturas. Segundo estudos da Golder (2016) e Water Services (2023), existem três unidades aquíferas que puderam ser individualizadas na AER: Aquíferos Inconsolidados; Aquíferos em Xistos; e, Rochas Intrusivas, já na ADA e AEL foram identificadas duas unidades aquíferas, sendo o Aquíferos em Xistos e Rochas Intrusivas, que também estão presentes na AER.

Na área de estudos local (AEL e ADA) foram identificadas nascentes em estudo realizado pela CLAM em maio de 2022, período de estiagem, onde foi feito o cadastramento e/ou recadastramento de nascentes nas adjacências das Barragens de Rapaunha, Calcinados e Cocuruto na Planta do Queiroz, no município de Nova Lima, Minas Gerais. Foram registrados 55 pontos, sendo 26 identificados como nascentes perenes, 14 drenagens secas e 15 pontos de controle, onde foram executadas medições dos parâmetros físico-químicos (pH, eH/potencial redox, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, temperatura do ar, turbidez e as descargas líquidas) *in situ*.

Foi identificado o monitoramento piezométrico realizado pela AngloGold Ashanti que disponibilizou as séries históricas das cotas de nível d'água dos piezômetros, sendo utilizados os dados dos anos de 2021 e 2022 de 35 pontos com monitoramento ativo, todos inseridos na ADA e AEL. No geral, as cotas variaram de 732,804 m (Ponto PQZ2031 em junho de 2021) a 874,557 m (Ponto PQZ2027 em dezembro de 2022), onde as menores cotas estão nos pontos PQZ2031, PQZ2030, PQZ2045 e PQZ2008. Já as maiores cotas estão nos pontos PQZ2048, PQZ2013, PQZ2020, PQZ2049, PQZ2047 e PQZ2016.

Utilizando os dados disponíveis de cotas de nascentes e piezométricas foi elaborado o mapa potenciométrico, no período seco, identificando-se que a maior carga hidráulica da área é de 960m e a menor de 720m, com fluxo d'água com direções predominantes na vertente leste de ENE para SSW, já a vertente oeste indicou direções de fluxo de WNW para ESSE, sendo que estas direções coincidem com as vertentes que delimitam a bacia hidrográfica do córrego Mina d'água, cujo fluxo superficial segue em direção SE. Já para o período chuvoso, a maior carga hidráulica é de 860m e a menor de 740m, e o fluxo d'água subterrâneo possui direções predominantes SE, paralelas à direção de fluxo superficial do córrego Mina d'água.



Avaliando-se os usos da água subterrânea, não existem usuários com outorgas e usos insignificantes dentro da área da ADA, AEL e AER, porém próximos à área existem 11 usuários de águas subterrâneas, sendo que destes; 7 registros são outorgas e 4 são de usos insignificantes. Para tais usuários foram identificadas nove finalidades de usos, sendo elas: Abastecimento público, Aquicultura, Aspersão de vias, Consumo humano, Consumo industrial, Dessedentação de animais, Irrigação, Lavador de rodas (Lavagem de veículos) e Lavagem de veículos. No que se refere às vazões demandadas, foi verificado que os cadastros de usos insignificantes apresentam vazão total captada de 3,45 m<sup>3</sup>/h, enquanto outorgas apresentam um total de 79,16 m<sup>3</sup>/h. De forma geral, o total de água demandado conforme os registros é de 82,61 m<sup>3</sup>/h.

## 11.13 Qualidade das Águas Subterrâneas

Neste item será apresentada uma avaliação das variáveis físicas e químicas, referentes à uma malha de pontos de amostragem de águas subterrâneas distribuídos sob a área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz na Planta Industrial do Queiroz.

Em geral, a qualidade da água subterrânea pode ser influenciada por vários processos, dentre os quais destacam-se: processos naturais, como velocidade da água no aquífero, qualidade da recarga, interação com solos e rochas, interação com outros tipos de aquíferos e atividades antropogênicas, incluindo agricultura, indústria e desenvolvimento urbano. O diagnóstico da qualidade da água subterrânea é fundamental para o conhecimento da hidrogeoquímica e da condição de qualidade da água. Considerando que a água subterrânea, em geral, se apresenta em condições adequadas para o uso “in natura”, necessitando apenas de simples desinfecção, e que de acordo com a legislação, o uso prioritário da água é o abastecimento humano, é fundamental a proteção e controle da qualidade da água subterrânea.

### 11.13.1 Metodologia

O diagnóstico ambiental para água subterrânea tem como objetivo avaliar a qualidade dessas águas nas áreas de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz na Planta Industrial do Queiroz. Para tal, foram avaliados os resultados da série histórica dos últimos dois anos (janeiro/2021 a dezembro/2022) do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, executado pela AngloGold Ashanti, além dos dados de água subterrânea obtidos no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. Vale ressaltar que foram selecionados os pontos localizados na Área de Estudo Local (AEL).

As Tabela 11-37 e Tabela 11-38 apresenta a relação dos pontos de monitoramento analisados, as coordenadas e as estruturas associadas. O mapa da Figura 11-108 ilustra a distribuição dos pontos de monitoramentos na área de estudo.

**Tabela 11-37 - Pontos de Água Subterrânea analisados no âmbito do PAEBM**

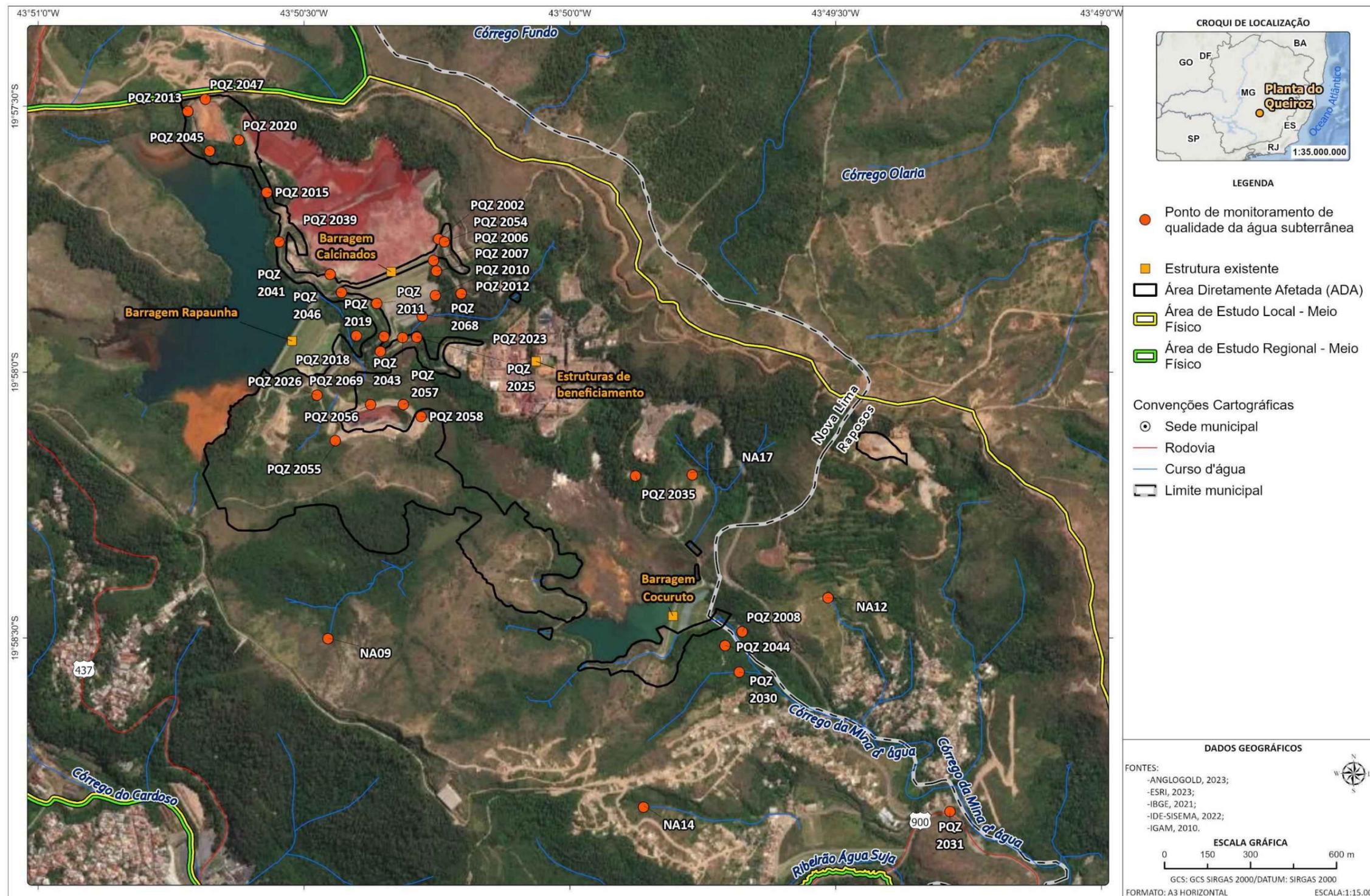
Ponto	UTM E (m)	UTM N (m)	AE
PQZ 2068	621588,73	7791980,04	AEL
PQZ 2069	621450,82	7791858,22	AEL
NA17	622471,36	7791422,89	AEL

Ponto	UTM E (m)	UTM N (m)	AE
NA14	622303,00	7790272,00	AEL
NA09	621272,00	7790864,00	AEL
NA12	622913,00	7790993,00	AEL

Elaborado por Arcadis, 2023.

**Tabela 11-38 - Pontos de Água Subterrânea analisados no âmbito do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas**

Ponto	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	AE
PQZ 2002	621644,00	7792248,00	870	40	AEL
PQZ 2006	621627,00	7792173,00	863	45	AEL
PQZ 2007	621637,00	7792136,00	856	57	AEL
PQZ 2008	622631,00	7790878,00	768	-	AEL
PQZ 2010	621632,00	7792052,00	839	29	AEL
PQZ 2011	621440,00	7792026,00		35	AEL
PQZ 2012	621717,00	7792057,00	854	24	AEL
PQZ 2013	620825,00	7792696,00	892	46	ADA
PQZ 2015	621082,00	7792413,00	874	53	ADA
PQZ 2018	621372,00	7791913,00	852	58	AEL
PQZ 2019	621463,00	7791910,00	832	51	ADA
PQZ 2020	620991,00	7792595,00	886	40	ADA
PQZ 2023	621569,00	7791910,00	807	36	ADA
PQZ 2025	621570,00	7791907,00	808	7	ADA
PQZ 2026	621242,00	7791709,00	827	18	ADA
PQZ 2030	622620,00	7790738,00	767	-	AEL
PQZ 2031	623308,00	7790250,00	746	-	AEL
PQZ 2035	622285,00	7791421,00	838	-	AEL
PQZ 2039	621121,00	7792241,00	871	35	ADA
PQZ 2041	621288,00	7792127,00	875	42	AEL
PQZ 2043	621524,00	7791906,00	809	19	ADA
PQZ 2044	622574,00	7790831,00	774	-	AEL
PQZ 2045	620896,00	7792558,00	863	30	ADA
PQZ 2046	621324,00	7792064,00	862	57	ADA
PQZ 2047	620883,00	7792738,00	903	46	ADA
PQZ 2054	621664,00	7792237,00	884	61	ADA
PQZ 2055	621300,00	7791550,00	827	23	ADA
PQZ 2056	621417,00	7791674,00	819	21	AEL
PQZ 2057	621524,00	7791674,00	818	22	AEL
PQZ 2058	621583,00	7791632,00	814	20	ADA



C:\Users\leonardo.fernandes\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:leonardo.fernandes Em:28/09/2023

Figura 11-108 - Localização dos pontos de monitoramento analisados de água subterrânea

Elaborado por Arcadis, 2023.



Os resultados obtidos no monitoramento foram comparados com os limites de referência estabelecidos, no âmbito Estadual, pela Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, que trata dos padrões de referência para solos e água subterrânea. No âmbito Federal, a legislação utilizada como referencial foi a Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. As referidas legislações não fazem distinção quanto à fração dissolvida e total, por esta razão, adotou-se no presente relatório o mesmo limite para ambas as frações.

Cabe salientar que, de acordo com os relatórios de monitoramento disponibilizados pela AngloGold Ashanti, não é realizada a exploração das águas subterrâneas, portanto a água não é utilizada na Planta do Queiroz ou em outras unidades. Ainda de acordo com os relatórios, as comunidades vizinhas, no que diz respeito à distribuição de água, são plenamente atendidas pela COPASA, frente a isso e, com o intuito de manter uma avaliação conservadora da qualidade das águas subterrâneas, a AngloGold Ashanti optou pela comparação dos resultados hidroquímicos aos limites de recreação presentes na Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008, conforme apresentado a seguir na Tabela 11-39.

A qualidade da água subterrânea na área de influência dos aterros de resíduos industriais e barragens é monitorada mensalmente através de uma série de poços subterrâneos que fazem parte do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas. Para estes pontos, foram selecionados os seguintes parâmetros para compor o presente diagnóstico: pH, Arsênio total e Cobre Dissolvido.

Já os pontos NA09, NA12, NA14, NA17, PQZ2068 e PQZ2069, que foram monitorados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto, possuem periodicidade semestral, cujas campanhas ocorreram em setembro de 2021, abril de 2022 e setembro de 2022. Para estes pontos, foram selecionados alguns parâmetros de interesse para compor o presente diagnóstico: Alumínio Dissolvido, Arsênio Total, Chumbo Total, Cianeto Total, Cobre Dissolvido, Ferro Dissolvido e Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos dissolvidos totais, Sulfato Total, Turbidez e Zinco Total.

**Tabela 11-39 - Valores de referência para os parâmetros analisados.**

Parâmetro	Unidade	COPAM/2011 - PORTARIA 166/2010	CONAMA 396/2008 - RECREACAO
Alumínio Dissolvido	mg/l	3,5	0,2
Arsênio Total	mg/l	0,01	0,05
Chumbo Total	mg/l	0,01	0,05
Cianeto Total	mg/l	-	0,1
Cobre Dissolvido	mg/l	2	1
Ferro Dissolvido	mg/l	2,45	0,3
Ferro Total	mg/l	2,45	0,3
Manganês Total	mg/l	0,4	0,1
Mercúrio Total	mg/l	0,001	0,001
Níquel Total	mg/l	0,07	0,1

Parâmetro	Unidade	COPAM/2011 - PORTARIA 166/2010	CONAMA 396/2008 - RECREACAO
Oxigênio Dissolvido	mg/l	-	-
pH	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	-	-
Sulfato Total	mg/l	-	400
Turbidez	NTU	-	-
Zinco Total	mg/l	1,05	5

*Elaborado por Arcadis, 2023.*

### 11.13.2 Resultados

Nesse tópico serão apresentados e discutidos os dados de qualidade da água subterrânea, analisados no contexto da área de estudo local no Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.

A avaliação da série histórica dos resultados de água subterrânea contemplou o período de janeiro/2021 a dezembro/2022, com monitoramentos mensais nos pontos que compõem o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, executado pela AngloGold Ashanti, e nos pontos de monitoramento trimestral realizados nos meses de setembro/21, abril/22 e setembro/22 no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

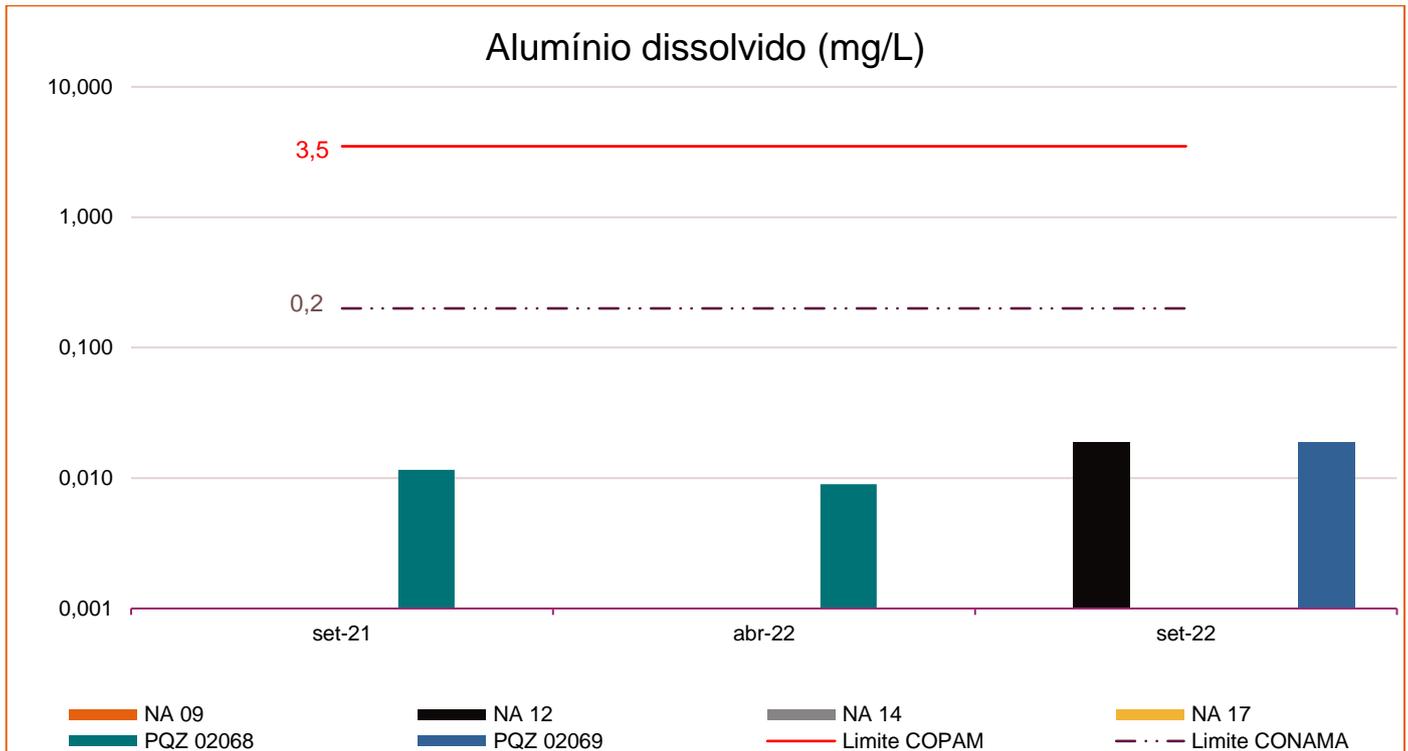
Salienta-se que os valores abaixo dos limites de quantificação (LQ) do laboratório não foram representados nos gráficos, uma vez que não se sabe ao certo os valores reais destas amostras.

#### 11.13.2.1 Metais, semimetais e íons metálicos

A concentração de alumínio na água pode sofrer influência dos parâmetros pH, temperatura, presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. As concentrações em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas ácidas, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L (CETESB, 2022).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 3,5 mg/L para Alumínio em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,2 mg/L para o Alumínio em águas subterrâneas para recreação.

Conforme apresentado na figura a seguir, os resultados de Al dissolvido, para os pontos considerados, estão inferiores ao VMP para COPAM 166/2011 e CONAMA 396/2008, tanto em pontos à montante quanto à jusante das estruturas do empreendimento. Observa-se que a maior parte dos resultados esteve abaixo do limite de quantificação.



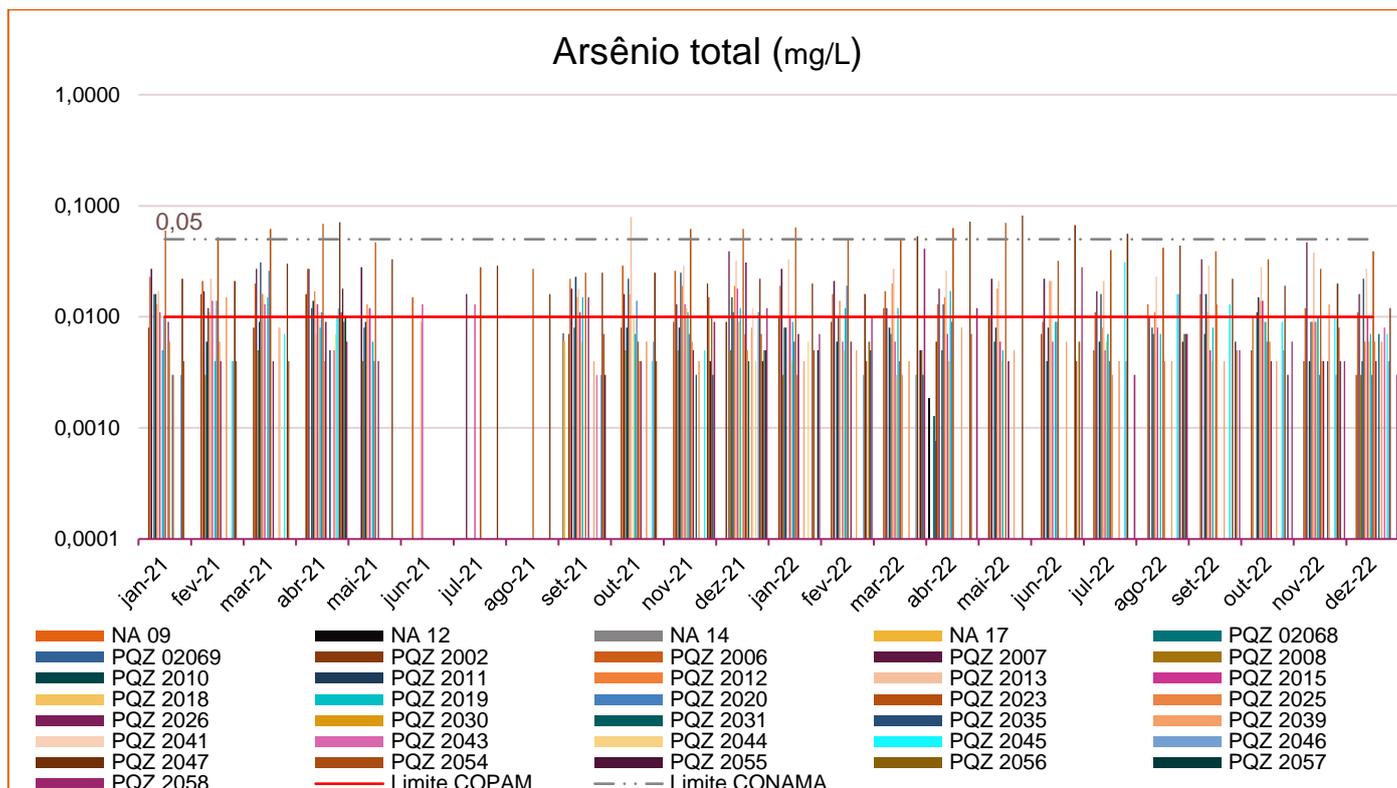
**Figura 11-109 - Gráfico de resultados de Alumínio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

O Arsênio é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/kg, principalmente como complexos de sulfatos e óxidos. Em corpos d'água o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Sua desorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio. Em ambientes reduzidos, e presença de oxihidróxidos de ferro e manganês dissolvidos o arsênio é liberado para a água subterrânea. (CETESB, 2022). O Arsênio Total é monitorado nos pontos que compõem o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e nos pontos monitorados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 0,01 mg/L para Arsênio em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,05 mg/L para o As em águas subterrâneas para recreação. Ressalta-se que muitos resultados estiveram abaixo do limite de quantificação.

Como pode ser observado na figura a seguir, a maioria dos resultados de Arsênio Total se apresentou acima do VMP para a DN COPAM nº 166/2011, tanto em pontos à montante quanto à jusante das estruturas do empreendimento. Quando comparados ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, observa-se que poucos resultados apresentaram desvios.

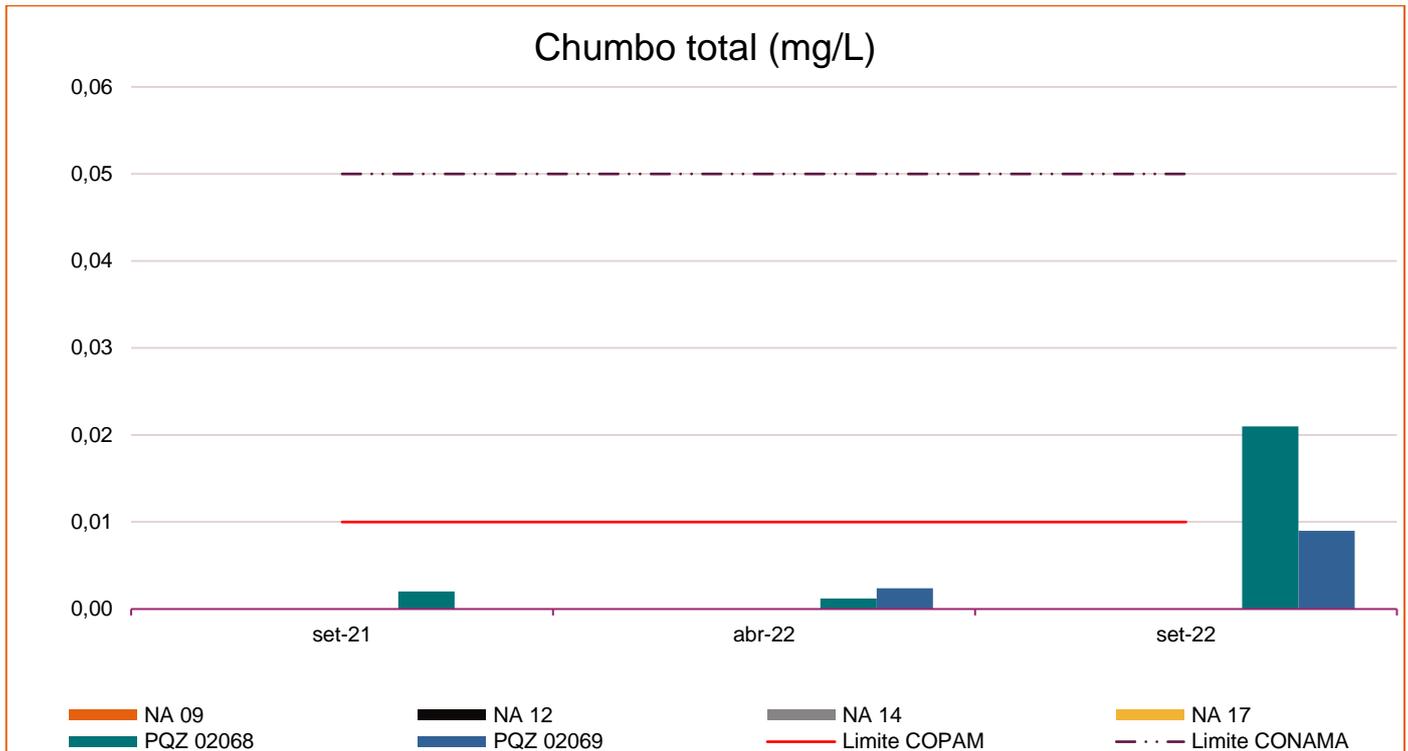


**Figura 11-110 - Gráfico de resultados de Arsênio Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

A presença do Chumbo (Pb) na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (CETESB, 2022). A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 0,01 mg/L para Chumbo em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,05 mg/L para o Pb em águas subterrâneas para recreação.

Como pode ser observado na figura a seguir, os resultados obtidos para o parâmetro Chumbo total, nos pontos analisados, foram inferiores ao VMP para ambas as legislações, com exceção do ponto PQZ2058, cujo valor foi ultrapassado uma única vez, em setembro de 2022. Ressalta-se que a maioria dos resultados esteve abaixo do limite de quantificação do método analítico.



**Figura 11-111 - Gráfico de resultados de Chumbo Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

O cianeto pode ser encontrado naturalmente em baixas concentrações no solo, água e vegetais. As principais fontes de emissão antropogênica são mineração, indústrias químicas, de processamento de metais e exaustão veicular (CETESB, 2017). É considerado um parâmetro de interesse para o empreendimento, uma vez que o beneficiamento do ouro ocorre pelo processo de lixiviação com o cianeto, além de ser considerado tóxico.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 não estabelece o valor máximo permitido (VMP) para Cianeto em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,1 mg/L para o Cianeto em águas subterrâneas para recreação. Todos os resultados obtidos estiveram em acordo com as legislações consideradas neste estudo e a maioria não foi quantificável pelos métodos analíticos.

Outro parâmetro de interesse deste estudo por ser considerado altamente tóxico, é o Mercúrio, que está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea, onde as concentrações geralmente estão abaixo de 0,5 µg/L, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea. Entre as fontes antropogênicas destacam-se vários processos de mineração e fundição (CETESB., 2022).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 e CONAMA nº396/2008 (recreação) estabelecem o valor máximo permitido (VMP) de 0,001 mg/L para Mercúrio em águas subterrâneas. Todos os resultados obtidos nos pontos considerados estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório em todas as campanhas de monitoramento, portanto, em acordo com as legislações.

O cobre geralmente ocorre em águas naturais em baixas concentrações, uma vez que possui baixa solubilidade e elevada persistência na água. Maiores concentrações desse elemento ocorrem em águas que percolam jazidas de cobre (Feitosa, *et al.* 2008). As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2017).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 2 mg/L para Cobre em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 1 mg/L para o Cobre em águas subterrâneas para recreação. Ressalta-se que a maioria dos resultados está inferior ao limite de quantificação (LQ) do método de análise laboratorial. Como pode ser observado na figura a seguir, não houve resultado em desacordo com a legislação, ou seja, todos os resultados, para esse parâmetro, foram inferiores ao VMP para ambas as legislações nos pontos que compõem o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e nos pontos monitorados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

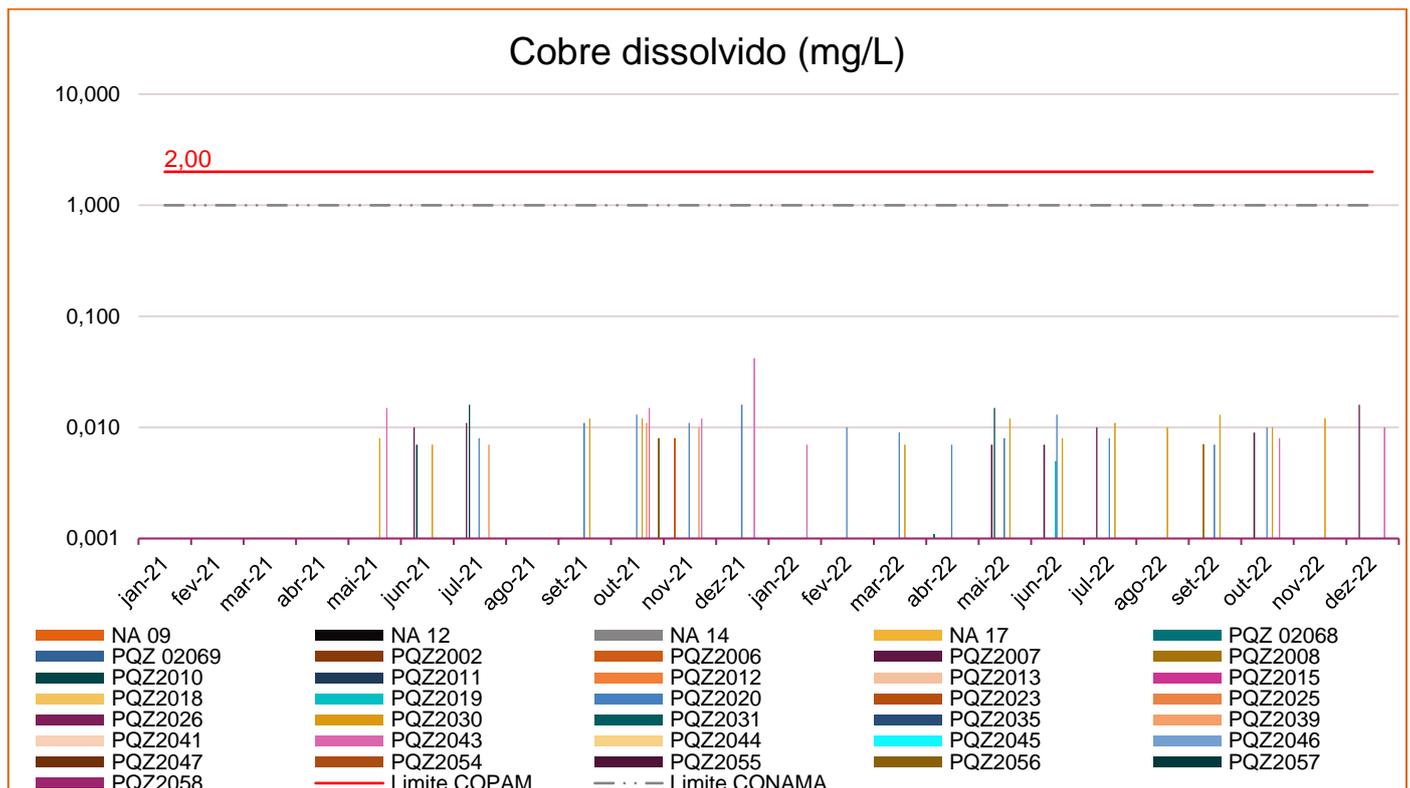


Figura 11-112 - Gráfico de resultados de Cobre Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

Os parâmetros ferro e manganês demonstram uma afinidade geoquímica relevante, sendo normalmente encontrados em conjunto. Segundo a CETESB (2022), o ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas, já que altera cor e sabor da água, além de problemas de incrustações em canalizações e de ferro-bactérias. O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido a dissolução do minério pelo gás carbônico da água, sua origem natural está relacionada à dissolução de compostos do solo e rochas, o que ocorre de forma marcante no Quadrilátero Ferrífero. Os parâmetros Ferro Dissolvido, Ferro Total e Manganês Total fazem parte da lista de parâmetros monitorados trimestralmente no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 2,45 mg/L para Ferro em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,3 mg/L para o Ferro em águas subterrâneas para recreação.

Analisando os dados obtidos para o parâmetro Ferro total, apresentados na figura a seguir, observa-se que, considerando a DN COPAM 166/2011, a maioria dos resultados esteve inferior ao valor máximo permitido. Com relação ao VMP mais restritivo estabelecido pela Resolução CONAMA nº396/2008, quase todos os pontos ultrapassaram o limite máximo em pelo menos uma campanha de monitoramento.

Com relação às concentrações de Ferro Dissolvido, todas se apresentaram inferiores aos limites estabelecidos pela DN COPAM 166/2011 e pela Resolução CONAMA 396/2008, conforme figura a seguir.

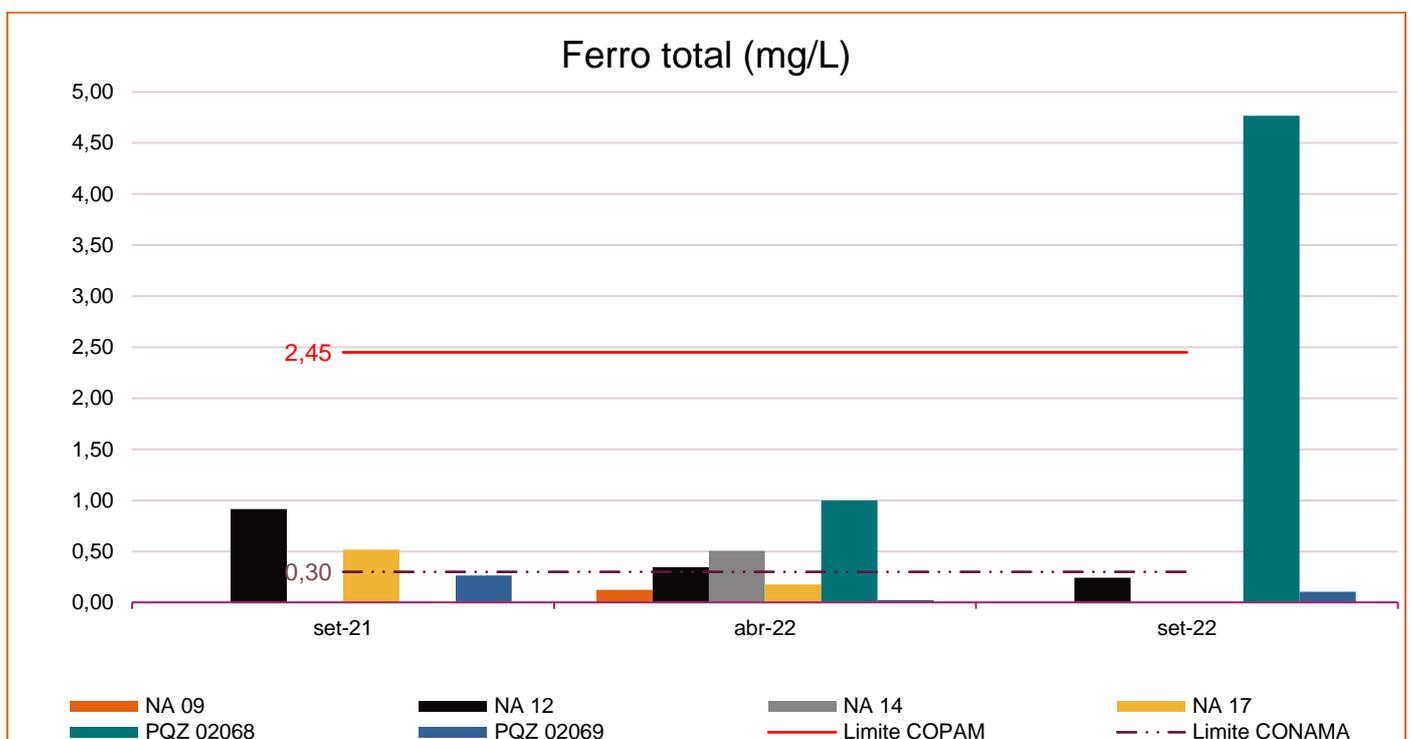
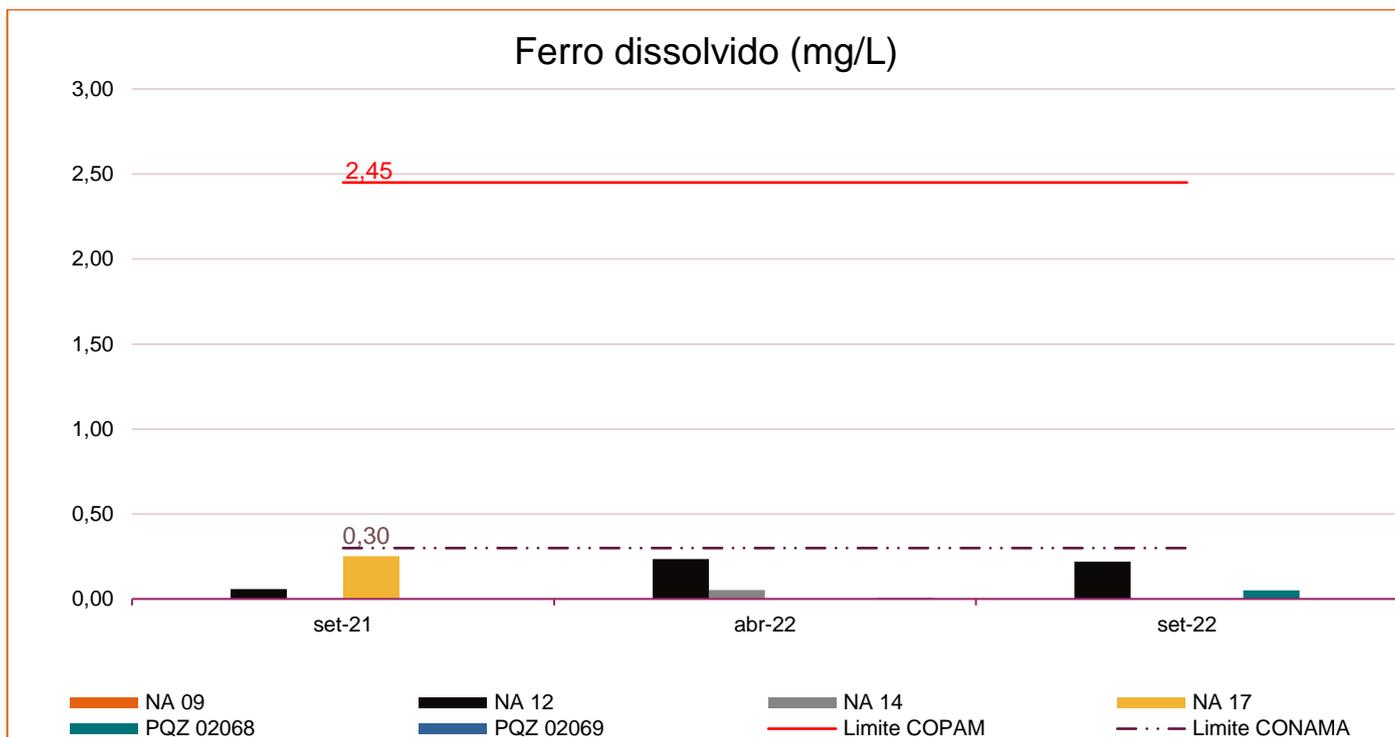


Figura 11-113 - Gráfico de resultados de Ferro Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

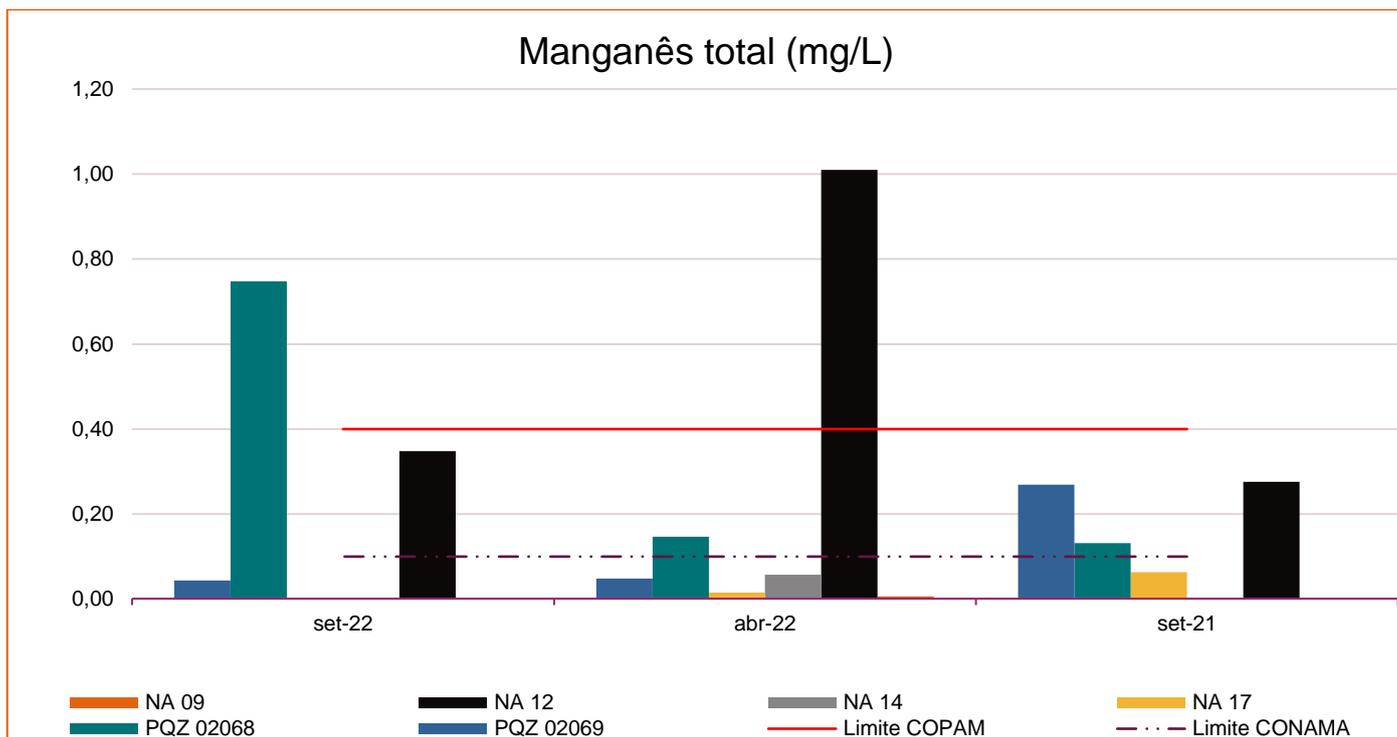


**Figura 11-114 - Gráfico de resultados de Ferro Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

Os parâmetros químicos ferro e manganês demonstram uma afinidade geoquímica relevante, sendo normalmente encontrados em conjunto. Segundo CETESB (2022), o Manganês (Mn) ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea. Sua origem natural está relacionada à dissolução de compostos do solo e rochas, o que ocorre de forma marcante no Quadrilátero Ferrífero. Vale ressaltar que as atividades de mineração contribuem para que esses metais fiquem disponíveis em maiores concentrações (OLIVEIRA et al., 1979).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 0,4 mg/L para Manganês em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,1 mg/L para o Manganês em águas subterrâneas para recreação. Como pode ser observado na figura a seguir a maioria dos resultados de Manganês total, para os pontos considerados, esteve inferior ao valor máximo permitido pela DN COPAM 166/2011. Com relação ao VMP mais restritivo estabelecido pela Resolução CONAMA nº396/2008, quase todos os pontos ultrapassaram o limite máximo em pelo menos uma campanha de monitoramento.



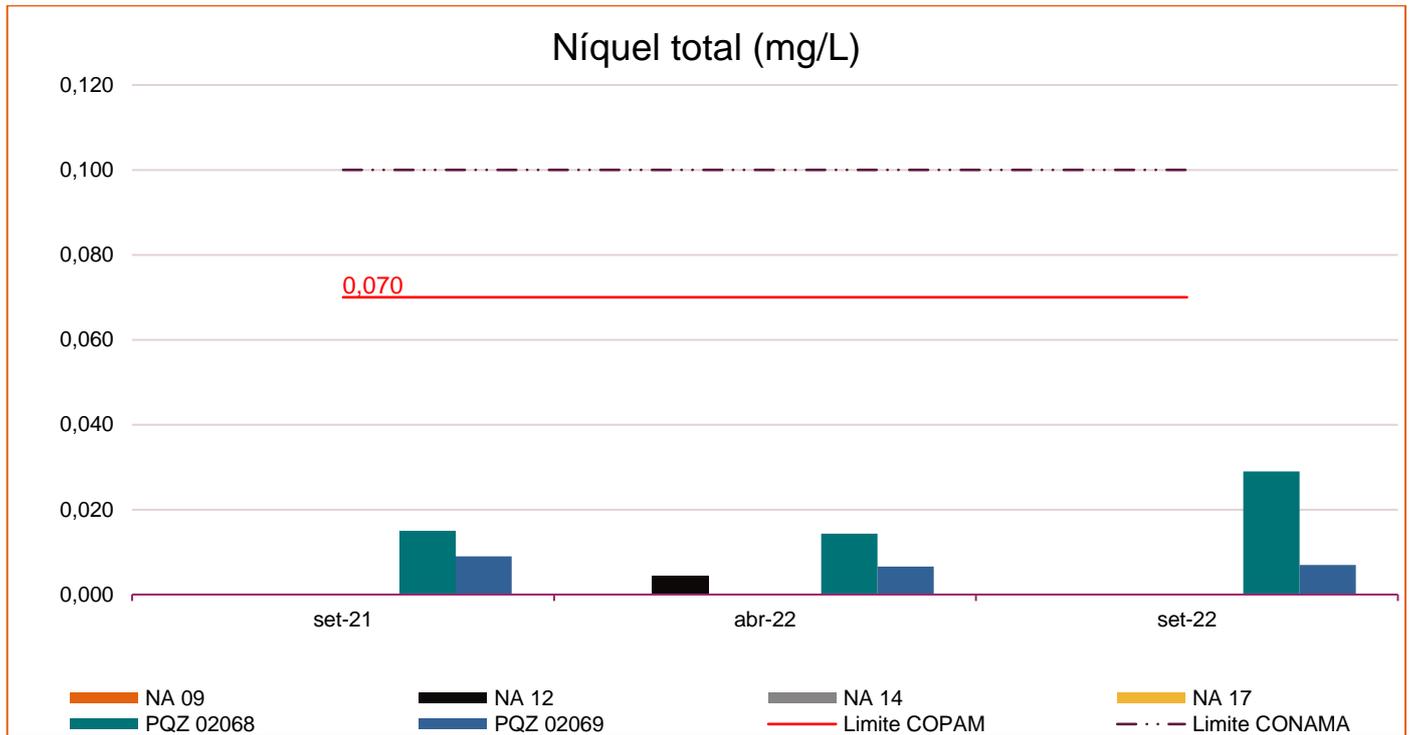
**Figura 11-115 - Gráfico de resultados de Manganês Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

Segundo CETESB (2022) a maior contribuição antropogênica do níquel para o meio ambiente ocorre na queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, entre outros. O Níquel é monitorado trimestralmente no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 0,07 mg/L para Níquel em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 0,1 mg/L para o Níquel em águas subterrâneas para recreação.

Como pode ser observado na figura a seguir, os resultados de Níquel total, para os pontos considerados, estão abaixo do VMP para COPAM 166/2011 e CONAMA 396/2008. Ressalta-se que grande parte dos resultados esteve abaixo do limite de quantificação.

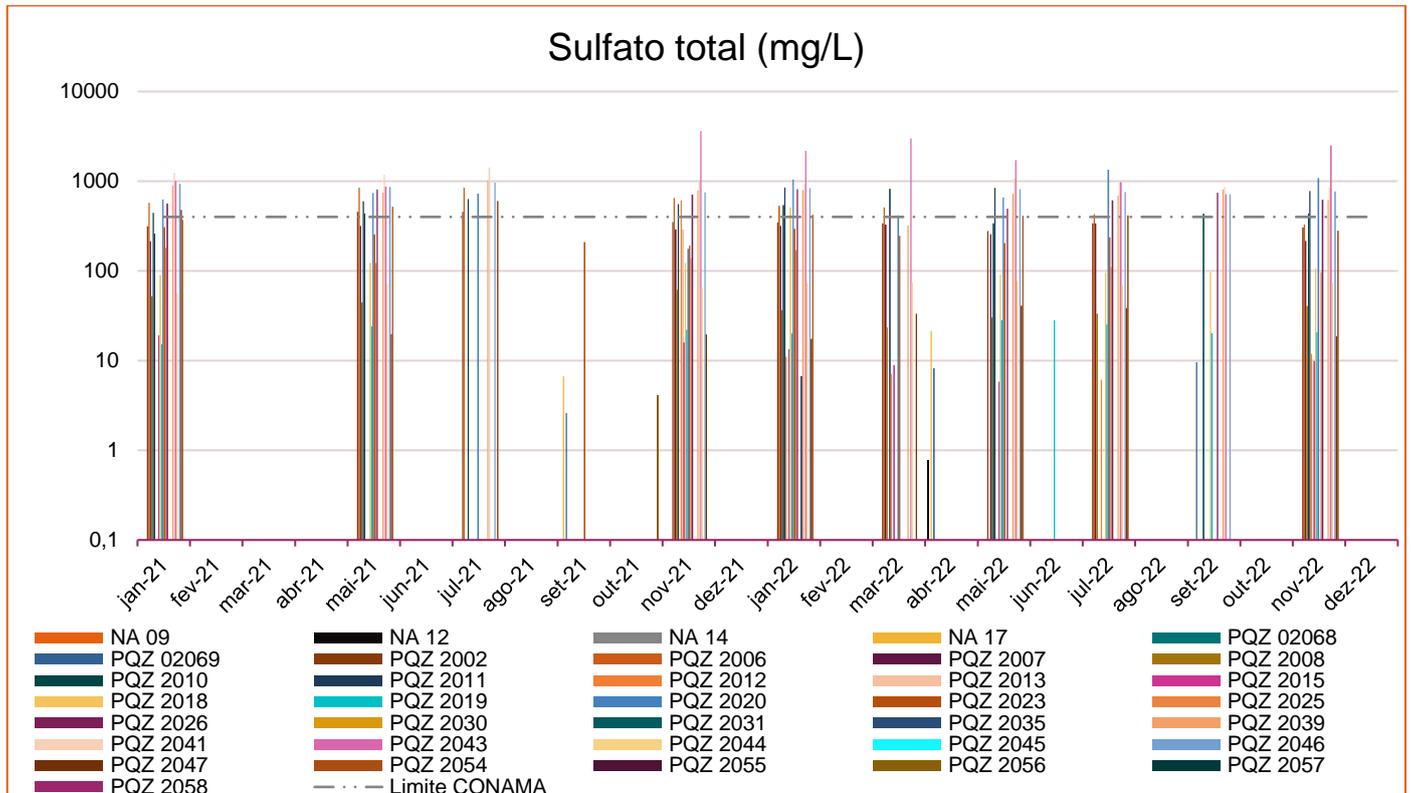


**Figura 11-116 - Gráfico de resultados de Níquel Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza e origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita) (Feitosa, *et al.* 2008).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 não estabelece o valor máximo permitido (VMP) para Sulfato em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 400 mg/L para o Sulfato total em águas subterrâneas para recreação. Como pode ser observado na figura a seguir, alguns resultados apresentaram desvios, mas a maioria ainda se manteve em acordo com a legislação nos pontos que compõem o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e nos pontos monitorados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto, tanto em pontos à montante quanto à jusante das estruturas do empreendimento.



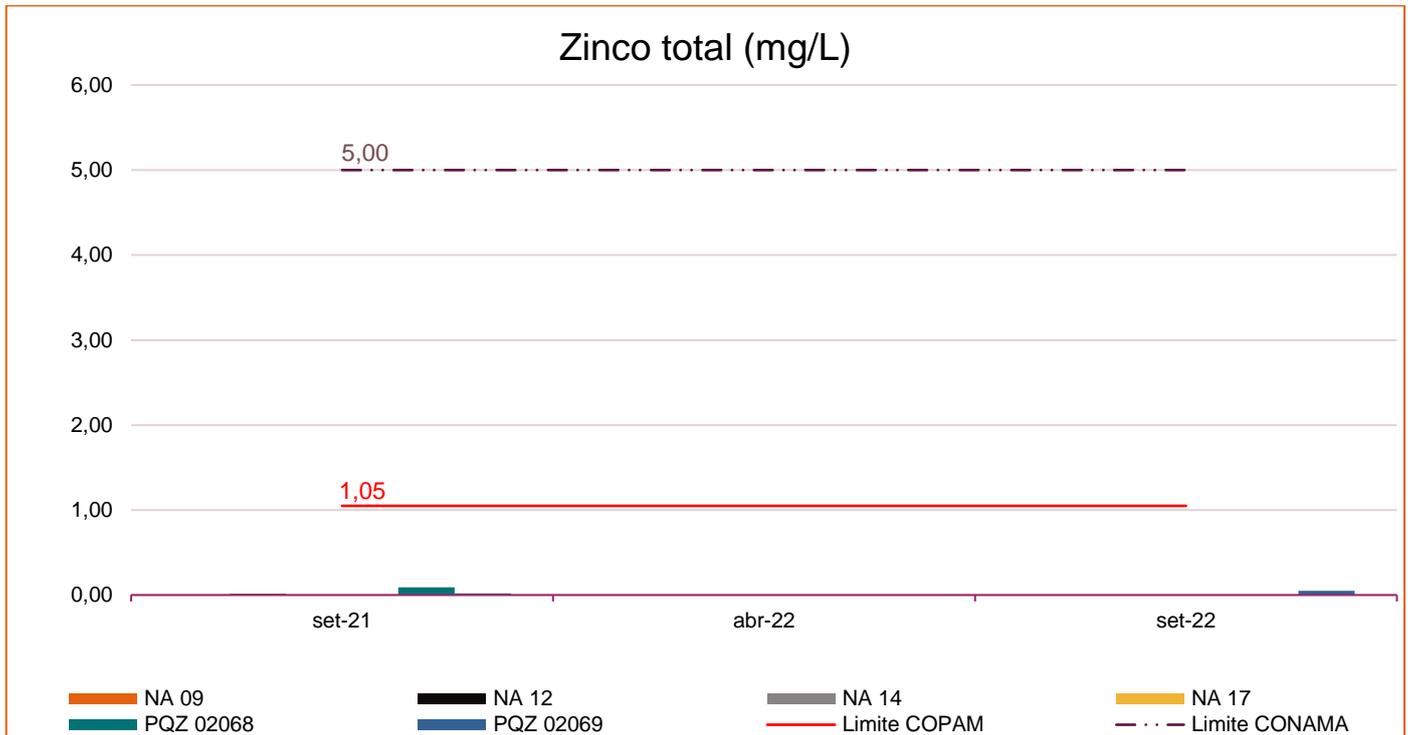
**Figura 11-117 - Gráfico de resultados de Sulfato Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus etc. A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L; em águas subterrâneas ocorre entre 10-40 µg/L (CETESB, 2022). Tal parâmetro compõe o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 1,05 mg/L para Zinco em águas subterrâneas. Já a Resolução CONAMA nº396/2008 estabelece o valor máximo (VMP) de 5 mg/L para o Zinco em águas subterrâneas para recreação.

Como pode ser observado na figura a seguir, os resultados de Zinco total, para os pontos considerados, estão abaixo do VMP para COPAM 166/2011 e CONAMA 396/2008. Ressalta-se que parte dos resultados esteve abaixo do limite quantificação do método analítico.



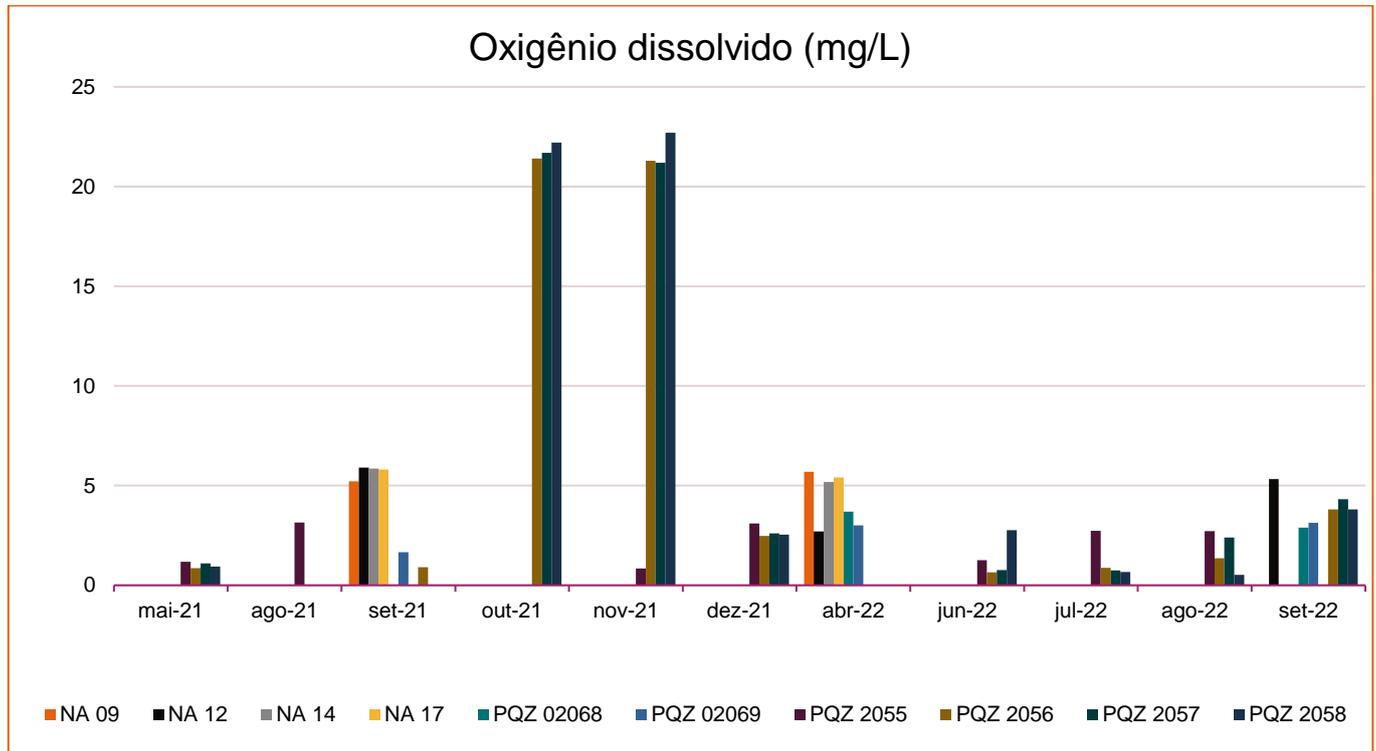
**Figura 11-118 - Gráfico de resultados de Zinco Total nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

### 11.13.2.2 Oxigênio Dissolvido e pH

Segundo CETESB (2022), o oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e em estações de tratamento de esgotos, e os níveis podem indicar a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática. Em geral, o nível de oxigênio dissolvido (OD) nas águas subterrâneas é baixo, devido ao consumo por parte dos microrganismos e reações de oxidação dos minerais (Feitosa et al, 2008). A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 e a Resolução CONAMA nº396/2008 (recreação) não estabelecem o valor máximo permitido (VMP) para OD em águas subterrâneas.

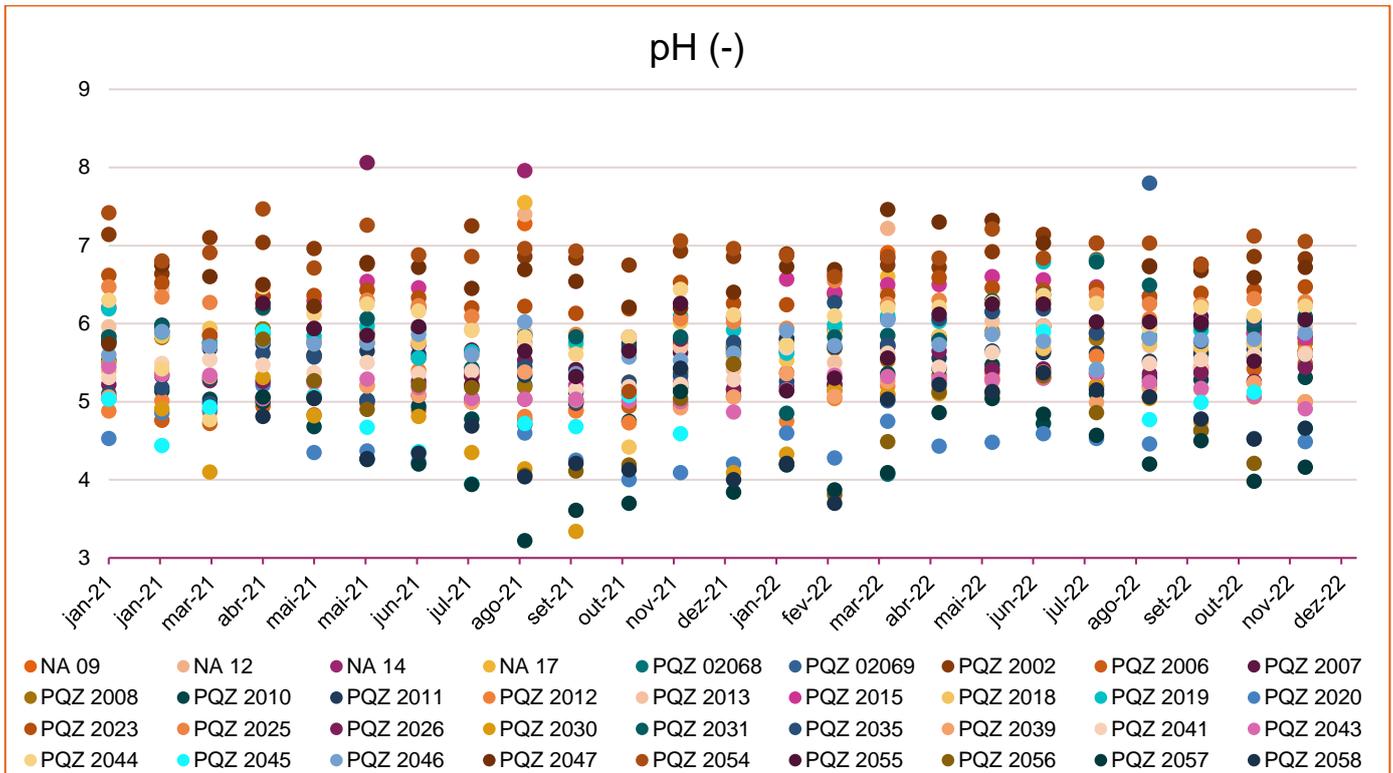
Como pode ser observado na figura a seguir, é possível observar que os pontos houve pouca oscilação durante as campanhas de monitoramento realizadas no âmbito do PAEBM da barragem Cocuruto.



**Figura 11-119 - Gráfico de resultados de Oxigênio Dissolvido nos pontos de monitoramento de água subterrânea**  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

Potenciais de hidrogênio (pH) é a medida da concentração de íons hidrogênio na água. O balanço dos íons hidrogênio (H+) e hidróxido (OH-) determinam quão ácida ou básica a água é. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (PEDROSA E CAETANO, 2002), mas existem águas mais ácidas, como aquelas próximas a mangues, por exemplo, assim como águas mais básicas, como aquelas mais antigas e profundas.

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 e a Resolução CONAMA nº396/2008 não estabelece o valor máximo permitido (VMP) para o pH em águas subterrâneas. Conforme apresentado na figura a seguir, é possível observar que, de modo geral, os pontos apresentaram pouca oscilação ao longo do período monitorado nos pontos de Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e nos pontos monitorados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.



**Figura 11-120 - Gráfico de resultados de pH nos pontos de monitoramento de água subterrânea**

*Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.*

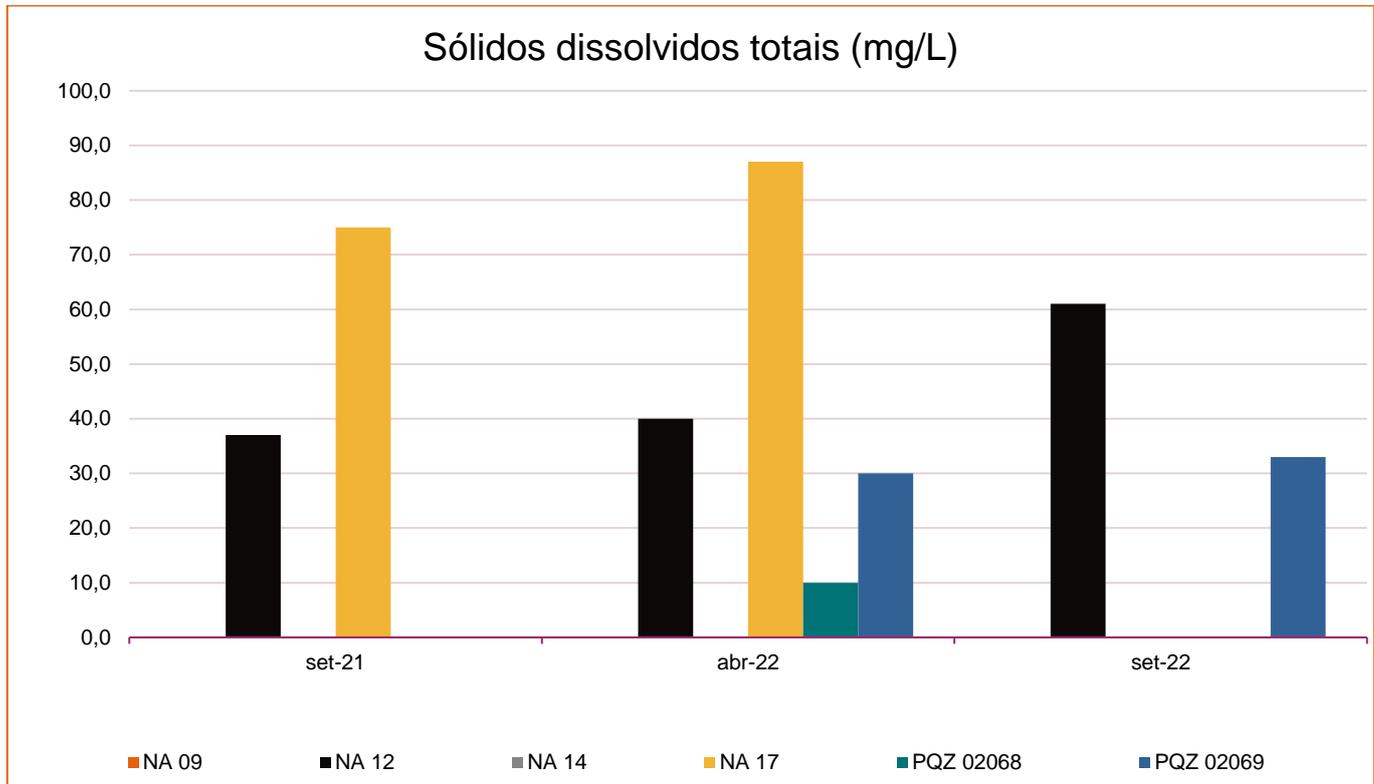
### 11.13.2.3 Sólidos dissolvidos totais e Turbidez

Segundo CETESB (2022), os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática, onde podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.

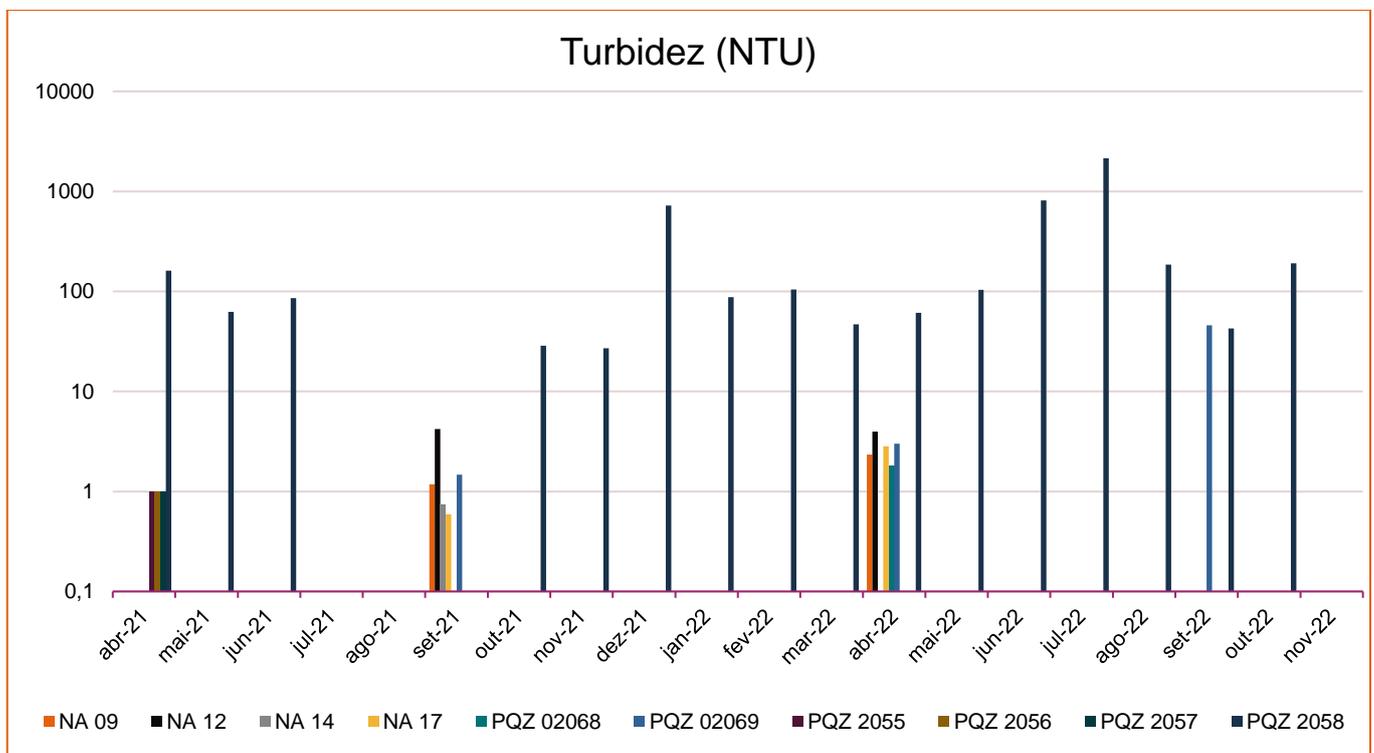
Já a turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos. O aumento da turbidez pode ser observado nas estações chuvosas devido a erosão das margens dos rios, os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais e as atividades de mineração (CETESB, 2022).

A Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 e Resolução CONAMA nº396/2008 (recreação) não estabelecem o valor máximo permitido (VMP) para Sólidos dissolvidos totais em águas subterrâneas e também não estabelecem limites para o parâmetro turbidez.

As figuras a seguir apresentam os resultados obtidos durante os monitoramentos do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto. De modo geral, os resultados de sólidos dissolvidos totais oscilaram ao longo do período monitorado, com alguns resultados abaixo do limite de quantificação analítico e outros resultados próximos de 80 mg/L. Para o parâmetro turbidez, a maioria dos resultados se manteve abaixo de 100 mg/L.



**Figura 11-121 - Gráfico de resultados de Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos de monitoramento de água subterrânea**  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.



**Figura 11-122 - Gráfico de resultados de Turbidez nos pontos de monitoramento de água subterrânea**  
 Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold Ashanti, 2023.

### 11.13.3 Síntese Conclusiva

A avaliação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos sob as áreas de estudo regional e local do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz, foi realizada utilizando pontos de monitoramento do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, além dos pontos amostrais utilizados no âmbito do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem de Cocuruto.

Os resultados obtidos no monitoramento foram comparados com os limites de referência estabelecidos, no âmbito Estadual, pela Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, e no âmbito Federal, a legislação utilizada foi a Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008 para o uso preponderante recreação. Considerando as duas legislações utilizadas para fins de comparação neste diagnóstico, os parâmetros que apresentaram desvios foram Arsênio Total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total e Sulfato total, tanto em pontos à montante quanto à jusante das estruturas do empreendimento.

A figura a seguir apresenta os parâmetros com maiores desvios para o período analisado (janeiro/21 a dezembro/22).

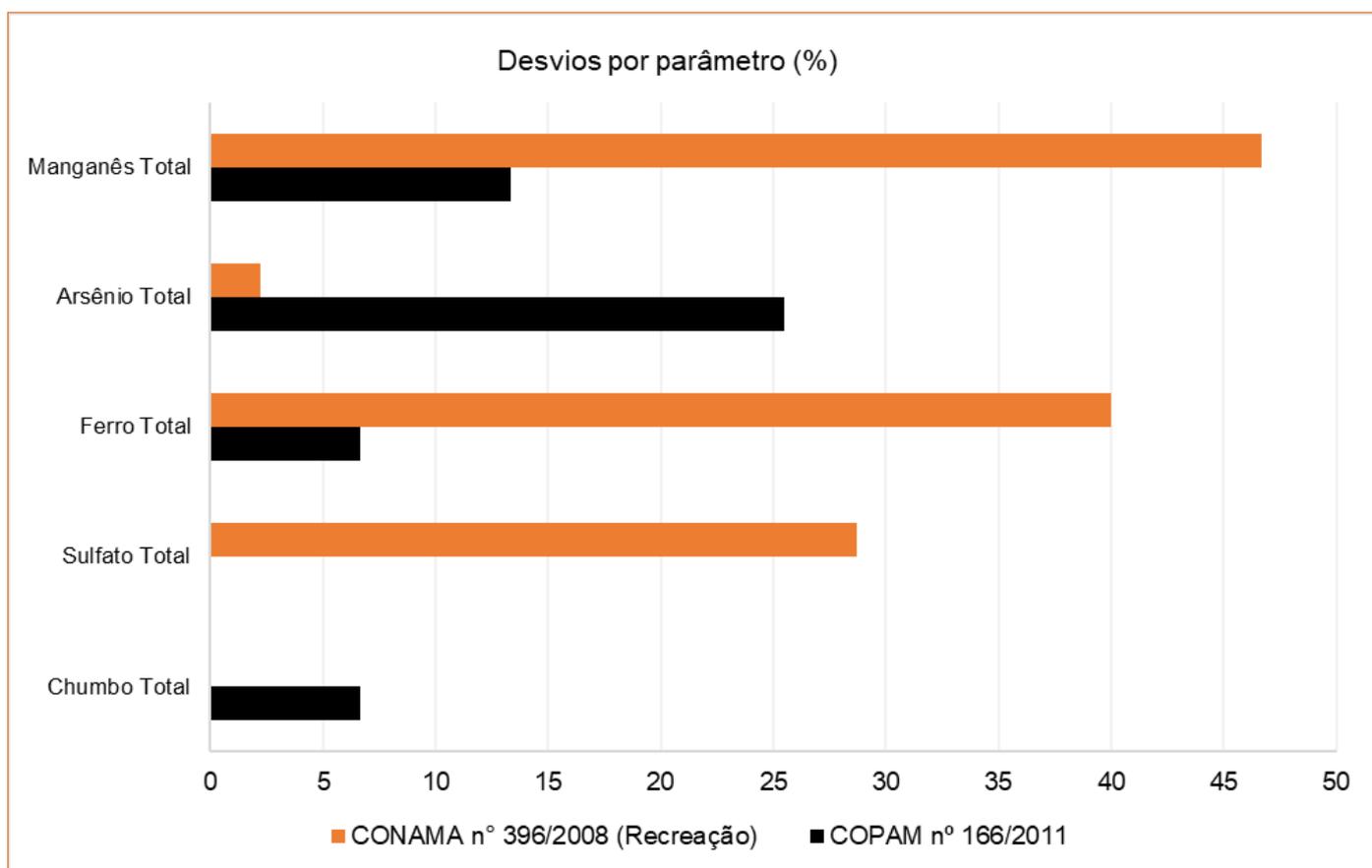


Figura 11-123 - Gráfico de desvios dos valores máximos permitidos por parâmetro nos pontos de monitoramento de água subterrânea

Elaborado por Arcadis, 2023. Fonte: AngloGold, 2023.

## 11.14 Áreas Contaminadas

De acordo com CETESB (2021) as áreas contaminadas são conceituadas como “área onde existe ou existiu fonte de contaminação primária e, como resultado, contém quantidades de matéria ou concentrações de substâncias, em ao menos um dos compartimentos do meio ambiente, capazes de causar danos aos bens a proteger”. Estes compartimentos são representados por solos, sedimentos, rochas, materiais utilizados para aterrar os terrenos, construções, águas subterrâneas e superficiais, ar e organismos vivos.

Dessa forma, neste item são apresentadas as etapas do levantamento de dados de áreas contaminadas a fim de certificar se na Área de Estudo - Regional e/ou Local - do empreendimento há algum tipo de contaminação prévia dos solos ou águas subterrâneas.

### 11.14.1 Metodologia

No estado de Minas Gerais as áreas contaminadas são aquelas em que as concentrações das substâncias ou compostos químicos de interesse estejam acima dos Valores de Investigação (VI) estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, indicando a existência de potencial risco à saúde humana e ao meio ambiente. Cabe ressaltar que tal legislação dispõe sobre as normas regulamentadoras para as etapas de gerenciamento de áreas contaminadas.

Anualmente a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM emite, por meio da Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas; relatório contendo inventário das áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas no estado de Minas Gerais.

Assim, de modo a contribuir com as análises de áreas contaminadas, a metodologia empregada consistiu na consulta ao “Inventário e Lista de Áreas Contaminadas” - Dados de 2022; o mais atual disponível e com atualização de 10 de janeiro de 2023, segundo o site oficial da FEAM.

### 11.14.2 Diagnóstico de áreas contaminadas

Com base no Inventário de Áreas Contaminadas de Minas Gerais (FEAM, 2022), os tipos de enquadramento e classificação de áreas contaminadas no estado são:

- AI: Área Contaminada sob Investigação;
- AMR: Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação;
- ACI: Área Contaminada sob Investigação;
- AR: Área Reabilitada para Uso Declarado;

De acordo com tal documento, verifica-se que há cadastrado treze (13) áreas contaminadas no município de Nova Lima, sendo deste total cinco áreas em monitoramento para reabilitação, seis áreas reabilitadas para uso declarado, e duas cadastradas como áreas contaminadas sob investigação, conforme síntese apresentada na tabela a seguir. Ressalta-se que as atividades causadoras de impacto nas matrizes solo e água subterrânea descritas a seguir se referem majoritariamente à atividade minerária e a postos de abastecimento de combustíveis.

**Tabela 11-40 - Relação de atividades contaminantes cadastradas na FEAM para o município de Nova Lima/MG**

Atividade	Empreendimento	Tipo	Etapa do Gerenciamento	Fonte de contaminação	Contaminante	Coordenadas UTM SIRGAS 2000	
						Longitude (m E)	Latitude (m S)
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito Galo	AMR	Monitoramento para reabilitação	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	622871.56	7790180.58
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito do Isolamento	AR	Monitoramento	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	621596.46	7789386.02
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito Fábrica de Balas <sup>1</sup>	AR	Monitoramento	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	620805.20	7790052.16
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito Madeiras	AR	Monitoramento	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	620862.19	7790214.69
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito Matadouro	AMR	Monitoramento para reabilitação	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	621580.91	7789075.33
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Depósito Resende	AR	Monitoramento	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	621117.85	7789520.94
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Mina Bicalho	AMR	Monitoramento para reabilitação	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	623163.55	7785841.40
Mineração	AngloGold Ashanti Mineração - Morro do Galo	AMR	Monitoramento para reabilitação	Descarte/ Disposição de Resíduos	Arsênio	622999.81	7789891.80
Posto de Combustíveis	Master Combustíveis - Posto Bicame	AR	Reabilitada	Vazamento ou Infiltração	BTEX e HPA	619687.67	7790145.04
Posto de Combustíveis	Posto Petrolim LTDA -	AR	Reabilitada	Vazamento ou Infiltração	Benzeno, Naftaleno, TPH	620878.84	7789715.62
Posto de Combustíveis	Posto Curva do Retiro LTDA	ACI	Investigação Detalhada/ Avaliação de Risco	Vazamento ou Infiltração	BTEX e HPA	606362.28	7779646.78
Posto de Combustíveis	Posto Retiro LTDA	AMR	Monitoramento para Reabilitação	Vazamento ou Infiltração	BTEX e HPA	619590.35	7790006.91
Depósito de Resíduos Sólidos Urbanos	Prefeitura Municipal de Nova Lima - Lixão do Galo	AI	Investigação Confirmatória	Descarte/ Disposição de Resíduos-	Alumínio, Arsênio, Bário, Cadmio, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel	622647.73	7789432.27

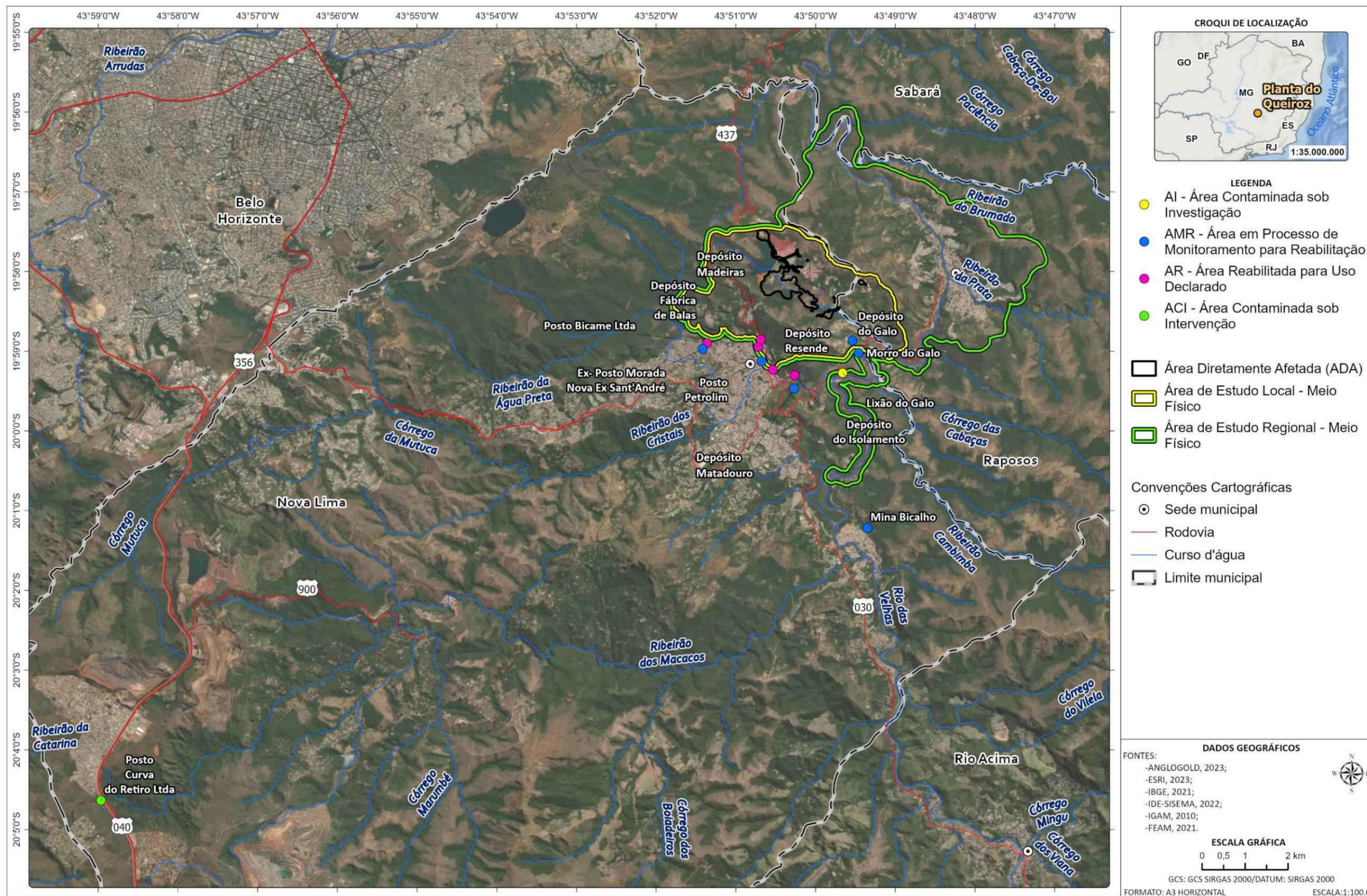
<sup>1</sup> No Inventário de Áreas Contaminadas de Minas Gerais disponibilizado em 2022 pela FEAM, bem como na plataforma IDE-Sistema, consta a informação de que a área denominada "Depósito da Fábrica de Balas" pertence à AngloGold Ashanti. Porém, conforme informações do empreendedor, esta propriedade foi vendida parte no ano 2014 para a empresa Bazar Nova Limense Ltda e parte em 2016 para a empresa DMA Distribuidora S/A.

Elaboração: Arcadis, 2023. Fonte: FEAM, 2022



Dentre as áreas contaminadas cadastradas para o município observa-se que existem cinco áreas inseridas na espacialização da Área de Estudo Regional, sendo elas: Depósito Madeira e Depósito do Galo e Morro do Galo, de propriedade da empresa AngloGold Ashanti; o Lixão do Galo, de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Nova Lima; e o Depósito Fábrica de Balas, que foi propriedade da AngloGold Ashanti até o ano de 2016, mas em 2014 e 2016 foi vendido às empresa Bazar Nova Limense Ltda e DMA Distribuidora S/A, respectivamente.

O mapa apresentado na figura a seguir ilustra a localização espacial das áreas contaminadas cadastradas pela FEAM para o município, com delimitação da Área de Estudo Local e Regional, permitindo avaliação visual das atividades que se inserem no contexto do estudo. Cabe mencionar que o Depósito Madeira, Depósito Fábrica de Balas e Depósito do Galo são os locais das atividades cadastradas que se inserem restritamente à Area de Estudo Local, e são consideradas atividades cujo descarte e disposição de resíduos contaminaram as matrizes solo e água subterrânea com o analito arsênio. Importante mencionar que os dois primeiros já possuem o certificado de reabilitação emitido pela FEAM enquanto o Depósito do Galo está no processo de monitoramento pós ações de reabilitação.



C:\Users\victor.brandao\ARCADIS\ARCADIS\_GIS - Documentos\2\_Projetos\AngloGold\_Ashanti\1\_08\_01\_49400\_Pilha\_H2\_EIA\2\_PROJETO\EIA\_MF\EIA\_MF.aprx Alterado por:victor.brandao Em:19/10/2023

Figura 11-124 - Mapa de localização das áreas contaminadas cadastradas pela FEAM para o município de Nova Lima

Elaboração: Arcadis, 2023



### 11.14.3 Síntese conclusiva

Para a caracterização das áreas contaminadas na Área de estudo do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz fez-se consulta aos dados oficiais públicos disponíveis no site da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. A mesma emite, por meio da Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas; relatório anual contendo inventário das áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas no estado de Minas Gerais.

Neste contexto, fez-se filtragem da consulta de áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas apenas para o município de Nova Lima, sendo elencadas no total treze (13) áreas contaminadas de acordo com o inventário disponibilizado. De todas as áreas cadastradas para o município, fez-se nova filtragem restringindo-se espacialmente a análise para aquelas atividades/empreendimentos que se encontram inseridos na área de estudo (regional e local) do Projeto de Otimização do Sistema de Disposição de Rejeitos da Planta do Queiroz.

Desse modo, observa-se que existem cinco (5) áreas inseridas na espacialização da Área de Estudo Regional, sendo elas: Depósito Madeira e Depósito do Galo e Morro do Galo, de propriedade da empresa AngloGold Ashanti; Lixão do Galo, de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Nova Lima; e Depósito Fábrica de Balas.

Dentre estes empreendimentos, refinada a busca para a da Área de Estudo Local, apenas os empreendimentos Depósito Madeira, Depósito Fábrica de Balas e Depósito do Galo representam atividades cujo descarte e disposição de resíduos contaminaram as matrizes solo e água subterrânea com arsênio. Cabe mencionar que o Depósito Madeira e Depósito Fábrica de Balas são classificadas como Áreas Reabilitadas para Uso Declarado, enquanto o Depósito do Galo é classificado como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação.

### 11.15 Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. P. T.; REGO, J.C., 1998. Conceitos e definições para Avaliação e Gerenciamento Conjunto de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos. In Anais do IV Simpósio dos Recursos Hídricos do Nordeste, Campina Grande - PB.

ALKMIM, Fernando Flecha de; MARSHAK, Stephen. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. Precambrian Research, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 29-58, 30 jun. 1998.

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, v. 7, n. 4, p. 349 - 364, 1977.

ANGLOGOLDASHANTI. Relatório Trimestral De Monitoramento Hidroquímico, julho a setembro de 2022.

ANGLOGOLDASHANTI. Relatório Trimestral De Monitoramento Hidroquímico, julho a setembro de 2022.

ARCADIS. Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM): Plano de Monitoramento da Qualidade dos Solos na Mancha de Inundação Hipotética da Barragem Cocuruto. Minas Gerais, 2022.



ARCADIS. Plano de monitoramento quali-quantitativo das águas superficiais e sedimentos na área de dam break hipotético da Planta Industrial do Queiroz. Minas Gerais, 2022.

ARCADIS. Plano de monitoramento quali-quantitativo das águas superficiais e sedimentos na área de dam break hipotético da Planta Industrial do Queiroz. Minas Gerais, 2022.

ASSIS, W. L. O Sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmico-espacial. Tese (Doutorado em Geografia), DG/IGC/UFMG, Belo Horizonte, 2010.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.151, Acústica - Medição e avaliação sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral, ABNT, 2019, versão corrigida em 31/03/2020.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 16.313, Acústica - Terminologia, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 6921:2002. Corrosão atmosférica - Taxa de sulfatação - Determinação pelo método da vela de dióxido de chumbo. ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 9.546. Dióxido de enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo método da parrosanilina. ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 9.547. Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. ABNT, 1997.

AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de et al. Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. 2012.

BALTAZAR, O. F. & Silva, S. L., 1996. Projeto Rio das Velhas. Mapa geológico integrado do Supergrupo Rio das Velhas, em escala 1:100.000. DNPM/CPRM, Brasília.

BALTAZAR, O. F., ZUCCHETTI, M., 2005. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits.

BALTAZAR, O.F., Baars, F.J., Lobato, L.M., Reis, L.B., Achtschin, A.B., Berni, G.V., Silveira, V.D. 2005. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero na Escala 1: 50.000 com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Lobato et al. (2005) CODEMIG. Belo Horizonte.

BARBOSA, G.V. & RODRIGUES, D.M.S. O Quadrilátero Ferrífero e seus problemas geomorfológicos. B. Min. Geogr., 10/11:3-35, 1965.

BARBOSA, G.V. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero. São Paulo. R. Bras. Geoci., 10:89-101, 1980.

Base de dados espeleológicos do Brasil (shapefile). Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível através do endereço eletrônico, <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>, acessado em julho de 2023;

Base de dados espeleológicos do Brasil. Cadastro Nacional de Cavernas - CNC, Sociedade Brasileira de Espeleologia. Disponível através do endereço eletrônico, <http://www.cavernas.org.br/cnc/Regions.aspx#>, acessado em julho 2023;



BERRY, R.J., KENNEDY, A.D., SCOTT, S.L., KYLE, B.L., SCHAEFER, A. L. Daily variation in the urdder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. Canadian Journal of Animal Science. 83:687-693, 2003.

BIOS Consultoria Ambiental (2014). Estudo de Impacto Ambiental: Projeto vala de disposição de lama - Vala H, Planta Metalúrgica do Queiroz, Anglogold Ashanti;

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. 292 p.

BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm) Acesso em: 25 jul. 2023.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. Brasília: 1985. 376p.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima.

BRASIL. Lei Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: Mar. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. - Brasília, DF: MMA, 2020, 136 p.

BRASIL. Resolução CNRH nº 15, de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Publicada no DOU de 22 de janeiro de 2001.

BRASIL. Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>.

BRASIL. Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>.

BRASIL. Resolução CONAMA nº347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n. 176, 13 set. 2004, págs. 54-55.

CASSELLA, R.J.; SANTELLI, R.E. Determinação de sulfeto em águas doces e salinas usando sistema de injeção em fluxo contínuo (FIA) e espectrofotometria com nitroprussiato. Química Nova, 18(6), 1995.



CBH RIO DAS VELHAS. A bacia do rio São Francisco. 2023. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/a-bacia-hidrografica-do-rio-das-velhas/>. Acesso em: jun. 2023.

CBH RIO DAS VELHAS; INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. 2015. Disponível em: <https://siga.cbhvelhas.org.br/portal/siplan.zul>. Acesso em: jun. 2023.

CBHSF. A Bacia do Rio São Francisco - Principais Características. 2016. Disponível em: <https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/a-bacia/>. Acesso em: Mai. 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade dos solos. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/>. Acesso em: Mai. 2023

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas [recurso eletrônico]. 2021. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 26. jun.2023.

CETESB. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, 2020. Ácido Sulfúrico. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/A%CC%81cido-sulfu%CC%81rico.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2023.

CETESB. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, 2021. Dióxido de Enxofre. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Dio%CC%81xido-de-enxofre.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

CETESB. Ficha de Informação toxicológica: Cianetos. CETESB. São Paulo, 2017.

CETESB. Gases do Efeito Estufa. São Paulo. 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 15/03/2023.

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2021. Apêndice C: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem 2021. CETESB. São Paulo, 2022.

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2021. Apêndice C: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem 2021. CETESB. São Paulo, 2022.

CLAM Meio Ambiente, 2023. Inventário De Nascentes Na Área De Entorno Das Barragens De Rapauha, Calcinados E Cocuruto - Planta Do Queiroz - Nova Lima - MG. Março de 2023.

CLAM MEIO AMBIENTE. Relatório Técnico: 1º Campanha de monitoramento de descarga líquida em nascentes no entorno das barragens de Rapauha, Calcinados e Cocuruto - Planta do Queiroz - Nova Lima (MG). 2022.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. Determina os padrões para Qualidade do ar.



CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. COPAM. Deliberação Normativa do COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº 01, de 8 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. 2010. DOPICO, Carmen I. Martínez; Cristiano Lana; MOREIRA, Hugo S ; CASSINO, Lucas F; ALKIIM , Fernando F. 2017. U - Pb ages and Hf-isotope data of zircon from the late Neoproterozoic Minas Basin, SE Brazil. Precambrian Research, Volume 291, Pages 143-161.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno, como Subsídio ao Planejamento Territorial. Brasília, DF. CPRM. 2016. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17323>>.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno. 2014. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14809>>. Acesso em: Mai. 2023.

CPRM. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima e Raposos/MG. Escala 1:50.000. 2015. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23395>>. Acesso em mai. 2023.

CPRM. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. 2010. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14704>>. Acesso em: mai. 2023.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona: Omega S/A, v. 2, 1983.

DO BRASIL, CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO. Mapa Síntese da Geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero e entorno, como Subsídio ao Planejamento Territorial. Brasília, DF. CPRM. 2016. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17323>>.

DO BRASIL, CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Nova Lima/MG. Escala 1:50.000. 2015. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14945>>. Acesso em 26 de junho de 2023.

DO BRASIL, CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. Organização Marcelly Ferreira Marchado [e] Sandra Fernandes da Silva. Belo Horizonte, 2010. 131 p.

Dorr II, J.V., 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey Professional Paper 614-A. 110 pp. Almeida, F.F.M., 1977. O Craton do São Francisco. Rev. Bras. Geoc., 7:349-364.



DORR, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1969. 110p. (Professional Paper, 641ª).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais. 2004. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/965988/mapeamento-de-solos-e-aptidao-agricola-das-terras-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em> Mai. 2023.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Rio de Janeiro, 2018. 306p

ENGENHAR, Consultoria. Estudo De Dispersão De Poluentes Atmosféricos Anglogold Ashanti Planta Industrial Do Queiroz. Setembro, 2020.

ESTEVA, GUILHERME DEMORI. Poluição sonora e seus efeitos na saúde humana: estudo da Região Metropolitana de Campinas / Guilherme Demori Esteva. - Campinas, 2012. 68 p.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. Escala 1:500.000. Belo Horizonte. 2010.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de Áreas Contaminadas e Áreas Reabilitadas no Estado de Minas Gerais. Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas. 2022.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil (CPRM / SGB). 3ª Edição revisa e ampliada - Rio de Janeiro, 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. Estudo de vulnerabilidade regional às mudanças climáticas. Belo Horizonte, janeiro de 2014. 139 p.

FUNDAJ. Águas Subterrâneas: "O Que É E Qual A Importância?". Publicado em 29/09/2020. Disponível em: < [://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aguas-subterraneas-o-que-e-e-qual-a-importancia](http://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aguas-subterraneas-o-que-e-e-qual-a-importancia)>. 2020.

GAIR, Jacob Eugene. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. 1962.

GEO IT Consultoria Ambiental (2018). Relatório de Prospecção Espeleológica: Planta Metalúrgica do Queiroz - Nova Lima/MG. Processo COPAM 089/1985/050/2014. Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A;

GEO IT Consultoria Ambiental (2019). Relatório de Análise de Relevância Espeleológica Planta Metalúrgica do Queiroz - Nova Lima/MG. Processo COPAM 089/1985/050/2014. Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A;

GEO IT Consultoria Ambiental (2023). Relatório de Prospecção Espeleológica Planta Metalúrgica do Queiroz - Nova Lima e Raposos/MG.



GOLDER Associates Consultoria e Projetos (2016). Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Projeto de ampliação do sistema de disposição de rejeitos Calcinaados. Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A;

GOLDER Associates Consultoria e Projetos (2017). Prospecção Espeleológica. Projeto de ampliação do sistema de disposição de rejeitos Calcinaados. Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A;

GOLDER ASSOCIATES. 2016. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Projeto de Ampliação do Sistema de Disposição de Rejeitos Calcinaados da Planta Industrial do Queiroz - Nova Lima/MG. Belo Horizonte, 2016.

GOLDER ASSOCIATES/ANGLOGOLD ASHANTI CÓRREGO DO SÍTIO MINERAÇÃO. 2016. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Projeto de Ampliação do Sistema de Disposição de Rejeitos Calcinaados da Planta Industrial do Queiroz - Nova Lima/MG. Belo Horizonte, dezembro de 2016.

GOLDER. Projeto de Ampliação do Sistema de Deposição de Rejeitos Calcinaados. Belo Horizonte, 2016.

GRIMM, A.M. Apostila de Climatologia. Universidade Federal do Paraná - UFPR <http://fisica>. Paraná, 2008. 177 p.

GRIMM, A.M. Apostila de Climatologia. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Paraná, 2008. 177 p.

HEINECK, C. A. et al. Mapa Geológico de Minas Gerais, Escala 1: 1.000. 000. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Pedologia. 2015. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>>. Acesso em: Mai. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de compartimentos do relevo. Escala 1:250.000. 2018.

IBGE. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000 000.

INDA, H. A. V. et al. O Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C. et al.(eds) Geologia do Brasil. Brasília. DNPM. 501 p. 1984. cap. 5, p. 193- 248.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET: Normais Climatológicas de 1991 a 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 23 de setembro de 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. International Panel on Climate Change. 2007. Disponível em: AR4 Climate Change 2007: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade — IPCC.

Jansen DC; Cavalcanti LF; Lamblém HS (2012). Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. Revista Brasileira de Espeleologia, Brasília, 2012, v. 2, n.1;

KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. R. Bras. Geoci., 18:147-265, 1956.

LACERDA, A. B. M. de et al. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. Ambiente e Sociedade, v.8, n. 2, p. 1-13, jul./dez. 2005

LADEIRA, Eduardo Antônio. Metallogenesis of Gold at the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. 1980.



LEI ESTADUAL 10.100 DE 17 DE JANEIRO DE 1990 - Dá nova redação ao artigo 2º da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais

LEI ESTADUAL 7.302 DE 21 DE JULHO DE 1978. Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.

LOBATO, Lydia Maria; RIBEIRO-RODRIGUES, Luiz Cláudio; VIEIRA, Frederico Wallace Reis. Brazil's premier gold province. Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, v. 36, p. 249-277, 2001.

LOCKZY, L. & LADEIRA, E. A., 1976. *Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica*. Edgard Blücher Ed. São Paulo, SP. 528 p.

MACHADO, Maria Márcia Magela; DE AZEVEDO, Úrsula Ruchkys. Difusão da Geologia para valorização e conservação do patrimônio geológico do Geopark Quadrilátero Ferrífero-MG/Brasil: ações do Centro de Referência em Patrimônio Geológico do MHNJB-UFMG. *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG*, v. 21, n. 1, 2012.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E., SAADI, A. Projeto APA SUL RMBH: Geotecnia. Mapa de Unidades Geológico-Geotécnicas - Bloco Rio Acima. Escala 1:50.000. Belo Horizonte. 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia%2C-Meio-Ambiente-e-Saude/Projeto-APA-SUL-RMBH---Estudos-do-Meio-Fisico-1471.html>>. Acesso em: junho. 2023.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E., SAADI, A. Projeto APA SUL RMBH: Geotecnia. Mapa de Unidades Geológico-Geotécnicas - Bloco Rio Acima. Escala 1:50.000. Belo Horizonte. 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia%2C-Meio-Ambiente-e-Saude/Projeto-APA-SUL-RMBH---Estudos-do-Meio-Fisico-1471.html>>. Acesso em: junho. 2023.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E., SAADI, A. Projeto APA SUL RMBH: Geomorfologia. V. 6, Belo Horizonte, p. 1 - 49. 2005. Disponível em: <[https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/10218/27/rel\\_apa\\_sulrmbhv6.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/10218/27/rel_apa_sulrmbhv6.pdf)>. Acesso em: mai. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação normativa CERH-MG nº 71, de 22 de dezembro de 2021. Altera a Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 17 de novembro de 2020. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=55142>>. Acesso em: Mai. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM nº 08, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado Diário Executivo "Minas Gerais", em 02/12/2022.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM nº 08, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado Diário Executivo "Minas Gerais", em 02/12/2022.



MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM n° 166, de 29 de junho de 2011. Estabelece os Valores de Referência de Qualidade dos Solos e Água Subterrânea. Publicado Diário Executivo "Minas Gerais", em 27/07/2011.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

O'Rourke, J. E., 1957. The stratigraphy of metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Ph.D. Thesis, University of Wiscosin. Wiscosin, 106 pp.

OLIVEIRA, J.J.C.; RIBEIRO, J.H.; SOUSA, H.A. Projeto Geoquímica do Quadrilátero Ferrífero. Levantamento orientativo e regional. Relatório final. Texto e ilustrações. Volume I. CPRM/DNPM. Belo Horizonte, 1979.

PEDROSA SOARES, Antônio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; VIDAL, Francisco W. Hollanda; Monteiro, R.L.B.P.; LEONARDOS, Othon Henry. Toward a new tectonic model for the late proterozoic Araçuaí (S Brazil): west Congolian (SW Africa) Belt. Journal of South American Earth Sciences, v. 6, 1992, p. 33-47.

PEDROSA, C. A. P.; CAETANO, F. A. Águas subterrâneas. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Informações Hidrogeológicas, Brasília, agosto de 2002.

PINTO, C. P.; SILVA, MA da. Mapa geológico do estado de Minas Gerais, escala 1: 1.000. 000. CPRM-CODEMIG, Belo Horizonte, MG, 2014.

RENGER, Friedrich E.; SUCKAU, Victor E.; SILVA, Ronaldo Marcio Pinto. Sedimentologia e análise da bacia da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7., 23-26 nov. 1993, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: SBG Núcleo Minas Gerais, 1993. p. 41-45.

ROLIM, Vassily Khoury; ALKMIM, Fernando Flecha de. Geometria 3D de falhas de empurrão e dobras associadas como expressões da morfologia do descolamento basal: resultados de uma simulação computacional. 2004.

SALGADO, A. A. R.; SILVA, J. R. Mapeamento das unidades de relevo da região da Serra do Gandarela - Quadrilátero Ferrífero-MG. Geografias, Belo Horizonte, v. 5, n.2, p. 107 - 125, 2009.

SCHORSCHER, J.H.D. Komatiitos na estrutura "Greenstone belt", Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Resumos... Recife, SBG, p.292-293. 1978.

SETE - Soluções e Tecnologia Ambiental. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Aterro de Resíduos Industriais H1. Planta Industrial do Queiroz - Nova Lima/MG. Belo Horizonte, 2018.

Silva, M. A.; Pinto, C. P.; Pinheiro, M. A. P.; Marinho, M. S.; Lombello, J. C.; Pinho, J. M. M. P.; Goulart, L. E. A.; Magalhães, J. R. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais. Projeto Geologia do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte: 2020, 1 mapa.

THORNTON, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. Introdução à Climatologia - Ubá: Ed. Geographica, 2008, 234 p

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1984.



VARAJÃO, C. A. C. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Revista Brasileira de Geociências, v. 21, n. 2, p. 138-145, jun. 1991.

VON SPERLING, M. (2014) Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4th Edition, Editora UFMG, 472 p.

WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES, 2023. Relatório de compilação e análise de informações e dados existentes e modelo conceitual. AA-385-WS0580-206-RT-003. 2023.

Zucchetti, M., Baltazar, O. F., Raposo, F. O., 1996. Estratigrafia. In: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Rio das Velhas - Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 13-42.

Zucchetti, M., Baltazar, O. F., Raposo, F. O., 1998. Estratigrafia. In: M. Zucchetti, O.F. Baltazar (Eds.), Projeto Rio das Velhas - Texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000. 2nd ed. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 13-42.



### Sobre a Arcadis

Arcadis é a empresa líder global de Design & Consultoria para ativos naturais e construídos. Aplicando nossos profundos insights do setor de mercado e serviços de design coletivo, consultoria, engenharia, projeto e gestão trabalhamos em parceria com nossos clientes para proporcionar resultados excepcionais e sustentáveis ao longo do ciclo de vida de seus ativos naturais e construídos. Somos 27.000 pessoas ativas em mais de 70 países que geram €3,3 bilhões em receitas. Apoiamos a UNHabitat com conhecimento e experiência para melhorar a qualidade de vida em cidades em rápido crescimento em todo o mundo.

[www.arcadis.com.br](http://www.arcadis.com.br)



### **Arcadis Brasil**

Av. das Nações Unidas, 12.995 - 14º andar - Conjunto 141, Brooklin

São Paulo (SP) - Brasil - CEP 04578-911

T: 55 (11) 3117.3171

E: [contato@arcadis.com](mailto:contato@arcadis.com)