



PARECER TÉCNICO
ÁGUA SUBTERRÂNEA

1 / 30

Processo: 67632/2023		Protocolo SEI: 107589575	
SEI nº 1370.01.0046186/2023-80			
<i>Dados do Requerente/ Empreendedor</i>			
Nome: CSN Cimentos Brasil S/A		CPF/CNPJ: 60.869.336/0081-00	
Endereço: Rua Tiradentes, 90			
Bairro: Rosário		Município: Barroso	
<i>Dados do Empreendimento</i>			
Nome/Razão Social: CSN Cimentos Brasil S/A		CPF/CNPJ: 60.869.336/0081-00	
Endereço: Fazenda Capoeira Grande			
Distrito: Zona rural		Município: Barroso	
<i>Dados do uso do recurso hídrico</i>			
UPGRH: GD2			
Bacia Estadual: Rio das Mortes		Bacia Federal: Rio Grande	
Latitude: 21° 11' 40"		Longitude: 43° 59' 40"	
<i>Dados do poço</i>			
Empresa perfuradora:			
Ano da Perfuração:		Profundidade (m):	Diâmetro (mm):
Tipo de Aquífero:		Litologia:	
<i>Teste de bombeamento</i>			
Ano do Teste:		Executor do Teste:	
Duração (h):		NE (m):	ND (m):
		Vazão (m³/h): 450	
Análise Físico-química da Água: SIM [] NÃO [x]		Análise Bacteriológica da Água: SIM [] NÃO[x]	
Porte conforme DN CERH nº 07/02		P [] M [] G[X]	
<i>Finalidades</i>			
Rebaixamento de nível d'água em mineração, Consumo industrial (britagem) e aspersão de vias e Reposição em cursos d'água			
<i>Modo de Uso do Recurso Hídrico</i>			
10 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA FINS DE REBAIXAMENTO DE NÍVEL D'ÁGUA EM MINERAÇÃO			
Uso do recurso hídrico implantado		Sim [X] Não []	Recalque [X] Gravidade []

Gestor Ambiental URA-ZM Túlio César de Souza	1.364.831-6 MASP	RÚBRICA	DATA
Coordenadora de Análise Técnica da URA-ZM Lidiane Ferraz Vicente	RUBRICA		DATA



Dados da Captação/ Bombeamento												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	dez
Vazão Liberada(m³/h)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Dia/ Mês	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Horas/Dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Volume(m³)	334800	302400	334800	324000	334800	324000	334800	334800	324000	334800	324000	334800

Análise Técnica

1. Introdução e objetivo

Todas as informações contidas neste parecer foram fornecidas pelo empreendedor, através de formulário e relatório técnico, sob responsabilidade de Fernando Antônio Sasdelli Gonçalves, CREA-MG: 54.019/D (ART emitida em 14/11/2023). A atualização do estudo, apresentada como informação complementar, tem como responsável técnico, Paulo Fernando Pereira Pessoa, geólogo, da consultoria Hidrovia, CREA-MG: 53.025/D (ART emitida em 23/12/2024).

A CSN Cimentos Brasil S/A solicita, através do Processo nº 67632/2023, a autorização para captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível d'água em mineração, na Mina Capoeira Grande, município de Barroso/MG.

A vazão solicitada é de **450 m³/h**, com tempo de bombeamento de 24 horas, oriunda de águas subterrâneas e pluviais acumuladas em um sump no fundo da cava contando com um conjunto moto bomba que retira a água da cava, direcionando para uma canaleta, posteriormente atingindo a drenagem superficial até o córrego da Praia. Parte do recurso hídrico é utilizado nas instalações do empreendimento (consumo industrial e aspersão de vias).

O empreendimento está localizado na propriedade Fazenda Capoeira Grande, no município de Barroso/MG, extraindo calcário utilizado na fabricação de cimento no complexo industrial da CSN próximo a mina. Trata-se de lavra a céu aberto, com desmonte em bancadas descendentes e o acúmulo de água acontece no fundo da cava sendo drenado através de bombeamento, estando em operação amparado por Termo de Ajustamento de Conduta, nº 69738109, firmado em 14/07/2023, após ter sido autuado, através do AI nº 316329/2023, em função da perda de prazo para a formalização do pedido de renovação da licença ambiental.

Embora o pedido de outorga em comento seja relativamente recente (2023), os estudos apresentados foram confeccionados levando em conta o histórico de rebaixamento do nível d'água executado desde 2002 e dados de monitoramento obtidos desde 2003. Ressalta-se que o empreendimento era detentor da portaria de outorga nº 1594/2005 publicada em 07 de novembro de 2005 referente ao sistema de rebaixamento. Posteriormente, solicitou a renovação da referida portaria através do processo de outorga nº 18045/2012, obtendo a portaria nº 1158/2015 com validade coincidente ao licenciamento ambiental.



Através do processo nº 33941/2020, foi solicitada renovação da portaria citada, porém em função da perda de prazo de formalização do processo de licenciamento vinculado, perdeu-se também o objeto da outorga, de forma que o processo em comento se trata da regularização da intervenção em recursos hídricos já existente, conforme explicitado acima, assim como o licenciamento ambiental que se encontra em fase de análise junto à Unidade Regional de Regularização Ambiental da Zona da Mata – URA-ZM.

Destaca-se que a vistoria no empreendimento ocorreu em 06/08/2024, gerando o Relatório de Vistoria, documento SEI 96294490. As informações complementares foram solicitadas em 13/09/2024 através do Ofício FEAM/URA ZM - CAT nº 257/2024 (97265785) e apresentadas posteriormente pelo empreendedor em 27/12/2024, bem como os esclarecimentos adicionais protocolados em 05/02/2025 conforme constam nos documentos SEI 106896431, 106896432 e 106896430.

Importante salientar que através do documento 106896432 foram apresentados, FCE e formulário técnico devidamente preenchidos e adequados à intervenção em recursos hídricos proposta, bem como relatório técnico atualizado referente ao balanço hídrico e regime a ser outorgado. No mesmo sentido, o documento 106896431 apresenta esclarecimentos quanto ao modelo numérico e a magnitude do rebaixamento a longo prazo. Tais informações adicionais foram tratadas no decorrer desse parecer.

2. Contextualização da área do empreendimento

A CSN Cimentos Brasil S/A, unidade Barroso está situada no município homônimo, a 196 km da capital do estado. O acesso ao empreendimento a partir de Belo Horizonte é realizado pela BR-040, sentido Rio de Janeiro. A partir de Barbacena, segue-se pela rodovia BR-265, por aproximadamente 30 km até chegar em Barroso. A figura 1 apresenta uma visão geral da área e entorno do empreendimento.

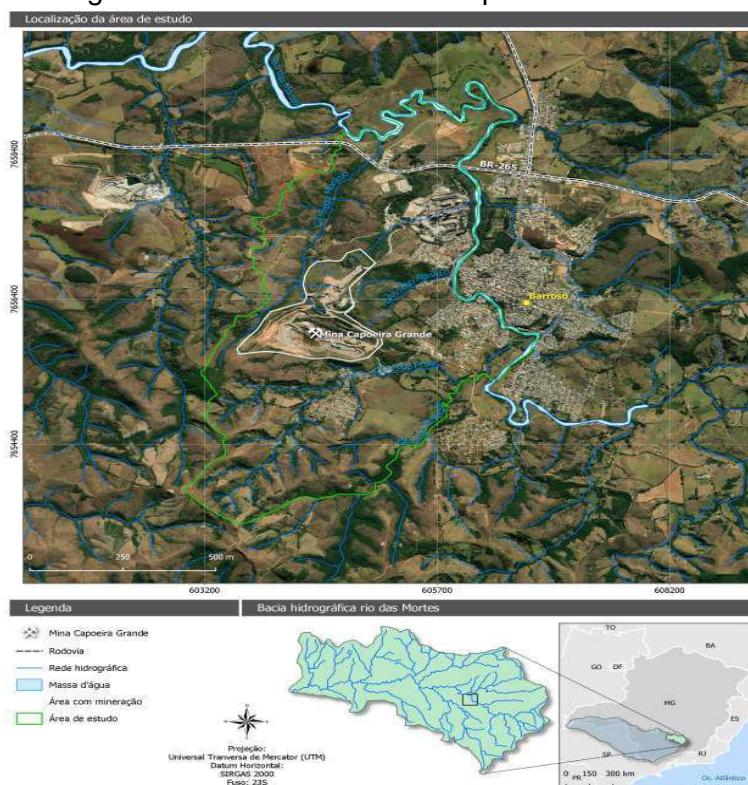


Figura 1: Localização da área e acesso à área de estudo.



2.2. Geologia

A mina Capoeira Grande está situada no sudeste de Minas Gerais, na borda sul do Cráton do São Francisco, onde predominam rochas pré-cambrianas deformadas e metamorfizadas, constituindo um embasamento arqueanopaleoproterozóico e seqüências metassedimentares proterozóicas.

Conforme descrito por Ribeiro *et. al.* (2014), as seqüências proterozóicas são limitadas por discordâncias regionais ou intraformacionais que permitem separá-las, na área de estudo, em duas megasseqüências: São João Del Rei e Carandaí. As seqüências proterozóicas ocorrem em um domínio tectônico autóctone de uma faixa móvel gerada na Orogênese Brasiliana. Diques máficos cortam unidades do embasamento e as seqüências proterozóicas mais antigas. As unidades pré-cambrianas são ainda cortadas por diques máficos mesocenozóicos e, localmente, cobertas por depósitos aluviais cenozóicos e por sedimentos fluviais, colúvios e tálus quaternários.

Com base nas descrições das sondagens realizadas e em mapeamento geológico de detalhe da mina de Capoeira Grande, foram identificadas as rochas da Formação Barroso - Grupo Carandaí: micaxistos, calcários e cálcio-xistos.

A camada superior, estratigraficamente, é composta pelos micaxistos marrom avermelhados, totalmente decompostos contendo lentículas sub-centimétricas de quartzo, que afloram nos bancos superiores da parte sul e sudeste da mina. Abaixo dos xistos, em contato brusco, aparece uma camada espessa (até 100 m de espessura) de calcário calcítico (calcário siderúrgico) cinza médio a claro, compacto, com pequenos filmes de mica associada à grafita, textura granoblástica, granulometria fina a média, baixo grau de fraturamento, dureza média e boa reação ao HCL.

Este calcário grada rapidamente no seu limite inferior para um cálcio-xisto ("calcário baixo"), cinza negro, granulação fina a média, rico em filmes biotíticos e em vênulas de quartzo (calcita branca e piritas são secundárias), descontínuas, dobradas na forma de foliações S-C, espaçadas entre si de poucos centímetros, que conferem à rocha um aspecto muito listrado e movimentado. A transição entre as duas rochas se dá pelo aparecimento cada vez mais frequente de intercalações decimétricas do cálcio-xisto, na porção basal do calcário, até que o calcário termine e fique somente o cálcio-xisto.

A camada de cálcio-xisto tem espessura que varia de 10 a 70 metros, sendo mais espessa na face norte da mina e menos espessa na parte sul. Na porção central da mina é comum encontrar intercalações de calcário puro com até 20 metros de espessura dentro da camada de cálcio-xistos.

Em resumo, na mina Capoeira Grande afloram duas camadas principais de rochas: um cálcio-xisto no topo e um calcário na base, ambas com atitude média N50W/30SW. O cálcio-xisto predomina na porção norte da mina e o calcário na porção sul. É comum encontrar intercalações na forma de bancos métricos, principalmente na região de contato entre as camadas. Estas intercalações podem ser duplicações estratigráficas de origem sedimentar ou podem ter origem tectônica, causada por dobramentos ou por interposições de lascas de empurrão. A figura 2 apresenta um panorama da área de entorno e onde se localiza o empreendimento no contexto geológico local.

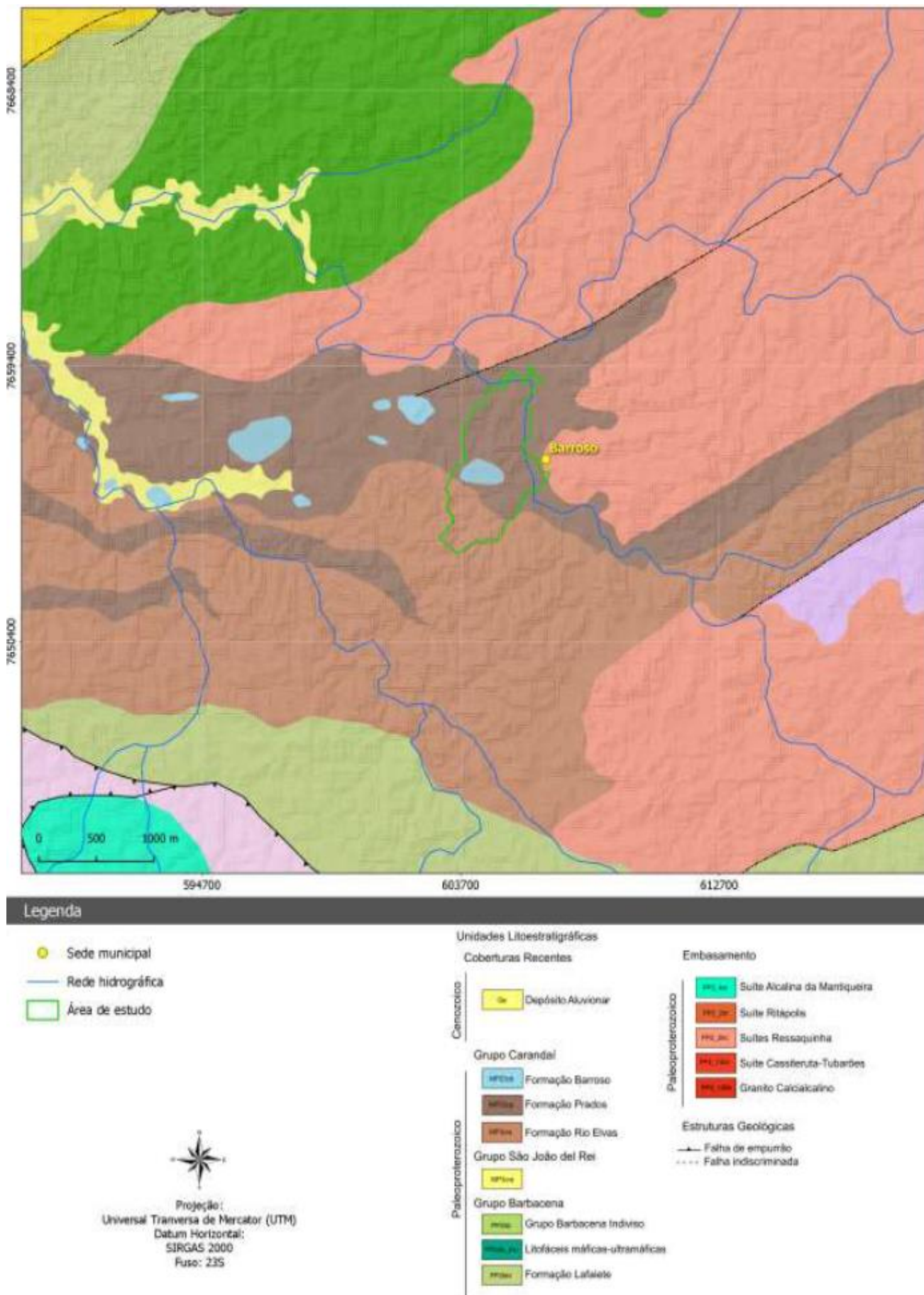


Figura 2: Mapa geológico da região em torno de Barroso, no sudeste de Minas Gerais.
Fonte: CPRM, 2014.



2.3. Hidrogeologia

Do ponto de vista hidrogeológico, as estruturas mais importantes encontradas em Capoeira Grande, são os sistemas de fraturas e os falhamentos. Foram observadas algumas falhas recentes e algumas delas conduziam grandes quantidades de água. O sistema mais importante possui atitude N50-60E/50-30SE, é normal, e foi localmente observado um rejeito de cerca de 1,5 m. Este sistema de falhas, em conjunto com sistema de fraturas, pode ser responsável pela maior surgência da mina, localizada na rampa para o nível de lavra R3, ao lado da bomba principal do referido sistema de drenagem.

Um segundo sistema de falhas, com características transcorrentes, foi identificado pela presença de algumas superfícies espelhadas e estriadas, com atitude N20W/65NE. As estrias são sub-horizontais e o plano contém fibras de quartzo neo-crescidas.

A figura 3 abaixo apresenta um levantamento dos lineamentos observados, utilizando-se fotografias aéreas nas escalas de 1:60.000 e de 1.30.000. Considerou-se como lineamento qualquer alinhamento natural de topografia ou drenagem provavelmente causado por um controle estrutural. Na figura, as linhas vermelhas são lineamentos estruturais. A linha azul é o rio das Mortes. Os córregos e demais drenagens têm o seu percurso controlado pelas fraturas demarcadas pelos lineamentos. O córrego da Praia e o córrego Monjolo encaixam-se no importante Sistema de fratura N30E, identificado na mina.

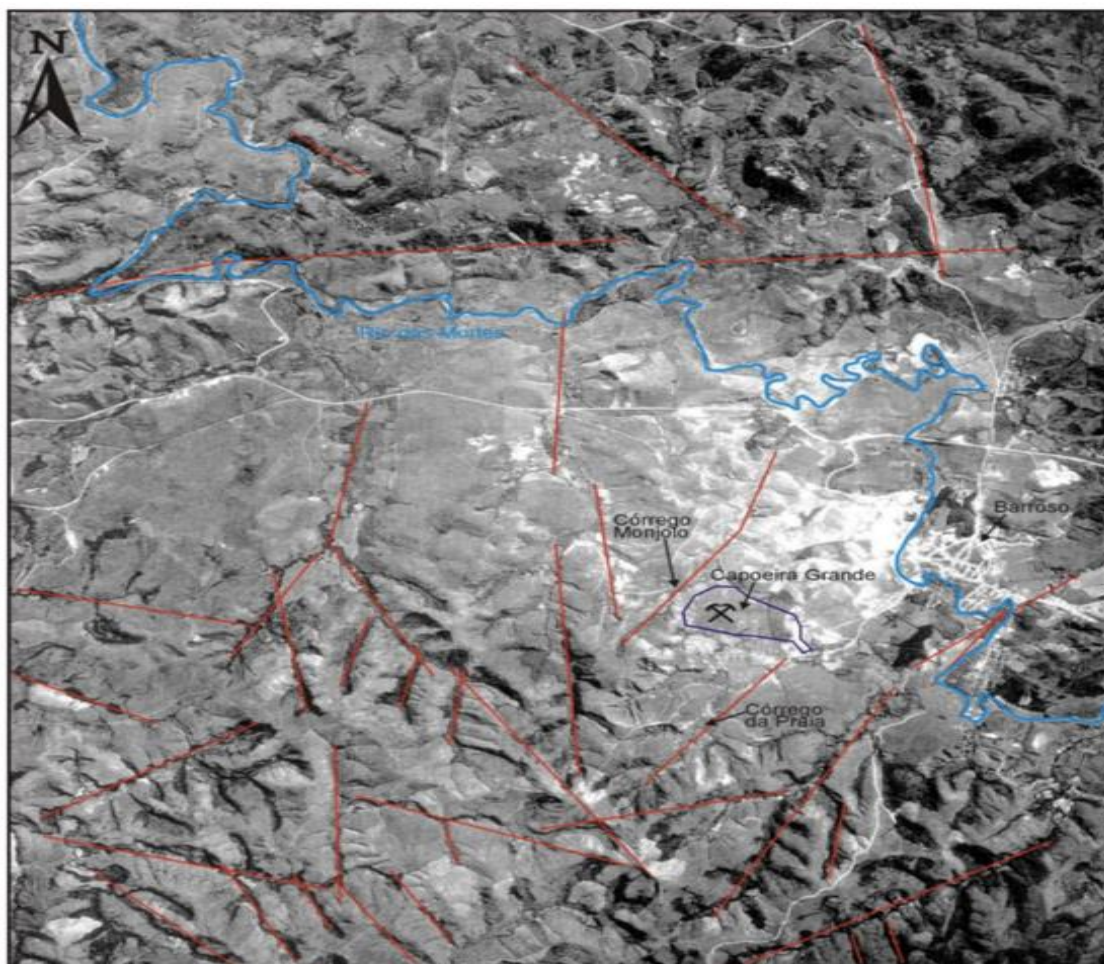


Figura 3: Aerofotografia em escala 1:60.000 com lineamentos nos arredores da Mina Capoeira Grande.



Fonte: Hidrovia, 2022.

3. Modelo hidrogeológico conceitual da área de influência do rebaixamento

O modelo conceitual apresentado foi baseado nos estudos realizados pela Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente (2003), não havendo alterações significativas na sua concepção geral. As formações rochosas presentes na Mina Capoeira Grande estão representadas por rochas filíticas e xistosas na porção basal, as quais sustentam todo o pacote de sedimentos sobrepostos, sejam calcários imediatamente acima, intercalados por cálcio-xistos e, no topo, os materiais de alteração representados por coberturas inconsolidadas, provenientes dos produtos de alteração de mica-xistos, de coloração avermelhada. A tabela 1 a seguir, apresenta a identificação dos materiais litológicos e sua relação hidroestratigráfica.

Tabela 1: Correlação entre as unidades litoestratigráficas e hidroestratigráficas

Litoestratigrafia		Unidades Hidroestratigráficas
Grupo	Formação	
Depósitos eluviais, coluviais e aluviais indivisos (coberturas inconsolidadas)		Unidade 1 - Aquífero livre / freático (Porosidade intersticial primária)
Grupo Carandaí	Formação Rio Elvas Biotita xistos	Unidade 2- Aquífero fraturado (Materiais fissurados com xistosidade e fraturas apertadas, baixos valores de condutividade hidráulica)
	Formação Barroso Calcário calcítico e cálcio-xistos	Unidade 3 - Aquífero Carbonático (porosidade fissural secundária, baixos a médios valores de condutividade hidráulica; elevados localmente)
	Formação Prados Xistos e Filitos	Unidade 4 - Aquiclude (Porosidade secundária desprezível; baixíssimos valores de permeabilidade)

As principais formações geológicas envolvidas no modelo em questão estão resumidas abaixo, correlacionando as tipologias aquíferas com suas características como permeabilidade e porosidade naturais.

Os xistos e filitos podem ser classificados como um aquíclode, devido à sua porosidade primária inexistente e porosidade secundária de baixa expressividade. Desta forma, em relação às unidades mais permeáveis situadas acima, os filitos podem ser considerados como o limite inferior de fluxo das águas subterrâneas.

O comportamento hidrogeológico da unidade hidroestratigráfica representada pelos calcários e cálcio-xistos da Formação Barroso é fundamentado pela presença de fraturas que podem corresponder aos elementos de controle dos fluxos nessa unidade. Esta unidade permite a circulação de água subterrânea através dos planos dessas fraturas, os quais podem se mostrar, em geral, pouco abertos ou mesmo pouco desenvolvidos, dadas as condições de permeabilidade verificadas nas realizações de ensaios de bombeamento e de condutividade hidráulica nos poços de monitoramento. Os calcários de uma forma geral constituem importantes aquíferos em nível regional.

Contudo, as fraturas são mais frequentes nos cálcio-xistos, e estes foram interpretados como os responsáveis pela predominância dos aportes de fluxos subterrâneos. Assim a conformação estratigráfica envolvendo as duas litologias, cálcio-xistos e calcários, é representada por sub-unidades diferenciadas pela heterogeneidade e anisotropia dos



materiais, podendo apresentar valores mais elevados de condutividade hidráulica nos cálcio-xistos.

Os materiais inconsolidados superiores coincidentes aos xistos alterados, os quais se encontram na zona não saturada em sua maior parte, podem se constituir numa sub-unidade à parte, devido à maior presença de material argiloso. Como sub-unidade hidroestratigráfica, caracterizam-se por possuir baixa permeabilidade, porém com capacidade de armazenamento significativa.

Por outro lado, os materiais mais grosseiros que se encontram localizadamente nos vales de drenagem mais desenvolvidos, como na calha do rio das Mortes, apresentam-se como uma sub-unidade distinta, onde os valores de condutividade hidráulica estão relacionados à condição do meio aluvionar em questão, atingindo a ordem de 10^{-4} m/s. Os sedimentos agrupados sob o nome genérico de cobertura inconsolidada encontram-se predominantemente inseridos na zona não saturada, sendo objeto de análise apenas para sua adoção como material poroso sobrejacente, onde toda a recarga é processada.

O comportamento hidrogeológico desta unidade é pouco conhecido, mas certamente deve apresentar uma permeabilidade espacialmente variável, devido ao teor de argilas, ao grau de alteração e ao nível de inconsolidação dos materiais, podendo atingir valores de permeabilidade medianos a baixos (10^{-6} a 10^{-8} m/s).

Os controles de fluxo subterrâneo exercidos pelos referidos entes estruturais são, para o caso de Capoeira Grande, fortemente influenciados pela ação do gradiente hidráulico local, o qual induz o fluxo de norte a sul, em descontinuidades associadas aos planos de fraturas e xistosidades. O sistema de fluxos fica governado preferencialmente pelos planos de fraturas, os quais através das interseções com as xistosidades tendem a manter as direções do escoamento para o nível de base local constituído pelo rio das Mortes, a leste e nordeste da área de investigação.

A porção de montante situada ao sul do domínio de investigação é caracterizada por encostas elevadas conformadas sobre rochas xistosas, as quais constituem as cabeceiras das bacias dos córregos Moleque, Praia e Monjolo, configurando a principal zona de recarga do sistema aquífero que drena sob a área da mina Capoeira Grande. As porções leste, norte e oeste do referido domínio estão delimitadas, respectivamente, pela barreira física representada pela calha de drenagem do rio das Mortes e pela vertente que abriga a calha do córrego Monjolo.

4. Modelo numérico do fluxo de água subterrânea

A partir do modelo conceitual, foi construído e calibrado um modelo numérico de fluxo das águas subterrâneas para a área de estudo. O objetivo deste modelo consistiu em representar a condição da dinâmica de circulação hídrica na área de influência do empreendimento para a realização de simulações de cenários futuros e avaliação de impactos.

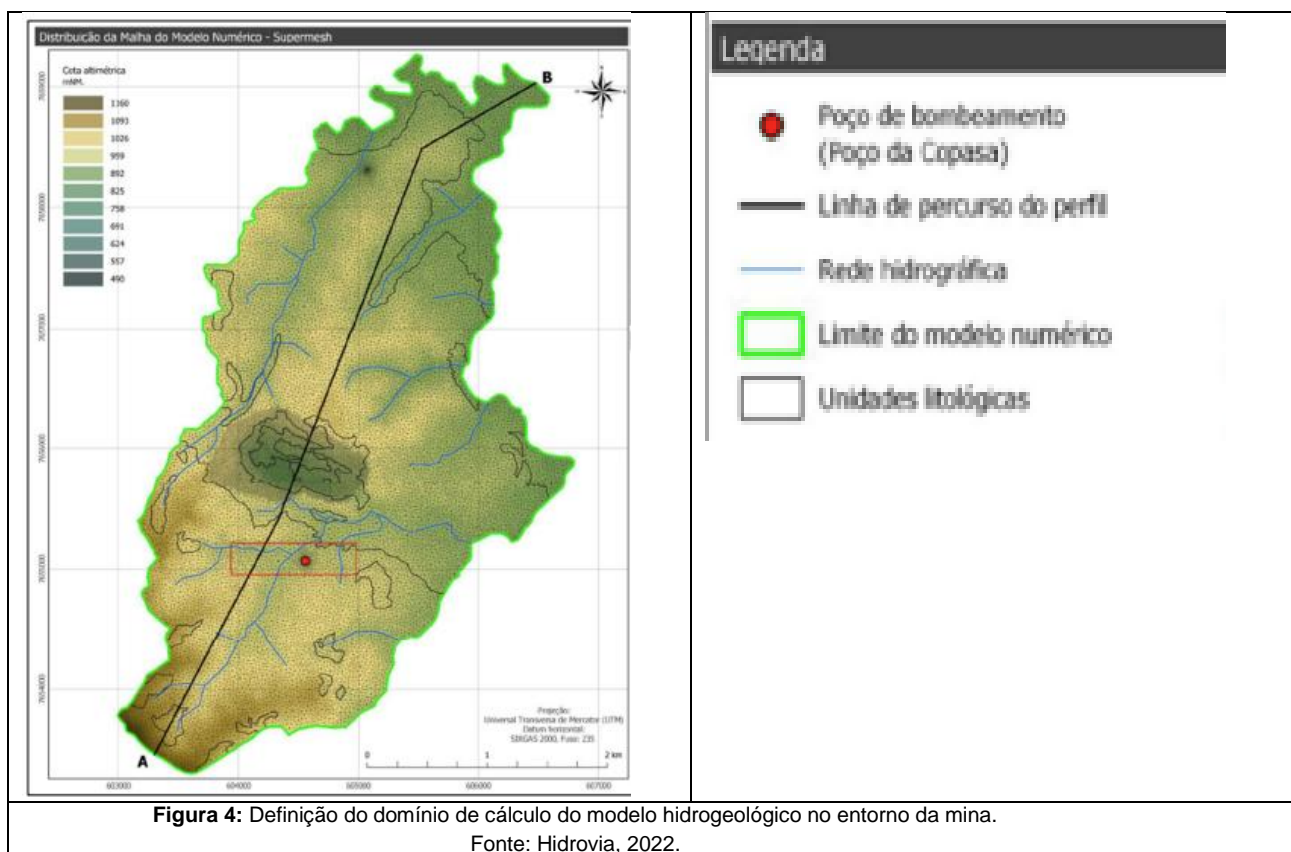
O estudo de modelagem em regiões fraturadas apresenta algumas limitações, devido à anisotropia (descontinuidades), à heterogeneidade das rochas e à dificuldade em se caracterizar a distribuição das propriedades intrínsecas do ambiente.



Apesar destas dificuldades, assume-se que tanto o escoamento no meio poroso como nas rochas fraturadas é governado pela lei de Darcy, utilizando o método dos meios porosos equivalentes. Em escala regional, a anisotropia e a descontinuidade podem ser simuladas através de ferramentas desenvolvidas para meios porosos, considerando-se sempre a existência de uma alta condutividade para esses planos de escoamento. Ressalta-se ainda que para a modelagem foi adotado o cálculo da Equação de Richards, a qual representa a variação de fluxo em meios porosos variavelmente saturados. Para tal modelo, foram utilizadas simplificações lineares e adequadas para a representação da relação da carga de pressão e da condutividade hidráulica relativa em função de saturação residual.

Para a melhor adequação dos estudos, optou-se pela utilização do modelo FEFLOW (Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System), uma ferramenta computacional de simulação do fluxo tridimensional, que proporciona maior flexibilidade no desenho da malha e na introdução de elementos discretos, que possibilitam a representação de fraturas e outras formas de condução e armazenamento de água no sistema.

Para a construção do modelo, levou-se em consideração uma área abrangente o suficiente para incorporar os cursos de água de interesse, uma parcela da área urbana de Barroso e outros atributos e pontos descritos no modelo conceitual. A discretização da malha, bem como a localização, a extensão e a malha de elementos finitos do modelo estão apresentadas na figura 4. A malha do modelo incorpora uma área de aproximadamente 12,5 km² e esta foi refinada na área da cava e das principais estruturas de controle de fluxo, como as drenagens, os principais lineamentos e os poços de bombeamento.





O modelo hidrogeológico computacional foi desenvolvido em uma condição temporal transiente, na qual os valores de cargas hidráulicas variam espacialmente e no tempo. A discretização dos intervalos de tempo (períodos de stress) levou em consideração o período do monitoramento, as variações do nível d'água observadas, o regime pluviométrico, ou a recarga, e o tempo previsto para a operação da mina.

A recalibração e atualização do modelo foram realizadas para o período correspondente entre outubro/2011 e setembro/2024, como vem sendo realizado nas últimas atualizações. Foram discretizados 52 intervalos de recarga trimestrais. Posteriormente, para a simulação das condições futuras da mina, considerou-se o período de 10 anos (ano 1 ao ano 10), com previsão dos planos de lavras futuros da mina, sendo discretizados períodos de tempos trimestrais.

As condições de contorno representam a interação entre o domínio do modelo e o ambiente circundante. Foram utilizados dois tipos de condição de contorno:

- Fluxo especificado – A recarga direta pela infiltração de águas precipitadas ocorre em todas as porções da bacia considerada no modelo numérico. Neste estudo, a distribuição das unidades rochosas e de coberturas foi considerada como fator preponderante para a espacialização e efetivação da recarga na área do modelo. Desta forma, a aplicação dessas taxas de recarga seguiu a distribuição das principais unidades geológicas de cobertura na área;
- Carga hidráulica especificada – Cursos de água e sumps. A carga hidráulica especificada foi utilizada para representar as drenagens conectadas ao sistema de fluxo das águas subterrâneas. A malha de elementos finitos do modelo foi projetada para estar em conformidade com a distribuição das principais drenagens identificadas nas bacias de entorno da área de estudo. A condição de contorno de carga hidráulica foi aplicada aos talvegues da camada superficial do modelo e aos sumps das cavas, utilizando-se a especificação de uma condição de restrição de fluxo (constrain), a qual impõe que estas condições de contorno apenas removam água do aquífero quando estas efetivamente interceptam o nível.

A avaliação dos materiais geológicos encontrados na região de estudo, vistos sob o aspecto da semelhança do comportamento hidráulico (armazenamento e condução de água subterrânea), resultou na definição de seis unidades hidrogeológicas distintas, quais sejam: 1) depósitos aluviais; 2) colúvio n1, formado pelos depósitos elúvio-coluvionares indivisos do solo, menos condutivos; 3) colúvio n2, também formado pelos depósitos elúvio-coluvionares indivisos do solo, porém mais condutivos; 4) rochas carbonáticas (calcário); 5) cálcio-xisto; e 6) embasamento cristalino, composto pelo quartzo-biotita xisto e filito fraturado.

A distribuição espacial tridimensional das seis unidades hidrogeológicas, associadas aos litotipos locais, foi acomodada no domínio de cálculo do modelo computacional utilizando-se de seções geológicas, verticais e horizontais, geradas a partir dos resultados dos furos de sondagem.

4.1. Calibração em regime permanente



A calibração em regime permanente foi conduzida por meio de uma abordagem iterativa, manual, de tentativa e erro, sendo utilizados os níveis de água medidos nos poços de monitoramento. Nesta abordagem, as cargas hidráulicas resultantes foram comparadas àquelas observadas em campo para outubro de 2011 e os parâmetros de entrada do modelo foram reajustados para alcançar uma melhor concordância com as condições observadas. Assim, o procedimento de calibração do modelo envolveu o ajuste de valores de condutividade hidráulica e/ou recarga para fazer com que esses estejam dentro de um intervalo de erro aceitável tendo como referência os valores medidos em campo. Neste contexto, os resultados de calibração do modelo são avaliados usando medidas estatísticas baseadas no resíduo de calibração.

As taxas de recarga utilizadas estão representadas a partir de percentuais relativos da precipitação, conforme distribuição apresentada na tabela 2. Estes percentuais foram obtidos durante as calibrações do modelo, buscando ajustar os valores dos níveis d'água bem como as vazões de base nos córregos, sendo os valores efetivos de recarga estabelecidos de acordo com os dados de precipitação correspondentes ao período adotado. A precipitação média de referência para o ano de 2011 é da ordem de 1.396 mm/ano, considerando os dados da estação pluviométrica da mina Capoeira Grande.

Tabela 2: Valores de recarga e de condutividade hidráulica obtidos na calibração permanente

Unidade Hidrogeológica	Recarga		Condutividade (m/s)		
	(mm/ano)	(%)	Kx	Ky	Kz
Aluvião	70	5	6 x 10 ⁻⁵	6 x 10 ⁻⁵	6 x 10 ⁻⁵
Colúvio n1	70	5	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶
Colúvio n2	98	7	3 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁶
Calcário	70	5	3 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁸
Cálcio-xisto	70	5	2 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁷
Embasamento fraturado	84	6	8 x 10 ⁻⁸	8 x 10 ⁻⁸	8 x 10 ⁻⁸

Como mencionado anteriormente, para a calibração deste cenário foram tomados os níveis d'água dos instrumentos em outubro de 2011. Os resultados obtidos para a calibração dos níveis d'água em regime permanente estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Cotas de nível da água subterrânea associadas aos dispositivos de monitoramento na calibração preliminar

Instrumentos	SIRGAS 2000, 23S			Nível d'água (m)	
	UTM-E (X)	UTM-N (Y)	Obs.	Cal.	Cal. - Obs.
PM-01-A	605075	7655309	939,5	945,4	5,9
PM-03	605456	7656556	924,4	925,2	0,9
PM-04	605100	7657150	926,8	927,0	0,3
PM-05	604180	7656634	943,7	944,7	1,0
PM-06A	603886	7655549	955,3	955,3	0,0
POÇO DA COPASA	604556	7655067	940,3	940,5	0,2
PB1	604533	7655110	942,7	950,3	7,6
PB2	604588	7655067	949,1	950,0	0,9

Juntamente com os níveis também se analisaram as vazões de descarga nas drenagens, onde os resultados obtidos foram comparados com os valores médios, máximos e mínimos do período seco de 2011, buscando uma vazão modelada próxima à vazão de base, ajustando-se os valores de recarga. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Vazões de base calculadas pelo modelo e observadas em campo



Instrumentos	Vazão período seco (m ³ /d)			
	Obs. Mín.	Obs. Med.	Obs. Máx.	Cal.
Cór. Cana	0,0	35,3	90,0	2,4
Cór. Agrião	54,0	74,2	102,0	83,8
Cór. Praia	168,0	486,8	988,8	302,1
Cór. Monjolo Montante	16,8	32,5	66,0	17,6
Cór. Monjolo Jusante	28,8	58,2	114,0	58,2
Sump da mina	81,0	292,7	614,4	575,6

De acordo com os dados apresentados, as vazões calculadas de forma geral mostraram-se próximas aos intervalos de valores medidos, com exceção das vazões onde está situado o vertedouro do Córrego Cana, apresentando uma vazão calculada muito inferior à média da vazão observada. Destaca-se também que os picos de vazão observados na seção fluviométrica do córrego Praia, ao longo dos períodos de estiagem, podem estar condicionados ao esgotamento sanitário do bairro homônimo e, portanto, tais valores não foram representados pela calibração do modelo numérico de fluxo.

O resultado geral de balanço de massa do modelo também se mostrou bastante condizente com as premissas adotadas no modelo conceitual e com as condições de contorno consideradas no modelo numérico. A tabela 5 apresenta os valores de entrada e saída de água do modelo, conforme sua calibração. A diferença entre as parcelas hídricas analisadas, equivalente a zero, indica a boa convergência dos dados.

Tabela 5: Balanço de massa geral do modelo em termos de entradas e saídas de água

Condição de Contorno	Balanço (m ³ /d)	
	Entradas	Saídas
Recarga	2662,6	
Drenagens		-2040,5
Cava		-575,6
Poços		-46,5
Total	2662,6	-2662,6

Nota: valores obtidos na calibração do modelo numérico

4.2. Calibração em regime transiente

A calibração em regime transiente foi estabelecida de forma a representar a evolução das cargas hidráulicas e vazões de descarga subterrâneas na área de interesse desde as condições de outubro/2011 até setembro/2024. Ou seja, a calibração em regime transiente simula o gradativo deságue das cavas na área de estudo.

Como condição inicial da calibração em regime transitório, foram utilizados os resultados obtidos na calibração em regime permanente. O passo inicial da simulação representa a data de 01/10/2011 (dia 0). O período final da calibração se dá na data de 30/09/2024 (dia 4748).

A recarga foi configurada para variar trimestralmente, sendo capaz de diferenciar os períodos secos e chuvosos, de acordo com a precipitação anual registrada no pluviômetro da estação da mina Capoeira Grande. As lacunas nos registros pluviométricos da estação da mina Capoeira Grande foram preenchidas a partir da série histórica da estação climatológica de Barroso (código 2143006), visto que ambas estão próximas entre si e encontram-se localizadas em região climática e altitude semelhante.



Nos períodos com ausência de registro pluviométrico de ambas as estações foram atribuídos os valores referentes aos totais mensais da série histórica Capoeira Grande, de setembro de 2002 a novembro de 2020.

Outra condição de contorno configurada para variar ao longo do tempo foi a projeção das cavas, com inserção das cargas hidráulicas de fundo da cava, como representação do bombeamento no sump para todos os anos avaliados (2011 a 2024), conforme topografias fornecidas pelo antigo empreendedor, a LafargeHolcim.

A calibração em regime transiente foi verificada comparando-se as variações temporais nos dados observados e calculados de carga hidráulica, monitorados nos instrumentos, bem como de vazão de descarga nas principais drenagens monitoradas. Foram avaliadas as vazões subterrâneas calculadas no modelo e comparadas às vazões totais monitoradas nos instrumentos instalados (poços de monitoramento e poço da Copasa). Segundo informado, durante a calibração buscou-se ajustar os valores calculados aos valores mínimos monitorados, os quais representam melhor a parcela de contribuição subterrânea.

Assim, de acordo com as observações de simulação, os valores das vazões de desaguamento calculados se encontram próximos aos valores máximos monitorados. Os picos de bombeamento monitorados estão associados aos períodos chuvosos e conseqüentemente ao bombeamento de água de chuva e das águas subterrâneas, enquanto os calculados pelo modelo buscam representar apenas os bombeamentos equivalentes à parcela de água subterrânea. Ressalta-se que os volumes utilizados para abastecer caminhões-pipa para umectação de vias e britador, não foram computados no monitoramento.

De uma forma geral, conforme resultados obtidos, estes refletem o comportamento dos instrumentos monitorados e dos fluxos regionais, assumindo-se que o modelo está calibrado e adequado para a realizações de simulações futuras.

4.3. Simulações de desaguamento futuro

Os modelos matemáticos de fluxo, quando bem construídos e calibrados, são as ferramentas mais robustas para as análises hidrogeológicas, sendo capazes de fornecer resultados relevantes sobre as condições dinâmicas de fluxo hídrico, possibilitando uma análise preditiva mais assertiva. Portanto, partindo do conhecimento das simplificações adotadas, esse recurso tem se mostrado um importante aliado para avaliação de impactos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, auxiliando na tomada de decisões e no direcionamento das investigações hidrogeológicas. Assim, os resultados dos modelos numéricos devem ser interpretados como tendências e os valores numéricos, apresentados como ordens de grandeza desses impactos, devem ser confirmadas a partir dos dados coletados por monitoramento contínuo.

Uma vez calibrado o modelo, as simulações de desaguamento da mina Capoeira Grande foram realizadas em duas etapas distintas, a saber:

- Simulação em regime transiente para os planos de lavra do ano 1 ao ano 10; e
- Simulação em regime permanente para a cava final.



Para tais simulações, houve o ajuste da configuração do fundo de cava, conforme o sequenciamento anual, por meio da seleção de nós e da aplicação de carga constante com restrição de fluxo ($Q < 0$) em cotas correspondentes ao fundo de cada plano de lavra. Conforme os dados recebidos, a cava atual encontra-se na cota 898 mNM e permanecerá nesta cota durante os próximos 6 anos, expandindo-se lateralmente. A partir do ano 7, a cava avança em profundidade atingindo 870 mNM, no ano 10.

4.3.1. Simulação para os planos de lavra do ano 1 ao ano 10

Para se avaliar a necessidade de expansão do sistema de rebaixamento ao longo do tempo, conforme o sequenciamento de lavra para os anos 1 ao 10, foi realizada a simulação de fluxo em regime transiente. Os valores de condutividade hidráulica e armazenamento calibrados foram mantidos durante as simulações.

A simulação foi realizada por um período de 3651 dias, tendo a condição final da calibração transiente como ponto de partida. A recarga foi configurada a partir de uma discretização temporal trimestral e os valores de recarga adotados correspondem às médias mensais da série histórica do pluviômetro da mina Capoeira Grande, relacionados com os percentuais de recarga estabelecidos para cada unidade hidrogeológica na calibração em regime permanente.

Os desaguamentos associados à evolução dos planos de lavra para os anos 1 ao 10 são apresentados na tabela 6.

As vazões de desaguamento simuladas consideraram a recarga e o armazenamento geológico. Observou-se que as vazões de rebaixamento calibradas no modelo transiente se aproximam dos valores máximos monitorados no *sump*. Desta forma, as vazões calculadas nas simulações podem corresponder também às vazões de pico dos anos simulados.

Tabela 6: Vazões de bombeamento futuro mínima, média e máxima simulada para a mina, entre os anos 1 ao 10.
Fonte: Hidrovia, 2024

Plano de Lavra	Mínima (m ³ /h)	Média (m ³ /h)	Máxima (m ³ /h)
Ano 1	25,4	27,6	40,3
Ano 2	26,3	28,1	30,1
Ano 3	26,7	28,5	30,4
Ano 4	26,9	28,7	30,5
Ano 5	27,0	28,7	30,6
Ano 6	27,0	28,8	30,6
Ano 7	26,5	34,5	60,5
Ano 8	37,0	41,3	57,8
Ano 9	37,0	41,2	58,1
Ano 10	36,7	41,0	51,0

4.3.2. Simulação de máximo rebaixamento

O prognóstico de máximo rebaixamento foi realizado em regime permanente, mantendo-se constantes todos os parâmetros hidrodinâmicos apresentados no item 4.1.



As simulações realizadas em regime permanente levam em conta que os cálculos das vazões de bombeamento efetuados pelo modelo consideram somente a água proveniente da recarga, sem levar em consideração aportes diretos de água superficial e água do armazenamento geológico. Por isso, os valores calculados se referem às vazões mínimas de bombeamento esperadas para que haja o desaguamento das cavas, e tais vazões de bombeamento podem ser maiores, a depender do volume aportado diretamente por água superficial proveniente da precipitação.

Em regime permanente, do ponto de vista de impacto ambiental, os resultados apresentam uma situação de máximo impacto, com o máximo cone de rebaixamento já estabilizado. Desta forma, o principal objetivo da simulação em regime permanente é a avaliação dos impactos e não a estimativa de vazão de desaguamento.

4.4. Avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos da região, considerando a interferência na disponibilidade hídrica

O prognóstico de impactos foi realizado a partir de avaliação das alterações das vazões nos pontos de monitoramento e da comparação dos valores de carga hidráulica resultantes da calibração em regime transiente (2022) com os cenários de simulação, em todos os pontos do modelo, avaliando a extensão dos impactos devido ao desaguamento. A análise de impactos nos recursos hídricos foi realizada em duas etapas distintas, a saber:

- Estimativa do impacto já produzido por meio da análise dos dados dos instrumentos de monitoramento hidrométrico, de 2001 até o presente; e,
- Estimativa numérica do impacto produzido pelos planos de lavra futuros.

Em relação às vazões de base nos córregos monitorados, o impacto pretérito pode ser estimado por meio dos instrumentos de monitoramento, de 2001 até o presente. Na tabela 7 é apresentado um resumo das vazões médias do período seco medidas em campo.

Tabela 7: Vazões de base médias monitoradas entre 2001 e 2024. Fonte: Hidrovia, 2024

Data do monitoramento	Vazões médias do período seco (m³/h)				
	Córrego Agrião	Córrego Cana	Córrego Monjolo Jusante	Córrego Monjolo Montante	Córrego Praia
2001	2,5	0,4	0,6		58,9
2002	4,0	2,0	3,3		90,4
2003	4,7	2,6	4,1		106,4
2004	5,2	5,5	5,5		29,5
2005	6,0	6,4	5,5		21,2
2006	4,1	7,6	2,2	2,9	12,5
2007	3,3	6,7	2,1	1,3	16,1
2008	2,9	5,7	2,3	1,4	13,4
2009	3,5	3,0	3,1	2,0	16,3
2010	3,4	2,1	2,8	1,8	16,8
2011	3,1	1,4	2,4	1,3	20,8
2012	4,8	3,6	3,4	2,1	27,3
2013	3,9	3,2	3,0	2,1	16,6
2014	3,7	3,1	3,0	2,1	17,2
2015	3,0	0,0	1,3	1,9	5,4
2016	2,8	0,0	2,0	1,3	10,8
2017	4,0	0,0	12,2	14,5	39,1
2018	4,0	0,0	2,6	2,8	17,3
2019	3,7	0,0	1,6	1,5	51,9
2020	7,4	0,4	5,4	3,9	96,3
2021	7,8	0,0	5,1	1,7	7,9
2022	3,2		2,5	2,3	11,7
2023	10,6	2,0	13,5	8,9	198,5
2024	6,5	0,6	12,3	6,6	96,7

Conforme observado, o escoamento de base dos córregos Agrião e Monjolo (nos trechos a montante e a jusante) tem apresentado uma boa resposta ao regime pluviométrico da região, com incremento de vazão nos anos com maior incidência de chuva. Nota-se que



houve um aumento da média histórica das precipitações, entre 2019 e 2024, comparado ao período de escassez hídrica, observado na região sudeste do Brasil, a partir de 2012. Essa maior precipitação resultou em uma recarga mais expressiva nessas localidades, garantindo maiores fluxos de base no período de seca.

Com base no histórico de vazão dos cursos d'água e nos valores médios calculados para o período seco, não foram observados efeitos significativos decorrentes das operações de desaguamento da cava entre 2001 e 2023 no escoamento de base dos córregos Agrião e Monjolo.

Em medições realizadas a partir de julho de 2015 foi observada a ausência de fluxo no córrego Cana, ocorrendo apenas em períodos pós chuvas, onde o fluxo tem sua contribuição mantida pelo escoamento superficial. Essa interrupção do fluxo em períodos de estiagem ocorre possivelmente em função do rebaixamento do nível d'água subterrâneo, especialmente ao sul da cava, onde a série de monitoramento dos instrumentos PM-06 e PM-06A, situados próximos à cabeceira do córrego Cana, demonstra uma curva descendente, em função da diminuição do nível d'água subterrâneo local.

As operações de rebaixamento de nível d'água durante todo o período monitorado foram realizadas mediante bombeamento de águas subterrâneas e pluviais agrupadas no fundo da cava, através da utilização de um *sump*, que retira a água da cava da mina e o desagua na drenagem superficial até atingir o córrego da Praia.

Quanto ao prognóstico dos impactos futuros, foi realizada a comparação dos valores de carga hidráulica e de fluxo de base entre os resultados de diferentes cenários de simulação, avaliando a profundidade do rebaixamento e a extensão dos impactos devido ao desaguamento.

Por se tratar de um ambiente fissural, as avaliações numéricas dos impactos nas vazões apresentam maiores incertezas e devem ser tomadas com ressalvas, uma vez que são realizadas simplificações do meio fissural, tratado como um meio poroso.

Para a avaliação dos impactos futuros, foi utilizada uma simulação de referência (ano de 2011), calibrada em regime permanente. A redução prevista nas vazões de base nos pontos de monitoramento encontra-se apresentada na tabela 8 abaixo.

Tabela 8: Estimativa da redução das vazões de base em função do plano de lavra futuro (m³/h). Fonte: Hidrovia, 2024

Plano de lavra	Redução no desaguamento dos córregos (m ³ /h)				
	Córrego Monjolo Montante	Córrego Monjolo Jusante	Córrego Praia	Córrego Cana	Córrego Agrião
Ano 1	-0,73	-2,12	-9,98	0,00	-1,78
Ano 2	-0,70	-1,92	-8,66	0,00	-1,46
Ano 3	-0,67	-1,80	-8,02	0,00	-1,33
Ano 4	-0,63	-1,70	-7,79	0,00	-1,27
Ano 5	-0,61	-1,64	-7,57	0,00	-1,22
Ano 6	-0,61	-1,62	-7,55	0,00	-1,22
Ano 7	-0,73	-2,13	-10,11	0,00	-1,84
Ano 8	-0,73	-2,01	-9,35	0,00	-1,76
Ano 9	-0,73	-2,02	-9,39	0,00	-1,86
Ano 10	-0,73	-2,06	-9,42	0,00	-1,94
Cava final	-0,73	-2,42	-12,59	0,00	-3,49

Em relação às previsões futuras dos impactos nas vazões de base, nota-se que os córregos Cana e Monjolo Montante, já na calibração apresentam o escoamento



subterrâneo próximo de zero ou zero. Desta forma, nas simulações estes córregos se mantêm com fluxos desprezíveis de contribuições subterrâneas.

Por outro lado, os córregos Praia, Agrião e Monjolo jusante deverão ter suas vazões de base reduzidas gradualmente, acompanhando o avanço de lavra da mina, para o cenário da cava final em relação ao cenário atual.

No caso do córrego Praia, os impactos não devem atingir a mesma magnitude, devido a reposição de água retirada do *sump*, que corresponde a 83% do volume captado em média.

Além do fluxo de base, outra forma de avaliar os impactos provocados pelo avanço de lavra se refere à avaliação e comparação dos valores de carga hidráulica entre os cenários simulados que busca representar a extensão do rebaixamento do nível d'água provocado pelo desaguamento da cava. Observa-se que a expansão da cava, nos cenários futuros, ocorre apenas lateralmente com o avanço de lavra e a cota de fundo da cava permanece em 898 mNM durante os próximos 6 anos. Nas figuras 5, 6 e 7 é apresentada a evolução do rebaixamento simulado para cada cenário de plano de lavra em relação ao cenário atual.

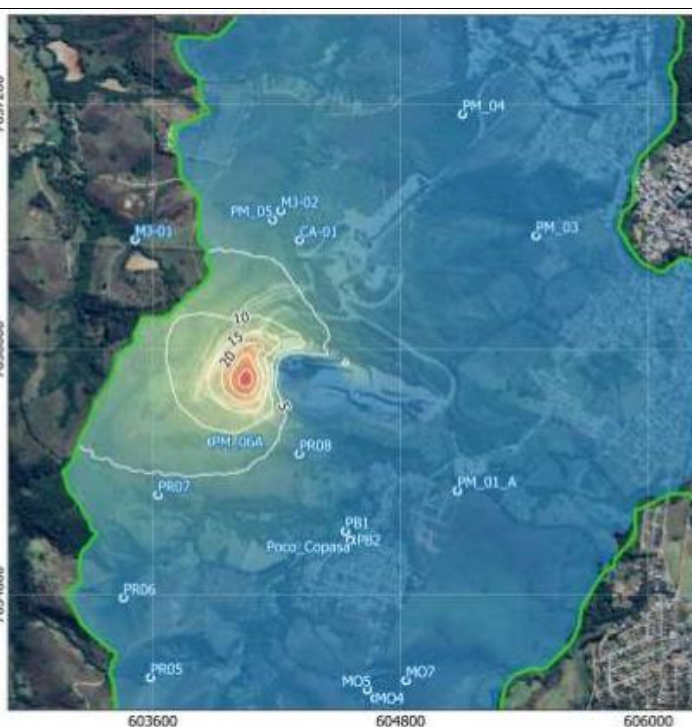
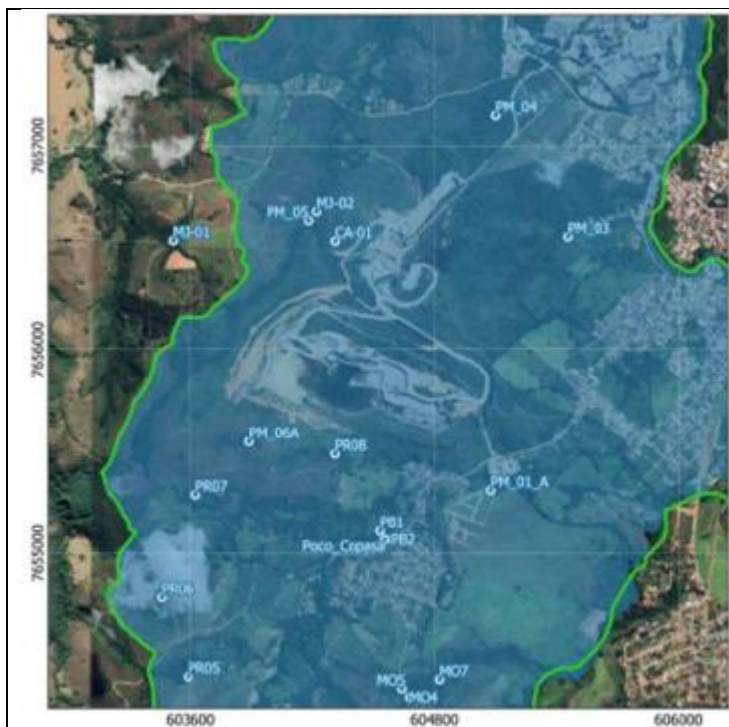
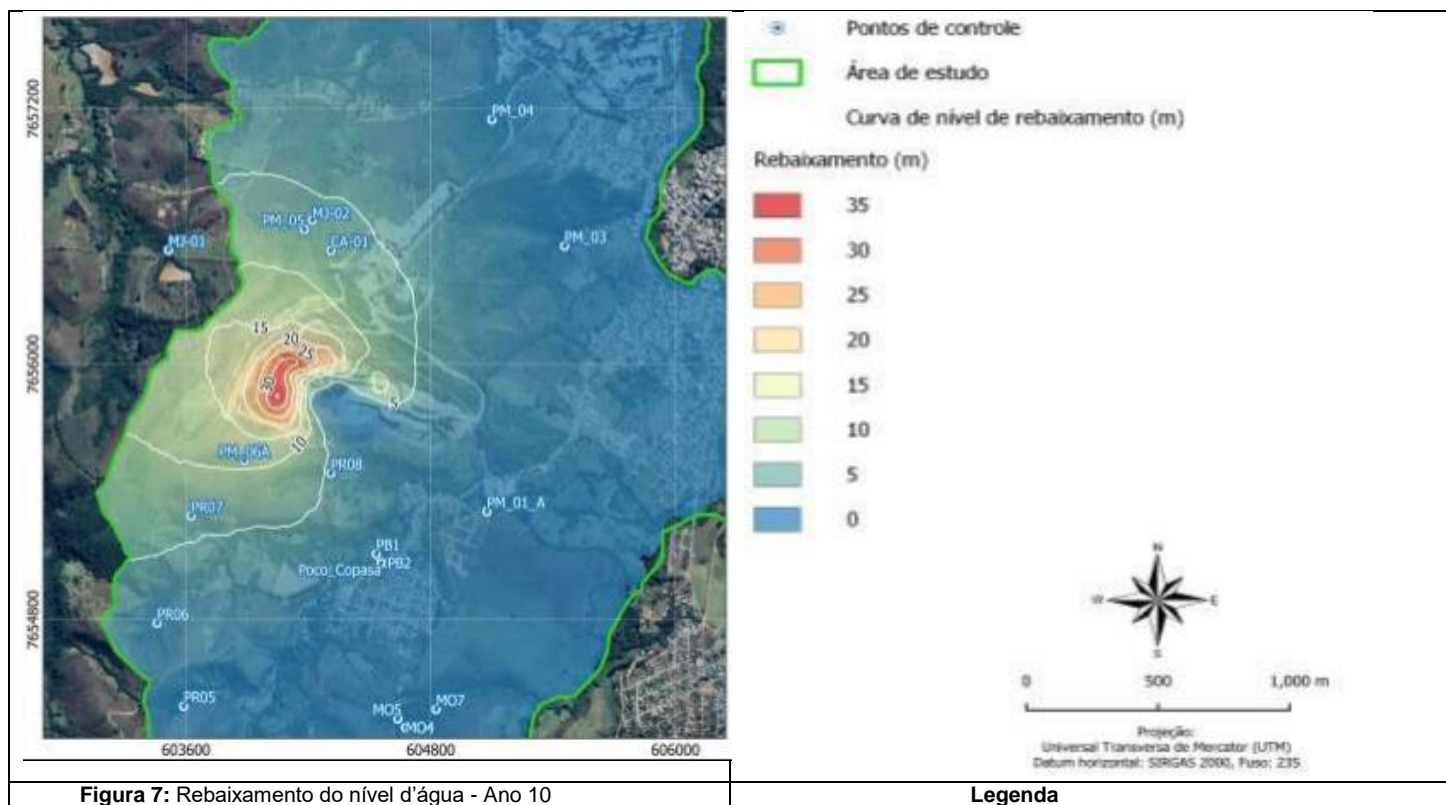


Figura 5: Rebaixamento do nível d'água - Ano 1

Figura 6: Rebaixamento do nível d'água - Ano 7



Considerando as nascentes cadastradas na região pela HIDROVIA (2003), bem como os instrumentos de monitoramento de nível d'água, verificou-se que o desaguamento dos seis primeiros anos do avanço de lavra praticamente não implica em rebaixamento de nível d'água, além da condição atual. Contudo, a partir do avanço de lavra do ano 7, a extensão do rebaixamento se estenderia a oeste da cava avançando afóra do domínio modelado, em direção à cabeceira do córrego da Embira.

Embora o modelo indique um rebaixamento em torno de 5 metros, conforme discutido no item 4.1 que trata da calibração em regime permanente, esse resultado deve ser analisado com maior detalhamento, com ampliação da rede de monitoramento para melhor investigação.

De acordo com o informado, a curva de 5 metros, embora indicada no modelo, deve ser analisada com ressalvas, pois está possivelmente associada ao valor do NRMS (*Normalized Root Mean Square*), o que sugere que sua precisão depende da validação por meio da ampliação da rede de monitoramento proposta (instrumentos PMP-08, PMP-04, PMP-03, PMP-07, PMP-01 e PMP-02) que será fundamental para confirmar se os dados obtidos refletem o comportamento real do sistema.

Com relação à extensão do rebaixamento causado pelos planos de lavra, estimou-se que a cava projetada para o ano 10 gerará um cone de rebaixamento, com profundidade em torno de 35 metros, limitado à região da própria cava. À medida que se afasta da cava, o rebaixamento diminui gradualmente, alcançando cerca de 10 metros, sem apresentar características de rebaixamento extremo como o observado na área da cava.

Para o cenário simulado com o plano de lavra do ano 10, o desaguamento necessário implicaria em um rebaixamento de nível d'água cuja extensão interceptaria os pontos MJ-02, CA-01, PM-05, PM-06A e PR-07. Além disso, observou-se na figura 7 que a



extensão do rebaixamento não prevê impacto no poço de abastecimento da concessionária local, Copasa.

No que se refere aos pontos de desague e reposição nos cursos d'água, o empreendedor apresentou esclarecimentos através dos documentos SEI nºs 104613729, 104613731 e 104613727 contendo o cronograma com as ações necessárias para executar a devolução de água, para os córregos Monjolo e Agrião, bem como uma proposição de melhorias na bacia de decantação que antecede o ponto de desague, no córrego Praia, de forma que o cumprimento de tais ações será objeto de condicionante desse parecer técnico.

A figura 8 apresenta um croqui esquemático do caminho de adução já instalado para o córrego Praia e a proposição de adução a ser implantada para os córregos Agrião e Monjolo.



Figura 8: Croqui dos pontos de devolução de água, dos córregos Praia, Agrião e Monjolo

5. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência do rebaixamento

5.1. Monitoramento hídrico de nível d'água

A rede de monitoramento hídrico subterrâneo atual é composta pelo poço tubular da concessionária local (Copasa), que atende à demanda do Bairro Praia e 10 poços de monitoramento conforme observado na tabela 10 a seguir.

Tabela 10: Rede de monitoramento hídrico na área de influência da mina Capoeira Grande. Fonte: Hidrovia, 2024

Nome	Tipo	SIRGAS 2000, 23S		Elevação (mNM)	Período de monitoramento	Frequência dos dados
		UTM-E (X)	UTM-N (Y)			
Praia (COPASA)	Poço de bombeamento	604579	7655113	961,5	fev/2002 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a dez/2017	Mensal
PM-01		605158	7655350	947,5	jul/2001 a out/2002	Quinzenal



PARECER TÉCNICO ÁGUA SUBTERRÂNEA

20 / 30

	Poço de monitoramento				nov/2002 a out/2009	Mensal
PM-02	Poço de monitoramento	605449	7655877	955,0	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a set/2008	Mensal
PM-03	Poço de monitoramento	605501	7656601	927,0	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a set/2024	Mensal
PM-04	Poço de monitoramento	605145	7657196	946,9	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a jun/2024	Mensal
PM-05	Poço de monitoramento	604225	7656679	948,1	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a set/2024	Mensal
PM-06	Poço de monitoramento	604133	7655724	971,6	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a jul/2008	Mensal
PB-01	Poço de monitoramento	604577	7655155	956,5	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a mar/2024	Mensal
PB-02	Poço de monitoramento	604632	7655112	964,1	jul/2001 a out/2002	Quinzenal
					nov/2002 a set/2024	Mensal
PM-01A	Poço de monitoramento	605137	7655360	948,6	jan/2009 a set/2024	Mensal
PM-06A	Poço de monitoramento	603944	7655573	982,1	nov/2002 a set/2024	Mensal

Segundo informado, o monitoramento do nível d'água foi interrompido nos dispositivos PM-01 (desde outubro/09), PM-02 (desde setembro/08), PM-04 (de junho/13 a fevereiro/19, retornando em fevereiro/23) e o PM-06 (desde julho/08) em função de problemas técnicos e do avanço da lavra.

Através do monitoramento destes pontos, verificou-se que nos 8 poços de monitoramento instalados nas adjacências do domínio de investigação de Capoeira Grande (PM-01, PM-01-A, PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-06 e PM-06-A), ocorrem oscilações de carga hidráulica natural do aquífero carbonático, correlacionadas às variações pluviométricas sazonais. Nos PM's 01 e 04, foi observada inclusive uma tendência de elevação das cotas piezométricas, notadamente a partir do início de 2005, possivelmente relacionada a um aumento das taxas de recarga devido à maior precipitação desta estação chuvosa em relação às demais no período monitorado.

O PM-06 é o único poço onde é verificada uma tendência constante de diminuição das cargas hidráulicas ano após ano, porém neste poço também se observa o efeito do aumento das cargas hidráulicas em função das fortes chuvas registradas na estação chuvosa do final de 2004 e início de 2005. Esta observação corrobora as predições qualitativas do modelo numérico realizado, onde o PM-06 seria o poço de monitoramento que apresentaria o maior rebaixamento no seu nível d'água médio com relação aos demais, com uma redução de nível de aproximadamente 20 m entre 2001 e 2008, acompanhado do PM-06-A, cujos níveis reduziram cerca de 6 m, entre 2009 e 2020.

Além disso, verificou-se uma alteração anômala no comportamento do PM-02, a partir de julho de 2007, havendo um súbito aumento das cargas hidráulicas neste mês, que é normalmente seco, seguido de uma diminuição de valores nos meses chuvosos. Este comportamento sugere um possível comprometimento da estrutura do poço, tal como uma obstrução dos filtros. Como esse poço de monitoramento se localiza em terreno de terceiros, é possível que ele tenha sido danificado, o que comprometeu a qualidade das leituras.



Com relação ao nível d'água nos poços de monitoramento PM-03 e PM-05 estes apresentam comportamento estável ao longo do período monitorado, não indicando interferência da cava.

Os pontos PB1 e PB2 encontram-se situados 800 m a sul da cava e apresentam em seus registros de monitoramento piezométrico uma sutil diminuição do nível d'água, sobretudo a partir de 2013. Tal comportamento pode estar associado ao início do período de estiagem plurianual, representado pelo menor índice pluviométrico em relação à média histórica, bem como à exploração de água por meio do poço de bombeamento Praia (Copasa), não sendo observada influência direta do bombeamento realizado na cava (HIDROVIA, 2018).

De modo geral, nota-se uma sutil elevação das cargas hidráulicas até meados de 2011 em alguns instrumentos, seguido por um leve rebaixamento do nível d'água até meados de 2020, período que também coincide, a grosso modo, com a sequência de anos com precipitação abaixo da média desde 2013. A partir de 2020, é perceptível uma leve ascensão dos níveis d'água.

A figura 9 apresenta a distribuição espacial dos pontos atuais de monitoramento hidrométrico que compõem a rede (empreendedor propôs a ampliação desses pontos para a evolução do conhecimento e modelagem hidrogeológica, à medida que ocorra o avanço de lavra, visto adiante neste parecer)

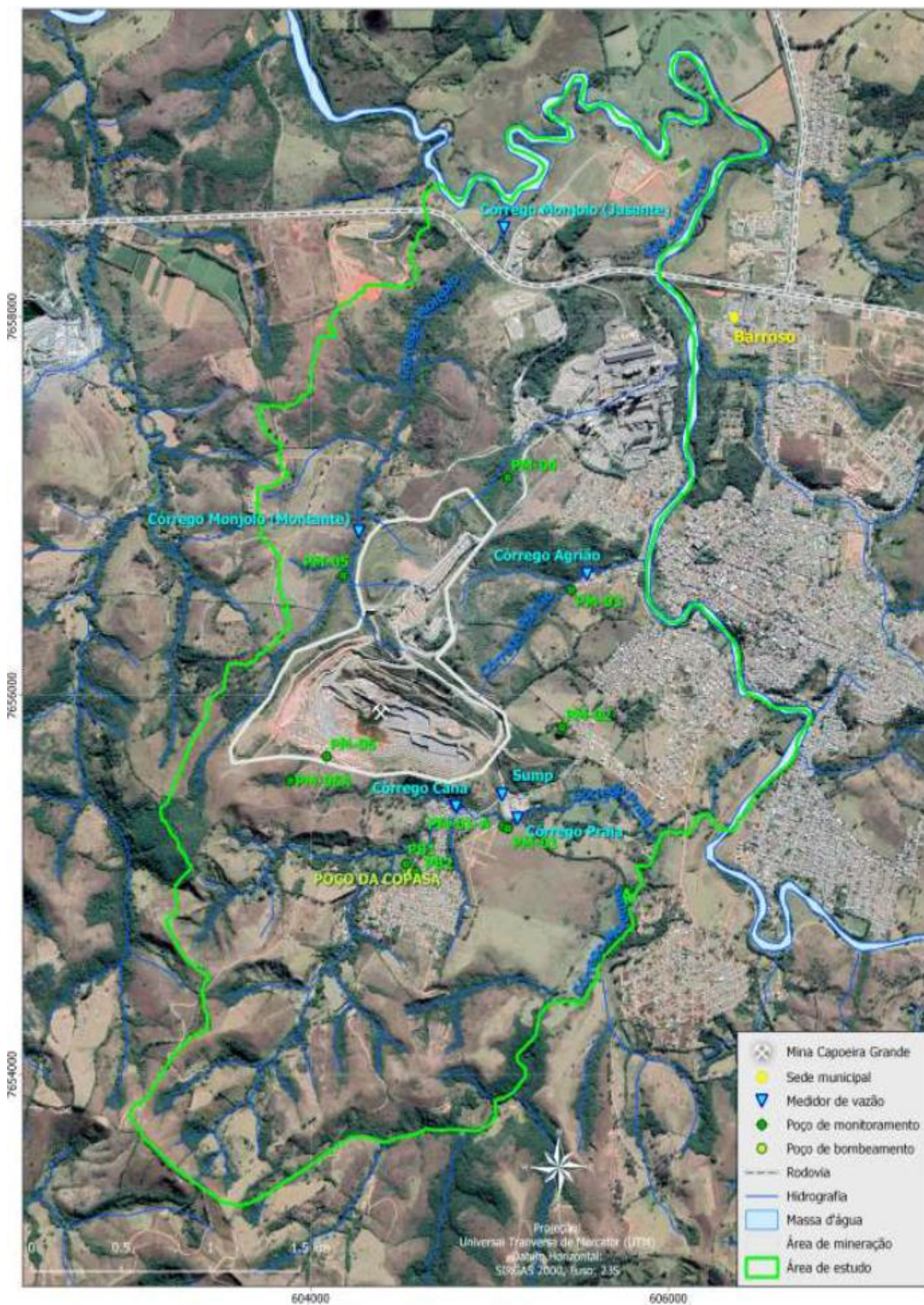


Figura 9: Distribuição dos pontos de monitoramento e poços de bombeamento



5.2. Monitoramento do bombeamento subterrâneo

O desaguamento da água da cava é realizado por meio do sistema *sump*. Os dados mais recentes, apresentados como informação complementar, abrangem o período entre 01/01/2023 e 30/09/2024. A tabela 11 apresenta os dados de captação e retorno, para o período de 2023 e outubro de 2024.

Tabela 11: Média de captação e retorno

Descrição	Utilização m ³ /mês			
	2023 e 2024	2023 e 2024	2023	2024
	Máximo / mês	Média / mês	Média/mês	Média/mês
Captação no rebaixamento	128.530	37.173	47.280	25.046
Industrial (britador)	745	259	168	370
Aspersão (pipa)	7.830	2.680	1.958	3.548
Retorno para meio ambiente	126.656	34.347	45.155	21.127

Os volumes bombeados pelo *sump* e as respectivas destinações (Britador MCG, PIPA MCG - umectação de vias nas minas Monjolo e Capoeira e, restituição ao córrego Praia) totalizaram 567.365 m³, em 2023, enquanto em 2024, até o mês de setembro, o volume acumulado foi de 216.210 m³.

Há de se ressaltar que o balanço hídrico apresentado anteriormente, ou seja, as entradas e saídas desse sistema, a princípio não levaram em consideração todas contribuições, como águas pluviais e drenagens direcionadas para o interior da cava. Dessa forma, após verificação foi apresentado balanço hídrico revisado, de forma que os valores representam não só a proveniência de água subterrânea, mas sim, todas as fontes envolvidas, conforme observado na figura 10.

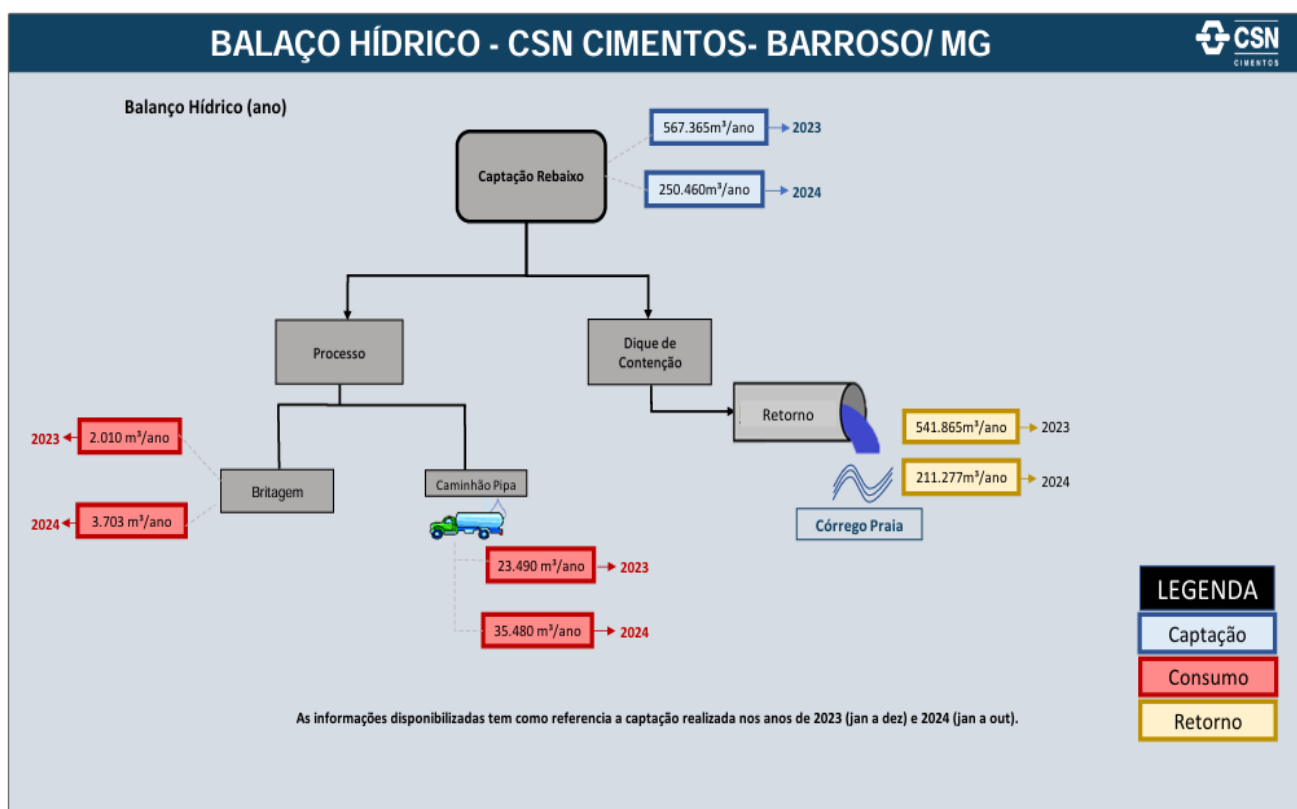




Figura 10: Balanço hídrico atualizado.

Nesse sentido, considerando a média máxima de precipitação dos últimos dez anos, a vazão necessária para bombeamento seria de 358m³/h, porém como não é possível ter um valor exato para precipitações diárias, justificou-se manter o regime outorgado anteriormente de 450m³/h, como forma de garantir a segurança das operações atuais e futuras, o que poderá ser comprovado nos modelos hidrogeológicos subseqüentes.

5.3. Monitoramento hídrico superficial

O plano inicial de controle dos volumes que escoam nos córregos de interesse para o estudo hidrogeológico foi introduzido a partir da instalação de 5 calhas Parshall, situadas nas sub-bacias dos córregos Praia, Agrião, Cana, Monjolo e no Sump da mina Capoeira Grande, respectivamente. Além destes, em outubro de 2005 foi instalada mais uma calha Parshall no córrego Monjolo imediatamente a jusante da área da Mina Capoeira Grande, de modo a atender à condicionante n°4 da portaria de outorga n° 1594/2005.

Estes pontos representam todos os locais de interesse na identificação das descargas que escoam pela área de entorno do empreendimento minerário, importantes para a tomada de informações a respeito das relações entre as taxas de infiltração, escoamento superficial e recarga dos aquíferos. Estas informações são importantes também para o reconhecimento dos regimes hídricos no entorno da área da mineração, servindo de baliza a futuras comparações entre os dados coletados no momento e as implicações das taxas de bombeamento a profundidades mais acentuadas, correspondentes ao término das operações de exploração do minério e de aprofundamento da cava.

De uma forma geral, os dados coletados, no período de agosto/2001 a setembro/2024, apontam uma estreita correspondência das variações de vazão com o regime pluviométrico local. Isto se manifesta através dos aumentos dos valores de descarga nos períodos úmidos, com picos associados aos meses de dezembro a março, sendo mais suavizados nos meses de abril a setembro.

Conforme documento SEI n° 104613718, o empreendedor apresentou uma proposta de ampliação da rede de monitoramento hídrico, da área de influência da mina Capoeira Grande, bem como um plano de monitoramento que deverá ser efetivado, no decorrer da exploração mineral.

Considerando que a mina e conseqüentemente a cava está localizada próxima ao perímetro urbano, os critérios utilizados para a distribuição dos instrumentos propostos para compor a rede de monitoramento levaram em conta os seus posicionamentos com relação aos impactos observados na simulação. A tabela 12 apresenta os dados referentes aos pontos de monitoramento propostos para implantação.

Tabela 12: Pontos de monitoramento complementares sugeridos para compor a rede atual



PARECER TÉCNICO ÁGUA SUBTERRÂNEA

25 / 30

Nome	Tipo	Prof. (m)	Critério	SIRGAS 2000, 23S	
				UTM-E (X)	UTM-N (Y)
PMP-01	Seção Fluviométrica	-	Avaliar o desaguamento do córrego da Embira	603129	7656921
PMP-02	Seção Fluviométrica	-	Avaliar o desaguamento do Ribeirão do Açude	603154	7657024
PMP-03	Seção Fluviométrica	-	Avaliar o desaguamento do córrego Praia localizado antes do lançamento do sump	604560	7655184
PMP-04	Piezômetro	80	Monitorar cargas hidráulicas a noroeste da cava	603428	7656473
PMP-05	Piezômetro	80	Monitorar cargas hidráulicas a oeste da cava	602612	7655887
Nome	Tipo	Prof. (m)	Critério	UTM-E (X)	UTM-N (Y)
PMP-06	Piezômetro	80	Avaliar variação da carga hidráulica provocada pelo avanço de lavra próximo a perímetro urbano. Instrumento localizado próximo ao PM-02 (atualmente inativo)	605401	7655797
PMP-07	Piezômetro	80	Monitorar cargas hidráulicas a noroeste da cava	602998	7656808
PMP-08	Piezômetro	80	Monitorar cargas hidráulicas a sudoeste da cava	603261	7655276

A figura 11 apresenta a configuração da futura rede após incorporação dos novos pontos de monitoramento, de forma mais abrangente na área de influência da mina.

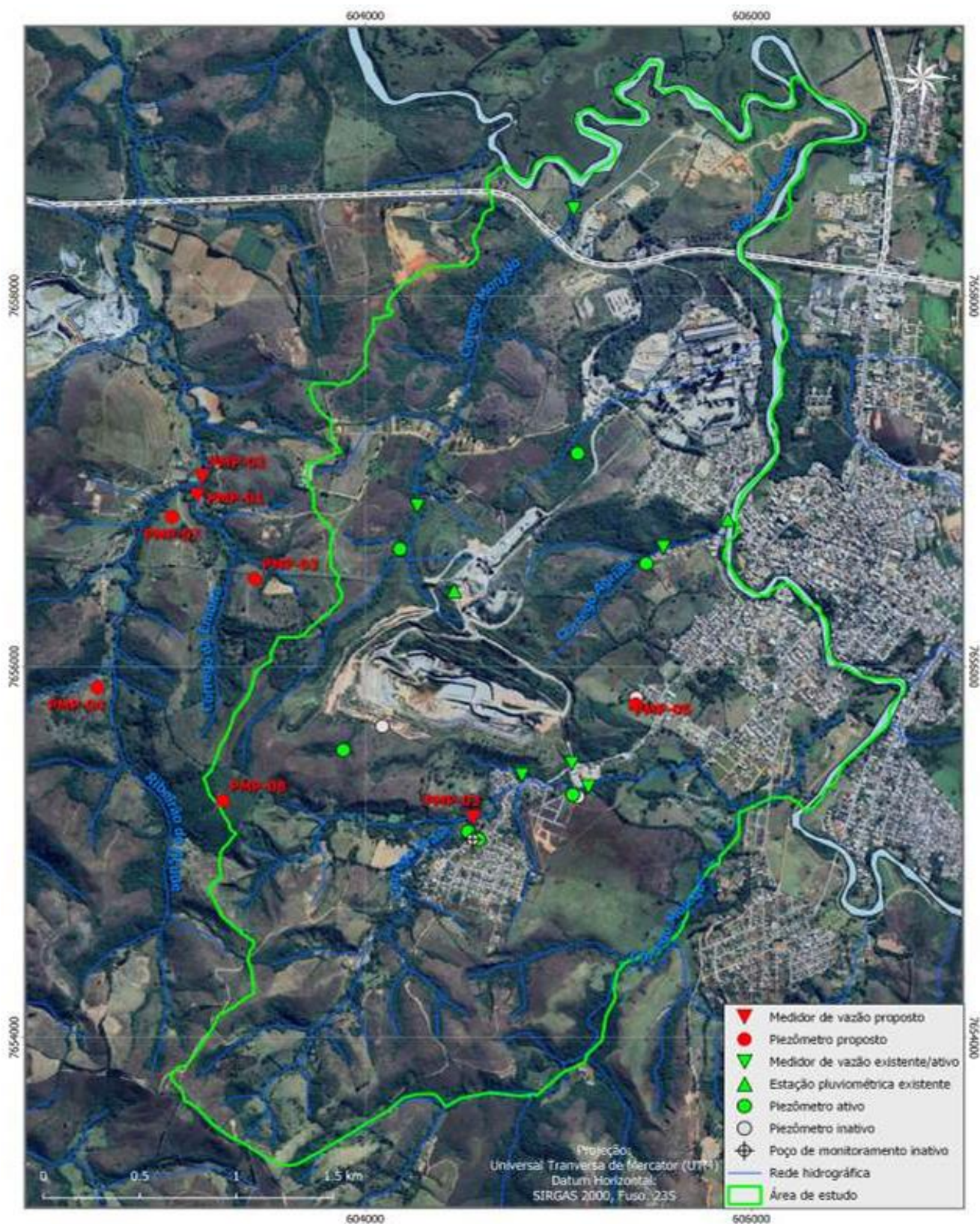


Figura 11: Rede de monitoramento hidrogeológica proposta para a área de influência da mina (ampliação)

5.4. Estimativa de recarga e descarga

Diversos fatores alteram a dinâmica de infiltração das águas, desde os diferentes tipos litológicos, uso e ocupação do solo, declividade do terreno até a intensidade das chuvas e da irradiação solar, que influenciam nos escoamentos superficiais, nas interceptações



e na evapotranspiração. Dada a heterogeneidade dos materiais litológicos na área de estudo e as suas distintas potencialidades à recarga, a quantificação da água que circula em um sistema aquífero pode ser pouco compreendida e até mesmo falseada, para mais ou para menos.

Diante deste contexto foi realizada análise através dos hidrogramas, em nível de sub-bacias, nas seções fluviométricas avaliadas, para estimar as parcelas correspondentes aos escoamentos hídricos superficial e subterrâneo. O quantitativo médio do balanço hídrico nas sub-bacias e uma síntese gráfica das parcelas da precipitação, dos escoamentos superficial e subterrâneo e da evapotranspiração estão esquematizados na tabela 13.

Tabela 13: Quantitativo médio do balanço hídrico nas sub-bacias a montante das seções fluviométricas selecionadas.
Fonte: Hidrovia, 2022

Instrumento	Pluviometria (m³/h)	Escoamento superficial (m³/h)	Escoamento subterrâneo (m³/h)	Perdas hídricas (m³/h)
Córrego Cana	29,4	3,9	3,4	22,1
Córrego Agrião	83,2	2,1	3,6	77,5
Córrego Praia	407,5	36,3	26,5	344,7
Córrego Morjolo montante	110,6	2,9	2,0	105,6
Córrego Morjolo jusante	374,1	3,3	2,9	367,9

Os resultados da análise dos hidrogramas (figuras 12 a 16) e do balanço hídrico, mostram que os valores de escoamento subterrâneo encontrados variam entre 1% e 11% da precipitação atmosférica nas sub-bacias avaliadas, apresentando valor médio de 5%.



Figura 12: Hidrograma resultante do balanço hídrico da bacia do córrego Praia.
Fonte: Hidrovia, 2022

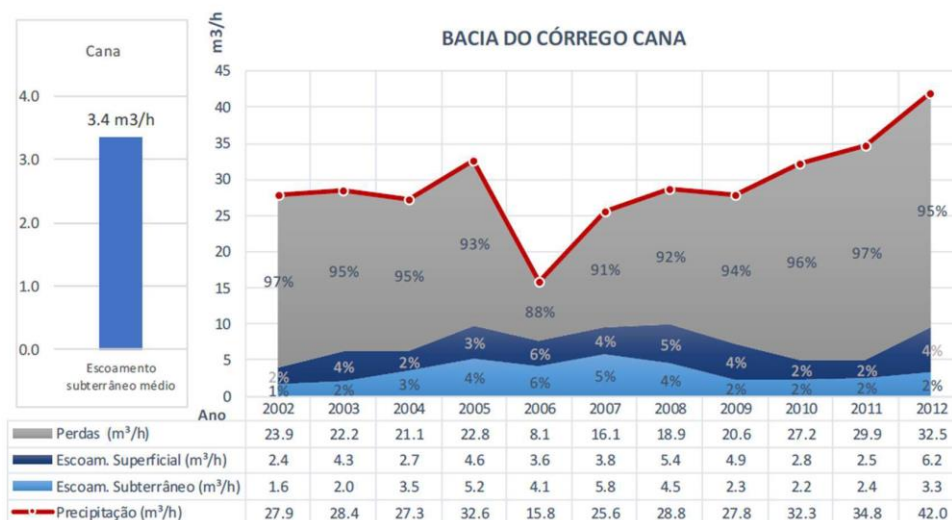


Figura 13: Hidrograma resultante do balanço hídrico da bacia do córrego Cana.
Fonte: Hidrovia, 2022

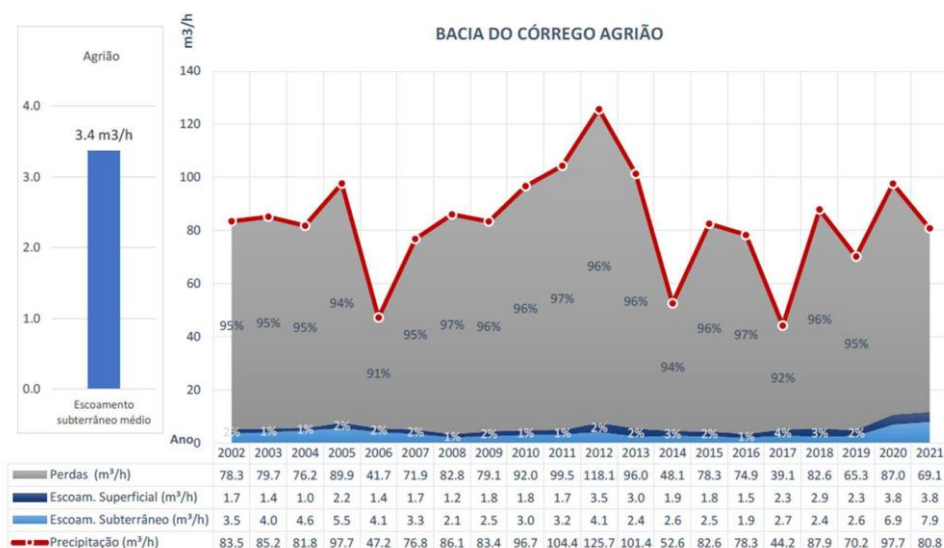


Figura 14: Hidrograma resultante do balanço hídrico na bacia do córrego Agrião.
Fonte: Hidrovia, 2022

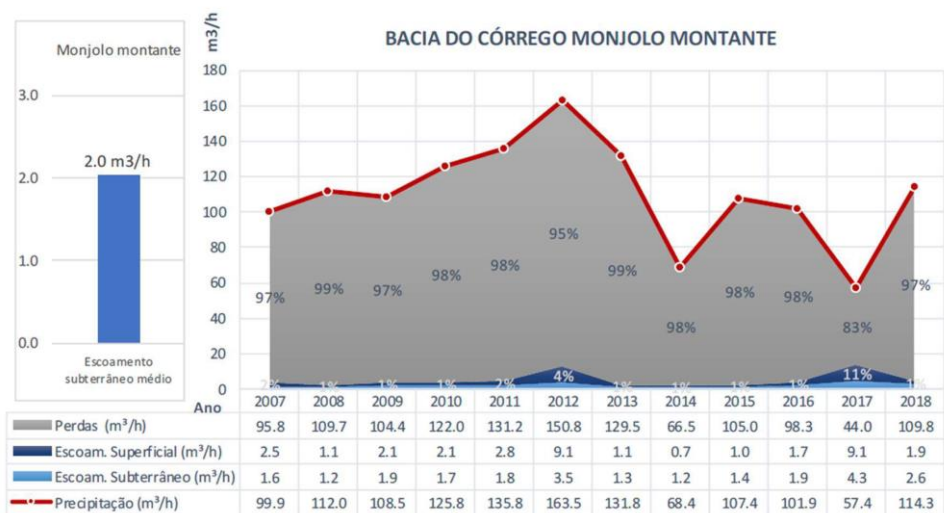


Figura 15: Hidrograma resultante do balanço hídrico da bacia do córrego Monjolo – montante.
Fonte: Hidrovia, 2022

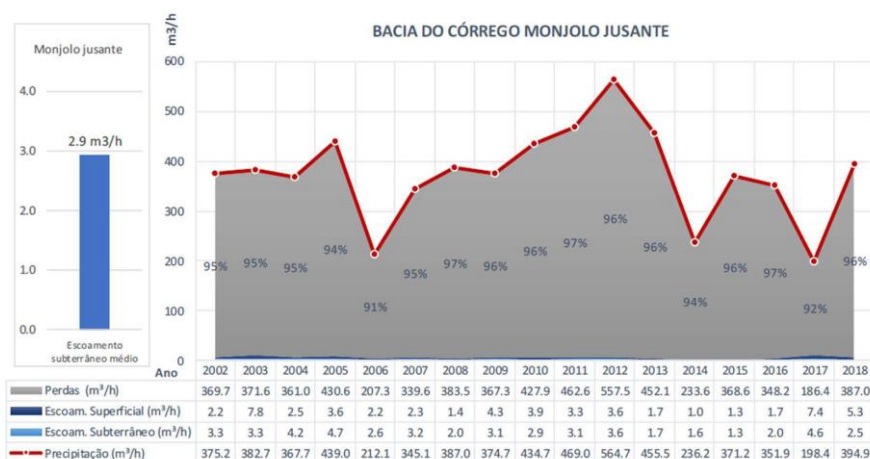


Figura 16: Hidrograma resultante do balanço hídrico da bacia do córrego Monjolo - jusante.
Fonte: Hidrovia, 2022

Além disso, os solos de textura argilosa, como os que ocorrem no domínio de abrangência do estudo, possuem baixa permeabilidade, impedindo que a infiltração de água ocorra de forma efetiva nas camadas subsuperficiais do solo e dificultando o processo de recarga dos aquíferos em profundidade.

Em geral, os percentuais de perdas hídricas, correspondentes à diferença entre a pluviometria anual média e o valor do escoamento total médio, se mantêm próximo de 90% em relação à precipitação anual monitorada. Salienta-se, no entanto, que, para a definição correta do valor da evapotranspiração e das contribuições subterrâneas, devem ser computados os usos de água específicos de cada sub-bacia para a situação atual.

Ressalta-se que os dados referentes aos balanços hídricos das bacias citadas, bem como o contínuo e efetivo monitoramento da rede implantada e dos novos pontos será de suma importância para avaliar os impactos nos cursos d'água, uma vez que é esperado o desague das águas advindas do rebaixamento que implicará no aumento da disponibilidade hídrica local.

6. Parecer

Em vista do exposto, sugere-se o deferimento do pedido de outorga, **Processo nº 67632/2023 – SEI 1370.01.0046186/2023-80**, na modalidade de autorização, com vazão de **450 m³/h** e tempo de bombeamento de **24 horas**, durante os **12 meses** do ano.

Validade: mesma validade da licença ambiental.

7. Condicionantes



PARECER TÉCNICO
ÁGUA SUBTERRÂNEA

30 / 30

ITEM	DESCRIÇÃO	PRAZO
1	Executar o Plano de ação conforme Cronograma - Manutenção da drenagem Mina Capoeira Grande e Monjolo, apresentando a comprovação no Relatório de Consolidação anual, descrito na condicionante 5.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
2	Monitorar a operação do sistema de rebaixamento (vazão e tempo de bombeamento) com periodicidade diária, apresentando os dados ao órgão responsável anualmente.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
3	Operar a rede de monitoramento de vazões de água superficial com periodicidade semanal.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
4	Operar a rede de monitoramento de níveis de água nos piezômetros/INA's com periodicidade quinzenal.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
5	Operar a rede de monitoramento pluviométrico com periodicidade diária.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
6	A empresa deverá comunicar oficialmente ao órgão responsável qualquer interferência nos recursos hídricos identificada e não prevista por ventura causada pela execução do rebaixamento, na área de influência da mina. Esta comunicação será efetuada sempre que a vazão medida em qualquer dos pontos monitorados seja inferior à média da vazão obtida da série histórica para o correspondente período do ano.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
7	Apresentar Relatórios de Consolidação anuais das atividades desenvolvidas e vinculadas ao sistema de rebaixamento, contendo balanço hídrico atualizado do empreendimento, apresentando vazões máximas de bombeamento e dados da rede de monitoramento (PM's, fluvial e pluvial), interpretados e correlacionados, balanço hídrico atualizado, novos pontos de monitoramento instalados, bem como mapa potenciométrico atualizado, a partir dos dados de monitoramento, além da atualização dos resultados obtidos no modelo matemático.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
8	Garantir a reposição de vazões quando verificados impactos em cursos d'água, poços e demais captações na área de influência da mina.	A partir da publicação da Portaria de outorga.
9	Garantir a qualidade das águas de reposição e lançamento nos corpos d'água, de acordo com as normas ambientais vigentes.	A partir da publicação da Portaria de outorga.