COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

Complementações Técnicas
EIA/RIMA MINA GUAÍBA
Atendimento ao Ofício FEPAM/DMIN-OFGSOL n° 03536/2018

COPELMI Mineração Ltda

abg
engenharia e meio ambiente

TETRA TECH

O18129-AAS-02-0
Janeiro, 2019

SUMÁRIO

1.0 APRESENTAÇÃO 1

1.1 detalhamento da alternativa locacional “c” de inicio de sequenciamento de lavra e aplicação do quadro comparativo 2

1.1.1 Alternativa “C” de Inicio e Sequenciamento de Lavra 4

1.1.2 Análise Comparativa 15

1.2 estabilidade dos taludes da lavra 18

1.2.1 Representação esquemática do nível d'água em seções geotécnicas dos taludes 21

1.2.2 - Representação esquemática do nível d'água em seções geotécnicas – mina de linhito na Alemanha 26

1.3 ESTRUTURA DE RECARGA - tecnologia de reinjeção de água no aquífero ALUVIONAR 30

1.3.1 Espaçamento entre poços: 33

1.3.2 Vazão simulada para os poços de injeção 33

1.4 monitoramento 36

1.4.1 Programa de Monitoramento de Águas Superficiais 36

1.4.2 Programa de Monitoramento Hidrogeológico 43

1.4.3 Programa de Monitoramento das Comunidades Vegetais Frente ao Rebaixamento do Nível D’Agua 52

1.4.4 Apresentar Esclarecimento sobre a Interferência do Rebaixamento sobre os Poços das Comunidades 57

1.5 ENSAIOS DE BOMBEAMENTO – ESCLARECIMENTO QUANTO AOS ENSAIOS DE BOMBEAMENTO EM APENAS 3 POÇOS 61

1.5.1 Parâmetros hidráulicos em ensaio de bombeamento nos piezômetros – 201461

1.6 VEGETAÇÃO – DESCREVER A metodologia adotada NO levantamento de vegetação campestre 64

1.7 EFLUENTES – INFORMAR A BASE DE DADOS DO MODELO 3D UTILIZADO NO MODELAMENTO DA DISPERSÃO DE EFLUENTES DO RIO JACUÍ 65

1.8 MODELO HIDROLÓGICO 68

1.8.1 Revisar o Padrão de Cores e Legendas nas Figuras dos Perfis do Cone de Rebaixamento 68

1.8.2 Nivel e Cotas nos Arroios – Esclarecimento da Ocorrência de Cotas Negativas no Entorno do Jacuí 68

1.9 LAGO FINAL 71

1.10 siout – atualizar o cadastro de usuários de água através de pesquisas no siout .. 71

1.11 Geologia 77

1.11.1 Rever o estudo realizado para a determinação das estruturas geológicas na AID e na All do empreendimento, pois as estruturas definidas, representadas na

Figura 8.1.57, não condizem com a forma de ocorrência das linhas isóbatas da camada I2B. Deverão ser acrescidos em todas as seções apresentadas os pontos de sondagem (pontos de sondagem geológica, piezômetros, unidades de bombeamento, poços de monitoramento e sondagens geotécnicas) que propiciaram a elaboração das seções geológicas, indicando a profundidade que compete a cada sondagem 77

1.11.2 Apresentar A seção vertical EE' e reapresentar a seção HH' 78

1.11.3 Caracterizar os siltitos (química e mineralógica) que compõem o intervalo superior e entre as camadas de carvão (estéril), conforme letra "e" do item geologia, com representação do posicionamento estratigráfico dessas litologias que compõem o estéril da área nas seções apresentadas..... 79

1.11.4 Corrigir e reapresentar, de acordo com a realidade da área, as figuras 8.1.63 a 8.1.65, uma vez que há inconsistências na representação correspondente ao pacote sedimentar inconsolidado 84

1.11.5 Apresentar as plantas isóbatas e isópacas referentes ao siltito de cobertura (Overburden MB1), ao estéril existente entre a camada MB3 e I1F (Interburden MB3-I1F) e ao estéril existente entre a camada I1F e I2B (Interburden I1F-I2B) 88

1.12 pedologia 89

1.12.1 Apresentar quadro resumo de áreas que serão perdidas e/ou separadas pela aptidão, a fim de demonstrar o pequeno impacto sobre as atividades econômicas 89

1.12.2 Apresentar distribuição da permeabilidade dos solos no terreno, considerando os horizontes mais críticos 91

1.12.3 Apresentar avaliação sobre a erodibilidade dos solos, uma vez que os planossolos e argissolos identificados na área são bem erodíveis, sendo a condição de estabilidade do solo mantida em decorrência do relevo plano, condição a qual será alterada com a mina..... 91

1.13 hidrogeologia 93

1.13.1 Demonstrar, com base em informações técnicas adequadas, que os recursos hídricos subterrâneos, existentes ao longo de todo o perfil litológico passível de interferência e influência do empreendimento, correspondem tão somente ao aquitardo superior, correspondente à camada argilosa no topo da aluvião, e ao aquífero inferior, representado pelas porções de areia e cascalho, encontradas nas camadas intermediária e basal da aluvião 93

1.13.2 Rever o estudo de vulnerabilidade do aquífero, considerando, no fator "GRAU DE CONFINAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA" a condição "não confinado", devendo ser reapresentados os cálculos e os resultados, juntamente com análise das implicações da classificação de vulnerabilidade obtida, considerando as atividades previstas para cada fase do empreendimento 98

1.14 paleontologia..... 102

1.15 art's 104

2.0 EQUIPE TÉCNICA..... 105

3.0 REFERÊNCIAS 107

4.0 ANEXOS..... 108

ANEXO 01 – COMPLEMENTAÇÕES AO ITEM 1.6 - VEGETAÇÃO..... 108

ANEXO 02 – MAPA DE ISOBATAS DA CAMADA MB1 109
ANEXO 03 – SEÇÕES GEOLÓGICAS 110
ANEXO 04 – PLANTAS ISOBATAS E ISOPACAS 111
ANEXO 05 – ART's 112

FIGURAS

Figura 1. Relação estéril/minério da jazida de carvão mineral (m³/tROM). 3
Figura 2. Alternativas locacionais para início da lavra. 4
Figura 3. Layout de lavra com a distribuição dos cortes para a alternativa C. 5
Figura 4. Cortes de contribuição para formação da pilha de estéril. 6
Figura 5. Localização e dimensão da pilha de estéril inicial da alternativa C. 7
Figura 6. Dimensação e localização do lago final da alternativa C. 8
Figura 7. Desvio do arroio Pesqueiro pelo oeste da pilha de estéril partindo da cota 10,9 m na alternativa C. 10
Figura 8. Desvio do arroio Pesqueiro pelo oeste da pilha de estéril partindo da cota 6 m na alternativa C. . 11
Figura 9. Localização do Assentamento Apolônio de Carvalho e da vila residencial Guaíba City. 13
Figura 10. Localização em planta das estruturas de desaguamento inseridas no modelo (poços e drenos) - exemplo Ano 01 da simulação. 19
Figura 11. Ilustração de seção geotécnica mostrando de forma esquemática o cálculo do fator de segurança para o talude drenado. 22
Figura 12. Seções geotécnicas (D-D' e E-E') pré-definidas pela COPELMI 23
Figura 13. seções geotécnicas e suas cunhas de ruptura em talude de lavra (D-D') e talude em bota-fora recomposto (E-E'). 24
Figura 14. Croqui esquemático do talude norte (seção D-D') com poço de rebaixamento e superfície teórica do nível d'água teórica. 24
Figura 15. Croqui esquemático do talude bota-fora (seção E-E') com colchão drenante e superfície teórica do nível d'água teórica. 25
Figura 16. Croqui esquemático do talude bota-fora (seção E-E') com colchão drenante, dreno vertical e superfície teórica do nível d'água teórica. 25
Figura 17. Sistema de rebaixamento de NA e reinjeção realizados em mineração de linhito na Alemanha, visando a prevenção de impactos em áreas ambientalmente protegidas e o desaguamento de taludes. 27
Figura 18. Vista dos poços de rebaixamento de NA. 28
Figura 19. Vista dos poços e das linhas de rebaixamento de nível d'água. 29
Figura 20. Projeto esquemático do poço de injeção. 34
Figura 21. Projeto esquemático do poço de injeção – cabeça do poço. 35
Figura 22. Pontos propostos para monitoramento de qualidade das água e sedimentos, e monitoramento fluviométrico (locação preliminar). 39
Figura 23. Mapa de localização dos 12 piezômetros existentes atualmente na área. 45
Figura 24. Representação esquemática dos pares de piezômetros a serem construídos entre APA e PEDRJ. 46
Figura 25. Ilustração esquemática da disposição dos poços de rebaixamento, injeção e de piezômetros para o monitoramento do nível d'água nos taludes e na região entre lavra/injeção e unidades de conservação. . 48
Figura 26. Pontos propostos para monitoramento de qualidade das água subterrânea 51
Figura 27. Representação esquemática da distribuição das parcelas permanentes de monitoramento da vegetação de porte herbáceo, arbustivo e arbóreo. 54
Figura 28. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 01 (inicial). 58
Figura 29. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 07 (crítico). 59
Figura 30. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 23 (final). 60

Figura 31. Batimetria utilizada como dado de entrada no modelo Delft 3D. 67
Figura 32. Fonte dos dados para composição da batimetria utilizada na modelagem hidrodinâmica. 67
Figura 33. Mapa de cadastro dos usuários de água. 76
Figura 34. Mapa estrutural das ADA e AID. 78
Figura 35. Sondagens para obtenção de amostras para predição de DAM. 80
Figura 36. Amostras de sondagem do pacote aluvionar 81
Figura 37. Amostras de sondagem do pacote carbonoso. 82
Figura 38. Horizontes de amostragem para ensaios de predição de DAM 83
Figura 39. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando seção no sentido norte-sul. 85
Figura 40. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando parcialmente seção norte-sul e leste-oeste. 86
Figura 41. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando seção no sentido Leste-Oeste. 87
Figura 42. Mapa de aptidão agrícola da AID e da ADA. 89
Figura 42. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada. 94
Figura 43. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada 95
Figura 44. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada 96
Figura 45. Sondagem GB 05 – 53,32 metros abaixo da futura cava de lavra. 97
Figura 46. Sondagem GB 07. 48,90 metros abaixo da futura cava de lavra. 97
Figura 47. Distribuição da condutividade hidráulica para a coluna 104 do modelo numérico (seção sul-norte, exagero vertical 50x). 99
Figura 48. Mapa de isópaca de argila. 99
Figura 47. Fluxograma da determinação de vulnerabilidade da água subterrânea. 100

FOTOS

Foto 1. Exemplo de construção de colchão drenante. 21
Foto 2. Exemplo da utilização de cananetes de drenagem em colchão drenante 21
Foto 3. Exemplo equipamento de monitoramento do nível d'água por telemetria 47

TABELAS

Tabela 1. Critério de ponderação para avaliação das alternativas. 17
Tabela 2. Análise comparativa das alternativas locacionais de início e sequenciamento de lavra. 17
Tabela 3. Pontos propostos para monitoramento de parâmetros físico-químicos e hidrométricos na água superficial nos arroios e do rio Jacuí (ABNT NBR 12.649/92). 40
Tabela 4. Quantificação do número de poços e vazões obtidas para o ano 7 – cenário crítico. 49
Tabela 5. Parâmetros hidráulicos obtidos nos ensaios de bombeamento nos piezômetros realizados 2014.Fonte bibliográfica inválida especificada.. 63
Tabela 6 – Usuários de água cadastrados na área do Projeto Guaíba. 72
Tabela 7. Área total ocupada por cada UM de solos na AID e na ADA (hectares). 90
Tabela 8. Programas Ambientais previstos pelo EIA/Rima, relacionados ao controle de processos erosivos nas diferentes fases do empreendimento. 92

QUADROS

Quadro 1. Estações de monitoramento da qualidade da água, nível e vazão..... 42
Quadro 2. Pontos propostos para monitoramento hidroquímico de água subterrânea em piezômetros. 50

1.0 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta as complementações técnicas solicitadas no Ofício FEPAM/DMIN-OFGSOL n° 03536/2018, com data de 17 de dezembro de 2018, referente ao Processo Adminstrativo n° 006354-0567/18-1-LPER. A seguir são apresentadas as complementações seguindo a itemização do ofício.

1.1 DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA LOCACIONAL “C” DE INICIO DE SEQUENCIAMENTO DE LAVRA E APLICAÇÃO DO QUADRO COMPARATIVO

Os empreendimentos de mineração tem como premissa principal a rigidez locacional como característica, por ser o aproveitamento de um recurso natural de formação única. O que se pode avaliar é como o aproveitamento deste recurso pode ser realizado, como a abertura da mina, o método de lavra e demais itens como a formação do bota fora, cujas alternativas locacionais se permite avaliar.

No caso do projeto Mina Guaíba da COPELMI a alternativa locacional a ser analisada é a de início e sequenciamento de lavra, conforme parâmetros de volume de estéril, localização de depósito de estéril inicial, e intervenção em recursos naturais e áreas com restrições socioambientais.

Em uma operação de lavra a céu aberto, busca-se iniciar as operações preferencialmente em áreas de menor relação estéril/minério (REM), em locais onde o minério ocorre mais próximo à superfície e, sobretudo, buscar formas de minimizar o volume de material estéril a ser removido antes de atingir os horizontes mineralizados. Sob o aspecto econômico, este cuidado gera impacto positivo no fluxo de caixa do empreendimento, pois minimiza os custos de implantação da cava inicial e antecipa a geração de receita.

Do ponto de vista ambiental, a menor REM propicia igualmente impactos positivos, pois reduz o volume de material estéril que deve ser disposto na área do bota-fora inicial (pilha de estéril) e, com isso, minimiza o tamanho da área diretamente afetada pelo empreendimento mineiro.

De acordo com esta ótica, para o caso específico do Projeto da Mina de Guaíba, tem-se na Figura 1 a representação gráfica da REM na área do empreendimento. Nessa figura, a escala de cores varia de azul à magenta de acordo com a variação da relação estéril/minério (REM) indicada. Importa destacar que essa figura foi gerada a partir do modelo geológico digital da jazida o qual foi elaborado a partir dos dados geológicos (furos de sonda e levantamentos planialtimétricos da superfície do terreno) em ambiente computacional utilizando o software GEOVIA SURPAC.

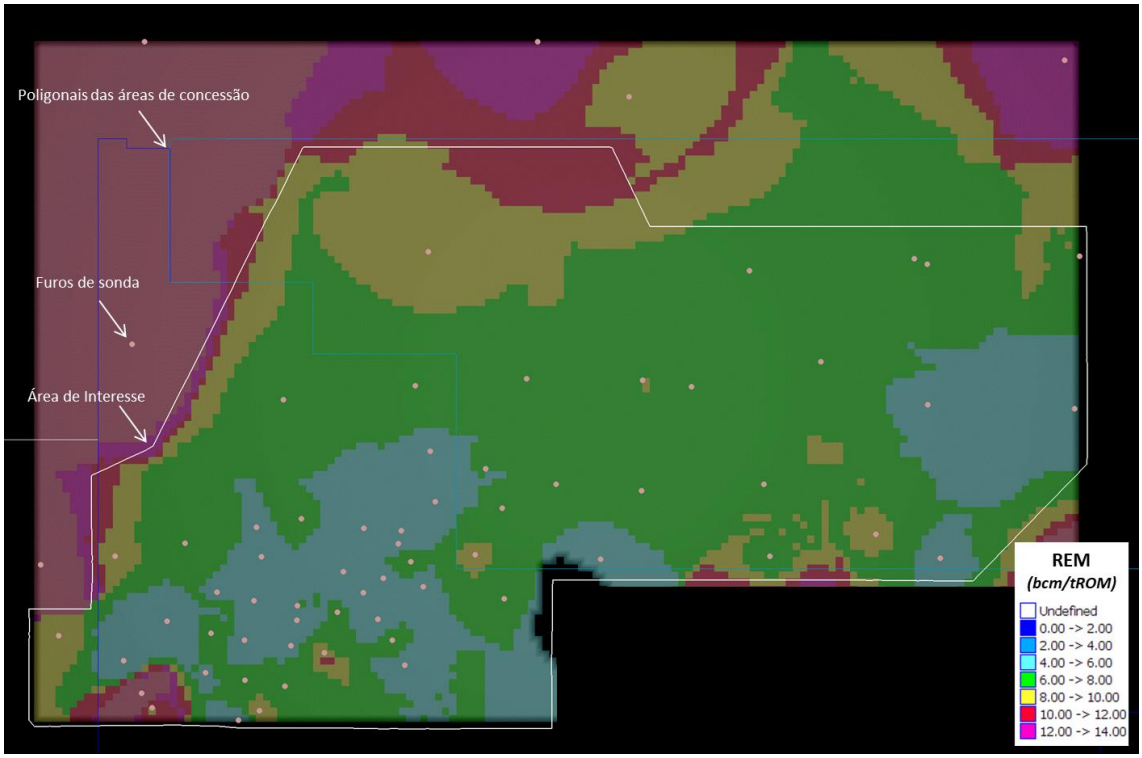

Figura 1. Relação estéril/minério da jazida de carvão mineral (m³/tROM).

Ainda na Figura 1 se encontram a locação dos furos de sondagem utilizados na elaboração do modelo geológico digital, as linhas das poligonais das áreas de concessão mineira, bem como a delimitação da área de interesse para mineração.

Em relação à delimitação da área de interesse, essa foi traçada tendo como objetivo maximizar o aproveitamento do recurso mineral existente sob as áreas de concessão mineira e, consequentemente, proporcionar a adequada vida útil ao empreendimento.

Analisando-se a Figura 1, se percebe a existência de duas regiões de mais baixa REM as quais são representadas pelas manchas de cor ciano. Tais manchas localizam-se no extremo sudoeste e no extremo leste da jazida. Desta forma, considerando-se as premissas abordadas acima (menor remoção de estéril, e consequentemente depósito de estéril inicial menor), o mais indicado sob os aspectos econômico e ambiental é que o início da lavra ocorra a partir dessas áreas. Nesse contexto, foram identificadas como as mais favoráveis as alternativas indicadas como “A” e “B” na Figura 2**.**

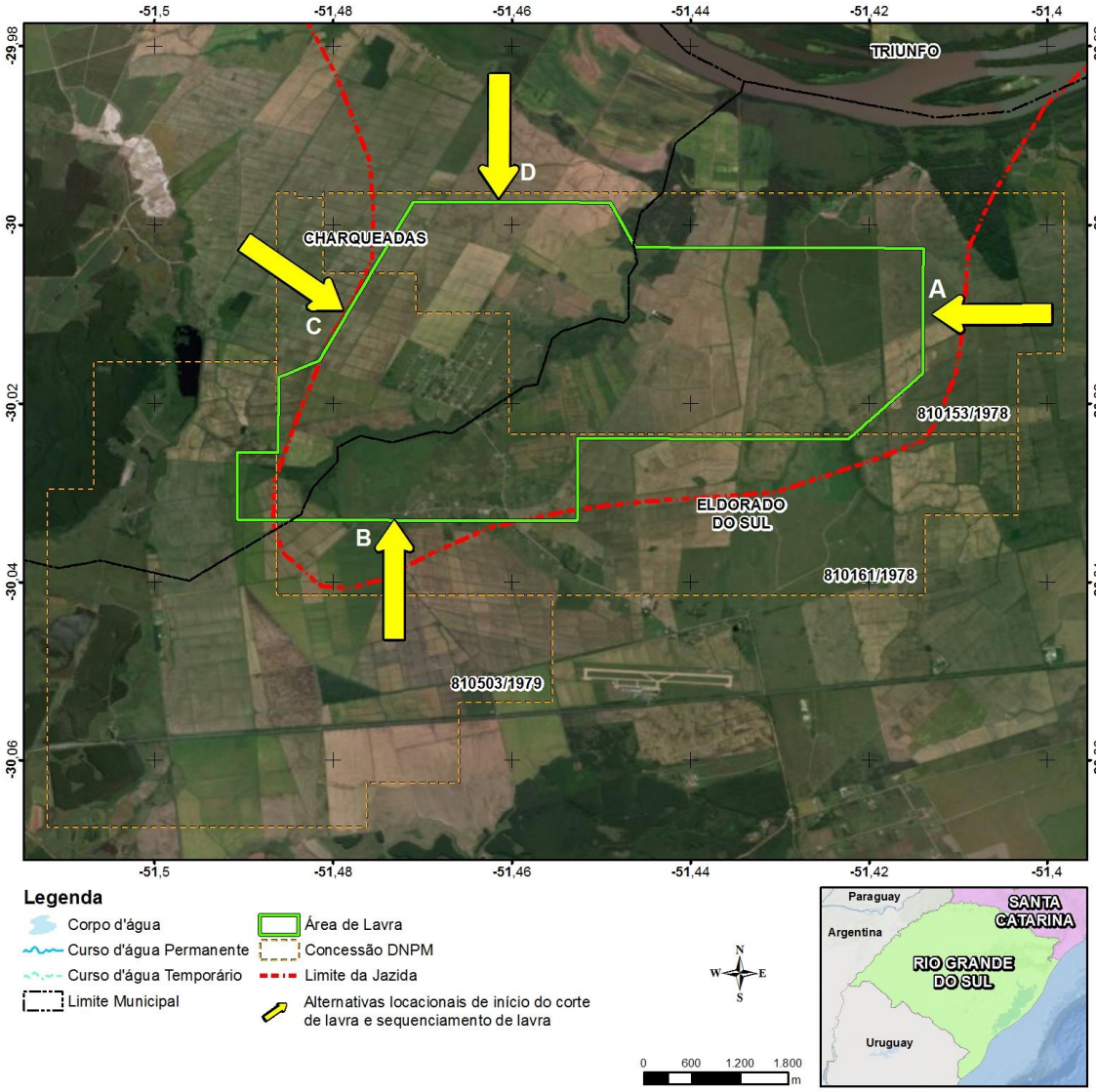

Figura 2. Alternativas locacionais para início da lavra.

No EIA foram detalhadas as alternativas A e B. As alternativas C e D não foram detalhadas, pois entendeu-se que nessas duas alternativas haveria um maior impacto ambiental. Essa complementação apresenta o detalhamento da alternativa C. A alternativa D não será detalhada, pois foi considerada de maior impacto, pela pilha de estéril inicial ficar disposta na divisa do PEDJ e APAEDJ.

1.1.1 Alternativa "C" de Inicio e Sequenciamento de Lavra

Na alternativa "C", a área do projeto foi subdividida em 35 cortes de lavra com orientação norte-sul, como mostra a Figura 3. Em termos geométricos os cortes de lavra projetados tem comprimento variando de 1.600m, no corte final, até 4.100 m na porção mais larga da área de interesse. Essa configuração considera o inicio da operação no extremo oeste da área e

o avanço para leste através da lavra sucessiva dos cortes. O rebaixamento do nível da água começaria a ser executado na sequencia de abertura dos cortes, iniciando pelo corte 1.

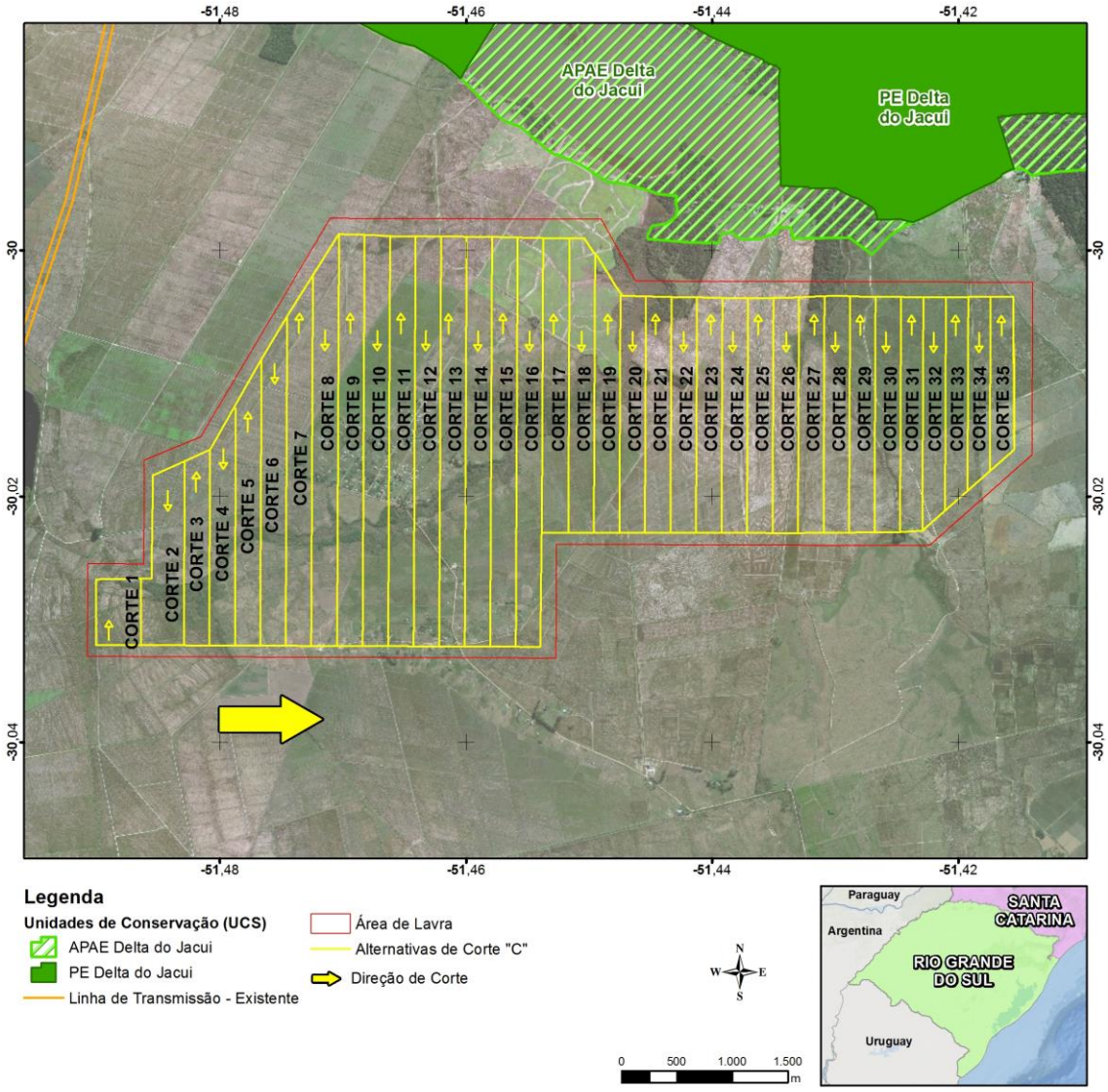

Figura 3. Layout de lavra com a distribuição dos cortes para a alternativa C.

Para a alternativa “C”, projeta-se que a área destinada à formação da pilha de estéril seja localizada a oeste do corte pioneiro. Nesta alternativa “C”, os cortes iniciais tem dimensões menores que os cortes subsequentes. Apenas a partir do corte 10 é que as dimensões dos cortes se igualam. Dessa forma, todo o volume de material estéril produzido no primeiro corte de lavra (corte 1) e parte dos cortes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 precisarão ser dispostos na pilha de estéril, exterior a área de cava (Figura 4). Na simulação da projeção da mineração, nota-se que a partir do corte 9 o comprimento das tiras atinge o seu ápice, o que indica a possibilidade de que a disposição de estéril possa passar a ser feita integralmente dentro da área dos cortes exauridos.

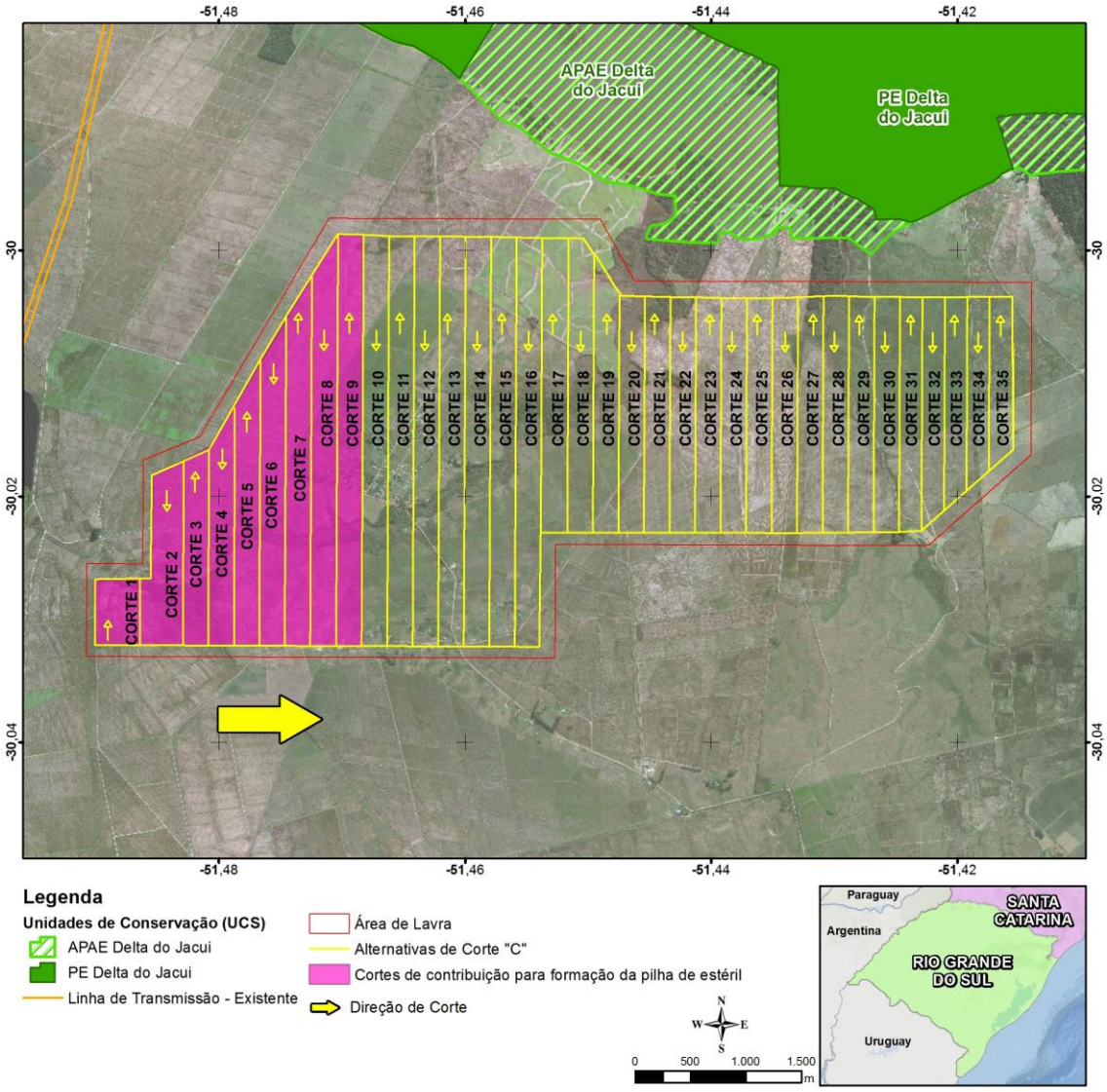

Figura 4. Cortes de contribuição para formação da pilha de estéril.

Considerando esse avanço da mineração até o corte 10, serão escavados aproximadamente 378 milhões de m³ *in situ* de material estéril, permitindo a lavra de aproximadamente 41 milhões de carvão ROM. O que equivale a uma REM de aproximadamente 9,2 m³/tROM. Com base no cenário de produção considerado no EIA, esta posição seria atingida ao longo do sétimo ano de operação. Considerando que o fator de empolamento é da ordem de 10,5%, o volume total de material estéril movimentando passa a ocupar volume equivalente a 417 milhões de m³, deste total 146 milhões de m³ seriam dispostos fora da área de lavra. Desses 146 milhões de m³ dispostos sobre terreno natural, aproximadamente, 59 milhões de m³ deverão ser transportados por uma distância adicional de, pelo menos, 1000 m (quando comparado com a alternativa A).

Para dispor os 146 milhões de m³ de material estéril, será necessário impactar uma área de, aproximadamente, 773 ha na base da pilha. Comparando-se com a alternativa A, cuja base da pilha terá área prevista de 291 ha, verifica-se um acréscimo de área impactada de 482 ha na alternativa “C” (160% superior à área tomada pela pilha na alternativa A). Isso significa que 482 ha deixariam de ser utilizados para a produção agrícola e pecuária durante o período de instalação e operação do empreendimento.

Sobre a geometria da pilha da alternativa “C”, é importante ressaltar que no lado oeste da área de mineração há duas linhas de transmissão de energia elétrica (LT 525kV Nova Santa Rita – Povo Novo C1 e LT 230kV Camaquã - Nova Santa Rita C1) (Figura 5), com isso há uma limitação legal e operacional para projetar a configuração da pilha de estéril e do desvio do arroio Pesqueiro a oeste considerando-se as áreas de servidão dessas linhas.

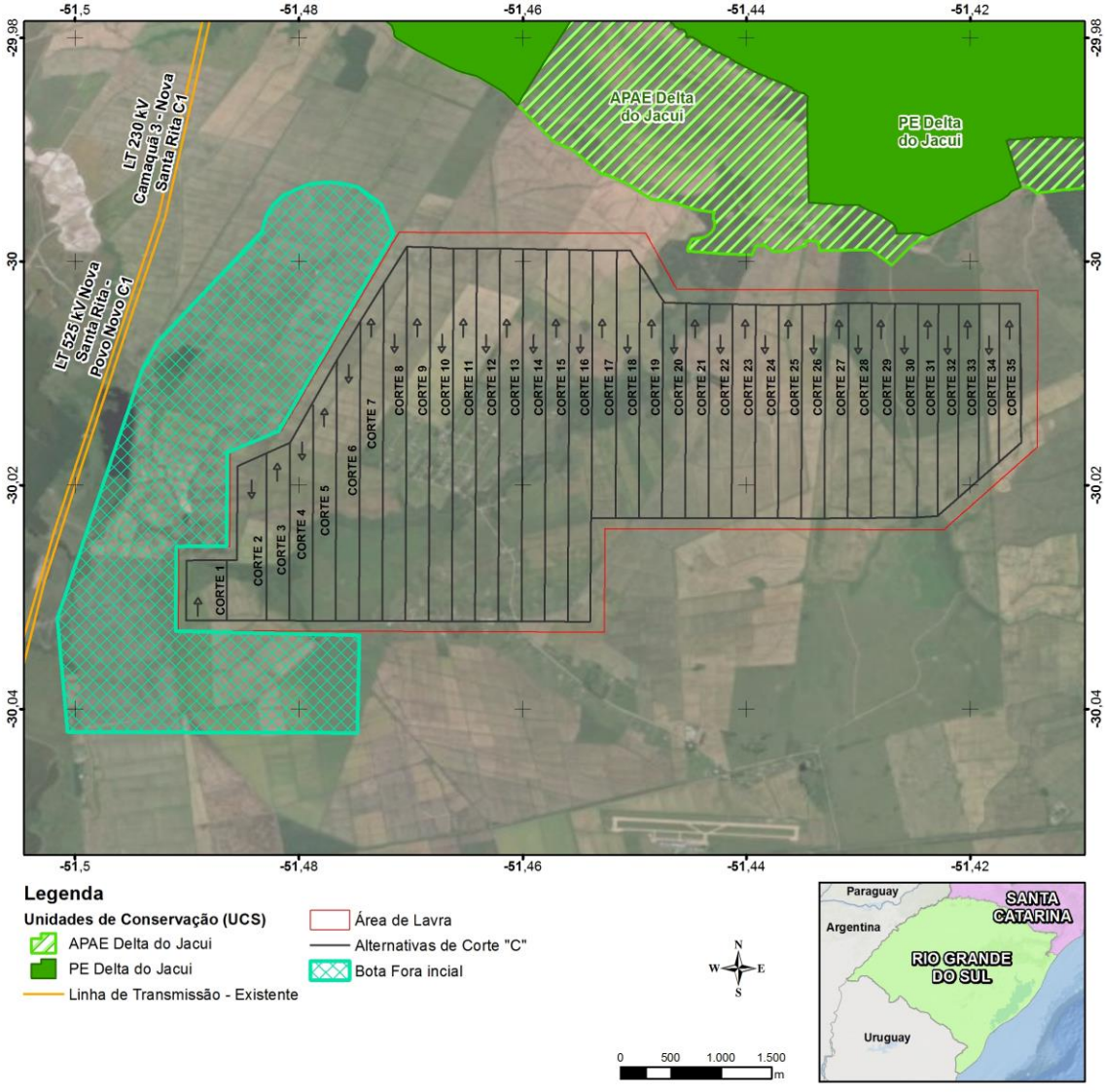

Figura 5. Localização e dimensão da pilha de estéril inicial da alternativa C.

Com relação à configuração final da área, o lago final da alternativa C ocupará uma área total de 680 ha a localizar-se na porção central e leste da lavra, mais próximo ao PEDJ e APAEDJ quando comparado com as outras alternativas (Figura 6). No caso da alternativa A, por exemplo, o lago final terá 240 ha, sendo significativamente menor. A alternativa B prevê a formação de dois lagos que, juntos, somam 650 ha de área superficial.

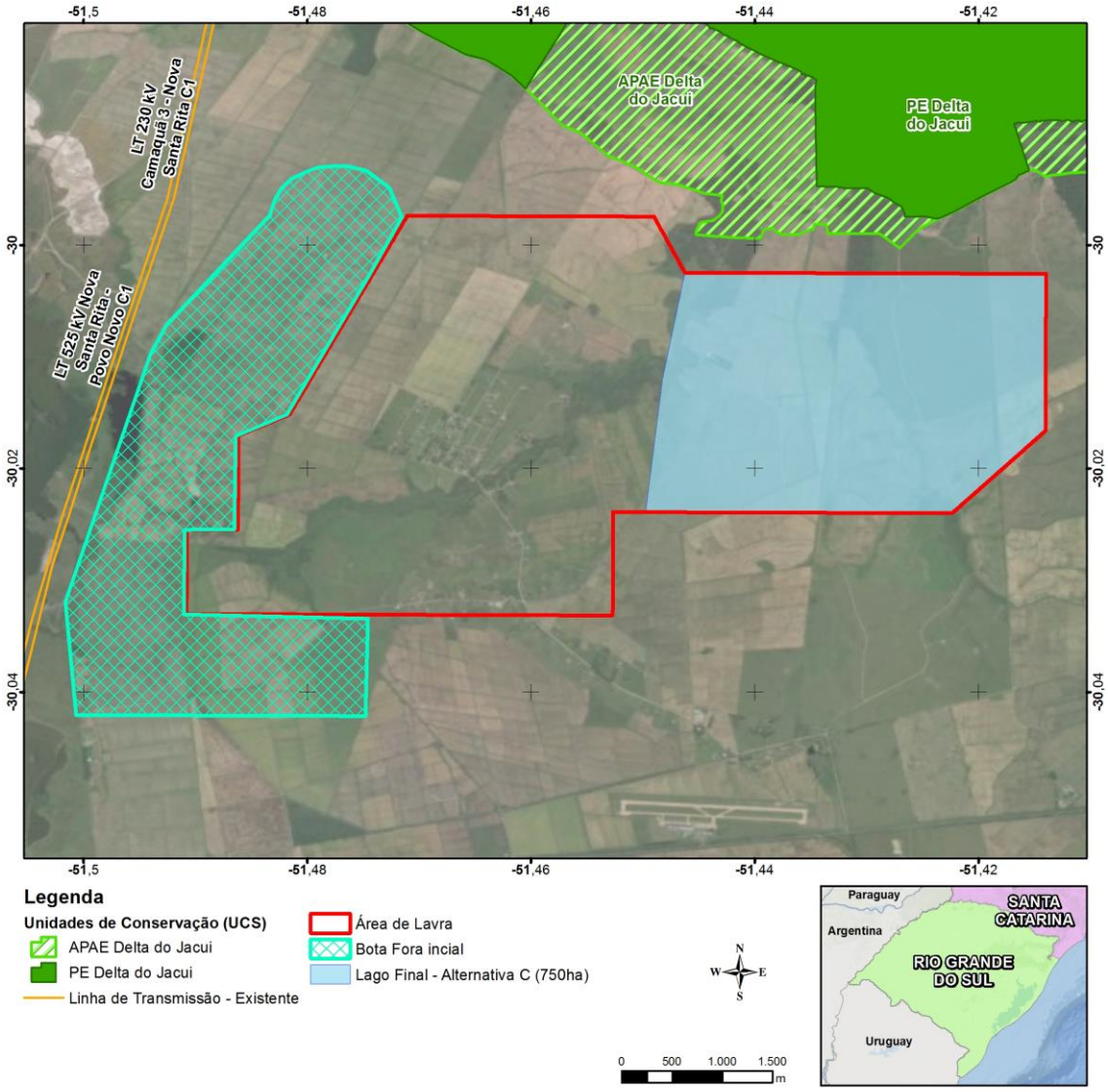

Figura 6. Dimensação e localização do lago final da alternativa C.

Com relação à dinâmica hídrica da região, na alternativa “C” há a necessidade de desvio imediato do arroio Pesqueiro previamente ao inicio das obras, enquanto o arroio Jacaré seria desviado na segunda metade da vida útil da mina. Essa situação apresenta-se menos favorável ambientalmente, visto que o arroio Pesqueiro está mais preservado que o arroio Jacaré. Ou seja, na alternativa “C”, a alteração do arroio mais preservado ocorreria primeiro, na fase inicial de implantação, com a correspondente perda de serviços ambientais. Em uma alternativa locacional na qual o arroio Pesqueiro possa ter sua calha preparada e recuperada

com maior antecedência ao evento de passagem da água, a nova calha contaria com cobertura vegetal mais desenvolvida quando da troca, reduzindo o impacto pela perda dos serviços ambientais.

Além da perda dos serviços ambientais, o desvio do arroio Pesqueiro na alternativa “C” produz maior risco de geração de impactos à dinâmica hídrica local. Nessa alternativa, o ponto de montante do desvio encontraria o curso natural do arroio Pesqueiro no ponto C2 da Figura 7 onde a cota do terreno natural corresponde a 10,9 m. Verificando-se as cotas do terreno ao sul da pilha “C” e da área de lavra, registram-se valores entre 6,5 m (no divisor de águas entre as bacias do Pesqueiro e do Jacaré) e 13 m (no limite oeste da pilha). Ou seja, a declividade do terreno ocorre de oeste para leste nessa porção ao sul do empreendimento (entre a BR290 e o empreendimento projetado). Essa área, atualmente, é drenada pelo arroio Pesqueiro. Com a adoção da alternativa “C”, essa contribuição passaria a ser drenada pelo arroio Jacaré, com respectivo aumento de vazão. Por outro lado, o arroio Pesqueiro estaria perdendo, aproximadamente, 40% de sua área de contribuição com consequente perda proporcional de vazão.

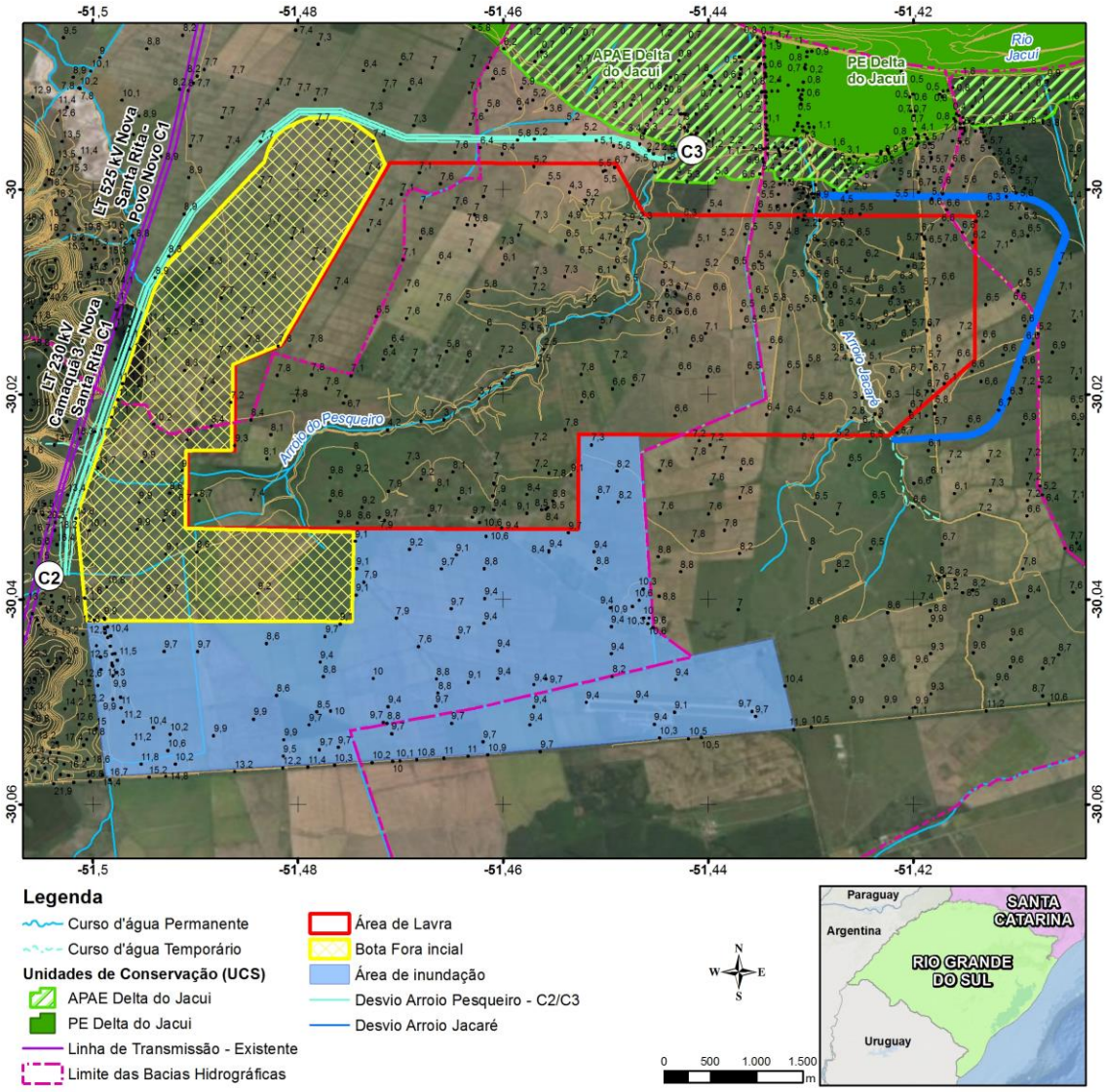

Figura 7. Desvio do arroio Pesqueiro pelo oeste da pilha de estéril partindo da cota 10,9 m na alternativa C.

Considerando-se que a manutenção da dinâmica hídrica é um dos objetivos das unidades de conservação do Delta do Jacuí, não seria aceitável adotar uma alternativa locacional que alterasse significativamente as bacias hidrográficas dos arroios que cortam a área e desaguam nas unidades de conservação. Por tal motivo, verificou-se a viabilidade técnica de se manter a área ao sul do empreendimento sendo drenada pelo próprio arroio Pesqueiro. Para tanto, seria necessário aprofundar o canal de desvio e prolongá-lo de modo que seu ponto de montante iniciasse próximo ao divisor de águas das bacias do Jacaré e do Pesqueiro (ponto C1 da Figura 8). A cota mínima para o fundo do canal seria a de 6 m uma vez que a cota do terreno, nessa porção mais baixa da bacia do Pesqueiro, conforme já citado, é de 6,5 m.

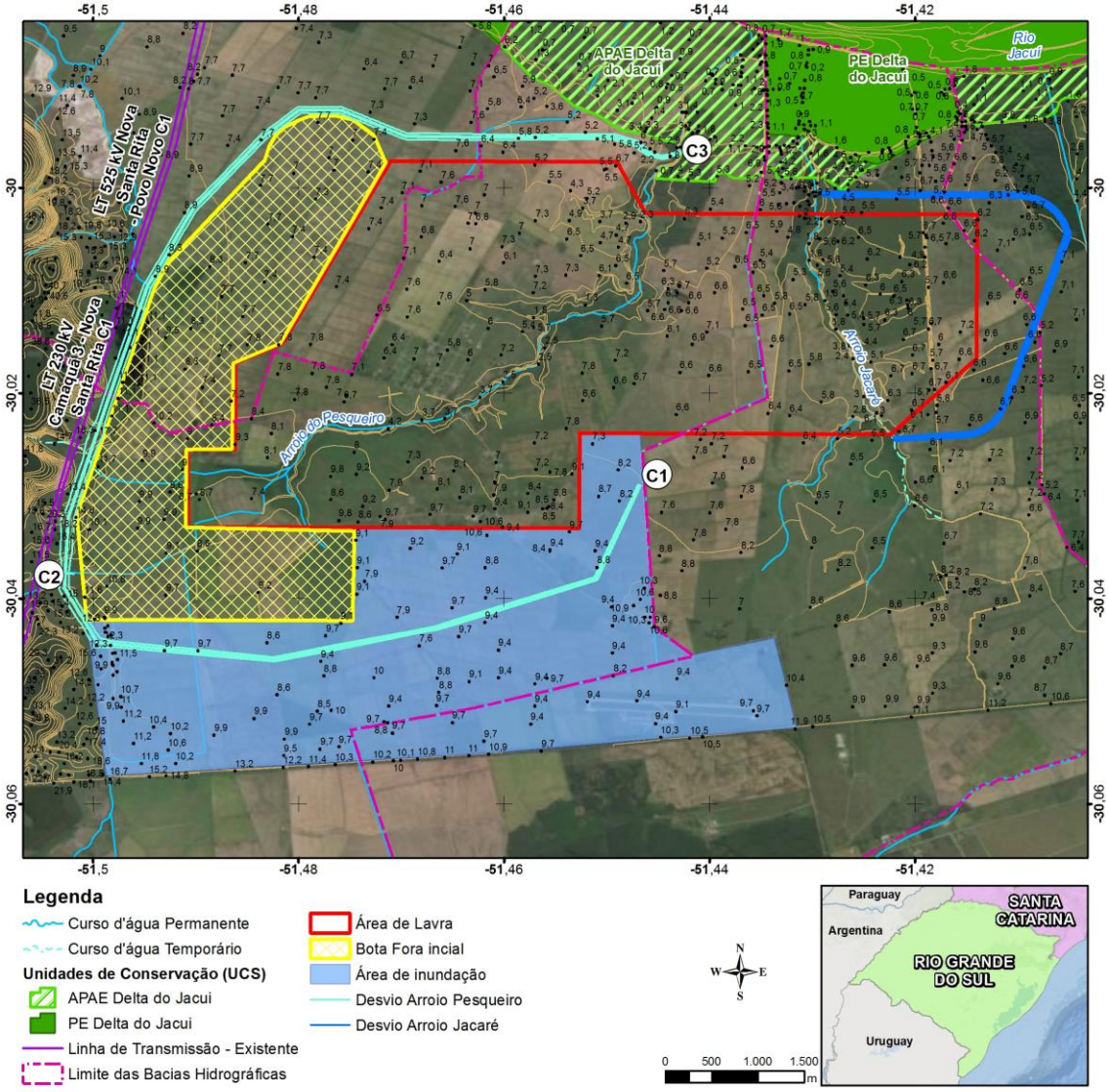

Figura 8. Desvio do arroio Pesqueiro pelo oeste da pilha de estéril partindo da cota 6 m na alternativa C.

Observando-se o canal de desvio projetado nesta última alternativa, verifica-se que a declividade do trecho C1-C2 precisaria ser contrária à declividade do terreno natural. Ou seja, a água pluvial incidente sobre o terreno precisaria ser escoada pelo canal em sentido contrário à declividade do próprio terreno. Além dessa questão, o canal construído teria um percurso total de 16 km (C1-C3) vencendo um desnível total do terreno de 7 m (cota 6 m em C1 e -1 m em C3), resultando em uma declividade média de 0,044%. Considerando-se que a declividade natural (atual) do talvegue do arroio Pesqueiro é de 0,11% (2,8 vezes maior que a da alternativa C), a condição hidráulica do novo canal passaria a ser muito diferente da atual, dificultando a drenagem das áreas de montante, mantendo o problema de alagamento da área ao sul do empreendimento. Ou seja, a área continuaria precisando ser drenada pelo arroio Jacaré o que não seria admissível dados os objetivos do Parque Estadual do Delta do Jacuí.

No trecho C2-C3, o canal de desvio do Pesqueiro ficaria confinado entre a pilha de estéril e as cotas mais elevadas presentes no alto do embasamento cristalino existente à oeste do canal. Para que o desvio do arroio ocorra por este local, há a necessidade de maior escavação devido às cotas mais altas presentes no embasamento e à necessidade de se partir de uma cota de fundo do talvegue da ordem de 6 m em um ponto de montante muito distante do traçado atual do pesqueiro (ponto C1 daFigura 7). No ponto C2, conforme já apresentado, a cota do terreno natural é 10,9 m ao passo que, nesse mesmo ponto, o novo canal passaria na cota 3 m (respeitando a declividade necessária para o escoamento do ponto C1 até C3). Esse desnível de 7,9 m geraria uma queda d'água que precisaria contar com um terreno estabilizado através de estruturas de engenharia para prevenir erosões (escadas dissipadoras de concreto ou em gabião, por exemplo). E a escavação no embasamento cristalino necessitaria de desmonte por explosivos nos trechos em rocha, o que limita e dificulta a conformação dos taludes para formar o canal de desvio, além de alterar significativamente o leito e as áreas marginais de inundação do canal para o estabelecimento da fauna e da flora conforme o ecossistema presente atualmente no canal original do arroio Pesqueiro. Todas essas questões hidráulicas associadas à baixíssima declividade do novo canal alteraria significativamente a velocidade de escoamento no leito do arroio Pesqueiro e as áreas disponíveis para a reconstrução dos banhados na margens de seu novo leito. Essa diminuição de velocidades de fluxo do arroio Pesqueiro pode comprometer a recuperação desse manancial, destacando que alterações de vazão em cursos d'água de pequeno porte causam alteração da dinâmica biológica dos arroios, onde há alteração na composição dos indivíduos de fauna e flora, pois a velocidade da água é um fator limitante para algumas espécies.

Tendo-se em vista que os estudos aqui apresentados referem-se ao licenciamento ambiental do projeto da Mina Guaíba, é fundamental que a alternativa locacional escolhida leve em consideração, além dos aspectos puramente ambientais, os aspectos socioeconômicos do projeto também, garantindo assim a aplicação do princípio da sustentabilidade.

Observando-se o diagnóstico ambiental do projeto no tocante ao uso do solo, se verifica que, na alternativa C, haverá necessidade de intervenção imediata em áreas socialmente sensíveis contendo famílias em condição de vulnerabilidade social. A vila residencial Guaíba City e o Assentamento Apolônio de Carvalho, apresentados na Figura 9, deverão passar por processo de reassentamento involuntário de maneira imediata na alternativa "C". Essa situação causa um aumento da magnitude do impacto de geração de expectativa e incertezas para população que, previamente, esperavam poder entender e negociar melhor o processo de reassentamento durante os primeiros anos de instalação e operação da mina.

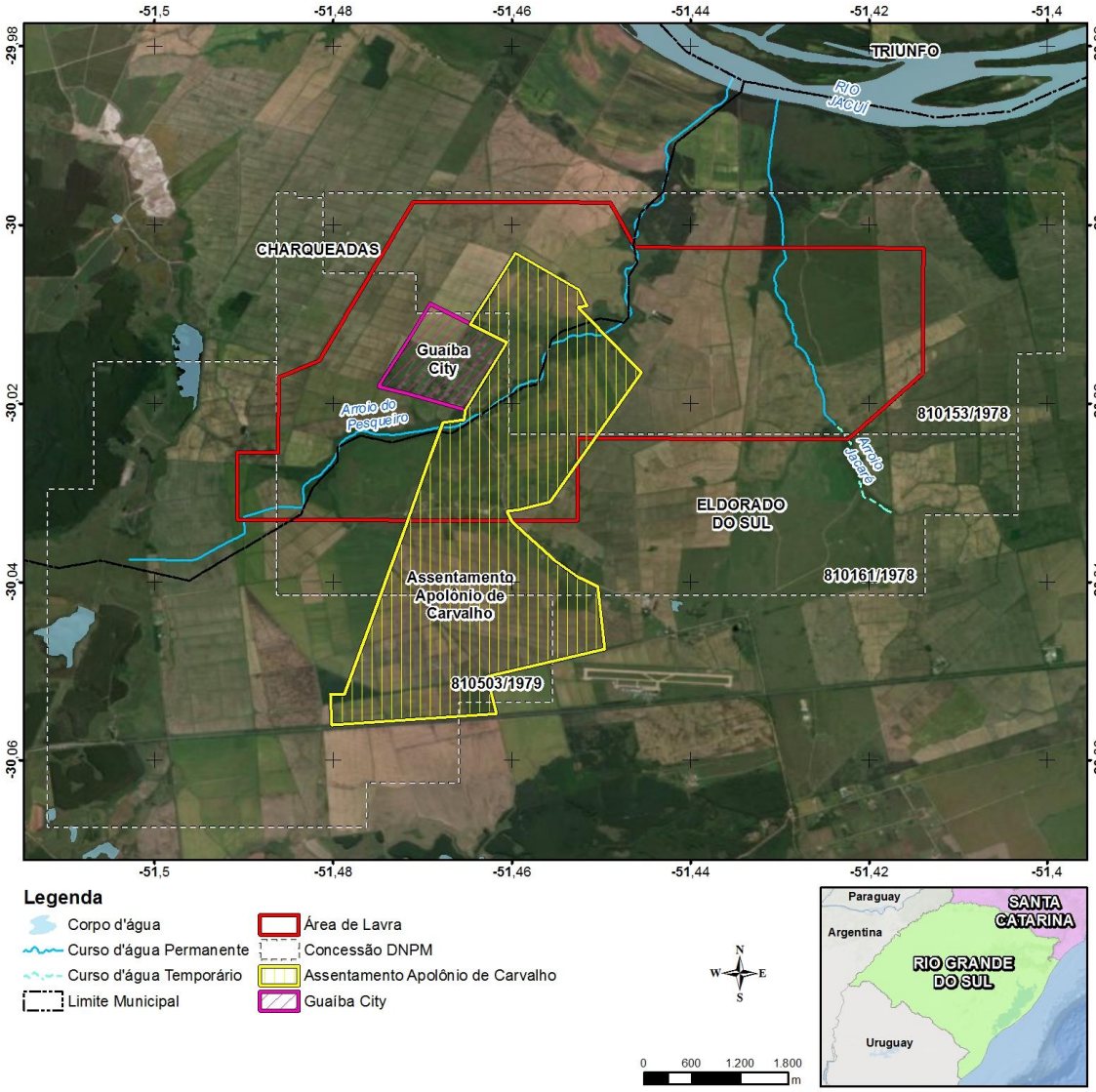

Figura 9. Localização do Assentamento Apolônio de Carvalho e da vila residencial Guaíba City.

É importante ressaltar que foi apresentado que o plano de Reassentamento dessas comunidades é composto por diversas etapas prévias ao reassentamento propriamente dito, passando por um processo pré-transição, onde ser faz uma análise física, ambiental e social dos territórios de origem e destino. Todas as alternativas de destino, ou seja, de áreas que receberão essas famílias, precisarão ser apresentadas e aceitas previamente por cada família. Na etapa de transição, deve-se preparar a infraestrutura para receber os moradores, fazer uma preparação social e regularizar a mudança. Na fase pós transição, deve ser feito um acompanhamento e monitoramento dessas famílias, dando manutenção e suporte técnico na nova área, chegando assim na etapa de encerramento. Esse processo de pré-transição e transição, pode levar até 5 anos para ser concluído, comprometendo o cronograma do projeto e, por conseguinte, seus impactos socioeconômicos positivos no que tange ao desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul, geração de emprego e renda, de recursos às unidades de conservação, desenvolvimento tecnológico, dentre outros.

Figura 9.Estratégia do Plano de Reassentamento.

No que tange a viabilidade econômica do empreendimento, além do cronograma do projeto anteriormente citado, deve-se atentar para possíveis acréscimos proibitivos nos custos do empreendimento em decorrência das alternativas estudadas.

Considerando-se os critérios técnicos de engenharia de minas, é importante observar custos decorrentes de acréscimos em distâncias de transporte dos materiais estéreis escavados. Nesse âmbito, observou-se que a alternativa C, devido a um déficit de espaço dentro da cava para disposição dos estéreis escavados nos cortes iniciais, necessitará transportar um volume de 59 milhões de m³ por uma distância adicional de, pelo menos, 1000 m. Estima-se que essa operação gere um custo adicional da ordem de R$ 118 milhões. Em função da maior relação estéril/minério da alternativa C, ao longo dos primeiros 7 anos de operação, se teria uma movimentação adicional da ordem de 20 milhões de m³ de material estéril em relação ao plano de lavra adotado na alternativa A. Neste período, portanto, seria gerado um custo antecipado de descobertura da ordem de R$ 160 milhões com reflexos diretos sobre o custo de capital e, por conseguinte, sobre a economicidade do projeto.

Outro aspecto importante relacionado ao custo, que também representa um impacto ambiental irreversível e social temporário, diz respeito ao adicional de área a ser adquirida

na alternativa “C” para a instalação da pilha. Neste cenário, a pilha ocupará a área total de 773 ha, ou seja, cerca de 482 ha a mais do que o utilizado na alternativa “A” para a mesma finalidade. Isso representará um custo adicional da ordem de R$ 50 milhões para o empreendimento em termos de aquisição de áreas. Decorrerá dessa pilha de maiores dimensões, a necessidade de recuperação ambiental de uma superfície proporcionalmente mais extensa, incorrendo na aquisição de insumos, horas de máquina e implementos agrícolas que, neste momento, não foram quantificados.

Conforme acima exposto, considerando as questões técnicas-operacionais da alternativa “C”, haveria um adicional de custo ao longo dos primeiros anos de instalação e operação do empreendimento de, pelo menos, R$ 328 milhões em relação à alternativa “A”. Ao se considerar o valor apresentado para o custo de implantação da Mina no item 14.20 PROGRAMA DE COMPENSAÇÃO AMBIENTAL do EIA (R$ 430,5 milhões), o aumento nos custos do projeto representaria 76% a mais sobre esse valor.

1.1.2 Análise Comparativa

A análise comparativa entre as alternativas locacionais de sequenciamento de lavra (A, B e C) foi baseada em critérios técnicos, ambientais, sociais e econômicos.

A classificação das alternativas descritas no estudo foi baseada no método descrito por SÁNCHEZ (2006), adaptado para o empreendimento em questão, chamado de ***análise por critérios múltiplos.*** Esse método adota procedimentos que visam a agregação de informação de natureza diferente sobre alguma base comum, de modo a permitir comparações e simulações das alternativas de projeto. A aplicação do método permitiu a comparação entre as alternativas e a identificação daquelas mais ou menos favoráveis para o projeto proposto. SÁNCHEZ (2006) afirma ainda que os esquemas de análises por critérios múltiplos são adotados frequentemente em estudos ambientais, o que reforça o modelo proposto. Foram analisados os seguintes critérios de avaliação:

- Volume da pilha: na alternativa A, foi de 44 Mm³. Na B, foi de 63 Mm³ e, na C, foi de 146 Mm³.
- Custos técnico-operacionais: na alternativa C, chegou-se a cutos que podem totalizar R$ 758,5. Na alternativa A, R$ 430,5 milhões, devendo estar, a alternativa B, entre as duas anteriores, pois o volume de estéril transportado para a pilha e área ocupada para tanto, encontra valores entre as alternativas já citadas.
- Área impactada pela lavra: a alternativa A ocupará uma área total (pilha e cortes de lavra) de 2.461 ha, a alternativa B e a C ocuparão, respectivamente, 2.526 ha e 2.943 ha.
- Dimensão e localização do lago final: a alternativa B tem dois lagos sendo um deles mais à jusante considerando-se o fluxo de água no aluvião. Quanto às dimensões, os reservatórios das alternativas A, B e C ocupam áreas de 240 ha, 650 ha e 680 ha respectivamente.

Considerando que o reservatório C terá área superior à do B, pondera-se pela equivalência entre as duas alternativas.

- Impacto visual da pilha de estéril: este requisito considera o ponto de vista do observador. Sendo a BR290 o local de maior fluxo de pessoas, deve ser este o ponto considerado na mensuração do impacto visual. Verificando-se a distância da BR290 relativa ao ponto mais próximo das pilhas projetadas, identifica-se que essa medida é de 3.000 m, 1.250 m e 1.500 m para as anternativas A, B e C respectivamente.
- Risco de inundação da área do empreendimento: considerando que as 3 alternativas serão protegidas por diques de contenção de enchentes, não haveria diferença significativa entre ambas alternativas.
- Localização do início do rebaixamento do nível d'água aluvionar: esse critério considera a distância entre o corte inicial de cada alternativa ao limite do PEDJ.
- Impacto à dinâmica hídrica dos arroios: critério que considera as alterações nas bacias de contribuição dos arroios Pesqueiro e Jacaré, tanto em área quando sobre as características do talvegue de drenagem construído que comporá o desvio de cada arroio (comprimento e declividade). A alternativa A gera o menor impacto, visto que a declividade dos arroios praticamente se iguala à declividade original, além dos efeitos de represamento das águas pluviais, especialmente ao sul, serem menores quando comparadas as 3 alternativas. Na alternativa B, a pilha produz o represamento ao sul, ao dividir a bacia de contribuição do arroio pesqueiro. Além disso, a elevação de cotas topográficas no sentido leste-oeste seria maior, agravando o efeito de represamento. No caso da alternativa, conforme desenvolvido nos textos anteriores, verifica-se a inviabilidade de manutenção das contribuições de 40% da área da bacia do arroio Pesqueiro para o novo canal construído. Haverá, assim, a transposição das águas dessa microbacia hidrográfica para a microbacia do arroio Jacaré.

- Cronograma de Reassentamento Involuntário das comunidades: considerou-se como pior alternativa aquela que requeresse o reassentamento involuntário mais abrangente e em mais curto prazo. Nesse requisito, as alternativas B e C se equivalem, visto que demandariam o deslocamento do assentamento e do Guaíba City já na etapa de implantação da mina. No caso da alternativa A, se teria um prazo maior para o efetivo deslocamento de populações, sendo necessário na fase inicial, apenas, o ingresso em áreas de grandes produtores rurais.

Considerando os critérios e observações acima, para a definição da alternativa mais favorável, foi aplicado um modelo de ponderação quali–quantitativo, sendo que, para cada critério de avaliação foram conferidos valores de 1 a 3, comparando-se entre si as alternativas selecionadas, cabendo o valor maior à alternativa mais favorável e o mais baixo à menos favorável. Na Tabela 1**,** são apresentados os critérios de ponderação para a avaliação das alternativas. Por fim, para normalização dos valores considerados, serão calculadas as médias totais para ponderação de cada uma das alternativas avaliadas, sendo identificada como a alternativa mais favorável, aquela que obtiver a maior pontuação.

Tabela 1. Critério de ponderação para avaliação das alternativas.

Valor	Critério
1	Menos Favorável
2	Favorável
3	Mais Favorável

Na Tabela 2, está apresentada a análise comparativa das alternativas A, B e C para inicio e sequenciamento de lavra.

Tabela 2. Análise comparativa das alternativas locacionais de início e sequenciamento de lavra.

Critérios de Avaliação	Alternativas (*)		
	A	B	C
Aspectos Técnico-Operacionais			
1. Volume da Pilha de Estéril	3	2	1
2. Custos Técnico-operacionais	3	2	1
Aspectos Socioambientais			
1. Área Impactada pela lavra	3	2	1
2. Dimensão e Localização do Lago Final	3	1	1
3. Impacto Visual da Pilha de Estéril	3	1	2
4. Risco de inundação da área do empreendimento	3	3	3
5. Localização do início do rebaixamento do nível d'água	1	3	3
6. Impacto à dinâmica hídrica dos arroios	3	1	1
7. Cronograma de Reassentamento Involuntário	3	1	1
Somatório	**25**	**16**	**14**
Médias Totais	**2,78**	**1,78**	**1,56**

(*) Alternativa A: início Leste / Alternativa B: início Sul / Alternativa 3: início Oeste

Alternativa Mais Favorável Alternativa Intermediária Alternativa Menos Favorável

Ao fim da avaliação das alternativas locacionais, dadas as ponderações apresentadas na Tabela 2, identificou-se a **ALTERNATIVA A** como aquela de maior viabilidade sob os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais do projeto de mineração

1.2 ESTABILIDADE DOS TALUDES DA LAVRA

O objeto desse questionamento é a relação entre a posição do nível d'água nos taludes dos cortes, em locais em que o nível das simulações do modelo hidrogeológico numérico não atende a premissa imposta pela geotecnia, dos taludes estarem secos.

De fato, em vários locais dos taludes, o nível d'água decorrente da simulação do desaguamento dos cortes não está em posição/cota que atenda a premissa de taludes secos. Portanto, é importante que se compreenda o porquê de tal situação e se correlacione essa questão com a análise de viabilidade ambiental do projeto da Mina Guaíba. Segue, abaixo, a análise de tal questão.

1-O modelo hidrogeológico realizado para o estudo ambiental da Mina Guaíba tem objetivo ambiental e não operacional. Ou seja, o estudo hidrogeológico realizado verificou dois quesitos fundamentais à avaliação da viabilidade ambiental do projeto: extensão máxima do cone de rebaixamento; e determinação das máximas vazões a serem tratadas na ETE da lavra. Sendo assim, o objetivo desse modelo numérico sempre foi de simular o desaguamento das cavas para avaliação do cone de rebaixamento e seus potenciais impactos na disponibilidade de recursos hídricos.

2-Posto isso, em se tratando de um modelo ambiental, de grande extensão (com uma área de aproximadamente 116 km²), a malha de modelagem (grid), além do objetivo pretendido, não possui escala compatível para representar o nível d'água totalmente recuado em relação aos taludes, uma vez que cada célula do modelo possui dimensões de 100 x 100 metros (escala compatível com modelo ambiental), e espessura proporcional a espessura de cada intervalo do aluvião (argila, areia fina, areia grossa e cascalho).

3-O procedimento numérico para rebaixamento do nível d'água foi desaguar os taludes com poços tubulares bem como inserir o recurso dreno no fundo dos cortes de lavra (na base do aluvião), representando um bombeamento de fundo de cava (*sump*). Esses drenos são inseridos nas células contidas dentro dos limites do corte, na cota exata da base do aluvião, como ilustra/exemplifica a figura abaixo, retirada do relatório (Figura 1).

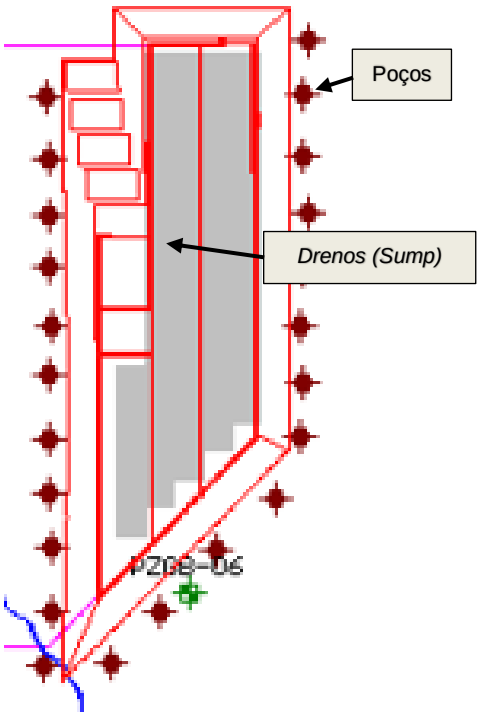

Figura 10. Localização em planta das estruturas de desaguamento inseridas no modelo (poços e drenos) - exemplo Ano 01 da simulação.

4-Portanto, o que ocorre é que nessas células dentro do corte (região cinza dentro do corte na figura), o nível d'água está de fato na cota da base do aluvião (como ocorrerá na prática), mas na medida em que se adentra aos taludes/afasta um pouco dessas células com dreno (ou seja, estamos falando de 1 célula de 100x100m), há um gradiente de nível d'água. Portanto, as escalas horizontal e vertical do modelo hidrogeológico ambiental não são adequadas para que, numericamente, o nível d'água seja simulado em posição atrás das linhas de escorregamento modeladas do estudo geotécnico de estabilidade dos taludes.

5-Por isso, na região dos taludes do pacote aluvionar (cuja projeção em planta na figura é a faixa vermelha no entorno do fundo desse corte) esses não possuem células com dreno, logo, o nível d'água não fica numericamente na cota da base do aluvião nos taludes, como deverá ficar na prática (sobretudo nos taludes leste correspondentes à área de bota-fora, onde haverá um colchão drenante construído no horizonte de cascalho, jogando o nível d'água nas cotas desse horizonte aluvionar).

6-Um refinamento da posição do nível d'água x taludes, para atender essa premissa geotécnica, só é possível com um modelo hidrogeológico operacional fechado em cada corte, com escala de células na casa de metros (5x5metros, 10x10 no máximo). Com a extensão do modelo ambiental em apreço não é possível um refinamento de células e, consequentemente, resultados da posição do nível d'água nessa escala.

7-Isso não implica que as simulações numéricas do modelo não atendam o desaguamento das cavas, contrariando o objetivo e a qualidade do resultado do rebaixamento alcançado, mas sim, é uma questão de escala numérica de trabalho, que não tem como ser adequada nessa escala e fase do projeto. O modelo hidrogeológico ambiental demonstra, portanto, que a drenagem da área de lavra é viável e que o cone de rebaixamento terá uma extensão tal que requererá algumas medidas de controle e de monitoramento ambientais.

8-Na prática, como foi ressaltado no relatório do modelo, a drenagem dos taludes leste do pacote aluvionar, recompostos pelo mesmo material extraído da lavra, resultará no rebaixamento do nível d'água que ocorrerá, principalmente, através de estruturas do tipo dreno/colchão/trincheiras horizontais (imagens a seguir), promovendo o rebaixamento do nível d'água na cota de base da camada de cascalho. Essas estruturas serão formadas pela deposição do cascalho, presente no pacote aluvionar, no topo da camada de siltito do bota-fora.

9-Necessidades geotécnicas de rebaixamento de talude (e de bombeamento de sump) serão atendidas localmente, seja por poços, seja pela atuação do cascalho como colchão drenante. O sistema de rebaixamento deverá ser dimensionado, então, na etapa de projeto executivo.

10-A disposição, número de poços e projeção da relação posição do nível d'água (water table) x taludes deverá ser fruto de uma etapa posterior de estudos, com um projeto executivo do sistema de desaguamento e injeção, com piezômetros para o monitoramento do nível d'água dos taludes já em operação. As simulações do modelo numérico ambiental não têm esse objetivo.

A Foto 1 e a Foto 2 ilustram como exemplo a construção de um colchão drenante para talude, com emprego de cananetes de drenagem para favorecer o desaguamento. No projeto Guaíba o material drenante será o cascalho disposto na base dos depósitos de bota-fora.

Foto 1. Exemplo de construção de colchão drenante.

Foto 2. Exemplo da utilização de cananetes de drenagem em colchão drenante

Considerando o acima exposto, o estudo hidrogeológico ambiental indica que o projeto da Mina Guaíba é viável ambientalmente. Resta, portanto, analisar e tecer considerações sobre a hidrogeologia do projeto em uma escala mais micro de modo a se explicitar a questão operacional de rebaixamento e suas inter-relações com a estabilidade geotécnica dos taludes da área de lavra.

1.2.1 Representação esquemática do nível d'água em seções geotécnicas dos taludes

O estudo geotécnico do projeto da Mina Guaíba considerou como premissa de dimensionamento, em especial, os ângulos gerais dos taludes in situ e do bota-fora considerando que estariam secos. Isso significa dizer que a linha do nível d'água (NA) deverá encontrar-se abaixo das linhas que representam as superfícies de escorregamento desses taludes, ou seja, das superfícies cujo fator de segurança (FS) é menor (Figura 11).

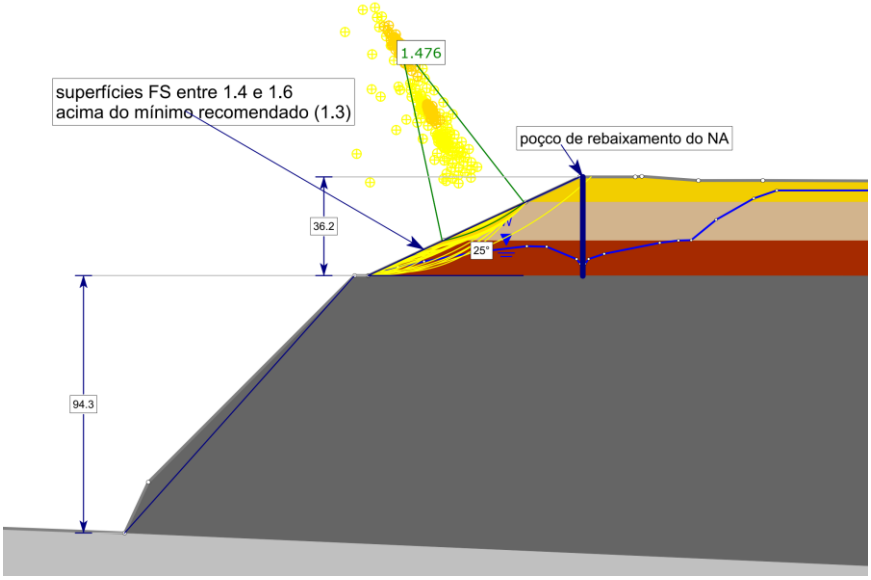

Figura 11. Ilustração de seção geotécnica mostrando de forma esquemática o cálculo do fator de segurança para o talude drenado.

Para que o nível d'água seja posicionado abaixo das superfícies de menor FS, utilizam-se estruturas de drenagem localizadas nos taludes as quais são do tipo poço/dreno/colchão/trincheira horizontal conforme citado anteriormente.

A COPELMI disponibilizou duas seções geotécnicas pré-definidas em taludes de lavra e recompostos em bota fora, para uma ilustração da situação do nível d'água pretendida. Essas seções foram escolhidas por representarem taludes localizados em partes mais profundas da área de lavra sendo, consequentemente, taludes mais altos. As seções N-S e W-E pré-definidas são ilustradas na Figura 12.

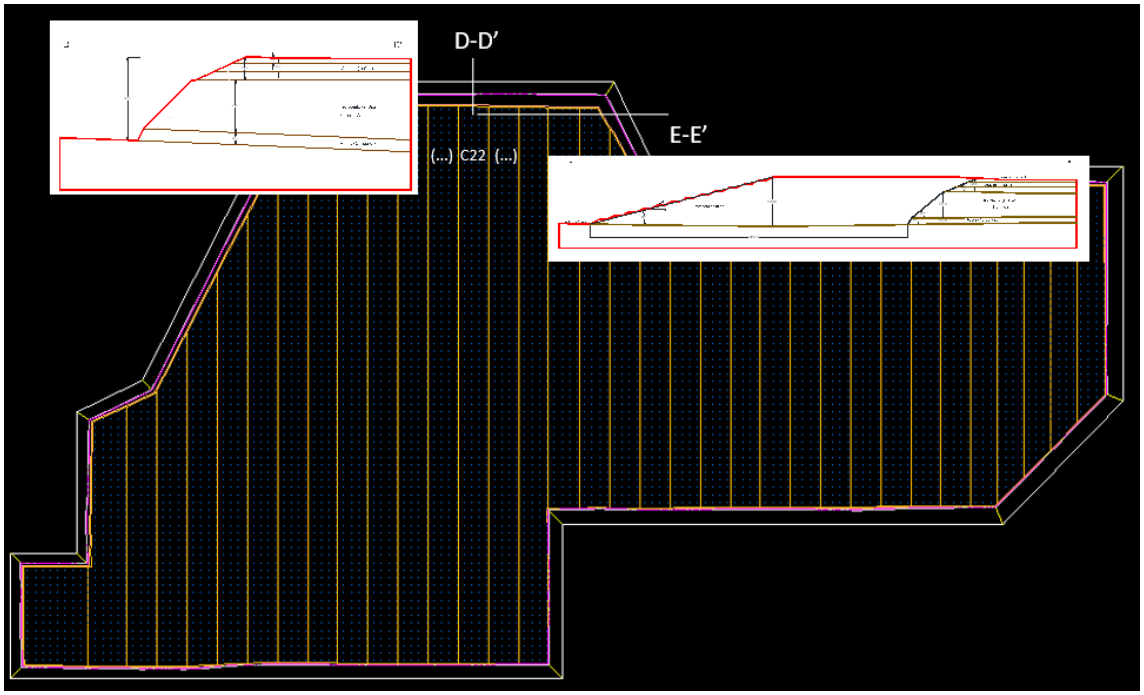

Figura 12. Seções geotécnicas (D-D' e E-E') pré-definidas pela COPELMI

Ambas as seções recebidas cortam a lavra em um cenário de "longo prazo" (após ano 8), aproximadamente no corte de lavra 22. A seção D-D' corta a lavra na direção N-S no talude norte e a seção E-E', ilustra um talude recomposto pelo material extraído (bota-fora), na direção W-E.

A seguir, são apresentadas ilustrações (Figura 13) em detalhe das seções geotécnicas e suas superfícies de escorregamento em talude de lavra (D-D') e talude em bota-fora recomposto (E-E'), com foco na região dos taludes do aluvião, considerados no modelo geotécnico. Nessas, o círculo em verde representa a porção dos taludes de lavra e bota-fora apenas no pacote aluvionar, fruto da modelagem numérica.

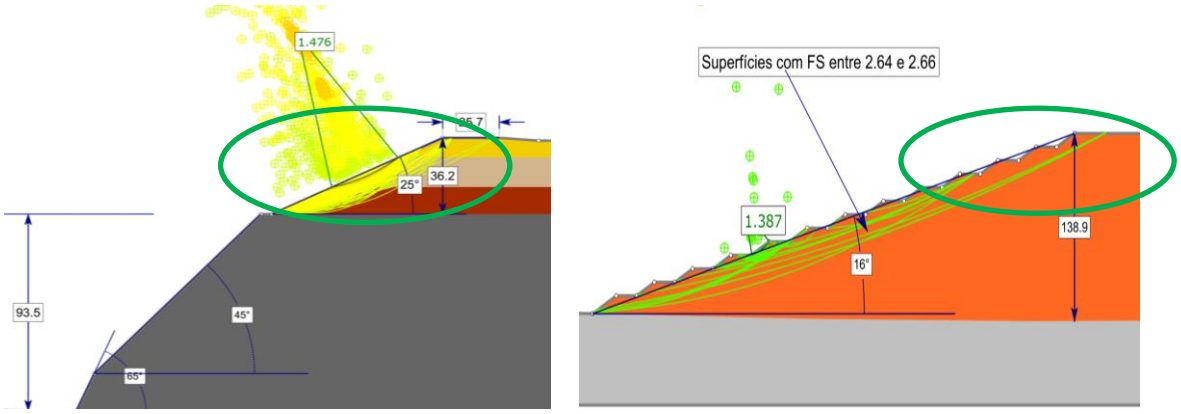

Figura 13. seções geotécnicas e suas cunhas de ruptura em talude de lavra (D-D') e talude em bota-fora recomposto (E-E').

A partir dessas, foi gerado, de forma conceitual e esquemática, a representação teórica do nível d'água em cada um desses taludes, com base no projeto de rebaixamento proposto, com poços e drenos/colchão drenante em cada talude, ilustrado nos croquis abaixo (Figura 14 e Figura 15).

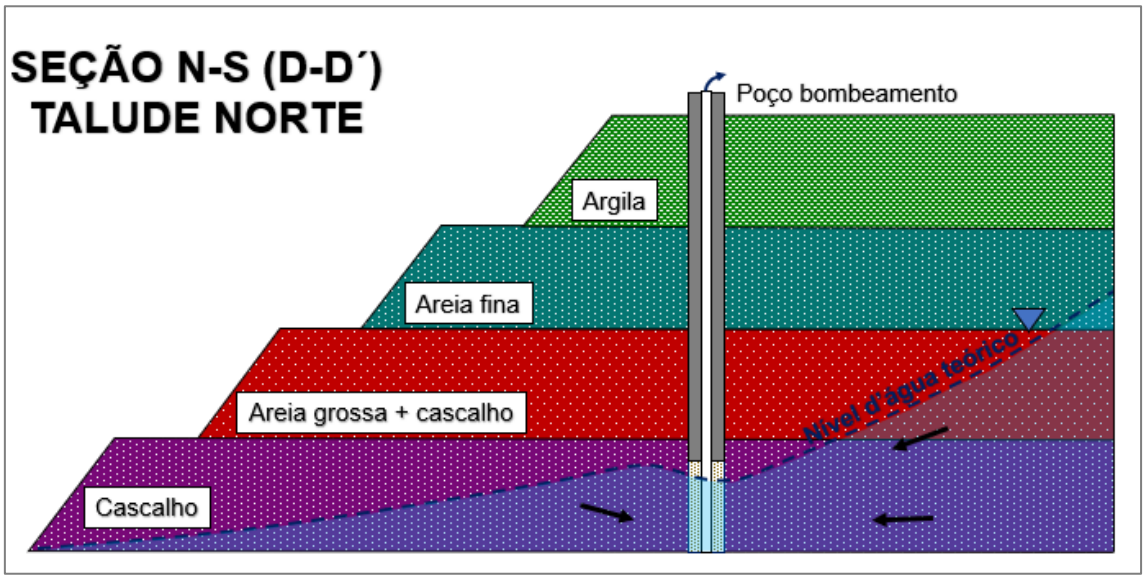

Figura 14. Croqui esquemático do talude norte (seção D-D') com poço de rebaixamento e superfície teórica do nível d'água teórica.

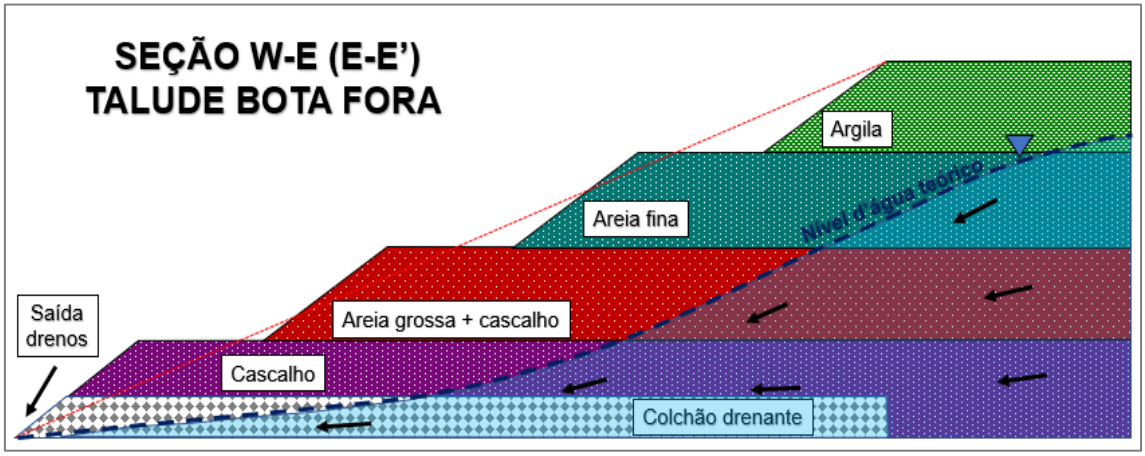

Figura 15. Croqui esquemático do talude bota-fora (seção E-E') com colchão drenante e superfície teórica do nível d'água teórica.

Eventualmente, o desaguamento de taludes poderá contemplar drenos verticais, que consistem em poços de areia para auxiliar na drenagem, acentuando o rebaixamento na medida em que drenam água de camadas menos permeáveis, para a camada inferior mais permeável, no caso, o horizonte de cascalho/colchão drenante, como mostra a Figura 16.

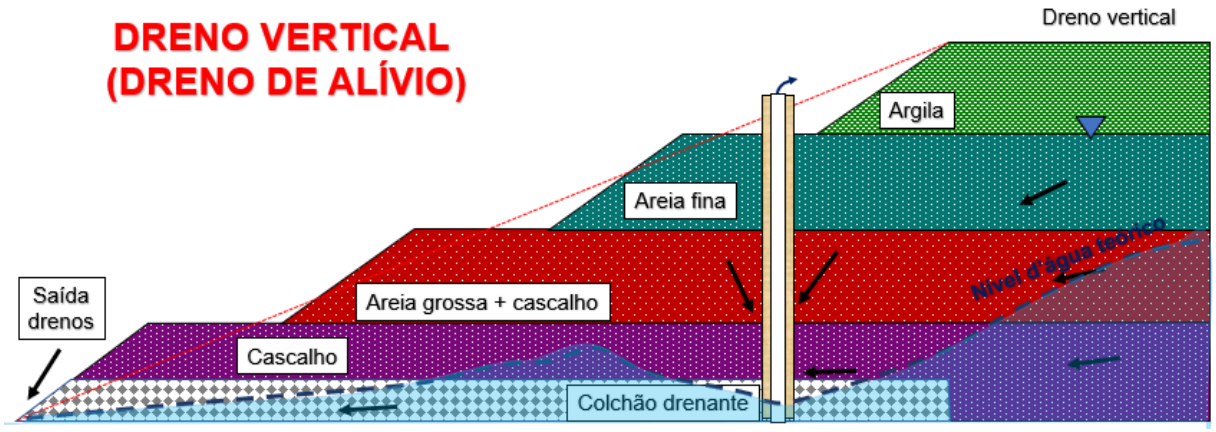

Figura 16. Croqui esquemático do talude bota-fora (seção E-E') com colchão drenante, dreno vertical e superfície teórica do nível d'água teórica.

Pode-se observar que nessa situação, a superfície teórica do nível d'água (water table), sofre um rebaixamento ainda maior em relação a situação só com o colchão drenante.

Em suma, o modelo hidrogeológico operacional será desenvolvido durante o projeto executivo da lavra e descreverá, em nível de detalhamento executivo, as estruturas de drenagem dos taludes que garantirão que estes estejam drenados. Ou seja, a linha do nível d'água deverá localizar-se abaixo das linhas de escorregamento dos taludes, conforme

simulado pelo estudo geotécnico da COPELMI ao considerar os “taludes secos”. A drenagem dos taludes, sob hipótese nenhuma, oferecerá obstáculos tais ao projeto de engenharia que inviabilizem a execução dos taludes da forma como foram projetados no estudo geotécnico.

Posteriormente à execução do modelo hidrogeológico operacional, que fornecerá o detalhamento sobre as estruturas de drenagem e as respectivas linhas de NA junto aos taludes, o modelamento geotécnico de estabilidade dos taludes será refinado. Esse refinamento ocorrerá a partir do lançamento das linhas de nível d'água junto às faces dos taludes com conferência dos FS respectivos às superfícies de escorregamento. Segundo informado pela COPELMI, caso haja qualquer fator de segurança inferior a 1,3, o sistema de drenagem projetado deverá ser redimensionado até que haja a garantia da manutenção da estabilidade dos taludes considerando a geometria projetada para o EIA.

Trata-se, portanto, de um modelo numérico operacional, que não conflitará com o modelo e avaliação ambientais apresentados, uma vez que, dada a sua escala de detalhe, não alterará a extensão projetada para o cone de rebaixamento

1.2.2 - Representação esquemática do nível d'água em seções geotécnicas – mina de linhito na Alemanha

Ilustrando esquematicamente com outro estudo realizado em mina de linhito na Alemanha, a Figura 17, a seguir, foi extraída de uma apresentação sobre o rebaixamento e reinjeção realizados pela RWE em minas da Alemanha e explica conceitualmente como ocorre o manejo dos recursos hídricos subterrâneos nesse tipo de mineração.

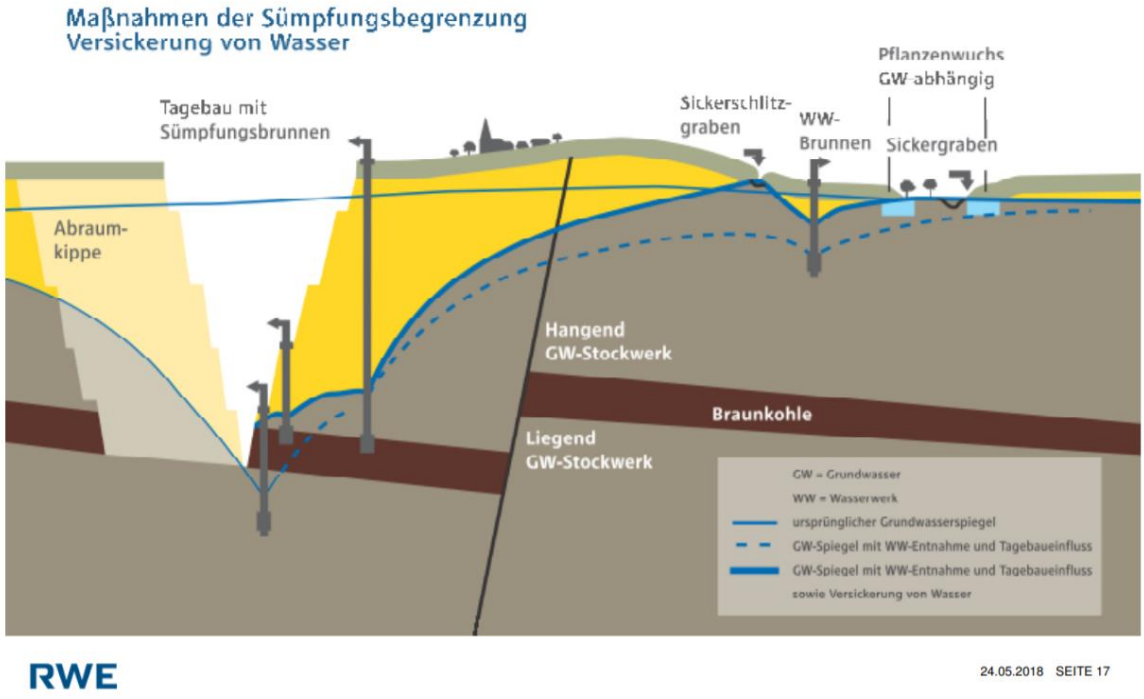

Figura 17. Sistema de rebaixamento de NA e reinjeção realizados em mineração de linhito na Alemanha, visando a prevenção de impactos em áreas ambientalmente protegidas e o desaguamento de taludes.

A Figura 17 mostra, em uma escala macro, que as áreas ambientalmente protegidas são preservadas através dos controles ambientais por reinjeção de água. Em uma escala micro, verifica-se o funcionamento de controle de NA nos taludes através dos poços 1 a 3 apresentados na Figura 18.

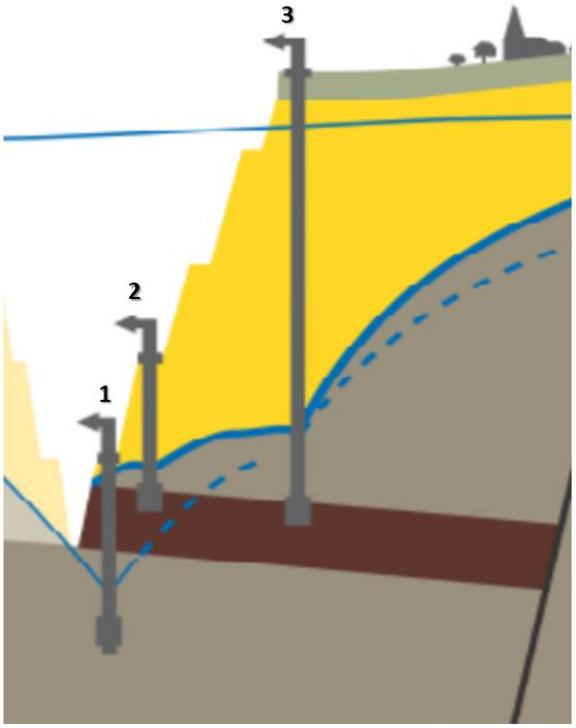

Figura 18. Vista dos poços de rebaixamento de NA.

A linha azul cheia ligando os poços de rebaixamento demonstra onde o nível d'água situa-se com o funcionamento os poços 1 a 3 e mais a estrutura de reinjeção apresentada na figura 2. Observa-se que o poço de bombeamento de número 3 tem maior profundidade e é responsável pelo maior rebaixamento do nível d'água. Os poços 1 e 2 instalados nos taludes do corte de lavra, por sua vez, tem a função de manter esses taludes drenados (condição seca requerida para a estabilidade geotécnica). Conceitualmente, em uma situação de não funcionamento dos poços 1 e 2, o cone do poço 3 seria retomado levando a linha de rebaixamento (LR) da posição LR1 para LR2 (Figura 19).

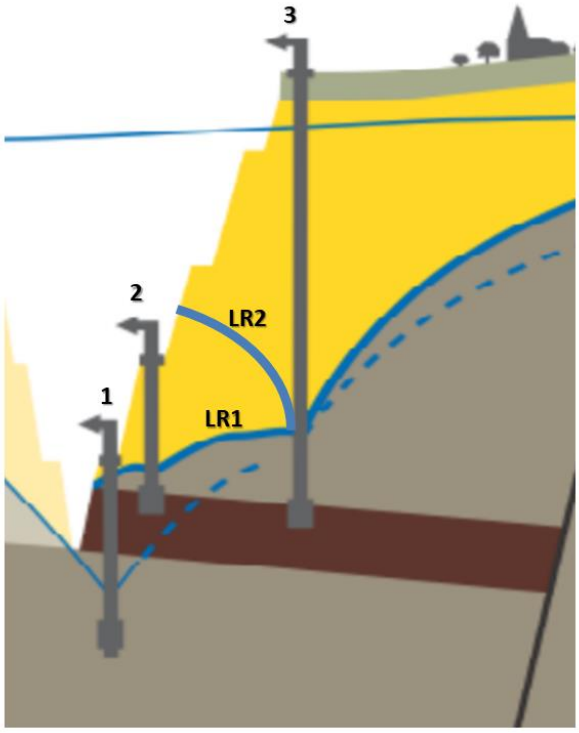

Figura 19. Vista dos poços e das linhas de rebaixamento de nível d'água.

Em LR2, o talude estaria saturado e problemas de estabilidade geotécnica poderiam ocorrer. O NA em LR1 representa a condição ideal de operação, sendo esta a forma que será projetada para os períodos de instalação e de operação da Mina de Guaíba. No caso da Mina Guaíba, o nível d'água em LR1 será garantido pela existência do colchão drenante caracterizado pelo horizonte composto por cascalho situado na base do pacote aluvionar, podendo-se, conforme projeto executivo, contar também com outras estruturas de drenagem adicionais.

1.3 ESTRUTURA DE RECARGA - TECNOLOGIA DE REINJEÇÃO DE ÁGUA NO AQUÍFERO ALUVIONAR

Os poços de injeção de água no aquífero diferem muito pouco dos poços tubulares construídos para a captação de água subterrânea, sendo usual empregar poços existentes, inoperantes, para a recarga artificial (Silva et al, 2004). A principal preocupação dos projetistas consiste no fenômeno da colmatação, devido ao fato de estarem utilizando águas superficiais ou mesmo águas provenientes de estações de tratamento de esgotos (Ortuño et al 2009).

No caso específico da Mina do Guaíba a água será proveniente dos poços de rebaixamento, sem contato com a atmosfera, direto dos poços de rebaixamento para os poços de injeção de água no aquífero. Para tanto não deverão ser utilizados reservatórios de acumulação, apenas bombas reforçadoras (*booster*).

Para garantir a eficiência dos poços de injeção recomenda-se cuidados especiais em sua construção, principalmente no tocante ao desenvolvimento. Afinal, os poços produtores de água continuam o desenvolvimento com o bombeamento, enquanto nos poços de injeção, o desenvolvimento é encerrado ao termino da construção. O tempo e os métodos de desenvolvimento são fundamentais para o sucesso dos poços de injeção.

A execução de ensaios periódicos durante o processo de injeção, com o controle da vazão e pressão de injeção será fundamental para a aplicação de procedimentos de descolmatação ou, desenvolvimento.

Com vistas a construção de um poço de injeção com um bom desenvolvimento, foram propostas as seguintes práticas:

- perfuração rotativa com circulação reversa de lama, esse método permite o uso de uma lama de menor viscosidade. Mesmo empregando lamas a base de polímeros, a argila da formação acaba sendo incorporada à lama. Outro ponto que define a circulação reversa é a remoção do material perfurado pelo interior do hasteamento, o que deverá favorecer a perfuração na camada de cascalho;
- diâmetro de perfuração em 17 1/2", até 10 m abaixo topo do siltito. Essa sobre perfuração no siltito deverá permitir uma maior submergência no bombeamento com *air-lift,* necessário no processo de descolmatação;
- tubo liso de revestimento 4" aço DIN 2440, preto, rosqueável, na argila e siltito, como está previsto a injeção de 15 m³/h por poço o diâmetro de 4” é suficiente;
- centralizador de 17 ½” para 4”, instalado no tubo liso na porção inferior junto aos siltitos;

- tubo filtro espiralado, preto, abertura de 2 mm, na areia e cascalho, tipo estandarte;
- pré-filtro, constituído de areia selecionada, com grãos arredondados e granulometria acima de 2 mm. O maciço de pré-filtro deverá ocupar o espaço anular até 2 metros abaixo da base da argila;
- A granulometria do pré-filtro deverá ser compatível com o intervalo da formação em completação. Na prática a empresa de perfuração deverá dispor no canteiro de obras pré-filtro as granulometrias acima de 2 mm existentes nos distribuidores locais de areia selecionada;
- tubo de completação de pré-filtro, até o topo do maciço, PVC ponta e bolsa DN50;
- areia fina lavada, intervalo de 2 metros acima do maciço de pré-filtro;
- cimentação calda traço 1:1 em volume, em todo o intervalo perfurado na camada argilosa. O traço 1:1 é obtido com a mistura de uma parte de água e outra de cimento, para aumentar a fluidez da calda admite-se substituir no máximo 10% de cimento por bentonita no lugar do cimento;

Sequenciamento dos serviços de perfuração e completação:

- Instalação do canteiro de obras, construção de tanque de lama compatível com perfuração com circulação reversa, conectando diretamente a base do tanque com o poço;
- Instalação de tubo de boca provisório de 20”, em aço preto, chapa calandrada, no intervalo argiloso, conectado ao tanque de lama;
- Instalação da sonda de perfuração;
- Perfuração com circulação reversa até 10 metros abaixo da base da camada de cascalho;
- Coleta de amostras de calha e classificação granulométrica dos diversos níveis de areia e cascalho;
- Eliminar a conexão entre a perfuração e o tanque de lama;
- Imediata descida da coluna de revestimento;
- Instalação do maciço de pré-filtro, utilizando tubo auxiliar de 2” desde a base do maciço, para lançar o pré-filtro, em conformidade com a classificação granulométrica da formação;
- Instalação de tubo de aço auxiliar de 16” até 2 metros abaixo da base da camada de argila;
- Durante a descida de pré-filtro realizar contra fluxo de água injetada pela coluna de revestimento;

- Início imediato do primeiro desenvolvimento com *air-lift* bombeando por 24 horas utilizando compressor com capacidade mínima de 600 PCM (pés cúbicos por minuto) por 5 kg/cm^2;
- Jateamento dos filtros com pressão de jateamento de 20 kg/cm^2, por 24 horas ininterruptas;
- Desenvolvimento com *air-lift* bombeando por 24 horas utilizando compressor com capacidade mínima de 600 PCM (pés cúbicos por minuto) por 5 kg/cm^2;
- Segundo jateamento dos filtros com pressão de jateamento de 20 kg/cm^2, por 24 horas ininterruptas;
- Desenvolvimento com *air-lift* bombeando por 24 horas utilizando compressor com capacidade mínima de 600 PCM (pés cúbicos por minuto) por 5 kg/cm^2;
- Instalação do tubo de recarga de pré-filtro;
- Retirada da tubulação de aço de 16” simultaneamente a colocação da camada de areia fina até a base da tubulação de aço 20”;
- Cimentação com calda de cimento (traço 1:1) simultânea à retirada da tubulação auxiliar de 20”;
- Construção da laje de proteção sanitária de 1,00 m x 1,00 m x 0,25 m, com marco topográfico metálico chumbado na laje;
- Solda do flange no topo do tubo de revestimento;
- Montagem da cabeça de injeção;
- Teste para verificar a capacidade máxima de injeção a 4 kg/cm^2;
- Teste escalonado de injeção em 4 etapas de 2 horas com pressões de 1, 2, 3 e 4 kg/cm^2, acompanhando a evolução da vazão em cada etapa;
- Início da injeção contínua de água no aquífero;
- Bombeamento para a descolmatação com *air-lift,* 4 horas por dia na primeira semana, monitorando: teor de areia, turbidez e vazão;
- Definir a periodicidade do bombeamento para a descolmatação e testes de verificação da colmatação.

Na montagem do poço são ainda necessários os seguintes acessórios:

- cabeça de poço, soldada, de 4" aço preto com flange;
- tubo adaptador de 4” em aço com uma ponta em flange e outra com rosca macho BSP;
- dois “Tê´s” em aço de 4" unidos por niple de 4”, conforme desenho anexo. A parte central de cada Tê deverá estar acoplado a um conjunto niple válvula de gaveta, sendo

uma para receber a água pressurizada e outro para descarte da água bombeada por *air-lift*;

- bucha de redução de 4" para 1”, acoplado a peça tubo de aço galvanizado de 1”;
- tubulação de aço da bucha de redução até o fundo do poço, com a ponta inferior em bizel, para a adução de ar comprimido na descolmatação com *air-lift*;
- Tê de 1”, com a porção central acoplada a niple e válvula de gaveta para receber ar comprimido de receber na outra ponta válvula e manômetro;
- tubulação adutora de 4";
- barrilete para 4 tubulações adutoras;
- bomba reforçadora para a pressurização de 4 poços, com vazão de injeção a 4 kg/cm^2;
- tubulação para a alimentação com água proveniente dos poços de rebaixamento, sem contato com a atmosfera.

1.3.1 Espaçamento entre poços:

O espaçamento entre os poços será:

- similar ao utilizado entre os poços de rebaixamento inicial;
- possivelmente entre 50 e 100 metros;
- tecnicamente é possível até 5 metros entre poços de injeção.

1.3.2 Vazão simulada para os poços de injeção

Na Figura 25, apresentada no item 1.4.2, estão distribuídos os poços de injeção para o cenário de bombeamento do ano 01 (vazão de injeção de 510 m3/h). Considerando-se a vazão de injeção calculada para cada poço de 15 m3/h, nesse cenário serão necessários 34 poços de injeção, já distribuídos na planta esquemática. Como o desenho está em escala fica claro que é possível distribuir os poços de bombeamento, de injeção e de monitoramento necessários (Figura 20 e Figura 21)..

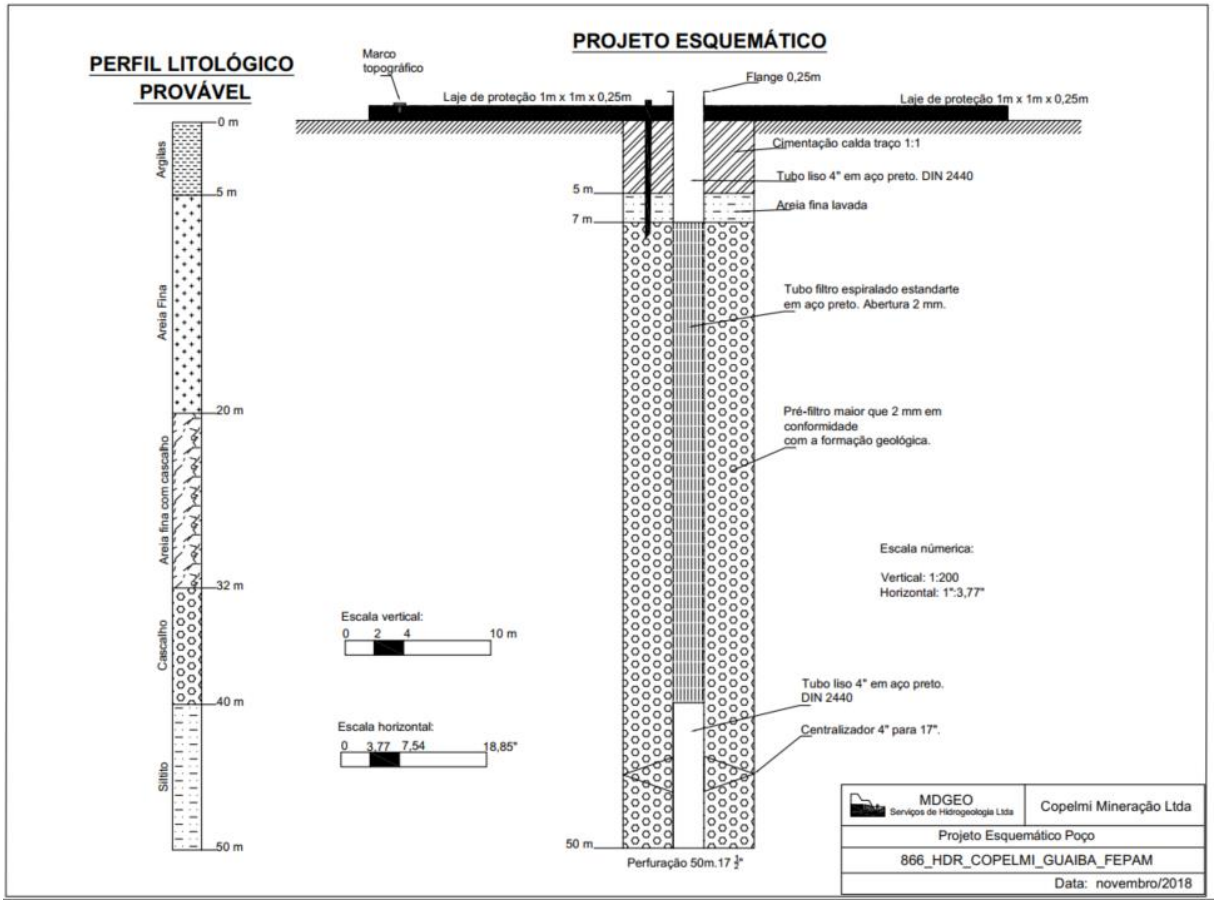

Figura 20. Projeto esquemático do poço de injeção.

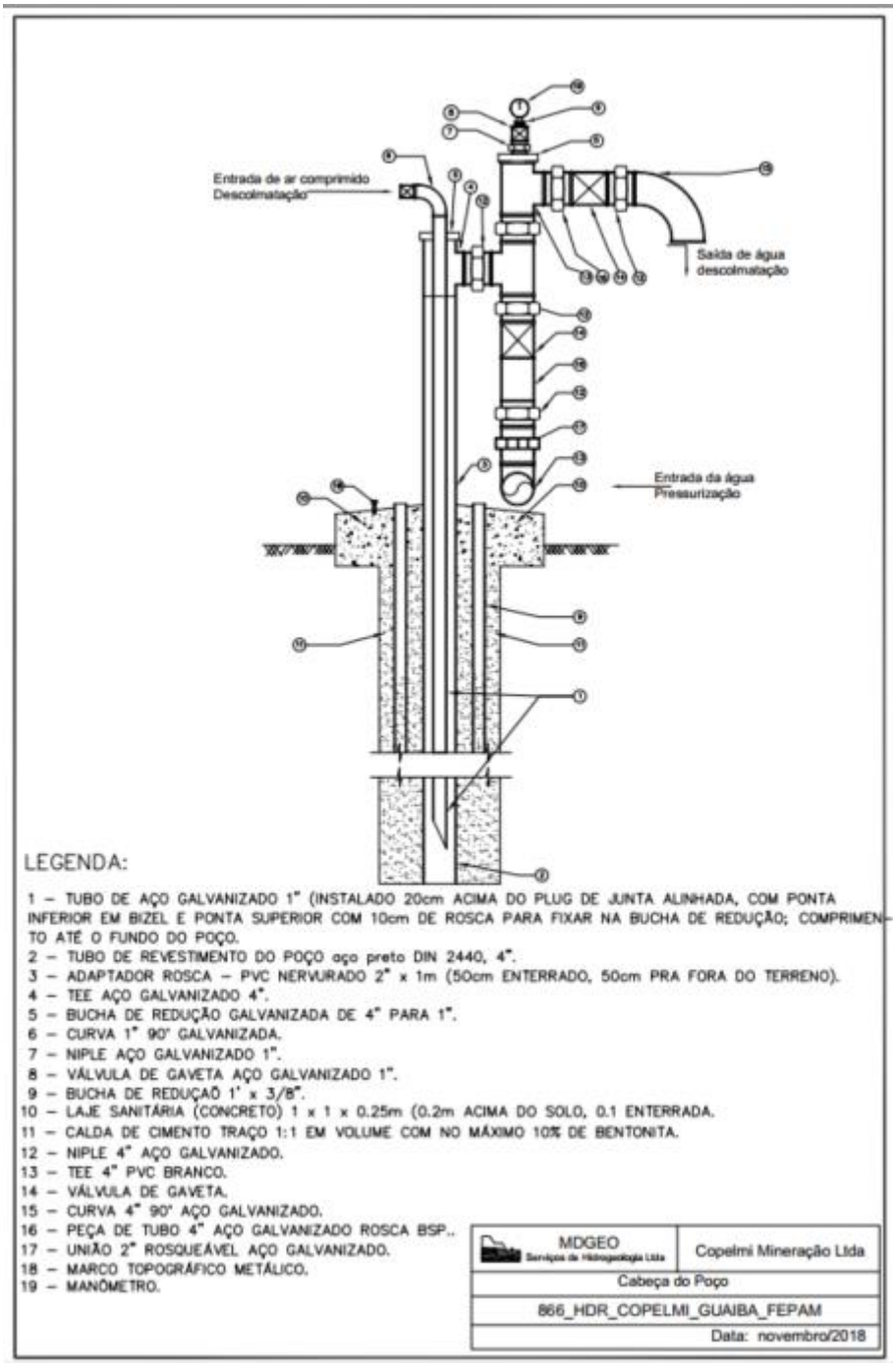

Figura 21. Projeto esquemático do poço de injeção – cabeça do poço.

1.4 MONITORAMENTO

Os Programas de Monitoramento de Águas Superficiais e de Hidrogeologia foram revisados e complementados para atendimento do ofício da FEPAM, conforme apresentado nos itens 1.4.1 e 1.4.2 a seguir, respectivamente. Os apontamentos foram relacionados ao monitoramento dos níveis por telemetria, monitoramento do lago final, e monitoramento do arroio Divisa. Com relação aos indicadores biológicos para monitoramento do rebaixamento do nível d'água, foi elaborado um programa para atendimento deste tópico, conforme apresentado no item 1.4.3 abaixo.

1.4.1 Programa de Monitoramento de Águas Superficiais

1.4.1.1 Apresentação

Os arroios Pesqueiro e Jacaré estão presentes dentro da ADA do Projeto Mina Guaíba. Na fase de implantação será executado o desvio do arroio Jacaré. No quinto ano da operação da mina, será iniciado o desvio do arroio Pesqueiro. Este programa apresenta as diretrizes para monitoramento qualiquantitativo dos arroios, que deve ser executado desde a fase pré-implantação até a fase de desativação da área.

Além dos desvios dos arroios o presente programa visa monitorar quaisquer alterações na qualidade das águas e sedimentos oriundos das atividades de implantação, operação e desativação da Mina Guaíba.

1.4.1.2 Objetivo e Justificativa

A rede de monitoramento hídrico superficial tem como objetivo:

- Monitorar as vazões, níveis e qualidade d'águas dos arroios Jacaré e Pesqueiro durante os diferentes períodos do empreendimento;
- Continuar o monitoramento das vazões no arroio Divisa para obtenção de uma série hidrológica da descarga líquida mais robusta para refinar a regionalização dos arroios Jacaré e Pesqueiro;
- Monitorar o nível e qualidade do rio Jacuí na área do empreendimento, de modo que os dados possam ser utilizados para análises da eficiência das ações de rebaixamento/reinjeção de água.
- Monitorar o nível e qualidade da água no lago a ser formado na cava final;
- Monitorar a qualidade da água dos arroios Pesqueiro, Jacaré, rio Jacuí e lago a ser formado na cava final.

A implantação da rede de monitoramento hidrológico na área do Projeto Guaíba e seu entorno é de fundamental importância para a compreensão hidrológica e hidrogeológica da região, além de monitorar possíveis alterações em decorrência do Projeto Guaíba.

1.4.1.3 Indicadores

Os indicadores do programa de monitoramento de águas superficiais são:

- Variações de nível d'água;
- Valores de vazão;
- Variáveis de qualidade da água acima dos limites estabelecidos pela legislação; e
- Variáveis de qualidade da água acima do background geoquímico (valores obtidos no EIA, apresentados no Capítulo 8.1 – Diagnóstico do Meio Físico).

1.4.1.4 Procedimentos Metodológicos

A seguir é apresentado os procedimentos metodológicos para:

- Monitoramento de Níveis
- Monitoramento da Qualidade das Águas e Sedimentos

1.4.1.4.1 Monitoramento Fluviométrico

O monitoramento fluviométrico compreenderá pontos localizados nos arroios Jacaré, Pesqueiro, Divisa, no rio Jacuí e no Lago Final.

Esse monitoramento deverá ser realizado em locais com o leito dos arroios bem definido, que permita demarcar uma seção e, com fluxo de água corrente, sem interferências e com fluxo o mais laminar possível, características essas descritas a seguir. Por esse motivo, as coordenadas indicadas aqui podem ser ajustadas posteriormente durante atividades de campo.

Todas as estações implantadas serão automáticas, com registro de dados de 15 em 15 minuto, no mínimo. Para aquelas estações cujos dados não sejam transferidos via satélite, será criado FTP para disponibilizar dados coletados.

a) Monitoramento Fluviométrico do Rio Jacuí

Será mantida a estação para monitoramento de nível (linígrafo) localizada no rio Jacuí, próximo à foz do arroio Pesqueiro, adjacente ao empreendimento. Nesta estação serão

instalados equipamentos para medição automática (linígrafo) com transmissão via satélite **(telemetria).**

b) Monitoramento Fluviométrico do Arroio Divisa

Será mantida a estação para monitoramento de nível (linígrafo) localizada no arroio Divisa, com finalidade de consolidar a regionalização hidrológica para reconstituição das vazões nos arroios Pesqueiro e Jacaré, através da aplicação de modelo chuva-vazão. Nesta estação, também está prevista a leitura de vazão durante eventos hidrológicos da bacia. Como essa estação será utilizada apenas até consolidar a curva de descarga da bacia, é prevista sua operação no período de planejamento do empreendimento (pré-implantação), sendo posteriormente desativada. Não é prevista transmissão de dados via satélite nesta estação (telemetria).

c) Monitoramento Fluviométrico dos Arroios Jacaré e Pesqueiro

O monitoramento fluviométrico dos arroios Jacaré e Pesqueiro será feito em três estações a serem implantadas em cada arroio, seguindo a lógica locacional adotada durante a elaboração do EIA/Rima: montante, central e jusante. As estações de jusante devem indicar as vazões de saída dos arroios, antes de suas entradas no PEDJ.

Deste modo, para cada arroio, espera-se acompanhar as vazões afluentes ao empreendimento, as vazões dos arroios ao longo do empreendimento (em trechos a serem desviados dos arroios) e vazões próximo ao limite da AID do empreendimento. Nas estações centrais dos arroios serão instalados equipamentos para medição automática (linígrafo) com transmissão via satélite **(telemetria).**

Vale ressaltar que conforme sejam realizados os desvios dos arroios, a localização das estações central e de jusante deverão ser relocadas para os novos leitos, de modo a acompanhar a manutenção das vazões nestes trechos.

d) Monitoramento de Nível do Lago Final

O monitoramento dos níveis do Lago Final que será formado a partir do término do período de operação do empreendimento será realizado a partir de linígrafo instalado junto ao vertedouro do mesmo. A leitura dos níveis do Lago permitirá acompanhar a variação do nível do lago e identificar eventos de vertimento para o arroio Pesqueiro. Nesta estação não é prevista transmissão de dados via satélite nesta estação (telemetria).

1.4.1.4.2 Monitoramento da Qualidade das Águas e Sedimentos

O monitoramento da qualidade das águas superficiais e sedimentos deverá ser realizado em 8 pontos localizados nos Arroios Jacaré, Pesqueiro, rio Jacuí e Lago Final. A Figura 22 apresenta a localização preliminar dos pontos de medição (exceto Lago Final, que deverá ser inserido quando o lago for formado). Já a Tabela 3 apresenta os parâmetros a serem monitorados.

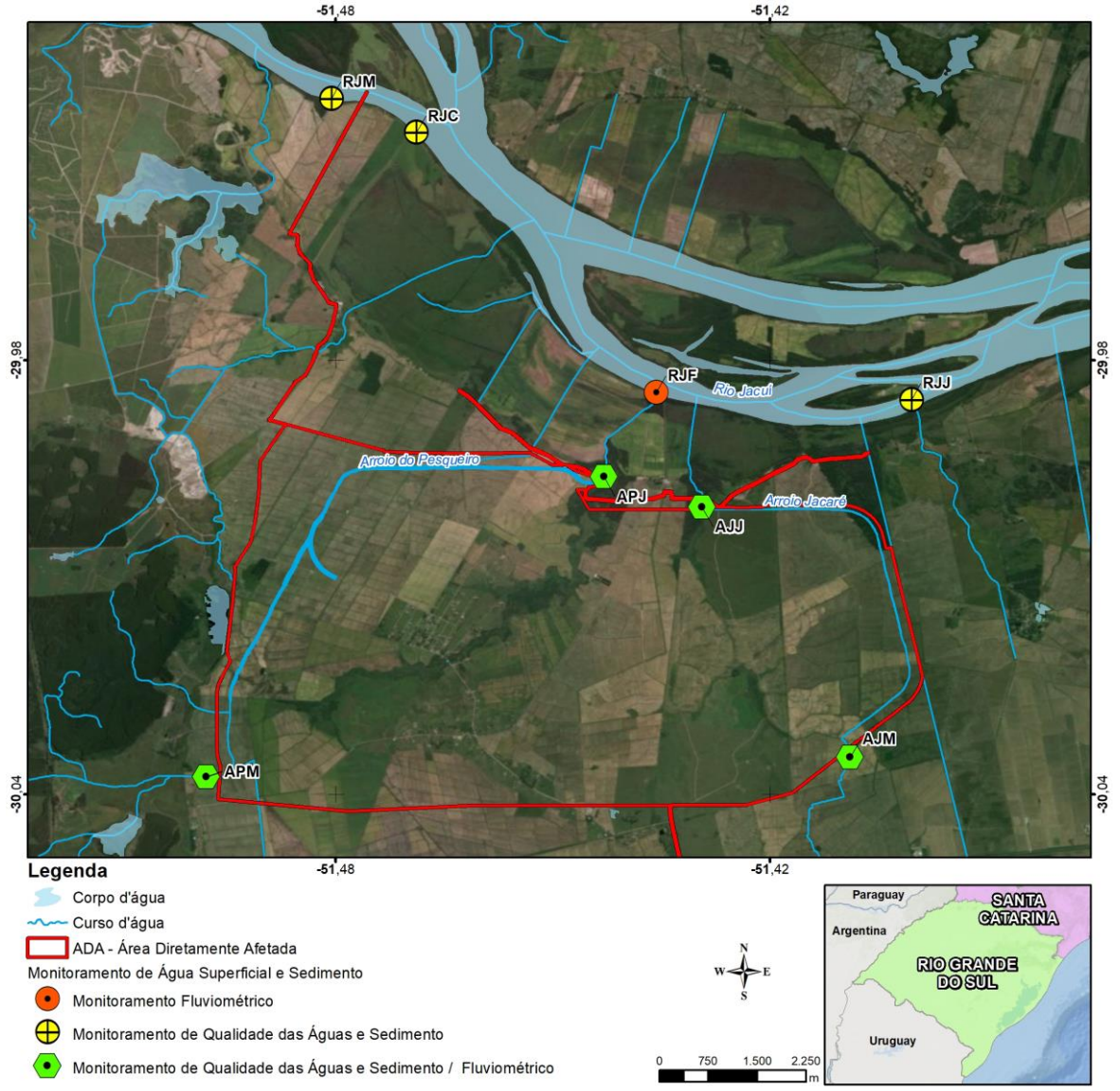

Figura 22. Pontos propostos para monitoramento de qualidade das água e sedimentos, e monitoramento fluviométrico (locação preliminar).

Tabela 3. Pontos propostos para monitoramento de parâmetros físico-químicos e hidrométricos na água superficial nos arroios e do rio Jacuí (ABNT NBR 12.649/92).

Ponto	Corpo Hídrico	Local	Parâmetros Água	Parâmetros Sedimentos
AJM	Arroio Jacaré	A montante do futuro desvio	Acidez Alcalinidade total Alumínio Alumínio dissolvido Arsênio Bromo Cálcio Carbonato Chumbo total Cloreto Cloro residual Cobre dissolvido Coliformes termotolerantes Coliformes totais Condutividade elétrica Cromo hexavalente Cromo total DBO DQO Dureza total Ferro total solúvel Fósforo total Manganês Materiais flutuantes Mercúrio total Níquel Nitrato Nitrito NTK Óleos e graxas Oxigênio dissolvido pH Sólidos Totais dissolvidos Sólidos em suspensão Sólidos sedimentáveis Sulfato Sulfeto Temperatura da amostra Temperatura do ar Turbidez Zinco	Arsênio Cádmio Chumbo Cobre Cromo Mercúrio Níquel Zinco HCH Alfa HCH Beta HCH Delta Lindano (g-HCH) Cis Clordano (Alfa Clordano) Trans Clordano (Gama Clordano) DDD (isômeros) DDE (isômeros) DDT (isômeros) Dieldrin Endrin PCBs (soma 7/lista holandesa) Benzo(a)antraceno Benzo(a)pireno Acenaftileno Fenantreno Fluoreno Naftaleno Pireno Somatória de HPAs Carbono Orgânico Total Nitrogênio Total Kjeldahl Fósforo pH (Suspensão a 5%) Porcentagem de Sólidos Classificação Granulométrica
AJJ_O	Arroio Jacaré	A jusante da área de lavra (antes da APA)		
APM	Arroio Pesqueiro	A montante do futuro desvio		
APJ e APJ_O	Arroio Pesqueiro	A jusante da área de lavra (antes da APA)		
LAG	Lago Final	Junto ao vertedouro		
RJM	Rio Jacuí	Montante do ponto de lançamento da ETE Lavra		
RJC	Rio Jacuí	Jusante do ponto de lançamento da ETE Lavra		

Ponto	Corpo Hídrico	Local	Parâmetros Água	Parâmetros Sedimentos
RJJ	Rio Jacuí	Jusante do empreendimento		

Adicionalmente, durante a fase de operação da Mina Guaíba deverão ocorrer amostragens quinzenais no **ponto de lançamento do rio Jacuí** (ETE Lavra) para os parâmetros: pH, Turbidez, Condutividade, Sólidos (totais dissolvidos, sedimentáveis e suspensos), DQO, Cobre, Manganês e Ferro.

1.4.1.4.3 Quadro Resumo do Monitoramento

A seguir apresentamos um quadro resumo com os pontos, parâmetros e fases do empreendimento em que haverá monitoramento para cada uma das estações previstas.

Quadro 1. Estações de monitoramento da qualidade da água, nível e vazão.

Estações de monitoramento		Aspectos monitorados			Fases do Empreendimento				COORDENADAS UTM 22-J	
		Qualidade da Água	Nível	Vazão	Planejamento	Implantação	Operação	Desmobilização	E	S
Arroio Divisa	**Divisa**	-	X	X	X	-	-	-	444310.20	6678272.85
Arroio Pesqueiro	**APM**	X	X	X	X	X	X	X	452156.97	6676946.39
	APC	-	X	X	X	X	X	-	455671.00	6679126.44
	APJ	X	X	X	X	X	X	-	457393.31	6682199.85
	APC_O*	-	X	X	-	-	X	X	454050.32	6681678.44
	APJ_O	X	X	X	-	-	X	X	457263.80	6681511.80
Arroio Jacaré	**AJM**	X	X	X	X	X	X	X	460528.09	6677475.27
	AJC	-	-	-	-	-	-	-	458893.08	6679387.97
	AJJ	-	-	-	-	-	-	-	458588.24	6681096.52
	AJC_O*	-	X	X	X	X	X	X	460994.51	6680348.49
	AJJ_O	X	X	X	X	X	X	X	458596.10	6681083.80
Rio Jacuí	**JAC***		X	-	X	X	X	X	459932.52	6681956.65
	RJM	X			X	X	X		453668.74	6687342,97
	RJC	X			X	X	X		454549.43	6687025.70
	RJJ	X			X	X	X		461455.27	6682811.08
Lago Final	**LAG**	X	X	X	-	-	-	X	453796.07	6679881.46

* Estações a serem monitoradas e dados transmitidos via satélite (telemetria).

1.4.1.5 Cronograma de Execução

As atividades de monitoramento das águas superficiais serão desenvolvidas durante as fases de planejamento, implantação, operação e desativação do Projeto Mina Guaíba.

O monitoramento de qualidade das águas deverá ocorrer trimestralmente durante a fase de implantação, operação e desativação. O monitoramento de níveis será realizado por estações automáticas com coleta de dados a cada 15 minutos.

Exclusivamente para a fase de operação deverão ocorrer campanhas quinzenais de monitoramento de qualidade no ponto de lançamento de Efluente no rio Jacuí para os parâmetros pH, Turbidez, Condutividade, Sólidos (totais dissolvidos, sedimentáveis e suspensos), DQO, Cobre, Manganês e Ferro.

Os relatórios deverão ser entregues com frequência semestral à FEPAM.

1.4.2 Programa de Monitoramento Hidrogeológico

1.4.2.1 Apresentação

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico visa apresentar as diretrizes e orientações para o monitorar os níveis da água subterrânea, os cones de rebaixamento, as áreas de recarga, a qualidade da água subterrânea e a qualidade da água subsuperficial.

1.4.2.2 Objetivo e Justificativa

O programa tem como objetivo principal o levantamento de informações que permitam melhorar continuamente o conhecimento do comportamento hidrodinâmico do sistema aquífero local, ao longo do processo de mineração. Objetiva-se também acompanhar e avaliar a evolução dos cones de rebaixamento e seus impactos na atividade de mineração e meio ambiente, assim como avaliar a eficiência das medidas mitigadoras, e caso necessário, aumentá-las ou alterá-las.

Através deste programa ambiental serão coordenadas as ações de mitigação no que se refere à necessidade de injeção de águas para controle do avanço dos cones, fornecimento de água no caso de diminuição de vazões em poços de produção.

1.4.2.3 Indicadores

Os indicadores do programa de monitoramento hidrogeológico são:

- Variações de nível d'água;
- Variáveis de qualidade da água acima dos limites estabelecidos pela legislação; e
- Variáveis de qualidade da água subterrânea de acordo com a Resolução 420/09, 396/08 e valores de background (valores obtidos neste EIA, apresentados no capítulo 8.1.11 – diagnóstico meio físico).

1.4.2.4 **Procedimentos Metodológicos**

A implantação da rede de monitoramento hidrogeológico na área do Projeto Guaíba e seu entorno é de fundamental importância para a compreensão hidrológica e hidrogeológica da região.

A seguir é apresentado os procedimentos metodológicos para:

- Monitoramento Piezométrico
- Monitoramneto da Qualidade das Águas Subterrrâneas (profundo e raso)

1.4.2.4.1 Monitoramento Piezométrico

O programa de monitoramento do nível d'água tem como objetivo principal o levantamento de informações que permitam melhorar continuamente o conhecimento do comportamento do sistema aquífero local, ao longo do processo de rebaixamento do nível d'água. Objetiva-se também acompanhar e avaliar a evolução dos cones de rebaixamento e seus impactos na atividade de mineração e meio ambiente, assim como avaliar a eficiência das medidas mitigadoras (poços de reinjeção) e caso necessário, aumentá-las ou alterá-las.

Através deste programa ambiental serão coordenadas as ações de mitigação no que se refere à necessidade de injeção de águas para controle do avanço dos cones, fornecimento de água no caso de diminuição de vazões em poços de produção.

Os indicadores do programa de monitoramento hidrogeológico serão os níveis medidos nos piezômetros.

Atualmente existem 12 piezômetros profundos já instalados na área do projeto, com leituras diárias, que devem continuar a ser monitorados na fase de implantação e operação (Figura 23). Esses poços serviram, juntamente com a medidas de nível (cotas) do rio Jacuí e vazão de montante dos arroios, para a calibração do modelo hidrogeológico, e a continuidade do monitoramento dará subsídios para recalibrações do modelo.

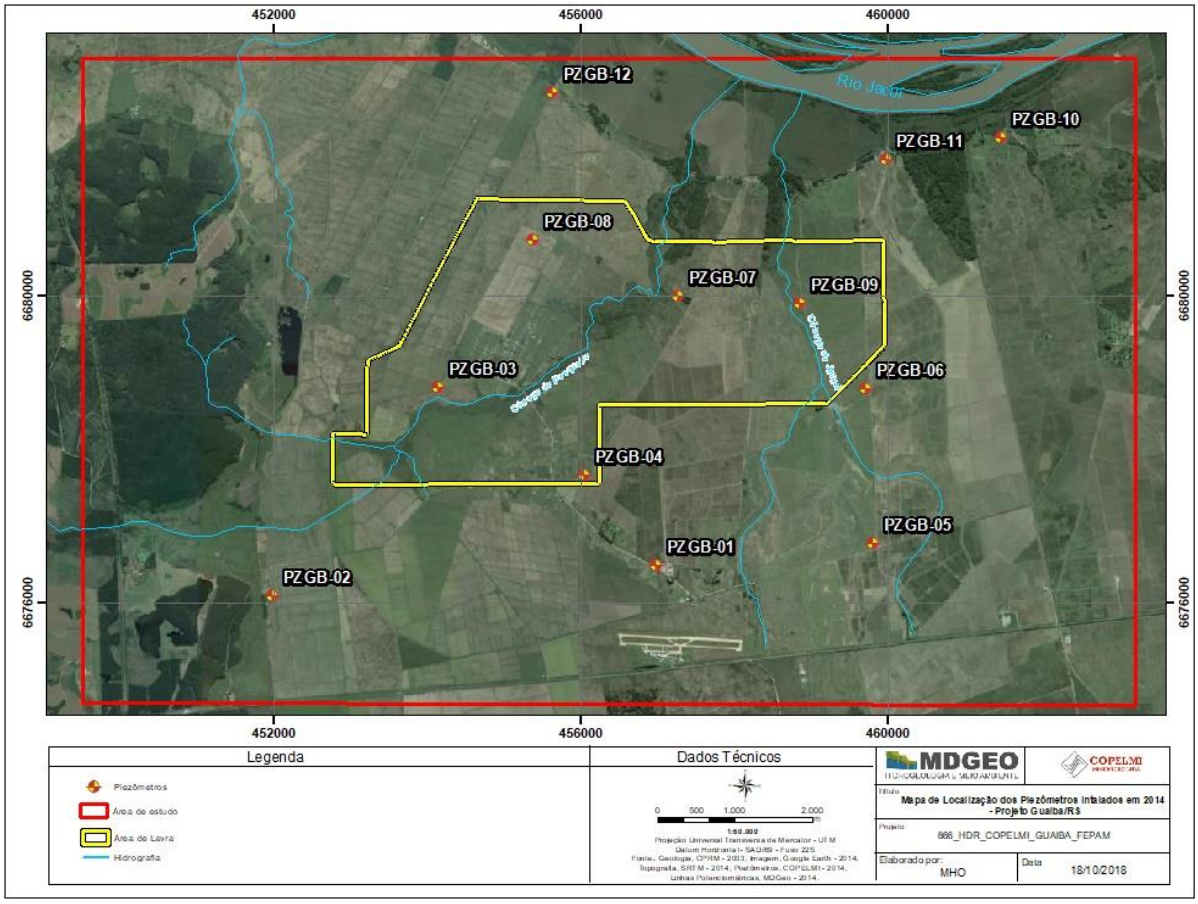

Figura 23. Mapa de localização dos 12 piezômetros existentes atualmente na área.

Na região compreendida entre a área de lavra e as áreas de preservação ambiental (APA e PEDRJ) serão instalados pares de poços de monitoramento (piezômetros) na argila e na areia/cascalho. Os poços instalados na argila terão a profundidade necessária para atravessar esse horizonte, prevendo-se de 5 a 10 metros dependendo de seu local de instalação. Para os poços que irão monitorar o NA do horizonte de areia/cascalho a profundidade será de ordem de 30 metros. Nesses poços o horizonte argiloso será isolado por cimentação.

A Figura 24 apresenta uma ilustração esquemática de como serão os poços de monitoramento do nível d'água nessa região entre APA e PEDRJ.

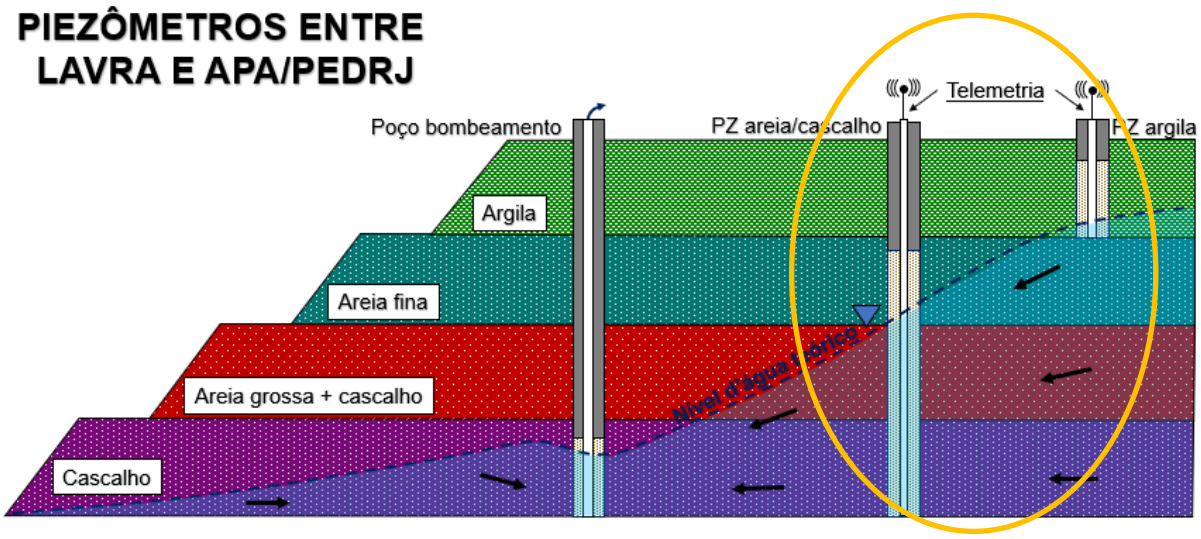

Figura 24. Representação esquemática dos pares de piezômetros a serem construídos entre APA e PEDRJ.

Os poços serão perfurados em diâmetro de 08 polegadas e revestidos por tubos geomecânicos com diâmetro de 02 polegadas, sendo o espaço anelar preenchido por pré-filtro até a base da cimentação.

A medição independente de nível nesses pontos permitirá acompanhar a evolução do nível d'água na camada de argila e no pacote areia/cascalho sotoposto.

O nível d´água nesses pontos serão monitorados por equipamentos tipo data-loggers com telemetria, ou seja, com emissão de sinal via satélite permitindo a leitura remota desses níveis em qualquer tempo (Foto 3). Esse tipo de equipamento permite a regulagem dos intervalos de leitura sendo que, para o caso em questão, entende-se que uma medida a cada hora seja suficiente para o acompanhamento dos níveis.

Foto 3. Exemplo equipamento de monitoramento do nível d'água por telemetria

O sistema de armazenamento e transmissão de dados é composto por:

- Data-logger
- Painel solar
- Controlador de carga
- Bateria estacionária
- Cabo ventilado
- Modem via satélite
- Poste galvanizado

O espaçamento proposto entre os pares de piezômetros nessa zona é de cerca de 100 a 200 metros locados no limite das áreas de preservação. No caso do monitoramento do nível d'água dos taludes, prevê-se que esse espaçamento será da mesma ordem, podendo ser adensado para atender necessidades pontualmente.

A disposição prévia desses pontos é demonstrada na Figura 25, exemplificando no corte do ano 1 de lavra.

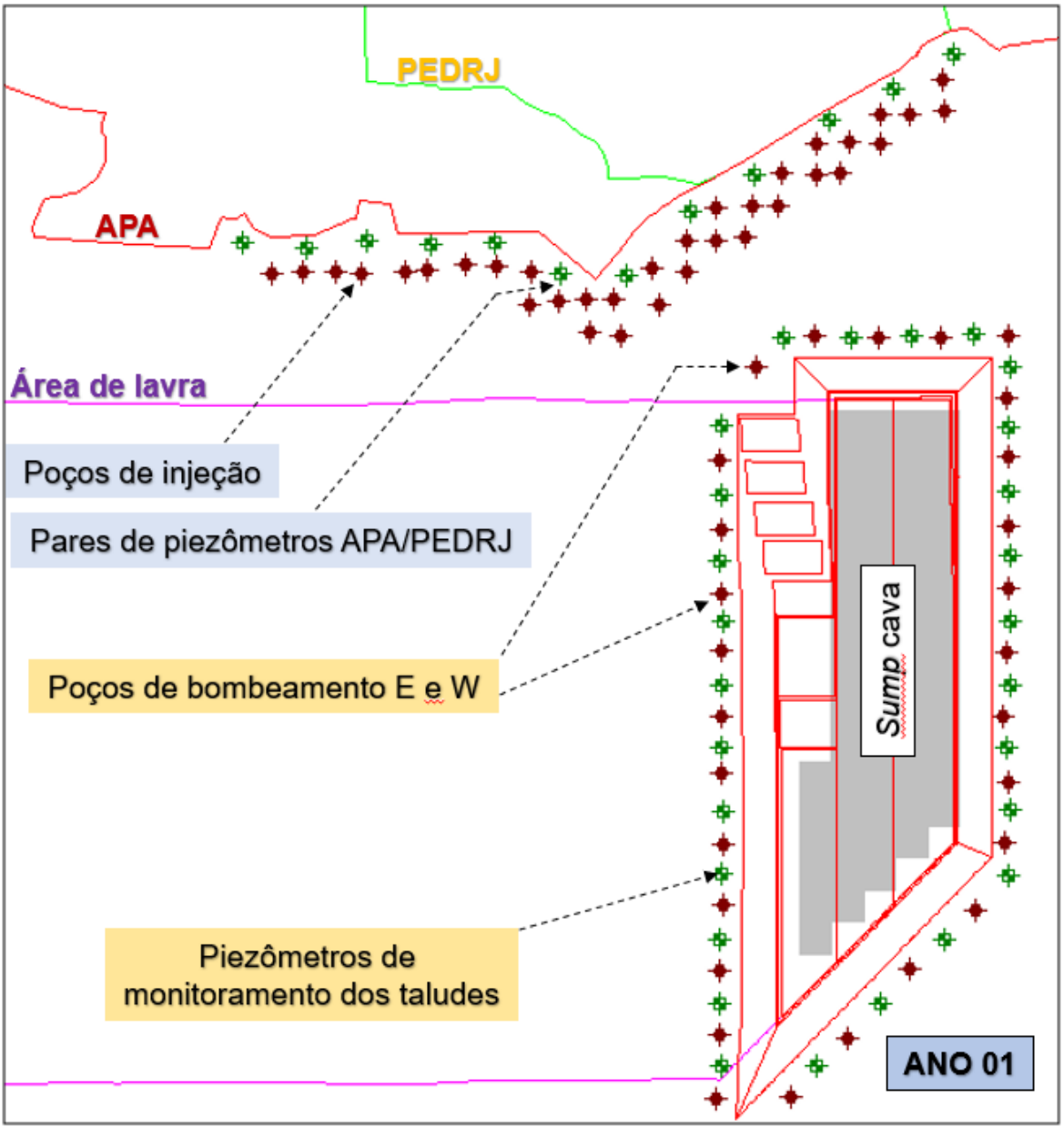

Figura 25. Ilustração esquemática da disposição dos poços de rebaixamento, injeção e de piezômetros para o monitoramento do nível d'água nos taludes e na região entre lavra/injeção e unidades de conservação.

Os seguintes procedimentos devem ser observados para a leitura dos poços de monitoramento (INA ou piezômetros).

- Realizar as leituras de hora em hora, via data-loggers com telemetria, dos níveis d'água dos piezômetros rasos e profundos, sempre com relação ao marco topográfico;
- Armazenar os dados de nível d'água na forma de cota altimétrica, sempre em única tabela;
- No caso da destruição de algum instrumento, procurar construir outro próximo ao anterior, observando os mesmos critérios construtivos, a fim de manter a continuidade do comportamento do nível d'água do aquífero naquele ponto;
- Realizar o monitoramento de precisão dos marcos topográficos após a instalação de cada instrumento;
- Limpeza periódica dos piezômetros

Na Tabela 4 a quantificação de número de poços de rebaixamento do nível d'água, vazões unitárias e por bateria obtidas para o ano 7, cenário mais crítico simulado no modelo numérico.

Tabela 4. Quantificação do número de poços e vazões obtidas para o ano 7 – cenário crítico.

	Poços de RNA	Poços de injeção
Quantidade	31	48
Vazão unitária	25 m^3/h	15 m^3/h (60%)
Vazão da bateria	820 m^3/h	720 m^3/h (87%)

Pode-se observar que, embora em número maior, a vazão de injeção em seu cenário mais crítico de desaguamento/impacto - ano 7 (720 m3/h – maior vazão de injeção simulada), é inferior à vazão produzida no sistema de rebaixamento.

1.4.2.4.2 Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrânea (profundo e raso)

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas tem como objetivo monitorar quaisquer alterações nas águas subterrâneas e subsuperficiais e subterrâneos.

Para o monitoramento de água subterrânea prevê-se a amostragem em 7 pontos de monitoramento. Em cada ponto serão coletadas amostras de água subterrânea e subsuperfical, totalizando 14 amostras por campanha. Destaca-se que os piezômetros rasos

serão instalados ao lado dos piezômetros profundos (já existentes). O Quadro 2 apresenta os pontos propostos para o monitoramento nos piezômetros.

Quadro 2. Pontos propostos para monitoramento hidroquímico de água subterrânea em piezômetros.

Poço	Coordenadas UTM		Monitoramento
	E-W	N-S	
PZ GB -01	456971	6676498	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -02	451981	6676087	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -03	454140	6678805	Monitoramento de NA
PZ GB -04	456046	6677665	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -05	459808	6676773	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -06	459706	6678793	Monitoramento de NA
PZ GB -07	457261	6680000	Monitoramento de NA
PZ GB -08	455368	6680735	Monitoramento de NA
PZ GB -09	458843	6679898	Monitoramento de NA
PZ GB -10	461471	6682066	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -11	459975	6681777	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas
PZ GB -12	455632	6682644	Monitoramento de NA Monitoramento de qualidade das águas

A Figura 26 apresenta a localização preliminar dos pontos de monitoramento.

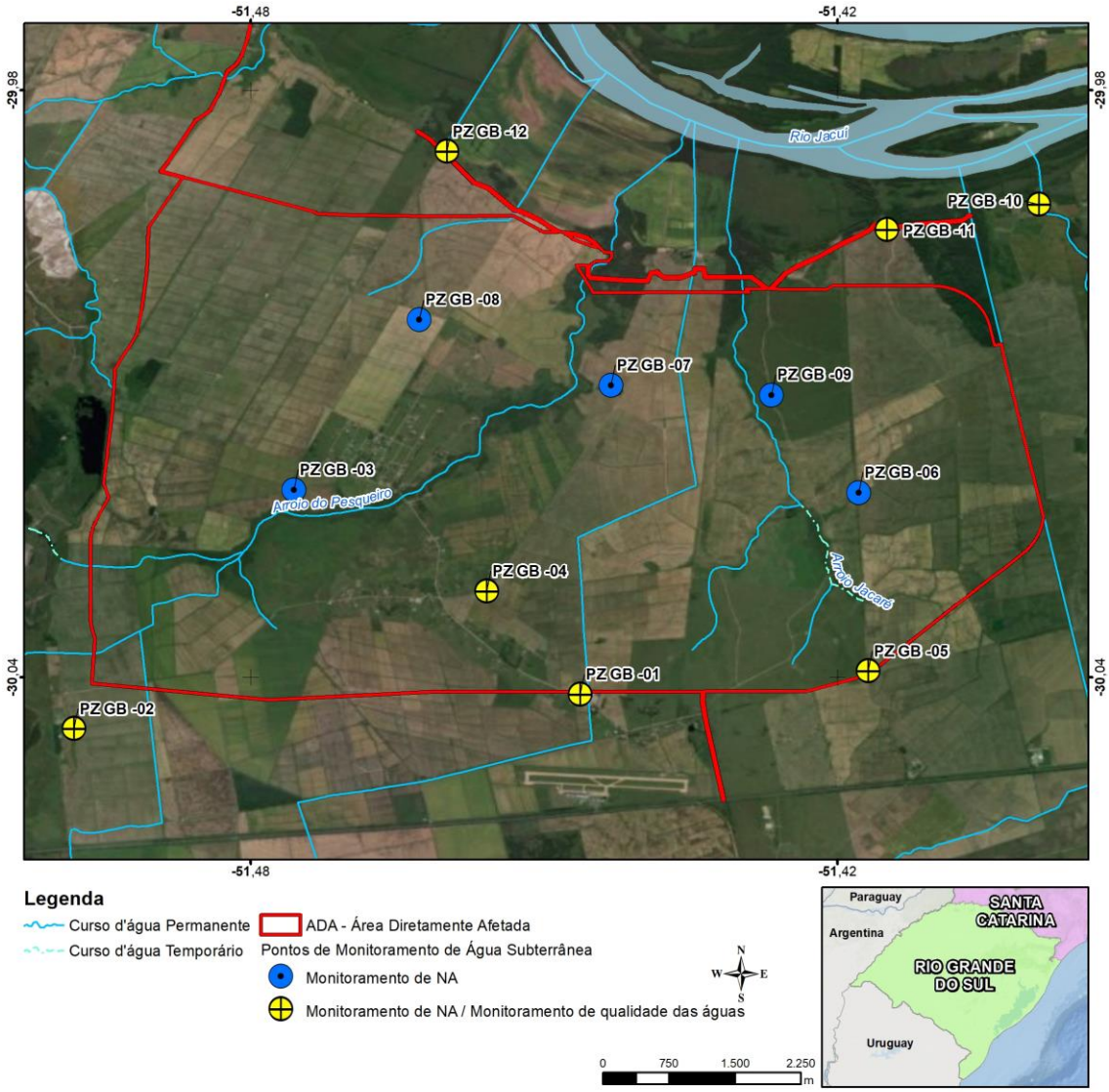

Figura 26. Pontos propostos para monitoramento de qualidade das água subterrânea

- Parâmetros a serem analisados

Os parâmetros a serem analisados nas águas subterrâneas em todos os piezômetros que farão parte da rede de monitoramento já citados serão aqueles cujas orientações da FEPAM determinam, ou seja, determinados conforme a norma ABNT NBR NBR12649:1992 - Caracterização de cargas poluidoras na mineração – Procedimento. Estes parâmetros, para a mineração de carvão mineral e areia são os que seguem:

Acidez	Alcalinidade	Alumínio
Arsênio	Bromo	Cálcio
Carbonato	Chumbo	Cloreto
Cloro residual	Cobre	Condutividade elétrica
Cor	Cromo hexavalente	Dureza total
Ferro total	Ferro total solúvel	Fósforo total
NA	Manganês	Materiais flutuantes
Mercúrio	Níquel	Nitrato
Nitrito	Óleos e graxas	pH
Sólidos Totais dissolvidos	Sólidos em suspensão	Sólidos sedimentáveis
Sulfato	Sulfeto	Temperatura da amostra
Turbidez	Zinco	

As amostragens deverão ocorrer trimestralmente durante todas as fases do empreendimento.

1.4.2.5 Cronograma de Execução

As atividades de monitoramento dos níveis d'água e da qualidade da água subterrânea deverão ser executadas durante toda a fase de implantação, operação e desativação do Projeto Mina Guaíba.

As campanhas de medição de nível deverão ocorrer com periodicidade horária por telemetria,e as amostras para avaliar a qualidade da água com frequência trimestral.

Os relatórios deverão ser entregues com frequência semestral à FEPAM.

1.4.3 Programa de Monitoramento das Comunidades Vegetais Frente ao Rebaixamento do Nível D'Agua

1.4.3.1 Apresentação

O Programa de Monitoramento das Comunidades Vegetais Frente ao Rebaixamento do Nível D'Agua visa apresentar as diretrizes e orientações para apresentar indicadores ambientais biológicos para monitorar os níveis da água subterrânea, os cones de rebaixamento e as áreas de recarga.

1.4.3.2 Objetivo e Justificativa

O objetivo do presente programa é avaliar os efeitos do rebaixamento do nível d'água, causado pela implantação e operação do Projeto Mina Guaíba, sobre a cobertura vegetal do entorno da ADA do empreendimento.

Esse programa se justifica pela proximidade do empreendimento com o Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ) e Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí (APAEDJ) e pela necessidade de se evitar qualquer impacto direto sobre a cobertura vegetal dessas Unidades de Conservação (UCs).

Desta forma, o monitoramento conjugado do nível da água, por meio da instalação de piezômetros (prevista no Programa de Monitoramento do Nível D'água Subterrânea por Telemetria); e da cobertura vegetal, por meio da amostragem de parcelas permanentes, garantirá que quaisquer alterações, causadas pelo empreendimento, na cobertura vegetal sejam prontamente identificadas e as medidas necessárias para evitar qualquer impacto sobre a biota protegida pelas UCs sejam adotadas.

1.4.3.3 Indicadores

Os indicadores deste programa de monitoramento serão:

- Número de espécies registradas por parcela;
- Número de indivíduos de (ou % da área ocupada por) cada espécie em cada parcela;
- Diâmetro médio (na base, no caso das arbustivas ou na altura do peito, no caso das arbóreas), altura média, área basal e dominância das espécies identificadas em cada parcela de amostragem da vegetação arbustiva ou arbórea; e
- Número de indivíduos de (ou % da área ocupada por) indivíduos com problemas fitossanitários, por espécie, por parcela.

1.4.3.4 Procedimentos Metodológicos

Neste item são apresentados o sedenho amostral, periodicidade, métodos de amostragem e análises dos dados relativos ao monitoramento do nível d'água e da cobertura vegetal de porte herbáceo, arbustivo e arbóreo.

1.4.3.4.1 Desenho Amostral

Para o monitoramento da cobertura vegetal de porte herbáceo, arbustiva e arbórea, serão instaladas parcelas permanentes. Essas parcelas serão instaladas considerando dois tratamentos: (1) Tratamento 01 - parcelas controle - serão instaladas em áreas onde a modelagem hidrodinâmica não indica rebaixamento do nível d'água; e (2) Tratamento 02 -

parcelas afetadas - serão instaladas em áreas onda a modelagem hidrodinâmica indica o rebaixamento do nível d'água. Esses dois tratamentos são importantes pois possibilitam separar os efeitos da dinâmica natural sobre a vegetação, daqueles efeitos decorrentes da implantação e operação do Projeto Guaíba.

Ressalta-se, ainda que as parcelas de monitoramento deverão ser instaladas a diferentes distâncias entre a área do Projeto Mina Guaíba e o limite do PEDJ, conforme representado, de forma esquemática, na Figura 27.

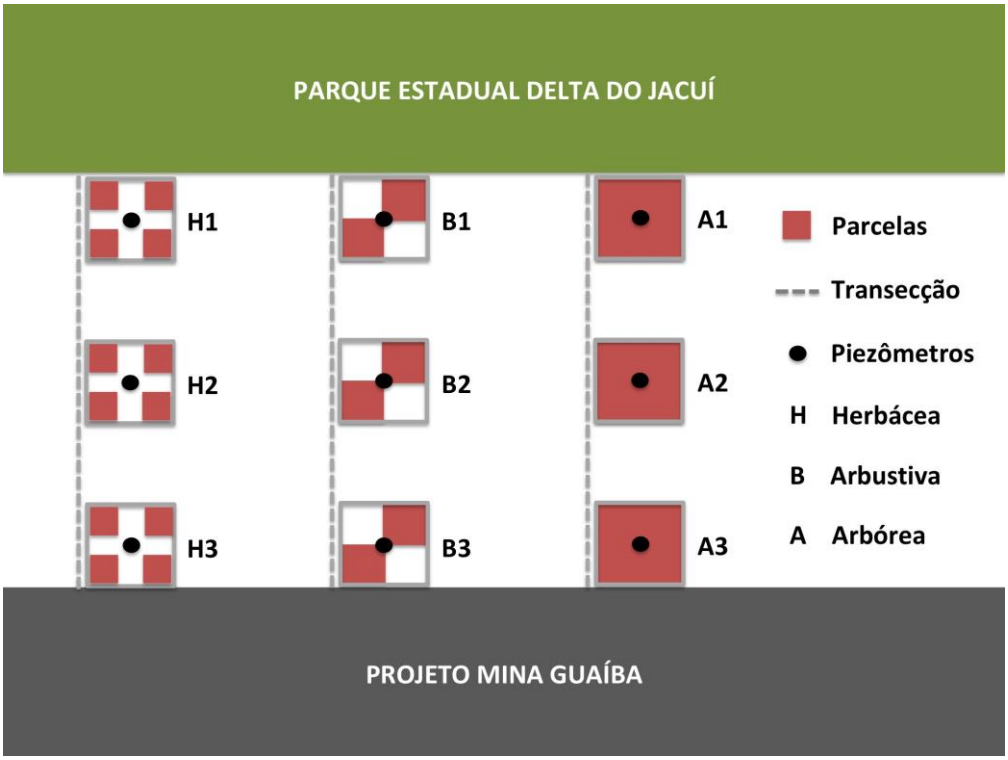

Figura 27. Representação esquemática da distribuição das parcelas permanentes de monitoramento da vegetação de porte herbáceo, arbustivo e arbóreo.

Ressalta-se que as parcelas de monitoramento apresentarão dimensões distintas em função do porte (herbáceo, arbustivo ou arbóreo) da vegetação monitorada. Para a vegetação de porte herbáceo, propõe-se parcelas de 1m2 (dimensões 1m x 1m), para a vegetação arbustiva parcelas de 25m2 (dimensões 5m x 5m), e , finalmente, para a vegetação de porte arbóreo parcelas de 100m2 (dimensões 10m x 10m).

1.4.3.4.2 Periodicidade

A periodicidade de monitoramento será trimestral, durante a fase de implantação e os primeiros dois anos da fase de operação do Projeto Mina Guaíba. Após esse período, o monitoramento passará a ter periodicidade semestral, mantendo a representação dos extremos do ciclo hidrológico.

1.4.3.4.3 Metodos de amostragem

Os métodos de amostragem variam em função do porte (herbáceo, arbustivo ou arbóreo) das formações vegetais a serem monitoradas, conforme descrito a seguir.

Formações Herbáceas

O monitoramento da vegetação herbácea será realizado em 12 parcelas permanentes de 1m2 cada. Nessas parcelas serão realizados levantamentos florísticos e fitossociológicos. Serão registradas todas as espécies vegetais (de porte herbáceo) encontradas. Caso seja necessária a coleta de material para identificação, essa coleta será realizada fora da área das parcelas a fim de não influenciar nos resultados dos levantamentos florísticos e fitossociológicos ao longo do período de monitoramento. O material coletado será herborizado e a identificação realizada por meio de comparações com material depositado em herbários ou por meio de literatura especializada.

Por outro lado, o levantamento fitossociológico será realizado por meio da estimativa visual do percentual da área, de cada parcela, ocupado por cada espécie vegetal, considerando a seguinte escala, adaptada de Domin-Krajina (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974): (1) cobertura entre 0 e 5% da área; (2) entre 6 e 20%; (3) entre 21 e 40%; (4) entre 41 e 60%; (5) entre 61 e 80%; e (6) entre 81 e 100%. O ponto médio do intervalo de classe será utilizado para a estimativa do parâmetro de frequência das espécies.

Além das informações descritas, também será realizada a análise fitossanitária da vegetação presente em cada parcela. Caso seja identificada alguma alteração nas condições de saúde indivíduos (ex. perda ou alteração da coloração das folhas) essas alterações serão anotadas, reportando as espécies afetadas e anotando a área da parcela afetada (por espécie).

Formações Arbustivas

As formações arbustivas, por sua vez, serão amostradas em um total de seis parcelas de 25m2 cada. Assim como nas parcelas destinadas à vegetação herbácea, serão realizados levantamentos florísticos e fitossociológicos.

As parcelas estudadas terão todas as espécies presentes identificadas. As espécies que não forem passíveis de identificação em campo terão amostras de material vegetativo (de prefer6encia material reprodutivo) coletadas e herborizadas para posterior identificação, mediante consulta a coleções de herbáreos ou à bibliografia especializada.

O levantamento fitossociológico, por sua vez, será realizado considerando todos os indvíduos com diâmetro da base do caule superior a 3 cm. Todos os indivíduos incluídos

dentro da amostragem, com base nesse critério, terão a espécie identificada, o diâmetro da base medido, assim como sua altura.

Também será realizada uma avaliação fitossanitária da vegetação. Alterações identificadas serão anotadas, obtendo-se um número de indivíduos afetados, por espécie, dentro de cada parcela estudada.

Formações Arbóreas

O monitoramento das formações de porte arbóreo será realizado em seis parcelas permanentes de 100m2. Nessas parcelas serão realizados levantamentos florísticos e fitossociológicos.

O levantamento florístico será realizado de modo que todos os indivíduos de porte arbóreo sejam identificados. Caso a identificação em campo não seja possível, o mesmo procedimento indicado para a vegetação de porte arbustivo, será adotado, ou seja, amostras (de preferência material reprodutivo) serão coletadas. O material coletado será herborizado para posterior consulta à coleções científicas ou bibliografia especializada.

O levantamento fitossociológico será realizado considerando como critério de inclusão, todos aqueles indivíduos com mais de 5 cm de DAP (diâmetro à altura do peito - cerca de 1,3 m do solo). Os indivíduos que, por esse critério, entrarem na amostragem serão identificados em relação à espécie, e terão seu DAP e altura medidos.

Além das informações obtidas para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos, também será realizada a inspeção fitossanitária de todos os indivíduos de porte arbóreo. Qualquer indício de alteração nas condições de saúde dos indivíduos será anotada. Caso venham a ser identificadas quaisquer alterações fitossanitárias, será calculado o número de indivíduos afetados por espécie.

1.4.3.4.4 Análises

O desenho analítico será definido com o objetivo de identificar eventuais alterações espaço-temporais na cobertura vegetal e testar a hipótese de relação entre essas alterações e o rebaixamento do nível d'água causado pela implantação e operação do empreendimento. Essas análises serão importante, também, para avaliar a eficiência dos poços de injeção a serem implantados para evitar os efeitos do rebaixamento sobre o PEDJ.

Assim, as análises serão desenhadas de modo a avaliar dois tipos de variáveis:

- Variáveis Espaciais - a avaliação de eventuais mudanças na cobertura vegetal (herbácea, arbustiva e arbórea) entre áreas será realizada a partir da comparação das

informações obtidas entre as parcelas localizadas a diferentes distâncias entre a Mina Guaíba e o PEDJ; e

• Variáveis Temporais - a avaliação da mudanças temporais na cobertura vegetal (herbácea, arbustiva e arbórea), por sua vez, será realizada a partir da comparação das mesmas parcelas ao longo do tempo, ou seja, entre as diferentes campanhas de monitoramento.

1.4.3.5 Cronograma de Execução

O presente Programa deverá se estender por toda a vida útil do empreendimento, ou até que seja demonstrado que o rebaixamento do nível d'água, decorrente das atividades de exploração mineral, não trarão qualquer prejuízo à biota das UCs.

Esse programa deverá ser iniciado com ao menos uma campanha de amostragem antes do início de qualquer atividade relacionada à implantação do empreendimento, especialmente o rebaixamento do nível d'água. Conforme mencionado, a periodicidade de amostragens desse programa de monitoramento, deverá ser trimestral durante toda a fase de implantação e durante os dois primeiros anos de operação do empreendimento. Após esse período a periodicidade das amostragens passará a ser semestral.

1.4.4 Apresentar Esclarecimento sobre a Interferência do Rebaixamento sobre os Poços das Comunidades

A avaliação do impacto nos poços de usuários nas imediações ocorreu para o ano inicial (01), crítico (07) e final (23), o que abrange os mínimos e máximos de variação dos níveis d'água no aquífero por efeito da implantação do sistema de rebaixamento. Em um balanço geral, os poços tubulares de usuários vizinhos não deverão ter grandes variações de nível d'água no decorrer das atividades de desaguamento. Conceitualmente, o aquífero sotoposto a argila (areia e cascalho), em que são feitas as captações possui transmissividade e condutividade hidráulica suficientes para manter com água os poços dessas localidades. Ressalta-se que embora tenha sido feito uma análise de impactos no nível d'água dos poços presentes na Vila de Guaíba City, estes deverão ser removidos durante o avanço da lavra de longo prazo.

Maiores informações foram apresentadas no subitem 14.4, referente ao item 14 - Avaliação dos Impactos sobre a Disponibilidade Hídrica Subterrânea, do relatório da MDGEO (Anexo 8.1-24 do EIA), apresentado novamente a seguir:

1.4.4.1 **Item 14.4 do Relatório da MDGEO**

A avaliação do impacto nos poços de usuários ocorreu para o ano inicial (01), crítico (07) e final (23), o que abrange os mínimos e máximos de variação dos níveis d'água no aquífero por efeito da implantação do sistema de rebaixamento.

A Figura 28 mostra a evolução do nível d'água com a implantação do sistema de desaguamento no Ano 01. O rebaixamento ocorre de forma pouco significativa, dentro de um range de cerca de 3 m quando mais intenso, ou até mesmo nulo em poços mais distantes da cava.

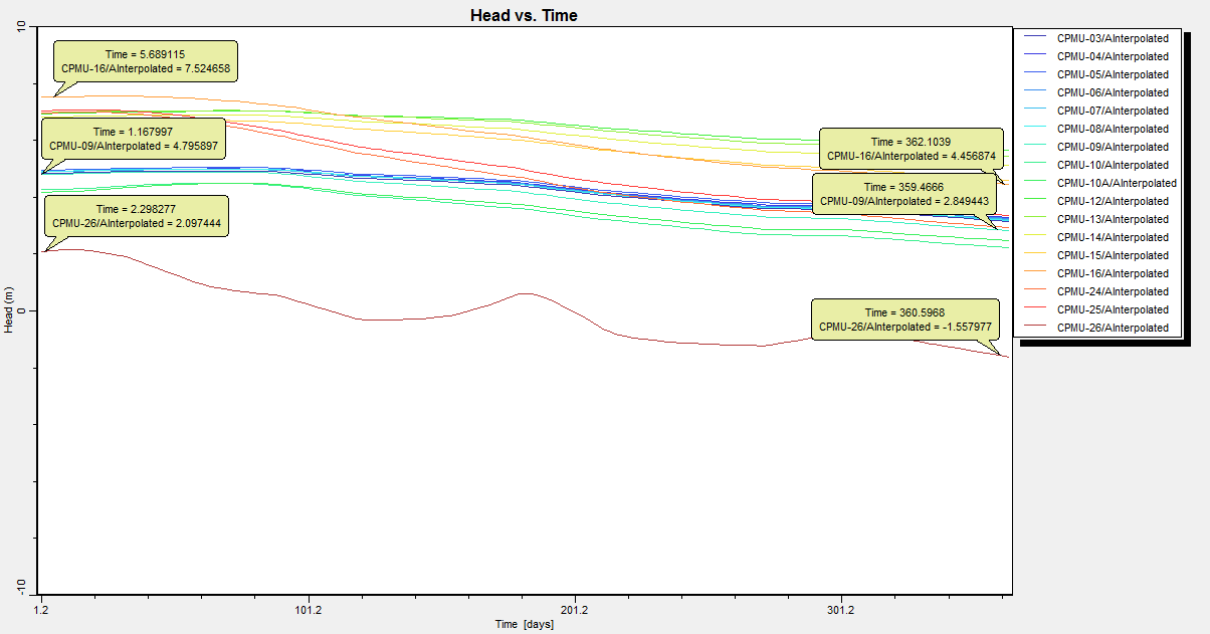

Figura 28. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 01 (inicial).

O Ano 07 (Figura 29), também caracterizado como crítico, foi aquele em que houveram as maiores vazões de bombeamento do sistema de desaguamento. Dessa forma, nesse cenário foram observadas as maiores variações do nível d'água nos poços dos usuários.

O rebaixamento pode atingir o máximo de 7,0 m nos poços mais próximos ao interior da cava do Ano 07, podendo ser mais brando nos poços mais distantes (chegando a quase 2,0 m).

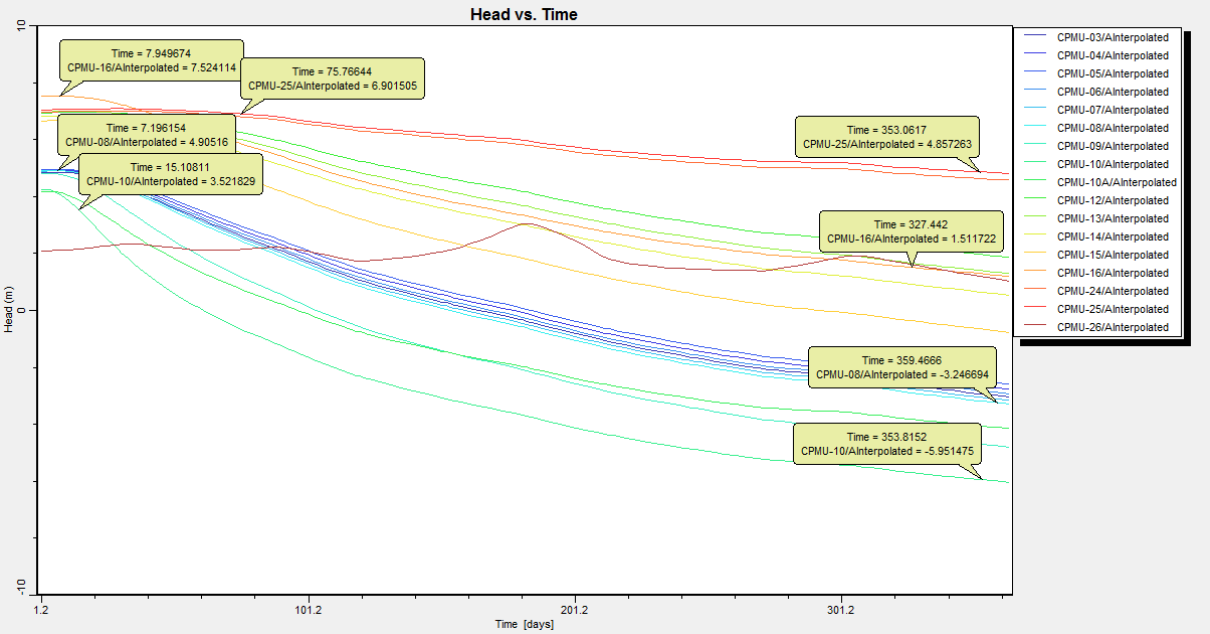

Figura 29. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 07 (crítico).

A variação do nível d'água na simulação do Ano 23 (final) mostrou que o sistema de desaguamento neste período afeta apenas os poços incluídos próximos à comunidade Guaíba City, contudo, estes poços serão removidos pela lavra ainda nos anos anteriores (Figura 30).

Os poços de usuários mais a leste do modelo, já não sofrem interferência do bombeamento nos anos finais de lavra, mantendo-se com níveis constantes em toda série monitorada, como é o caso do CPMU-16 que está bem próximo ao limite da APA (porção nordeste do modelo), e mantém os mesmos níveis no início da simulação.

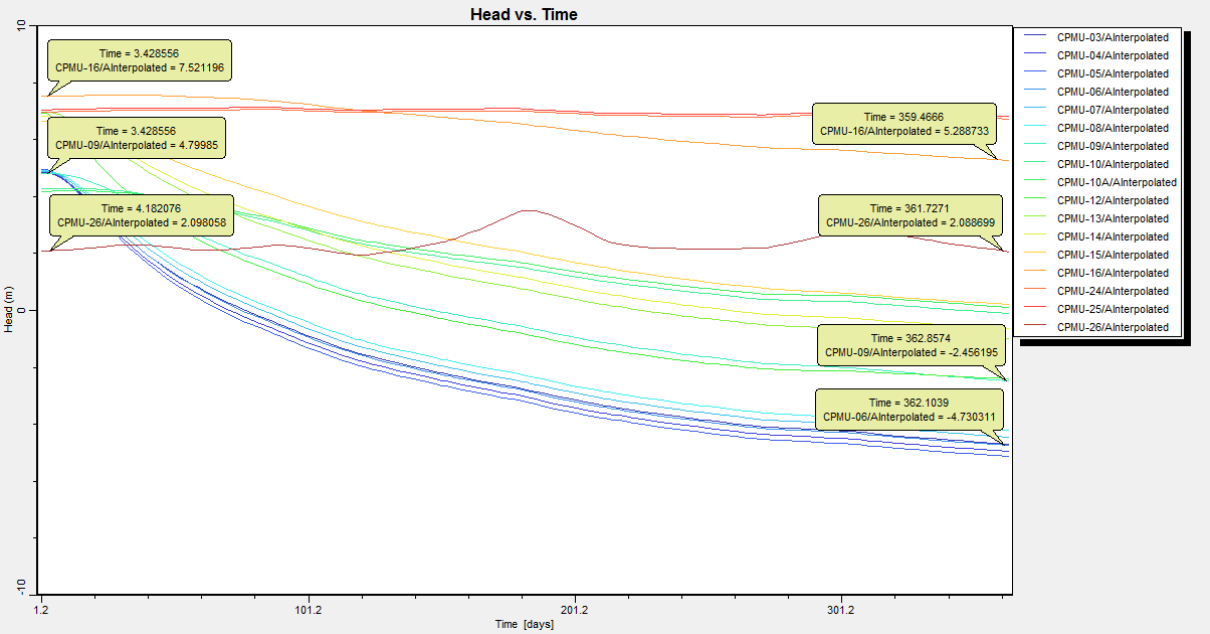

Figura 30. Nível d'água nos poços de usuários no Ano 23 (final).

Em um balanço geral, os poços tubulares de usuários vizinhos não deverão ter grandes variações de nível d'água no decorrer das atividades de rebaixamento do nível d'água. Conceitualmente, o aquífero sotoposto a argila (areia e cascalho), em que são feitas as captações possui transmissividade e condutividade hidráulica suficientes para manter com água os poços dessas localidades. Ressalta-se que embora tenha sido feito uma análise de impactos no nível d'água dos poços presentes na Vila de Guaíba City, estes deverão ser removidos durante o avanço da lavra de longo prazo.

1.5 ENSAIOS DE BOMBEAMENTO – ESCLARECIMENTO QUANTO AOS ENSAIOS DE BOMBEAMENTO EM APENAS 3 POÇOS

Na época do primeiro estudo (década de 90) optou-se por construir e operar 3 unidades de bombeamento (UB´s) composta, cada uma, por um poço de bombeamento e piezômetros de monitoramento, para verificar a homogeneidade do aquífero. Em 2014 foram efetuados ensaios de bombeamento em poços de monitoramento perfurados pela Copelmi. Ficou comprovado que o aquífero é homogêneo, tanto pelos 3 ensaios prolongados (UBs), quanto por ensaios em poços de monitoramento perfurados pela Copelmi em 2014 e outros executados durante o inventário de pontos d'água.

Com relação ao questionamento sobre a utilização das informações obtidas a partir dos ensaios de bombeamento nos piezômetros implantados em 2014, não foram efetuados ensaios em 03 poços (PZGB 02, PZGB 05 e PZGB 08), conforme texto retirado do item 9.4.2 do relatório da MDGEO (Anexo 8.1-24 do EIA), e reapresentado abaixo. Nos demais foram efetuados ensaios e os resultados auxiliaram na calibração do modelo hidrogeológico, conforme transcrito do referido relatório a seguir:

1.5.1 Parâmetros hidráulicos em ensaio de bombeamento nos piezômetros – 2014

Após a instalação dos 12 piezômetros na área em 2014 (item 8.2), foram realizados ensaios de bombeamento nos mesmos. Segundo informações dos responsáveis pelas perfurações, não foi possível executar tais testes nos instrumentos PZGB-02, PZGB-05 e PZGB-08, devido à baixa vazão. Todos os dados se encontram compilados em planilhas Excel no ANEXO VII do relatório supracitado.

Para a interpretação dos dados obtidos em campo, foi utilizado o método de recuperação de Jacob, baseando-se nos seguintes cálculos.

$$T = \left(24 * \frac{2{,}3 * Q}{4\pi}\right) * \left(\frac{1}{\Delta s10}\right) = 4{,}4$$

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde,

Q = vazão de bombeamento (m^3/dia);

Δs_{10} = rebaixamento (s_2-s_1)da reta interpretada, em um ciclo logarítmico, onde t_2=10t_1.(m);

T = transmissividade (m^2/dia);

b = espessura saturada (m).

K = condutividade hidráulica (m/dia);

Os resultados de testes de recuperação de poços bombeados são em geral considerados mais adequados na estimativa da transmissividade do aquífero do que os dados de rebaixamento devido às condições de fluxo mais favoráveis. Neste caso os dados de rebaixamento residual ou recuperação são lançados com uma disposição dos rebaixamentos sobre o eixo das ordenadas em escala numérica, e a taxa t/t' (razão entre o tempo desde o início do bombeamento pelo tempo da recuperação) no eixo das abcissas, em escala logarítmica.

A Tabela 5 sintetiza os resultados dos parâmetros hidráulicos obtidos nesses ensaios.

Tabela 5. Parâmetros hidráulicos obtidos nos ensaios de bombeamento nos piezômetros realizados 2014. Fonte bibliográfica inválida especificada..

Instrumento	Litologia na seção filtrante	Data do teste de bombeamento	Nível estático	Q (m³/h)	T (m²/dia)	K (m/dia)
PZGB-01	Areia/ Cascalho	19/11/2014	3.86	23.1	32	10
PZGB-02 (*)	Areia/ Cascalho	-	-	-	-	-
PZGB-03	Areia/ Cascalho	28/11/2014	1.9	27.7	55	5
PZGB-04	Areia/ Cascalho	21/11/2014	2.56	30	114	7
PZGB-05 (*)	Argila/ Areia/ Cascalho	-	-	-	-	-
PZGB-06	Argila/ Areia/ Cascalho	11 e 12/11/2014	2.6	27.72	152	5
PZGB-07	Argila/ Areia/ Cascalho	03 e 04/11/2014	3.38	23.74	56	3
PZGB-08 (*)	Argila/ Cascalho	-	-	-	-	-
PZGB-09	Argila/ Areia/ Cascalho	24/11/2014	2.53	28.8	110	13
PZGB-10	Areia/ Cascalho	26/11/2014	5.17	4.5	58	3
PZGB-11	Areia/ Cascalho	09 e 10/10/2014	6.35	28.8	574	16
PZGB-12	Argila/ Areia/ Cascalho	02/12/2014	5.77	28.8	324	20
		Média	*3.8*	*24.8*	*164*	*9*
		Máximo	*6.4*	*30.0*	*574*	*20*
		Mínimo	*1.9*	*4.5*	*32*	*3*

(*) Não utilizado devido a baixa vazão.

Os ensaios realizados permitiram avaliar a transmissividade média (T) e a condutividade hidráulica média (K) para o aquífero aluvionar (areia + cascalho). Nota-se que os parâmetros hidráulicos calculados se apresentam semelhante aos valores obtidos nos testes realizados no ano de 1995.

As planilhas e os gráficos utilizados para interpretação e cálculos dos parâmetros são apresentados no Anexo VI do referido relatório da MDGEO (Anexo 8.1-24 do EIA).

1.6 VEGETAÇÃO – DESCREVER A METODOLOGIA ADOTADA NO LEVANTAMENTO DE VEGETAÇÃO CAMPESTRE

Considerando o questionamento quanto à realização do levantamento fitossociológico da vegetação campestre, vimos esclarecer que, conforme reuniões técnicas realizadas junto à Fepam em março e abril de 2018, as formações campestres presentes na ADA são formadas por áreas de antigas oriziculturas em pousio, não cabendo um levantamento fitossociológico. Dessa forma, a abordagem mais adequada e realizada durante a elaboração do EIA foi o levantamento florístico, com foco na possível ocorrência de espécies de interesse.

Tendo em vista deixar o texto mais claro sob estes aspectos, foram feitas algumas complementações no item 8.2.2 do EIA, conforme documento apresentado no Anexo 01 deste documento. Foram alterados trechos do EIA/RIMA referentes à metodologia dos trabalhos realizados (páginas 8.2-22 a 8.2-28) e na descrição dos ambientes campestres incidentes na área (páginas 8.2-36 a 8.2-38), além de outras alterações pontuais solicitadas pela equipe técnica do Órgão Ambiental, e apresentadas no Anexo 01 deste documento.

1.7 EFLUENTES – INFORMAR A BASE DE DADOS DO MODELO 3D UTILIZADO NO MODELAMENTO DA DISPERSÃO DE EFLUENTES DO RIO JACUÍ

O sistema de modelos Delft3D possibilita a utilização de contornos abertos. Nesses contornos abertos (ou bordas abertas) podem ser atribuídas condições forçantes (ativa) ou condições radiacionais (passivas). Quando são aplicadas forçantes nas bordas abertas, pode-se utilizar séries temporais ou valores constantes para diferentes variáveis pertinentes ao sistema estudado. A seguir apresenta-se a base de dados utilizada para os dados de entrada do modelo.

- **Ventos**

Os dados de vento (intensidade e direção) utilizados no modelo são provenientes da estação SBPA em Porto Alegre, e foram registrados nas posições geográficas 30,03°S e 51,18°14'W e selecionados de acordo com a proximidade da região de interesse e sua disponibilidade. Os dados foram obtidos a partir da Rede Meteorológica do Comando da Aeronáutica – REDEMET (www.redemet.aer.mil.br). O período considerado é de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 1998.

- **Vazão**

A estação fluviométrica de Passo do Raso, localizada nas coordenadas 29,96ºS e 51,45ºW, forneceu os dados de vazão para o Rio Jacuí, no período de janeiro de 1973 a dezembro de 1977. Estes dados foram obtidos no portal HIDROWEB (www.hidroweb.ana.gov.br) da Agência Nacional de Águas (ANA).

Nas simulações hidrodinâmicas foram implementadas como condições, nas bordas abertas, dados diários de cota da estação Cristal (ANA) e a vazão Q_{90} e vazões mínimas em períodos de chuva. A vazão mínima em períodos de chuva foi determinada a partir da estação fluviométrica de Passo do Raso (ANA), estabelecendo-se a seguinte metodologia:

- Seleção dos dados diários de vazão para os dias de precipitação selecionados;
- Cálculo do percentil de 10% dos dados de vazões para os dias de precipitação, considerando este percentil como a vazão mínima para o universo de dados selecionado.

As vazões consideradas em cada cenário analisado são apresentadas a seguir:

Cenário	Vazão Rio Jacuí	Vazão Efluente rebaixamento da cava	Vazão Efluente poços tubulares	Vazão drenagem pluvial	Vazão Efluente Final
1	Q_{90} = 172,24 m³/s	3.500 m³/h	-	-	3.500 m³/h
2	Q_{90} = 172,24 m³/s	3.500 m³/h	1.200 m³/h	-	4.700 m³/h
3	$Q_{mín.}$ + chuva = 425,00 m³/s	3.500 m³/h	-	2.300 m³/h	5.800 m³/h
4	$Q_{mín.}$ + chuva = 425,00 m³/s	3.500 m³/h	1.200 m³/h	2.300 m³/h	7.000 m³/h

- **Nível D´Água**

  As estações fluviométricas Ilha Pintada e Cristal, localizadas nas coordenadas 29,96ºS e 51,45ºW e 30,09ºS e 51,25ºW, respectivamente, forneceram os dados de nível d´água. Estes dados foram obtidos no portal HIDROWEB (www.hidroweb.ana.gov.br) da Agência Nacional de Águas (ANA).

- **Batimetria**

  A batimetria utilizada como dado de entrada na modelagem de dispersão de efluentes no Rio Jacuí (Figura 31) foi obtida através de uma composição de um conjunto de dados, conforme apresentado a seguir. A localização espacial de cada dado e a composição da batimetria encontram-se na Figura 32.

1. Digitalização dos valores batimétricos da carta náutica DHN 2113 (de Porto Alegre ao Terminal Santa Clara), obtido no portal do Centro de Hidrografia da Marinha (https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-cartas-raster/de-porto-alegre-ao-terminal-santa-clara) (Figura 32);
2. Informações batimétricas do banco de dados da Tetra Tech (Figura 32);
3. Dados topobatimétricos enviados pela COPELMI, que foram utilizados para a representação na região de interesse ([06-18] COPELMI_Ortofotocarta_REV_01.DWG) (Figura 32).

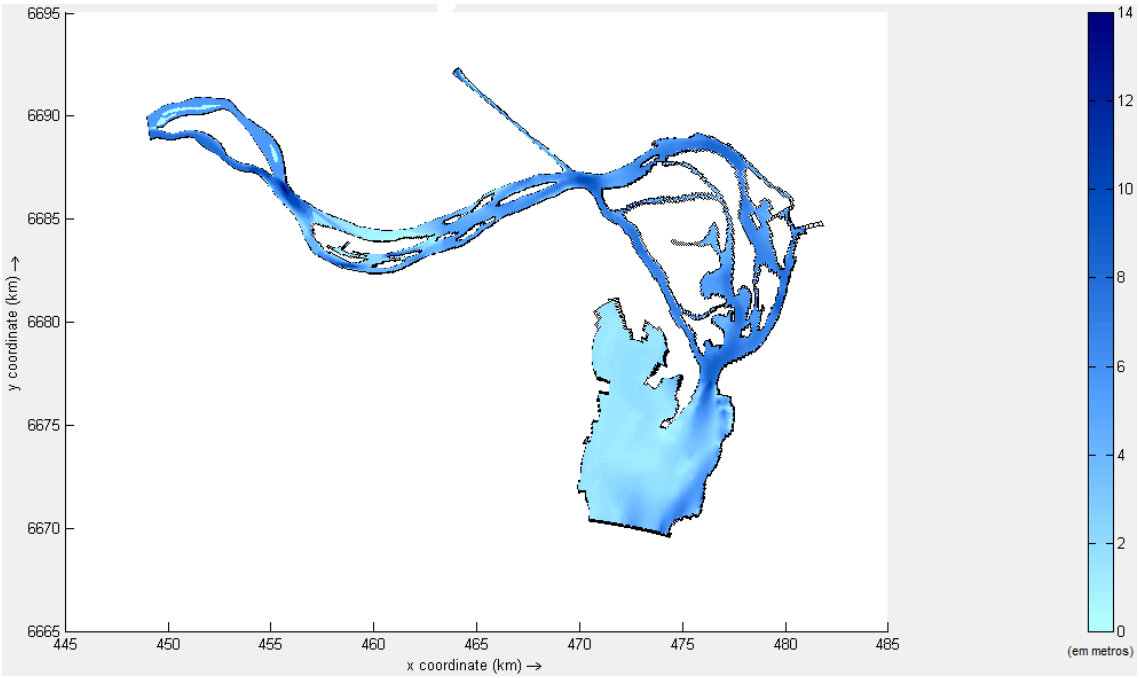

Figura 31. Batimetria utilizada como dado de entrada no modelo Delft 3D.

Figura 32. Fonte dos dados para composição da batimetria utilizada na modelagem hidrodinâmica.

1.8 MODELO HIDROLÓGICO

1.8.1 Revisar o Padrão de Cores e Legendas nas Figuras dos Perfis do Cone de Rebaixamento

O software visual Modflow, embora seja robusto e o mais conceituado e mundialmente utilizado para modelagem de fluxo de água subterrânea, é bastante limitado em sua interface gráfica. Sua palheta de cores é restrita, e as cores utilizadas para representar às saídas do modelo (propriedades, equipotenciais do nível d'água, “water table”, células secas, células inativas, etc..) são cores padronizadas e já de conhecimento do meio da modelagem hidrogeológica.

A alteração de cores, além de não melhorar a visualização gráfica, ocasionaria uma série de inconvenientes e retrabalhos conforme pode-se enumerar a seguir:

1. Profissionais da área de modelagem que porventura venham a avaliar esses resultados também estão familiarizados com o padrão de cores do Modflow;
2. Considerando somente o item 13 que contém a maior parte dessas figuras com os resultados das simulações, tratam-se de aproximadamente 130 figuras que teriam que ser alteradas, e que além de tudo, ficariam diferentes das cores das demais figuras que representam o modelo nos capítulos anteriores;
3. Para isso, cada versão da simulação em cada cenário precisaria ser novamente aberta e alterado os padrões de cores dos inputs e outputs;
4. Acreditamos que isso não melhoraria a qualidade da apresentação visual do resultado.

Oportunamente, lembramos que todas as seções verticais foram apresentadas com exagero vertical de 50 vezes (do próprio software), para favorecer a visualização e avaliação dos resultados das simulações em cada cenário.

1.8.2 Nivel e Cotas nos Arroios – Esclarecimento da Ocorrência de Cotas Negativas no Entorno do Jacuí

Para a realização dos levantamentos topográficos e batimétricos, foi realizada a implantação de um marco geodésico referencial, próximo ao Rio Jacuí, na Fazenda São José, com a utilização de equipamento de precisão GNSS/RTK[1].

[1] *Global Navigation Satellite System / Real Time Kinematic*

Para a instalação do referido marco, foi realizado o transporte de coordenadas através do PPP[2] do IBGE[3] que processa os dados utilizando o programa CSRS-PPP[4] desenvolvido pelo NRCan[5].

Ele permite aos usuários com receptores GPS[6] e/ou GLONASS[7], obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000[8] e ao ITRF[9] através de um processamento preciso.

Para a obtenção da altitude do marco geodésico, referencial para o trabalho, foi utilizado o MAPGEO 2015[10], produzido conjuntamente pelo IBGE, através da CGED[11], e pela EPUSP[12].

> A altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada com a superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que mais se aproxima do nível médio do mar não perturbado (superfície do geoide), mas com a superfície de um elipsóide de referência com dimensões específicas. A altitude obtida desta maneira possui significado meramente geométrico. Portanto, torna-se necessário conhecer a separação entre as superfícies do geóide e do elipsóide, isto é, a altura (ou ondulação) geoidal, para que se possa obter a altitude ortométrica, que possui significado físico (BLITZKOW et al., 2016).

O referencial foi instalado em marco de concreto e fixado ao solo, nas coordenadas UTM[13] (E) **455355.0450**, (N) **6685829.5140**, no *datum* horizontal SIRGAS2000 [14] e Altitude Ortométrica de **3,23** metros, em relação ao NMM[15], amarrado ao *datum* vertical Marégrafo de Imbituba.

Com base na referida altitude de amarração foram portanto, calculados os levantamentos, tendo como referência o nível do mar, através do MAPGEO2015[16].

[2] Posicionamento por Ponto Preciso
[3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
[4] *GPS Precise Point Positioning*
[5] *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada*
[6] *Global Positioning System*, Sistema de Posicionamento Global (Americano)
[7] *Global Navigation Satellite System*, Sistema de Navegação Global por Satélite (Russo)
[8] Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
[9] International Terrestrial Reference Frame
[10] Modelo de Ondulação Geoidal, ano 2015
[11] Coordenação de Geodésia
[12] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
[13] Universal Transversa de Mercator
[14] Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
[15] Nível Médio do Mar
[16] Modelo de Ondulação Geoidal, ano 2015

A fim de elucidar quanto às altitudes obtidas nos levantamentos devemos relacioná-las “geodésicamente” buscando avalizar assim os dados expostos.

Os dados apresentados estão amarrados ao datum vertical Marégrafo de Imbituba, relacionados ao NMM[17] e foram concebidos através do MAPGEO2015[18]. Portanto, referem-se à Altitude Ortométrica, levando em consideração o Geóide, ou seja, o formato mais aproximado da Terra.

> Em 1828, C.F. Gauss introduziu um modelo aperfeiçoado da figura da Terra, mas o termo geóide foi criado em 1873 por J.F. Listing. O geóide é limitado por uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que coincide com o nível médio não perturbado dos mares. Em cada ponto o vetor gravidade será perpendicular à superfície. Para estimar a forma do geóide é introduzido um campo de referência, conhecido como elipsóide de revolução com dimensões e características matematicamente definidas. A partir de então, podemos imaginar a superfície geoidal prolongada através dos continentes, ela tem um formato ondulatório levemente irregular que acompanha as variações da estrutura de distribuição de massa da Terra. Essa ondulação é suave e fica em torno ±30 m, sendo o valor máximo de ±100m, em relação ao elipsóide de referência (IBGE, 2018).

Ou seja, os dados dos levantamentos realizados estão amarrados ao marco geodésico instalado na altitude 3,23 metros acima do nível médio dos mares, de acordo com o *datum* Marégrafo de Imbituba. A partir desta altitude, se determina as demais altitudes tendo como base a diferença métrica entre o local do ponto levantado e o marco referencial. Por exemplo, quando um ponto está 5 metros abaixo do marco referencial, o mesmo terá altitude de -1,77 em relação ao nível médio dos mares.

A ocorrência de altitudes negativas em relação ao nível do mar (marégrafo de Imbituba) é comum, e geralmente é encontrada em áreas inundadas ou de fácil inundação como no fundo de canais, rios e banhados.

[17] Nível Médio do Mar
[18] Modelo de Ondulação Geoidal, ano 2015

1.9 LAGO FINAL

A proposta de monitoramento ambiental dos níveis e da qualidade do lago final, no descomissionamento do empreendimento está apresentada no item 1.4.1 – Programa de Monitoramento de Águas Superficiais.

1.10 SIOUT – ATUALIZAR O CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA ATRAVÉS DE PESQUISAS NO SIOUT

No relatório de Hidrogeologia da MDGEO, apresentado no Anexo 8.1-24 do EIA, no seu item 7.1.3 foram apresentados os usuários de água. Esses usuários foram cadastrados nas atividades de campo, durante a atividade de inventário. Ao total foram cadastrados um total de 28 usuários de água. Neste documento de esclarecimentos técnicos, está sendo apresentada a atualização dos usuários, com dados obtidos no SIOUT (Tabela 6).

A Figura 33 apresenta a localização em mapa dos usuários de água cadastrados no entorno da área do Projeto Guaíba, diferenciando o tipo de captação utilizada, e atualizado com os dados do SIOUT.

Tabela 6. Usuários de água cadastrados na área do Projeto Guaíba.

Usuários	Cadastro SIOUT	Tipo	Coord. UTM SIRGAS 2000		Cota (m)	N.A. (m)	Bocal (m)	Cota N.A. (m)	volume m3/dia	Prof. (m)	Proprietário	Uso
			E	N								
CPMU-01		Poço tubular	450114,7084	6676443,969	41	30	-	11		36	Arlindo Bianchini	
CPMU-01A		Lagoa	450259,1418	6676880,234	36	34	-	34		2	Arlindo Bianchini	
CPMU-02		Poço tubular	451828,1412	6676215,234	17	-	-	-		-	Shirley Creff	
CPMU-03		Poço escavado	455048,1397	6678859,233	11	1	0,3	9,7		6	Uoneide Cesar	
CPMU-04		Poço escavado	454993,1397	6678894,233	11	0,8	0,8	9,4		5	Erondina Tavares	
CPMU-05		Poço tubular	454957,1397	6678914,233	13	1,5	0,2	11,3		27	Silmar da Silva	
CPMU-06		Poço escavado	455023,1397	6678937,233	13	0,6	0,3	12,1		7	Ronaldo Zachartczuk	
CPMU-07		Poço escavado	455064,1397	6679007,233	17	0,5	-	16,6		7	Neoseli Krewer	
CPMU-08		Poço escavado	455090,1397	6679084,233	14	0,9	0,2	12,9		3	Lourdes	
CPMU-09		Poço tubular	455398,1395	6679394,233	13	1,5	-	11,5		22	Ademar das Neves	
CPMU-10		Poço escavado	455902,1393	6680277,233	14	0,5	-	13,6		4	Luiz Antônio Goulart	
CPMU-10A		Poço escavado	455840,1393	6680563,233	14	0,5	-	13,5		2	Luiz Antônio Goulart	

Usuários	Cadastro SIOUT	Tipo	Coord. UTM SIRGAS 2000		Cota (m)	N.A. (m)	Bocal (m)	Cota N.A. (m)	volume m3/dia	Prof. (m)	Proprietário	Uso
			E	N								
CPMU-11		Poço tubular	454668,1399	6677653,234	14	-	-	-		25	Marina dos Santos	
CPMU-12		Poço tubular	454757,1399	6677484,234	17	1	-	16		36		
CPMU-13		Poço escavado	455042,1398	6677461,234	19	0,5	-	18,5		35	Euvenir Rodrigues	
CPMU-14		Poço tubular	455198,1397	6677546,234	19	1,5	-	17,5		28	Jackeline Argolo	
CPMU-15		Poço escavado	455492,1396	6677632,234	20	1,2	0,8	18		7,3	Ivonete Martins	
CPMU-16		Poço tubular	456979,139	6676492,235	20	4	-	16		26	Paulo Sergio Magnos	
CPMU-17		Poço tubular	453736,1399	6684018,231	14	10	0,7	3,3		64	Shirley Cref	
CPMU-17A		Poço tubular	454070,1398	6683510,231	15	8	0,3	6,7		34	Ronald Zocche	
CPMU-18		Poço tubular	459168,1378	6681372,233	12	-	-	-		-	Henrique Orlandi	
CPMU-18A		Lagoa	458933,1379	6681255,233	6	5,5	-	5,5		0,5	Armando Garcia	
CPMU-19		Poço tubular	450096,1415	6682403,232	22	-	-	-		-	Rodaço	
CPMU-20		Lagoa	456084,1393	6677803,234	12	10,8	-	10,8		1,2	Dilon dos Santos	
CPMU-21		Lagoa	449346,142	6680357,232	51	50	-	50		1	Shirley Cref	
CPMU-22		Poço escavado	462841,1364	6679170,234	16	6,8	0,5	8,8		7	Elias Matos	

Usuários	Cadastro SIOUT	Tipo	Coord. UTM SIRGAS 2000		Cota (m)	N.A. (m)	Bocal (m)	Cota N.A. (m)	volume m3/dia	Prof. (m)	Proprietário	Uso
			E	N								
CPMU-23		Poço escavado	462809,1364	6679190,234	17	5,5	0,5	11			Pedro dos Santos	
CPMU-24		Poço tubular	460257,1377	6675729,235	14	3	0,3	10,7		30	Armando Garcia	
CPMU-25		Poço tubular	460209,1377	6675597,235	14	3	-	11		24	Armando Garcia	
CPMU-26		Poço escavado	461456,1369	6681993,233	13	4,9	0,5	7,6		6	Suelen Casagrande	
CPMU-27		Poço escavado	462779,1364	6679385,234	16	3,2	0,6	12,2		7	Paulo Savela	
CPMU-28		Poço tubular	463003,1364	6679213,234	14	0,8	0,6	12,6		3,5	Maria Nadir da Silva	
CPMU-29	**2016/015.846**	Açude	452363,6100	6672313,4400					9216		Mateus Jair Gassen Berlt	Irrigação
CPMU-30	**2016/016.111**	Açude	452517.95	6672280.86							Mateus Jair Gassen Berlt	Irrigação
CPMU-31	**2016/021.244**	Açude	453342,2800	6671065,4400							CMPC Celulose Riograndense Ltda	Consumo agroindustrial, preservação de ambientes aquáticos
CPMU-32	**2016/022.858**	Açude	453287,6600	6670311,6700							CMPC Celulose Riograndense Ltda	Consumo agroindustrial, preservação de ambientes aquáticos, combate a incêndios

Usuários	Cadastro SIOUT	Tipo	Coord. UTM SIRGAS 2000		Cota (m)	N.A. (m)	Bocal (m)	Cota N.A. (m)	volume m3/dia	Prof. (m)	Proprietário	Uso
			E	N								
CPMU-33	**2017/012.898**	Açude	448691,7600	6678524,6900							CMPC Celulose Riograndense Ltda	Consumo agroindustrial, preservação de ambientes aquáticos
CPMU-34	**2018/023.096**	Água superficial	458096,7500	6682764,1300					4996,8		Oledina da Silva Hoffmann e parceiros	Irrigação

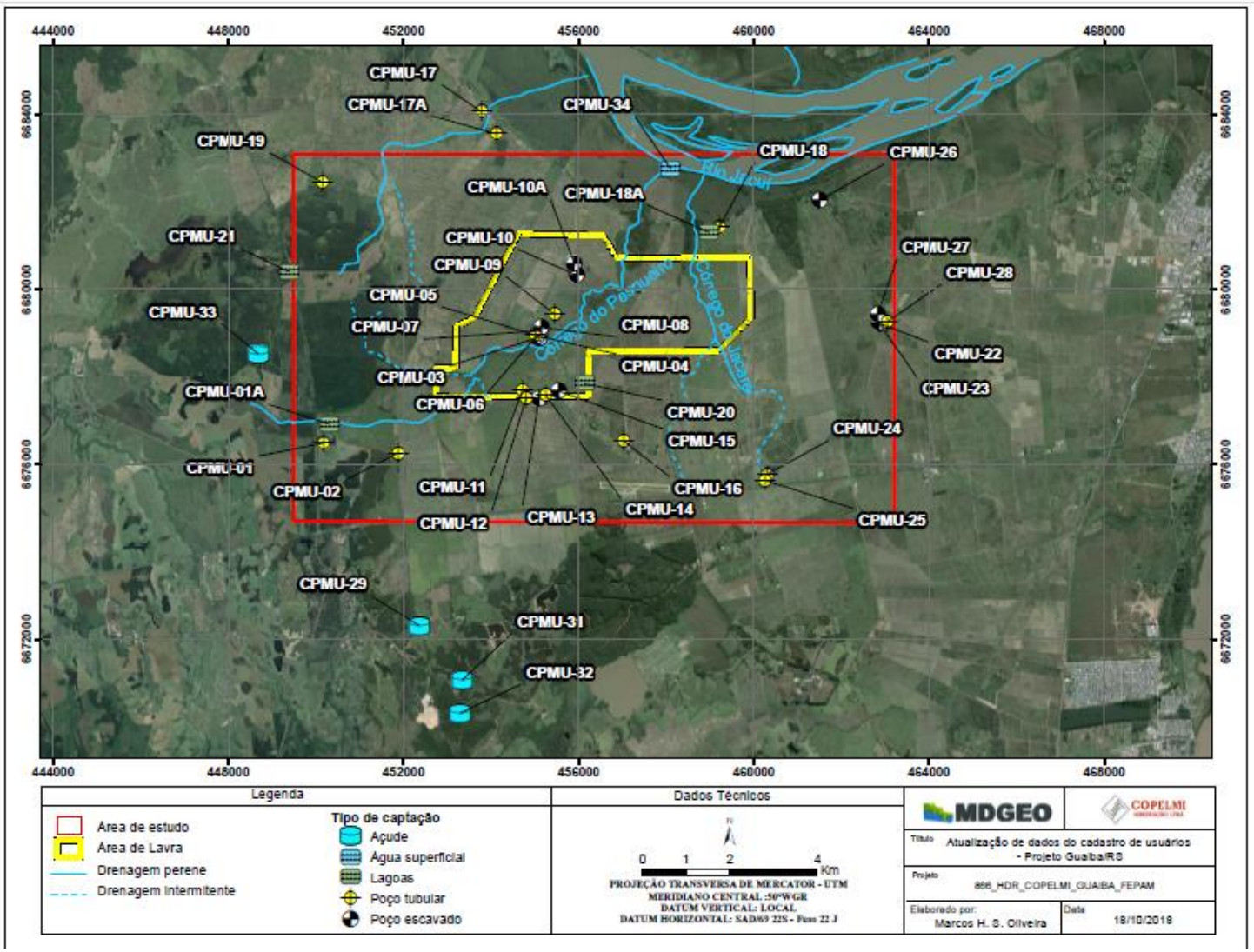

Figura 33. Mapa de cadastro dos usuários de água.

1.11 GEOLOGIA

1.11.1 <u>Rever o estudo realizado para a determinação das estruturas geológicas na AID e na AII do empreendimento, pois as estruturas definidas, representadas na Figura 8.1.57, não condizem com a forma de ocorrência das linhas isóbatas da camada I2B. Deverão ser acrescidos em todas as seções apresentadas os pontos de sondagem (pontos de sondagem geológica, piezômetros, unidades de bombeamento, poços de monitoramento e sondagens geotécnicas) que propiciaram a elaboração das seções geológicas, indicando a profundidade que compete a cada sondagem</u>

Com relação às estruturas geológicas (falhamentos) apresentadas na figura 8.1.57, do capítulo 8.1 – Meio Físico do EIA, as mesmas foram definidas pelo incremento de mergulho das camadas e mudança de sua direção de mergulho a partir da interpretação do comportamento da isóbatas (cotas) da base da camada I2B. Essas isóbatas foram geradas a partir do modelo geológico e consideram as informações das sondagens e superfície topográfica.

Esse é o processo mais comumente utilizado para a interpretação de estruturas em jazidas de carvão. No caso de Guaíba a cobertura aluvionar impede o uso de métodos indiretos como imagens de satélite devido à cobertura aluvionar que “mascara” a visualização de estruturas. Isso fica demonstrado na Figura 34 onde, em toda a região coberta por aluvião, não são definidos falhamentos.

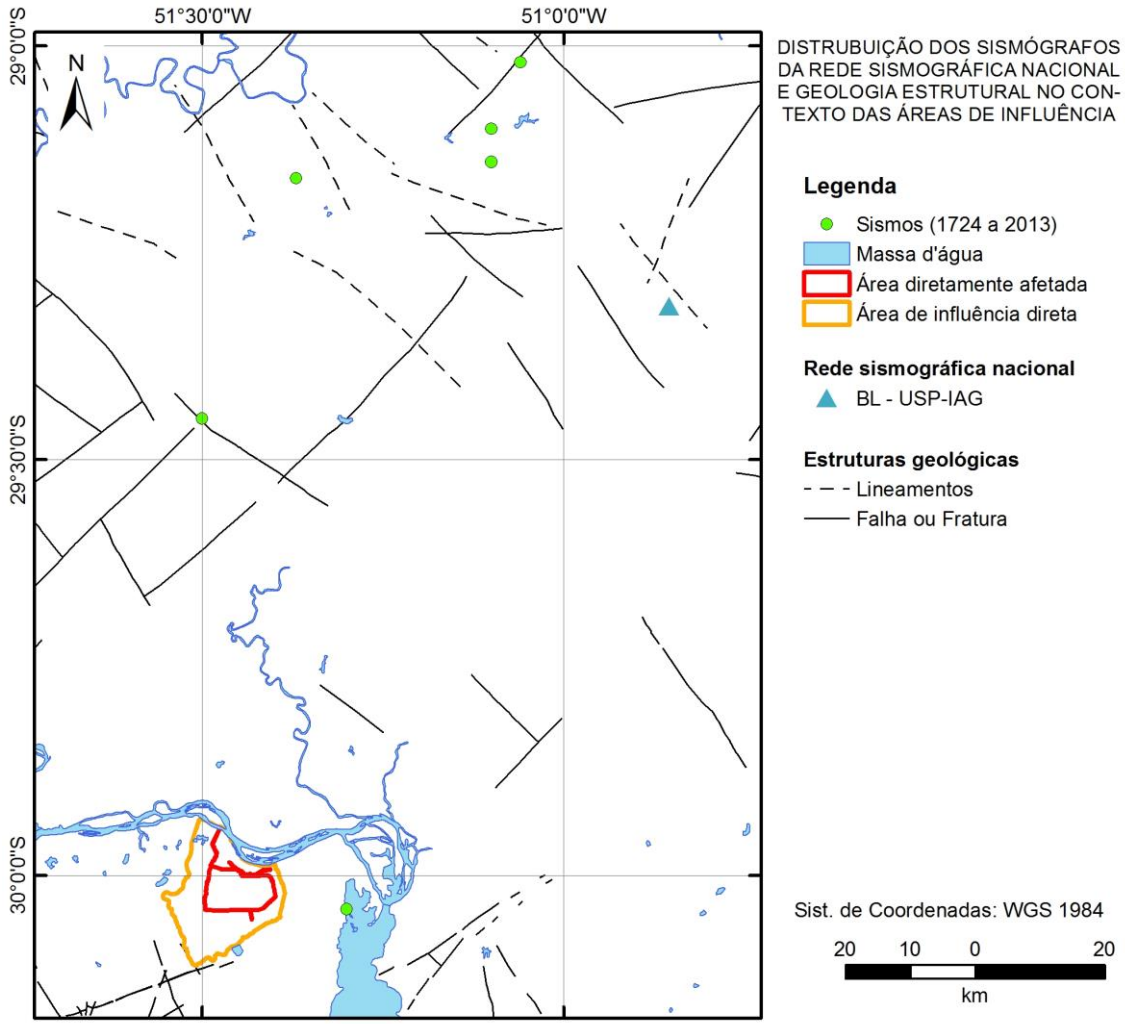

Figura 34. Mapa estrutural das ADA e AID.
Fonte: adaptado de CPRM (2006).

De acordo com o que foi discutido em reunião com a Fepam em 12/12/2018, está sendo apresentado, no Anexo 02 deste documento, o mapa de isóbatas do topo da camada MB1 que foi julgado mais claro para a interpretação de falhamentos.

1.11.2 Apresentar A seção vertical EE' e reapresentar a seção HH'

As seções geológicas foram geradas novamente de acordo com o solicitado, incluindo-se a seção EE´e reapresentando-se a seção HH´em escala adequada, e estão apresentadas no Anexo 03 deste documento. As mesmas foram detalhadas discretizando-se todas as litologias existentes no pacote aluvionar, à semelhança dos blocos-diagrama: **argila, areia fina, areia com cascalho, areia grossa, e cascalho**, além das camadas de carvão e siltitos. Nas sondagens que interceptam as seções, e nas próximas que foram inseridas nas

mesmas foram indicadas as cotas e profundidade total, sendo traçada a mesma de acordo com a escala das seções.

Com relação às falhas, as mesmas foram traçadas no mapa de seções novamente apresentado, onde verifica-se que as estruturas não interceptam nenhuma seção. Foi feito um prolongamento dessas estruturas até atingir as seções EE´e FF´, onde podem ser ainda verificados efeitos dos falhamentos no comportamento estrutural das camadas. Importante destacar que o modelo não define exatamente onde as falhas ocorrem, e sim, o intervalo onde as mesmas irão aparecer.

As seções geológicas são produto de interpolações a partir do modelo geológico, ou seja, salvo quando ocorre uma sondagem exatamente na seção, as demais informações não são exatamente iguais às sondagens próximas.

1.11.3 Caracterizar os siltitos (química e mineralógica) que compõem o intervalo superior e entre as camadas de carvão (estéril), conforme letra "e" do item geologia, com representação do posicionamento estratigráfico dessas litologias que compõem o estéril da área nas seções apresentadas

A caracterização dos siltitos foi discutida nas reuniões temáticas realizadas ao longo de 2018. Ficou convencionado que os siltitos seriam caracterizados a partir dos ensaios de predição de DAM (drenagem ácida de mina). Ficou definido que as amostras para esses ensaios seriam obtidas a partir da execução de 03 sondagens rotativas denominadas GBL (originalmente GBN 01) GBO A (GBN 02) e GBO B (GBN 03) localizadas, respectivamente, na porção leste, no centro e na porção oeste da área de lavra (Figura 35).

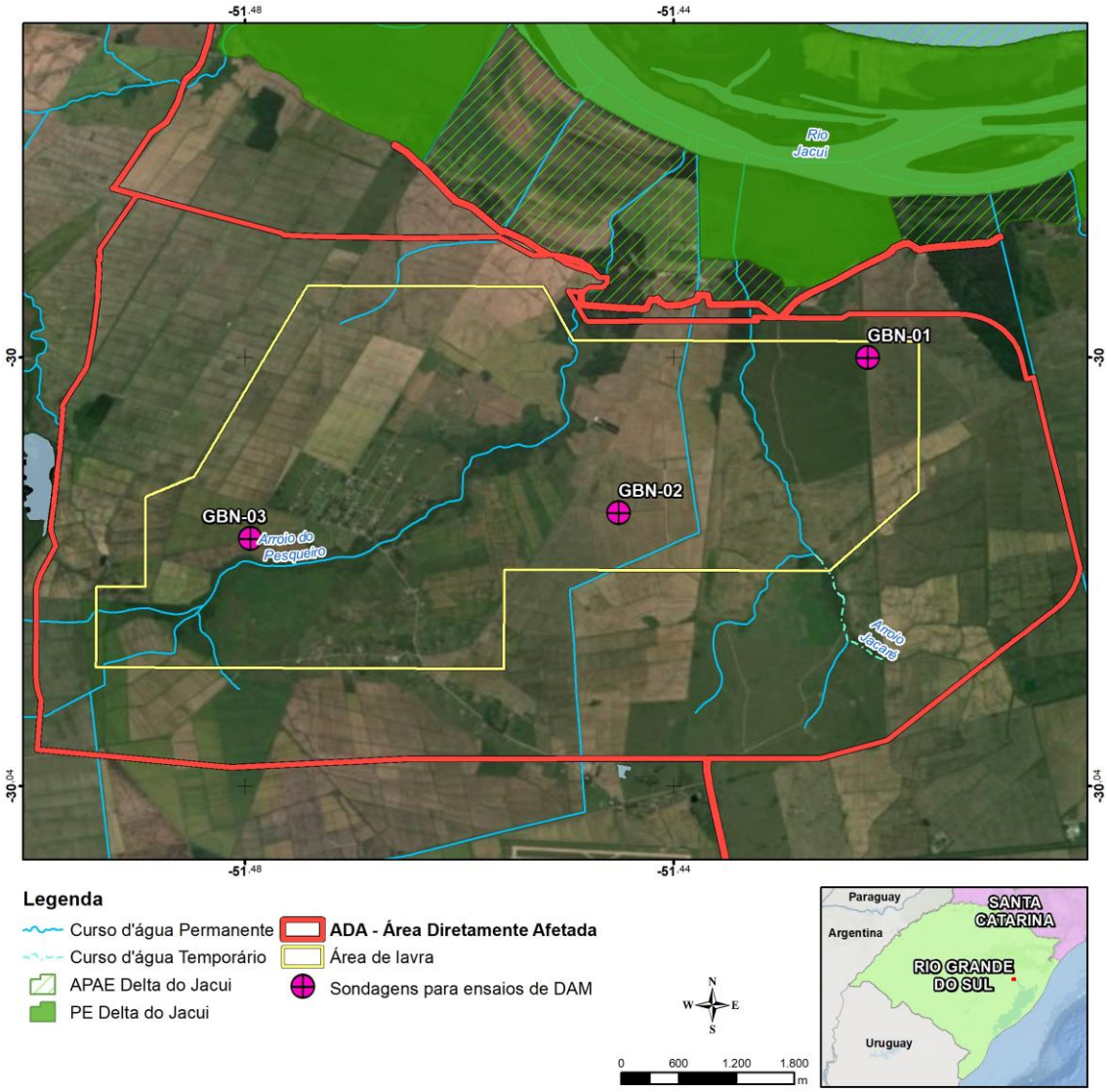

Figura 35. Sondagens para obtenção de amostras para predição de DAM.

Essas sondagens foram executadas em diâmetro NW, utilizando-se barrilete duplo móvel para garantir uma melhor recuperação dos testemunhos. As mesmas também foram submetidas à perfilagem geofísica pelos métodos de resistividade e gama natural. A Figura 36 e Figura 37 apresentam fotos de testemunhos das sondagem realizadas.

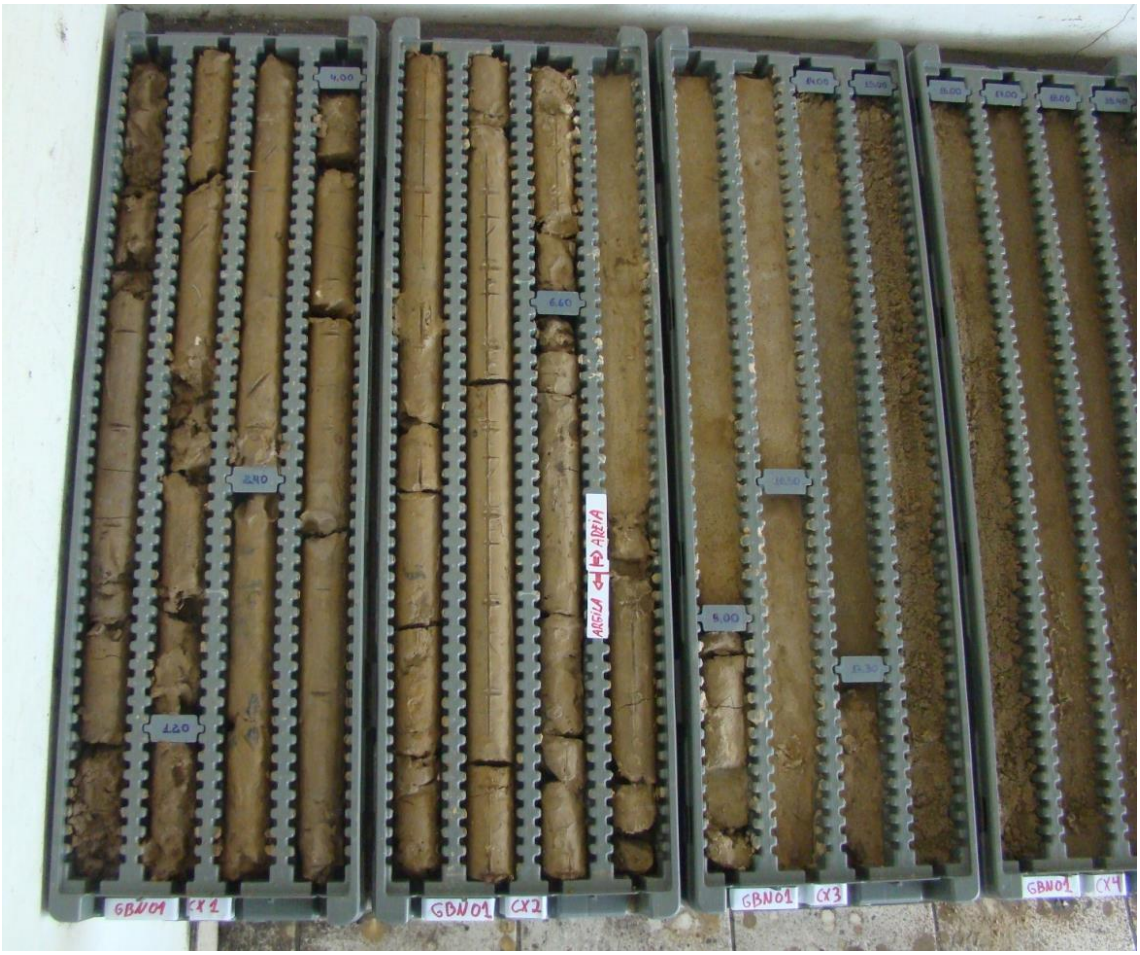

Figura 36. Amostras de sondagem do pacote aluvionar

Figura 37. Amostras de sondagem do pacote carbonoso.

As amostras dos furos para ensaios de predição de DAM foram coletadas por horizonte geológico. Para melhor entendimento apresenta-se na Figura 38 um perfil geológico simplificado da jazida de Guaíba, sem escala. Foram amostrados integralmente para ensaios de predição de DAM:

- Solo vegetal
- Argila
- Areias
- Cascalho
- Siltito cinza maciço e homogêneo presente sobre a camada MB1 (OVBD MB1)
- Siltitos presentes entre as camadas MB-MB2 e MB2-MB3)INTBD MB1-MB2+ INTBD MB2-MB3) Foram agrupados pela espessura em geral abaixo de 1,0 m.
- Siltitos cinza presentes entre a camada MB3 e I1F (INTBD MB3-I1F)
- Siltitos cinza presentes entre as camadas I1F e I2B (INTBD I1F e I2B)
- Paraconglomerados cimentados presentes abaixo DAM camada I2B (Floor I2B).

Perfil esquemático

Figura 38. Horizontes de amostragem para ensaios de predição de DAM

A adoção do critério de amostragem integral dos horizontes reproduziu a composição química global de cada litologia. Não há critério visual para amostragem seletiva do siltitos pois, à semelhança do que ocorre em outras jazidas do baixo Jacuí, os mesmos são descritos como **"siltitos cinza médio maciços e homogêneos"**. Eventualmente ocorrem fraturas preenchidas por carbonatos.

Para a composição da pilha de estéril os volumes de cada material foram obtidos a partir do modelo geológico, ou seja, as proporções com que cada material participa da mesma são reais.

1.11.4 Corrigir e reapresentar, de acordo com a realidade da área, as figuras 8.1.63 a 8.1.65, uma vez que há inconsistências na representação correspondente ao pacote sedimentar inconsolidado

Os blocos diagramas apresentados nas figuras 8.1.63 a 8.1.65 foram originados a partir do modelo geológico da jazida gerado pelo software surpac. O objetivo foi demonstrar em 03 D as litologias que compõe a jazida, conforme descrito a seguir do topo para a base:

- argila
- areia fina
- areia com cascalho
- areia grossa
- cascalho
- siltitos cinza de cobertura
- camada MB (MB1+MB2+MB3)
- siltitos cinza entre as camadas MB3 e I1F
- Camada I1F
- Siltitos cinza entre as camadas I1F e I2B

Por uma questão de resolução dos desenhos e das cores adotadas, as litologias do pacote aluvionar não ficaram distintas, sendo os mesmos blocos reconstruídos e reapresentados com a discretização de todas as litologias presentes na jazida, conforme apresentado na Figura 39, Figura 40 e Figura 41:

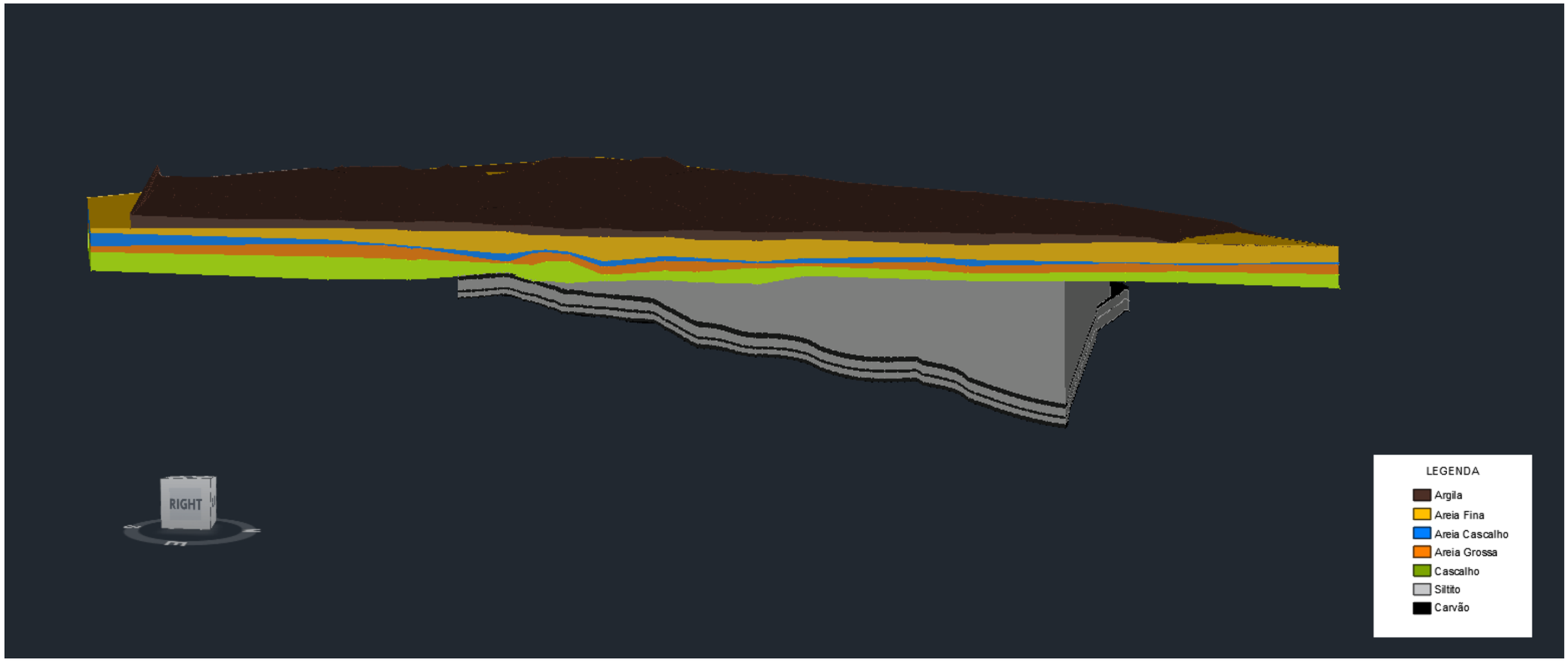

Figura 39. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando seção no sentido norte-sul.

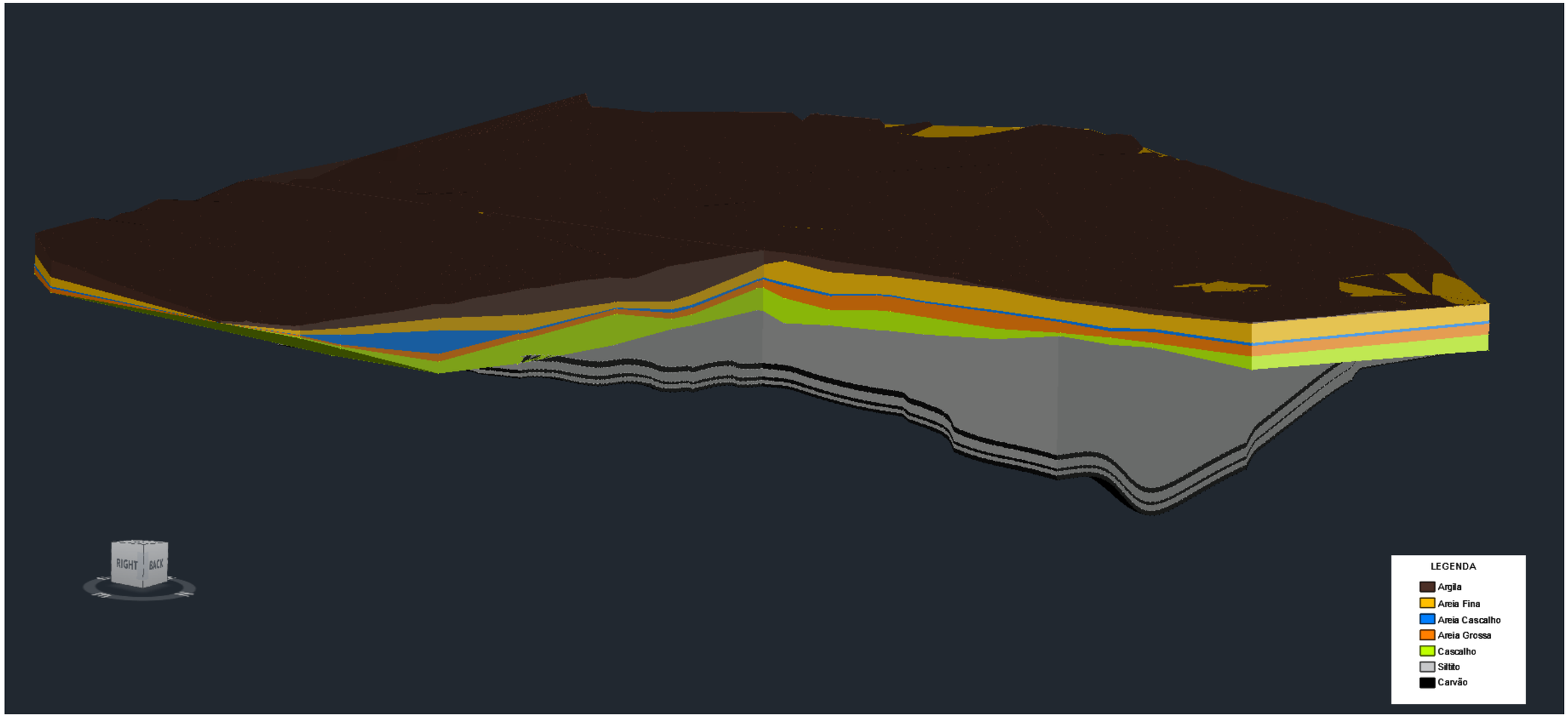

Figura 40. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando parcialmente seção norte-sul e leste-oeste.

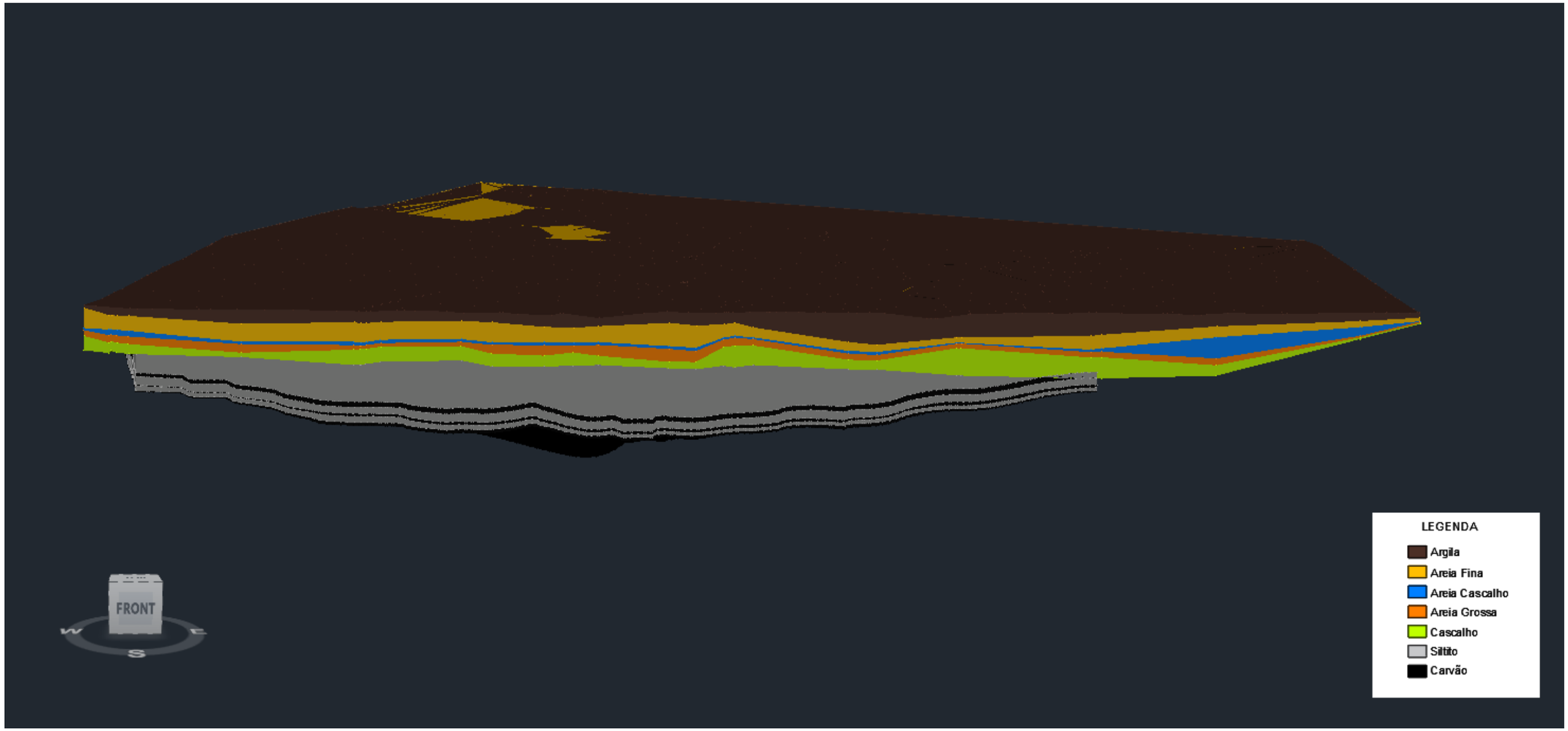

Figura 41. Vista do modelo geológico na forma de bloco diagrama mostrando seção no sentido Leste-Oeste.

1.11.5 Apresentar as plantas isóbatas e isópacas referentes ao siltito de cobertura (Overburden MB1), ao estéril existente entre a camada MB3 e I1F (Interburden MB3-I1F) e ao estéril existente entre a camada I1F e I2B (Interburden I1F-I2B)

As plantas referentes ao siltito de cobertura (Overburden MB1), ao estéril existente entre a camada MB3 e I1F (Interburden MB3-I1F) e ao estéril existente entre a camada I1F e I2B (Interburden I1F-I2B) estão apresentadas no Anexo 04 deste documento.

1.12 PEDOLOGIA

1.12.1 Apresentar quadro resumo de áreas que serão perdidas e/ou separadas pela aptidão, a fim de demonstrar o pequeno impacto sobre as atividades econômicas

A Figura 42 a seguir apresenta as classes de aptidão agrícola presentes na ADA e AID do empreendimento.

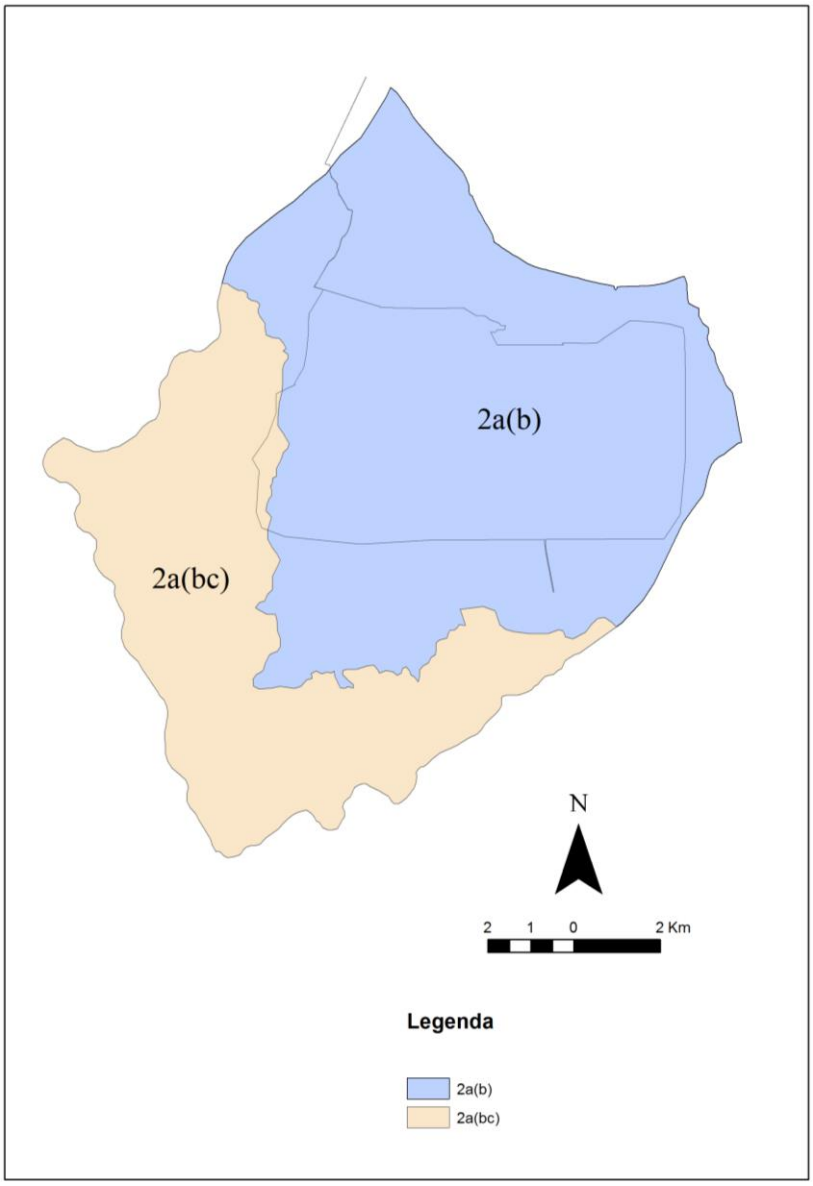

Figura 42. Mapa de aptidão agrícola da AID e da ADA.

A área total ocupada por cada UM de solos na AID e na ADA e suas respectivas aptidões agrícolas são apresentadas na Tabela 7

Tabela 7. Área total ocupada por cada UM de solos na AID e na ADA (hectares).

UM	Aptidão agrícola	AID	ADA
PVd	2a(bc)	5.626,3	98,9
SXe	2a(b)	9.981,9	4.718,4

Os solos da UM PVd (Argissolo Vermelho Distrófico latossólico) são solos muito profundos, de textura média no horizonte superficial, passando a argiloso com o aumento da profundidade, bem drenado e ocorrem em relevo suave ondulado, na parte leste e sul da AID e leste da ADA.

Quanto à aptidão agrícola, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) , os solos desta UM pertencem à classe de aptidão 2a(bc), que são terras com aptidão regular para lavoura no nível de manejo A e aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo B e C. Apresentam algumas limitações leves como declive suave, que pode causar erosão. São necessárias práticas pouco intensivas de manejo para cultivar estas terras continuamente, envolvendo a manutenção de cobertura morta (palha ou outros resíduos) sobre o solo, como a realizada nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo.

Os solos da UM SXe (Planossolo Háplico Eutrófico típico) são profundos e mal drenados, que em sua condição natural apresenta horizontes de textura arenosa a média (menos que 20% de argila) que aumenta para argilosa (mais que 40% de argila) no horizonte inferior. Ocorrem em planícies aluviais e a maior parte são utilizados com lavouras de arroz, tendo sido sistematizados para o plantio com arroz irrigado.

Quanto à aptidão agrícola, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995), os solos desta UM pertencem à classe de aptidão 2a(b), que são terras com aptidão regular para lavouras no nível de manejo A e aptidão restrita para lavoura de sequeiro no nível de manejo B. São terras impróprias para culturas anuais de sequeiro e com aptidão boa para lavouras de arroz irrigadas por inundação e para a implantação de pastagens.

Considerando-se que serão excluídas da possibilidade de uso agrícola as áreas ocorrentes na ADA, percebe-se que somente 98,9 ha de terras aptas para agricultura de sequeiro e 4.718,4 ha aptos para cultivo com arroz irrigado ou pastagens serão atingidos.

1.12.2 Apresentar distribuição da permeabilidade dos solos no terreno, considerando os horizontes mais críticos

Conforme análises de permeabilidade realizadas para a área do empreendimento, considerando-se que a permeabilidade do solo é condicionada pela permeabilidade do horizonte mais restritivo, pode-se verificar que nos argissolos os horizontes mais restritivos em P1 e P2 apresentam permeabilidades mínimas de 22 e 20mm/h. Assim, considera-se a permeabilidade dos mesmos de 20 mm/h

De forma semelhante, o teste de campo realizado no Planossolo mostrou que a camada mais restritiva também apresenta perbeabilidade de 20 mm/h.

Assim, pode-se assumir que existe uma uniformidade nas taxas de permeabilidade da AID e da ADA., limitada a 20 mm/h em condições saturadas.

1.12.3 Apresentar avaliação sobre a erodibilidade dos solos, uma vez que os planossolos e argissolos identificados na área são bem erodíveis, sendo a condição de estabilidade do solo mantida em decorrência do relevo plano, condição a qual será alterada com a mina

Os solos da UM PVd (Argissolo Vermelho Distrófico latossólico) são solos muito profundos, de textura média no horizonte superficial, passando a argiloso com o aumento da profundidade, bem drenado e ocorrem em relevo suave ondulado, na parte leste e sul da AID e leste da ADA. Apresentam algumas limitações leves como declive suave, que pode causar erosão. São necessárias práticas pouco intensivas de manejo para cultivar estas terras continuamente, envolvendo a manutenção de cobertura morta (palha ou outros resíduos) sobre o solo, como a realizada nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo.

Os solos da UM SXe (Planossolo Háplico Eutrófico típico) são profundos e mal drenados, que em sua condição natural apresenta horizontes de textura arenosa a média (menos que 20% de argila) que aumenta para argilosa (mais que 40% de argila) no horizonte inferior.
Ocorrem em planícies aluviais em relevo plano ou suave ondulado e a maior parte são utilizados com lavouras de arroz, tendo sido sistematizados para o plantio com arroz irrigado.
Em decorrência de apresentarem horizonte superficial com teores de argila inferiores a 20%, poderiam ser suscetíveis à erosão, porém esta erosão não ocorre devido a se encontrarem em relevo plano. Todavia, com a movimentação de solo e sua transferência para locais com declividade, como nos taludes das áreas de solos construídos, podem apresentar risco de erosão quando os materiais superficiais destes solos forem mantidos na superfície do solo.

Estas áreas com declividade, independente do tipo de solo utilizado em sua reconstrução, deverão ser protegidas por práticas de conservação e manejo adequadas a esta situação de declive e de solos mobilizados. As práticas de conservação e manejo adequadas a essas características foram previstas desde a concepção do projeto Mina Guaíba, conforme

descrito ao longo do Capítulo 6 – Caracterização do Empreendimento. Além disso, após a avaliação de impactos ambientais realizada, foram sugeridos Programas Ambientais, no intuito de reunir e organizar as medidas de controle e mitigação. Alguns desses programas reúnem medidas relacionadas ao controle de processos erosivos, e proteção de taludes, conforme apresentado na Tabela 8 a seguir. Esses programas serão desenvolvidos durante a etapa de solicitação de Licença de Instalação do empreendimento, quando da elaboração de seu Plano de Controle Ambiental.

Tabela 8. Programas Ambientais previstos pelo EIA/Rima, relacionados ao controle de processos erosivos nas diferentes fases do empreendimento.

Programas Ambientais	Atividades Relacionadas à Controle de Processos Erosivos
Plano de Gestão Ambiental da Construção	Controle de processos erosivos a ser realizado pela empreiteira com fiscalização do Empreendedor.
Programa de Monitoramento da Estabilidade de Taludes	✓ Caracterização das condições topográficas, mapeando a localização de taludes; ✓ Monitoramento da estabilidade dos taludes; ✓ Acompanhamento de novas áreas a serem monitoradas; ✓ Identificação de novas áreas com necessidade de monitoramento.
Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	Fase de Implantação ✓ Construção de canais de drenagens de baixa declividade; ✓ Cobertura com restos vegetais; ✓ Construção de dissipadores de energia; e ✓ Cobertura do solo com espécies herbáceas. Fase de Operação ✓ Adequação Topográfica das áreas mineradas ✓ Controle de Erosão das áreas mineradas ✓ Lavração, gradagem do solo, calagem e adubação ✓ Semeadura de herbáceas e plantio de espécies arbustivas e arbóreas ✓ Instalação de poleiros artificiais.

1.13 HIDROGEOLOGIA

1.13.1 Demonstrar, com base em informações técnicas adequadas, que os recursos hídricos subterrâneos, existentes ao longo de todo o perfil litológico passível de interferência e influência do empreendimento, correspondem tão somente ao aquitardo superior, correspondente à camada argilosa no topo da aluvião, e ao aquífero inferior, representado pelas porções de areia e cascalho, encontradas nas camadas intermediária e basal da aluvião

O conhecimento geológico da área do empreendimento está baseado em malha de sondagens amostradas, que permitiram definir as litologias presentes, com especial interesse na cobertura aluvionar e na formação Rio Bonito que contém as camadas de carvão. As características dessa litologia definem claramente a cobertura aluvionar, composta por argila, areias e cascalho como um aquífero, e as litologias da formação Rio bonito, compostas por siltitos cinza maciços e homogêneos, que são classificados como aquifugos, ou seja, não armazenam nem transmitem água subterrânea.

A maior parte das sondagens amostradas para a avaliação da reserva de carvão foi perfurada até, em média, 10 metros abaixo da camada I2B, que será o fundo da futura cava de extração da mina. O intervalo adicional perfurado revelou a continuidade das litologias da formação Rio Bonito, com variações, eventuais, para paraconglomerados cimentados que igualmente não constituem aquífero. Essas litologias podem ser visualizadas nas fotos de testemunhos de sondagem abaixo (Figura 43, Figura 44 e Figura 45).

Figura 43. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada.

Figura 44. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada

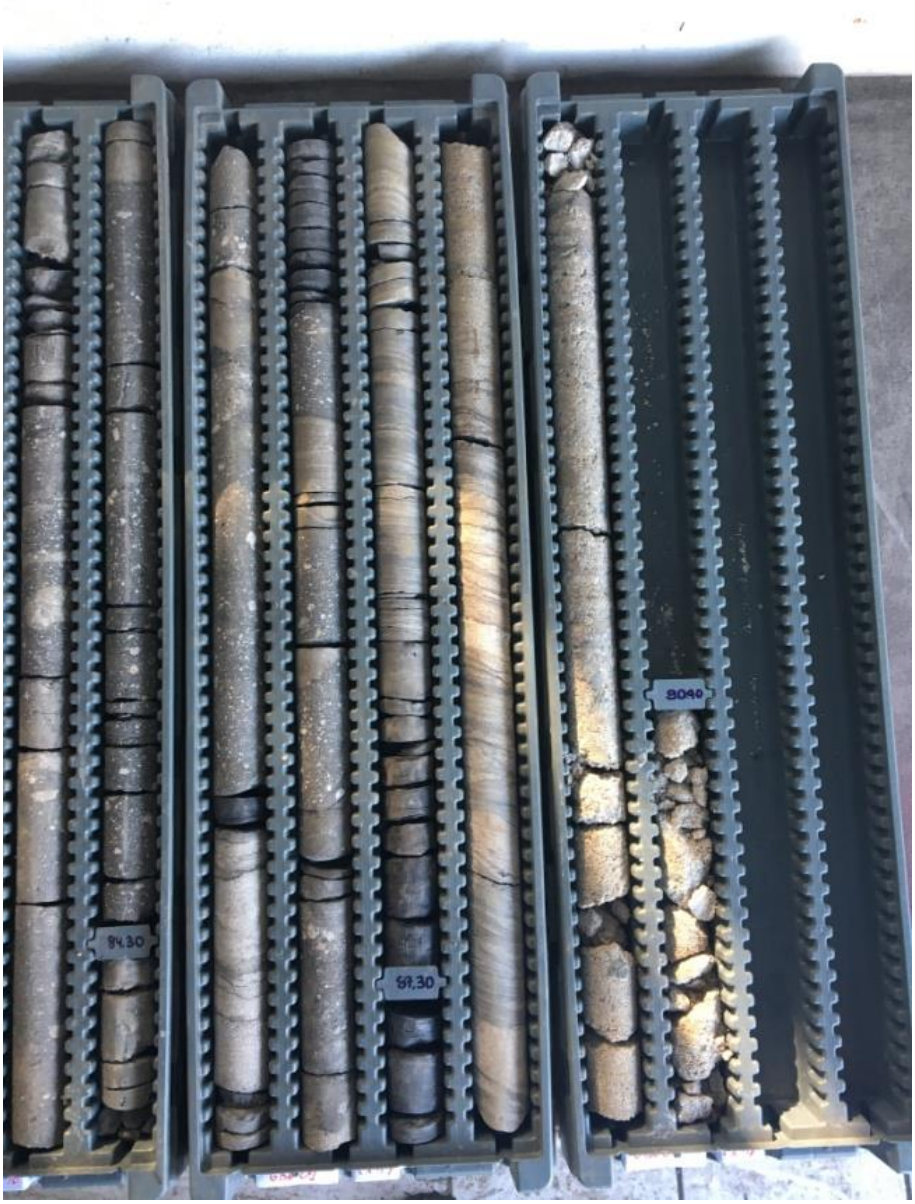

Figura 45. Paraconglomerados cimentados localizados abaixo da base da última camada de carvão a ser minerada

Na Bacia do Paraná, abaixo da formação Rio Bonito ocorrem rochas do Grupo Itararé de origem Glacial cujas litologias não constituem aquífero.

Dentre as sondagens executadas na área destacam-se as identificadas como GB 05 e GB 07 com profundidades totais de 107,80 m e 107,20 metros que ultrapassaram em 53,32 m e 48,90 m a profundidade da base da camada I2B conforme perfis de sondagem abaixo e logs completos constantes no EIA-RIMA (Figura 46 e Figura 47). Nesse intervalo pode-se verificar que não há ocorrências de rochas com potencial para serem classificadas como aquíferos.

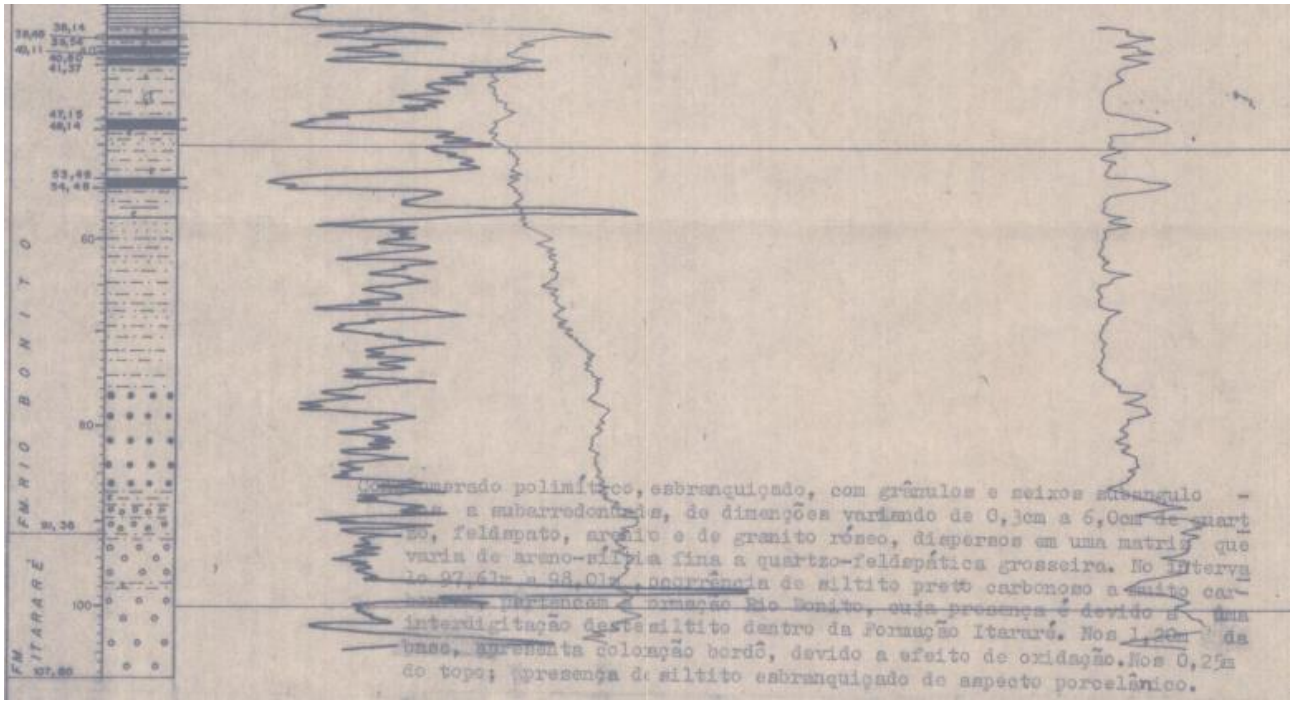

Figura 46. Sondagem GB 05 – 53,32 metros abaixo da futura cava de lavra.

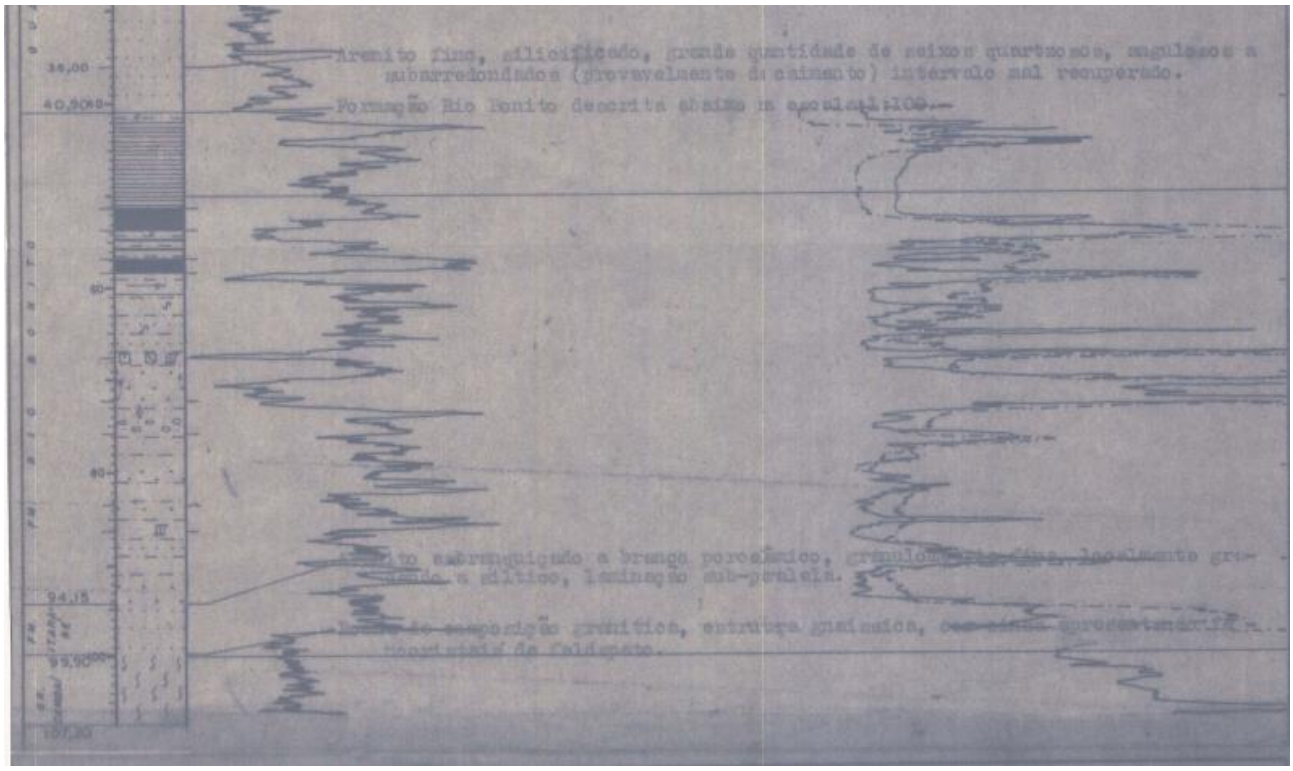

Figura 47. Sondagem GB 07. 48,90 metros abaixo da futura cava de lavra.

Outro aspecto a ser considerado é que a presença da formação Rio Bonito na área impede a infiltração e recarga de qualquer litologia sotoposta que pudesse armazenar água subterrânea. Ressalta-se a presença de espessuras de rocha da ordem de 50 metros com baixa permeabilidade, o que constitui um selo natural que impedirá a infiltração de água de qualquer natureza.

Assim pode-se concluir que o único aquífero presente na área é o representado pela cobertura aluvionar quaternária.

1.13.2 Rever o estudo de vulnerabilidade do aquífero, considerando, no fator "GRAU DE CONFINAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA" a condição "não confinado", devendo ser reapresentados os cálculos e os resultados, juntamente com análise das implicações da classificação de vulnerabilidade obtida, considerando as atividades previstas para cada fase do empreendimento

No Item 8.1.4.3 do EIA foi descrita a Geologia Local presente na ADA do empreendimento. Foi descrito que o nível aflorante dos sedimentos aluvionares Cenozóicos que recobrem toda área, é composto por argilas de coloração escura, com espessuras variando de 4 até 12 metros, com gradações variegadas de silte e areia fina, normalmente mais abundante nas suas porções basais. Foi também descrito que esta camada de argila tende a diminuir de espessura, em direção a norte, chegando a ser praticamente ausente após o dique marginal do Rio Jacuí, onde ocorre uma predominância das areias.

Desta forma, conforme descrito, na ADA do empreendimento não há ocorrência de situações onde a camada de argila apresente pequena espessura ou se mostre ausente. Assim, em toda ADA inexistem situações de não confinamento da camada de areia que constitui a porção intermediária do pacote aluvionar que recobre toda área do empreendimento.

A situação onde ocorre areia no topo da coluna aluvionar é demonstrada na seção hidrogeológica abaixo, retirada do relatório Hidrogeológico da MDGEO (Anexo 8.1-24 do EIA) onde fica demonstrado que a mesma ocorre fora da área da ADA, mais precisamente no leito do Rio Jacuí.Esse modelo foi gerado a partir do banco de dados geológico da jazida. As espessuras de argila ao longo da área de estudos é demonstrada no mapa de isópacas constantes no Anexo 8.1-8 – Anexo VI do EIA-RIMA e demonstrada na Figura 49.

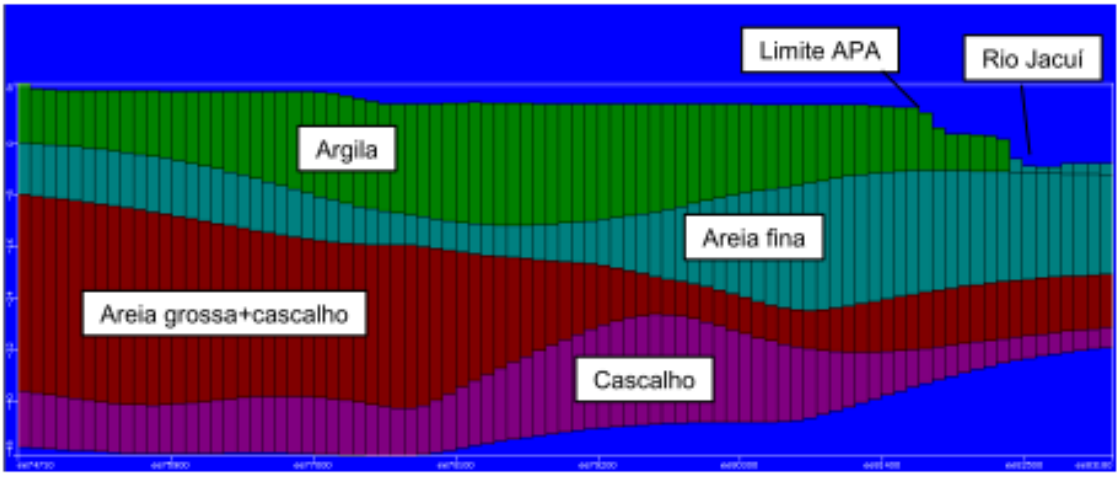

Figura 48. Distribuição da condutividade hidráulica para a coluna 104 do modelo numérico (seção sul-norte, exagero vertical 50x).

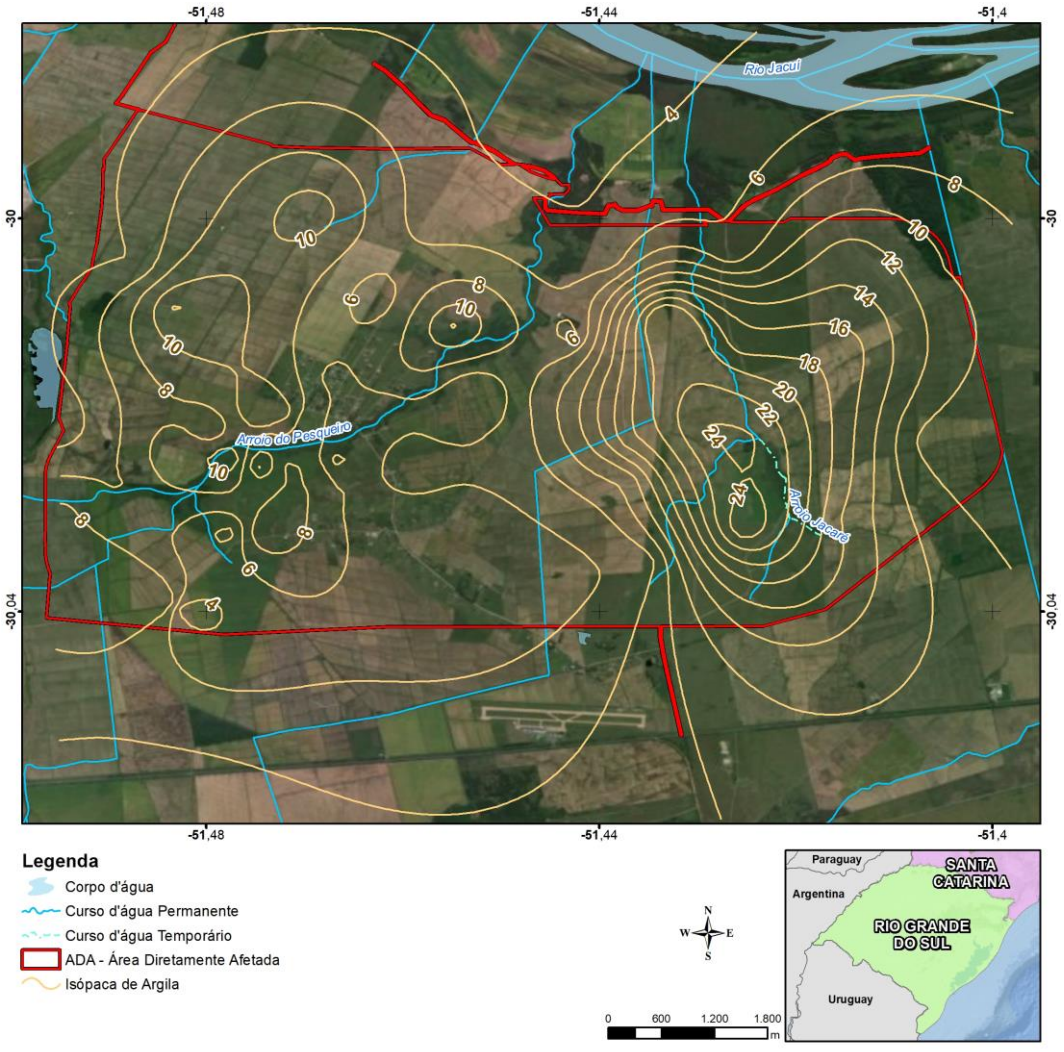

Figura 49. Mapa de isópaca de argila.

1.13.2.1 **Análise de Vulnerabilidade da Água Subterrânea**

A classificação da vulnerabilidade da água subterrânea, apresentada no item 8.1.11.3.3 do EIA, incluiu a camada superficial de argila, considerando a condição de aquífero livre, e as camadas inferiores de areia e cascalho, considerando de forma conservadora, as situações de ocorrência de aquífero confinado e semi-confinado.

Não foi considerada a condição de vulnerabilidade associada à situação de inexistência da camada superficial de argila, uma vez que esta somente ocorre além do dique marginal do Rio Jacuí, ou seja, fora da ADA.

Em atendimento ao Ofício FEPAM/DMIN-OFGSOL nº 03536 / 2018, foi também calculada a vulnerabilidade da água subterrânea, na condição de inexistência da camada superficial de argila e não confinamento do aquífero, conforme apresentado na Figura 50.

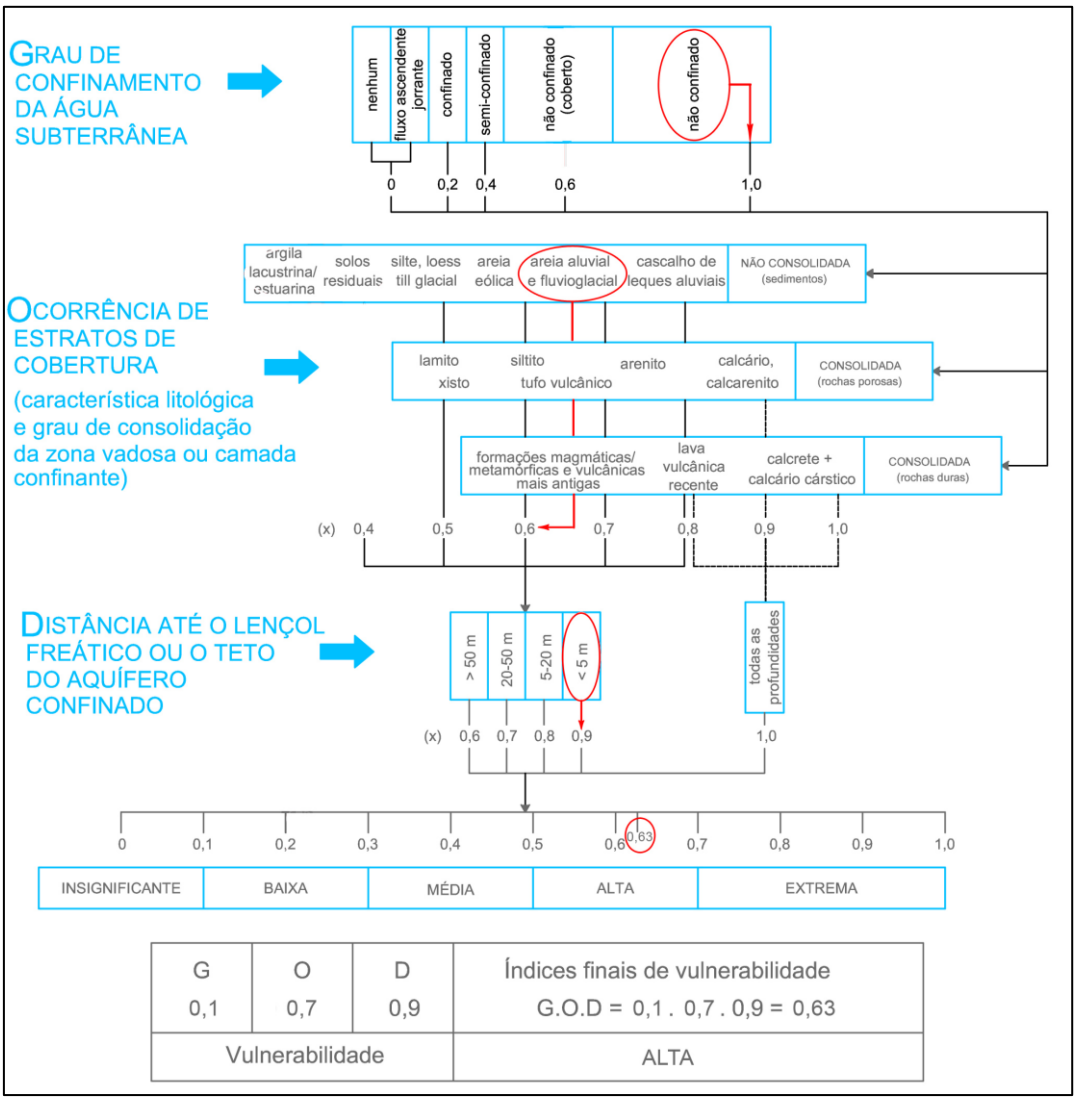

Figura 50. Fluxograma da determinação de vulnerabilidade da água subterrânea.

Foram consideradas as seguintes condições:

Camada de Areia

- ✓ Confinamento do aquífero: não confinado;
- ✓ Ocorrência de estratos de cobertura: areia aluvial;
- ✓ Profundidade do Nível da água: menor que 5 metros

O resultado obtido demonstrou um índice de vulnerabilidade de 0,63, indicando alta vulnerabilidade para a situação de camada superficial de areia. Deve ser ressaltado, entretanto, que esta condição de inexistência de camada superficial de argila não ocorre na ADA, somente fora da mesma, após o dique marginal do Rio Jacuí, onde não ocorrerão atividades do futuro empreendimento.

Desta forma, mantem-se as conclusões apresentadas, no item 8.1.11.3.3 do EIA, para a ADA do futuro empreendimento: “Considerando que o principal aquífero na área está condicionado às camadas de areia e cascalho, os índices de vulnerabilidade obtidos, em paralelo com as informações geológicas e hidrogeológicas da área, permitem interpretar que a condição de vulnerabilidade natural da área é efetivamente baixa.”

1.14 PALEONTOLOGIA

Conforme solicitação, reapresentamos a seguir o Quadro 8.1.165 contendo a profundidade máxima atingida em cada perfil cadastrado durante a vistoria de campo. Esta informação foi acrescida na coluna intitulada “Profundidade máxima do perfil” e valores expressos em metros.

Quadro 8.1.165. Pontos cadastrados durante a vistoria de campo na ADA e entorno imediato.

Ponto	Tipo	Tipo de Afloramento	Profundidade máxima do perfil	Unidade	Potencial Paleontológico	Coordenadas X / Y	
GB-01	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4583	-30.0141
GB-02	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4610	-30.0036
GB-03	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4716	-30.0321
GB-04	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos Aluviais	Baixo	-51.4517	-29.9907
GB-05	Solo exposto	Perfil de solo	1,5 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4236	-30.0219
GB-06	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4908	-30.0003
GB-07	Sedimento exposto	Sedimento não consolidado	1,2 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4101	-30.0100
GB-08	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4303	-30.0404
GB-09	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos de Planície Lagunar	Baixo	-51.4392	-30.0060
GB-10	Solo exposto	-	0,3 m	Depósitos Aluviais	Baixo	-51.4160	-29.9935
GB-11	Solo exposto	Perfil de solo	1,3 m	Depósitos Aluviais	Baixo	-51.4643	-29.9834

1.15 ART'S

No Anexo 05 estão apresentadas as Anotações de Responsabilidade Técnica dos profissionais responsáveis pelas seguintes informações do projeto:

- DIAGNÓSTICO E LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO (ARBÓREA/ARBUSTIVA E CAMPESTRE).
- IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO, LEVANTAMENTO E ESTUDOS, REFERENTE AO DESVIO DOS ARROIOS.
- ESTUDO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL
- ESTUDO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO
- LAUDO PALEONTOLÓGICO
- ESTUDO SISMOLÓGICO REGIONAL E LOCAL
- ESTUDO PEDOLÓGICO REGIONAL
- ENSAIO FÍSICO QUÍMICO DOS SOLOS;
- ESTUDO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL E LOCAL
- INSTALAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE BOMBEAMENTO
- PROJETO DO PLANO DE LAVRA
- PROJETO DA PILHA DE ESTÉRIL
- PROJETO DO BOTA-FORA (DISPOSIÇÃO DE REJEITOS E ESTÉREIS
- PROJETO DA PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE CARVÃO, AREIA, CASCALHO
- PROJETO: DESVIO DO ARROIO PESQUEIRO E DO ARROIO JACARÉ
- ESTUDO DE RECALQUE EM SUPERFÍCIE
- ESTUDO DE PREDIÇÃO DE DRENAGEM ÁCIDA

2.0 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Qualificação Profissional	Registro Profissional	Cadastro Técnico Federal (CTF)	Empresa
Alexandre Bugin	Engenheiro Agrônomo	CREA RS 048191	250151	ABG
Marcos Vinicius Daruy	Biólogo	CRBio 045550/03-D	1731507	ABG
Marcio Ferreira Paz	Engenheiro Civil	CREA RS 120548	3540570	ABG
Leonardo Bohn	Biólogo	CRBio 053011/03-D	-	ABG
Bruno Civolani e Said	Engenheiro Químico	CREA 5061719889	564793	Tetra Tech
Affonso V. Novello Neto	Biólogo	CRBIO 014578/01	248538	Tetra Tech
Maria do Carmo Yustas	Geógrafa Especialista em Controle Ambiental	CREA 0601781149	1519144	Tetra Tech
Camila Sabadin	Engenheira Ambiental e Oceanógrafa	CREA SC 103838-1 AOCEANO 1299	1748247	Tetra Tech
Priscilla C. Padron Armada	Geóloga	CREA 062215010/D	727554	Tetra Tech
Felipe Gattai Resende	Geógrafo e Gestor Ambiental	CREA 5063165241	623658	Tetra Tech
Joseane Urgnani	Geógrafa, MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais	CREA PR 117196/D	5242820	Tetra Tech
Valnei Pereira	Geógrafo - Doutor em Urbanismo	CREA 5063857072	-	Tetra Tech
Marcelo Camargo	Geógrafo	CREA/SP 5063309693	6083373	Tetra Tech
Marco Antônio Correa	Físico	-	434236	Tetra Tech
Antônio Carlos Bertachini	Geólogo	CREA SP 70902	677338	MDGEO
Mateus Alfenas de Filippo	Geólogo	CREA MG 81049	-	MDGEO
Matheus Serri	Geólogo	-	-	MDGEO

Nome	Qualificação Profissional	Registro Profissional	Cadastro Técnico Federal (CTF)	Empresa
Milton Akira Ishisaki	Engenheiro de Minas	CREA SP 0601882560	1696932	Lexton
Ângelo Almeida Zenóbio	Engenheiro Geólogo	CREA MG 65835D	-	F&Z consultoria e Projetos
André Cezar Zingano	Engenheiro de Minas	CREA RS 71863	-	Fundação Luiz Englert
Fernando Mendonça d'Horta	Engenheiro Florestal, Dr em Genética e Biologia Evolutiva	CREA 5060444216	248647	Jatobá Eng. Florestal

3.0 REFERÊNCIAS

BLITZKOW et al., 2016. **MAPGEO2015: O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil**. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, N° 68/10, p. 1873-1884, Nov/Dez/2016

BRASIL, IBGE. **"Modelo de ondulação geoidal - MAPGEO2015"**, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 09/08/2018.

MDGEO. PROJETO GUAÍBA - ATUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS E DO MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO

Mueller-Dombois, D., Ellemberg, H. 1974. Aims ans methods of vegetation ecology. Willey and Sons, New York.

ORTUÑO, F.; NIÑEROLA, J.; ARMENTER, J.L.; MOLINERO, J. 2009. La barrera hidráulica contra la intrusión marina y la recarga artificial en el acuifero del Llobregat (Barcelona, España). Boletín Geológico y Minero de España, 120 (2): 235-250.

ORTUÑO, F.; MOLINERO, J.; JUAREZ, I.; ARCOS, D.; FRAILE, J.; NIÑEROLA, J.; GARRIDO, T. 2011. Barrera Hidráulica Contra La Intrusión Marina En El Acuífero Principal Del Delta Del Llobregat (Barcelona, España). I Congreso Internacional de Medio Ambiente Subterráneo, 15-18 Sept. 2009, São Paulo.

SILVA. G.; MONTENEGRO, S.; MONTENEGRO, A.; COSTA, L.; CAVALCANTI, G.; MOURA, A. 2004. Avaliação Do Potencial Da Recarga Artificial Através De Águas Pluviais Para Recuperação Da Potenciometria De Aquífero Costeiro Na Planície Do Recife-Pe (Brasil). Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.