



MINERAÇÃO MORRO
DO IPÊ S.A.

MEIO AMBIENTE

Descaracterização e reaproveitamento de bens minerais dispostos na Barragem B1 IPÊ, Ampliação do posto de abastecimento de combustíveis para veículos, implantação de ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) e implantação de ETA (Estação de Tratamento de Água)



Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV

Empreendimento: MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

Brumadinho/MG

Agosto de 2024

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. APRESENTAÇÃO | 09 |
| 1.1. INFORMAÇÕES GERAIS | 10 |
| 1.1.1. Empreendedor e Empreendimento | 10 |
| 1.1.2. Consultoria Técnica Independente | 11 |
| 2. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2.1. O EIV como ferramenta de planejamento e gestão | 13 |
| 3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | 16 |
| 3.1. Atividades a serem licenciadas | 16 |
| 3.2. Localização e vias de acesso | 19 |
| 3.3. Caracterização da atividade | 22 |
| 3.3.1. <i>Objetivos econômicos e sociais do empreendimento</i> | 22 |
| <i>ETA e ETE</i> | 23 |
| <i>Ampliação do Posto de Combustível</i> | 24 |
| <i>Descaracterização de reaproveitamento dos finos da Barragem B1 Ipê</i> | 25 |
| 3.3.2. <i>Memorial descritivo das tecnologias e sistemas construtivos empregados</i> | 28 |
| 3.3.3. <i>Resíduos sólidos do empreendimento</i> | 32 |
| 3.3.4. <i>Abastecimento de água do empreendimento</i> | 34 |
| 3.3.5. <i>Esgotamento sanitário do empreendimento</i> | 36 |
| 3.3.6. <i>Levantamentos topográficos e projetos</i> | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.3.7. <i>Concepção arquitetônica e urbanística do empreendimento</i> | 44 |
| <i>Enquadramento na legislação urbanística</i> | 44 |
| 3.4. Inexistência de alternativa locacional | 47 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DA VIZINHANÇA | 48 |
| 4.1. Delimitação da vizinhança | 48 |
| 4.2. Caracterização da vizinhança física e biótica | 49 |
| 4.2.1. <i>Vegetação</i> | 50 |
| 4.2.2. <i>Fauna</i> | 52 |
| 4.2.3. <i>Apifauna (grupo protegido legalmente)</i> | 54 |
| 4.3. Caracterização do meio físico da vizinhança | 55 |
| 4.3.1. <i>Clima</i> | 55 |
| 4.3.2. <i>Hidrografia</i> | 56 |
| 4.4. Unidades de Conservação, zonas de amortecimento destes e Reserva da Biosfera | 58 |
| 4.5. Caracterização da vizinhança socioeconômica e cultural | 60 |
| 4.5.1. <i>Características socioeconômicas e organização social</i> | 62 |
| 4.5.2. <i>Pesquisas de percepções da população sobre a instalação do empreendimento</i> | 66 |
| 4.5.3. <i>Infraestrutura urbana</i> | 72 |
| 5. PROGNÓSTICO DOS IMPACTOS DE VIZINHANÇA | 75 |
| 5.1. Adensamento populacional | 75 |
| 5.2. Equipamentos urbanos e comunitários | 75 |
| 5.3. Uso e ocupação do solo | 76 |
| 5.4. Valorização imobiliária | 76 |

| | |
|---|----|
| 5.5. Geração de tráfego e demanda por transporte público | 76 |
| 5.6. Ventilação e iluminação | 78 |
| 5.7. Paisagem urbana | 79 |
| 5.8. Patrimônio Natural e Cultural | 82 |
| 5.9. Rompimento da barragem | 82 |
| 5.10. Impactos positivos sobre o meio socioeconômico | 84 |
| 5.11. Impactos positivos sobre o meio físico e biótico | 85 |
| 5.12. Rebaixamento do lençol freático | 86 |
| 5.13. Impactos à dinâmica hídrica municipal | 86 |
| | |
| 6- PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DOS IMPACTOS | 87 |
| 6.1. Medidas de potencialização dos impactos positivos | 87 |
| 6.2 Medidas de mitigação e compensação dos impactos negativos | 87 |
| | |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 89 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 90 |

ART

LISTA DE IMAGENS

| | |
|--|----|
| Imagens 1 e 2 – Vista Parcial da UTM Ipê. | 17 |
| Imagens 3 e 4 – Vista Parcial do Posto de combustível), preexistente e área de ampliação. | 18 |
| Imagens 5 e 6 – Vista Parcial da área de instalação da ETE/ETA | 18 |
| Imagem 7: Estrada de acesso a mineração, partindo da sede de Brumadinho. | 19 |
| Imagem 8 – Vista aérea da área da barragem B1 a ser descomissionada | 20 |
| Imagem 9 – Vista aérea da área do posto de abastecimento (posto de combustível). | 21 |
| Imagem 10 – Apontamento de estrutura pré-existentes e licenciadas. | 26 |
| Imagem 11 – Vista aérea da mancha de rejeito e área de inundação em vermelho por ruptura hipotética da Barragem B1. | 27 |
| Imagem 12 – Detalhamento do sistema construtivo do tanque de combustível para ampliação do posto. | 28 |
| Imagem 13 – Detalhamento do sistema construtivo da ETA | 29 |
| Imagem 14 – Detalhamento do sistema construtivo da ETE | 30 |
| Imagem 15 – UTM Ipê, rejeitoduto e planta de filtragem de rejeito. | 32 |
| Imagem 16 – Certificado de Outorga Poço artesiano 1 | 34 |
| Imagem 17 – Certificado de outorga Poço artesiano 2 | 35 |
| Imagem 18 – Certificado de outorga captação de água no rio Paraopeba | 35 |
| Imagem 19 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê. Fonte: Terracota. | 38 |
| Imagem 20 – Projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê. | 39 |
| Imagem 21 – Arranjo geral da área da B1 - Mina Ipê após a finalização das obras | 40 |
| Imagem 22 - Projeto da Estação de Tratamento de esgoto ETE. | 41 |
| Imagem 23 – Projeto da Estação de Tratamento de água ETA. | 42 |

| | |
|---|----|
| Imagem 24 – Projeto da ampliação do posto de combustíveis. | 43 |
| Imagem 25 – Delimitação da vizinhança do empreendimento em um raio de 2 KM. | 48 |
| Imagem 26 – Destlimitação da área de influência direta do empreendimento em um raio de 2 KM. | 49 |
| Imagem 27 – Limites do Bioma Mata atlântica– Lei 11.428/2006. | 51 |
| Imagem 28 – Caracterização do uso do solo. | 52 |
| Imagem 29 – Clima da região. | 56 |
| Imagem 30 - UPGRH Rio Paraopeba – SF3 | 57 |
| Imagem 31 – Descrição de cursos D’águas mais próximos da área de intervenção. | 58 |
| Imagem 32 – Unidades de conservação, zonas de amortecimento e Reserva da Biosfera | 59 |
| Imagem 33 – Unidades de conservação, APE Estadual | 60 |
| Imagem 34 – Acesso ao local do empreendimento pela BR 381. | 61 |
| Imagem 35 – Acesso ao local do empreendimento pela estrada Ademir Ribeiro Neves. | 62 |
| Imagem 36 – Acesso do empreendimento partindo da sede da Prefeitura de Brumadinho/MG. | 62 |
| Imagens 37 e 38 – Vista parcial de casas e atividades produtivas do entorno | 64 |
| Imagens 39 e 40 – Vista parcial vias não pavimentadas no entorno | 64 |
| Imagem 41 – Imagem aérea apontando a distância do empreendimento a empresa de água mineral Ingá. | 65 |
| Imagens 42 e 43 – Vista parcial da faixa da empresa e estrada de acesso pavimentada | 66 |
| Imagem 44 : Vista geral do loteamento Vale do Ingá. Fonte: Google Earth | 67 |
| Imagens 45 e 46 – Entrevista e conversa com os moradores | 68 |
| Imagens 47 e 48 – Residências fechadas e com placas de vende-se | 69 |
| Imagens 49 e 50 – Moradores em áreas de risco portando rádios de comunicação com as | 69 |

mineradoras

| | |
|---|----|
| Imagem 51 – Vista aérea parcial de vias de acesso a mineração Morro do Ipê. | 70 |
| Imagens 52 e 53 – Vista parcial de vias de acesso a Mineração Morro do ipê | 71 |
| Imagens 54 e 55 – Vista parcial de vias de acesso a comunidade do Vale do Ingá | 71 |
| Imagens 56 e 57 – Vista parcial de vias de acesso a comunidade do Vale do Ingá não pavimentadas | 72 |
| Imagens 58 e 59 – Vista parcial da rede de energia elétrica | 73 |
| Imagens 60 e 61 – Vista parcial da captação de água. | 74 |
| Imagens 62 e 63 – Vias de acesso da mineração, Posto de combustível, circunvizinhança e BR-381 | 77 |
| Imagens 64 e 65 – Vista parcial de veículo de limpeza de vias | 78 |
| Imagem 66 – Vista aérea apontando a área de ampliação da ETE/ETA. | 79 |
| Imagem 67 – Imagem aérea apontando a área de ampliação do posto de combustível antes da implantação. | 80 |
| Imagem 68 – Imagem aérea apontando a área de ampliação do posto de combustível pós implantação. | 81 |
| Imagem 69 – Mapa e estudo referente ao PAEBM Morro do Ipê. | 84 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Descrição das atividades e localização | 20 |
| Quadro 2 – Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos. | 32 |
| Quadro 3 – Resíduos sólidos gerados no empreendimento e seu gerenciamento | 34 |
| Quadro 4 – Consumo de água e fontes de captação | 35 |
| Quadro 5 – Característica dos efluentes líquidos e sua destinação | 38 |

1. APRESENTAÇÃO

Este documento vem apresentar o Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV, e tem como finalidade atender à legislação pertinente junto ao COMDESP - Conselho Municipal de Desenvolvimento Sustentável e Planejamento e à SEPLAC - Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação da Prefeitura Municipal de Brumadinho.

O presente estudo oferecerá aos técnicos, gestores e conselheiros envolvidos as informações necessárias para deliberação quanto à viabilidade do empreendimento no que tange aos aspectos relacionados com a vizinhança, expressa através da Declaração de Viabilidade Municipal, nos termos das leis e regulamentos municipais relacionados com o uso e ocupação do solo. A obrigatoriedade da referida declaração, por sua vez, está imposta no Art. 18 do Decreto Estadual nº 47.383, de 02 de março de 2018.

Além disso, o presente EIV fornece elementos de complementação aos estudos apresentados para o licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente. Neste caso, a despeito do convênio que delega ao município de Brumadinho o licenciamento ambiental de atividades, a competência é do Estado de Minas Gerais através da SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, uma vez que as áreas de operação e de influência direta e indireta da Mina Morro do Ipê abrangem também os municípios de Igarapé e São Joaquim de Bicas, não se aplicando o critério do impacto local.

As atividades relativas ao presente EIV são: o reaproveitamento dos rejeitos da barragem B1 Ipê; ampliação do posto de combustíveis; e instalações da ETA e ETE. Tais estruturas serão instaladas e operadas no município de Brumadinho.

Considerando que o EIV é um requisito exigido pelo município de Brumadinho para a Declaração de Conformidade, o presente estudo tem como escopo avaliar os impactos das estruturas e atividades supramencionadas com foco exclusivo na vizinhança pertencente ao município de

Brumadinho. Dessa forma, permitirá maiores elementos elucidativos aos órgãos consultivos e deliberativos da esfera municipal, sem menção a aspectos alheios ao território brumadinhense.

O estudo apresentado está em conformidade com o Termo de Referência, segundo a Lei Complementar Municipal nº 128/2023, que estabelece o Novo Plano Diretor Participativo do Município de Brumadinho.

1.1. INFORMAÇÕES GERAIS

1.1.1. Empreendedor e Empreendimento

Empreendedor

| | |
|--|--|
| Empresa responsável pelo empreendimento | |
| Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A | |
| Responsável: Sérgio Correa Botelho | |
| CNPJ: 22.902.554/0001-17 | Inscrição Estadual: 002780755.0031 |
| Telefone: (31) 3614-1812 | E-mail: guilherme.raposo@ipemineracao.com |
| Endereço para correspondência: KM 520 da Rodovia Fernão Dias – BR-381 (margem direita no sentido Sul BH-SP), Brumadinho/MG. | |

Empreendimento

| |
|---|
| Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A |
| Endereço: O acesso é pelo trevo imediatamente após o km 520 da Rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Brumadinho/MG. |
| Coordenadas geográficas do ponto central do empreendimento (DATUM: Sirgas 2000): S 20° 07' 2.94" / W 44° 18' 22.34". |
| Área do Empreendimento: 51.000 m ² (5,1 ha) |

Responsável legal

| | |
|---|--|
| Nome: Sérgio Correa Botelho | |
| Cargo/Função: Diretor de operações | |
| Telefone: (31) 3614-1812 | E-mail: guilherme.raposo@ipeminerao.com |
| Endereço para correspondência: km 520 da Rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP). Brumadinho/MG. | |

1.1.2. Consultoria Técnica Independente

Empreendedor

| | |
|---|---------------------------------------|
| Empresa responsável pelo relatório | |
| Razão Social: JS Consultoria e Gestão Ambiental | |
| Responsável: Javér Ribeiro e Sales | |
| CNPJ: 55.896.809/0001-35 | |
| Telefone: (31) 97145-8981 | Email: javerribeiro2@gmail.com |
| Endereço para correspondência: Rua Antônio Henriques Sales, nº 86, Bairro José de Sales Barbosa, Brumadinho/MG, CEP: 32497-264 | |

Equipe técnica

| Nome Completo | Formação Técnica | Registro Profissional | Função |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------|--|
| Jaime Eustáquio Moreira | Biólogo | CRBIO 70379/04- D | Coordenação em trabalhos de campo e revisão prévia |

| | | | |
|------------------------------|--|----------------------|---|
| Javér Ribeiro de Sales | Técnico em Mineração com Ênfase em meio Ambiente/Engenheiro de controle e automação Especialista em Engenharia Ambiental e Florestal | CREA/MG 110345-TD | Coordenação geral, elaboração do EIV, trabalhos de campo e revisão prévia |
| Elton Geraldo de Assis Sales | Engenheiro Ambiental e Sanitarista/Técnico em Química. | CREA/MG 233694-D | Elaboração do EIV e trabalhos de campo |
| Lenice Neves Guimarães | Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos, Especialista em Geoprocessamento | CREA/MG 95091-D | Elaboração do EIV e revisão final |

2. INTRODUÇÃO

2.1. O EIV como ferramenta de planejamento e gestão

O planejamento, execução, ampliação, bem como a disseminação do espaço urbano e rural é um processo constante e que traz consequências para as relações socioculturais, econômicas e políticas. Alguns empreendimentos e ou atividades econômicas interferem na dinâmica urbana e rural impactando na qualidade de vida dos moradores e cidadãos. Sendo assim, o EIV é uma importante ferramenta para subsidiar estudos e levantamentos prévios, sendo fundamental para o desenvolvimento sustentável das cidades.

O Artigo 36 do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), na sua sessão VII, estabelece que a legislação municipal deve definir os empreendimentos e as atividades que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança para obter as licenças ou autorizações do Poder Público Municipal. Neste sentido, a Lei Complementar Municipal nº 128/2023, no seu artigo 265, dispõe o seguinte:

Art. 265. O Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV se aplica aos empreendimentos e às atividades considerados como de impacto por suas especificidades, mesmo quando sua implantação constar como permitida na zona urbana, para efeito de obtenção de licenciamento urbanístico de instalação, construção, ampliação, regularização ou de funcionamento.

§ 1º O EIV deve considerar a interferência do empreendimento ou da intervenção urbanística na estrutura urbana, nas condições de funcionamento da infraestrutura e dos serviços urbanos, na paisagem, na ambiência e nas condições de vida da população residente em sua área de influência.

§ 2º Qualquer atividade localizada em área rural, que se encontra em trâmite de sua regularização e implantação de novas atividades, que se enquadre em atividades de impacto, deverá ser objeto de avaliação do Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV. (Grifo nosso).

Ainda de acordo com o Estatuto da Cidade, no seu artigo 37, O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:

I – adensamento populacional;

- II – equipamentos urbanos e comunitários;
- III – uso e ocupação do solo;
- IV – valorização imobiliária;
- V – geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI – ventilação e iluminação;
- VII – paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Na legislação municipal, especialmente o Novo Plano Diretor Participativo de Brumadinho (Lei Complementar nº 128/2023), o EIV é tratado como um instrumento exigível aos empreendimentos e às atividades considerados como de impacto por suas especificidades, mesmo quando sua implantação constar como permitida na zona urbana, para efeito de obtenção de licenciamento urbanístico de instalação, construção, ampliação, regularização ou de funcionamento. Não obstante ser um instrumento da legislação urbanística, sujeitam-se à exigência do EIV quaisquer atividades localizadas em área rural, cuja regularização encontra-se em trâmite, bem como implantação de novas atividades, que se enquadre em atividades de impacto (Art. 265).

O município de Brumadinho vai mais além ao chamar para si a discussão dos impactos socioambientais das atividades sujeitas ao EIV, prevendo os mecanismos de participação popular, em especial a audiência pública, prévia à emissão da Declaração de Conformidade ou demais anuências pelo Município:

Art. 129. Para a emissão da declaração de conformidade ou demais anuências pelo Município, referentes ao licenciamento de empreendimentos de competência Estadual ou Federal, prevista no §1º do art. 10 da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, ou disposição que a vier substituir, o Município deverá:

I. exigir ao empreendedor a apresentação das medidas de mitigação, controle e estudos solicitados nos processos de licenciamento ambiental pelos órgãos competentes que atestem o não comprometimento dos recursos hídricos para o abastecimento de comunidades que façam uso comprovado da água para consumo humano;

II. realizar audiência pública, conforme procedimento disposto no art. 301 desta Lei, para apresentar a comunidade os possíveis impactos decorrentes da implantação e da operação do empreendimento na dinâmica hídrica municipal.

Art. 170. Para a emissão da certidão de conformidade ao licenciamento ambiental de atividades localizadas na Macrozona de Preservação Ambiental, o Poder Público municipal deverá seguir o disposto no art. 129 desta Lei.



ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.



Art. 301. A Prefeitura realizará audiências públicas para quaisquer consultas necessárias ou solicitadas pela população e COMDESP, ou por quaisquer outras obrigações previstas na legislação de Município e nesta Lei.

Desta forma, apresenta-se o presente EIV, referente aos impactos ocasionados à vizinhança exclusiva do município de Brumadinho, por atividades cujo licenciamento é pleiteado pela Mineração Morro do Ipê, quais sejam: o reaproveitamento dos rejeitos da barragem B1 Ipê; ampliação do posto de combustíveis; e instalações da ETA e ETE.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

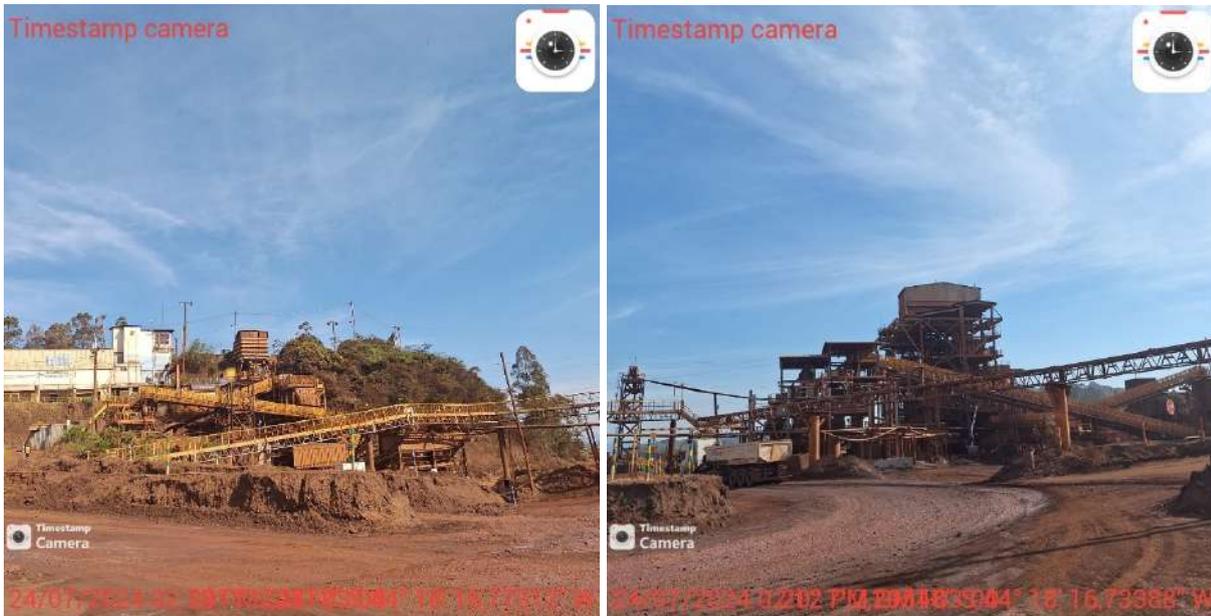
3.1. Atividades a serem licenciadas

Criada em outubro de 2016, a Mineração Morro do Ipê S.A - MMI, assumiu a Unidade Produtiva Isolada - UPI das operações minerárias que pertenciam à MMX. Esta UPI corresponde aos ativos das áreas operacionais das Minas Ipê e Tico-Tico (suas reservas, estruturas e suas respectivas licenças de operação). Dentre esses ativos, está a Barragem B1 Ipê, localizada no município de Brumadinho/MG, UTM 572499.87mE, 7775097.68mS – 23k.

As licenças ambientais LO nº 214 e nº 226, emitidas pelo Estado de Minas Gerais, são os principais documentos que regularizam as operações da Mineração Morro do Ipê na Mina Ipê. Tais licenças encontram-se em fase de revalidação, através do Processo Administrativo PA 37478/2016/022/2017, para as atividades de lavra a céu aberto de Minério de Ferro, UTM, com tratamento a úmido, além da licença de operação da Barragem B1 Ipê.

Após a instalação do sistema e filtragem de rejeitos, a empresa não opera mais a atividade de barragem de rejeitos para atender a demanda operacional. Dessa forma, a B1 Ipê está desativada e em processo de descaracterização, conforme Termo de Compromisso firmado com o Ministério Público em 24/02/2022, atendendo à legislação vigente.

Nesse sentido, como forma de otimizar o processo de descaracterização e racionalizar os recursos minerais presentes na Barragem B1 Ipê, o rejeito será reprocessado na Unidade de Tratamento de Minério – UTM Ipê, concomitante ao processo de descaracterização da barragem.



Imagens 1 e 2 – Vista Parcial da UTM Ipê. (JS Consultoria, 2024)

A Morro do Ipê, com vistas à ampliação das operações da Mina Tico-Tico, possui também Licença Prévia concomitante com Licença de Instalação – LP+LI nº 004/2020 para a instalação do Projeto Morro do Ipê 6 Mtpa, com vistas a ampliar a produção de minério de ferro. Para tanto, é necessário ampliar a capacidade operacional das estruturas de apoio para dar suporte à operação da nova usina de beneficiamento de minério.

Nesse sentido, será ampliado o posto de combustível já existente, de 45m³ de armazenamento para 120m³, num primeiro momento, e posteriormente, em um futuro breve, o armazenamento passará para 240 m³ de combustível.

Além disso, iniciará a operação da ETE- Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário e ETA - Estação de Tratamento de Água, com capacidade operacional, respectivamente, de 0,77 l/s e 3,1 l/s.

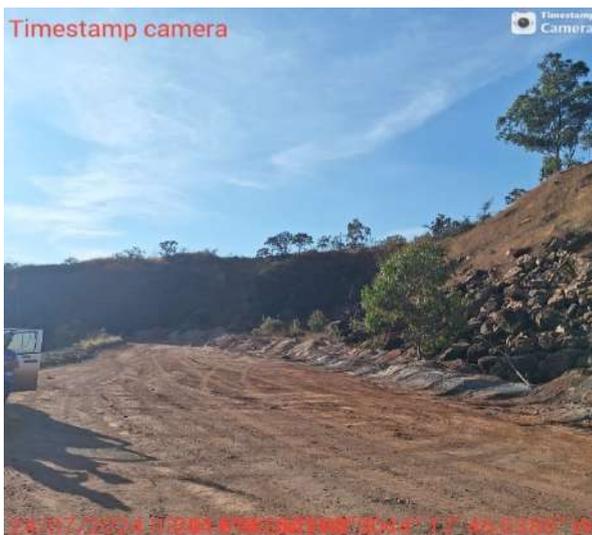
A Mineração Morro do Ipê conta ainda com outras estruturas de apoio, já implantadas e em operação, tais como prédio administrativo, refeitório, portaria, balança, lavador de máquinas e veículos, oficina mecânica, laboratório químico, caldeiraria, posto de combustível e estradas de

transporte de minério. As atividades exercidas no empreendimento encontram-se amparadas pelas Licenças de Operação.

A empresa emprega 182 funcionários no setor de produção e 394 funcionários no setor administrativo, totalizando 576 funcionários, revezando em 3 turnos de 8 horas, 7 dias da semana e 365 dias por ano, além das empresas terceirizadas.



Imagens 3 e 4 – Vista Parcial do Posto de combustível), preexistente e área de ampliação (JS Consultoria, 2024)



Imagens 5 e 6 – Vista Parcial da área de instalação da ETE/ETA (JS Consultoria, 2024)

3.2. Localização e vias de acesso

Considerando neste escopo que as atividades objeto da análise são o descomissionamento (descaracterização) e reprocessamento dos rejeitos da barragem B1 Ipê, ampliação do posto de combustíveis e instalações das estações de tratamento de água e de esgoto, a localização e acesso a tais estruturas/atividades são os seguintes:

Localização: Município de Brumadinho-MG, próximo do alto da Serra das Farofas, sob as coordenadas UTM 572584.32 m E e 7775379.29 m S, distante aproximadamente 20 km do centro da cidade de Brumadinho;

Acesso (partindo do centro da cidade de Brumadinho): segue pela Estrada da Conquistinha, distrito de Conceição de Itaguá. Após alcançar o trevo imediatamente após o km 520 da Rodovia Fernão Dias (BR-381), tem-se o empreendimento à margem direita da pista, no sentido sul (BH-SP).

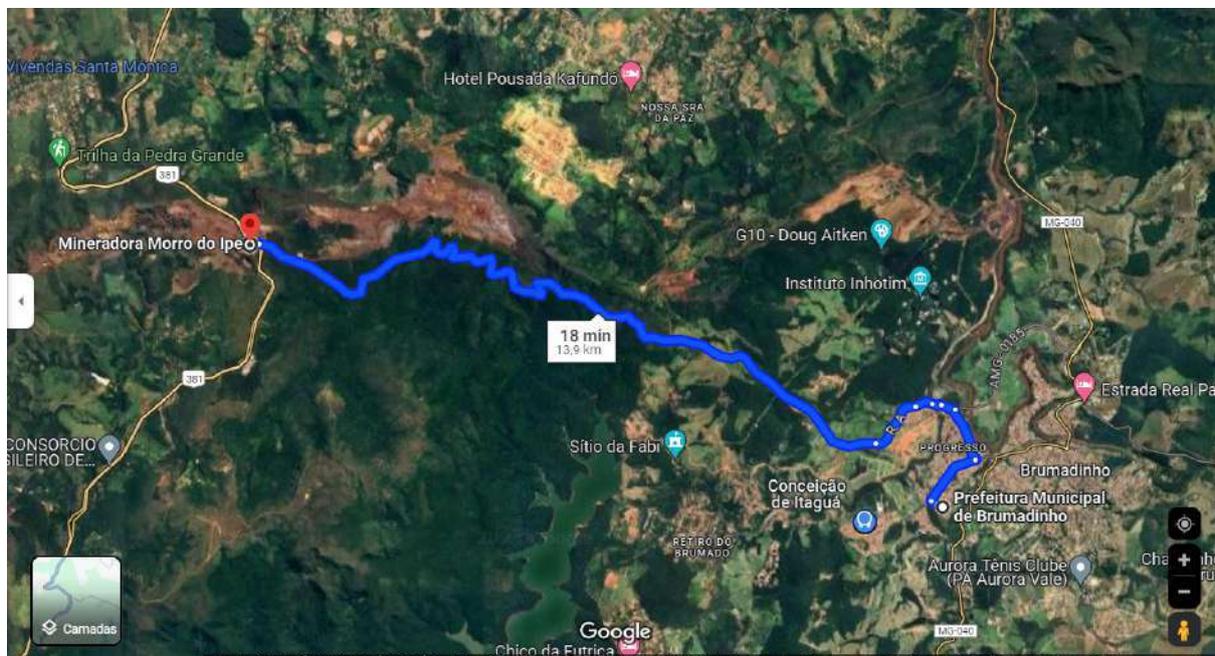


Imagem 7: Estrada de acesso a mineração, partindo da sede de Brumadinho. FONTE GOOGLE MAPS (2024)

O Quadro abaixo mostra a localização específica de cada estrutura objeto do presente estudo, em coordenadas UTM, zona 23K, DATUM Sirgas 2000. As imagens adiante ilustram as referidas localizações.

| ATIVIDADE | LOCALIZAÇÃO (UTM) |
|--|--|
| Descaracterização e reaproveitamento de bens minerais dispostos em barragem; | 572553.50 m E/ 7775376.77 m S – zona 23k |
| Ponto de abastecimento de combustível | 572986.78 m E/ 7775354.91 m S- zona 23k |
| ETE/ETA | 573562.37 m E/ 7775751.74 m S |

Quadro 1 – Descrição das atividades e localização (JS Consultoria, 2024)



Imagem 8 – Vista aérea da área da barragem B1 a ser descomissionada. FONTE EARTH (2024)



Imagem 9 – Vista aérea da área do posto de abastecimento (posto de combustível). FONTE EARTH (2024)



Imagem 9A – Vista aérea da área de implantação da ETA/ETE. FONTE GOOGLE EARTH (2024)

3.3. Caracterização da atividade

3.3.1. *Objetivos econômicos e sociais do empreendimento*

Os empreendimentos em questão no presente estudo, como já foi dito e reiterado várias vezes, consistem na descaracterização e reaproveitamento de Bens Minerais Dispostos na Barragem B1 IPÊ, na ampliação da capacidade do posto de combustível, e na implantação dos sistemas de ETE e ETA.

Tais empreendimentos ou atividades são meios, e não fins, para uma atividade maior, considerada de utilidade pública, que é a extração de minério de ferro para atender à demanda socioeconômica por este recurso mineral, uma vez que, inegavelmente, encontra-se manifesto em nossas atividades cotidianas, bens de consumo, habitações, etc.

A indispensabilidade dos recursos minerais para a demanda mundial é um fato, dados os atuais modelos de produção e consumo. A mineração sustentável e responsável, por sua vez, é uma meta vem sendo perseguida não somente por um romantismo ideológico, mas sobretudo pela consciência da finitude dos recursos minerais brutos, devendo-se migrar urgentemente para as alternativas de reciclagem e reaproveitamento, deixando para a natureza e a sociedade o menor impacto negativo possível.

Diante disso, antes de passar para os objetivos sociais e econômicos específicos das atividades em questão, cumpre dizer que elas não estão na contramão, mas no mesmo sentido em direção ao desenvolvimento sustentável. Isso porque a descaracterização da barragem e aproveitamento dos finos, assim como o tratamento da água e do esgoto são processos de reciclagem que visam à máxima eficiência do uso dos recursos naturais com menor carga poluidora na entrega.

A seguir, o detalhamento dos objetivos sociais e econômicos de cada atividade em comento neste estudo:

ETA e ETE

Os objetivos econômicos e sociais referentes à implantação da estação de tratamento de esgoto e da estação de tratamento de água, são os melhoramentos na qualidade dos tratamentos já empregados pelas operações, em busca de novas tecnologias a fim de se atingir os parâmetros impostos nas legislações pertinentes.

Atualmente, os sistemas de esgotamento sanitários em operação não suportam toda a demanda das necessidades da Mineração Morro do Ipê e parte dos efluentes são transportados via caminhões apropriados para ser tratados em empresas especializadas terceirizadas em áreas distantes do empreendimento. Além do custo elevado, isso vem comprometendo a eficiência ambiental como um todo, devido ao aumento das emissões atmosféricas pelo tráfego de veículos pesados, advindo do transporte do efluente sanitário. Torna-se portanto mais sustentável, necessário e viável a implantação de novas estruturas e operação da ETE, cobrindo a capacidade reprimida.

Quanto à estação de tratamento de água, seu objetivo socioeconômico é aumentar a capacidade de recirculação de água nos processos internos, evitando a necessidade de consumo de novas fontes de água bruta.

Sua implantação justifica-se pelo fato de que as operações da Morro do Ipê atualmente necessitam de maior demanda de água. Apesar de já estarem implantados os sistemas de recirculação de água nos processos, a oferta de água existente não supre as necessidades da mineração. Será necessária uma nova captação, no Rio Paraopeba, com as devidas outorgas. O manancial dessa captação, qual seja o Rio Paraopeba, não oferece uma água com qualidade para o consumo humano nem mesmo para as atividades de manutenção do empreendimento minerário. Então, o suprimento da demanda teria que ser feito utilizando mananciais nobres em qualidade, como as captações subterrâneas, que inexistem tratamentos complexos e onerosos, mas que, por outro lado, representaria um desperdício

da água de qualidade, que terá sua utilidade futura para usos mais nobres e exigentes, como o consumo humano.

Assim, a captação da água do rio Paraopeba e seu respectivo tratamento na ETA, apesar de mais oneroso, foi selecionado como uma alternativa compatível com a sustentabilidade, evitando novas captações subterrâneas em poços artesianos, o que prejudicaria os recursos hídrico potável da região. A água captada no rio Paraopeba, após seu devido tratamento, será aproveitada racionalmente para uso industrial nas instalações e nos processos produtivos.

Ampliação do Posto de Combustível

A ampliação do posto de combustível tem como objetivo socioeconômico compatibilizar a oferta com a demanda de combustíveis para a operação atual. O posto existente não suporta a demanda de abastecimento dos veículos em operação da Morro do IPÊ, havendo a necessidade de ampliação das estruturas, com instalação/operação de novos tanques aéreos, saindo de 45m³ de armazenamento para 120m³, num primeiro momento, com vistas a operar, um futuro breve, com o armazenamento de 240 m³ de combustível.

Descaracterização de reaproveitamento dos finos da Barragem B1 Ipê

A descaracterização da Barragem B1 IPÊ tem como objetivo legal atender ao disposto na Resolução Conjunta SEMAD/ FEAM nº 2.784, de 21 de março 2019 que determina a extinção de todas as barragens de rejeito com método de alteamento a montante:

Art. 4º – Fica determinada a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos que utilizem o método de alteamento a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes no Estado de Minas Gerais, na forma desta resolução.

Para além de cumprir uma exigência legal, e calçado no tripé socioeconômico do desenvolvimento sustentável, o reprocessamento dos rejeitos removidos da barragem na Usina Ipê configura-se na solução mais racional em termos de segurança geotécnica, de logística, econômicos e, sobretudo,

sob o ponto de vista socioambiental, com claras vantagens sobre a sua remoção e disposição no solo, a saber:

- Otimização do processo de descaracterização, com a possível redução do tempo de obras, uma vez que o reprocessamento se dará em UTM próxima. Tal ação vai ao encontro dos anseios dos moradores das comunidades no entorno, atenuando, dessa forma, os imbróglis sociais atrelados à presença de barragens alteadas a montante;
- Redução da massa de rejeito a ser disposta em cava em até cerca de 50%, o que implica em otimização substancial das áreas regularizadas para a disposição o rejeito final com aumento a vida útil de estruturas regularizadas;
- Diminuição da necessidade da disposição do material removido em outras áreas, a exemplo de pilhas que, por suas características, requerem áreas significativas para sua implantação, com intervenção em vegetação nativa;
- Minimização dos riscos geotécnicos e à vida pela redução da exposição da comunidade a jusante devido ao período de obra reduzido;
- Redução dos riscos inerentes aos trabalhadores durante a descaracterização, visto a distância significativamente menor entre a barragem e a Usina Ipê e da diminuição do tempo de obra;
- Considerando a proximidade entre a barragem e a UTM, o reaproveitamento do material otimizará o trânsito de veículos dentro das operações da mina e em seu respectivo entorno, eliminando a necessidade de tráfego de caminhões carregados com rejeito pela alça da BR 381;
- Redução de 53% diesel para operações de descaracterização, evitando 3.611t das emissões de CO₂ e, além dos incômodos causados nas comunidades vizinhas pelo tráfego de caminhão com os rejeitos retirados da B1 Ipê. Também representa um aumento da segurança para aqueles que trabalham nas áreas de operação;
- O reaproveitamento do material da Barragem B1 Ipê proporcionará compensação de ROM nas operações da MMI, reduzindo a retirada de ROM da mina de Tico-Tico para operação

da UTM Ipê, otimizando, portanto, o recurso mineral a ser produzido, sendo 80.004 viagens que não passarão pela trincheira da BR 381 para o transporte de ROM;

- O reaproveitamento de minerais contidos na B1 Ipê em virtude da descaracterização proporcionará a redução dos impactos em face da remoção e reutilização do material em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos que tem como prioridade a ser observada na gestão de resíduos sólidos a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, coincidindo, portanto, o reaproveitamento com os preceitos de reutilização e reciclagem prioritariamente à disposição final dos rejeitos;
- Todas as estruturas necessárias para o estudo de alternativas de reaproveitamento econômico do rejeito da B1 Ipê já se encontram regularizadas e em operação, se tratando da UTM IPÊ (Licença de Operação 204/08 e 206/08, em revalidação através do PA/COPAM nº 37478/16 e 022/17); Barragem B1 IPÊ (Licença de operação 204/08); estrada interna, rejeitoduto, filtragem de rejeito; e disposição de rejeito em cava (LAS-RAS 02/2023), conforme pode ser melhor observado na Figura a seguir:



Imagem 10 – Apontamento de estrutura pré-existentes e licenciadas. Fonte: Google (2024)

Uma condição que agrava e torna ainda mais premente a descaracterização da Barragem B1 IPÊ, é a sua localização a montante de outras duas barragens, quais sejam a Barragem B1A e Barragem Quéias, ambas de propriedade da Emicon Mineração e Terraplenagem Ltda. Em estudo de ruptura hipotética feito pela empresa Terracota Geotecnia, a serviço da Mineradora Morro do Ipê, a ruptura da Barragem B1 Ipê poderia ocasionar a ruptura de outras duas barragens potencializando o quantitativo de rejeito, com maior desastre ambiental, dentre outras várias consequências, todas estas mensuradas, monitoradas e mitigadas, sendo apontadas através de estudos específicos e trabalhos de campo especializados, onde aponta-se também a possibilidade do rejeito acumulado nas barragens, de até chegar na barragem de água do sistema Rio Manso, podendo até comprometer o abastecimento de água de parte da região metropolitana de Belo Horizonte.

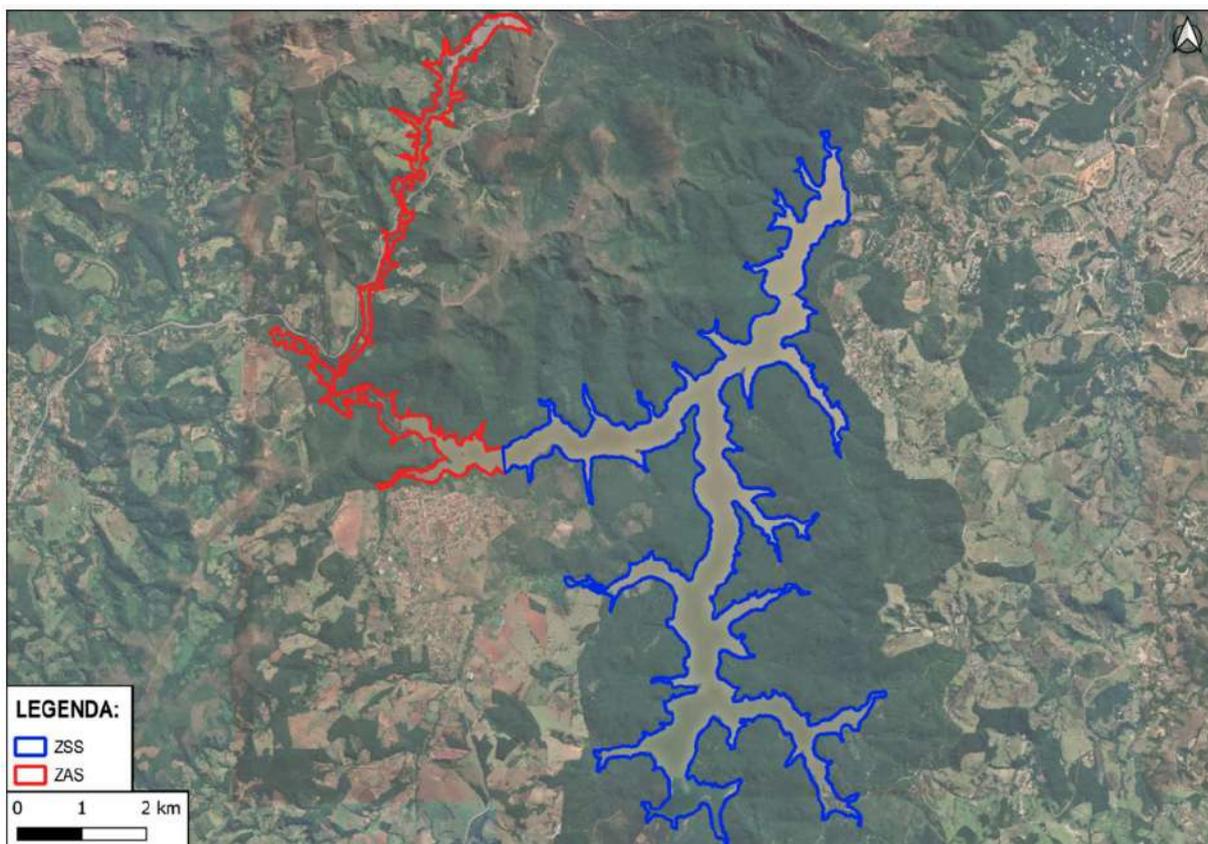


Imagem 11 – Vista aérea da mancha de rejeito e área de inundação em vermelho por ruptura hipotética da Barragem B1. Até chegar no sistema Rio Manso demarcado em azul. FONTE PAEBM – SEÇÃO I Barragem B1 - Mina Ipê

Pelas justificativas e objetivos aqui apresentados, não há dúvida de que a descaracterização da barragem de rejeitos representa uma vantagem ambiental, tanto pela redução dos impactos quanto dos riscos, e pela promoção do máximo aproveitamento sustentável dos recursos minerais ofertados pela mina.

3.3.2. Memorial descritivo das tecnologias e sistemas construtivos empregados

Para a ampliação do posto de combustível, serão instalados tanques aéreos com as devidas bacias de contenção, bem como dispositivos de proteção atendendo todos os parâmetros das legislações pertinentes.

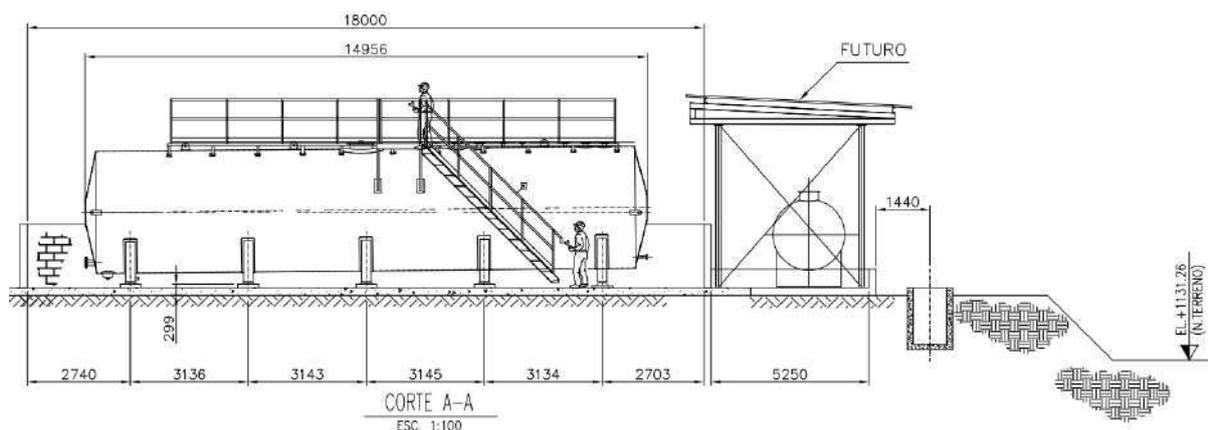


Imagem 12 – Detalhamento do sistema construtivo do tanque de combustível para ampliação do posto.

FONTE: Drawind Projetos Industriais.

A Estação de Tratamento de Água - ETA a ser implantada na mineração Morro do Ipê foi desenvolvida pela empresa REAQT, e foi projetada para receber 3,1 l/s de água bruta bombeada do Rio Paraopeba para dois tanques de equalização. Nesses tanques ocorrem os processos físicos de decantação da água, iniciado assim o tratamento. Em seguida, através de processos químicos, a água será tratada com a adição de oxidante, cloro, ácido cítrico e soda. Finalizado o tratamento, a água tratada segue para os tanques de água tratada 1 e 2, de onde é direcionada para as necessidades operacionais da empresa.

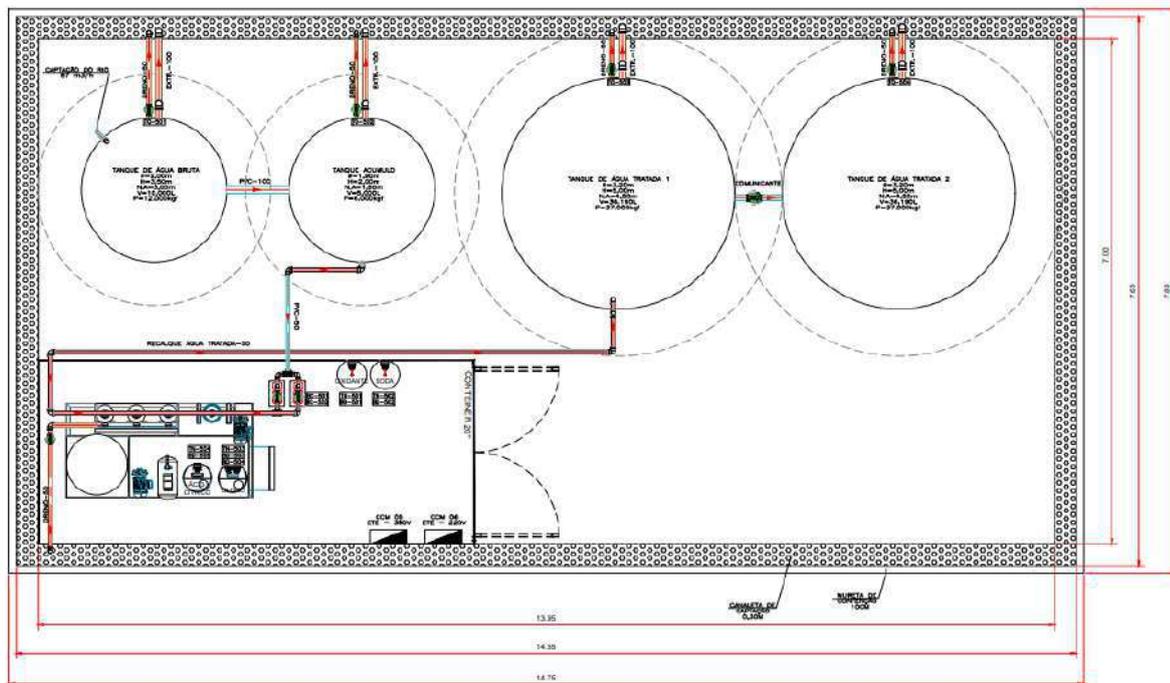


Imagem 13 – Detalhamento do sistema construtivo da ETA. FONTE: REAQT

A estação de tratamento de esgoto - ETE a ser implantada na mineração Morro do Ipê, também foi projetada pela empresa REAQT e terá a capacidade inicial de operação com 0,77 l/s de esgoto bruto, a ser enviado para o tanque de equalização por caminhões de sucção. Em seguida, o esgoto será bombeado para biorreatores e tanque lamelar, onde o esgoto será tratado através de reações biológicas. O efluente tratado ficará no tanque de acúmulo e posteriormente utilizado como água de reuso. Já o lodo resultante do processo de decomposição da matéria orgânica será desidratado em filtro prensa e destinado para o aterro sanitário.

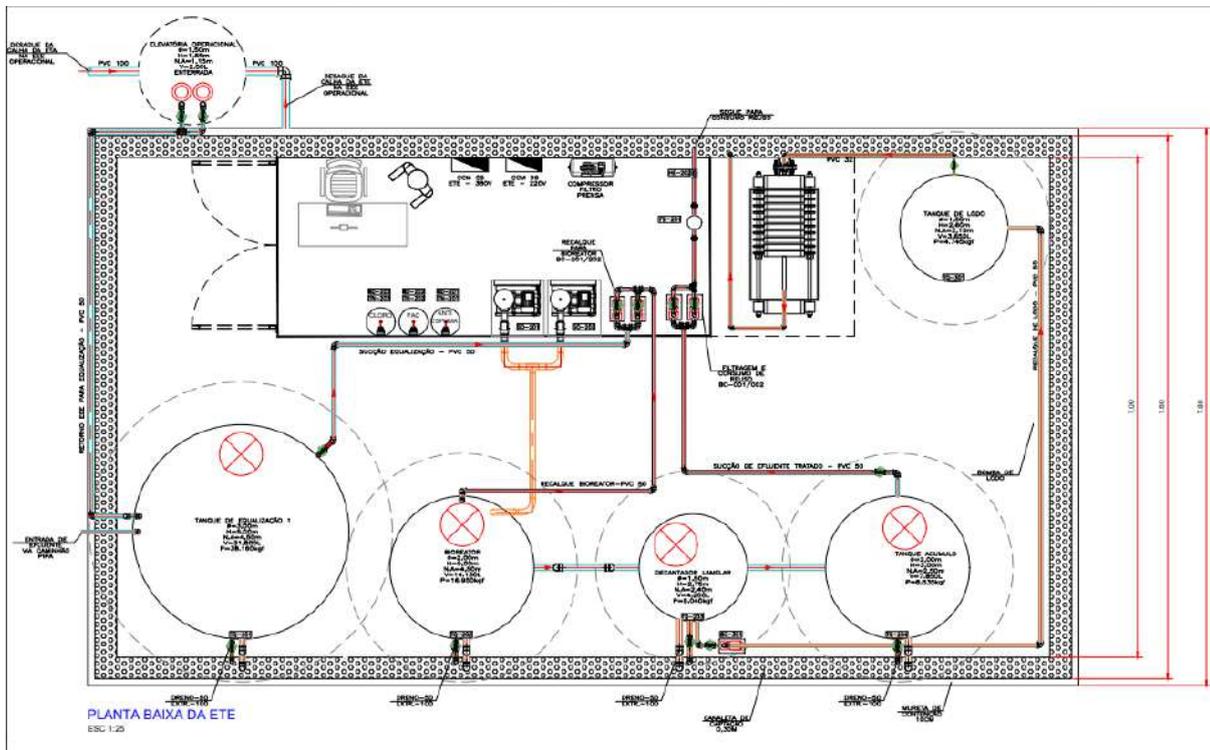


Imagem 14 – Detalhamento do sistema construtivo da ETE. FONTE: REAQT

Para o reaproveitamento do rejeito disposto na B1 Ipê, faz-se necessário remover a barragem hoje existente, por meio da sua descaracterização, que consiste na remoção completa da estrutura a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e caminhões para o transporte do rejeito escavado para a UTM da Mina Ipê, onde o mesmo será reprocessado. A descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê e reaproveitamento do rejeito engloba as seguintes etapas:

- A escavação parcial do rejeito do reservatório;
- A escavação total do maciço do 2º alteamento e parcial do maciço do 1º alteamento com a construção de um novo sistema extravasor intermediário provisório;
- A escavação do restante do rejeito do reservatório, dos dois maciços remanescentes (1º alteamento e dique de partida), remoção do aterro de blocos do reforço a jusante e escavação do rejeito antigo na fundação;
- Construção de um *sump* para contenção de sedimentos, revestimento da calha do talvegue e,

- Revegetação dos taludes do reservatório;
- reprocessamento do rejeito da B1 Ipê;
- transporte do rejeito oriundo do reprocessamento, para a filtragem, por meio de rejeitoduto;
- Filtragem do rejeito e;
- Disposição final do rejeito em cavas/pilhas.

De acordo com os volumes previstos para cada fase da obra de descaracterização, considerando ainda as taxas médias necessárias de remoção para atender ao projeto, tem-se a seguinte distribuição dos volumes a serem escavados para atendimento ao prazo previsto de dois períodos secos, conforme apresentado no Quadro a seguir:

| ANO 1 | | | | | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Mês | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | TOTAL ANUAL |
| Volume (m ³) | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 505.212 |
| Total acumulado | 84.180 | 168.404 | 252.606 | 336.808 | 421.010 | 505.212 | |
| ANO 2 | | | | | | | |
| Mês | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | TOTAL ANUAL |
| Volume (m ³) | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.262 | 595.577 |
| Total acumulado | 604.475 | 703.738 | 803.001 | 902.264 | 101.527 | 1.100.789 | |

Quadro 2– Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos.

A movimentação total do processo de descaracterização da barragem B1 Ipê seria de 1.100.786m³ com uma distância média de transporte de 989 metros, alimentando em sua totalidade a usina de Ipê com uma recuperação mássica prevista de 50%. Tal processo reduz a disposição em áreas de cava na mesma proporção, otimizando o processo de descaracterização da barragem e recuperando os bens minerais ainda existentes dispostos na barragem. Por fim, o resíduo inerte gerado no processo de beneficiamento do rejeito da B1 Ipê, será transportado por meio de rejeitoduto (linha vermelha na Figura a seguir) e filtrado pelo filtro prensa, em seguida disposto em cavas de forma mais controlada e segura.



Imagem 15 – UTM Ipê, rejeitoduto e planta de filtragem de rejeito. Fonte: Mineração Morro Do Ipê.

3.3.3. Resíduos sólidos do empreendimento

Os resíduos sólidos gerados durante a operação são classificados, segregados e destinados conforme a NBR 10.004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a legislação pertinente e os procedimentos corporativos da Mineração Morro do Ipê. De acordo com a norma ABNT NBR 10.004:2004, resíduos sólidos são todos os resíduos nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Para uma gestão adequada dos resíduos é necessário a adoção de um conjunto de procedimentos que visam a minimizar a sua geração, identificar os resíduos gerados e destinar em conformidade com a legislação ambiental pertinente e com procedimentos operacionais adotados pelo empreendedor.

| RESÍDUOS SÓLIDOS | | | | |
|---|--|--|-----------------------------------|--|
| Nome do resíduo | Identificação dos resíduos sólidos (Identificar cada resíduo sólido conforme etapa do processo produtivo) | Classificação segundo a ABNT NBR 10.004 | Quantidade Gerada (kg/mês) | Disposição do resíduo na área do empreendimento |
| Borracha | Produção | II B | 4273 | Caçambas abertas |
| Madeira | Produção | II B | 6.103 | Caçambas abertas |
| Não reciclável | Administrativo e Produção | II A | 13.057 | Caçambas fechadas |
| Óleo usado | Manutenção de equipamentos móveis | I | 1.962 | Bombonas de 1000 L |
| Orgânico | Refeitório | II A | 4.698 | Bombonas em local coberto |
| Papel/papelão | Administrativo e Produção | II A | 622 | Caçambas abertas |
| Plástico | Administrativo e Produção | II B | 477 | Caçambas abertas |
| Resíduos contaminados com óleo | Manutenção Industrial e de equipamentos móveis | I | 4.460 | Caçambas fechadas |
| Sucata metálica | Produção e Manutenção Industrial e de equipamentos móveis | II B | 37.050 | Caçambas abertas |
| Resíduos da caixa separadora de água e óleo | Manutenção Industrial e de equipamentos | I | 10.895 | Caçambas abertas |

Quadro 3 – Resíduos sólidos gerados no empreendimento e seu gerenciamento

3.3.4. Abastecimento de água do empreendimento

O abastecimento de água do empreendimento se dá com o emprego de mananciais subterrâneos, através de poços artesianos e também com manancial superficial – Rio Paraopeba, que se destina ao processo industrial. Todos os usos estão devidamente outorgados, conforme se comprova com os certificados do IGAM adiante.

| ABASTECIMENTO DE ÁGUA | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|
| Finalidade do consumo | Consumo(m³/dia) | | Especificar origem |
| | Máximo | Mínimo | |
| Consumo humano | 28,9 | 26,3 | Poços |
| Processo de beneficiamento | 6.000 | 1.700 | Rio Paraopeba |
| Lavagem de equipamentos | 29,3 | 18,7 | Poços |
| Aspersão de vias | 216 | 160 | Poços |
| Consumo Mensal | 188.226 | 6.545 | |

Quadro 4 – Consumo de água e fontes de captação

C E R T I F I C A D O

Portaria nº. 0302547/2022 de 14/04/2022
Outorga de direito de uso de águas públicas estaduais.
Prc.13162/2016 - Renovação da portaria nº 0000031/2013. Outorgante: SUPRAM Central Metropolitana.

| | |
|-------------------------|--|
| Outorgado(s) | Mineração Morro do Ipê S.A. |
| CPF/CNPJ | 22.902.554/0001-17 |
| Bacia Estadual | Rio Paraopeba |
| Bacia Federal | Rio São Francisco |
| Coordenadas Geográficas | Lat 20°07'01,2"S e Long 44°17'36,9"W |
| Modo de uso | 08 - Captação De Água Subterrânea Por Meio De Poço Tubular Já Existente |
| Prazo | 10/03/2026 |
| Município(s) | Brumadinho |

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vazão (m³/h) | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 | 17,5 |
| Horas/dia | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 |
| Dias/mês | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |

Obrigação do Outorgado: Respeitar normas do Código de Águas e Legislação do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, bem como cumprir integralmente as condicionantes descritas na portaria. Esta outorga não exige do Outorgado de obter certidões, alvarás, licenças ou autorizações, de qualquer natureza, exigidas pela legislação federal, estadual ou municipal, inclusive aqueles pertinentes à regularização ambiental, tais como: autorização para intervenção em área de preservação permanente e supressão de vegetação (Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental - DAIA) e manifestação do órgão gestor em caso de a intervenção se dar em unidade de conservação, suas zonas de amortecimento ou áreas circundantes.

Belo Horizonte, 14/04/2022

Fernando Ballani da Silva
Superintendente



Imagem 16 – Certificado de Outorga Poço artesiano 1

C E R T I F I C A D O

Portaria nº. 0302553/2022 de 14/04/2022
Outorga de direito de uso de águas públicas estaduais.
Prc.13163/2016 - Renovação da portaria nº 0000032/2013. Outorgante: SUPRAM Central Metropolitana.

Outorgado(s) **Mineração Morro do Ipê S.A.**
CPF/CNPJ **22.902.554/0001-17**
Bacia Estadual **Rio Paraopeba**
Bacia Federal **Rio São Francisco**
Coordenadas Geográficas **Lat 20°07'05,0"S e Long 44°17'46,5"W**
Modo de uso **08 - Captação De Água Subterrânea Por Meio De Poço Tubular Já Existente**
Prazo **10/03/2026**
Município(s) **Brumadinho**

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vazão (m³/h) | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 | 52,8 |
| Horas/dia | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 | 20:00 |
| Dias/mês | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |

Obrigação do Outorgado: Respeitar normas do Código de Águas e Legislação do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, bem como cumprir integralmente as condicionantes descritas na portaria. Esta outorga não exige o Outorgado de obter certidões, alvarás, licenças ou autorizações, de qualquer natureza, exigidas pela legislação federal, estadual ou municipal, inclusive aqueles pertinentes à regularização ambiental, tais como: autorização para intervenção em área de preservação permanente e supressão de vegetação (Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental - DAIA) e manifestação do órgão gestor em caso de a intervenção se dar em unidade de conservação, suas zonas de amortecimento ou áreas circundantes.

Belo Horizonte, 14/04/2022



Fernando Baliani da Silva
Superintendente

Imagem 17 – Certificado de outorga Poço artesiano 2

Portaria nº 1303650/2022 de 28/05/2022 - Renovação da Portaria nº 0002987/2012

Processo: 13164/2016

Decisão: Deferido

A Coordenadora da Unidade Regional de Gestão das Águas da URGMA Central Metropolitana, no uso da competência estabelecida no Artigo 45 do Decreto 47.343 de 23 de janeiro de 2018, delegada pela Coordenadora da Unidade Regional de Gestão das Águas - Igam, por meio da Portaria Igam nº 12 de 02 de maio de 2018, determina:

Art. 1º- Autorizar, pelo prazo de validade de **10/03/2026**, ato relacionado com outorga de direito de uso de recursos hídricos, conforme descrito abaixo:

| Empreendimento | CPF/CNPJ | Município(s) | Modo de uso |
|-----------------------------|--------------------|--------------|--|
| Mineração Morro do Ipê S.A. | 22.902.554/0001-17 | Brumadinho | 01 - CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS NATURAIS ETC) |

| Usuário | CPF/CNPJ |
|-----------------------------|--------------------|
| Mineração Morro do Ipê S.A. | 22.902.554/0001-17 |

| Bacia Estadual | Bacia Federal | UPGRH | Curso D'água |
|----------------|-------------------|--------------------|---------------|
| Rio Paraopeba | Rio São Francisco | SF3: Rio Paraopeba | Rio Paraopeba |

| Coordenadas Geográficas |
|--|
| Latitude: 20°03'57"S e Longitude: 44°12'49"W |

| Finalidade(s) |
|--------------------|
| Consumo industrial |

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-------------|----------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|
| Vazão (l/s) | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,0 |
| Horas/dia | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 | 24:00 |
| Dias/mês | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| Volume (m³) | 447292,8 | 404006,4 | 447292,8 | 432864 | 447292,8 | 432864 | 447292,8 | 447292,8 | 432864 | 447292,8 | 432864 | 447292,8 |

Imagem 18 – Certificado de outorga captação de água no rio Paraopeba

3.3.5. Esgotamento sanitário do empreendimento

No processo de mineração são gerados efluentes domésticos, provenientes das atividades humanas como sanitários, refeitórios, etc. Também são gerados efluentes decorrentes do processo industrial (rejeitos).

Os efluentes sanitários provenientes da ETE e os das fossas sépticas, bem como os efluentes industriais das CSAOs são transportados para tratamento em empresas especializadas, devidamente licenciadas.

O efluente do processamento do minério (rejeito) é conduzido até o sistema de filtragem de rejeito, que consiste, basicamente, em uma operação de separação de sólidos presentes em uma polpa onde a fase líquida, denominada filtrado, é compelida a passar por um meio poroso, este denominado meio filtrante. A fase sólida, chamada torta de filtrado, forma uma camada sobre a superfície do meio poroso, com umidade relativamente baixa, em torno de 16 %, o que permite a sua coleta e posterior disposição em preenchimento de cavas exauridas, áreas degradadas e/ou pilhas de disposição de estéril. A fase líquida, por sua vez, retorna imediatamente ao processo de beneficiamento de minério sendo recirculada. Assim, não há lançamento de efluente tratado no meio ambiente.

O efluente de lavagem de máquinas e equipamentos é direcionado a caixas separadoras de água e óleo e estação de tratamento de efluentes oleosos. Em seguida, a água é recirculada para sua utilização na mesma atividade.

| Caracterização dos efluentes líquidos | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|---|--|
| Tipos de efluente | Informar as fontes geradoras | Quantidade gerada (m ³ /dia) | Listar unidades do sistema de tratamento |
| | | | |

| | | | |
|---|---|----------|--|
| Rejeito do beneficiamento de minério de ferro | Unidade de beneficiamento do minério de ferro | 3.166,67 | Sistema de Filtragem |
| Sanitários | Vestiários, Prédio Administrativo, Refeitórios, Escritórios | 13,53 | Estação de Tratamento de Efluentes e Fossas Sépticas |
| Oleosos | Oficina, Lavador de máquinas, Posto de Combustível | 4,87 | Caixas Separadoras de Água e Óleo e Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos |

Quadro 5 – Característica dos efluentes líquidos e sua destinação

3.3.6. Levantamentos topográficos e projetos

Abaixo segue o levantamento topográfico da barragem B1 Mina Ipê com um mapeamento atual e a projeção do arranjo geral após a finalização das obras, bem como os projetos da estação de tratamento de água e esgoto e o projeto de ampliação do posto de combustíveis respectivamente:

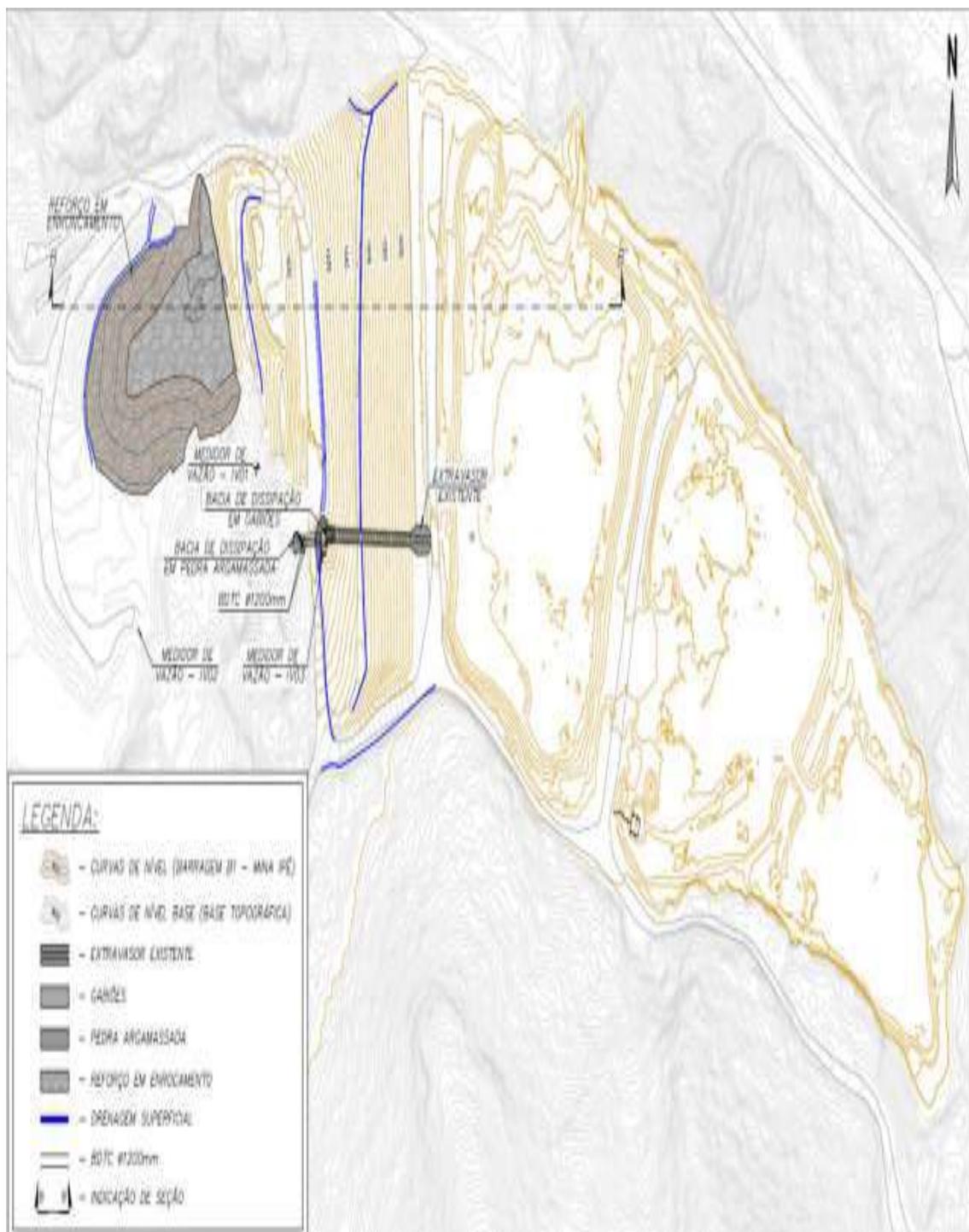


Imagem 19– Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê. Fonte: Terracota.

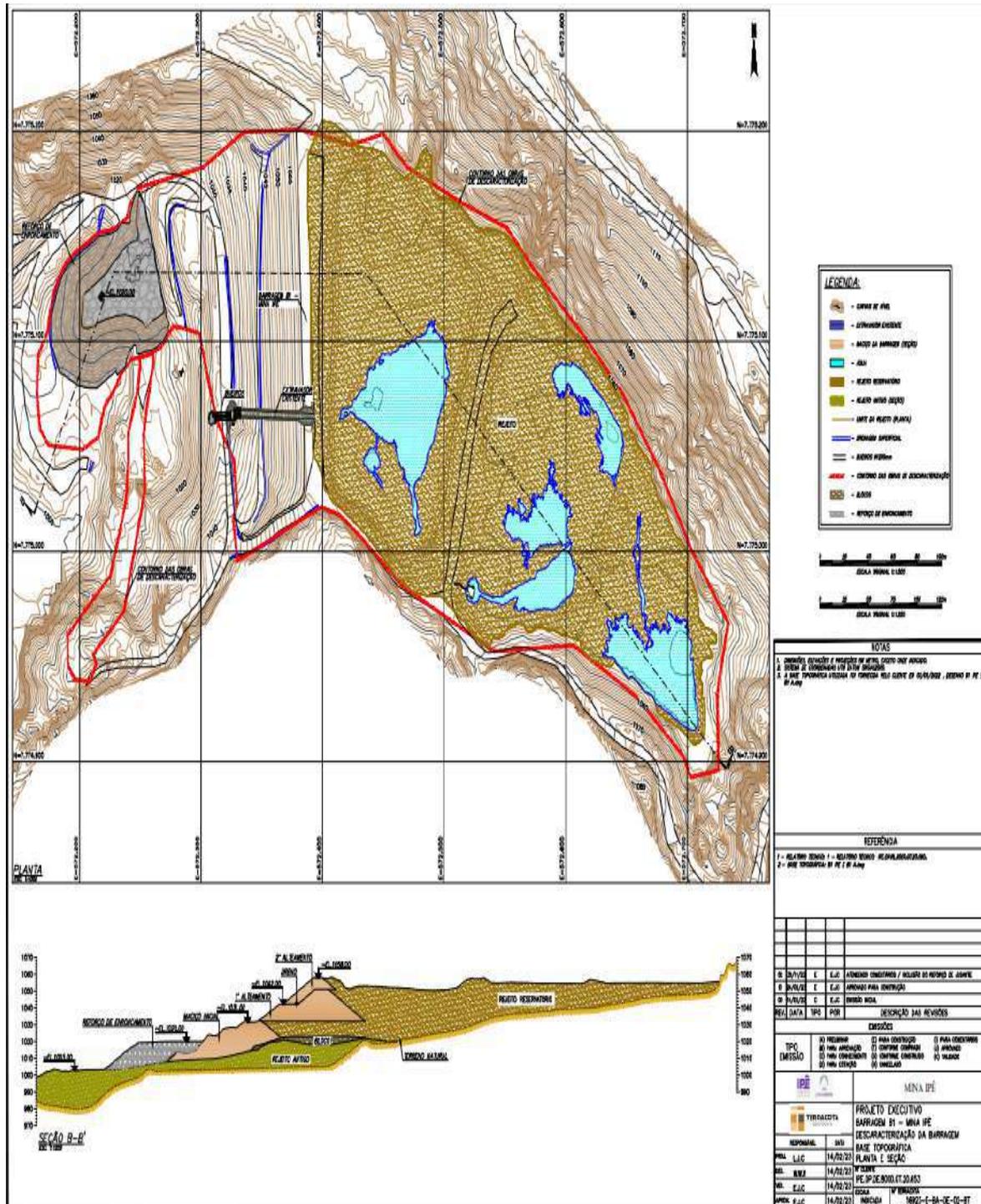


Imagem 20 – Projeto executivo de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê. Fonte: Terracota

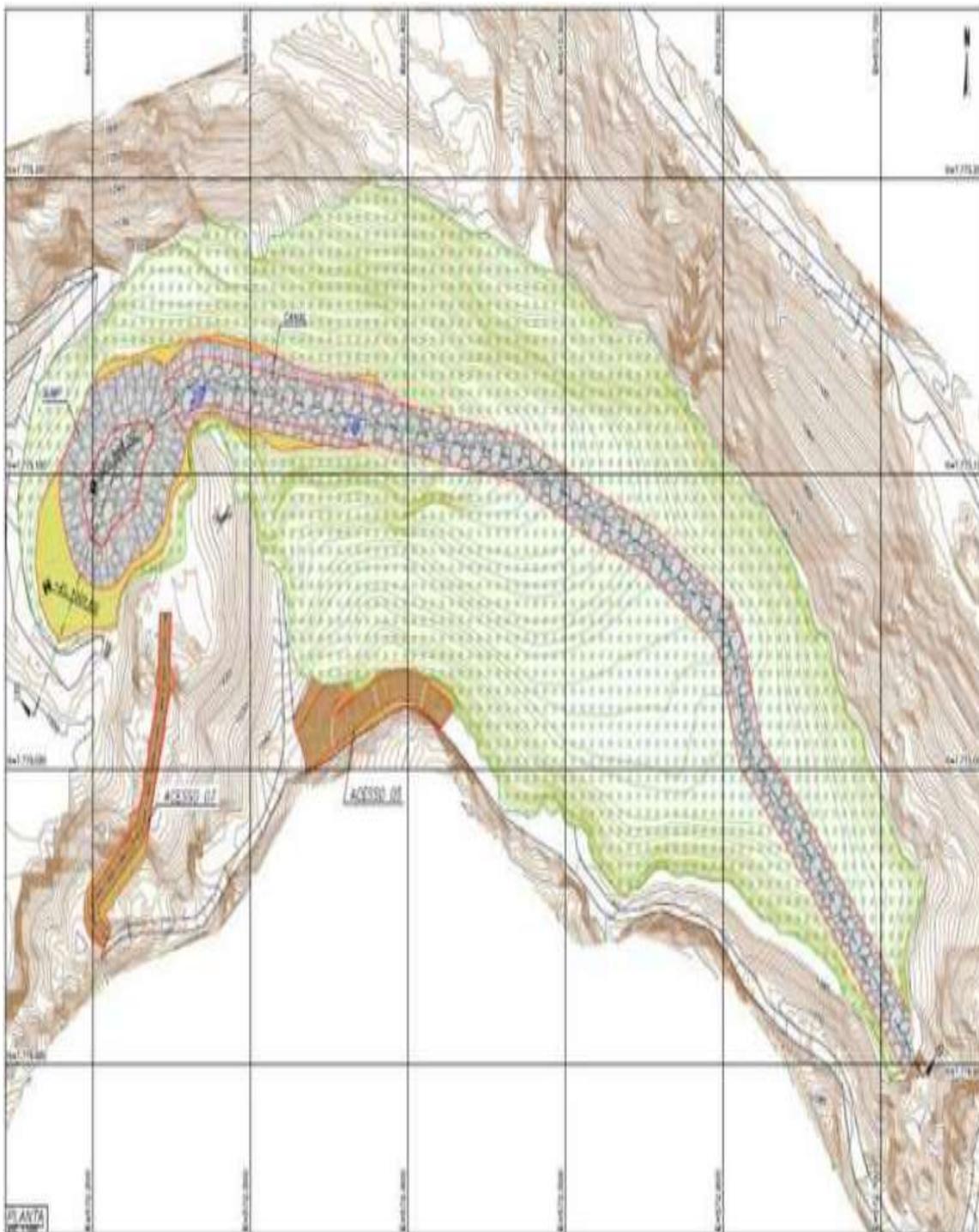


Imagem 21 – Arranjo geral da área da B1 - Mina Ipê após a finalização das obras. Fonte: Terracota

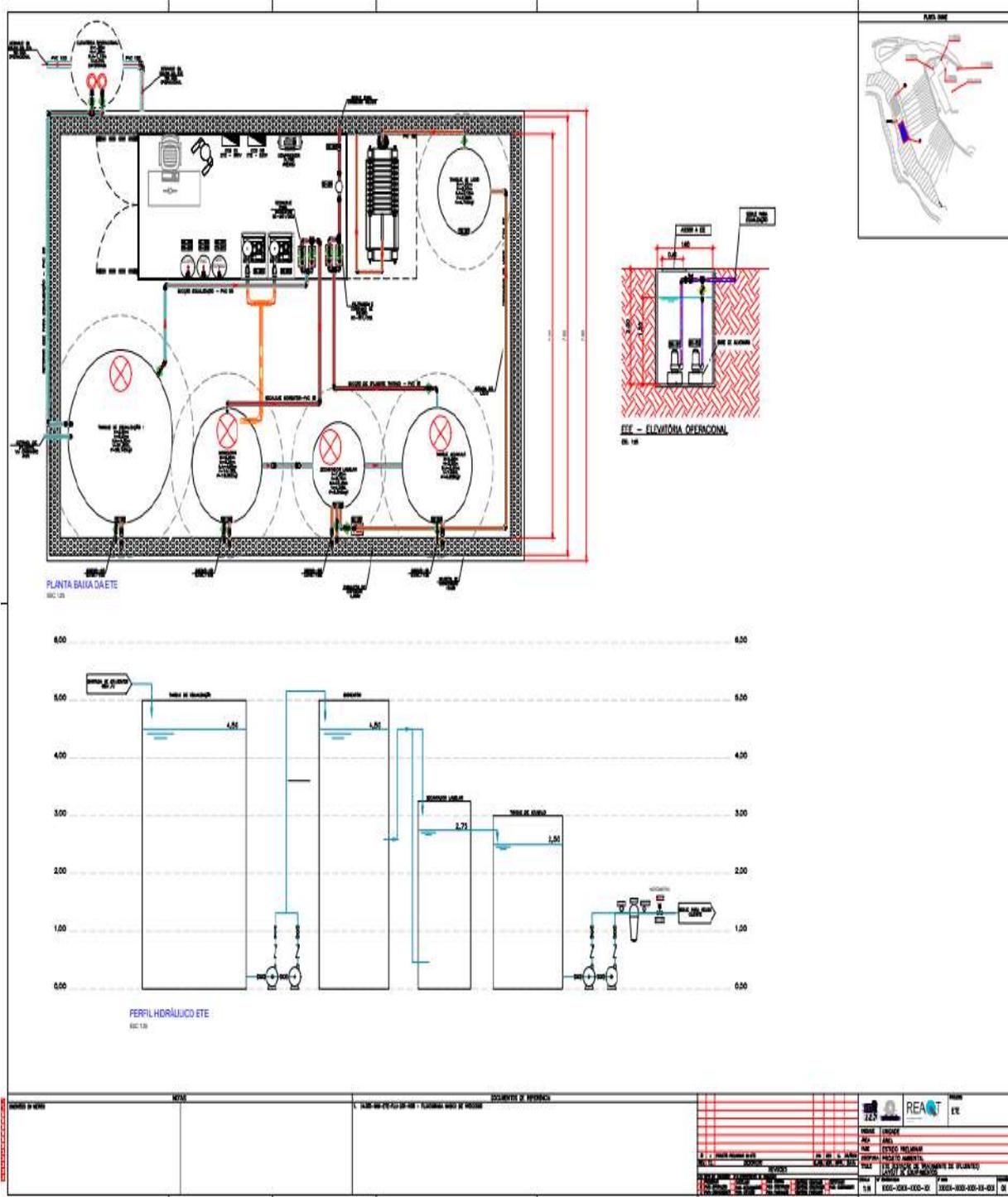


Imagem 22- Projeto da Estação de Tratamento de esgoto ETE. Fonte: REAQT

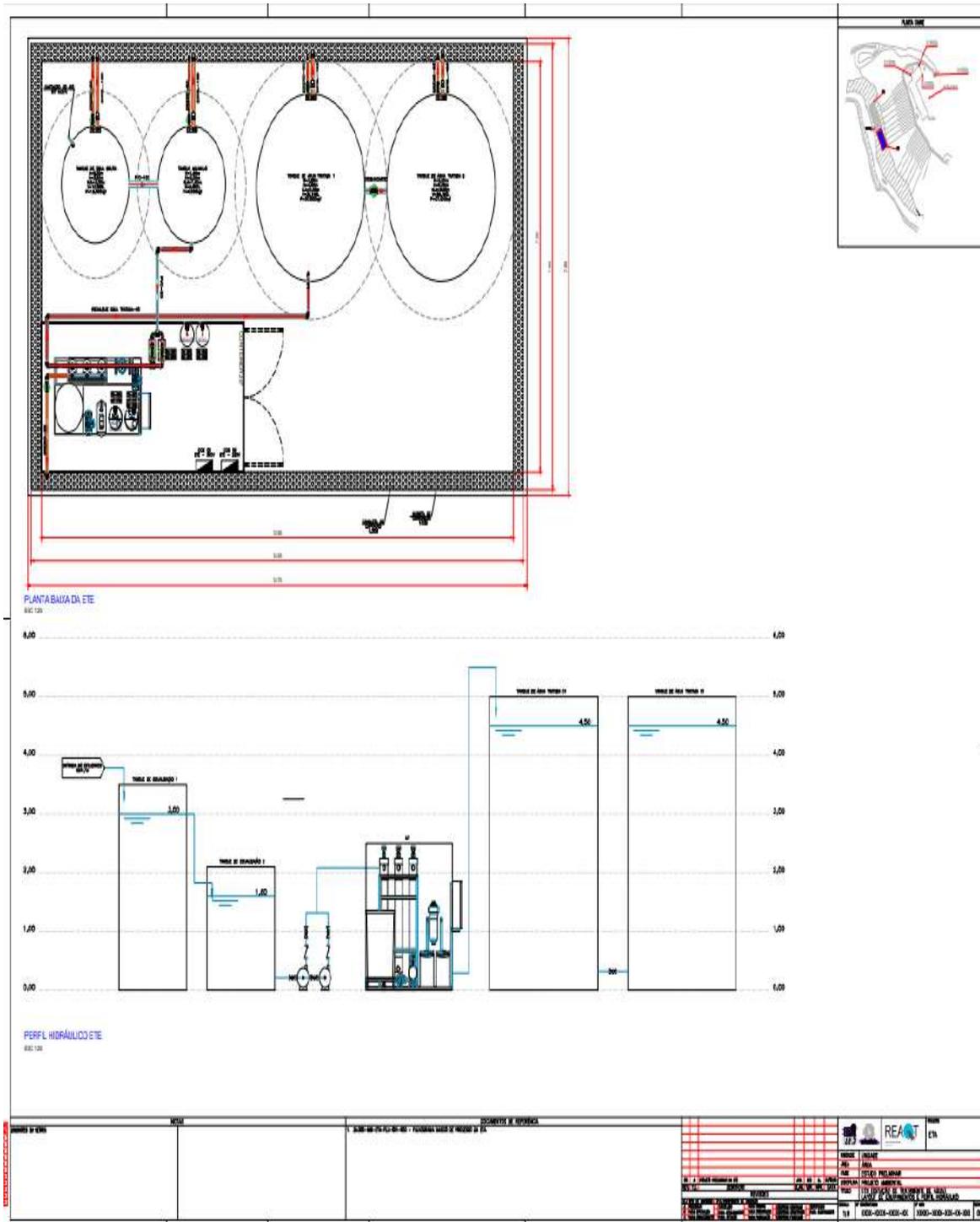


Imagem 23 – Projeto da Estação de Tratamento de água ETA. Fonte: REAQT

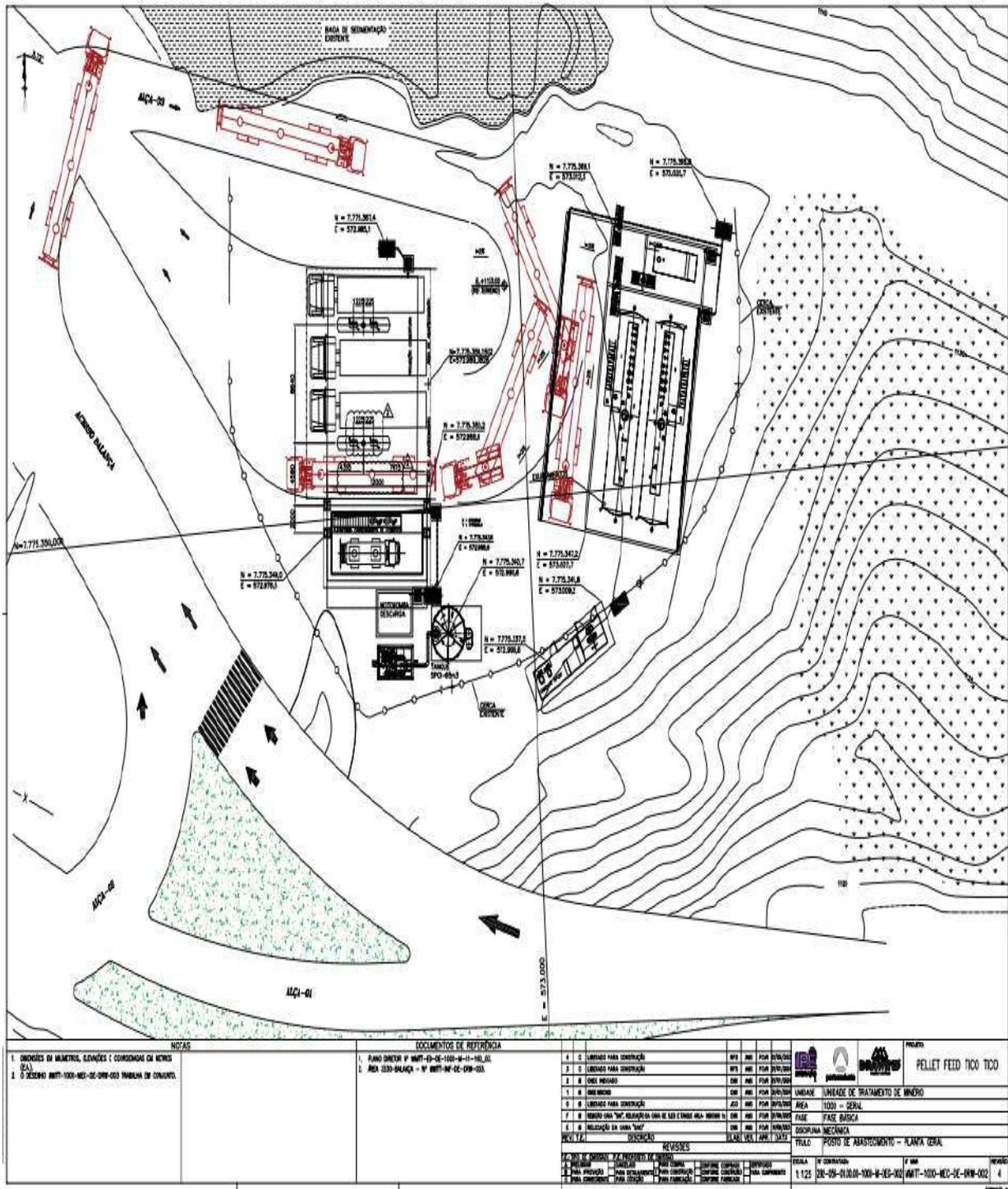


Imagem 24 – Projeto da ampliação do posto de combustíveis. Fonte: Drawind

3.3.7. Concepção arquitetônica e urbanística do empreendimento

Enquadramento na legislação urbanística

De acordo com viabilidade prévia, emitida pela SEPLAC de Brumadinho, baseada nas leis de uso e ocupação de solo municipal, a área da mineração Morro Do Ipê está inserida na Macrozona de Preservação Ambiental / Sobrezona de Proteção Ambiental com Ocupação Restrita 2: MZPA/SZPAOR-2. Também está inserida na Sobrezona de Mineração – SZMIN.

Segundo a Lei Complementar Municipal Nº 128/2023, que estabelece o novo Plano Diretor Participativo do Município de Brumadinho, a Macrozona de Preservação Ambiental é formada por áreas destinadas à manutenção de sistemas ecológicos, da paisagem natural e sistemas hídricos relevantes para o Município e Região Metropolitana de Belo Horizonte, contemplando as serras que fazem o limite norte e teste do Município, abrangendo as serras da Moeda, Serrinha, da Calçada, do Rola Moça, a Jangada, dos Três Irmãos e das Farofas (Art. 169). E complementa:

Parágrafo único. São diretrizes da Macrozona de Preservação Ambiental:

- I- Preservar e conservar a conectividade da paisagem natural;
- II - implantar Unidades de Conservação Municipal que incluam áreas de importância para abastecimento hídrico de comunidades próximas, relevância biológica, histórica e uso pela população;
- III - estimular o aproveitamento controlado do potencial hídrico;
- IV- admitir usos e formas de ocupação que contribuam para a sua conservação ou recuperação, bem como para a sua manutenção, vedados usos que possuam potencial de contaminação dos recursos hídricos;
- V fomentar a proteção das zonas de recarga e Áreas de Preservação Permanente associadas à dinâmica hídrica;
- VI - incentivar programas de controle aos processos erosivos;
- VII - evitar parcelamentos do solo urbano e rural e empreendimentos industriais;
- VIII - promover a proteção das áreas de recarga do conjunto de tipologias de aquíferos associados às Serras;
- IX - desenvolver atividades econômicas de baixo impacto ambiental;
- X - impedir a instalação de indústrias que necessitem da estocagem de produtos químicos como nitratos, sulfatos, amins e combustíveis, com exceção de postos de combustíveis para abastecimento de frotas internas;
- XI fiscalizar as atividades minerárias e de alto impacto licenciadas e as que vierem ser licenciadas;
- XII - fomentar o turismo de caráter natural, histórico e ecológico;
- XI - garantir a participação social nas discussões sobre usos e atividades em andamento e em licenciamento nesta Macrozona;

- XII- buscar soluções para o conflito com a circulação de caminhões das áreas mineradoras vizinhas, evitando a circulação de caminhões em vias públicas;
- XIII- buscar soluções de atravessamento viário que impactem o mínimo possível o meio ambiente, promovendo soluções de passagem para a fauna nativa.
(LEI COMPLEMENTAR 128/2023, ART. 169, PARÁGRAFO ÚNICO)

A rigidez municipal com que é tratada essa macrozona está expressa sobretudo no tratamento dado às coberturas vegetais contidas neste zoneamento, que passam a ser tratadas como Área de Preservação Permanente, sujeitando-se portanto a todas as vedações e compensações traçadas pelos Códigos Florestais da União e do Estado:

Art. 172 - As áreas da Macrozona de Preservação Ambiental com cobertura natural. São consideradas como Área de Preservação Permanente, sendo tratadas conforme normas estabelecidas pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 - Código Florestal — e pela Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013 — Código Florestal Estadual, ou outras que as venham substituir.

A SZPAOR-2 - Sobrezona de Proteção Ambiental e Ocupação Restrita 2 refere-se às áreas que são classificadas com alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, sendo deslizamentos, queda e rolamento de blocos rochosos. (Art. 192 da LC 128/23), sendo-lhes aplicadas as seguintes diretrizes:

- I. Restringir a ocupação do solo em área classificada como de suscetibilidade alta à ocorrência de deslizamentos, queda e rolamento de blocos rochosos, promovendo a recuperação da cobertura vegetal quando a mesma estiver degradada;
- II. Considerar as características geológicas, geomórfológicas, litopedológicas e climáticas locais nesta sobrezona, caso ocorra qualquer intervenção antrópica;
- III. considerar as tipologias de processos geodinâmicos passíveis de serem deflagrados e respectivos alcances nesta sobrezona, caso ocorra qualquer intervenção antrópica;
- IV. manter a densidade construtiva baixa e realizar o mínimo de intervenções viárias, carro ocorra o parcelamento, uso e ocupação do solo nesta Sobrezona;
- V. manter, sempre que possível, a vegetação nativa;
- VI. incentivar recuperação da cobertura vegetal, através de reflorestamentos consorciados, com espécies nativas;
- VII. realizar projetos que incentivem a manutenção e/ou recuperação da cobertura vegetal;
- VIII. realizar e dar publicidade à população dos dados de monitoramento da qualidade da água dos cursos d'água inseridos nesta Sobrezona com periodicidade mínima mensal;
- IX. realizar O monitoramento e a recuperação das áreas com ocorrência de processos erosivo lineares, principalmente nas áreas atingidas por ravinas e voçorocas;
- X. estimular atividades agropecuárias sustentáveis;
- XI. quando do agropecuário, utilizar-se de densidades de pastejo, compatíveis com o terreno nestes locais, evitando desmatamentos, incentivando culturas permanentes consorciadas com vegetação nativa;

XII. em caso de mineração, garantir a estabilidade geotécnica e controle de finos durante as atividades, além da reabilitação das áreas degradadas imediatamente após o término das atividades minerárias.(grifo nosso)
(LEI COMPLEMENTAR MUNICIPAL Nº 128/2023)

Quanto à Sobrezona de Mineração – SZMIN, a Lei Complementar Municipal nº 128/2023 estabelece no Art. 188, que tal sobrezona consiste nas áreas ocupadas por empreendimentos minerários em atividade, exauridos ou paralisados, situados em áreas de relevância ambiental.

Dispõe ainda que nessa sobrezona deverão ser implementadas ações visando ao controle dos impactos negativos das intervenções físicas, efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados pela atividade instalada, de modo a corrigir ou reduzir os seus impactos sobre a dinâmica ecológica, os cursos d'água e a paisagem. Suas diretrizes são as seguintes:

- I. acompanhar o planejamento e a operação da atividade mineradora de itabirito e minérios associados de forma que ocorra com projeto geotécnico, garantindo a estabilidade dos taludes e sistemas de drenagem;
 - II. realizar projetos que incentivem a recuperação das áreas degradadas;
 - III. incentivar planos de revegetação, manutenção e/ou restabelecimento da cobertura vegetal, concomitantes aos projetos de construção e exploração de projetos civis e minerários;
 - IV. aproveitar as águas subterrâneas provenientes do deságue de cavas das minerações de ferro;
 - V. realizar e dar publicidade à população dos dados de monitoramento da qualidade da água e do nível piezométrico com periodicidade mínima mensal;
 - VI. exigir o cadastramento e monitoramento da qualidade das águas das nascentes existentes na microbacia de inserção do empreendimento e em microbacias vizinhas, durante o período de operação e após o encerramento das atividades;
 - VII. exigir dos empreendimentos de mineração a apresentação, dos Planos de Fechamento de Minas finais e executivos, por meio das audiências públicas demandadas no âmbito processo de licenciamento ambiental por órgão competente;
 - VII. exigir dos empreendimentos de mineração a apresentação dos Planos de Descaracterização e Descomissionamento de barragens e rejeitos e de barragens de resíduos industriais, por meio das audiências públicas;**
 - IX. reabilitar ambientalmente as áreas com o fim do processo minerário, garantindo interesse coletivo e social na destinação das áreas;
 - X. promover o controle por parte do SETRANSB, ou órgão gestor que venha a substituí-lo, das linhas de transporte fretado e do acesso dos veículos de serviço, de forma a que cumpram sua função sem impactar de forma significativa as regiões vizinhas;
 - XI. internalizar nas áreas de mineração o estacionamento dos veículos de fretamento e de serviço;
 - XII. buscar soluções para o conflito com a circulação de caminhões das áreas mineradoras com as áreas vizinhas, evitando a circulação de caminhões em vias públicas.
- (LEI COMPLEMENTAR Nº 128/2023, ART. 188, PARÁGRAFO 2º)

O Novo Plano Diretor Participativo de Brumadinho impõe que as áreas de mineração e de uso de recursos minerais, em atividade ou exauridas, apresentem um programa de recuperação de áreas degradadas, em acordo com o estabelecido na legislação federal e estadual pertinentes, garantindo a destinação pública das áreas recuperadas e sua inserção na conectividade da paisagem e ecológica, em acordo com as diretrizes da Macrozona (LEI COMPLEMENTAR 128, ART.128, Par. 3º).

As áreas delimitadas pela Sobrezona de Mineração são consideradas urbanas nos termos do inciso I, §2º do art. 158 do Novo Plano Diretor Participativo; contemplando-se nessa sobrezona não somente as áreas de operações atuais, como também as futuras, que vierem a ser licenciadas, parcial ou integralmente, e que estejam atualmente fora da atual sobrezona.

3.4. Inexistência de alternativa locacional

As atividades objeto do presente EIV, quais sejam a implantação de ETE e ETA, a ampliação do posto de abastecimento de combustíveis e o descomissionamento da barragem B1 da Mina Ipê, necessariamente, precisam ocorrer no complexo minerário do qual estão inseridos. Esse, por sua vez, tem a rigidez locacional definida pelo ponto de ocorrência natural do próprio recurso mineral.

4. CARACTERIZAÇÃO DA VIZINHANÇA

4.1. Delimitação da vizinhança

Para a delimitação da vizinhança potencialmente impactada foi traçado um raio de 2 km das áreas das futuras intervenções. Nesse raio, considerando que o estudo se ateve à vizinhança brumadinhense, foram mapeadas as comunidades do Vale do Ingá e a empresa de exploração e envase de água mineral Ingá, a rodovia Federal BR-381 e a APE do Sistema Rio Manso da COPASA.



Imagem 25 – Delimitação da vizinhança do empreendimento em um raio de 2 KM. FONTE Google Earth (2024)



Imagem 26 – Destlimitação da área de influência direta do empreendimento em um raio de 2 KM. FONTE Google Earth (2024)

4.2. Caracterização da vizinhança física e biótica

Considerando que o EIV é um instrumento voltado para a avaliação dos aspectos e impactos socioculturais e econômicos ocasionados à vizinhança do empreendimento, a caracterização do meio biótico é posta aqui como uma simples contextualização locacional, não sendo sua análise nem pretensão, tampouco competência ou objeto deste estudo.

Dessa forma, foram apresentados apenas dados secundários, gerais, sendo que os estudos específicos exigidos no processo de licenciamento ambiental, por sua vez, cuidaram de tratar minuciosamente, e com dados primários, de todos os aspectos relacionados não somente com o meio biótico (fauna e flora), mas também com o meio físico, suas interações, e com a sociedade das áreas afetadas e influenciadas.

Em suma, a sintética caracterização ora apresentada do cenário físico-biótico, é apenas um plano de fundo para o que realmente precisa ser tratado neste relatório – os aspectos e impactos potencialmente gerados, direta ou indiretamente, negativa ou positivamente, na vizinhança estrita do município de Brumadinho, ocasionada pelas estruturas alvo do licenciamento ambiental.

4.2.1. Vegetação

A Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006) e o Decreto Federal nº 6.660/2008, que a regulamenta, determinam que a sua área de aplicação segue as delimitações estabelecidas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, considerando as formações florestais e ecossistemas associados que integram o bioma. De acordo com Mapa do IBGE, todo o município de Brumadinho se insere neste bioma, sendo que a área de implantação das estruturas e atividades em análise, conseqüentemente, está localizada em área sujeita à aplicação da Lei da Mata Atlântica.

Corroborando com o Mapa de Aplicação da Lei, o Mapa de Cobertura Vegetal do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005), também demonstra que o município de Brumadinho está inteiramente inserido no Bioma Mata Atlântica, com fitofisionomia predominante de Floresta Estacional Semidecidual (FESD).

O Bioma Mata Atlântica é constituído por diversas formações florestais nativas, tais como Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, além de estar associada aos seguintes ecossistemas: manguezais; vegetações de restingas; campos de altitude; brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste. A maior parte da cobertura de Mata Atlântica é composta por pequenos fragmentos florestais.

A Floresta Estacional Semidecidual está associada a dupla estacionalidade climática: uma tropical, com época de intensas chuvas de verão seguidas por estiagens acentuadas; e outra subtropical, sem período seco, mas com inverno bastante frio, com temperaturas médias inferiores a 15°C, o que

determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. Nesta formação florestal, a porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%.

Em consulta aos dados disponíveis no IDE-SISEMA, pode se constatar que as áreas para de operação do empreendimento proposto, está inserida no Bioma Mata Atlântica.

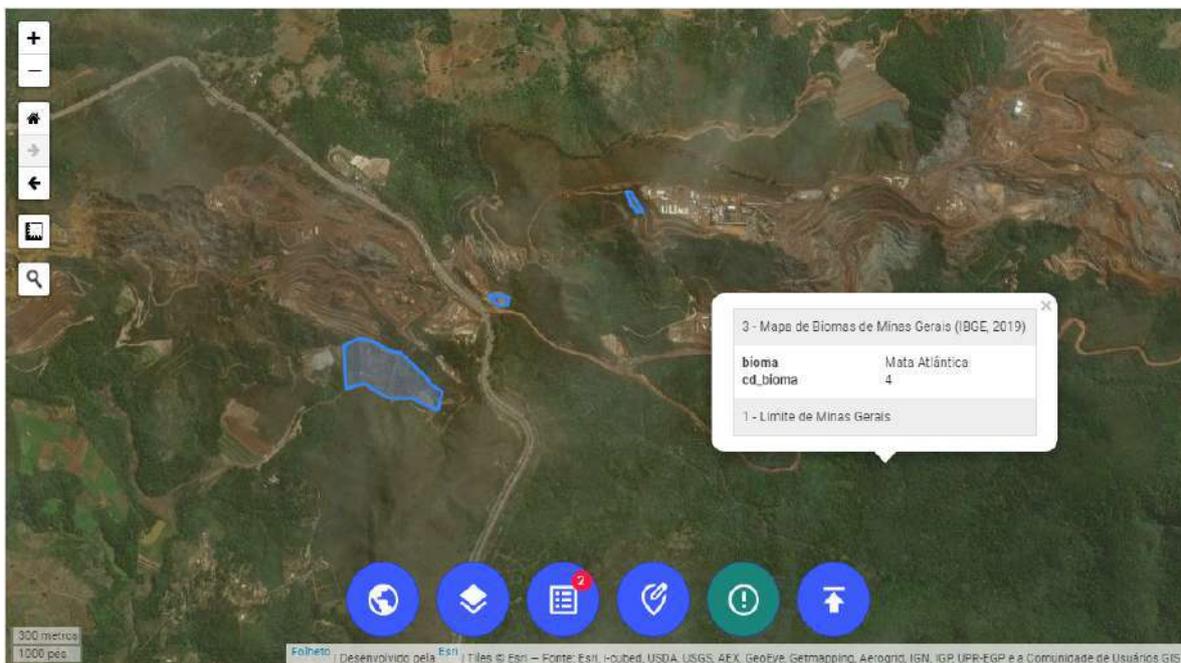


Imagem 27 – Limites do Bioma Mata atlântica– Lei 11.428/2006. **FONTE:** IDE-SISEMA(2024)

O mapa a seguir, aponta as diferentes fitofisionomias da vegetação existente nas áreas de operação da Mineração Morro do Ipê:

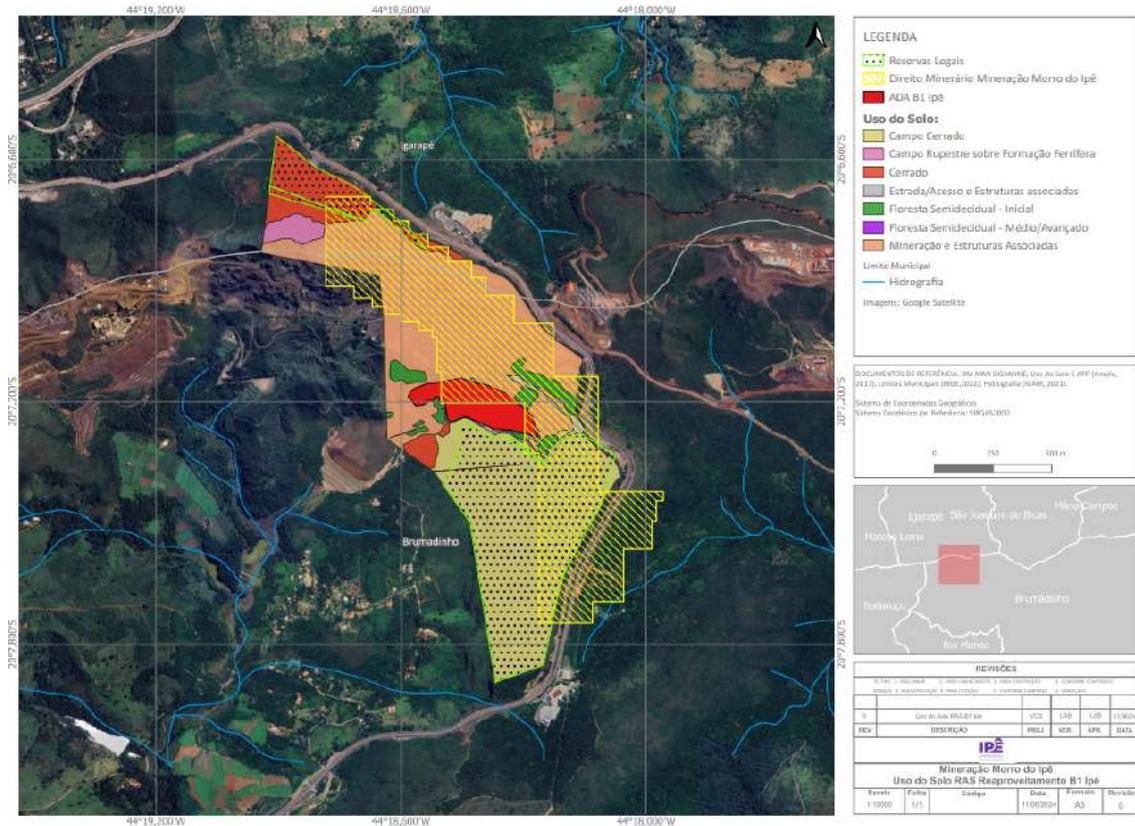


Imagem 28 – Caracterização do uso do solo. Fonte: Mineração Morro Do Ipê. FONTE Morro do Ipê.

Vale ressaltar que para as atividades propostas - descaracterização e reaproveitamento de bens minerais dispostos na barragem B1 IPÊ; ampliação do posto de abastecimento de combustíveis para veículos; e implantação de ETE e ETA - não será necessário supressão de vegetação arbórea, nem árvores isoladas nem fragmento florestal, visto que se tratam de áreas antropizadas, com acessos preexistentes.

4.2.2. Fauna

Em decorrência da diversidade de feições da vegetação, bem como da existência de territórios protegidos, embora o município de Brumadinho esteja numa área de considerável pressão antrópica, a fauna de ocorrência no município pode ser considerada significativa pela diversidade.

Com relação à herpetofauna, no município de Brumadinho existem catalogadas várias espécies de anfíbios, como perereca, pererequinha-do-brejo, pererequinha, perereca-cabrinha, perereca-de-banheiro, sapo martelo, rã cachorro e rã-manteiga. A família Hylidae é a mais representativa. Também são encontradas espécies de répteis, distribuídas nas famílias Colubridae, Viperidae, Leiosauridae, Teiidae e Tropiduridae. Algumas espécies de serpentes merecem ser citadas, como jararaquinha-de-jardim, caninana, jararaca e cascavel.

Com relação à avifauna, é provável a ocorrência das espécies comuns às regiões de bioma Mata Atlântica e Cerrado, como inhambu, mergulhão-caçador, garça-branca, socozinho, urubu-comum, urubu-de-cabeça-vermelha, pé-vermelho, gavião-carijó, gavião-de-cauda-curta, gavião-de-rabo-branco, gavião-caboclo, carrapateiro, acauã, jacu, saracura-três-potes, frango-d'água-comum, saracura-sanã, seriema, quero-quero, pomba-amargosa, juriti, maitaca-bronzeada, periquito-de-encontro-amarelo, tuim, alma-de-gato, papa-lagarta, anu-preto, joão-corta-pau, andorinhão-do-temporal, beija-flor-tesoura, beija-flor, besourinho-verde, beija-flor-de-orelha-violeta, beija-flor-verde, beija-flor-preto-e-branco, besourinho-da-mata, beija-flor-preto, martim-pescador-grande, bico-de-agulha, cuitelão, joão-bobo, macuru, tucanuçu, pica-pau-do-campo, pica-pau-anão-barrado, pica-pauzinho-de-testa-pintada, picapauzinho-anão, pica-pau-dourado, macuquinho, choquinha-lisa, chorozinho-de-chapéu-preto, chorozinho-de-asa-vermelha, choquinha-de-dorso-vermelho, trovoada, choquinha-carijó, trovoada-de-bertoni, borralhara, papa-formigas-vermelho, papa-taoca-do-sul, choró-boi, choca-de-chapéu-vermelho, choca-da-mata, choquinha, joão-de-barro, joão-teneném, zucli, petrim, curitié, joão-graveto, bico-virado-carijó, joão-porca, limpa-folha-de-testa-baia, barraqueiro-de-olho-branco, arapaçu-verde, arapaçu-grande, risadinha, cabeçudo, ferreirinho-de-cara-canela, teque-teque, relógio, maria-é-dia, bico-chato-de-orelha-preta, miudinho, guaracava-de-olheiras, tachuri-campainha, sebinho-de-olho-de-ouro, marianinha-amarela, ptinho, piolhinho, filipe, enferrujadinho, guaracavuçu, abre-asas-de-cabeça-cinza, bagaceiro, viuvinha, lavadeira-mascarada, caneleiro, maria-cavaleira, irrê, maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado, bem-te-vizinho, nei-nei, bem-te-vi, maria-preta, bem-te-vi-rajado, peiteca, suiriri, bem-te-vi-pirata, maria-branca, caneleiro-preto, caneleiro-verde, tangará-dançador, flautim, soldadinho, tangarazinho, pavó, andorinha-do-campo, andorinha-do-rio, andorinha-pequena-de-casa, garrincha, japacanim, sabiá-

do-barranco, sabiá-laranjeira, sabiá-poca, sabiá-de-coleira, sabiá-do-campo, pitiguari, verdinho-coroadado, juruviara, pula-pula-de-barriga-branca, pula-pula, pia-cobra, canário-do-mato, cambacica, saí-azul, vi-vi, saí-andorinha, canário-sapé, saíra-da-mata, saíra-amarela, sanhaço-do-coqueiro, sanhaço, tiê-de-topete, tiê-preto, bico-de-veludo, douradinha, galinho-da-serra, tiziu, tico-tico e baiano.

Com relação à mastofauna, na região do município de Brumadinho, foram encontradas cerca de 30 espécies de mamíferos, distribuídas em setes ordens: Artiodactyla, Carnivora, Cingulata, Didelphimorphia, Lagomorpha, Primates e Rodentia. As espécies encontradas, por seus nomes populares, são: veado, cachorro-do-mato, jaguatirica, sussuarana, jaguarundi, furão, irara, mão-pelada, quati, tatu, tatuí, tatu-galinha, tatu-peba, gambá-de-orelha-branca, cuíca, tapeti, mico-estrela, guigó, sauá, rato-d'água, rato-do-mato, rato-de-árvore, paca, capivara, ouriço-cacheiro e esquilo.

Vale ressaltar que os dados citados acima se tratam de dados secundários do município de Brumadinho como um todo, sendo que as áreas propostas para exercer as atividades em questão se tratam de áreas antropizadas dentro das áreas de operação da mineração, não sendo recorrente tais espécies supramencionadas.

4.2.3. Apifauna (grupo protegido legalmente)

Quanto à apifauna, destacada aqui devido a sua importância ecológica, que deu a esse grupo faunístico a proteção legal no município de Brumadinho (Lei Municipal N° 2.355, de 22 de Setembro de 2017), independentemente da abordagem dada ao grupo nos estudos ambientais específicos, devido à alteração do uso do solo promovida pelas atividades em questão, sugere-se a prospecção da apifauna existente nas áreas de intervenção, com o respectivo resgate dos ninhos, se houver, visando à função ecológica desses insetos para a preservação das atividades econômicas da vizinhança, especialmente a produção de alimentos.

Além da polinização, as abelhas sem ferrão podem apresentar papel estratégico na reconstituição de florestas tropicais e conservação de remanescentes florestais. Cada espécie de abelha possui uma capacidade de voo diferente, variando entre 600 a 2.400 metros. Esta capacidade está, de modo geral, relacionada ao tamanho corporal. Assim, enquanto abelhas pequenas possuem raio de voo de apenas várias dezenas de metros em torno de seu ninho, abelhas maiores podem voar até alguns quilômetros de distância. Diante disso, alguns estudos vêm constatando a predominância destas abelhas no dossel das árvores mais altas e antigas da mata e seu papel fundamental para a autorregeneração ou reconstituição da floresta primária. As espécies de abelhas sem ferrão podem ter suas populações afetadas a depender do nível de perturbação da vegetação e da alteração do solo.

4.3. Caracterização do meio físico da vizinhança

4.3.1. Clima

O município de Brumadinho integra a zona climática Tropical Brasil Central. Essa zona se caracteriza por estações do ano bem definidas, uma seca e outra chuvosa, sendo que a estiagem ou pouca chuva é típica de inverno e os verões são chuvosos. Especificamente, a região onde está situada a Mineração Morro do Ipê e as respectivas estruturas objeto do presente EIV, está incluída na Zona Tropical Brasil Central semi-úmido, conforme fonte do IDE-SISEMA ilustrado abaixo.

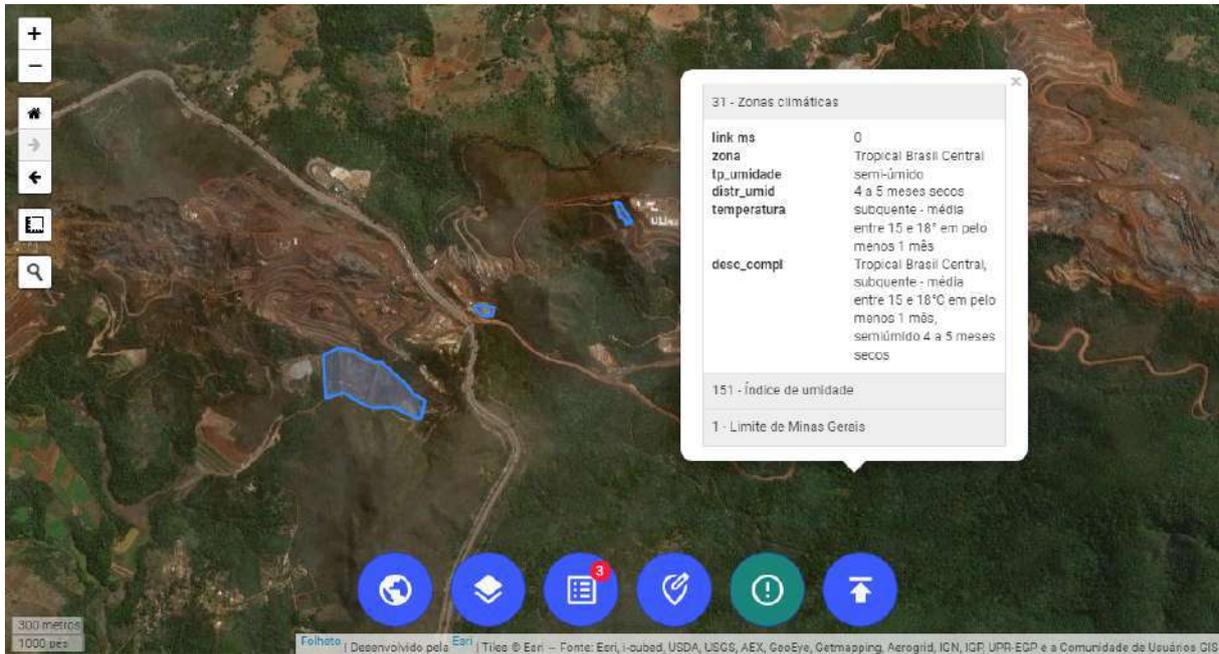


Imagem 29– Clima da região. FONTE: IDE-SISEMA(2024)

4.3.2. Hidrografia

O município de Brumadinho pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, que, por sua vez, é uma sub-bacia do Rio São Francisco, integrando a Unidade de Planejamento e gestão de Recursos Hídricos Rio Paraopeba (UPGRH SF-3). A Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba tem 12.054,25 km² e passa por 48 municípios, sendo que 35 destes tem sede dentro da bacia. O rio tem suas nascentes ao sul de Minas Gerais, no município de Cristiano Ottoni, e tem como principais afluentes os rios Águas Claras, Macaúbas, Betim, Camapuã e Manso. Ele é um dos mais importantes tributários do rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 510 km até a sua foz no lago da represa de Três Marias, no município de Felixlândia.

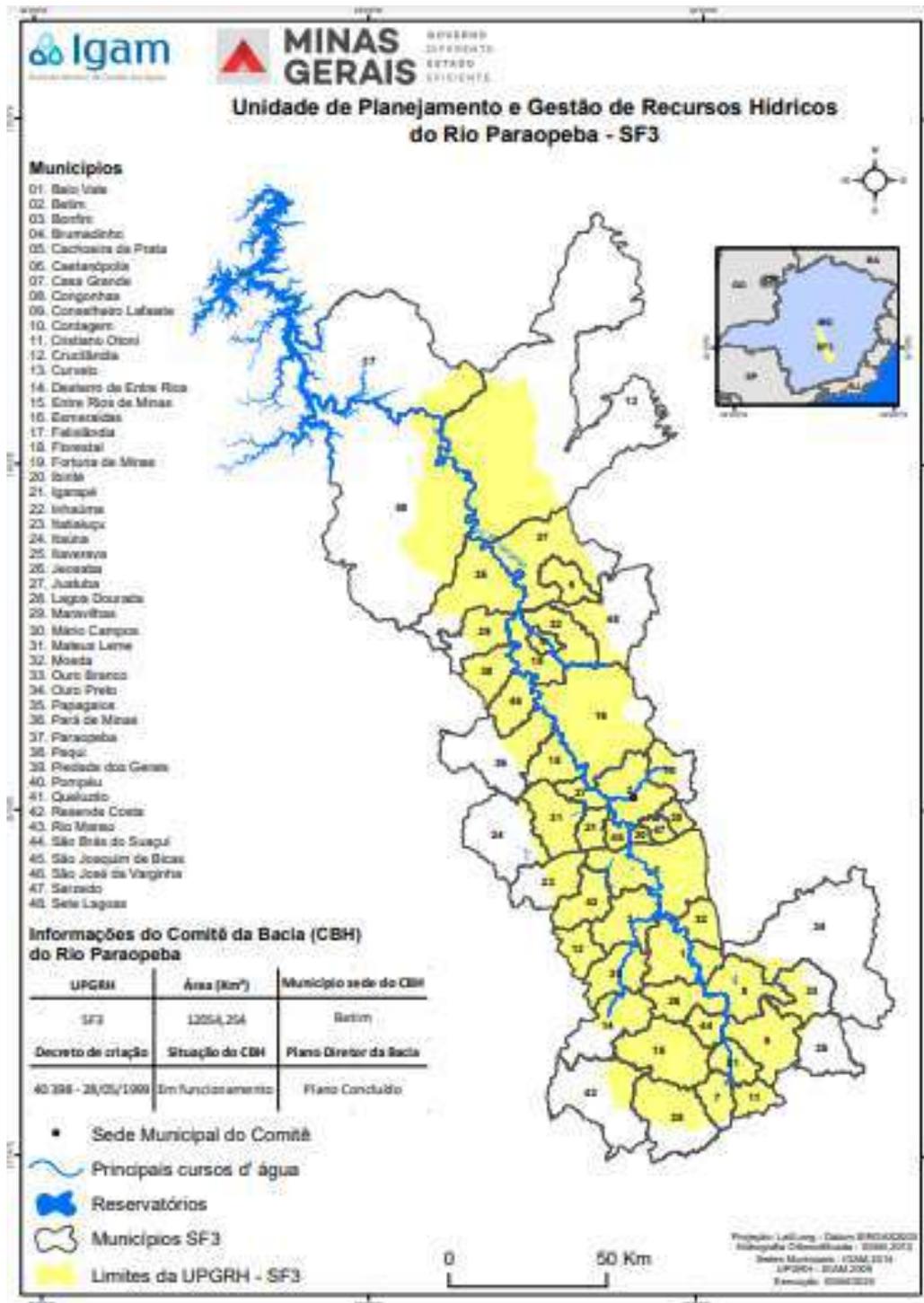


Imagem 30 - UPGRH Rio Paraopeba - SF3 Fonte: IGAM, 2024

Não foi identificado na área de implantação dos projetos (ampliação do posto de combustível, implantação de ETE e ETA), nascentes e olhos d'água, não incidindo restrições ao uso quanto à necessidade de proteção de nascentes, as peculiaridades do uso de solos hidromórficos e ou outorga de uso da água.

De acordo com informações disponíveis no IDE-SISEMA, limítrofe a Barragem B1 se encontra o Córrego Queias, afluente do rio Manso. Os monitoramentos e proteções específicas, bem como estudos quanto a intervenção em área de preservação permanente, alteração da quantidade, qualidade ou regime, etc. foram tratados nos licenciamentos já realizados, à luz dos respectivos estudos técnicos.

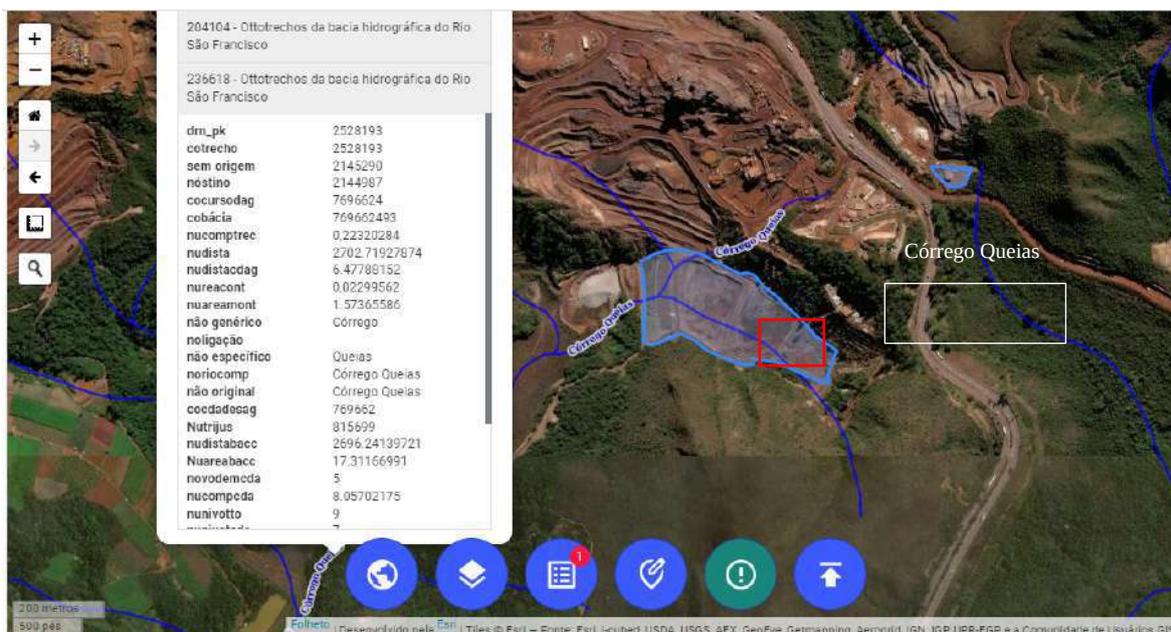


Imagem 31 – Descrição de cursos D'águas mais próximos da área de intervenção. FONTE IDESISEMA(2024)

4.4. Unidades de Conservação, zonas de amortecimento destes e Reserva da Biosfera

Baseando-se em dados disponíveis na plataforma IDE-SISEMA, conferiu-se as restrições incidentes sobre as áreas de implantação das atividades em decorrência de unidades de conservação, zonas de

amortecimento, e reserva da Biosfera. De acordo com Art. 6º da Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017:

Art. 6º – As modalidades de licenciamento serão estabelecidas conforme Tabela 3 do Anexo Único desta Deliberação Normativa, por meio da qual são conjugadas a classe e os critérios locacionais de enquadramento, ressalvadas as renovações.

§1º – Os critérios locacionais de enquadramento referem-se à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, sendo-lhes atribuídos pesos 01 (um) ou 02 (dois), conforme Tabela 4 do Anexo Único desta Deliberação Normativa.

O empreendimento não está situado em zona de amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral.

Como se pode observar na imagem a seguir, a área do empreendimento está inserida na Zona de Amortecimento da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço e na Zona de Transição da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

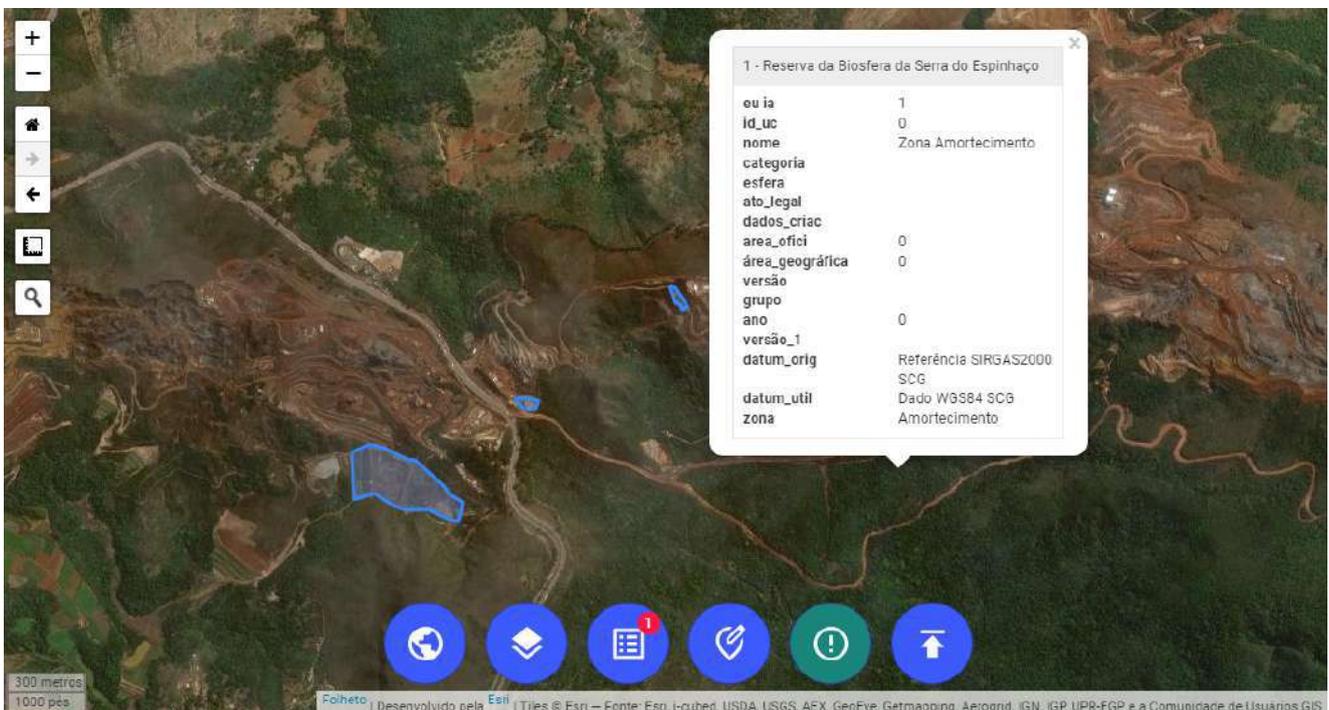


Imagem 32 – Unidades de conservação, zonas de amortecimento e Reserva da Biosfera . FONTE IDESISEMA(2024)

Também pode-se constatar pela imagem abaixo que o empreendimento está inserido na APE Estadual Bacia Hidrográfica do Rio Manso, criada com o intuito de proteger o manancial de abastecimento público e equivalente à bacia hidrográfica do rio Manso.

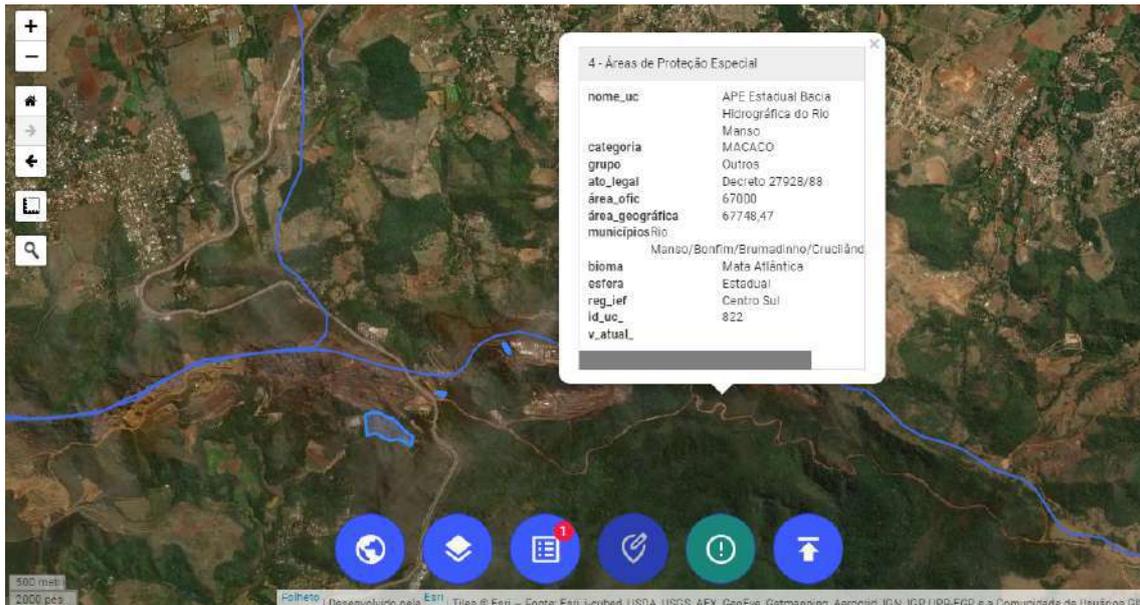


Imagem 33 – Unidades de conservação, APE Estadual . FONTE:IDESISEMA(2024)

Vale ressaltar que todas as restrições ambientais das áreas de implantação/operação dos empreendimento/ atividades propostas, serão tratadas dentro do processo de licenciamento ambiental pertinentes, sendo citados neste estudo apenas para melhor entendimento.

4.5. Caracterização da vizinhança socioeconômica e cultural

A Mineração Morro do Ipê localizada no município de Brumadinho-MG, faz limite com os municípios de São Joaquim de Bicas e Igarapé. O acesso principal é pelo trevo da rodovia Fernão Dias (BR-381), margem direita no sentido sul (BH-SP) após o km 520, como apontado na imagem a seguir:



Imagem 34 – Acesso ao local do empreendimento pela BR 381. FONTE Google Earth (2024)

Outro acesso se dá pela cidade de Brumadinho, passando pela estrada Ademir Ribeiro Neves (Estrada da Conquistinha) sentido centro de Brumadinho.

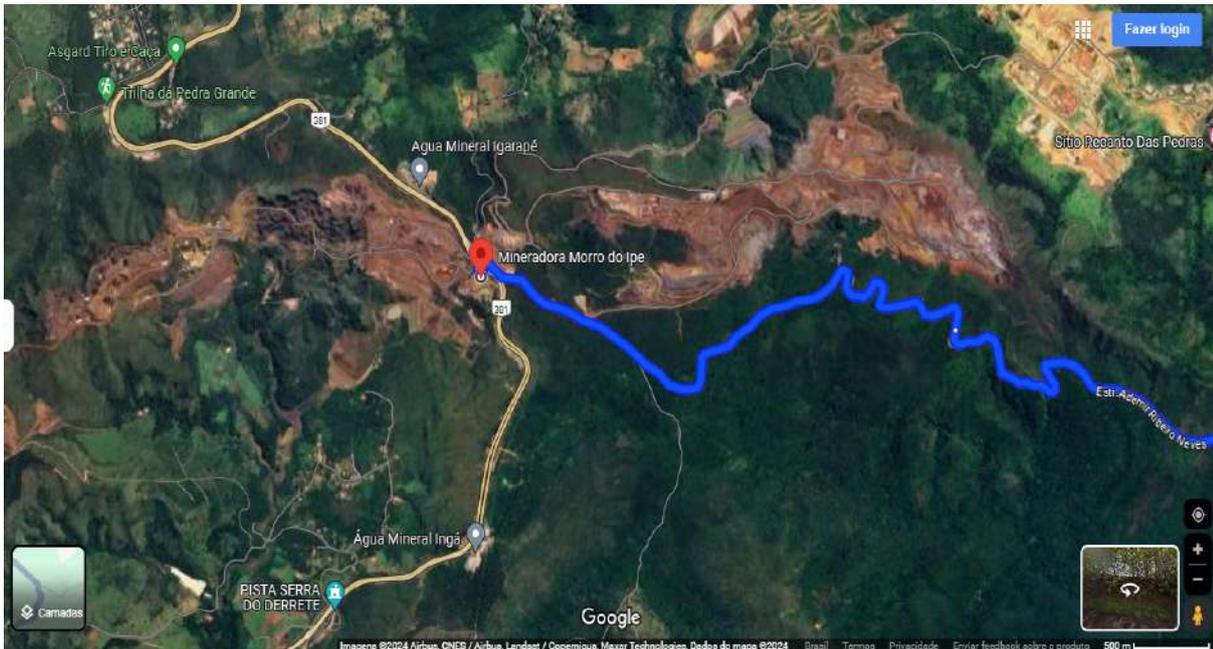


Imagem 35 – Acesso ao local do empreendimento pela estrada Ademar Ribeiro Neves. FONTE Google Earth (2024)

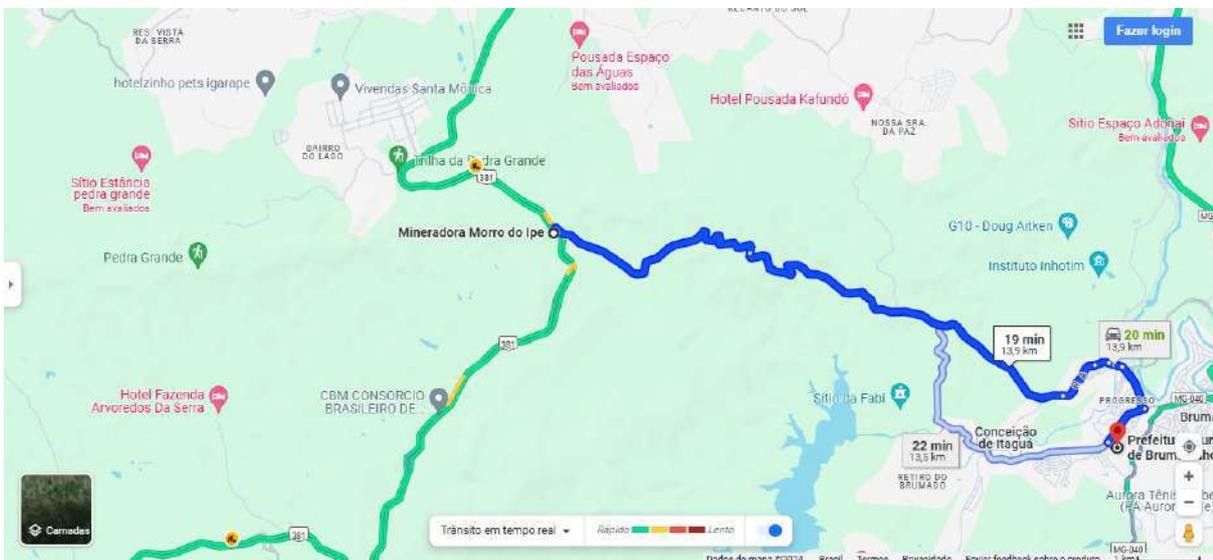


Imagem 36 – Acesso do empreendimento partindo da sede da Prefeitura de Brumadinho/MG. FONTE Google MAPS (2024)

4.5.1. Caracterização socioeconômica e organização social

O município de Brumadinho está situado na porção Central do estado, no extremo sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e tem seu desenvolvimento associado a cultura cafeeira, frutas e a extração e exportação de minérios de ferro (IBGE, 2022). Limita-se ao norte com os municípios de Igarapé, São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Sarzedo, Ibitiré e Belo Horizonte; ao sul com os municípios de Bonfim, Belo Vale e Moeda; a leste com Itabirito e Nova Lima e a oeste com os municípios de Itatiaiuçu e Rio Manso.

A população do município de Brumadinho que compõe a região de estudo é de 38.915 habitantes, segundo dados do último censo (IBGE, 2022). A densidade demográfica de 60,83hab/km².

Em 2021, o salário médio mensal era de 2.5 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 29.8%. Na comparação com os outros municípios do estado, ocupava as posições 47 de 853 e 52 de 853, respectivamente. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 545 de 5570 e 539 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 33.5% da população nessas condições, o que o colocava na posição 611 de 853 dentre as cidades do estado e na posição 3902 de 5570 dentre as cidades do Brasil. (IBGE, 2022)

A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 13.67 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0.3 para cada 1.000 habitantes. (IBGE, 2022)

Brumadinho apresenta 65.4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 59.3% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 19.5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). (IBGE, 2022)

A vizinhança potencialmente ocupada consiste na população do Vale do Ingá.



Imagens 37 e 38– Vista parcial de casas e atividades produtivas do entorno

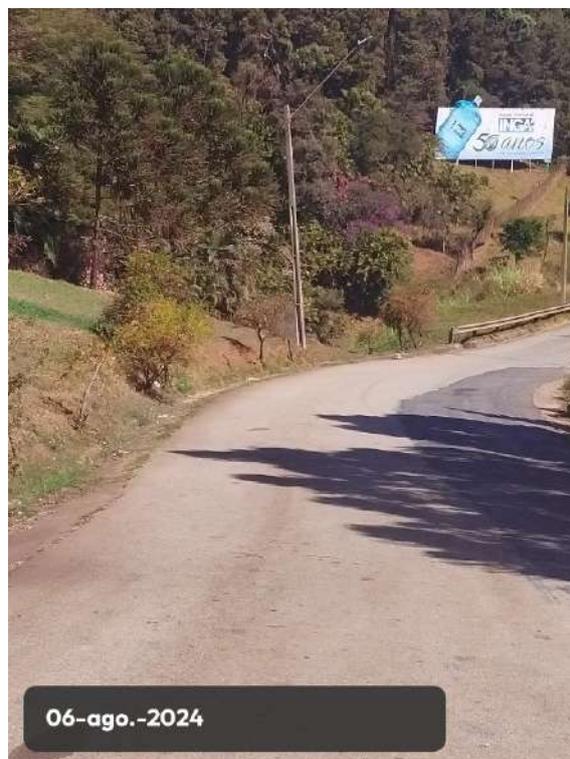


Imagens 39 e 40– Vista parcial vias não pavimentadas no entorno



Imagem 41 – Imagem aérea apontando a distância do empreendimento a empresa de água mineral Ingá. FONTE Google Earth (2024)

Além da comunidade Vale do Ingá, a empresa Hidrobras (Água Mineral Ingá) também está inserida na vizinhança. A Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda. é uma empresa de mineração fundada em 1973, com o objetivo de pesquisa, prospecção, engarrafamento e comercialização de águas minerais. A implantação da mineradora se deu após quatro anos de pesquisas nas regiões montanhosas no entorno de Belo Horizonte. Em 1980 foi identificada pela Hidrobrás, mais exatamente na Serra da Conquista - município de Brumadinho-, uma reserva de água mineral nas camadas geológicas profundas, as quais atenderiam a todas as exigências de qualidade e composição mineral que eram almejadas.



Imagens 42 e 43– Vista parcial da fachada da empresa e estrada de acesso pavimentada

Na área da APE do Sistema Rio Manso, de propriedade da COPASA, não há população residente.

4.5.2. Pesquisas de percepções da população em relação à instalação do empreendimento

A vizinhança potencialmente afetada pelo empreendimento fica localizada em uma área denominada Vale do Ingá, que conta com aproximadamente 35 imóveis em áreas rurais. O Vale do Ingá é uma ocupação irregular com características rurais. O assentamento foi originado por parcelamento irregular de terreno por seus proprietários a partir da demarcação prévia e comercialização informal das frações resultantes, similares a chácaras. Segundo relatos dos moradores, o loteamento remonta a década de 1.984, tendo sido conduzido pela empresa Sombrear Empreendimentos Ltda. A empresa tinha como sócios o senhor Robson Ribeiro Batista, José Custódio, e outro que deixou a sociedade antes de sua extinção no ano 2000, quando foi dado baixa na empresa perante a junta comercial.

De uma forma geral, informa-se que o loteamento possui baixa densidade de ocupação. O padrão de ocupação possui características rurais, inclusive as atividades econômicas predominantes, voltadas para a agricultura. Nota-se pela imagem a presença marcante das hortas.

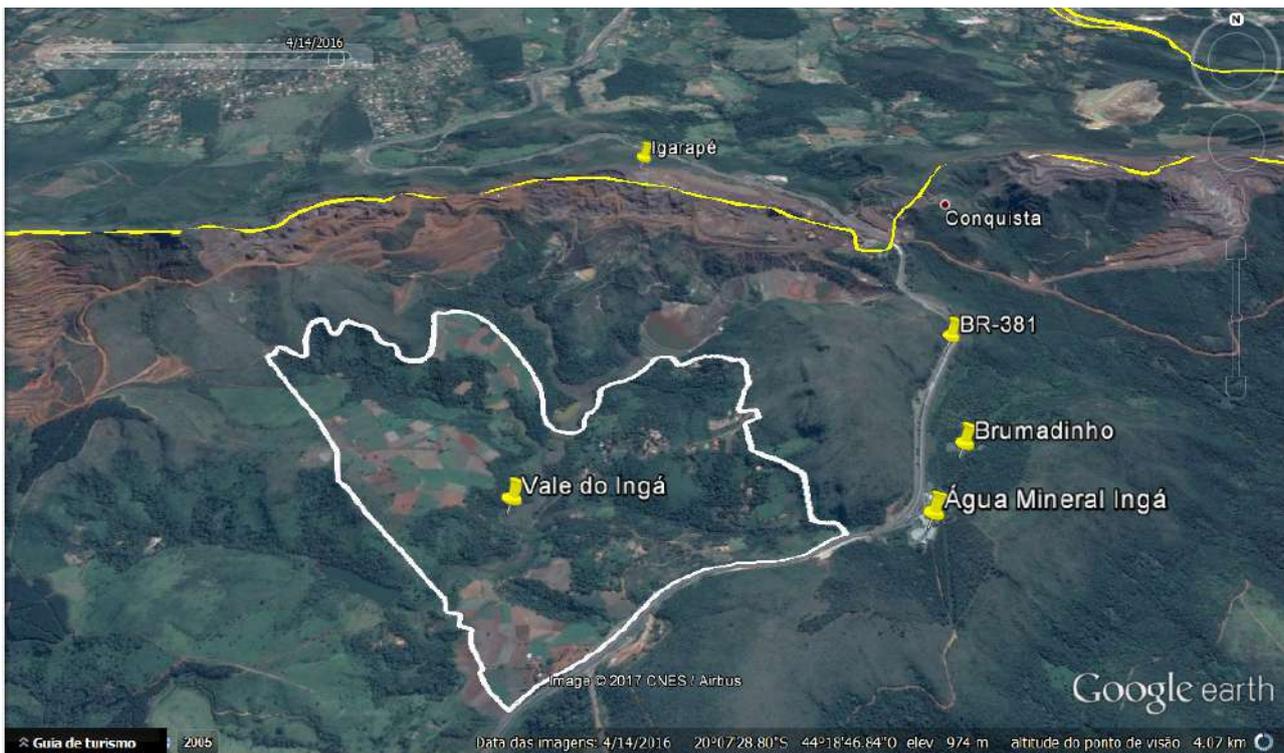


Imagem 44: Vista geral do loteamento Vale do Ingá. Fonte: Google Earth

As condições urbanísticas e ambientais do loteamento são reduzidas, compatíveis com o tipo de ocupação menos adensada, com soluções de saneamento individualizadas na maioria das vezes. No que tange ao abastecimento de água, cada proprietário possui um sistema de captação de água independente, por meio de cisternas, poços artesianos ou captações em nascentes.

O arruamento do bairro condiz com a ocupação rural. As vias se encontram sem qualquer revestimento, bastante estreitas e sem meio-fio. A manutenção é feita periodicamente pela Prefeitura de Brumadinho. Não há sistema de drenagem pluvial e na vistoria não foram identificados quaisquer dispositivos de captação e condução adequada de água de chuva.

A energia elétrica presente no loteamento atende às propriedades existentes, não disponível para o sistema viário (iluminação pública). Não há coleta de lixo no loteamento e cada proprietário realiza a queima de seus resíduos. Não foram identificadas áreas destinadas a equipamentos ou verdes.

Foram realizadas campanhas de campo com busca ativa e abordagem da população residente. A maioria das residências estava fechada, algumas com placa de venda. Foi observado a atividade de produção de hortaliças em algumas áreas da localidade com grande potencial.

Em entrevista realizada com os moradores ficou evidenciado o desejo de descaracterização da barragem Ipê 1 visto a desvalorização dos imóveis e o medo de rompimento que faz parte do cotidiano da localidade. O receio de um desastre pode explicar a evacuação da população, o desejo de venda dos imóveis e a baixa ocupação como residência principal.



Imagens 45 e 46– Entrevista e conversa com os moradores (JS Consultoria, 2024)



Imagens 47 e 48– Residências fechadas e com placas de vende-se



Imagens 49 e 50– Moradores em áreas de risco portando rádios de comunicação com as mineradoras

Como pode ser observado na imagem abaixo o principal acesso a Mineração Morro Do Ipê é pela rodovia Fernão Dias BR 381. A Empresa oferece aos funcionários o transporte até as dependências da mineração.

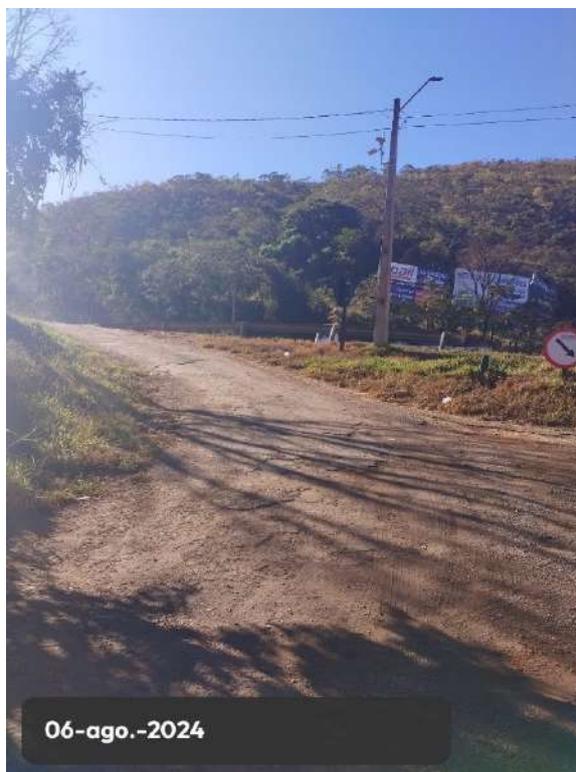


Imagem 51 – Vista aérea parcial de vias de acesso a mineração Morro do Ipê. FONTE Google Earth (2024)

A aproximadamente 3 km da entrada principal da Mineração Morro Do Ipê fica o acesso à localidade Vale Do Ingá também pela rodovia Fernão Dias BR 381.



Imagens 52 e 53– Vista parcial de vias de acesso a Mineração Morro do ipê

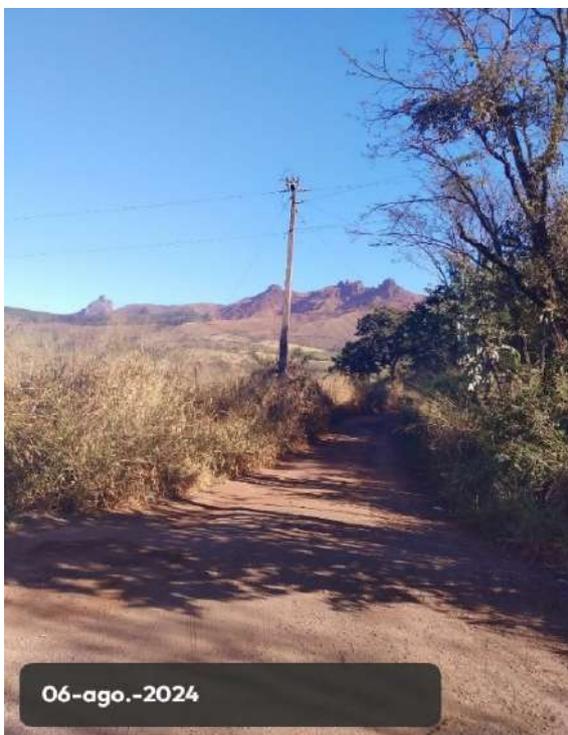


Imagens 54 e 55– Vista parcial de vias de acesso a comunidade do Vale do Ingá

As principais linhas de ônibus com rotas próximas ao acesso principal da localidade são: linha 3802 de ônibus (B.H. → Itatiaiuçu) e linha 3793 - (Rio Manso → Estação Eldorado)

4.5.3. Infraestrutura urbana

O Vale do Ingá se trata de uma comunidade rural, com infraestrutura precária, sendo a energia elétrica fornecida pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e algumas propriedades com geração própria, a julgar pela presença de placas de energia solar. As ruas não são pavimentadas, sem rede de drenagem pluvial. A localidade também não possui um sistema público/coletivo de distribuição de água tratada nem de coleta/tratamento de esgotos sanitários. As redes de comunicação, especificamente de telefonia e internet são precárias, com baixa qualidade de sinal. Não há serviços de entrega de Correios, também não há escolas, nem postos de saúde ou demais estruturas na comunidade.



Imagens 56 e 57– Vista parcial de vias de acesso a comunidade do Vale do Ingá não pavimentadas



Imagens 58 e 59– Vista parcial da rede de energia elétrica. Fonte (JS Consultoria, 2024)

O abastecimento de água é realizado através da captação de minas e mananciais que existem em abundância na região. O esgoto das casas é destinado para fossas sépticas e fossas negras.



Imagens 60 e 61– Vista parcial da captação de água. Fonte: JS Consultoria

Não existe coleta de lixo na localidade e os moradores tem que deixar o lixo gerado em lixeiras comunitárias no município de Itatiaiuçu, ou fazem queima nos quintais para não acumular.

5. PROGNÓSTICO DOS IMPACTOS DE VIZINHANÇA

Este capítulo visa atender ao disposto no Estatuto das Cidades, Art. 37, de que o EIV precisa contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo das seguintes questões: adensamento populacional, equipamentos urbanos e comunitários, uso e ocupação do solo, valorização imobiliária, geração de tráfego e demanda por transporte público, ventilação e iluminação, paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Atendendo ao dispositivo legal supracitado, segue abaixo uma avaliação temática sobre cada questão, à luz das atividades objeto deste EIV: implantação de ETA e ETE, ampliação do posto de combustível e descaracterização da barragem, com reaproveitamento do material disposto na mesma.

5.1. Adensamento populacional

As atividades em questão não oferecem um incremento significativo no adensamento populacional. Ademais, toda a vizinhança existente é eminentemente rural, sendo vedado por lei parcelamento de solo rural como se urbano fosse, com frações inferiores a 20.000 m². Sobre essa vedação, cabe ao poder público municipal garantir a fiscalização de subdivisões irregulares. Esse impacto foi classificado pela equipe técnica como improvável, não sendo passível de nenhuma ação do empreendedor para impedi-lo ou mitigá-lo.

5.2. Equipamentos urbanos e comunitários

A localidade vale do Ingá, não possui estruturas de equipamentos comunitário como praças, quadras de esportes, escolas e postos de saúde. Todos os serviços públicos são prestados no município de Itatiaiuçu, ou Igarapé, fato este relatado pelos moradores em conversas na visita técnica.

As atividades da Mineração em análise neste estudo não oferecem nenhuma pressão adicional aos equipamentos urbanos e comunitários do município de Brumadinho, nem de outros municípios que absorvem eventuais demandas da população do Morro do Ingá. A equipe técnica classificou esse impacto como improvável.

5.3. Uso e ocupação do solo

Como já foi dito anteriormente, as atividades objeto deste estudo serão realizadas nas dependências internas da mineração, sem expansão de novas áreas ainda não impactadas ou antropizadas pelos processos minerários pretéritos. Na vizinhança, qual seja a comunidade do Vale do Ingá, não há tendência de alteração do uso e ocupação do solo, até mesmo porque, caso tivesse alguma variação incompatível com a eminência rural da vizinhança, seria passível de fiscalização pelo poder público municipal. Esse impacto foi portanto julgado improvável pela equipe técnica, não restando quaisquer medidas a serem tomadas por parte da empresa.

5.4. Valorização imobiliária

Com o processo de descaracterização da barragem B1 Ipê, associado ao reaproveitamento do rejeito depositado na mesma, o potencial de valorização imobiliária da região tende a crescer devido ao maior nível de segurança entre os moradores. Esse impacto foi classificado como considerável pela equipe técnica, sendo ele um impacto positivo, que vem reverter a situação atual de insegurança do uso do imóvel para residência ou atividade agropecuária.

5.5. Geração de tráfego e demanda por transporte público

O trânsito de caminhões e veículos pelas vias de acessos da Mineração Morro do Ipê e proximidades da ampliação do posto de combustível podem contribuir para um aumento de material particulado (poeira) e sujeira nas ruas, visto que também são vias públicas de acesso ao túnel da

BR-381, com tráfego de veículos da circunvizinhança. Abaixo segue um registro fotográfico das vias supramencionadas.



Imagens 62 e 63– Vias de acesso da mineração, Posto de combustível, circunvizinhança e BR-381

Todavia, este já é um impacto existente, e, como já foi dito anteriormente, as atividades em questão tendem a reduzir por si só esse impacto, pois a implantação da ETE evitará o tráfego de caminhões limpa-fossa partindo da mina para empresas que recebem o material. Além disso, a descaracterização da barragem com aproveitamento dos finos permitirá que o material removido da barragem seja tratado na UTM Ipê, evitando a remessa de materiais da Mina Tico Tico para a UTM Ipê, num número considerável de viagens. Dessa forma, as atividades impactam positivamente o trânsito, e as medidas já adotadas continuarão sendo feitas. São elas:

Medidas Mitigadoras e de Controle: Com o intuito de atenuar o impacto de material particulado(poeira) e sujeira nas ruas é realizada a limpeza nas vias pavimentadas por jato d'água

proveniente de um caminhão-pipa e caminhão adaptado com escova rotatória, sendo que estes serviços devem ser intensificados para atingir o propósito de limpeza nas vias, bem como os caminhões que estiverem com carga, devem ser lonados e sugere-se também a limpeza periódica externa dos caminhões antes do abastecimento, evitando assim dispersão de partículas que ficam agarradas nas partes externas dos veículos e podem se soltar no tráfego até o posto de combustível.



Imagens 64 e 65– Vista parcial de veículo de limpeza de vias

5.6. Ventilação e iluminação

As atividades em questão não interferem na ventilação nem na iluminação da vizinhança, uma vez que não implicam na implantação de barreiras físicas que obstruam a passagem do ar ou luz. Diante disso, a equipe técnica classificou esse impacto como improvável, não havendo medidas que se apliquem.

5.7. Paisagem urbana

Os impactos visuais ocasionados pelas atividades em análise estão contidas no complexo já antropizado pela mineração, representando um incremento desprezível em relação à condição que já existe atualmente.

O maior impacto ambiental negativo no âmbito visual, está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento das obras, seja para construção da ETE/ETA, ampliação do posto de combustível e descaracterização/ aproveitamento de rejeito da B1.

Relativo a implantação da ETE/ETA, a área escolhida, se trata de área antropizada sem vegetação arbórea, sendo usada anteriormente como depósito de sucatas e via de acesso interno, onde posteriormente serão implantadas as estruturas necessárias para implantação e operação.



Imagem 66 – Vista aérea apontando a área de ampliação da ETE/ETA. FONTE Google Earth (2024)

Como medida mitigadora deste impacto, sugere-se a implantação de cortina arbórea com espécies nativas, minimizando o impacto visual.

Em se tratando da área de ampliação do posto de abastecimento de combustível, esta área também é antropizada, sem vegetação arbórea anterior a sua instalação, e era usada como área de manobra de veículos do posto pré-existente, como pode ser observada nas imagens a seguir:



Imagem 67 – Imagem aérea apontando a área de ampliação do posto de combustível antes da implantação. FONTE Google Earth (2014)



Imagem 68 – Imagem aérea apontando a área de ampliação do posto de combustível pós implantação. FONTE Google Earth (2024)

Atualmente, a barragem B1 está fora de operação, apresentando a manutenção de cobertura vegetal dos taludes e monitoramentos como atividade de rotina, objetivando a consonância com a paisagem do entorno, sobretudo em termos de cor e textura. Por outro lado, ao término da descaracterização, planeja-se que o cenário se tornará mais próximo ao naturalmente existente no passado, representando um ganho importante em termos paisagísticos para a região. Este impacto é de natureza negativa ao longo das obras, mas se apresenta com natureza positiva na conclusão das mesmas.

A natureza negativa ao longo das obras, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, regional e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de média magnitude. Já no que se refere à natureza positiva ao término das obras, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, de probabilidade certa, irreversível, regional e de

intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de grande magnitude.

5.8. Patrimônio Natural e Cultural

Na vizinhança do empreendimento não foram mapeados bens patrimoniais de natureza cultural, sejam eles materiais ou imateriais que pudessem ser afetados com a implantação ou operação das atividades.

Quando ao patrimônio natural, chama-se a atenção para exuberância da APE do Sistema Rio Manso, tanto a mata quanto o lago. Porém, cabe esclarecer que as atividades em estudo aumentam a segurança desse patrimônio, o que, de acordo com a equipe técnica, configura um impacto positivo, não restando medidas a serem tomadas.

5.9. Rompimento da barragem

Este impacto ambiental negativo pode ocorrer durante o processo de descaracterização que, caso não seja feito de forma adequada, sem a devida supervisão e monitoramento geotécnico, torna a atividade com potencial de danificar a estabilidade da estrutura, podendo colapsá-la. O impacto é de natureza negativa, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, provável mas não certa, podendo ser irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de alta magnitude.

Medidas Mitigadoras e de Controle Durante a obra de descaracterização, a equipe de geotecnia intensificará os monitoramentos da estrutura de forma generalizada, da seguinte forma:

- A leitura dos piezômetros e indicadores de nível d'água passarão a ser realizadas diariamente (atualmente é quinzenal);
- O acompanhamento dos marcos superficiais passará a ser realizado duas vezes por semana (atualmente quinzenal);

- Rotina de inspeções técnicas diárias na estrutura com monitoramento da turbidez e vazão da água na saída do dreno de fundo;
- Monitoramento dos sismógrafos em tempo real (24/7).

A obra será executada com acompanhamento técnico de projetista além do EOR responsável – em regime *fulltime*, tendo a equipe de Geotecnia autonomia sobre a paralisação/avanço das atividades diante quaisquer anomalias geotécnicas observadas, tanto nas inspeções, quanto no monitoramento dos instrumentos. Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas de alta eficiência, verifica-se que se caracteriza como um impacto ambiental negativo de média relevância.

A Mineração Morro do Ipê possui um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), atendendo a Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM e RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 3.049/2021 e Portaria IMA nº 2047/2021 no município de Brumadinho. O PAEBM contempla diversos estudos, programas e respectivos relatórios relacionados à questão socioambiental, incluindo, por exemplo, o mapeamento da área, com a definição da zona de autossalvamento - ZAS e Zona de Segurança Secundária – ZSS. Como se trata de estudos específicos e de grande extensão, tais estudos podem ser consultado pelo link a seguir:

<https://barragemipeminerao.com.br/paebm-barragem-b1-ipe-mina-ipe/>

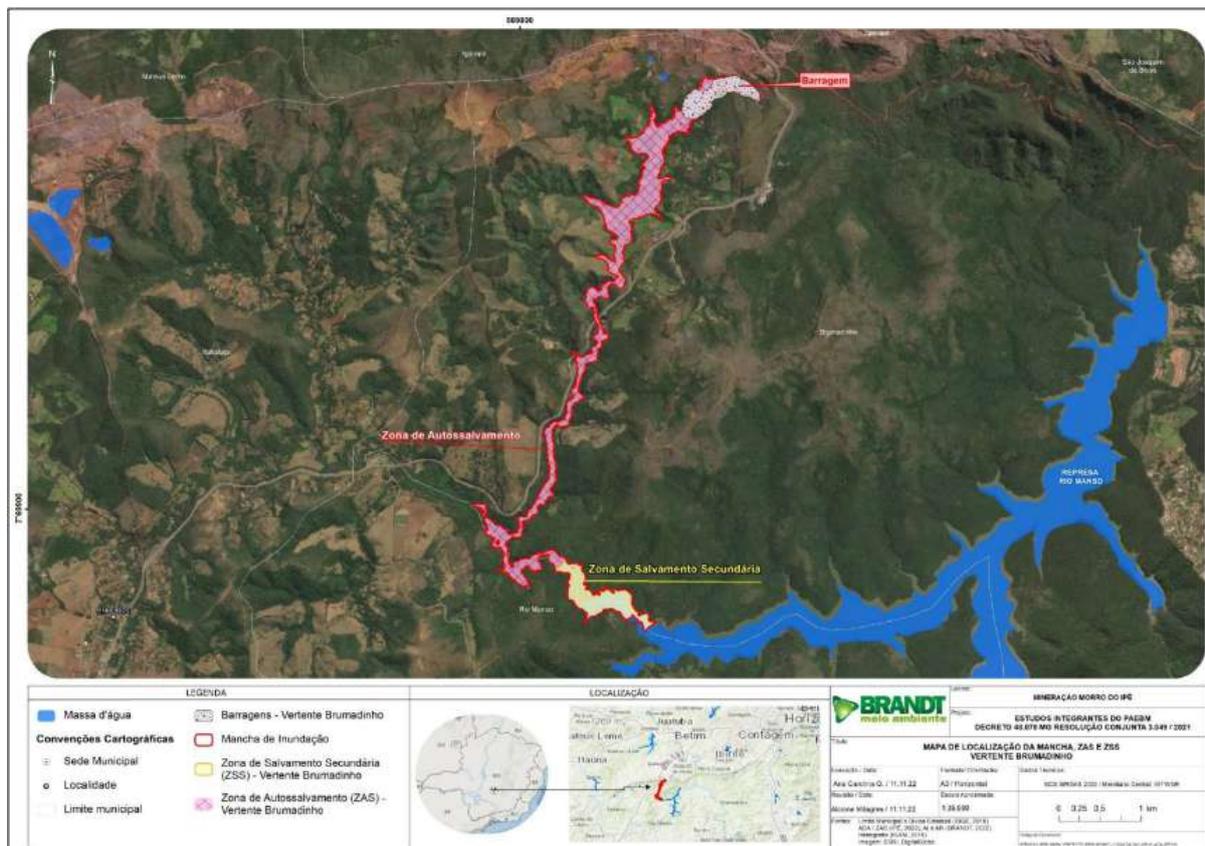


Imagem 69 – Mapa e estudo referente ao PAEBM Morro do Ipê. FONTE BRANDT

5.10. Impactos positivos ao meio socioeconômico

Não se espera que a atividade de remoção e reaproveitamento do material disposto na barragem B1 cause alterações nos níveis de conforto das comunidades lindeiras ao empreendimento, tendo em vista as medidas de controle de ruídos, de emissão de particulados, de carreamento de sedimentos e de qualidade das águas superficiais a serem realizadas pela empresa, bem como a distância da atividade às comunidades mais próximas.

Os impactos ambientais no meio socioeconômico serão positivos, notadamente formados pela consolidação da segurança e a eliminação das estruturas da barragem de rejeitos de minério, além da formação de uma nova paisagem. Com isso, os bairros adjacentes a este empreendimento poderão experimentar a eliminação do risco de rompimento da barragem de rejeito, ocasionando

valorização imobiliária, maior investimento do governo municipal em infraestrutura urbana e de serviços públicos, assim como a previsão de investimento em comércio, proporcionando neste cenário holístico a geração de empregos fixos e temporários, diretos e indiretos. Este impacto, de natureza positiva, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, certa, irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de alta magnitude. Para potencialização deste impacto, a empresa executará Plano de Comunicação que fornecerá informações à sociedade sobre as obras e sobre a eliminação da condição de risco da estrutura, de forma a dar visibilidade às ações que propiciarão a melhoria das condições de segurança da região, relacionadas à barragem de rejeito existente.

5.11. Impactos positivos ao meio físico e biótico

Os impactos ambientais positivos no meio físico e no meio biótico envolvem a estabilização superficial da área (pela adequação da drenagem e plantio de espécies de contenção de processos erosivos), ocasionando uma maior estabilidade do solo e menor suscetibilidade dos mesmos aos movimentos de massa. A revegetação se constitui em elemento positivo de recuperação da flora, e atrativo para fauna. Ainda, a eliminação da estrutura da barragem de rejeito eliminará os potenciais riscos e danos que uma hipotética situação de ruptura causaria ao meio físico e biótico de toda a região a jusante.

Este impacto é de natureza positiva, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, certa, irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de alta magnitude.

5.12. Rebaixamento do lençol freático

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento da obra, por ocasião do emprego de equipamentos de bombeamento para rebaixamento do lençol freático, de

forma a atender à premissa de que o rejeito existente na fundação da barragem, classificado como contrátil, deverá permanecer não saturado (acima do nível freático) durante toda a execução das obras. Trata-se de impacto de natureza negativa que apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, local e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

Não se aplicam medidas mitigadoras nem de controle previstas para este impacto durante as obras, uma vez que se trata de atividade primordial para a obra de descaracterização da Barragem, e também por se tratar de impacto negativo de baixa magnitude, com característica reversível e local. As medidas de controle serão possíveis tão somente após a conclusão da descaracterização, mediante alteração da finalidade do poço para o monitoramento do nível do lençol ou mesmo para uso da água na planta industrial.

5.13. Impactos à dinâmica hídrica municipal

Este tópico cumpre uma abordagem obrigatória, imposta pelo Art. 129 da Lei Complementar nº 128/2023 – Novo Plano Diretor de Brumadinho. As atividades aqui apresnetadas buscam a descaracterização da barragem de rejeitos com o reaproveitamento do material, eliminando assim o risco de rompimento e comprometimento dos mananciais a jusante; a adoção de manancial superficial (rio Paraopeba a jusante da cidade de Brumadinho) poupando assim as águas subterrâneas de maior qualidade para os usos mais nobres; a autonomia no tratamento de efluentes.

Dessa forma, pode-se afirmar que os impactos da implantação e operação das atividades à dinâmica hídrica do município de Brumadinho são positivos, uma vez que não comprometem em quantidade nem em qualidade os mananciais usados para abastecimento da população.

A hipótese contrária, de não implantação das atividades, por sua vez, representaria um impacto negativo de grande magnitude, pelo risco de rompimento da barragem degradando os mananciais usados para a produção de alimentos no Vale do Ingá e a represa do Sistema Rio Manso.

6- PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DOS IMPACTOS

6.1. Medidas de potencialização dos impactos positivos

Para potencialização dos impactos positivos, serão realizadas as medidas de gerenciamento das obras, buscando a máxima eficiência dos processos, a obediências às normas e padrões de segurança. Assim, oferecendo uma condição de excelência de tratamento de água, de tratamento de esgotos, de abastecimento de veículos e máquinas e descaracterização da barragem e recuperação de sua área, os benefícios extrapolam a empresa, alcançando a vizinhança com a melhor qualidade das águas, redução do comprometimento das reservas subterrâneas, maior segurança e confiança, dentre outros.

6.2 Medidas de mitigação e compensação dos impactos negativos

Não obstante a predominância dos impactos positivos e da improbabilidade dos impactos negativos, apresenta-se como medida de mitigação e compensação o Plano de Comunicação.

Plano de Comunicação

O Plano de Comunicação tem como objetivo fornecer às comunidades de entorno informações sobre as obras e a condição atual de estabilidade da Barragem B1 - Mina Ipê, para evitar a ocorrência de interpretações equivocadas, e conseqüentemente temores desnecessários.

O Plano de Comunicação será elaborado em total alinhamento com o compromisso da Mineração Morro do Ipê de manter uma relação responsável com a comunidade e demais públicos com os quais interage diretamente. O plano trará as ações necessárias, especialmente quando se considera a sensibilidade do tema segurança das barragens na área de influência direta da empresa.

Estão previstas ações proativas de geração e disseminação de informações sobre a descaracterização e seus impactos positivos previstos para a comunidade. Para isto, o Plano de Comunicação contemplará ações de comunicação direta com a comunidade (abordagens presenciais e por comunicados em Grupos de WhatsApp e boletins informativos), informes a representantes do poder público (Secretarias de comunicação dos municípios e vereadores) e programa de visitação.

Também será realizada a comunicação de massa, por meio do envio de *releases*, pela assessoria de imprensa, para os veículos de comunicação locais. Ressalta-se que o processo de comunicação é dinâmico e assim, o mesmo poderá ser readequado e modificado ao longo das obras de descaracterização. Logo, ele será adaptado, se preciso, para que atenda prontamente a comunidade, de forma ágil e transparente. Ao final das obras, as áreas decapeadas remanescentes serão objeto de revegetação através de hidrossemeadura ou plantio de grama, a depender das condições de cada local, para a mitigação do impacto visual.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises apresentadas neste estudo, a equipe técnica envolvida neste trabalho independente, conclui que os benefícios à vizinhança suplantam enormemente os malefícios, uma vez que o impactos que se mostraram de natureza positiva são de grande importância (a descaracterização da barragem com reaproveitamento do rejeito, por exemplo), ao passo em que os impactos que se mostraram de natureza negativa são improváveis e de menor importância.

Dessa forma, conclui-se pela viabilidade de coexistência da atividade minerária com a vizinhança Brumadinhense, em especial a comunidade de Vale do Ingá, que sempre conviveu com a mineração, mas que com o descomissionamento da Barragem B1 passará a usufruir melhor de suas propriedades, sendo elas como unidades produtivas, de habitação ou lazer.

Conclui-se também pela importância do Plano de Comunicação para melhorar os vínculos de boa vizinhança, bem como oferecer transparência e seriedade aos moradores.

REFERÊNCIAS

BRANDT Meio Ambiente. PAEBM Barragem BI Itpê. 2022. Disponível em: <https://barragemipemineracao.com.br/paebm-barragem-b1-ipe-mina-ipe/>. Acesso em 09/08/2024.

Brasil; Lei nº 10.257, de 10 julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em 10 de junho de 2024.

BRASIL. DECRETO Nº 6.660, DE 21 DE NOVEMBRO DE 2008. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm>. Acessado em 09 de agosto de 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em 10 de junho de 2024.

BRASIL. LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acessado em 09 de agosto de 2024.

BRUMADINHO. Deliberação normativa CODEMA (Conselho de defesa do Meio Ambiente) 04/2022. Estabelece os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais passíveis de licenciamento ambiental no município de Brumadinho e dá outras providências.

BRUMADINHO. Lei Complementar Municipal nº. 128/2023. que estabelece o novo plano diretor participativo do município de Brumadinho.

BRUMADINHO. Lei Complementar Municipal nº. 67/2012. “Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências”.

BRUMADINHO. Lei Municipal nº 2355 de 2027. Proteção da apifauna.

BRUMADINHO. SEPLAC. Consulta prévia de viabilidade.

COPAM. Deliberação Normativa nº 217/2017

DRAWIND PROJETOS INDUSTRIAIS. Projetos do tanque de combustível para ampliação do posto.

Google Earth, website. <http://earth.google.com/>, 2024.

Google Maps. 2024. Porto. [s.l.]: Google Maps.

IDE Sisema (meioambiente.mg.gov.br)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Município de Brumadinho. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/panorama>. Acesso em 09/08/2024.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784, de 21 de março 2019.

Minas Gerais Decreto nº 47.383, de 02 de março de 2018. Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. Disponível em: < <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45918>. Acessado em 09 de agosto de 2024.

PAEBM (Plano de ação e emergência de Barragem de Mineração) BARRAGEM B1 IPÊ – MINA IPÊ. Disponível em:<<https://barragemipemineracao.com.br/paebm-barragem-b1-ipe-mina-ipe/>>. Acessado em 09 de agosto de 2024.

RAS (Relatório Ambiental Simplificado), a fim de pleito de Licenciamento Ambiental para Reaproveitamento de Bens Minerais Dispostos na Barragem B1 IPÊ.

REAQT. Projetos da Estação de Tratamento de Água da Mina Ipê.

TERRACOTA GEOTECNIA; Estudo de ruptura hipotética da Barragem B1 da Mina Ipê.

ANEXO 1

ART - ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243220735

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

JAVER RIBEIRO DE SALES

Título profissional: ENGENHEIRO DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

RNP: 1406764167

Registro: 223985MG MG

2. Dados do Contrato

Contratante: Mineração Morro do Ipê S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

RODOVIA Fernão Dias

Nº: km 520 s/nº

Complemento: Zona rural

Bairro: Conceição de Itagua

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Contrato: Não especificado

Celebrado em: 22/07/2024

Valor: R\$ 5.000,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Ação Institucional: Outros

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Fernão Dias

Nº: km 520 s/nº

Complemento: Zona rural

Bairro: Conceição de Itagua

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Data de Início: 22/07/2024

Previsão de término: 22/08/2024

Coordenadas Geográficas: 0, 0

Finalidade: AMBIENTAL

Código: Não Especificado

Proprietário: Mineração Morro do Ipê S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS

20,00

d

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

Elaboração de EIV (Estudo de impacto de vizinhança), a fim de descomissionamento de Barragem de rejeitos, implantação de ETE/ETA e ampliação de ponto de abastecimento de combustível para veículos.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE



Documento assinado digitalmente

JAVER RIBEIRO DE SALES

Data: 14/08/2024 08:34:00-0300

Verifique em <https://validar.ti.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

JAVER RIBEIRO DE SALES - CPF: 057.081.606-83

Brumadinho, 15 de agosto de 2024

Local

data

Mineração Morro do Ipê S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17
Mineração Morro do Ipê S.A.

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 99,64

Registrada em: 07/08/2024

Valor pago: R\$ 99,64

Nosso Número: 8605396559

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: W99bw
Impresso em: 07/08/2024 às 10:24:15 por: j.p. 45.183.2.4





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243225999

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243220735

1. Responsável Técnico

ELTON GERALDO DE ASSIS SALES

Título profissional: ENGENHEIRO AMBIENTAL

RNP: 1417876824

Registro: MG0000233694D MG

2. Dados do Contrato

Contratante: Mineração Morro do Ipê S.A

RODOVIA Fernão Dias

Complemento: Zona Rural

Cidade: BRUMADINHO

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

Nº: km 520 s/nº

Bairro: Conceição de Itagua

UF: MG

CEP: 35460000

Contrato: Não especificado

Valor: R\$ 5.000,00

Ação Institucional: Outros

Celebrado em: 22/07/2024

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Fernão Dias

Complemento: Zona rural

Cidade: BRUMADINHO

Data de Início: 22/07/2024

Finalidade: AMBIENTAL

Proprietário: Mineração Morro do Ipê S.A

Nº: km 520 s/nº

Bairro: Conceição de Itagua

UF: MG

CEP: 35460000

Previsão de término: 22/08/2024

Coordenadas Geográficas: 0, 0

Código: Não Especificado

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

4. Atividade Técnica

B - Consultoria

23 - Consultoria > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS

Quantidade

20,00

Unidade

d

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

ASPEA - Associação dos Profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia do B



Documento assinado digitalmente

ELTON GERALDO DE ASSIS SALES

DATA: 12/08/2024 10:52:48-0100

verifique em <https://validar.it.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 15 de agosto de 2024

Local

data

ELTON GERALDO DE ASSIS SALES - CPF: 072.082.046-40

Mineração Morro do Ipê S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 99,64

Registrada em: 08/08/2024

Valor pago: R\$ 99,64

Nosso Número: 8605408952

A autenticidade desta ART pode ser verificada em <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Z449D
Impresso em: 09/08/2024 às 11:57:38 por: ip: 191.5.37.112





**Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região**

| | | | |
|--|--|--|---|
| Situação: DEFERIDO | | Data: 08/08/2024 | |
| ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART | | Nº: 20241000110234 | |
| CONTRATADO(A) | | | |
| Nome JAIME EUSTAQUIO MOREIRA | | Registro CRBio: 070379/04-D | |
| Cpf: 231.604.706-87 | | Tel: (31) 99732-1796 | |
| E-mail: JAEMOREIRA@YAHOO.COM.BR | | | |
| Endereço RUA MINERASIL, 148 | | | |
| Cidade: BRUMADINHO | | Bairro: S. SEBASTIAO | |
| CEP: 35.460-000 | | UF: MG | |
| CONTRATANTE | | | |
| Nome MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. | | | |
| Registro | | CPF/CGC/CNPJ: 22.902.554/0001-17 | |
| Endereço RODOVIA FERNÃO DIAS, s/nº ZONA RURAL | | | |
| Cidade BRUMADINHO | | Bairro KM 520 | |
| CEP: 35.460-000 | | UF: MG | |
| Site: | | | |
| DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL | | | |
| Natureza Prestação de Serviço - PROPOSIÇÃO DE ESTUDOS, PROJETOS DE PESQUISAS E/OU SERVIÇOS | | | |
| Identificação ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) | | | |
| Município do Trabalho: BRUMADINHO, | | UF: MG | Município da sede: BRUMADINHO, |
| | | | UF: MG |
| Forma de participação: EQUIPE | Perfil da equipe: ENGENHEIRO AMBIENTAL, TECNÓLOGO EM SANEAMENTO, TÉCNICO EM MINERAÇÃO... | | |
| Área do Conhecimento: BOTÂNICA, EDUCAÇÃO | Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE | | |
| Descrição sumária da atividade: Composição de equipe técnica multidisciplinar para elaboração de estudo de Impacto de Vizinhança, referente a descomissionamento de barragem de rejeito, implantação de ETE/ETE e ampliação de ponto de abastecimento de combustíveis para veículos. | | | |
| Valor: R\$ 5.000,00 | Total de horas: 32 | | |
| Início: 22/07/2024 | Término | | |
| ASSINATURAS | | | verifique a autenticidade |
| Declaro serem verdadeiras as informações acima | | |  |
|  Documento assinado digitalmente JAIM EUSTAQUIO MOREIRA Data: 14/03/2024 10:48:18 0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br | | Data: 15 / 08 / 2024  | |
| Solicitação de baixa por distrato | | Solicitação de baixa por conclusão | |
| Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a dívida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio. | | | |
| Data: / / | Assinatura do(a) Profissional | Data: / / | Assinatura do(a) Profissional |
| Data: / / | Assinatura e Carimbo do(a) Contratante | Data: / / | Assinatura e Carimbo do(a) Contratante |



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243223114

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20243220735

1. Responsável Técnico

LENICE NEVES GUIMARAES

Título profissional: TECNÓLOGA EM SANEAMENTO AMBIENTAL

RNP: 1404224750

Registro: MG000095091D MG

2. Dados do Contrato

Contratante: MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

RODOVIA RODOVIA FERNÃO DIAS

Nº: KM 520

Complemento:

Bairro: ZONA RURAL

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Contrato: Não especificado

Celebrado em: 22/07/2024

Valor: R\$ 1.000,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Ação Institucional: Outros

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS

Nº: KM 520 s/nº

Complemento: ZONA RURAL

Bairro: CONCEICAO DE ITAGUA

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Data de Início: 22/07/2024

Previsão de término: 22/08/2024

Coordenadas Geográficas: -20.115925, -44.308548

Finalidade: AMBIENTAL

Código: Não Especificado

Proprietário: MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

55 - Execução de serviço técnico > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

COMPOSIÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA COM FUNÇÃO NA ELABORAÇÃO DE EIV, REVISÃO, APRESENTAÇÃO

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/gpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

AEAGRI - Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais



Documento assinado digitalmente

LENICE NEVES GUIMARAES

Data: 11/08/2024 10:56:50-0300

verifique em <https://validar.it.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho 15 de agosto de 2024

Local

data

LENICE NEVES GUIMARAES - CPF: 074.898.256-60

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17
Mineração Morro do Ipê S.A.

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 99,64

Registrada em: 07/08/2024

Valor pago: R\$ 99,64

Nosso Número: 8605402551

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: a91Db
Impresso em: 08/08/2024 às 07:56:34 por: , ip: 187.108.87.33



OFÍCIO n° 28/2024

Brumadinho, 19 de agosto de 2024.

Prezados;

Vimos por meio deste apresentar o EIV (Estudo de impacto de vizinhança), referente a Descaracterização e reaproveitamento de bens minerais dispostos na Barragem B1 IPÊ, Ampliação do posto de abastecimento de combustíveis para veículos, implantação de ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) e implantação de ETA (Estação de Tratamento de Água), bem como projetos e estudos pertinentes se tratando de atividades complementares da MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. , atendendo assim o Novo Plano Diretor Participativo de Brumadinho (Lei Complementar n° 128/2023).

Nada mais para o momento, aguardamos orientações cabíveis para audiência pública. Aproveitando o ensejo, renovamos nossos votos de estima e consideração.

Atenciosamente:

Javér Ribeiro de Sales
Responsável técnico da JS Consultoria e Gestão Ambiental

À SEPLAC(Secretaria de Planejamento e coordenação) da prefeitura de Brumadinho



TERRACOTA
GEOTECNIA

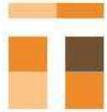
BARRAGEM B1 – MINA IPÊ

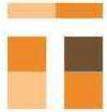


PROJETO EXECUTIVO DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM

RELATÓRIO
16923-E-BA-RL-03-GE_r2

NOVEMBRO
2023

|  TERRACOTA GEOTECNIA | | TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------|------|------------------|--|------|----|----|------------------|---|---------|----|----|------------------|--|--|---------|----|----|----|--|--|
| MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. CONTRATADA: 16923-E-BA-RL-03-GE_r2 | | BARRAGEM B1 – MINA IPÊ RELATÓRIO TÉCNICO PROJETO EXECUTIVO DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | |
| Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | | | | |
| 1 | X | | | | | 26 | X | | | | | 51 | X | | X | | | 76 | X | | | | |
| 2 | X | | | | | 27 | X | | | | | 52 | X | | X | | | 77 | X | | | | |
| 3 | X | | | | | 28 | X | | X | | | 53 | X | | X | | | 78 | X | | X | | |
| 4 | X | | | | | 29 | X | | | | | 54 | X | | X | | | 79 | X | | X | | |
| 5 | X | | | | | 30 | X | | | | | 55 | X | | X | | | 80 | X | | X | | |
| 6 | X | | X | | | 31 | X | | X | | | 56 | X | | X | | | 81 | X | | X | | |
| 7 | X | | | | | 32 | X | | X | | | 57 | X | | X | | | 82 | X | | X | | |
| 8 | X | | | | | 33 | X | | X | | | 58 | X | | X | | | 83 | X | | X | | |
| 9 | X | | | | | 34 | X | | X | | | 59 | X | | X | | | 84 | X | | X | | |
| 10 | X | | | | | 35 | X | X | X | | | 60 | X | | X | | | 85 | X | | X | | |
| 11 | X | | X | | | 36 | X | X | X | | | 61 | X | | X | | | 86 | X | | | | |
| 12 | X | | X | | | 37 | X | X | X | | | 62 | X | | X | | | 87 | X | | | | |
| 13 | X | | X | | | 38 | X | X | X | | | 63 | X | | | | | 88 | X | | | | |
| 14 | X | | X | | | 39 | X | X | X | | | 64 | X | | | | | 89 | X | | | | |
| 15 | X | | X | | | 40 | X | X | | | | 65 | X | | | | | 90 | X | | | | |
| 16 | X | | | | | 41 | X | X | | | | 66 | X | | | | | 91 | X | | | | |
| 17 | X | | | | | 42 | X | X | | | | 67 | X | | | | | 92 | X | | | | |
| 18 | X | | | | | 43 | X | X | | | | 68 | X | | | | | 93 | X | | | | |
| 19 | X | | | | | 44 | X | | | | | 69 | X | | | | | 94 | X | | | | |
| 20 | X | | X | | | 45 | X | | | | | 70 | X | | | | | 95 | X | | X | | |
| 21 | X | | X | | | 46 | X | | | | | 71 | X | | | | | 96 | X | | X | | |
| 22 | X | | X | | | 47 | X | | | | | 72 | X | | | | | 97 | X | | X | | |
| 23 | X | | X | | | 48 | X | | | | | 73 | X | | | | | 98 | X | | X | | |
| 24 | X | | | | | 49 | X | | | | | 74 | X | | | | | 99 | X | X | X | | |
| 25 | X | | X | | | 50 | X | | X | | | 75 | X | | | | | 100 | X | X | X | | |
| REV. | T.E | DESCRIÇÃO DAS REVISÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 | C | EMISSÃO INICIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | E | APROVADO. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | E | REVISÃO GERAL CONSIDERANDO REFORÇO DE JUSANTE. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE EMISSÃO | (A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO | | | | | (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO | | | | | (I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO | | | | | | | | | | | | |
| | REV. 00 | REV. 01 | REV. 02 | REV. | REV. | REV. | REV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATA | 23/02/2023 | 24/02/2023 | 30/11/2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXECUTADO | ALMC / GPP | ALMC / GPP | EJC / GFL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICADO | EJC | EJC | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APROVADO | EJC | EJC | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

|  TERRACOTA GEOTECNIA | | TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------|------|------------------|--|------|----|----|------------------|---|---------|----|----|------------------|--|--|---------|----|----|----|--|--|
| MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. CONTRATADA: 16923-E-BA-RL-03-GE_r2 | | BARRAGEM B1 – MINA IPÊ RELATÓRIO TÉCNICO PROJETO EXECUTIVO DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº. MORRO DO IPÊ: IPE.OP.RL.8000.GT.20.560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTROLE DE REVISÃO DAS FOLHAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | | Rev doc | 00 | 01 | 02 | | |
| Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | Revisão da folha | | | | | | | | |
| 101 | X | X | X | | | 126 | | | X | | | 151 | | | X | | | 176 | | | X | | |
| 102 | X | X | X | | | 127 | | | X | | | 152 | | | X | | | 177 | | | X | | |
| 103 | X | X | X | | | 128 | | | X | | | 153 | | | X | | | 178 | | | X | | |
| 104 | X | X | X | | | 129 | | | X | | | 154 | | | X | | | 179 | | | X | | |
| 105 | X | X | X | | | 130 | | | X | | | 155 | | | X | | | 180 | | | X | | |
| 106 | X | X | X | | | 131 | | | X | | | 156 | | | X | | | 181 | | | X | | |
| 107 | X | X | X | | | 132 | | | X | | | 157 | | | X | | | 182 | | | X | | |
| 108 | X | X | X | | | 133 | | | X | | | 158 | | | X | | | 183 | | | X | | |
| 109 | X | X | X | | | 134 | | | X | | | 159 | | | X | | | 184 | | | X | | |
| 110 | X | X | X | | | 135 | | | X | | | 160 | | | X | | | 185 | | | X | | |
| 111 | X | X | X | | | 136 | | | X | | | 161 | | | X | | | 186 | | | | | |
| 112 | X | X | X | | | 137 | | | X | | | 162 | | | X | | | 187 | | | | | |
| 113 | X | X | X | | | 138 | | | X | | | 163 | | | X | | | 188 | | | | | |
| 114 | X | X | X | | | 139 | | | X | | | 164 | | | X | | | 189 | | | | | |
| 115 | X | X | X | | | 140 | | | X | | | 165 | | | X | | | 190 | | | | | |
| 116 | X | X | X | | | 141 | | | X | | | 166 | | | X | | | 191 | | | | | |
| 117 | | X | X | | | 142 | | | X | | | 167 | | | X | | | 192 | | | | | |
| 118 | | X | X | | | 143 | | | X | | | 168 | | | X | | | 193 | | | | | |
| 119 | | X | X | | | 144 | | | X | | | 169 | | | X | | | 194 | | | | | |
| 120 | | X | X | | | 145 | | | X | | | 170 | | | X | | | 195 | | | | | |
| 121 | | | X | | | 146 | | | X | | | 171 | | | X | | | 196 | | | | | |
| 122 | | | X | | | 147 | | | X | | | 172 | | | X | | | 197 | | | | | |
| 123 | | | X | | | 148 | | | X | | | 173 | | | X | | | 198 | | | | | |
| 124 | | | X | | | 149 | | | X | | | 174 | | | X | | | 199 | | | | | |
| 125 | | | X | | | 150 | | | X | | | 175 | | | X | | | 200 | | | | | |
| REV. | T.E | DESCRIÇÃO DAS REVISÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 | C | EMISSÃO INICIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | E | APROVADO. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | E | REVISÃO GERAL CONSIDERANDO REFORÇO DE JUSANTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE EMISSÃO | (A) PRELIMINAR (B) PARA COMENTÁRIOS (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO | | | | | (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO | | | | | (I) APROVADO (J) LIBERADO PARA COMPRA (K) CERTIFICADO | | | | | | | | | | | | |
| | REV. 00 | REV. 01 | REV. 02 | REV. | REV. | REV. | REV. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATA | 23/02/2023 | 24/02/2023 | 30/11/2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXECUTADO | ALMC / GPP | ALMC / GPP | EJC / GFL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICADO | EJC | EJC | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APROVADO | EJC | EJC | EJC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Introdução | 7 |
| 2. | Documentos de referência..... | 8 |
| 3. | Códigos e Normas | 11 |
| 4. | Ficha Técnica do Empreendimento | 12 |
| 4.1 | Identificação do Empreendedor | 12 |
| 4.2 | Identificação do Empreendimento..... | 12 |
| 4.3 | Endereço para Envio de Correspondência | 12 |
| 4.4 | Identificação do Representante Legal do Empreendimento..... | 12 |
| 4.5 | Responsável Técnico pela Segurança da Barragem | 12 |
| 4.6 | Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização..... | 13 |
| 4.7 | Localização da Barragem..... | 13 |
| 4.8 | Função atual..... | 14 |
| 4.9 | Características Gerais | 14 |
| 5. | Características da Barragem | 20 |
| 5.1 | Histórico | 20 |
| 5.2 | Base Topográfica..... | 27 |
| 5.3 | Maciço | 27 |
| 5.4 | Fundação | 30 |
| 5.5 | Sistema de Drenagem Interna | 30 |
| 5.6 | Dispositivos de Drenagem Superficial..... | 33 |
| 5.7 | Sistema Extravasador | 34 |
| 5.8 | Instrumentação de Controle | 35 |
| 6. | Objetivos da Descaracterização..... | 43 |
| 7. | Critérios e Premissas de Projeto | 45 |
| 7.1 | Premissas gerais | 45 |
| 7.2 | Premissas geológico geotécnicas | 47 |
| 7.3 | Premissas hidrológico-hidráulicas | 48 |
| 8. | Estudos Geológicos-Geotécnicos | 50 |
| 8.1 | Investigações Geológico-Geotécnicas..... | 50 |
| 8.2 | Sismicidade do Local da Barragem | 57 |
| 9. | Análises de Estabilidade..... | 61 |
| 9.1 | Análises Diagnóstico e Pós-Rebaixamento do N.A. | 61 |
| 9.2 | Estabilidade Durante a Execução do Projeto..... | 72 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 9.3 | Estabilidade dos Acessos | 79 |
| 10. | Estudos Hidrológicos e Hidráulicos | 82 |
| 10.1 | Definição do período de retorno | 82 |
| 10.1.1 | Sistema extravasor – Fase intermediária | 82 |
| 10.1.2 | Canal de enrocamento – Projeto de descaracterização | 83 |
| 10.2 | Estudos hidrológicos | 83 |
| 10.2.1 | Escolha da estação pluviométrica – Estudo de Chuvas Intensas | 84 |
| 10.2.2 | Escolha da Estação Pluviométrica – Estudo de Precipitação Máxima Provável | 85 |
| 10.2.3 | Pluviometria – Estudo de Chuvas Intensas | 87 |
| 10.2.4 | Pluviometria – Estudo de Precipitação Máxima Provável | 88 |
| 10.2.5 | Chuvas Intensas | 90 |
| 10.2.6 | Estimativa da Precipitação Máxima Provável | 92 |
| 10.2.7 | Desagregação da Precipitação Diária | 96 |
| 10.2.8 | Discretização temporal e espacial | 98 |
| 10.3 | Trânsito de cheias – Fase intermediária | 99 |
| 10.3.1 | Caracterização da Bacia Hidrográfica | 99 |
| 10.3.2 | Curva Elevação x Volume | 105 |
| 10.3.3 | Curva de Descarga | 106 |
| 10.3.4 | Trânsito de Cheias..... | 107 |
| 10.3.4.1 | Modelagem | 108 |
| 10.3.4.2 | Resultados | 109 |
| 10.3.4.3 | Avaliação do Sistema Extravasor..... | 112 |
| 10.3.5 | Estudo de Altura de Onda..... | 118 |
| 10.3.6 | Bueiro a Jusante | 120 |
| 10.4 | Verificação do canal em enrocamento | 122 |
| 10.4.1 | Vazão de projeto..... | 122 |
| 10.4.2 | Geometria do Canal..... | 123 |
| 10.4.2.1 | Revestimento do canal..... | 123 |
| 10.5 | Estudos sedimentológicos - <i>Sump</i> | 125 |
| 10.5.1 | Caracterização da bacia de contribuição | 125 |
| 10.5.2 | Volume morto..... | 128 |
| 10.5.3 | Volume de residência..... | 129 |
| 10.5.3.1 | Método 1 - Brune | 129 |
| 10.5.3.2 | Método 2 – Q _{2,24} | 130 |
| 10.5.3.3 | Estimativa..... | 130 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 10.5.4 | Volume de amortecimento..... | 131 |
| 10.5.5 | Volume total..... | 131 |
| 10.5.6 | Eficiência de retenção de sedimentos..... | 131 |
| 10.5.6.1 | Capacidade de retenção de sedimentos grosseiros conforme HAAN (1994):.. | 131 |
| 10.5.6.2 | Estimativa do Volume de Residência conforme compilado por EPA (1976):... | 132 |
| 10.5.6.3 | Curva Elevação-Volume do <i>Sump</i> Implantado..... | 133 |
| 10.5.6.4 | Estimativa de Eficiência | 134 |
| 10.6 | Balço hídrico do <i>sump</i> e bombeamento..... | 135 |
| 10.6.1 | Premissas da simulação | 136 |
| 10.6.2 | Modelo matemático | 136 |
| 11. | Descrição do Projeto de Descaracterização | 139 |
| 11.1 | Geral | 139 |
| 11.2 | Serviços Preliminares..... | 144 |
| 11.2.1 | Reforço de Jusante | 145 |
| 11.2.2 | Indicadores de Nível d'água e Piezômetros | 146 |
| 11.2.3 | Poço de Rebaixamento..... | 149 |
| 11.3 | Gerenciamento e Controle das Águas Durante a Execução das Obras de Descaracterização | 150 |
| 11.3.1 | Serviços Complementares | 153 |
| 11.4 | Sequência Construtiva | 154 |
| 11.5 | Drenagem Superficial | 156 |
| 11.6 | Proteção Superficial..... | 156 |
| 11.7 | Materiais de Empréstimo | 157 |
| 12. | Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização..... | 157 |
| 13. | Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização | 158 |
| 13.1 | Monitoramento da Superfície Freática | 159 |
| 13.2 | Monitoramento dos Deslocamentos | 164 |
| 13.3 | Rotina de Monitoramento | 168 |
| 14. | Programa de Monitoramento Pós-Obras de Descaracterização..... | 169 |
| 15. | Programa de Manutenção Pós-Obras de Descaracterização | 169 |
| 16. | Uso e Ocupação da Área Pós-Obras de Descaracterização..... | 170 |
| 17. | Plano Geral de Disposição dos Materiais Escavados | 170 |
| 17.1 | Áreas Disponíveis | 171 |
| 17.2 | Plano de Remoção dos Materiais | 172 |
| 17.3 | Rotas e DMT's..... | 172 |
| 17.4 | Dimensionamento da Frota e Mão de Obra | 175 |

| | |
|--|------------|
| 18. Estimativa de Custos | 179 |
| 19. Cronograma das Obras de Descaracterização..... | 179 |
| 20. Informações Adicionais ao Projeto de Descaracterização..... | 181 |
| 21. Lista de Desenhos | 182 |
| 22. Anexos | 184 |
| 23. Equipe Técnica | 185 |

1. Introdução

Para atender às necessidades da Mineração Morro do Ipê S.A., a Terracota Geotecnia foi contratada para elaboração do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê. O escopo do projeto foi definido de forma a atender ao Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, elaborado pelos órgãos estaduais de meio ambiente SEMAD e FEAM, em específico ao item 3.3.1 que trata de Projeto de Descaracterização para Barragens com Declaração de Condição de Estabilidade Garantida. O escopo do projeto foi subdividido em um total de 03 (três) marcos, conforme descrito abaixo:

- **Marco 1:** Relatório de consolidação de dados;
- **Marco 2:** Relatório de diagnóstico das condições da estrutura;
- **Marco 3:** Projeto Executivo de Descaracterização (desenhos e documentos técnicos)

O presente documento, correspondente ao Relatório Técnico do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, parte integrante do Marco 3, e tem por objetivo apresentar os principais pontos referentes ao projeto, como: características técnicas da barragem, critérios e premissas, estudos geológico-geotécnicos, análises de estabilidade, estudos hidrológicos-hidráulicos, descrição do projeto, plano geral de disposição dos materiais escavados e planilha de quantidades estimadas.

2. Documentos de referência

Os documentos, disponíveis para consulta, relativos à barragem são:

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.728_r0 (19623-D-BA-RL-01-GE_r0) – Projeto *As Built* de Reforço a Jusante – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Outubro/2023;
- CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg;
- CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg – Levantamento Topográfico *As Built* do Reforço. Mineração Morro do Ipê. Março/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.640_r0 – Projeto Executivo de Reforço a Jusante – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2023;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.542_r0 – Projeto *As Built* de Adequação do Sistema Extravisor – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Fevereiro/2022;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.479_r1 - Relatório de Inspeção de Segurança Regular – Barragem B1 – Mina Ipê – ANM – 2º Semestre de 2022. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Setembro/2022;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.450_r0 – Projeto Executivo de Adequação do Sistema Extravisor – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Maio/2022;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.257_r0 – Análise de Risco Sísmico – Barragens B1 – Mina Ipê, B1 Auxiliar e B2 Tico-Tico. CREAM Soluções em Análises de Vibrações Ltda. Maio/2022;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.376_r1 – Níveis de Controle da Instrumentação – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Fevereiro/2022;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.375_r1 - Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Dezembro/2021;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.308 – Modelo Numérico Hidrogeológico – Barragem B1 Ipê – Mina Ipê. Water Services and Technologies Ltda. Dezembro/2021;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.331_r1 – Serviços de Consultoria Geotécnica – Minas Ipê e Tico-Tico – Relatório do Modelo 3D da Barragem B1 – Mina Ipê. Outubro/2021;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.315_r0 – Projeto Conceitual de Descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê. DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos. Agosto/2021;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.125_r1 – Projeto de Descaracterização – Relatório de consolidação de Dados da Barragem B1 – Mina Ipê. DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos. Fevereiro/2021;
- NGG-11-B1IPÊ-TX-2020-RT – Levantamento Geofísico em Barragem de Terra com Utilização de Eletroresistividade (RES) e Potencial Espontâneo (SP). NEOGEO Geotecnologia Ltda. Junho/2021;

- IPE.OP.RL.8000.GT.20.258 – Ensaio de Laboratório – Campanha de Investigação Hidrogeotécnica 2020/2021 – Barragem B1 – Mina Ipê. Patrol Investigações Geotécnicas. Fevereiro/2021;
- IPE.OP.DF.8000.GT.20.008J.dwg – Levantamento Topográfico da Barragem B1 – Mina Ipê – ERG Engenharia. Outubro/2020;
- IPE.OP.RL.8000.GT.20.007 – Investigação Geológica-Geotécnica Barragem B1 Auxiliar – Mina Tico-Tico / Barragem B2 – Mina Tico-Tico / Barragem B1 Ecológica – Mina Tico-Tico e Barragem B1 – Mina Ipê. Patrol Investigações Geotécnicas. Junho/2020;
- 02919-S-BA-PG-01-SO_r0 – Especificações Técnicas de Investigações Geológico-Geotécnicas – Barragens de Rejeito – Barragem B2 - Mina Tico-Tico, Barragem B1 Auxiliar - Mina Tico-Tico e Barragem B1 – Mina Ipê. Terracota Consultoria e Projetos Ltda. Março/2019;
- BYV-C-TA-RE-021_r2 - Relatório de Auditoria de Segurança Regular – Barragem B1 – Mina Ipê – DAM Projetos de Engenharia Ltda. Agosto/2018;
- P1505-MMX-D-BA-RL-01-GE - Projetos *As Is* e *As Built* das Obras de Alçamento para a El. 1057,00 m. Dinésio Franco Consultoria Ltda. Março/2015;
- PAT-RT-LAB-1142.15-001 - Ensaio de Laboratório. Patrol Investigações Geotécnicas. Fevereiro/2015;
- Barragem B1 - Mina Ipê – Ensaio Geotécnicos de Campo. Pattrol - Pavimentos, Traçados e Obras Ltda. Novembro/2013;
- P1322-MMX-E-BA-RL-01-GE - Projeto Executivo Elevação 1.055,5 – Barragem B1 – Mina Ipê. Dinésio Franco Consultoria Ltda. Setembro/2013;
- Barragem B1 - Mina Ipê – Sondagens a percussão. Pattrol – Pavimentos, Traçados e Obras Ltda. Abril/2013;
- “EIA MMX ALTEAMENTO BARRAGEM B1 – Versão pré-protocolo 10 04 2012.doc” – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Alçamento da Barragem de Rejeitos B1 – Mina Ipê – Geomil Serviços de Mineração Ltda. Abril/2012;
- B1-DQaux-Parecer Técnico_r0 – Parecer Técnico – Dique Auxiliar – Barragem B1 – Mina Ipê. Dinésio Franco Consultoria Ltda. Abril/2011;
- B1-RetOper-Relatório_r0 – Relatório de Estudos para Retomada das Operações – Barragem B1 – Mina Ipê. Dinésio Franco Consultoria Ltda. Setembro/2010;
- BQC-C-AB-RE-001_r1 - Relatório de Auditoria de Segurança – Barragem B1 – Mina Ipê – DAM Projetos de Engenharia Ltda. Setembro/2010;
- BNZ-C-AA-RE-001_r0 - Relatório de Auditoria de Segurança – Barragem B1 – Mina Ipê – DAM Projetos de Engenharia Ltda. Agosto/2009;
- R051/2008 - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança – Barragens de Contenção de Rejeito B1 e B2 – Município de Brumadinho-MG – ENGEO Ltda. Outubro/2008;

- R016/2008 - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança / Laudo de Estabilidade – Barragens de Contenção de Rejeito B1 e B2 – Município de Brumadinho-MG – ENGEO Ltda. Março/2008;
- R009/2006 - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança – Barragens de Rejeito B1 e B2 e “Dique Conquistinha” – Município de Brumadinho-MG – ENGEO S/C Ltda. Março/2006;
- R_033_92 – Projeto Executivo 1º Alçamento – Barragem B/1 – José Jaime Rodrigues Branco. Julho/1992.

3. Códigos e Normas

Os Códigos e/ou Normas relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele, devendo ser utilizados na sua revisão mais recente. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

- Lei nº 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- Lei nº 14.066/2020 - Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei Estadual nº 23.291/2019 - Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens;
- Decreto nº 48.140/2021 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291/2019 - Estabelece medidas para aplicação do Art. 29 da Lei nº 21.972/2016 e dá outras providências;
- Resolução nº 95/2022 da ANM - Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração;
- Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante (SEMAD/FEAM) - Estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado de Minas Gerais a ser apresentado à Fundação Estadual de Meio Ambiente, conforme previsto na Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragem;
- Norma ABNT NBR 13.028/2017 - dispõe sobre os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração.

4. Ficha Técnica do Empreendimento

4.1 Identificação do Empreendedor

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Inscrição Estadual: 293732116

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº –
Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

4.2 Identificação do Empreendimento

Razão Social: Mineração Morro do Ipê S.A.

CNPJ: 22.902.554/0001-17

Processo Administrativo
COPAM nº: 37478/2016

Endereço: Rodovia BR 381, Parte, KM 520, S/Nº –
Brumadinho – MG – 35460-000

Telefone: (31) 3614-1800 / (31) 3181-1315

E-mail: casaipe@ipemineração.com

4.3 Endereço para Envio de Correspondência

Destinatário: Wellington Pereira Maximiano

Vínculo: Coordenador de Geotecnia

Endereço: Rodovia BR 381, KM 520, S/Nº
Brumadinho – MG – 35460-000

4.4 Identificação do Representante Legal do Empreendimento

Nome: Cristiano Monteiro Parreiras

CPF: 030.102.416-23

Formação: Advogado

Cargo/Função: Diretor de Assuntos Corporativos

Telefone: (31) 99194-8589

E-mail: cristiano.parreiras@ipemineração.com

4.5 Responsável Técnico pela Segurança da Barragem

Nome: Wellington Pereira Maximiano

Formação: Engenheiro Civil

Registro Nacional Profissional: 1411469151 (CREA-MG)

Cargo: Coordenador de Geotecnia

Telefone: (31) 3614-1840

E-mail: welington.maximiano@ipemineração.com

4.6 Responsável Técnico pela Elaboração do Projeto para Descaracterização

Nome: Elias Josafá Cota
Formação: Engenheiro Civil / Geotécnico
Registro Nacional Profissional: 1403750408 (71537/D CREA-MG)
Telefone: (31) 3786-4226
E-mail: elias@terracota.pro

4.7 Localização da Barragem

A Barragem B1 – Mina Ipê localiza-se no vale do córrego Quéias, no município de Brumadinho-MG, em torno das coordenadas UTM (SIRGAS2000) 572.390 E e 7.775.120 N, próximo do alto da Serra das Farofas. O acesso é realizado pelo trevo imediatamente após o km 520 da rodovia Fernão Dias (BR-381), à margem direita no sentido sul (BH-SP).

Na Figura 4.1 é apresentada a localização da barragem.



Figura 4.1 – Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.8 Função atual

As funções da barragem englobaram a disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como de Classe II B – Resíduo Não Perigoso Inerte.

Em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada (“lavra”) do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma porção, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição. Atualmente a estrutura vem sendo preparada para entrar em processo de descaracterização.

4.9 Características Gerais

A Barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,00 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços.

Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

“Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...] Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...] Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banquetas de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros...”

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

Entre fevereiro e março de 2023 foi executado um aterro de reforço a jusante da estrutura de forma a atender o fator de segurança requerido para a condição de carregamento não drenado de pico ($FS \geq 1,30$).

As principais características da barragem são apresentadas na Tabela 4.1, sendo as informações existentes atualizadas considerando um levantamento topográfico de setembro de 2020 (BARRAGEM B1 IPÊ_15_10_ATUAL), levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "As Built" do segundo alteamento (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento topográfico "As Built" do aterro de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e o levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de satélite da estrutura. A Figura 4.3 e Figura 4.4 apresentam o arranjo geral e a seção B-B' de maior altura da barragem.

Tabela 4.1 – Principais características da Barragem B1 – Mina Ipê.

| DADOS GERAIS | |
|--|---|
| Nome da Estrutura | Barragem B1 – Mina Ipê |
| Código FEAM | 132 |
| Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento | Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89" |
| Finalidade do Barramento | Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro |
| Ano de Início de Implementação | ~1991 |
| Ano de Início de Operação | ~1991 |
| Ano de Término de Operação | 2017 |
| Ano de Término de Descaracterização | 2025 (previsão) |
| Situação (status) de operação atual da barragem | Inativa |
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
| Volume Total (m ³) | 1.236.370 (*) |
| Volume do reservatório (m ³) | 943.579 (*) |
| Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m ³) | 786.359 |
| Área do reservatório (m ²) | 51.226 |
| Elevação mínima do coroamento (m) | 1.057,83 |
| Elevação do terreno natural no pé do barramento (m) | 1.002,10 |
| Altura atual da barragem (m) | 55,0 |

| | |
|---|-------------------------------|
| Extensão do coroamento (m) | 176,0 |
| Largura do coroamento (m) | 6,0 |
| Largura das bermas (m) | Variável, no mínimo 3,0 |
| Inclinação geral do talude jusante | 2,55H:1V (21,4°) |
| Alteamentos realizados e seus métodos empregados | 2 alteamentos a montante (**) |
| Nível d'água máximo <i>maximorum</i> (TR 1.000 anos) (m) | 1.057,18 / 1.056,95 (***) |
| Nível d'água máximo <i>maximorum</i> (TR 10.000 anos) (m) | 1.057,56 / 1.057,03 (***) |
| Nível d'água máximo <i>maximorum</i> (PMP) (m) | 1.057,80 / 1.057,52 (***) |
| Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m) | 0,65 / 0,88 (***) |
| Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m) | 0,27 / 0,80 (***) |
| Borda livre mínima (PMP) (m) | 0,03 / 0,31 (***) |
| Descarga do vertedouro (TR 10.000 anos) (m ³ /s) | 8,09 (N.A. El. 1057,56 m) |
| Capacidade de Descarga do vertedouro (m ³ /s) | 11,25 (N.A. El. 1057,83 m) |
| Área da bacia de contribuição (km ²) | 0,51 |

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021 acrescido de 31.705 m³ referente ao aterro de reforço;

(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.

(***) Valores obtidos considerando que todo o volume livre estaria disponível para a passagem do trânsito de cheias.

O estado de conservação da estrutura foi avaliado de acordo com a Matriz presente no Anexo 1 da TR de Descaracterização para enquadramento para nível de alerta, conforme tabela a seguir. Atualmente a estrutura possui declaração de estabilidade garantida e não se enquadra em nenhum nível de alerta.

Tabela 4.2 – Avaliação do Estado de Conservação da Estrutura.

| ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC | | | |
|---|---|--|---|
| Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f) | Percolação (g) | Deformações e Recalques (h) | Deterioração dos taludes/Paramentos (i) |
| Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0) | Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0) | Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0) | Não existe deterioração de taludes e paramentos (0) |
| Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3) | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3) | Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2) | Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2) |
| Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Existência de trincas e abatimentos, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) |
| Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10) | Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) | Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) | Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) |
| EC = Σ (f até i) = 0 | | | |



Figura 4.2 – Imagem da Barragem B1 – Mina Ipê. (Fonte: GoogleEarth® - Maio/2023).

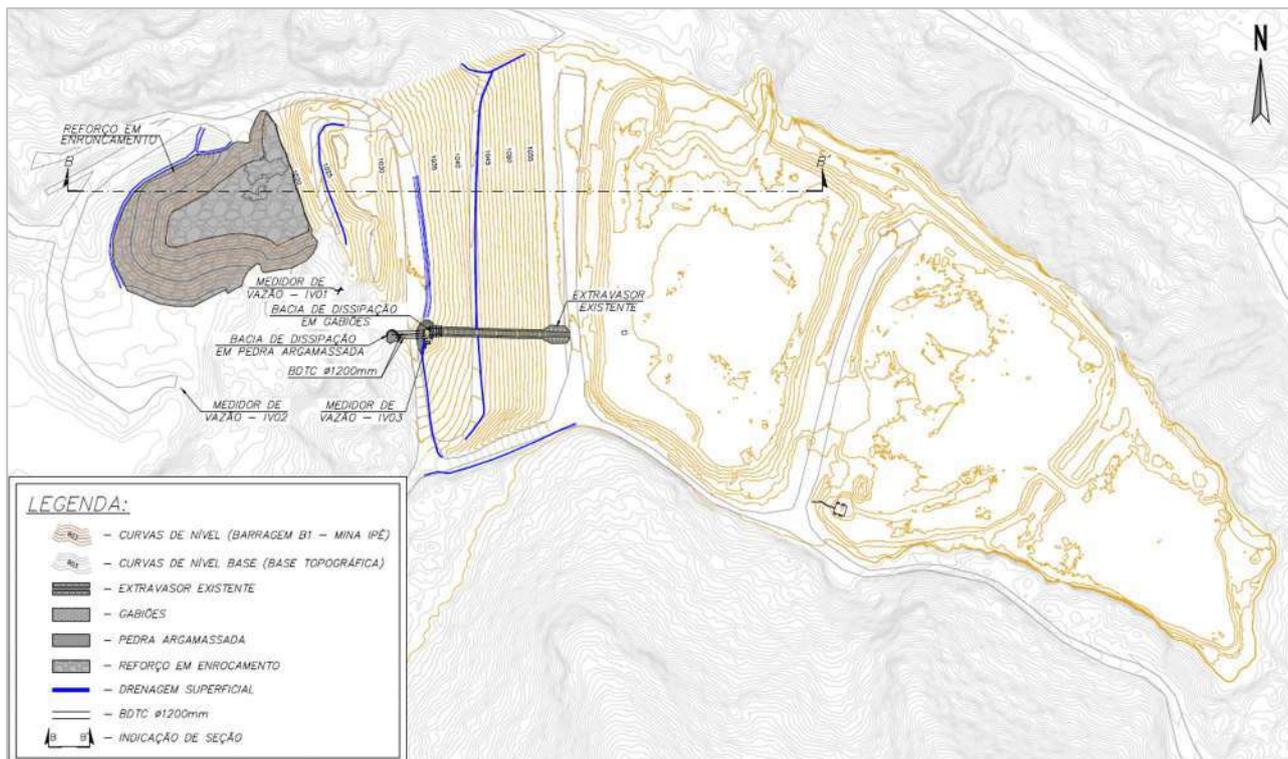


Figura 4.3 – Arranjo Geral atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

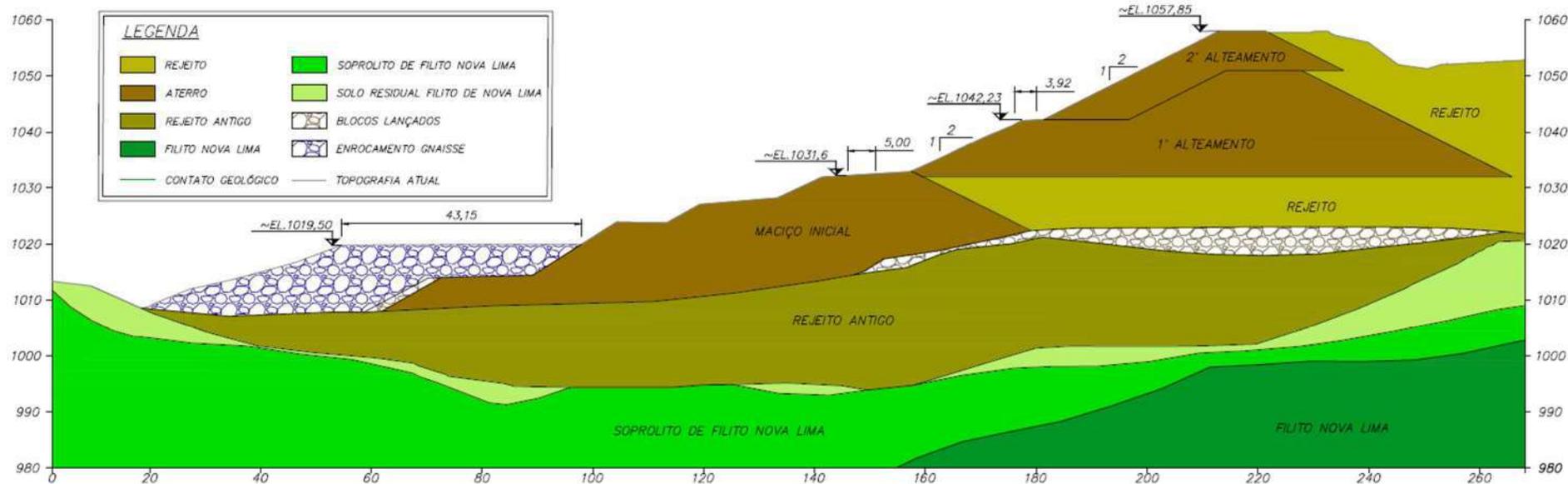


Figura 4.4 – Seção de maior altura B-B' da Barragem B1 – Mina Ipê.

5. Características da Barragem

5.1 Histórico

Segundo documento “EIA MMX ALTEAMENTO BARRAGEM B1 – Versão pré-protocolo 10/04/2012”, a Barragem B1 – Mina Ipê existe desde o ano de 1991, quando operava a serviço do empreendimento minerário da Mineradora Rio Bravo Ltda, arrendatária da Cia de Mineração Serra da Farofa – CEFAR. O documento cita que a concessão de lavra na região remonta a dezembro de 1977 e que a área teria sido arrendada pra diferentes empresas como a AVG até 02/1998, para a Cia Nacional de Mineração Candiota entre fevereiro e dezembro de 1998, posteriormente para a Minerminas Mineradora Minas Gerais Ltda. até ser adquirida pela MMX em 2008. Desde 2017 a Mineração Morro do Ipê é responsável pela Barragem B1 – Mina Ipê.

Em 1992 foi desenvolvido o projeto executivo do 1º alteamento da estrutura (documento R033/92), elaborado pelo consultor José Jaime Rodrigues Branco. O documento cita a execução de uma intervenção para reconformação do maciço da estrutura atual e construção de um pé drenante antes de iniciar as obras do alteamento. Após a execução do projeto, a estrutura passou a ter coroamento na El. ~ 1.051 m e sistema extravasor escavado em terreno natural, na ombreira esquerda da estrutura.

Entre 1992 e 2004 existe um hiato de informações relativas à estrutura, até que o órgão ambiental do estado passou a exigir a elaboração de auditorias técnicas de barragem (Deliberação Normativa COPAM no 62 de dezembro/2002). Para viabilizar a elaboração dos relatórios de auditoria, foi realizada em 2004 uma campanha de sondagem na estrutura que contou com a execução de 05 (cinco) furos de sondagem, instalação de 02 (dois) instrumentos e coleta de amostras deformadas que foram reconstituídas em laboratório para definição dos parâmetros de resistência do maciço. Os relatórios de auditoria entre 2004 e 2008, de autoria da Engeo, apresentam informações sucintas sobre o estado de conservação da estrutura e uma análise de estabilidade simplificada.

Uma campanha de sondagens foi realizada dentro do reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê no ano de 2007. Os furos de sondagem executados pela ProspecSolos serviram para investigar a capacidade de suporte do rejeito e sua espessura. O resultado da campanha foi utilizado pela Engeo para elaborar o projeto do “Dique B1-Auxiliar” do qual não se encontrou o relatório técnico. Na época o reservatório foi utilizado para o empilhamento de rejeito filtrado, conforme apresentado na Foto 5.1 e Foto 5.2, retiradas do acervo técnico da Terracota.



Foto 5.1 – Início da formação do empilhamento de rejeito (julho/2008).



Foto 5.2 – Empilhamento de rejeito no reservatório (agosto/2011).

Em agosto/2009, a auditoria de segurança foi realizada pela Dam Projetos de Engenharia, sendo que no relatório técnico também é apresentada uma carta de risco para a instrumentação. Nesse mesmo ano havia sido realizada nova campanha de sondagens que executou duas sondagens mistas no maciço da barragem com instalação do INA-03 e coletou uma amostra deformada para realização de ensaios de caracterização e resistência. Dentre as recomendações do relatório, destaca-se a construção de um dreno invertido na berma da El. 1.023,00 m devido a surgência encontrada em campo, a execução de revestimento no canal extravasor para evitar erosão do talude de jusante e a construção de um bueiro sob o acesso lançando a vazão escoada pelo canal extravasor no reservatório da antiga Barragem B2.

No acervo técnico da Terracota foram encontradas fotos de setembro a novembro de 2009, que mostram a execução das recomendações indicadas na auditoria técnica daquele ano. Como pode ser visto da Foto 5.3 à Foto 5.6, foi feita a prévia limpeza do terreno para construção do dreno invertido, que é composto de transição de areia, brita e pedra de mão. A Foto 5.7 e Foto 5.8 apresentam, respectivamente, a concretagem da laje do bueiro e uma vista do dispositivo após finalização da obra.



Foto 5.3 – Área da surgência antes do início das obras.



Foto 5.4 – Limpeza da face do talude e lançamento de camada de areia.



Foto 5.5 – Lançamento da camada de brita do dreno invertido.



Foto 5.6 – Dreno invertido finalizado com pedras de mão.



Foto 5.7 – Concretagem do bueiro sob o acesso da berma.



Foto 5.8 – Bueiro sob o acesso da berma finalizado.

Em 2010 a Dinésio Franco Consultoria elaborou estudos para retomada das operações de disposição de rejeito (documento B1-RetOper-Relatório) na Barragem B1 – Mina Ipê, em virtude

da exaustão da capacidade de acumulação da estrutura. O projeto previa a lavra de aproximadamente 375.000 m³ e o alteamento da barragem por linha de centro até a El. 1054,0 m para garantir a segurança hidráulica da estrutura. O alteamento não foi executado e a lavra do rejeito foi feita de forma parcial, deixando-se um dique no interior do reservatório que o dividiu em duas bacias que passaram a trabalhar de forma alternada a deposição de rejeito enquanto se fazia a limpeza da outra. A Foto 5.9 e Foto 5.10, retiradas do acervo técnico da Terracota, apresentam a separação das bacias e a operação dos espigotes.



Foto 5.9 – Vista lateral das bacias e dique auxiliar (janeiro/2011).



Foto 5.10 – Detalhe dos espigotes instalados na crista do dique auxiliar. (janeiro/2011).

A Dinésio Franco emitiu um parecer técnico em abril/2011 a respeito das condições de estabilidade e de conservação do dique auxiliar (B1-DQaux-Parecer Técnico). Na ocasião da inspeção foi constatado que o ângulo de corte do rejeito era muito mais íngreme do que o indicado no projeto de lavra e existiam pontos em que a bacia trabalhava praticamente sem borda livre. O relatório concluiu que do ponto de vista da segurança hidráulica as condições eram críticas, tendo em vista que o dique auxiliar se encontrava em elevação superior à elevação da crista da barragem. Foi indicada a criação de bacia adjacente à área para lançamento do rejeito e rebaixamento / remoção do dique auxiliar.

Em meados de 2012, durante os serviços de limpeza do reservatório da estrutura da Barragem B2 a jusante, foi criada uma berma no pé da Barragem B1 – Mina Ipê, na elevação média 1.015,0 m, também executada com rejeitos e com face protegida com enrocamento de itabirito.

Em 2013 a Dinésio Franco elaborou o projeto executivo do 2º alteamento da Barragem B1 – Mina Ipê (documento P1322-MMX-E-BA-RL-01-GE), que previa o alteamento até a El. 1055,0 m com a construção de um maciço apoiado na berma e crista do maciço do 1º alteamento. O extravasor antigo escavado na ombreira esquerda da estrutura foi preenchido pelo alteamento,

sendo o novo extravasor projetado sobre o talude de jusante da barragem, próximo a ombreira esquerda, composto de vertedouro operacional com capacidade para TR = 500 anos e vertedouro de emergência para chuva decamilenar. Para o estudo foi realizada uma campanha de sondagens em 2013 pela Pattrol, na qual foram executadas 02 sondagens mistas e 06 sondagens a percussão. Existe projeto "As Built" das obras executadas (P1505-MMX-D-BA-RL-01-GE), elaborado em 2015, que indica que houve alteração na geometria de projeto para o coroamento ficar na El. 1057,10 m, mantendo-se o eixo de projeto. Após a conclusão do alteamento foi coletada amostra do maciço para realização de ensaio triaxial.

Em 2018 a Dam Projetos de Engenharia realizou a auditoria de segurança regular da Barragem B1 – Mina Ipê (documento BYV-C-TA-RE-021) e concluiu que o extravasor tinha capacidade para amortecimento de cheia decamilenar, desde que considerado o amortecimento no reservatório, e recomendou adequação para garantia da segurança desconsiderando o volume abaixo da cota do extravasor, premeditando perda de volume de amortecimento após a desativação da barragem. Outra recomendação relevante foi o rebaixo do dique auxiliar na cota do emboque do sistema extravasor, de forma a conectar as bacias da estrutura durante eventos chuvosos.

Entre 2020 e 2022 foi executada uma extensa campanha de sondagens, ensaios CPTu e ensaios de laboratório para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da estrutura. O projeto se encontra atualmente em fase conceitual e foi desenvolvido pela empresa DF+ Geotécnica e Recursos Hídricos (documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.315). No âmbito do projeto foi desenvolvido modelo tridimensional da geologia da estrutura, apresentado no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.331.

Em maio/2022 a MMI contratou a elaboração de estudos para análise do risco sísmico na área da Mina Ipê e da Mina Tico-Tico. Os estudos foram desenvolvidos pela CREAM e definiram as acelerações para utilização nas análises de estabilidade pseudo-estáticas. De maio a julho desse mesmo ano, o sistema extravasor passou por obras de adequação para comportar o vertimento de cheia decamilenar considerando o reservatório preenchido até a elevação do emboque do extravasor de emergência. O projeto "As Built" consta no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.542.

Na 2ª quinzena de janeiro de 2023, após a emissão do relatório de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.537) pela TERRACOTA, verificou-se a necessidade de atualizar os parâmetros de resistência dos materiais e realizar novas análises de estabilidade adotando o cenário de carregamento não drenado de pico.

Com a atualização dos dados de instrumentação, na 2ª quinzena de janeiro de 2023, verificou-se que o fator de segurança ao deslizamento das análises não drenadas de pico atingiu valor abaixo do limite inferior recomendado pela legislação ($FS \geq 1,30$), para a seção B-B', quando foi obtido $FS=1,22$. Desta forma, fez-se necessária a proposição de um reforço para a barragem com blocos de gnaiss de dimensões centimétricas (pedras de mão) bem como a instalação de instrumentação de controle complementar, conforme apresentado no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.640.

As obras do referido reforço foram executas no período entre os dias 16 de fevereiro e 04 de março de 2023 e apresentadas no projeto "As Built", documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.728.

Na Figura 5.1 é apresentada uma linha do tempo resumindo os fatos relevantes ocorridos na estrutura.

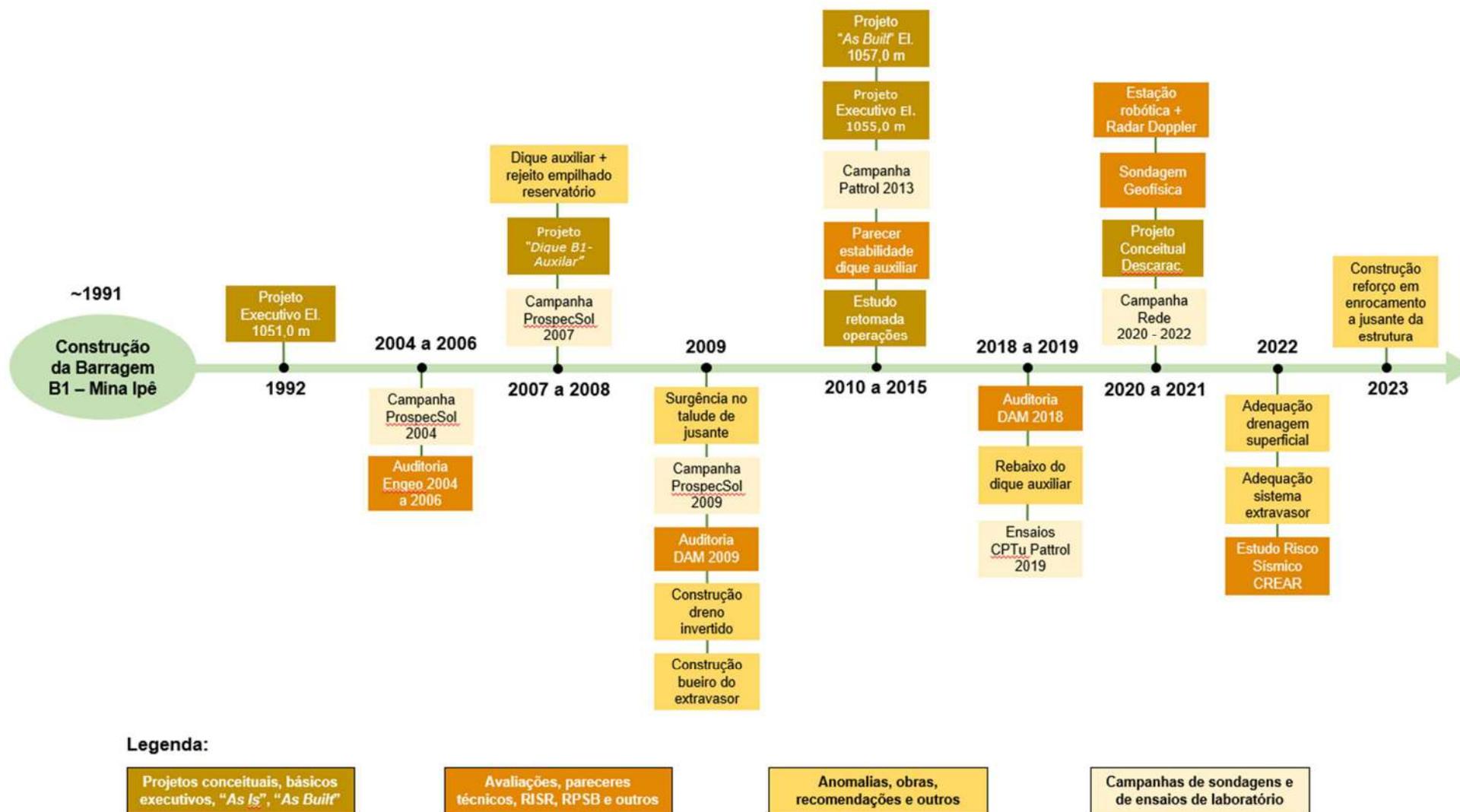


Figura 5.1 – Barragem B1 – Mina Ipê - Linha do tempo.

5.2 Base Topográfica

O levantamento topográfico mais atual e com bom nível de detalhamento da área da Barragem B1 – Mina Ipê está contido no arquivo IPE.OP.DF.8000.GT.20.008J.dwg. elaborado pela ERG Engenharia em 20/10/2020 e que foi complementado com: levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), levantamento topográfico do projeto “As Built” (TOPOGERAL_11082014.dxf), levantamento “As Built” da berma de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg).

O levantamento executado pela ERG foi realizado com veículo aéreo não tripulado (VANT) com precisão de 0,03 m, apresentando curvas de metro em metro e não tendo sido incorporadas ao arquivo linhas de pé e crista da estrutura. As curvas de nível contidas neste arquivo englobam a Barragem B1 – Mina Ipê, a Barragem B2 – Mina Tico-Tico, a Barragem B1-Auxiliar – Mina Tico-Tico a Barragem B1-Ecológica – Mina Tico-Tico e outras estruturas adjacentes como a cava e empilhamentos diversos. O voo foi executado em Datum SIRGAS2000, a partir de marcos geodésicos utilizados como referência, conforme apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Marcos geodésicos utilizados no levantamento topográfico adotado.

| ID | E | N | Z | Fuso / Mediano Central | Datum |
|---------|-------------|---------------|-----------|------------------------|------------|
| MT-2742 | 574.237,642 | 7.776.686,640 | 1.011,591 | 23 / -45° | SIRGAS2000 |
| MT-2791 | 572.750,966 | 7.775.431,882 | 1.129,893 | 23 / -45° | |
| MT-2799 | 573.867,470 | 7.775.660,917 | 1.291,993 | 23 / -45° | |

As locações de outros dispositivos acessórios como descidas d’água, vertedouros, bueiros, caixas de passagem etc., foram retirados de levantamento topográfico cadastral realizado pela MMI em junho de 2023 (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg) e acrescentados à base topográfica da estrutura.

5.3 Maciço

Não foi encontrada documentação do projeto executivo do maciço inicial da Barragem B1 – Mina Ipê, documento de projeto “As Built” ou qualquer referência da projetista responsável pela obra sobre o material constituinte do dique de partida. Entretanto, as sondagens executadas no projeto “As Is” de 2015 e as sondagens executadas pela Rede entre 2020 e 2022 indicaram que o dique de partida da Barragem B1 – Mina Ipê foi executado com material de rejeito. Entende-se que não houve controle na compactação do dique de partida, tendo em vista a variação de

sua resistência N_{SPT} na faixa de 03 a 45 golpes, com valor médio igual a 20. O dique foi executado na elevação média 1.031,00 m e, segundo consta no documento "EIA MMX ALTEAMENTO BARRAGEM B1", sua construção se deu no ano de 1991.

O primeiro alteamento da barragem foi executado com rejeito do próprio reservatório da estrutura inicial e foi construído pelo método de montante, conforme consta no relatório técnico do 1º alteamento (documento R033/92) elaborado pelo consultor José Jaime Rodrigues Branco discutido no item 5.1 deste relatório. Entende-se que não houve controle na compactação do dique do primeiro alteamento, tendo em vista variação de sua resistência N_{SPT} na faixa de 05 a 55 golpes, com valor médio igual a 22. O alteamento foi executado com coroamento na elevação média 1.051,00 m, sem data definida do término da construção, mas se sabe que seu projeto executivo remete a 1992.

O maciço do segundo alteamento foi executado com rejeito desaguado compactado com controle de compactação e possui projeto "As Built" com evidências fotográficas e de ensaios de campo (P1505-MMX-D-BA-RL-01-GE). O projeto executivo foi elaborado pela empresa Dinésio Franco Consultoria Ltda. em setembro/2013 (documento P1322-MMX-E-BA-RL-01-GE) e as obras ocorreram entre o período de 18/11/2013 a 30/05/2014. O controle de compactação feito em campo é retratado pela homogeneidade da resistência N_{SPT} verificada nas sondagens, que apresentam valor mínimo de 25 golpes e máximo de 58 golpes, sendo o valor médio igual a 39 golpes.

O maciço do alteamento foi projetado na El. 1055,50 m e executado na El. 1057,00 m, apoiado sobre a crista e a berma do maciço existente, conforme apresentado na Figura 5.2. Após a atualização do sistema de coordenadas para o Datum SIRGAS2000, o dique do segundo alteamento tem coroamento com ponto mais baixo na El. 1.057,83 m.

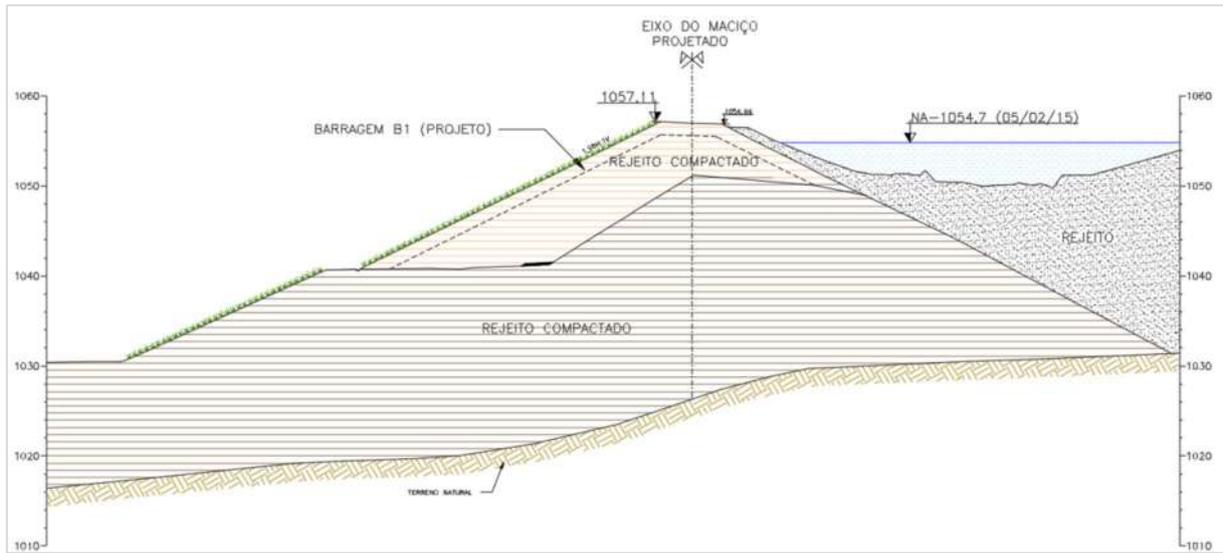


Figura 5.2 – Seção B-B' do As Built elaborado pela Dinésio Franco Consultoria para o alteamento El. 1057,0 m (adaptado P1505-MMX-D-BA-DE-05-MC).

Na região da crista e bermas dos alteamentos foi lançado material laterítico para proteção contra a erosão. Os taludes de jusante dos maciços de todas as fases construtivas se encontram revestidos com vegetação gramínea, com exceção do dique de pé drenante construído antes da execução do 2º alteamento como obra de adequação, cuja face é protegida por blocos de itabirito.

O maciço da barragem foi reforçado a jusante com aterro de blocos de gnaiss, conforme mencionado anteriormente.

Da Foto 5.11 a Foto 5.14 é apresentada a condição atual dos taludes de jusante dos maciços das diversas fases.



Foto 5.11 – Vista do aterro de reforço e dos taludes de jusante.



Foto 5.12 – Vista dos taludes de jusante, a partir do acesso a berma El. 1.032,00 m.



Foto 5.13 – Vista dos taludes de jusante, a partir do reforço de enrocamento.



Foto 5.14 – Detalhe do talude do reforço em enrocamento.

5.4 Fundação

A fundação da Barragem B1 – Mina Ipê foi mapeada e modelada em três dimensões pela DF+ Geotecnia e Recursos Hídricos, conforme exposto no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.331.

De uma maneira geral, a fundação da estrutura é composta por uma camada fina de solo residual de filito, seguida por uma camada espessa de solo saprolítico de filito repousando sobre a rocha mãe. Em algumas seções transversais (seção B-B' e C-C') são encontrados materiais antropizados subjacentes aos maciços da estrutura, como uma camada caracterizada como rejeito antigo de espessura de até 25,0 m e uma camada de blocos lançados sobre o rejeito antigo.

5.5 Sistema de Drenagem Interna

Não há informações a respeito de um sistema de drenagem interna do maciço do dique de partida. Com relação ao primeiro alteamento, o relatório executivo do projeto (documento R_033_92) menciona que a drenagem interna da estrutura seria constituída por um filtro inclinado e um colchão drenante sob o maciço do alteamento, com cerca de 0,70 cm de espessura de "sinter feed", que encontra a jusante um dreno longitudinal ao eixo da barragem constituído por tubulação de concreto poroso de inclinação longitudinal de 0,5%, com saída no canal do sistema extravasor, embora não tenha sido apresentada qualquer memória de cálculo de seu dimensionamento. Os sistemas de drenagem interna descritos teriam sido instalados no maciço de alteamento e no reforço projetado no pé de jusante da estrutura, conforme mostrado na Figura 5.3 e Figura 5.4.

Todavia, não foi encontrado projeto "As Built" do 1º alteamento que possa garantir que o sistema de drenagem interna tenha sido executado, e nenhuma das campanhas de sondagem executadas na estrutura foi capaz de identificar materiais de dreno, provavelmente pela

utilização de "sinter feed" o que dificultaria a distinção do material do dreno e do rejeito compactado utilizado no alteamento.

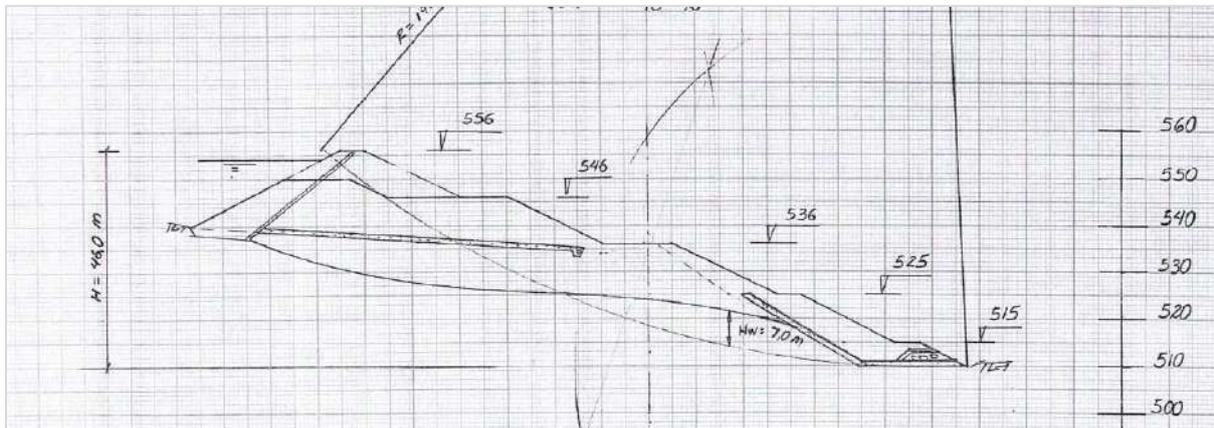


Figura 5.3 – Seção apresentada no relatório R033/92 elaborado por José Jaime Rodrigues Branco.

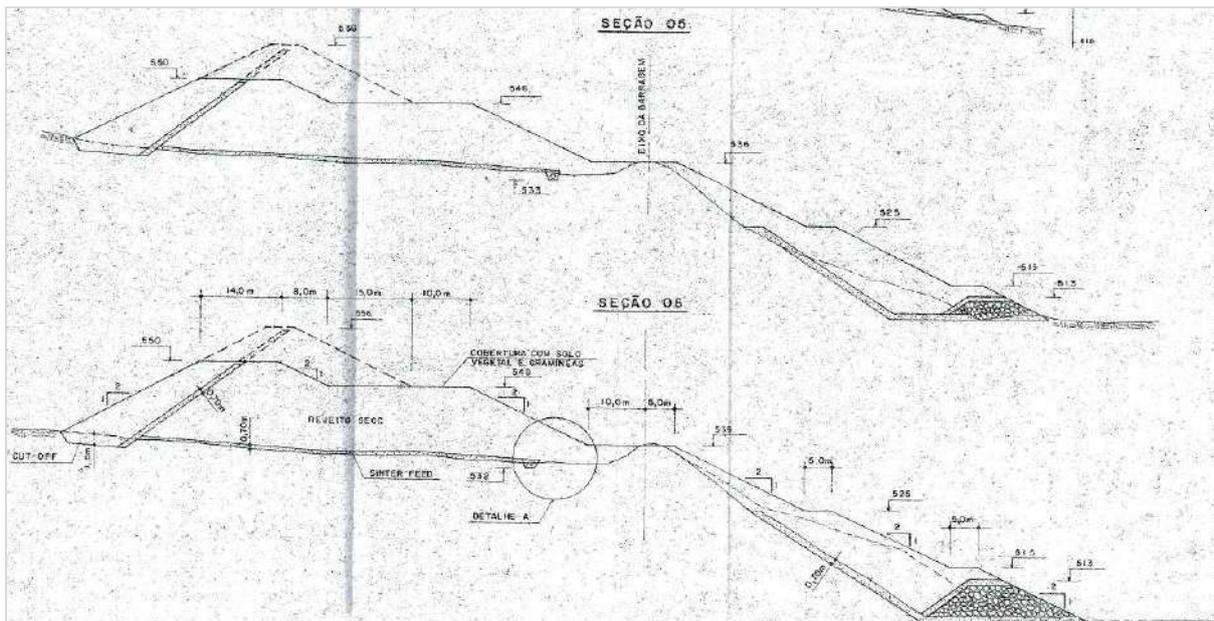


Figura 5.4 – Exemplos de seções apresentadas no Projeto Executivo do 1º alteamento da Barragem B1 - Mina Ipê. (Fonte: desenho Seções Transversais).

Sob o maciço da 3ª etapa de alteamento foi construído um sistema de drenagem interna na elevação 1.041,0 m composto por um colchão drenante de brita 0, com 0,20 m de espessura, envolto por geotêxtil filtrante, complementado por dreno de brita 1. O monitoramento das vazões é realizado na placa implantada (IV-03), próximo à bacia de dissipação do sistema extravasor que historicamente se mantém seca. Na Figura 5.5 são apresentadas fotos da construção do sistema de drenagem do 2º alteamento e na Foto 5.15 e Foto 5.16 é apresentada sua saída com placa medidora de vazão.



Figura 5.5 – Construção do dreno coletor.



Foto 5.15 – Vista da saída da drenagem interna ao lado da bacia de dissipação do extravasor.



Foto 5.16 – Detalhe da saída da drenagem interna do 2º alteamento.

Na El 1.018,00 m foi construído, em 2009, um dreno invertido (Foto 5.17) para captar a água de uma surgência encontrada no talude da estrutura. A água percolada por esse dreno tem aspecto límpido, sem indicação de carreamento de material. A jusante da saída do dreno foi instalada uma placa indicadora de vazão (Foto 5.18) para controle do volume de água percolada.



Foto 5.17 – Dreno invertido instalado em 2009 para tratar surgência.



Foto 5.18 – Saída da drenagem interna da barragem (IV-01).

Existem surgências e/ou nascentes de água nas áreas mais baixas do pé da barragem em torno da elevação 1.005,0 m. Para minimizar o carreamento de finos foram lançadas camadas de blocos rochosos na região, agora cobertos pelo aterro de reforço (Foto 5.19). A verificação das vazões é monitorada pela placa indicadora de vazões implantada IV-02 (Foto 5.20), onde o fluxo é perene.



Foto 5.19 – Enrocamento de reforço a jusante da barragem.



Foto 5.20 – Ponto de monitoramento de vazões (IV-02).

5.6 Dispositivos de Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial da barragem é constituído por canaletas tipo meia cana pré-moldadas de concreto instaladas nas bermas e nas ombreiras. No pé do segundo talude de jusante a drenagem superficial é feita por canal revestido por manta cimentícia e pedras de mão. Junto a ombreira direita da estrutura existe uma descida d'água escavada em terreno natural que capta a água escoada nos taludes desta ombreira e parcialmente a água que escoo pela berma do acesso (El. 1032,00 m).

Os dispositivos instalados na berma do 2º alteamento conduzem a água para o canal do sistema extravasor, enquanto nas demais bermas a água é conduzida para jusante a partir de diversos pontos de lançamento. Da Foto 5.21 a Foto 5.28 são ilustrados os dispositivos de drenagem superficial da barragem.



Foto 5.21 – Canaleta meia cana em concreto na berma do 2º alteamento.



Foto 5.22 – Saída da canaleta da berma do 2º alteamento no canal do extravasor.



Foto 5.23 – Trecho com revestimento em manta cimentícia e em pedras de mão.



Foto 5.24 – Canaleta meia na berma do dreno invertido (El. 1025,00 m).



Foto 5.25 – Descida d'água da ombreira direita (trecho em canaleta meia cana).



Foto 5.26 – Descida d'água da ombreira direita (trecho escavado em terreno natural).



Foto 5.27 – Drenagem superficial no contorno da ombreira direita do reforço de enrocamento.



Foto 5.28 – Drenagem superficial no contorno da ombreira direita do reforço de enrocamento.

5.7 Sistema Extravasor

O sistema extravasor da Barragem B1 – Mina Ipê está localizado na região central do maciço da barragem. É constituído por um canal de seção trapezoidal em gabiões tipo colchão revestidos com concreto. Ao final da descida em trecho liso foi implantada uma descida em degraus em gabião caixa até a bacia de dissipação, também executada em gabião. Após a dissipação, a água é conduzida a partir de dois bueiros (BDTC Ø1,20m) que passam sob a berma/ acesso e encaminham o fluxo para jusante da barragem.

Entre maio e julho de 2022, o sistema extravasor da barragem passou por um processo de adequação, no qual o antigo vertedouro operacional foi demolido para que o emboque do extravasor de emergência tivesse capacidade de escoamento de cheia relacionada ao período de retorno TR = 10.000 anos. O extravasor atual tem emboque na El. 1.056,32 m com largura de 2,50 m (base menor) x 1,20 m de altura. No documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.542 é apresentado o projeto "As Built" da adequação do sistema extravasor da barragem.

Da Foto 5.29 a Foto 5.32 são ilustrados os dispositivos componentes do sistema extravasor da Barragem B1 – Mina Ipê.



Foto 5.29 – Emboque do sistema extravasor.



Foto 5.30 – Vista do canal extravasor.



Foto 5.31 – Vista da descida em degraus, bacia de dissipação e bueiros



Foto 5.32 – Vista da saída das galerias circulares.

5.8 Instrumentação de Controle

A instrumentação de controle da barragem é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água, 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas, 04 (quatro) marcos superficiais, 03 (três) indicadores de vazão, 02 (dois) sismógrafos e 30 (trinta) prismas com leitura automatizada a partir de estação robótica para controle de deformação, distribuídos em 03 (três) seções transversais de monitoramento.

Os níveis de controle dos indicadores de nível d'água e piezômetros instalados na barragem foram definidos a partir de análises de estabilidade considerando a resistência não drenada de

pico para o rejeito do reservatório e rejeito antigo da fundação localizados abaixo da superfície freática definida pela instrumentação.

Os níveis dos instrumentos foram gradativamente aumentados até que se atingissem os fatores de segurança correspondentes ao **nível normal**, **nível de alerta** e **nível de emergência**, conforme definição a seguir pautada na Resolução 95/2022:

- 1- **Nível normal:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,30 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 1);
- 2- **Nível de alerta:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,20 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 2);
- 3- **Nível de Emergência:** leituras da instrumentação cuja superfície freática resulta em fator de segurança igual a 1,00 (limite para classificação da barragem em Nível de Emergência 3).

A carta de risco da estrutura é apresentada no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.652.

A Figura 5.6 apresenta a locação em planta dos instrumentos e da Figura 5.7 e na Figura 5.9 são apresentadas as seções transversais de controle. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo da locação, características e níveis de controle dos instrumentos.

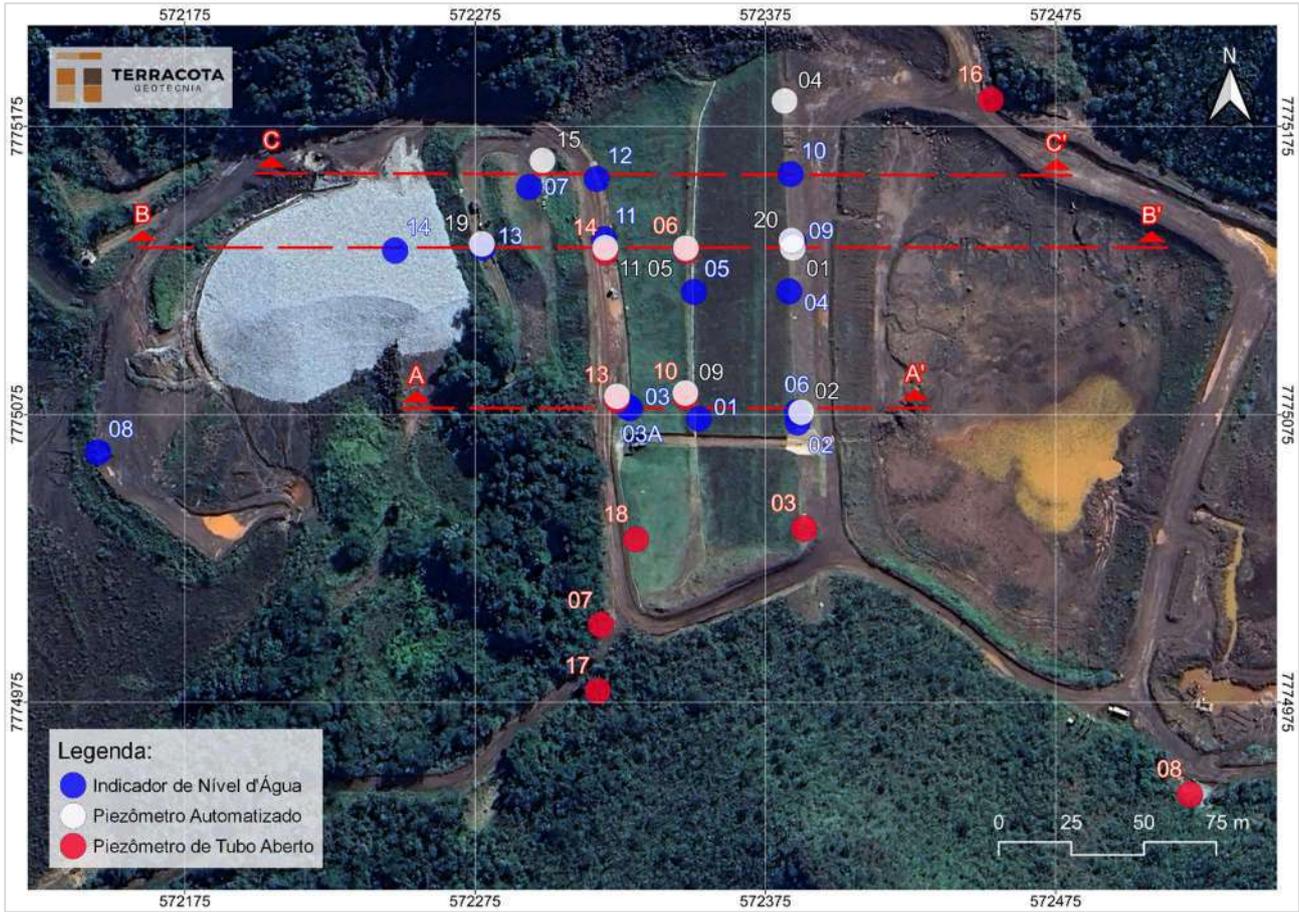


Figura 5.6 – Localização dos INAs e PZs – Barragem B1 – Mina Ipê.

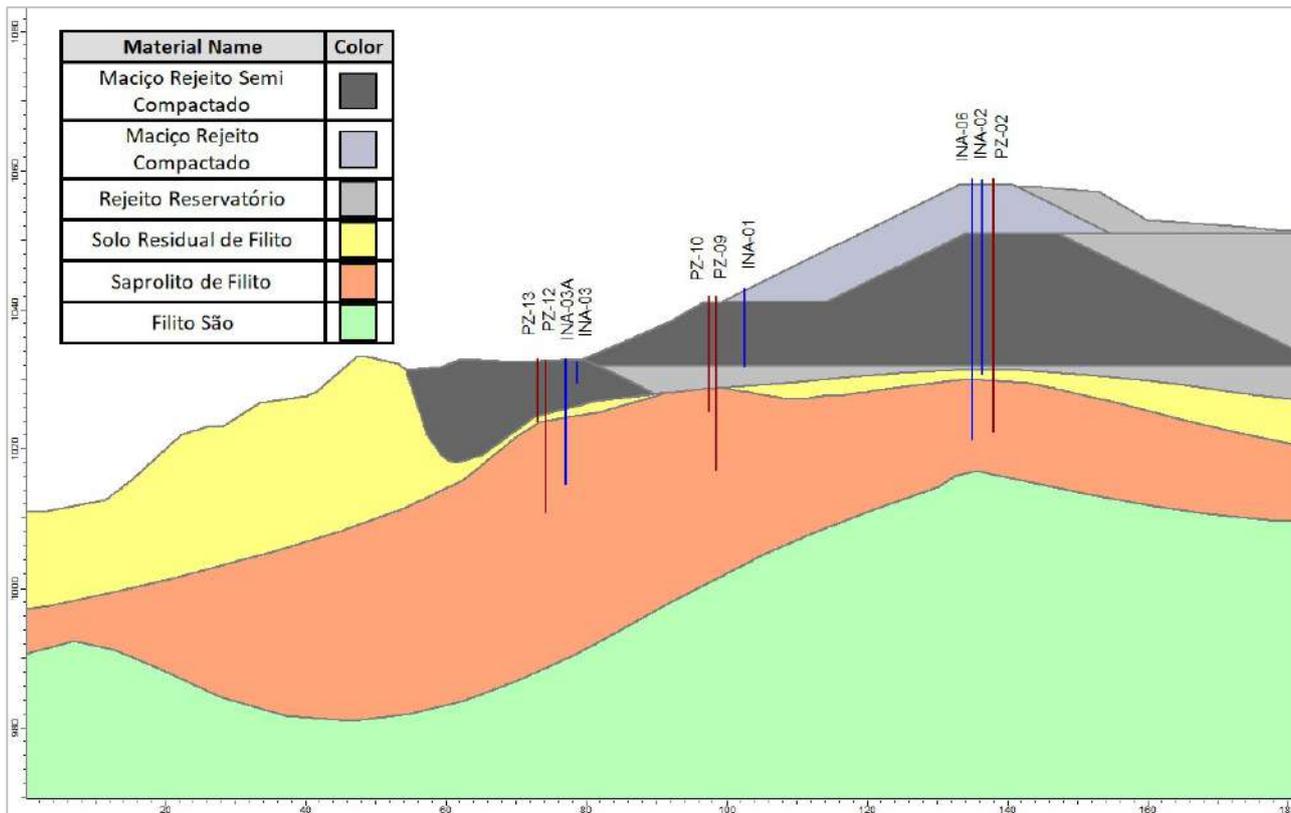


Figura 5.7 – Seção transversal de controle A-A'.

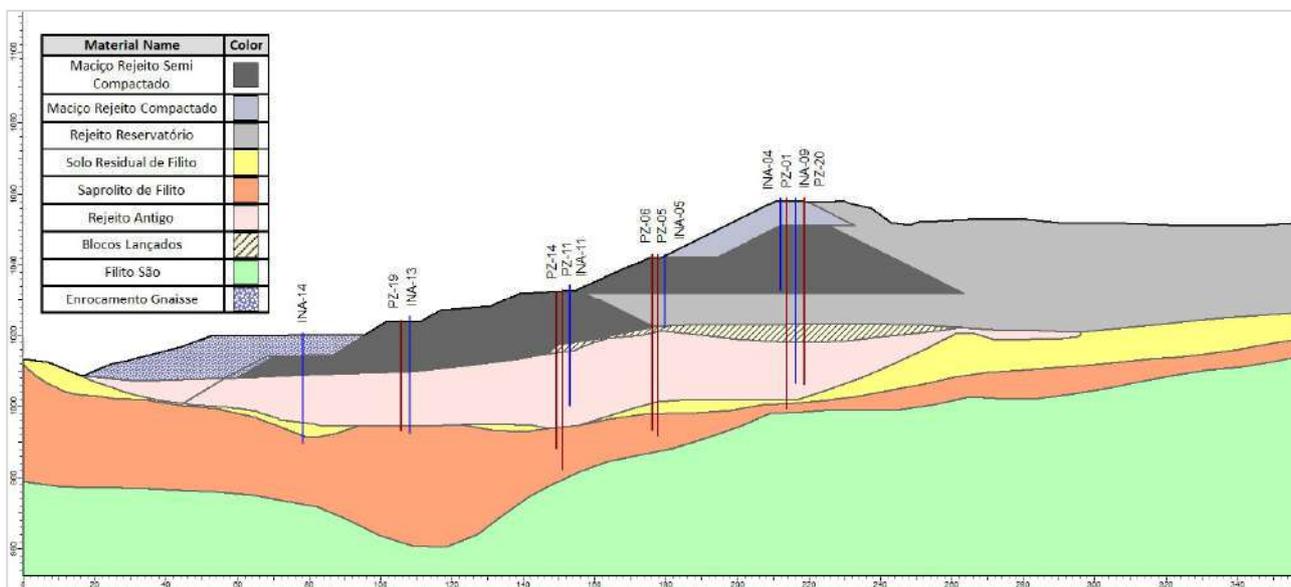


Figura 5.8 – Seção transversal de controle B-B'.

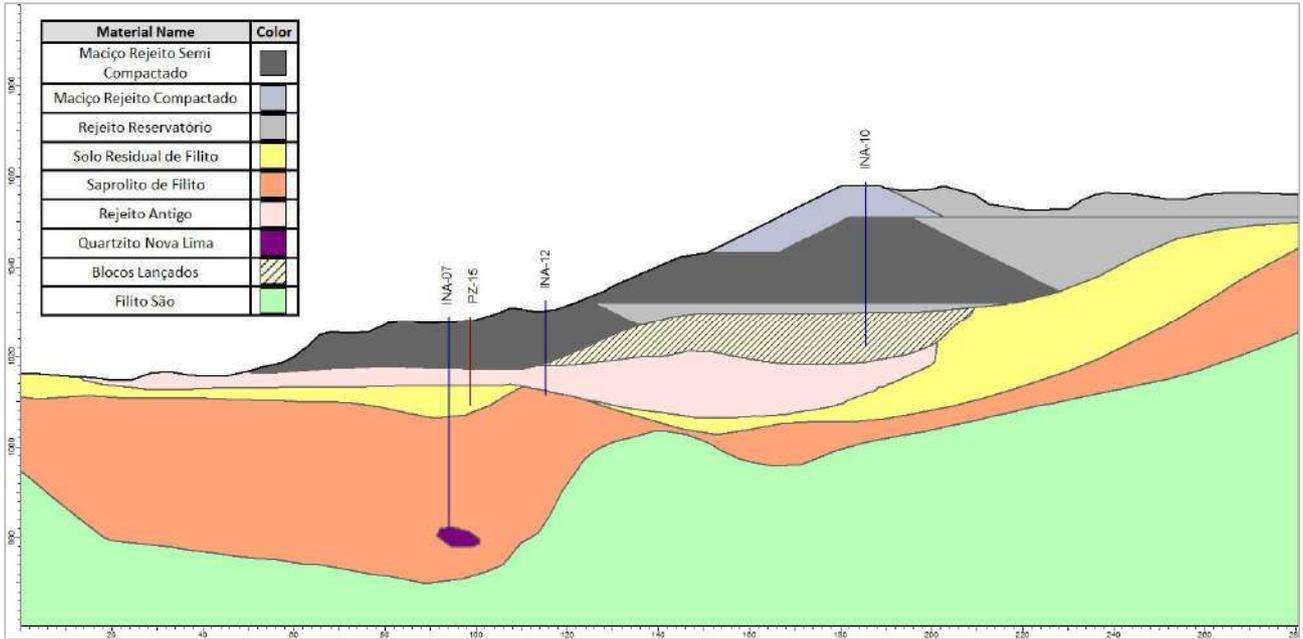


Figura 5.9 – Seção transversal de controle C-C'.

Tabela 5.2 – Locação, características e níveis de controle da instrumentação instalada na Barragem B1 – Mina Ipê.

| Seção | Instrumento | Coordenadas SIRGAS2000 (UTM) | | Cota de Topo (m) | Cota de Fundo (m) | Profundidade (m) | Níveis de Controle (Condição Não Drenada) | | |
|-------|-------------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| | | E (m) | N (m) | | | | Freática Normal (m) | Freática Alerta (m) | Freática Emergência (m) |
| A-A' | PZ-02 ⁽¹⁾ ⁽²⁾ | 572.387,357 | 7.775.075,880 | 1.058,79 | 1.022,43 | 36,36 | 1.044,50 | 1.048,00 | 1.050,75 |
| | INA-02 | 572.386,124 | 7.775.072,282 | 1.058,73 | 1.030,77 | 27,96 | 1.044,00 | 1.047,50 | 1.050,50 |
| | INA-06 | 572.385,825 | 7.775.075,896 | 1.058,91 | 1.021,41 | 37,50 | 1.044,00 | 1.047,50 | 1.050,50 |
| | INA-01 | 572.352,124 | 7.775.073,548 | 1.043,18 | 1.031,86 | 11,32 | 1.034,25 | 1.038,50 | 1.041,50 |
| | PZ-09 ⁽¹⁾ | 572.347,436 | 7.775.082,495 | 1.042,08 | 1.017,02 | 25,06 | 1.032,75 | 1.037,00 | 1.040,50 |
| | PZ-10 | 572.347,445 | 7.775.081,231 | 1.042,09 | 1.025,33 | 16,76 | 1.032,75 | 1.037,00 | 1.040,50 |
| | INA-03 | 572.328,377 | 7.775.077,173 | 1.032,53 | 1.029,53 | 3,00 | 1.029,63 | 1.030,00 | 1.032,00 ⁽⁵⁾ |
| | INA-03A | 572.327,458 | 7.775.077,687 | 1.032,93 | 1.015,02 | 17,91 | 1.029,63 | 1.030,00 | 1.032,00 ⁽⁵⁾ |
| | PZ-12 ⁽¹⁾ | 572.323,871 | 7.775.081,376 | 1.032,90 | 1.010,87 | 22,03 | 1.024,00 | 1.028,25 | 1.031,25 |
| PZ-13 | 572.323,785 | 7.775.080,033 | 1.032,95 | 1.023,95 | 9,00 | 1.024,25 | 1.028,25 | 1.031,25 | |
| B-B' | INA-09 | 572.384,760 | 7.775.134,730 | 1.058,76 | 1.006,45 | 52,31 | 1.026,00 | 1.028,00 | 1.039,75 |
| | PZ-20 ⁽¹⁾ | 572.384,013 | 7.775.135,403 | 1.058,84 | 1.006,15 | 52,69 | 1.026,00 ⁽⁶⁾ | 1.028,00 ⁽⁶⁾ | 1.039,75 ⁽⁶⁾ |
| | PZ-01 ⁽¹⁾ | 572.384,428 | 7.775.132,832 | 1.058,76 | 999,45 | 58,31 | 1.026,00 | 1.028,00 | 1.039,75 |
| | INA-04 | 572.383,201 | 7.775.117,738 | 1.058,68 | 1.032,92 | 25,76 | 1.033,50 | 1.033,80 | 1.039,50 |
| | INA-05 | 572.350,371 | 7.775.117,560 | 1.043,04 | 1.022,04 | 21,00 | 1.022,50 | 1.025,00 | 1.033,00 |
| | PZ-05 ⁽¹⁾ ⁽²⁾ | 572.347,582 | 7.775.132,777 | 1.043,02 | 991,89 | 51,13 | 1.022,25 | 1.024,50 | 1.032,75 |
| | PZ-06 | 572.347,644 | 7.775.131,804 | 1.042,98 | 998,22 | 44,76 | 1.022,00 | 1.024,75 | 1.032,50 |
| | PZ-11 ⁽¹⁾ ⁽²⁾ | 572.319,815 | 7.775.132,876 | 1.032,42 | 982,32 | 50,10 | 1.016,00 | 1.023,00 | 1.028,50 |
| PZ-14 | 572.319,863 | 7.775.131,265 | 1.032,37 | 988,35 | 44,02 | 1.015,75 | 1.022,75 | 1.028,25 | |

| Seção | Instrumento | Coordenadas SIRGAS2000 (UTM) | | Cota de Topo (m) | Cota de Fundo (m) | Profundidade (m) | Níveis de Controle (Condição Não Drenada) | | |
|--|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| | | E (m) | N (m) | | | | Freática Normal (m) | Freática Alerta (m) | Freática Emergência (m) |
| B-B' | INA-11 | 572.319,341 | 7.775.135,878 | 1.032,11 | 1.000,26 | 31,85 | 1.015,75 | 1.022,75 | 1.028,25 |
| | PZ-19 ⁽¹⁾ | 572.277,304 | 7.775.134,203 | 1.024,15 | 993,23 | 30,92 | 1.011,85 ⁽⁶⁾ | 1.017,00 ⁽⁶⁾ | 1.021,00 ⁽⁶⁾ |
| | INA-13 | 572.277,614 | 7.775.132,962 | 1.023,99 | 992,45 | 31,54 | 1.011,85 | 1.017,00 | 1.021,00 |
| | INA-14 | 572.247,450 | 7.775.131,940 | 1.020,59 | 989,66 | 30,93 | 1.010,50 | 1.013,00 | 1.016,00 |
| C-C' | INA-10 | 572.383,702 | 7.775.158,426 | 1.058,81 | 1.022,31 | 36,50 | 1.031,00 | 1.033,00 | 1.039,00 |
| | INA-12 | 572.316,904 | 7.775.156,769 | 1.030,92 | 1.011,61 | 19,31 | 1.019,80 | 1.021,60 | 1.027,80 |
| | PZ-15 ⁽¹⁾ | 572.298,192 | 7.775.163,172 | 1.028,59 | 1.009,29 | 19,30 | 1.017,00 | 1.018,75 | 1.025,00 |
| | INA-07 | 572.293,620 | 7.775.153,940 | 1.028,24 | 982,17 | 46,07 | 1.016,75 | 1.018,50 | 1.025,00 |
| Instrumentos fora de seção de controle | PZ-03 ^{(2) (3)} | 572.388,311 | 7.775.035,497 | 1.058,11 | 1.021,13 | 36,98 | 1.044,00 | 1.047,50 | 1.050,50 |
| | PZ-04 ^{(1) (2) (3)} | 572.381,613 | 7.775.183,815 | 1.058,95 | 1.021,34 | 37,61 | 1.031,00 | 1.033,00 | 1.039,00 |
| | PZ-18 ^{(2) (3)} | 572.330,441 | 7.775.031,720 | 1.038,21 | 1.007,85 | 30,36 | 1.024,00 | 1.028,25 | 1.031,25 |
| | INA-08 ⁽⁴⁾ | 572.145,050 | 7.775.061,910 | 1.005,00 | 959,13 | 45,87 | Instrumento localizado muito a jusante | | |
| | PZ-07 ⁽⁴⁾ | 572.318,282 | 7.775.001,790 | 1.042,31 | 992,28 | 50,03 | Monitoramento hidrogeológico | | |
| | PZ-08 ⁽⁴⁾ | 572.521,244 | 7.774.943,098 | 1.060,37 | 974,82 | 85,55 | Monitoramento hidrogeológico | | |
| | PZ-16 ⁽⁴⁾ | 572.452,571 | 7.775.184,306 | 1.059,85 | 1.010,23 | 49,62 | Monitoramento hidrogeológico | | |
| | PZ-17 ⁽⁴⁾ | 572.317,208 | 7.774.978,906 | 1.043,88 | 997,28 | 46,60 | Monitoramento hidrogeológico | | |
| A-A' | MS-01 | 572.382,448 | 7.775.072,921 | 1.058,025 | - | - | Não aplicável | | |
| B-B' | MS-02 | 572.380,643 | 7.775.118,888 | 1.057,981 | - | - | Não aplicável | | |
| B-B' | MS-03 | 572.344,339 | 7.775.116,922 | 1.041,446 | - | - | Não aplicável | | |
| B-B' | MS-04 | 572.276,729 | 7.775.116,195 | 1.021,585 | - | - | Não aplicável | | |

| Seção | Instrumento | Coordenadas SIRGAS2000 (UTM) | | Cota de Topo (m) | Cota de Fundo (m) | Profundidade (m) | Níveis de Controle (Condição Não Drenada) | | |
|---------------|-------------|------------------------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|---|---------------------|-------------------------|
| | | E (m) | N (m) | | | | Freática Normal (m) | Freática Alerta (m) | Freática Emergência (m) |
| Não aplicável | IB1S1 | 572.384,203 | 7.775.076,675 | 1.058,145 | - | - | Não aplicável | | |
| | IB1S2 | 572.346,300 | 7.775.143,778 | 1.043,736 | - | - | Não aplicável | | |
| | IV-1 | 572.283,918 | 7.775.085,539 | 1.017,097 | - | - | Não aplicável | | |
| | IV-2 | 572.209,323 | 7.775.040,352 | 1.001,070 | - | - | Não aplicável | | |
| | IV-3 | 572.325,630 | 7.775.060,595 | 1.030,071 | - | - | Não aplicável | | |

- 1- Instrumentos automatizados;
- 2- Instrumentos reinstalados devidos a problemas constatados após sua automatização;
- 3- Níveis de controle definidos tomando-se como referência os instrumentos INA-02, INA-10 e PZ-12;
- 4- Níveis de controle não aplicáveis, pois os instrumentos encontram-se fora do maciço da barragem;
- 5- Níveis de controle correspondentes à condição de afloramento do nível d'água;
- 6- Níveis de controle correspondentes aos instrumentos adjacentes.

6. Objetivos da Descaracterização

A descaracterização de estruturas de disposição de rejeitos alteadas por montante, como é o caso da Barragem B1 – Mina Ipê, é um conjunto de intervenções com várias fases e que normalmente se estende por alguns anos. A *Canadian Dam Association* (CDA, 2014) e o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2019) adotam o fato de que o fechamento é progressivo e requer um plano de longo prazo bem definido. Segundo CDA (2014), o processo de fechamento pode ser dividido nas seguintes fases:

1. Transição – é a fase quando são realizadas atividades de descaracterização e preparação para o fechamento. Nesta fase, a estrutura de rejeitos não está mais ativa;
2. Cuidado Ativo – é a fase após a conclusão das atividades da fase de Transição e quando os elementos de descaracterização serão monitorados quanto ao desempenho e ainda serão necessárias atividades de manutenção;
3. Cuidado Passivo – é a fase após o encerramento da atividade de mineração ativas no local e quando a estrutura tiver condições e histórico de monitoramento que podem demonstrar que não é mais necessária nenhuma intervenção do proprietário.

A Barragem B1 – Mina Ipê está atualmente em fase de Transição e nesta fase, a estrutura passará por uma série de modificações temporárias referentes à sua descaracterização até a conclusão com a remoção completa da estrutura. Isso alcançará a conformidade com as regulamentações recentes (Resolução Conjunta nº 2.810/2019; Termo de Referência SEMA/FEAM, de 2020; Resolução ANM nº 95/2022) e atender aos principais objetivos do planejamento de descaracterização anotado abaixo. Esses objetivos se concentram na estabilidade geotécnica e na gestão de água sobre o reservatório da barragem durante as obras.

Mitigar os mecanismos de falha “críveis” e de alta consequência.

O objetivo principal será mitigar os modos de falha “críveis” de alta consequência, no caso da Barragem B1 – Mina Ipê, devido ao potencial de liquefação dos rejeitos do reservatório e fundação ou outros mecanismos que possam levar a uma ruptura e fluxo de rejeitos saturados.

Gerenciar as águas superficiais para evitar a formação de lago eliminando o potencial de galgamento e minimizando o potencial de erosão na estrutura durante as obras.

A formação de lagos devido a chuvas intensas é um risco que pode levar a galgamento e erosão descontrolada. Um objetivo importante será minimizar o armazenamento de água na área do reservatório desenvolvendo um sistema de gerenciamento de água que colete e conduza esses fluxos superficiais para a planta de processos.

Identificar os requisitos de monitoramento e manutenção as obras

Os sistemas de monitoramento e manutenção serão necessários durante a execução do projeto de descaracterização. O tipo de monitoramento (por exemplo: inspeções visuais, medições, parâmetros etc.) e o tipo de manutenção (por exemplo: controle de erosão, revegetação, reparos de estruturas de controle de água) precisarão ser identificados para alocar os devidos recursos.

Em função da remoção completa da barragem, o monitoramento ativo e passivo, conforme definido na Resolução 95/2022 não é aplicável. Considera-se que poderá ser necessária manutenção no canal enrocado e no *sump* com limpezas à medida que sedimentos ocupem o seu reservatório. Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc. Já os taludes de empilhamentos antigos devem receber obras/serviços de estabilização à medida do necessário.

7. Critérios e Premissas de Projeto

Para desenvolvimento do referido estudo, é importante destacar alguns dos critérios de projeto, bem como elencar as principais premissas adotadas pela equipe técnica.

7.1 Premissas gerais

- A base topográfica utilizada para desenvolvimento do projeto de descaracterização foi fornecida pela MMI, referente a 10/2020, conforme desenho IPE.OP.DF.8000.GT.20.008J.dwg e complementada com levantamento topográfico de novembro de 2021 (B1_IPE_16NOV21), o levantamento topográfico do projeto "As Built" (TOPOGERAL_11082014.dxf), o levantamento "As Built" da berma de reforço (CAD_REFORÇO_B1IPE_14MAR23.dwg) e levantamento topográfico cadastral (CADASTRO_PLANIALTIMETRICO_BARRAGEM_B1_IPE_21JUN23.dwg);
- O conceito do projeto de descaracterização é o de remoção completa dos rejeitos dispostos no reservatório, além dos maciços, tanto o maciço inicial quanto os alteamentos realizados e do aterro de reforço, de forma a retornar o vale a uma condição próxima a original;
- O projeto considera a utilização de poço de rebaixamento instalado a jusante da barragem para o rebaixamento da superfície freática da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis na fundação antes do início das obras e que esta condição será mantida e monitorada durante os trabalhos de forma a atender os fatores de segurança exigidos para a condição de carregamento não drenado liquefeito ($FS \geq 1,1$) em todas as seções de controle da barragem antes mesmo de se iniciar as obras de descaracterização;
- O atendimento à premissa anterior considera que a barragem trabalhará em condições drenadas, dessa forma não haverá necessidade de se adotar uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ);
- O projeto de descaracterização será concebido para ser executado em duas etapas macro de remoção (dois anos/ciclos), sendo a primeira com remoção dos rejeitos do reservatório até a elevação 1.043,0 m e rebaixamento do maciço da barragem para a elevação 1.046,50 m e a segunda concluindo a remoção completa na elevação 1.001,0 m;
- As etapas estão previstas para serem executadas durante os períodos secos. Mesmo assim, o projeto contempla a escavação no rejeito de *sumps* provisórios no interior do próprio reservatório, para direcionamento dos fluxos de água de chuvas eventuais a serem bombeados para a planta de processo. Essas estruturas serão realocadas a medida do avanço do rebaixamento do rejeito;
- Caso seja necessário ampliar o prazo de execução das obras, criando outras fases intermediárias, tais condições deverão ser reavaliadas com estudos e projetos específicos de forma a atender as exigências normativas vigentes à época;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada

com a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem (escavadeiras hidráulicas e caminhões basculantes). Em hipótese alguma poderá ser utilizado métodos de detonação para fragmentação e remoção de blocos rochosos eventualmente encontrados durante as escavações;

- O projeto considera que a atividade de desmonte mecânico deverá ocorrer sem grandes dificuldades na parte superior do reservatório, podendo apresentar algum incremento de dificuldade à medida que se aprofundam as escavações e na parte inferior do reservatório próximo à elevação final prevista para remoção;
- O projeto considera que a escavação e remoção dos rejeitos e maciços será realizada em camadas de espessura média de 2,0 m, que poderá ser ajustada em campo, condicionada à capacidade de suporte do material. Caso necessário, serão executadas valas drenantes para deságue do rejeito saturado com o objetivo de garantir condições de segurança e operação para trafegabilidade dos equipamentos durante a atividade de lavra. Nos casos em que o material permanecer saturado também poderá ser realizada a construção de um lastro com rejeito seco (aterro de conquista) de forma a viabilizar a trafegabilidade dos equipamentos e remoção do material;
- O volume total geométrico de remoção previsto, desconsiderando-se o fator de empolamento, é de aproximadamente 1.100.789 m³;
- O projeto de descaracterização abrange exclusivamente a área da barragem, reservatório e rejeito existente na fundação, não contemplando outras obras nas imediações, como ombreiras, terreno a montante, empilhamento antigo existente na encosta da margem direita do reservatório, nem a barragem pertencente à empresa EMICON, localizada a jusante;
- O modelo geológico 3D desenvolvido pela DF+ (IPE.OP.RL.8000.GT.20.331) foi utilizado como base para modelagem do projeto de descaracterização. Na ausência de topografia primitiva do vale, o contato com terreno natural inferido pela DF+, a partir da interpretação das sondagens, foi utilizado para definir os limites de escavação do projeto. É provável que em alguns pontos seja necessário o ajuste da escavação prevista em projeto;
- Os acessos projetados consideraram rampa máxima de 12%. Porém, alguns trechos dos acessos existentes possuem inclinação superior ao valor de projeto, sendo que nesses trechos o tráfego será realizado em mão única no sentido de entrada na área das obras, ou seja, com os caminhões trafegando descarregados. As rotas indicadas no Item 17.3 foram utilizadas na construção da barragem e mais recentemente nas obras de reforço da estrutura, portanto não possuem restrições operacionais, segundo informado pelo próprio empreendedor;
- O projeto não prevê impacto em áreas de vegetação arbustiva e/ou arbórea no entorno da estrutura. Por questões de segurança operacional durante as obras, caso seja inevitável utilizar áreas vegetadas não abrangidas pelo projeto, caberá à MMI a avaliação da necessidade de se obter licenciamento ambiental específico do eventual local de intervenções;

- Durante as obras de descaracterização, não haverá modificação na qualidade da água, já que as atividades compreendem exclusivamente a remoção dos materiais da estrutura;
- Deverá ser realizada a recomposição vegetal da área do terreno natural exposta pelas escavações após remoção dos rejeitos e maciços, com utilização de materiais apropriados. Conforme item 3.6 da TR de Descaracterização da FEAM, a técnica será determinada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local;
- Será proposta uma proteção na calha do fundo do vale com blocos de enrocamento onde se espera que haja fluxo de água, de forma a proteger o local contra erosão.
- Seguir o Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização de forma a garantir a segurança dos trabalhadores durante as obras, atrelado às inspeções visuais periódicas de campo na estrutura, resposta do monitoramento da instrumentação de controle e análises de estabilidade;
- As obras de descaracterização deverão ser conduzidas exclusivamente com a presença de A.T.O. (acompanhamento técnico das obras) por parte da projetista de forma a dar suporte técnico, que garanta a execução dos trabalhos dentro do especificado em projeto, avaliar, elaborar e aprovar as alterações de projeto para garantir a qualidade de implantação das obras, além de fazer registros que permitam a elaboração do relatório das obras.

7.2 Premissas geológico geotécnicas

- As três seções de análise a serem utilizadas no projeto de descaracterização foram definidas no documento de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.558), bem como os parâmetros de resistência dos materiais constituintes dos modelos numéricos, conforme apresentado na Tabela 9.1
- Entende-se que as investigações geológico geotécnicas de campo e laboratório são suficientes para desenvolvimento do projeto de descaracterização;
- Conforme Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela FEAM, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização;
- Conforme diagnóstico realizado para a estrutura, na condição da freática atual, apenas para a seção B-B' não se atinge os fatores de segurança mencionados acima para a condição liquefeita. Desta forma, a fim de garantir os fatores de segurança requeridos no Termo de Referência, é premissa deste projeto de descaracterização o rebaixamento da superfície freática

da fundação, a um limite abaixo dos materiais classificados como contráteis, de modo que estes não trabalhem em condição saturada. Esta medida elimina a possibilidade de ocorrência de carregamentos não drenados, pois uma das condições para tal, é que os materiais classificados como contráteis estejam saturados;

- A fim de monitorar e controlar a eficácia do rebaixamento do nível d'água, abaixo de camada de materiais classificados como contráteis, foi realizada a instalação de novos instrumentos (indicadores de nível d'água e piezômetros) que servirão de referência para permitir o início e/ou acionar a paralisação das obras. Os novos instrumentos foram instalados nas seções de controle B-B' e C-C', nas quais há ocorrência do material denominado de "rejeito antigo" na fundação, tendo em vista que este material foi classificado como contrátil;
- Para monitoramento de deslocamentos, tanto da barragem quanto da encosta existente na ombreira direita, será utilizada instrumentação de controle, existente e a ser instalada, como prismas, estação robótica, radar de superfície etc.

7.3 Premissas hidrológico-hidráulicas

- Foi adotada a transformação chuva-vazão pelo método proposto pelo *Natural Resources Conservation Service* (NRSC), anteriormente conhecido como *Soil Conservation Service* (SCS). Para aplicação da referida metodologia, valeu-se do modelo hidrológico HEC-HMS – *Hydrologic Modeling System*, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center*, órgão colegiado do *U.S Army Corps of Engineers* versão 4.9;
- Para classificação do tipo de uso do solo preponderante na região de interesse, foi utilizado o mapeamento realizado pela UFV / CETEC / UFLA / FEAM (2010);
- O dimensionamento das estruturas será realizado respeitando-se as normas nacionais aplicáveis, para que o dimensionamento seja realizado dentro das boas práticas de engenharia;
- As características necessárias para a transformação da precipitação em vazão, ou seja, a área de drenagem, o tempo de concentração e as características de uso e ocupação do solo serão obtidas através da base topográfica fornecida pela MMI, arranjo do projeto e imagens de satélites e/ou levantamentos topográficos existentes;
- O dimensionamento do sistema extravasor para a fase intermediária de descaracterização será pautada na indicação dos períodos de retorno da norma ABNT NBR 13.028/2017 e Termo de Referência da FEAM e Resolução 95/2022 da ANM;
- Para o dimensionamento do extravasor da fase intermediária, será realizado o trânsito de cheias pelo reservatório, considerando a capacidade de amortecimento deste, calculada com base na conformação topográfica do projeto;
- O sistema extravasor do *sump* final será dimensionado considerando a máxima vazão natural afluente, ou seja, será desconsiderado o volume de amortecimento;

- Na ausência de informações medidas em campo, para o cálculo de volume de sedimentos gerados, serão consideradas as seguintes taxas de produção média:
 - 300 m³/ha.ano para áreas mineradas;
 - 60 m³/ha.ano para áreas naturais com vegetação rasteira; e
 - 30 m³/ha.ano para áreas naturais com vegetação arbórea densa.
- Como premissa de projeto, o volume da estrutura de contenção de sedimentos deverá ter capacidade de suportar o aporte de sedimentos de no mínimo 1 ano. Ou seja, as limpezas indicadas para as estruturas de contenção de sedimentos deverão ser no mínimo anuais. Na impossibilidade de atender essa premissa passará a ser estudada a maior estrutura possível;
- Para os estudos da eficiência das estruturas, foi avaliado o cenário inicial, considerando a estrutura em sua plena capacidade volumétrica, ou seja, sem sedimentos no seu reservatório. Esse cenário implica em deixar as estruturas limpas no início do período chuvoso;
- O reservatório de contenção de sedimentos irá reter partículas com $D_s > 0,125$ mm, que corresponde à faixa granulométrica acima das areias finas, significando a retenção de sedimentos não coesivos e mais grossos. Dessa forma, as bacias de sedimentação, sem tratamento químico, não são eficientes para reter silte e argila, ou seja, partículas que conferem turbidez às águas (coloides);
- Será utilizado o método racional para definição do volume mínimo de residência, a partir da estimativa do volume associado ao período de retorno de 2 anos e duração de 24 horas.

8. Estudos Geológicos-Geotécnicos

8.1 Investigações Geológico-Geotécnicas

A primeira campanha de sondagem realizada na Barragem B1 – Mina Ipê de que se tem registro é datada de 2004, quando a ProspecSolos executou um total de 05 (cinco) furos de sondagem a percussão e outras 03 (três) sondagens a trado, sendo estas utilizadas para coleta de amostras deformadas, que seriam submetidas a ensaios de caracterização e ensaios de compressão triaxial. Na referida campanha foram instalados os instrumentos INA-01 e INA-02, localizados próximos ao canal do sistema extravasor atual. As sondagens percussivas realizadas tiveram profundidade máxima de 25,0 m, insuficientes para investigar a fundação da estrutura. As sondagens da campanha da ProspecSolos (2004) encontram-se no relatório RL-045/2004.

Em 2007 foi executada a segunda campanha de sondagem na área da barragem, sendo que os furos foram executados no interior do reservatório e em dois pontos no alto da encosta na margem direita e outro no acesso da margem esquerda. Ao que tudo indica, os furos foram executados para determinar a profundidade e a resistência do rejeito disposto no reservatório, de forma a subsidiar estudos para implantação de uma pilha de rejeitos sobre o reservatório e a implantação de um dique auxiliar para separação do reservatório em duas bacias. No total foram executados 08 (oito) furos de sondagem à percussão pela ProspecSolos. Não se teve acesso ao relatório de sondagens, mas os minilogs puderam ser consultados a partir do desenho B1-RETOPER-DES 03/09 de autoria da Dinésio Franco, que compõe os documentos dos “Estudos para Retomada das Operações” da barragem.

A terceira campanha de sondagem da estrutura também foi realizada pela ProspecSolos, em 2009, tendo sido executados apenas dois furos de sondagem mista com profundidade máxima de 12,45 m. Na referida campanha foi instalado o instrumento INA-03, a jusante dos instrumentos INA-01 e INA-02 existentes, para compor a seção transversal instrumentada de análise. As sondagens da campanha da ProspecSolos (2009) encontram-se no relatório RL Sond.Mista 05/2009.

Em 2013 foi realizada pela Pattrol a quarta campanha de sondagens na estrutura, para investigar as condições do maciço que seria naquele mesmo ano alteado para a elevação 1057,0 m. As 06 (seis) sondagens percussivas se restringiram a investigar o maciço da estrutura e as 03 (três) sondagens mistas foram utilizadas para investigar o material de fundação. Também foram instalados na campanha os instrumentos INA-04 e INA-05, que depois tiveram seus tubos prolongados. A campanha de sondagem da Pattrol (2013) é apresentada nos documentos Relatório MMX - SM - Barragem B1 - Rev.00 e Relatório MMX - SP - Barragem B1 - Rev.00.

Em 2019 a Terracota Consultoria e Projetos solicitou a realização de uma campanha de sondagens mistas e ensaios CPTu para avaliação da susceptibilidade a liquefação do rejeito dos maciços (documento 02919-S-BA-PG-01-SO). Na ocasião foi decidido pela execução apenas dos 03 ensaios CPTu, cujos resultados se encontram apresentados no documento 3-IPE.OP.RL8000.GT.20.007 - Revisão 0B, de autoria da Pattrol, com última revisão datada de junho/2020.

Entre 2020 e 2022, a empresa Rede realizou uma extensa campanha de sondagens na estrutura, que contou com a execução de 35 (trinta e cinco) sondagens mistas, instalação de 03 (três) indicadores de nível d'água, 17 (dezesete) piezômetros e 31 (trinta e um) ensaios CPTu. A referida campanha foi elaborada pela DF+ (documento IPE.OP.ET.8000.GT.20.003_Rev.5 com última revisão em dezembro/2020), com o objetivo de ampliar o conhecimento a respeito das características da barragem e de sua fundação. Os resultados dos ensaios executados na campanha são apresentados em boletins individuais para cada sondagem executada.

Na Tabela 8.1 e Tabela 8.2 são apresentados resumos das investigações geológico-geotécnicas e ensaios CPTu realizados na região da barragem. Na Figura 8.1 e Figura 8.2 são apresentadas as locações em planta das referidas sondagens e ensaios

Tabela 8.1 – Locação e características das sondagens executadas na Barragem B1 – Mina Ipê.

| Campanha | ID | Coordenadas SIRGAS2000 | | Prof. (m) | Documento de Referência |
|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------|-----------|--------------------------|
| | | E (m) | N (m) | | |
| Prospecsolos 2004 | SP01/INA01 ¹ | 572.351,17 | 7.775.071,80 | 10,24 | P1505-MMX-D-BA-DE-02-SO |
| | SP02/INA02 ¹ | 572.385,42 | 7.775.071,80 | 20,26 | |
| | SP03 ¹ | 572.345,42 | 7.775.116,80 | 24,30 | |
| | SP04 ¹ | 572.396,42 | 7.775.116,80 | 25,00 | |
| Prospecsolos 2004 | SP05 ² | 572.391,42 | 7.775.041,80 | 10,00 | 03-ESTUDOS GEOL_GEOT.dwg |
| | TR01 ² | 572.339,42 | 7.775.091,80 | 2,00 | |
| | TR02 ² | 572.381,42 | 7.775.074,80 | 2,00 | |
| | TR03 ² | 572.375,42 | 7.775.119,80 | 2,00 | |
| Prospecsolos 2007 | SP01 | 572.573,42 | 7.775.046,80 | 18,45 | RL.16-SP01-07.bmp |
| | SP02 | 572.571,42 | 7.774.989,80 | 15,30 | RL.16-SP02-07.bmp |
| | SP03 | 572.629,42 | 7.775.046,80 | 14,45 | RL.16-SP03-07.bmp |
| | SP04 | 572.629,42 | 7.774.989,80 | 15,45 | RL.16-SP04-07.bmp |
| | SP05 | 572.619,42 | 7.774.923,80 | 10,30 | RL.16-SP05-07.bmp |
| | SP06 | 572.677,42 | 7.774.980,80 | 7,80 | RL.16-SP06-07.bmp |
| | SP07 | 572.742,42 | 7.775.045,80 | 4,10 | RL.16-SP07-07.bmp |

¹ Dados disponíveis apenas em minilogs encontrados em desenho de referência;

² Encontrada apenas referência da locação;

| Campanha | ID | Coordenadas SIRGAS2000 | | Prof. (m) | Documento de Referência |
|--------------------------|----------------------|------------------------|--------------|-----------|--|
| | | E (m) | N (m) | | |
| | SP08 | 572.714,42 | 7.774.904,80 | 4,10 | RL.16-SP08-07.bmp |
| Prospeccosolos 2009 | SM01/INA-03 | 572.327,27 | 7.775.075,48 | 2,90 | BNZ-C-AA-RE-001-0 |
| | SM02 | 572.294,42 | 7.775.135,84 | 12,45 | |
| Pattrol 2013 | SP01 | 572.392,73 | 7.775.082,28 | 27,10 | Relatório de Sondagens Pattrol/2013 + P1505-MMX-D-BA-DE-02-SO_r0 |
| | SP05 | 572.355,82 | 7.775.116,05 | 22,15 | |
| | SP06 | 572.313,51 | 7.775.082,00 | 15,45 | |
| | SP07 | 572.386,69 | 7.775.155,64 | 17,05 | |
| | SP09 | 572.311,55 | 7.775.155,64 | 7,00 | |
| | SP10 | 572.272,38 | 7.775.155,74 | 10,45 | |
| | SM01 | 572.312,71 | 7.775.113,99 | 32,50 | |
| | SM02 | 572.263,48 | 7.775.092,63 | 7,45 | |
| Rede / Pattrol 2020-2021 | SMT_01 ³ | 572.521,24 | 7.774.943,10 | 86,36 | GET_B1IPE_SMT_0001 |
| | SMT_02 ⁴ | 572.452,57 | 7.775.184,31 | 50,05 | GET_B1IPE_SMT_0002 |
| | SMT_03 ⁵ | 572.318,28 | 7.775.001,79 | 50,00 | GET_B1IPE_SMT_0003 |
| | SMT_04 ⁶ | 572.293,61 | 7.775.153,80 | 50,00 | GET_B1IPE_SMT_0004 |
| | SMT_05 ⁷ | 572.145,25 | 7.775.061,83 | 50,50 | GET_B1IPE_SMT_0005 |
| | SMT_06 ⁸ | 572.317,20 | 7.774.978,91 | 46,20 | GET_B1IPE_SMT_0006 |
| | SMT_07 ⁹ | 572.387,76 | 7.775.033,26 | 37,00 | GET_B1IPE_SMT_0007_BOLETIM |
| | SMT_08 | 572.348,72 | 7.775.032,30 | 20,50 | GET_B1IPE_SMT_0008_BOLETIM |
| Rede / Pattrol 2020-2021 | SMT_09 ¹⁰ | 572.331,56 | 7.775.032,91 | 30,30 | GET_B1IPE_SMT_0009_BOLETIM |
| | SMT_10 ¹¹ | 572.385,66 | 7.775.077,25 | 45,00 | GET_B1IPE_SMT_0010_BOLETIM |
| | SMT_11 ¹² | 572.347,43 | 7.775.082,50 | 29,25 | GET_B1IPE_SMT_0011_BOLETIM |
| Rede 2020-2021 | SMT_12 ¹³ | 572.323,87 | 7.775.081,38 | 21,75 | GET_B1IPE_SMT_0012_BOLETIM |
| | SMT_13 | 572.415,39 | 7.775.109,03 | 61,00 | GET_B1IPE_SMT_0013_BOLETIM |
| | SMT_14 ¹⁴ | 572.384,42 | 7.775.132,94 | 65,83 | GET_B1IPE_SMT_0014_BOLETIM |
| | SMT_15 ¹⁵ | 572.347,58 | 7.775.132,78 | 53,55 | GET_B1 IPE_SMT_0015_BOLETIM |
| | SMT_16 ¹⁶ | 572.319,81 | 7.775.132,88 | 50,35 | GET_B1IPE_SMT_0016_BOLETIM |
| | SMT_17 ¹⁷ | 572.381,61 | 7.775.183,81 | 44,00 | GET_B1IPE_SMT_0017_BOLETIM |
| | SMT_18 | 572.348,87 | 7.775.171,08 | 39,00 | GET_B1IPE_SMT_0018_BOLETIM |

³ Furo de instalação do PZ-08

⁴ Furo de instalação do PZ-16

⁵ Furo de instalação do PZ-07

⁶ Furo de instalação do INA-07

⁷ Furo de instalação do INA-08

⁸ Furo de instalação do PZ-17

⁹ Furo de instalação do PZ-03

¹⁰ Furo de instalação do PZ-18

¹¹ Furo de instalação do PZ-02

¹² Furo de instalação do PZ-09

¹³ Furo de instalação do PZ-12

¹⁴ Furo de instalação do PZ-01

¹⁵ Furo de instalação do PZ-05

¹⁶ Furo de instalação do PZ-11

¹⁷ Furo de instalação do PZ-04

| Campanha | ID | Coordenadas SIRGAS2000 | | Prof. (m) | Documento de Referência |
|----------|----------------------|------------------------|--------------|-----------|----------------------------|
| | | E (m) | N (m) | | |
| | SMT_19 ¹⁸ | 572.298,08 | 7.775.163,11 | 21,50 | GET_B1IPE_SMT_0020_BOLETIM |
| | SMT_20 | 572.472,53 | 7.775.164,88 | 21,30 | GET_B1IPE_SMT_0020_BOLETIM |
| | SMT_21 | 572.672,46 | 7.775.020,43 | 43,00 | GET_B1IPE_SMT_0021_BOLETIM |
| | SMT_22 ¹⁹ | 572.385,74 | 7.775.075,93 | 41,00 | GET_B1IPE_SMT_0022_BOLETIM |
| | SMT_23 | 572.251,53 | 7.775.126,60 | 29,25 | GET_B1IPE_SMT_0023_BOLETIM |
| | SMT_24 | 572.181,74 | 7.775.093,55 | 22,70 | GET_B1IPE_SMT_0024_BOLETIM |
| | SMT_25 | 572.182,42 | 7.775.120,69 | 19,60 | GET_B1IPE_SMT_0025_BOLETIM |
| | SMT_26 | 572.757,36 | 7.775.010,92 | 29,25 | GET_B1IPE_SMT_0026_BOLETIM |
| | SMT_27 | 572.776,74 | 7.775.046,77 | 26,20 | GET_B1IPE_SMT_0027_BOLETIM |
| | SMT_28 | 572.256,13 | 7.775.081,13 | 47,50 | GET_B1IPE_SMT_0028_BOLETIM |
| | SMT_29 ²⁰ | 572.347,64 | 7.775.131,80 | 17,50 | GET_B1IPE_SMT_0029_BOLETIM |
| | SMT_30 ²¹ | 572.347,44 | 7.775.081,23 | 43,00 | GET_B1IPE_SMT_0030_BOLETIM |
| | SMT_31 ²² | 572.319,86 | 7.775.131,27 | 9,50 | GET_B1IPE_SMT_0031_BOLETIM |
| | SMT_32 ²³ | 572.323,78 | 7.775.080,03 | 5,00 | GET_B1IPE_SMT_0032_BOLETIM |
| | SMT_36 | 572.593,30 | 7.775.215,70 | 9,00 | GET_B1IPE_SMT_0036 |
| | SMT_37 | 572.810,92 | 7.775.080,83 | 38,81 | GET_B1IPE_SMT_0037 |
| | SMT_38 | 572.742,86 | 7.775.096,80 | 86,36 | GET_B1IPE_SMT_0038 |

Vale ressaltar que as sondagens executadas pela Rede na campanha de 2020 – 2022 foram disponibilizadas à Terracota em formato *Excel*, existindo um arquivo gerado pela REDE e um arquivo gerado pela DF+, que atuou como ATO durante execução das sondagens. Nem todos os boletins foram descritos pela DF+ e, em poucos furos, encontrava-se registrada a elevação do nível d'água do furo. As informações de nível d'água foram obtidas a partir das leituras dos ensaios de dissipação executados apenas em algumas sondagens.

É recomendável que a MMI providencie, junto às empresas responsáveis pela execução e acompanhamento das sondagens, um relatório técnico contendo todas as informações obtidas no campo.

¹⁸ Furo de instalação do PZ-15

¹⁹ Furo de instalação do INA-06

²⁰ Furo de instalação do PZ-06

²¹ Furo de instalação do PZ-10

²² Furo de instalação do PZ-14

²³ Furo de instalação do PZ-13

Tabela 8.2 – Locação e características dos ensaios CPTu executados na Barragem B1 – Mina Ipê.

| Campanha | Nome | Coordenadas SIRGAS2000 | | Prof. (m) | Documento de Referência |
|-------------------|------------|------------------------|--------------|-----------|--|
| | | E (m) | N (m) | | |
| Pattrol 2019 | CPTU_01 | 572.385,35 | 7.775.117,31 | 24,35 | IPE.OP.RL8000.GT.20.007 - Revisão 0B |
| | CPTU_02 | 572.346,56 | 7.775.111,65 | 11,80 | |
| | CPTU_02A | 572.346,56 | 7.775.111,65 | 20,25 | |
| | CPTU_03 | 572.322,56 | 7.775.117,05 | 30,08 | |
| Pattrol 2020-2022 | CPTU_01 | 572.419,04 | 7.775.118,60 | 22,65 | IPE.OP.RL.8000.GT.20.281 - Revisão 0C |
| | CPTU_01A | 572.419,04 | 7.775.118,60 | 20,75 | |
| | CPTU_01B | 572.419,04 | 7.775.118,60 | 32,00 | |
| | CPTU_01C | 572.419,04 | 7.775.118,60 | 21,00 | |
| | CPTU_02 | 572.386,78 | 7.775.075,81 | 24,45 | |
| | CPTU_02A | 572.386,78 | 7.775.075,81 | 1,75 | |
| | CPTU_03 | 572.384,91 | 7.775.116,87 | 13,20 | |
| | CPTU_03A | 572.384,91 | 7.775.116,87 | 0,90 | |
| | CPTU_03B | 572.384,91 | 7.775.116,87 | 1,50 | |
| | CPTU_03C | 572.384,91 | 7.775.116,87 | 2,40 | |
| | CPTU_04 | 572.347,94 | 7.775.074,88 | 12,00 | |
| | CPTU_05 | 572.346,95 | 7.775.113,94 | 12,10 | |
| | CPTU_07 | 572.322,48 | 7.775.116,33 | 25,73 | |
| | CPTU_07A | 572.322,48 | 7.775.116,33 | 19,20 | |
| | CPTU_09 | 572.252,17 | 7.775.123,52 | 21,00 | |
| | CPTU_10 | 572.214,95 | 7.775.097,73 | 18,65 | |
| CPTU_11 | 572.507,65 | 7.775.027,78 | 5,60 | | |
| CPTU_11A | 572.507,65 | 7.775.027,78 | 22,65 | | |
| CPTU_13 | 572.642,28 | 7.775.008,25 | 17,65 | | |
| CPTU_14 | 572.642,47 | 7.774.988,89 | 14,01 | | |
| Pattrol 2020-2022 | CPTU_14A | 572.642,47 | 7.774.988,89 | 12,00 | IPE.OP.RL.8000.GT.20.281 - Revisão 0C |
| | CPTU_14B | 572.642,47 | 7.774.988,89 | 14,01 | |
| | CPTU_15 | 572.212,12 | 7.775.116,65 | 18,85 | |
| | CPTU_16 | 572.276,63 | 7.775.132,72 | 31,30 | |
| Pattrol 2020-2022 | CPTU_17 | 572.294,92 | 7.775.132,70 | 33,65 | IPE.OP.RL.8000.GT.20.281 - Revisão 0C |
| | CPTU_18 | 572.390,22 | 7.775.134,76 | 28,85 | |
| | CPTU_18A | 572.390,22 | 7.775.134,76 | 28,25 | |
| | CPTU_18B | 572.390,22 | 7.775.134,76 | 3,45 | |
| | CPTU_19 | 572.382,22 | 7.775.135,12 | 2,55 | |
| | CPTU_19A | 572.382,22 | 7.775.135,12 | 13,35 | |
| | CPTU_19B | 572.382,22 | 7.775.135,12 | 13,25 | |

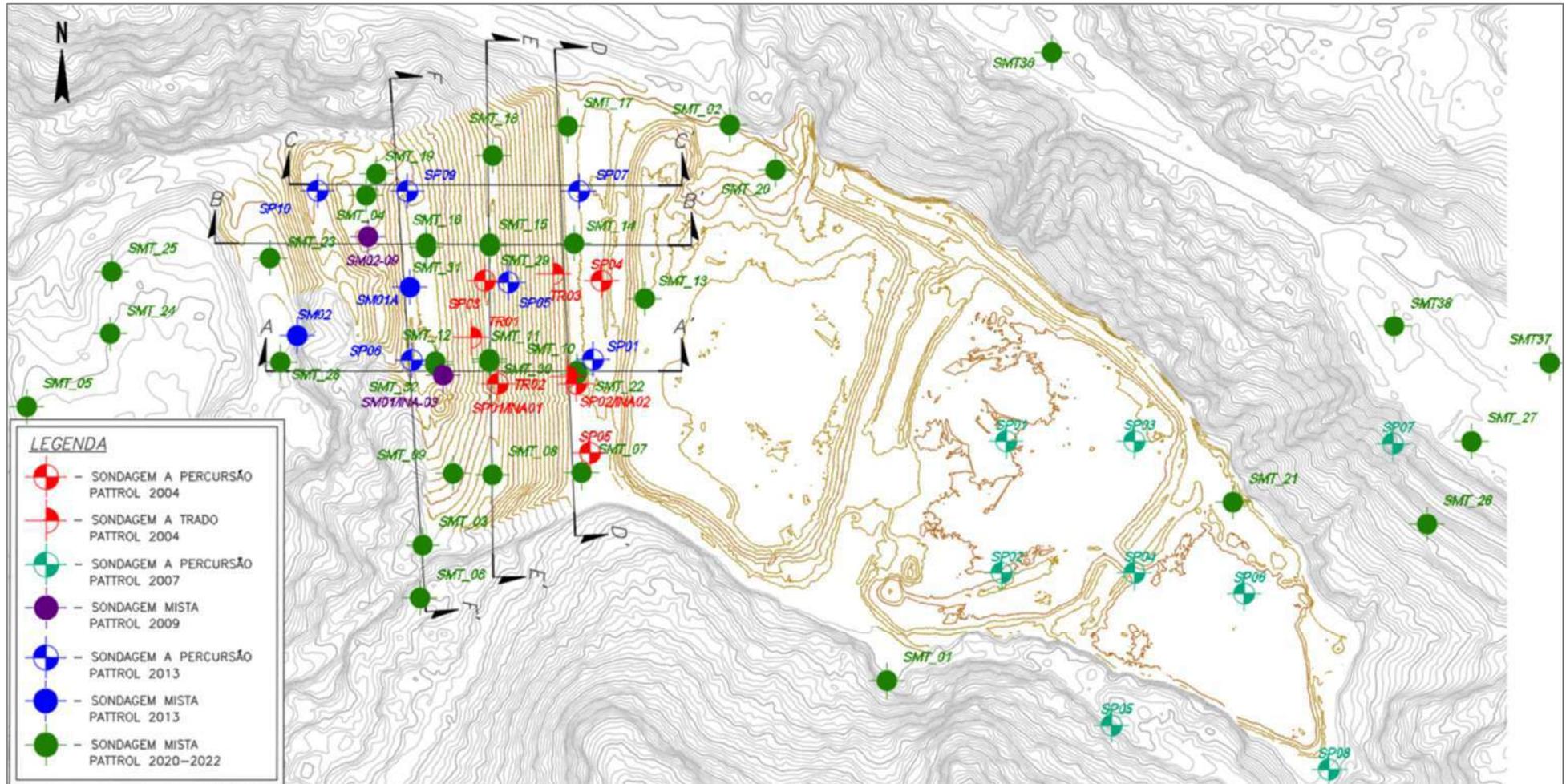


Figura 8.1 – Localização em planta das sondagens realizadas na Barragem B1 – Mina Ipê.

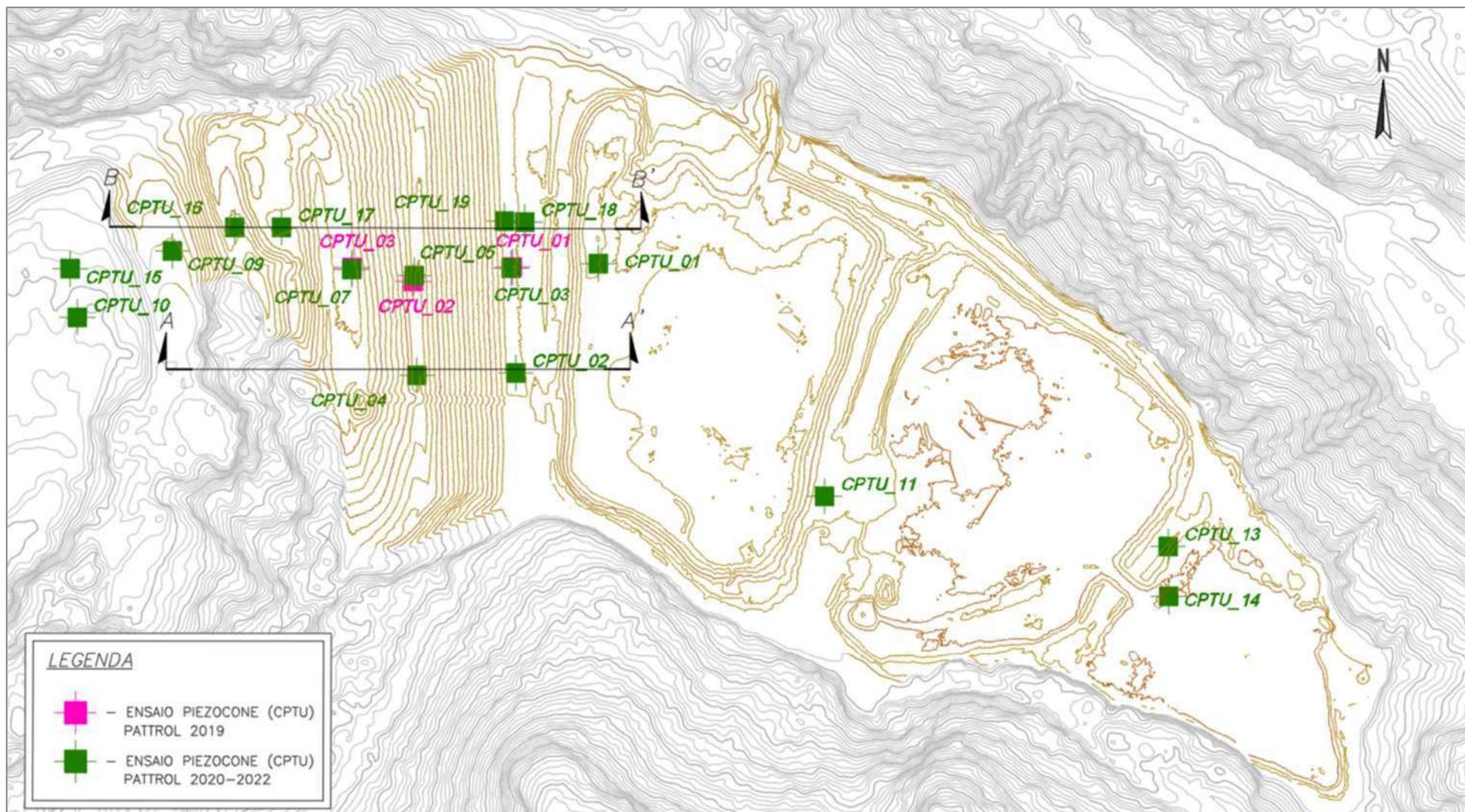


Figura 8.2 – Localização em planta dos ensaios CPTu realizados na Barragem B1 – Mina Ipê.

8.2 Sismicidade do Local da Barragem

Em maio de 2022, foi elaborado pela empresa CREAM Engenharia uma análise de estudo sísmico específico para determinação do *peak ground acceleration* (PGA) a ser adotado nas análises de estabilidade que consideram carregamento dinâmico (sísmico). O estudo se constitui em um tratamento probabilístico elaborado a partir dos dados de eventos sísmicos registrados na região, levando em consideração as características geológicas e geométricas do entorno. O procedimento adotado foi o desenvolvido por Cornell (1968).

O estudo da CREAM utilizou como base de dados as informações compiladas pelo Centro de Sismologia da USP, que conta com a colaboração da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade do Rio Grande do Norte e da Rede Sismográfica Brasileira. A Figura 8.3 apresenta a distribuição dos sismógrafos existentes no território nacional.



Figura 8.3 – Rede sismológica brasileira (<http://www.rsbr.gov.br>).

No estudo foram consideradas também curvas de atenuação, tendo em vista que as condições do material por onde se propagam as ondas sísmicas afetam significativamente a propagação das ondas superficiais. A CREAM adotou as curvas elaboradas nos estudos de Yenier e Atkinson (2015), que foram desenvolvidas para a região leste dos Estados Unidos, que constitui uma região continental estável, similar às características sísmicas do território brasileiro e da região estudada.

Ao todo foram analisados 06 (seis) modelos que variaram as fontes de propagação, a referência para estimativa da magnitude do sismo e três diferentes curvas de atenuação. A Tabela 8.3 apresenta um resumo dos resultados obtidos, onde se observa que o Modelo 3 [CSF + QF (1)] foi o que resultou no maior valor de aceleração dinâmica.

Tabela 8.3 – Resumo das acelerações de pico em função dos períodos de retorno
(Fonte: IPE.OP.RL.8000.GT.20.257).

| Modelo | Valores máximos por período de retorno (anos) | | | | | Máximo absoluto |
|------------|---|-------|-------|-------|--------|-----------------|
| | 500 | 1.000 | 2.500 | 5.000 | 10.000 | |
| | PGA | PGA | PGA | PGA | PGA | |
| CSF | 2.2% | 2.8% | 5.0% | 7.4% | 10.5% | 10.5% |
| R320 | 2.2% | 2.7% | 4.6% | 6.7% | 9.5% | 9.5% |
| CSF+QF (1) | 9.7% | 9.5% | 13.4% | 16.0% | 18.3% | 18.3% |
| CSF+QF (2) | 6.7% | 6.6% | 9.4% | 11.3% | 13.1% | 13.1% |
| CSF+QF (3) | 2.2% | 5.2% | 7.4% | 9.0% | 10.6% | 10.6% |
| CSF+QF (4) | 2.2% | 4.4% | 6.2% | 7.7% | 9.0% | 9.0% |

Outra referência para avaliação do comportamento sísmico do local é o artigo “*Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment*” publicado por (Assumpção et al., 2018) no qual é apresentado o Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos (Figura 8.4).

A localização da barragem no mapa de Assumpção et al. fornece valor de PGA em torno de 0,15g, compatível com o valor máximo de 0,134g definido pelo estudo da CREAR.

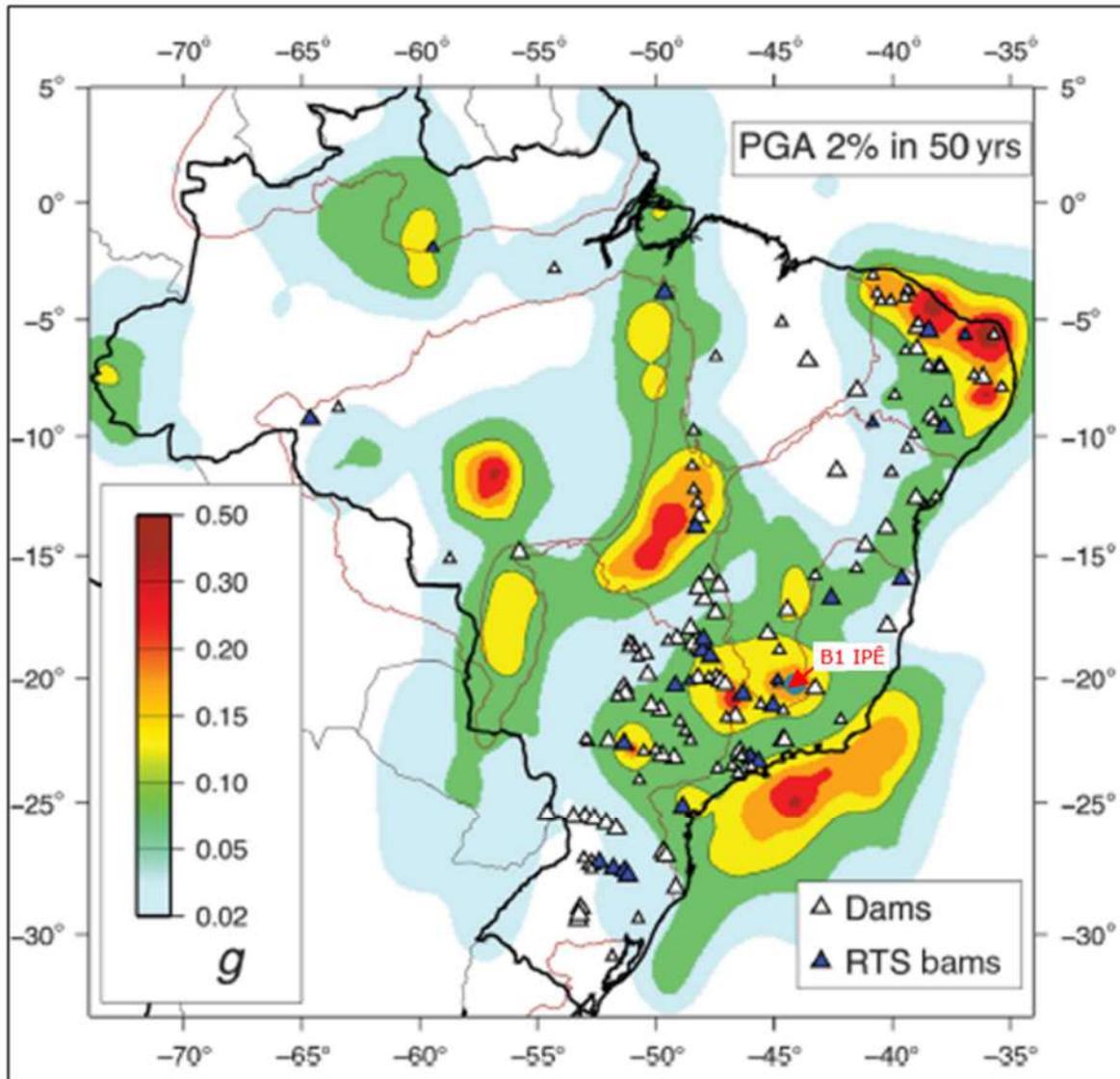


Figura 8.4 – Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos (Barros Et al., 2018).

Para definição do período de retorno adequado para embasar as análises de estabilidade da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando a contribuição do efeito sísmico, utilizou-se como premissa a norma técnica elaborada pela *Canadian Dam Association (CDA)* – “*Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*” (2014), em conformidade ao recomendado pela NBR 13.028/2017 no tópico 5.3.6, o qual faz referência aos estudos sísmicos.

A CDA classifica as barragens em função da população que pode ser afetada pela ruptura da estrutura, dos danos aos valores socioambientais, bem como aos danos causados à infraestrutura e a economia local, conforme Tabela 8.4.

Tabela 8.4 – Classificação da barragem de acordo com CDA (2014).

| Classificação da Barragem | População em Risco (Nota 1) | Perdas Incrementais | | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---|---|
| | | Perdas de Vidas (Nota 2) | Valores Ambientais e Culturais | Infraestrutura e Economia |
| Baixo | Nenhum | 0 | Perda mínima a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo. | Baixas perdas econômicas; área contém infraestrutura ou serviços limitados |
| Significativo | Apenas temporária | Não especificado | Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat e peixes ou da vida selvagem. | Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas. |
| | | | Apenas perdas marginais do habitat. Restauração ou compensação da condição é altamente possível. | |
| Alto | Permanente | 10 ou menos | Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem. | Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais. |
| | | | Restauração ou compensação da condição é altamente possível. | |
| Muito Alta | Permanente | 100 ou menos | Perda significativa ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. | Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas). |
| | | | Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável. | |
| Extrema | Permanente | Mais de 100 | Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. | Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas). |
| | | | Restauração ou compensação da condição impossível. | |

Nota 1. Definições para população em risco:

Nenhum – Não há população identificável em risco, portanto não há possibilidade de perda de vida a não ser devido ao acaso imprevisível.

Temporário – As pessoas estão apenas temporariamente na zona de inundação do rompimento da barragem (por exemplo, uso sazonal de casas de campo, passagem em rotas de transporte, participação em atividades recreativas).

Permanente – A população em risco normalmente está localizada na zona de inundação da ruptura da barragem (como residentes permanentes); são propostas três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) para permitir estimativas mais detalhadas da potencial perda de vidas (para auxiliar na tomada de decisões se for realizada a análise apropriada).

Nota 2. Definições para população em risco:

Não especificado – O nível apropriado de segurança exigido em uma barragem onde as pessoas estão temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, da natureza de sua atividade e de outras condições.

De acordo com os critérios da Tabela 8.4, em função da classificação quanto ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) vinculada à população à jusante, a barragem foi classificada em **Muito Alta**. A partir desta classificação, seguindo as premissas determinadas pela CDA (2014), as quais estão apresentadas na Tabela 8.5, o PGA de 0,1585g foi obtido considerando a média

entre os valores de PGA encontrados utilizando o modelo [CSF + QF (1)] com períodos de retorno de 2.500 e 10.000 anos.

Tabela 8.5 – Período de Retorno de sismo em função da classe da barragem - CDA (2014).

| Classe da Barragem | Probabilidade Anual de Excedência (PAE) – Terremotos (Nota 1) |
|--------------------|---|
| Baixa | 1/1000 |
| Significativo | Entre 1/100 e 1/1.000 |
| Alta | 1/2.475 (Nota 2) |
| Muito Alta | 1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (Nota 3) |
| Extrema | 1/10.000 ou SMP (Nota 3) |

Siglas: SMP (Sismo Máximo Provável); PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Nota 1. Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima então inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (*Dam Safety Guidelines* - CDA 2013).

Nota 2. Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no *National Building Code of Canada* (Código Nacional de Construção do Canadá).

Nota 3. SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).

Assim, adotando-se um valor de 0,5 PGA, conforme indicado na publicação "*Rationalizing the Seismic Coefficient Method*" (Hynes-Griffin, M.E. & Franklin, A.G., 1984), tem-se uma aceleração horizontal igual a 0,079g. Os referidos autores também concluíram que enquanto o fator de segurança fosse igual ou superior a 1,0 com um coeficiente sísmico de 0,5 PGA, as eventuais deformações ocorreriam em níveis aceitáveis. Na direção vertical será utilizado 2/3 desse valor, ou seja, 0,047g seguindo os critérios do "*Bulletin 148: Selecting Seismic Parameters for Large Dams Guidelines*", elaborado pela *Internacional Commission on Large Dams* (ICOLD, 2016).

9. Análises de Estabilidade

9.1 Análises Diagnóstico e Pós-Rebaixamento do N.A.

Conforme abordado no Capítulo 7, referente aos critérios e premissas do projeto de descaracterização, independentemente da condição de estabilidade definida na etapa de diagnóstico, todos os projetos de descaracterização deverão considerar um fator de segurança maior ou igual a 1,3, para condições não drenadas de pico e 1,1 para a condição não drenada residual para o início das obras de descaracterização, de acordo com o Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020.

Para diagnosticar o estado atual da estrutura, foram realizadas análises de estabilidade nas

seções A-A', B-B' e C-C', que são as três seções de controle existentes na Barragem B1 – Mina Ipê. As referidas análises consideraram condição de carregamento drenado (c' e ϕ') para os materiais dilatantes e condição de carregamento não drenado ($\frac{S_{u,pico}}{\sigma'_{v0}}$ e $\frac{S_{u,liq}}{\sigma'_{v0}}$) para os materiais contráteis localizados abaixo da superfície freática (materiais saturados), conforme parâmetros de resistência definidos no relatório de consolidação e sumarizados na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade.

| Material | Cor | Y (kN/m ³) | Parâmetros de Resistência | | | Fonte | Documento |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|-----------------|--|--|
| | | | Parâmetros Efetivos | | Su/σ'v (kPa) | | |
| | | | c' (kPa) | φ' (°) | | | |
| Rejeito Reservatório | Acima do N.A. | 25,0 | 0,0 | 30,0 | - | Correlação com N _{SPT} | Consolidação de Dados da Barragem B1 - Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.537) |
| | Abaixo do N.A. - Pico | | - | - | 0,23 | Interpretação de ensaios de Piezocone | |
| | Abaixo do N.A. - Liquefeito | | - | - | 0,10 | Interpretação de ensaios de Piezocone | |
| Rejeito Antigo | Acima do N.A. | 26,5 | 0,0 | 35,0 | - | Correlação com N _{SPT} | |
| | Abaixo do N.A. - Pico | | - | - | 0,27 | Interpretação de ensaios de Piezocone | |
| | Abaixo do N.A. - Liquefeito | | - | - | 0,06 | Interpretação de ensaios de Piezocone | |
| Maciço | Rejeito Compactado | 27,5 | 7,0 | 40,0 | - | Ensaio de compressão triaxial de laboratório | |
| | Rejeito Semi Compactado | 26,5 | 0,0 | 40,0 | - | | |
| Solo Residual de Filito | | 19 | 18,0 | 36,0 | - | | |
| Saprolito de Filito | | 20 | 20,0 | 45,0 | - | Correlação com N _{SPT} | |
| Quartzito Nova Lima | | 20 | 400,0 | 35,0 | - | | |
| Filito São | | 20 | Resistência Infinita | | | Estimativa bibliografia/projetistas | |
| Blocos Lançados | | 20 | Envoltória Leps Inferior | | | | |
| Enrocamento | | 22 | Envoltória Leps Inferior | | | | |

⁽¹⁾ Para as análises não drenadas com carregamento pseudo-estático serão utilizados os parâmetros totais reduzidos de 20% conforme recomenda Hynes-Griffin & Franklin (1984), resultando em $c=27,5$ kPa e $\phi=31,6^\circ$.

Os resultados das análises de estabilidade realizadas para o diagnóstico indicaram que as condições atuais não são suficientes para início das obras. Conforme apresentado na Tabela 9.2, a seção B-B' não possui fator de segurança satisfatório para a condição não-drenada liquefeita ($FS \geq 1,10$).

Da Figura 9.1 à Figura 9.9 são apresentados os resultados das análises de estabilidade realizadas na etapa de diagnóstico.

Tabela 9.2 – Resultados das análises de estabilidade do diagnóstico.

| Parâmetro não drenado | Fatores de segurança obtidos | | | | | | | | | F.S. Recomend. |
|-----------------------|------------------------------|------|---------|------------|------|---------|------------|------|---------|----------------|
| | Seção A-A' | | | Seção B-B' | | | Seção C-C' | | | |
| | Sarma | M/P | Spencer | Sarma | M/P | Spencer | Sarma | M/P | Spencer | |
| Pico | 1,95 | 1,95 | 1,96 | 1,40 | 1,40 | 1,41 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,30 |
| Liquefeito | 1,95 | 1,95 | 1,96 | 0,44 | 0,42 | 0,44 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,10 |
| Pico + Sismo | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,01 | 1,00 | 1,01 | 1,57 | 1,58 | 1,57 | 1,00 |

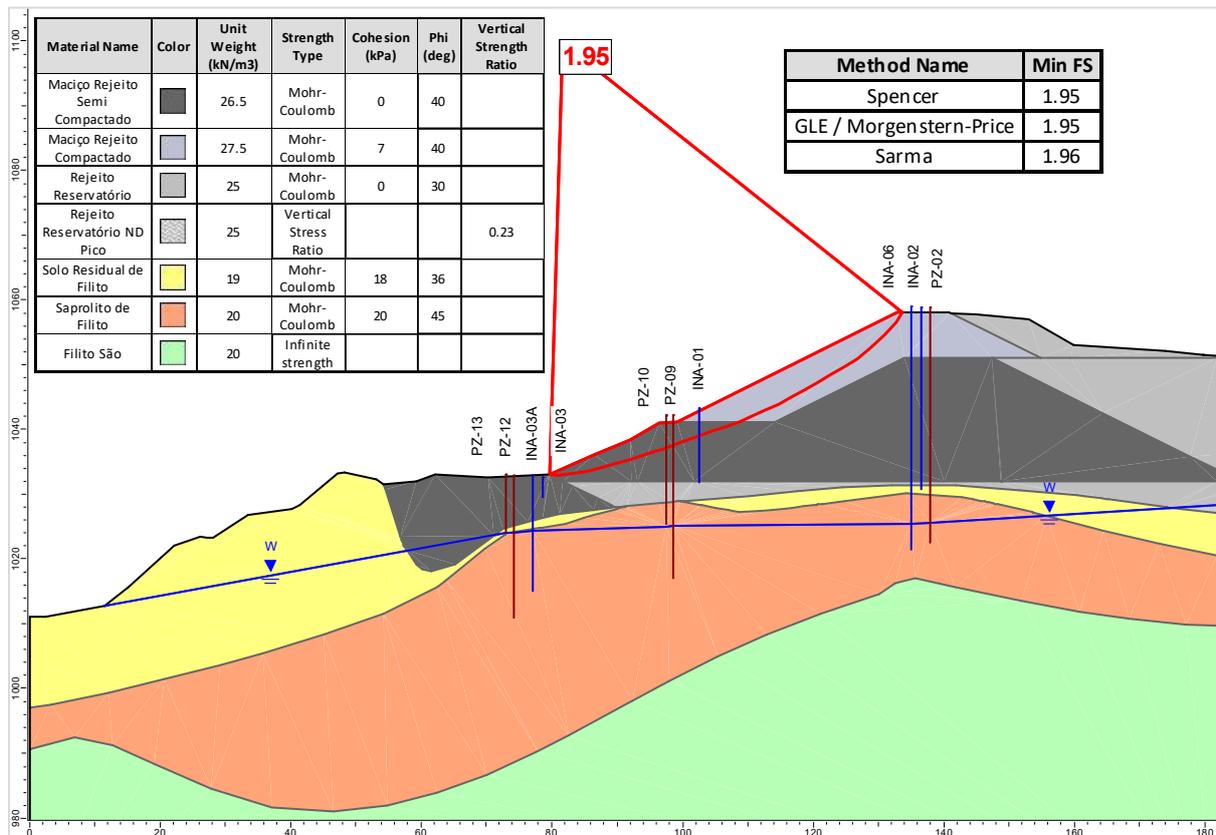


Figura 9.1 – Seção A-A' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico.

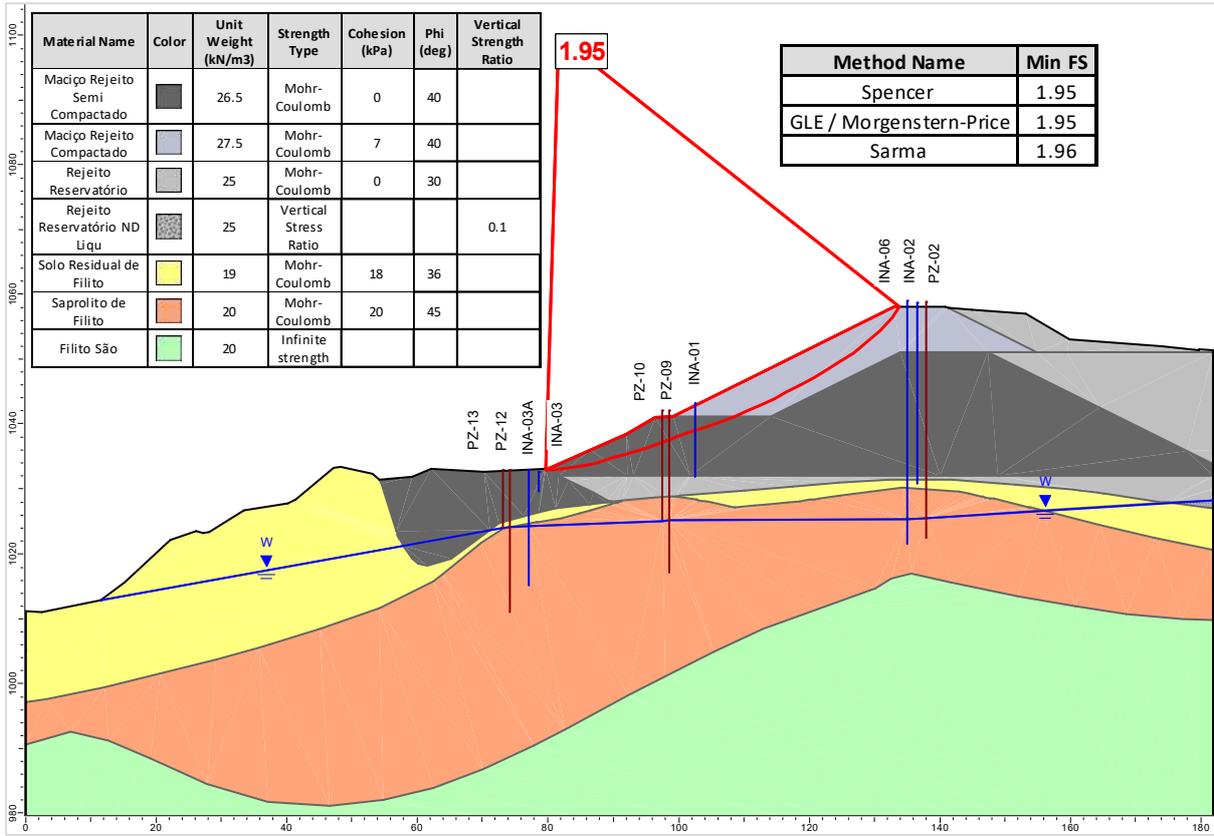


Figura 9.2 – Seção A-A' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros liquefeitos.

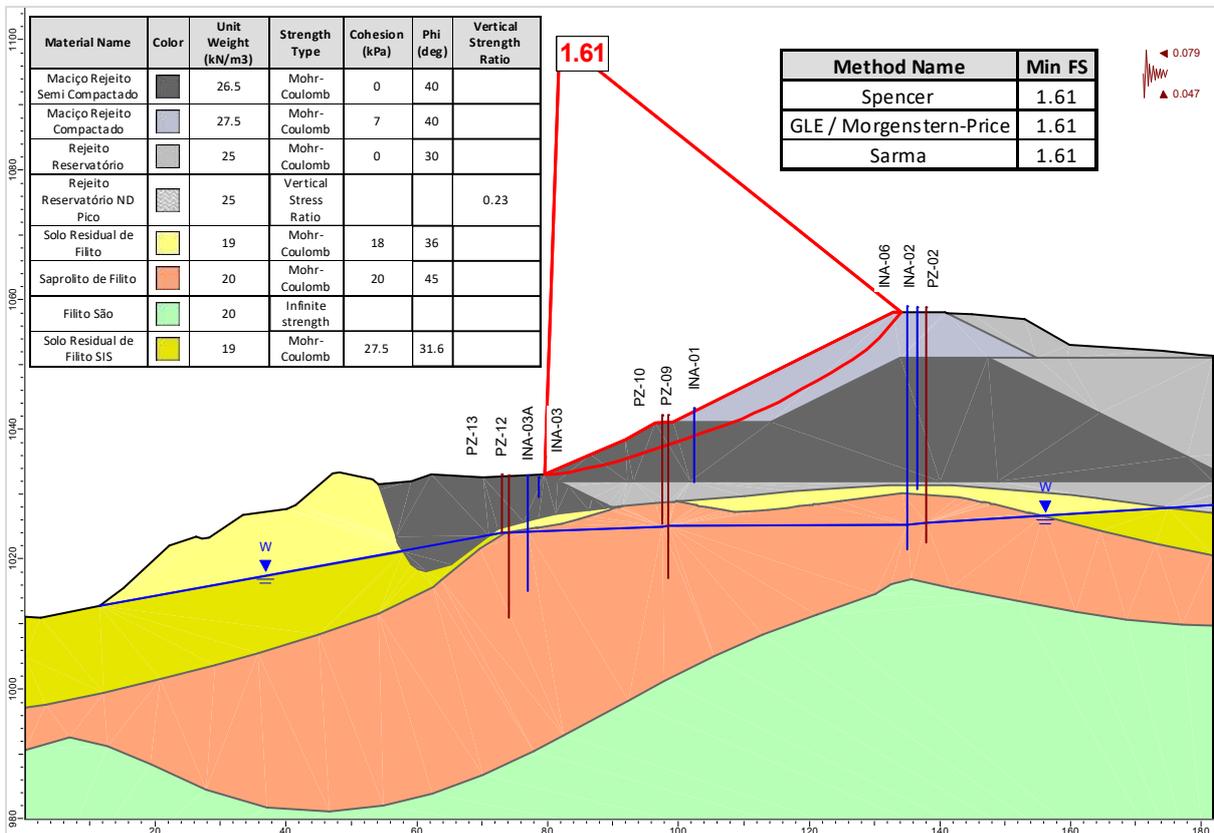


Figura 9.3 – Seção A-A' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico + sismo.

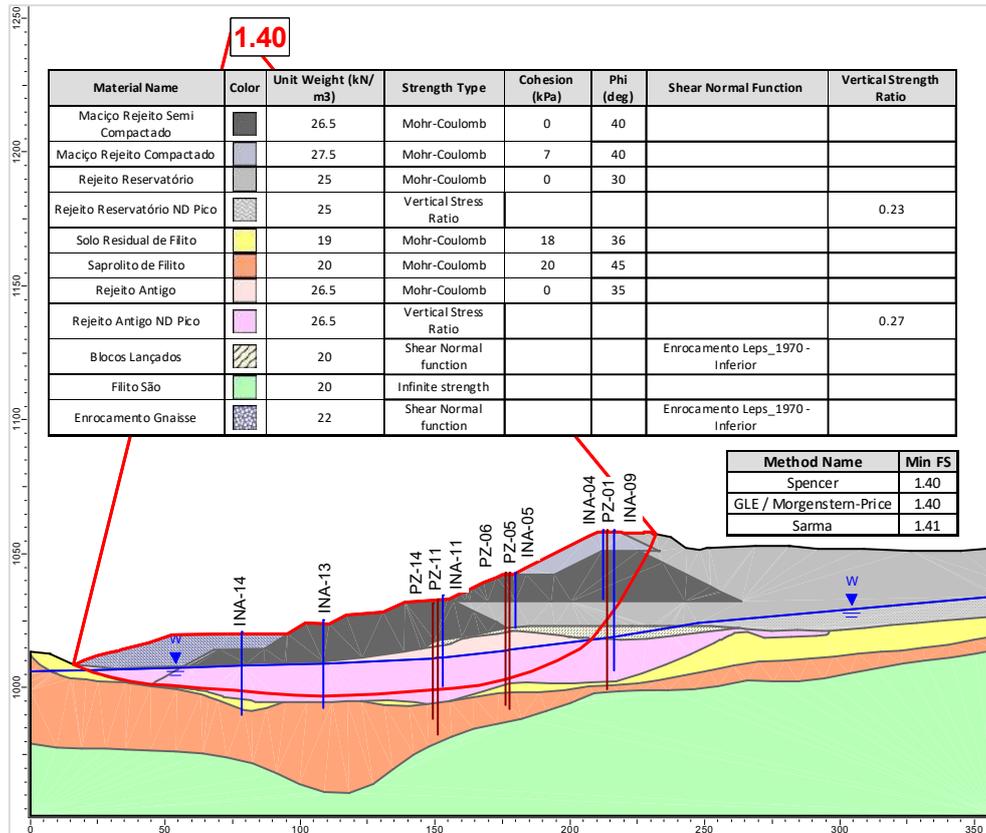


Figura 9.4 – Seção B-B' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico.

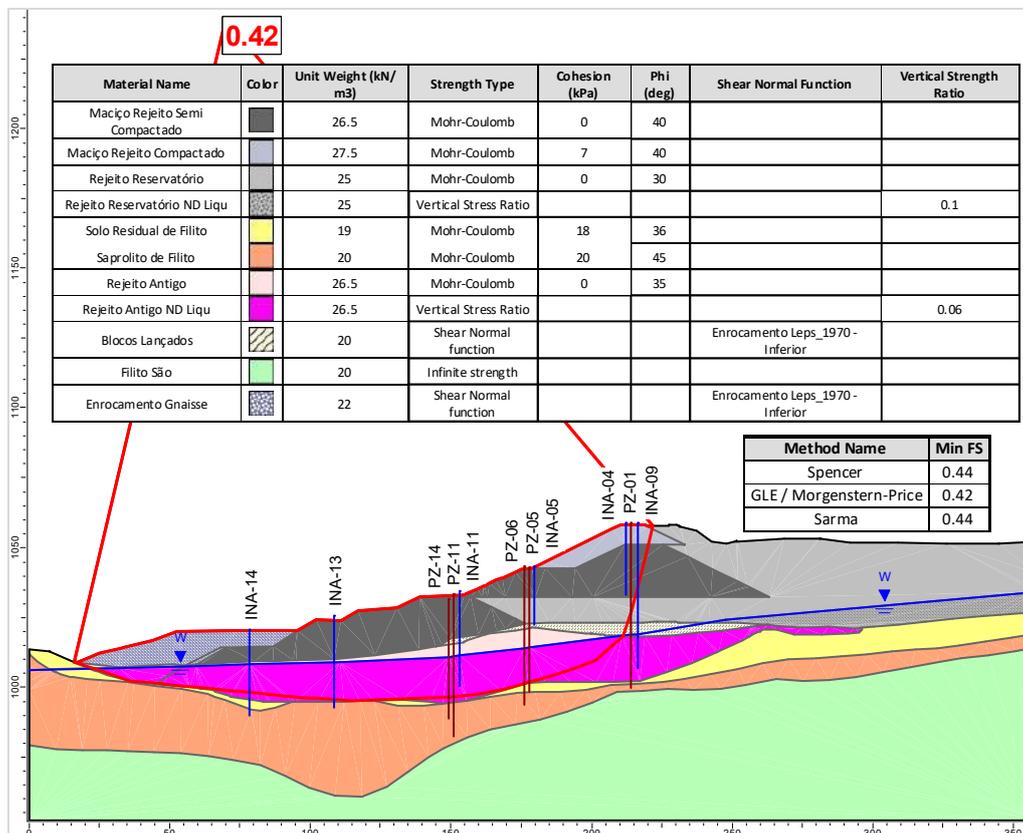


Figura 9.5 – Seção B-B' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros liquefeitos.

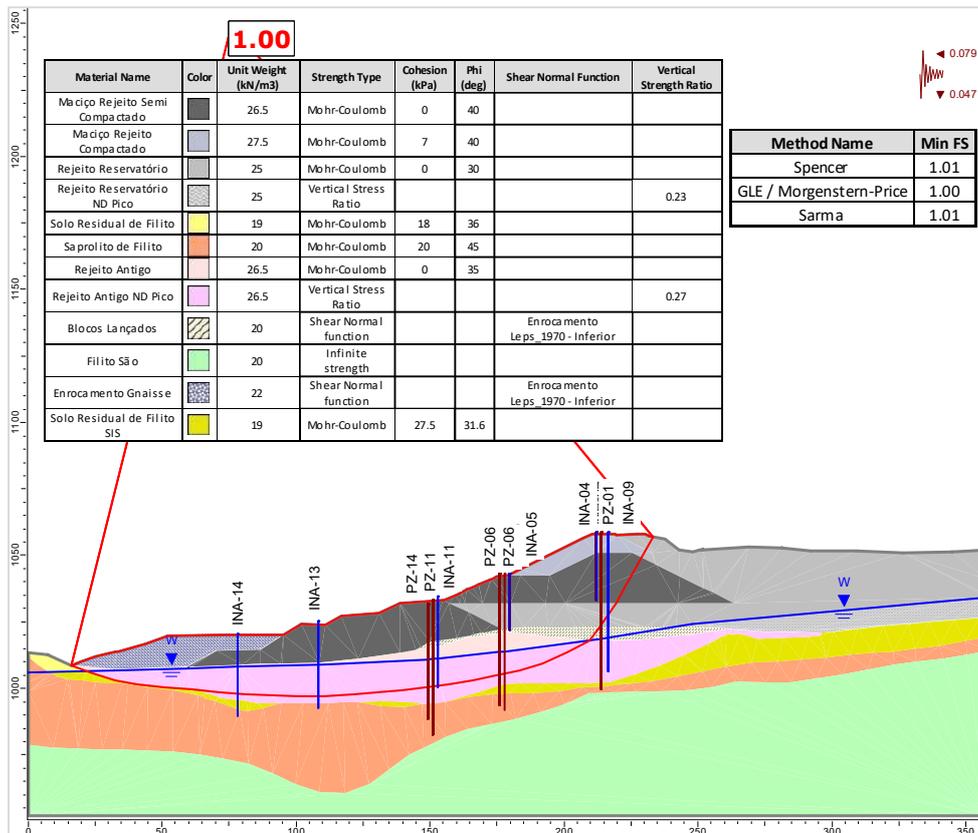


Figura 9.6 – Seção B-B' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico + sismo.

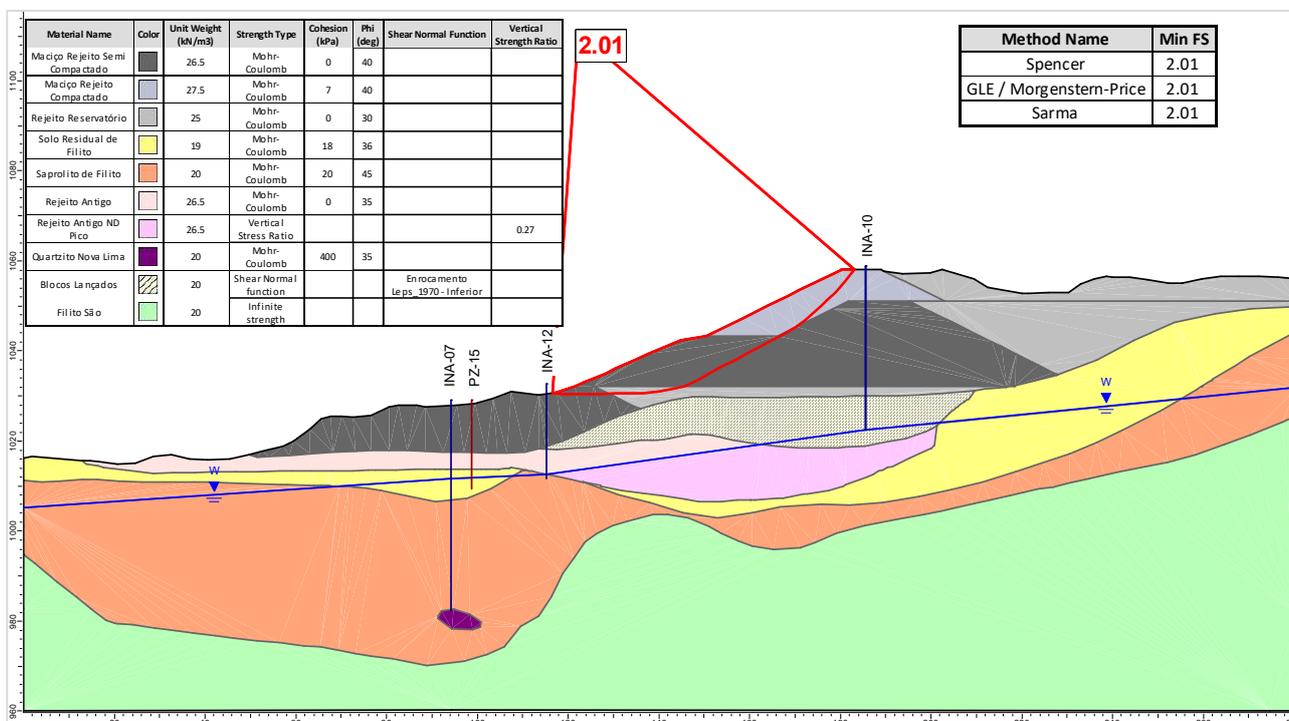


Figura 9.7 – Seção C-C' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico.

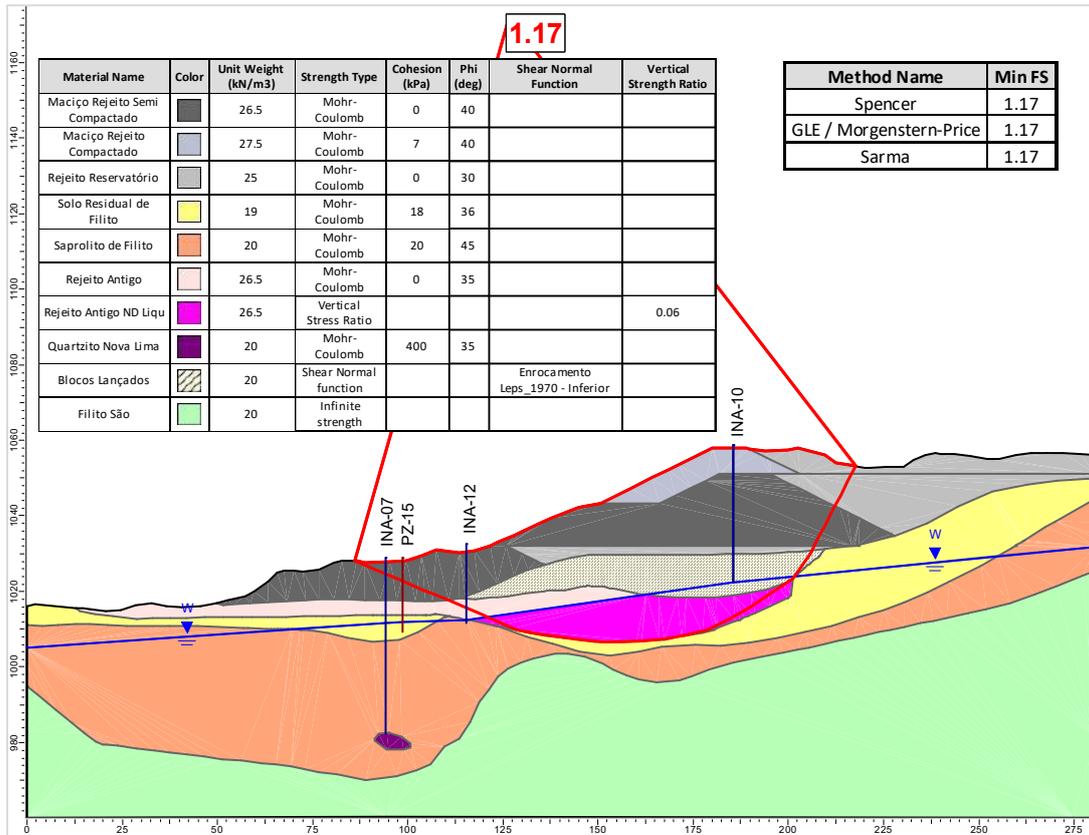


Figura 9.8 – Seção C-C' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros liquefeitos.

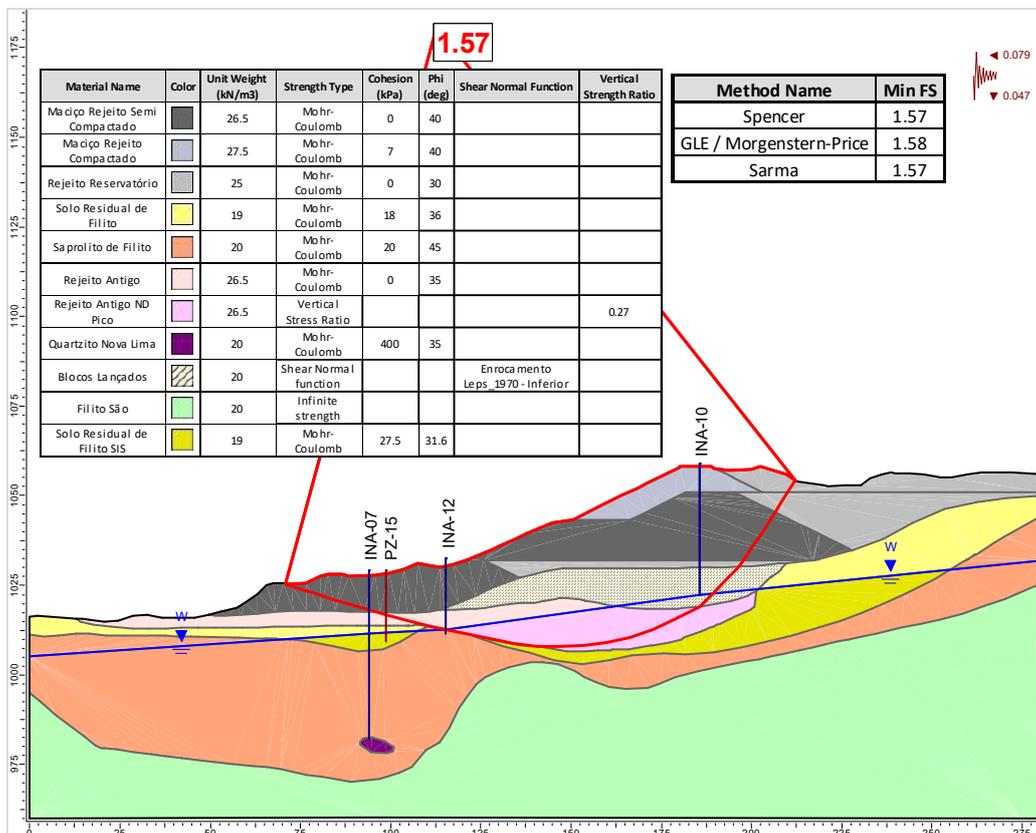


Figura 9.9 – Seção C-C' – Diagnóstico – Análise não drenada – Parâmetros de pico + sismo.

Tendo em vista o papel preponderante do rejeito antigo saturado no resultado das análises de estabilidade com carregamento não drenado, definiu-se a necessidade de executar o rebaixamento do nível d'água local, de forma a atender os fatores de segurança mínimos definidos pelo Termo de Referência. Diversas tentativas foram realizadas para se definir leituras máxima admitidas para a instrumentação de controle, mas foi observado que o nível d'água precisa estar quase que completamente abaixo do rejeito antigo para se obter o fator de segurança exigido para análise com parâmetro liquefeito.

A empresa Water Services, responsável pelo estudo hidrogeológico da área, foi responsável pela definição do ponto para a instalação de um poço para execução do rebaixamento do nível d'água. Conforme apresentado na Figura 9.10, foi realizada a instalação de 6 (seis) indicadores de nível d'água (INA-09 a INA-14) e 2 (dois) piezômetros de tubo aberto (PZ-19 e PZ-20) distribuídos nas seções B-B' e C-C', que irão controlar a eficiência do rebaixamento do N.A. em diferentes pontos onde é encontrado material de rejeito antigo na fundação. Conforme discutido no item 13.3 esses novos indicadores de nível d'água e piezômetros em conjunto com os demais instrumentos existentes na estrutura terão papel determinante para o início, andamento, e até mesmo a paralisação das obras.

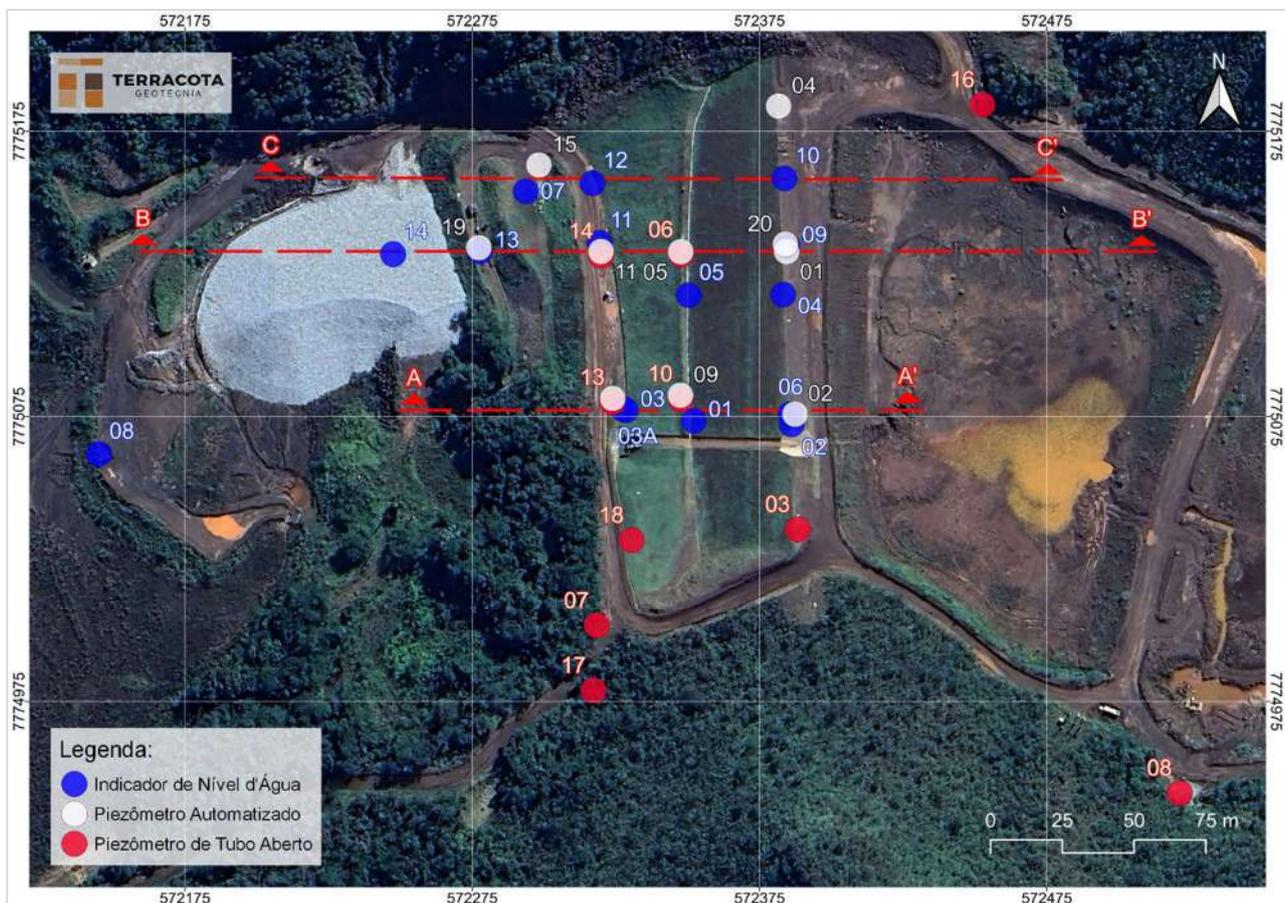


Figura 9.10 – Barragem B1 – Mina Ipê – Instrumentos existentes para o projeto de descaracterização.

A Tabela 9.3 apresenta as leituras da instrumentação, adotando-se como referência os valores lidos no dia 10/07/2023, em conjunto com a elevação máxima admissível para esses instrumentos, de forma que o rejeito antigo permaneça acima da linha freática.

Tabela 9.3 – Instrumentação – Leituras atuais (10/07/2023) e valores máximos admitidos.

| Seção | Instrumento | Cota de fundo (m) | Data de Referência da Leitura | Elevação lida (m) | Elevação Máxima Admissível (m) | Rebaixamento Necessário (m) |
|-------|-------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| B-B' | INA-09 | 1.006,45 | 10/07/2023 | 1.018,76 | Seco | 12,31 ⁽¹⁾ |
| | PZ-01 | 999,45 | 10/07/2023 | 1.016,25 | 1.001,70 | 14,55 |
| | INA-04 | 1.032,92 | 10/07/2023 | Seco | Seco | -(¹) |
| | INA-05 | 1.022,04 | 10/07/2023 | Seco | Seco | -(¹) |
| | PZ-05 | 991,89 | 10/07/2023 | 1.012,52 | 997,80 | 14,72 |
| | PZ-06 | 998,22 | 10/07/2023 | 1.013,84 | Seco | 15,62 ⁽¹⁾ |
| | INA-11 | 1.000,26 | 10/07/2023 | 1.010,20 | Seco | 9,94 ⁽¹⁾ |
| | PZ-11 | 982,32 | 10/07/2023 | 1.011,02 | 995,20 | 15,82 |
| | PZ-14 | 988,35 | 10/07/2023 | 1.010,60 | 995,20 | 15,40 |
| | INA-13 | 992,45 | 10/07/2023 | 1.008,80 | 995,00 | 13,80 |
| C-C' | INA-14 | 989,66 | 10/07/2023 | 1.008,04 | 994,80 | 13,24 |
| | INA-10 | 1.022,31 | 10/07/2023 | Seco | Seco | -(¹) |
| | INA-12 | 1.011,61 | 10/07/2023 | Seco | Seco | -(¹) |
| | PZ-15 | 1.009,29 | 10/07/2023 | 1.011,23 | Seco | 1,94 ⁽¹⁾ |
| | INA-07 | 982,17 | 10/07/2023 | 1.011,60 | 1.005,00 | 6,60 |

1- Rebaixamento necessário considerando apenas até a cota de fundo do instrumento, não representando a elevação da superfície freática admissível na projeção do instrumento.

Na Tabela 9.4 são apresentados os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade considerando o rebaixamento da superfície freática na barragem (elevação máxima admissível). Da Figura 9.11 à Figura 9.15 são apresentadas as saídas do *software* de estabilidade.

Tabela 9.4 – Resultados das análises de estabilidade com freática rebaixada.

| Parâmetro não drenado | Fatores de segurança obtidos | | | | | | F.S. Recomendado |
|-----------------------|------------------------------|------|-------|------------|------|-------|------------------|
| | Seção B-B' | | | Seção C-C' | | | |
| | Spencer | M/P | Sarma | Spencer | M/P | Sarma | |
| Pico | 2,00 | 1,99 | 2,00 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,30 |
| Liquefeito | 2,00 | 1,99 | 2,00 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,10 |
| Pico + sismo | 1,63 | 1,62 | 1,63 | 1,63 | 1,63 | 1,63 | 1,00 |

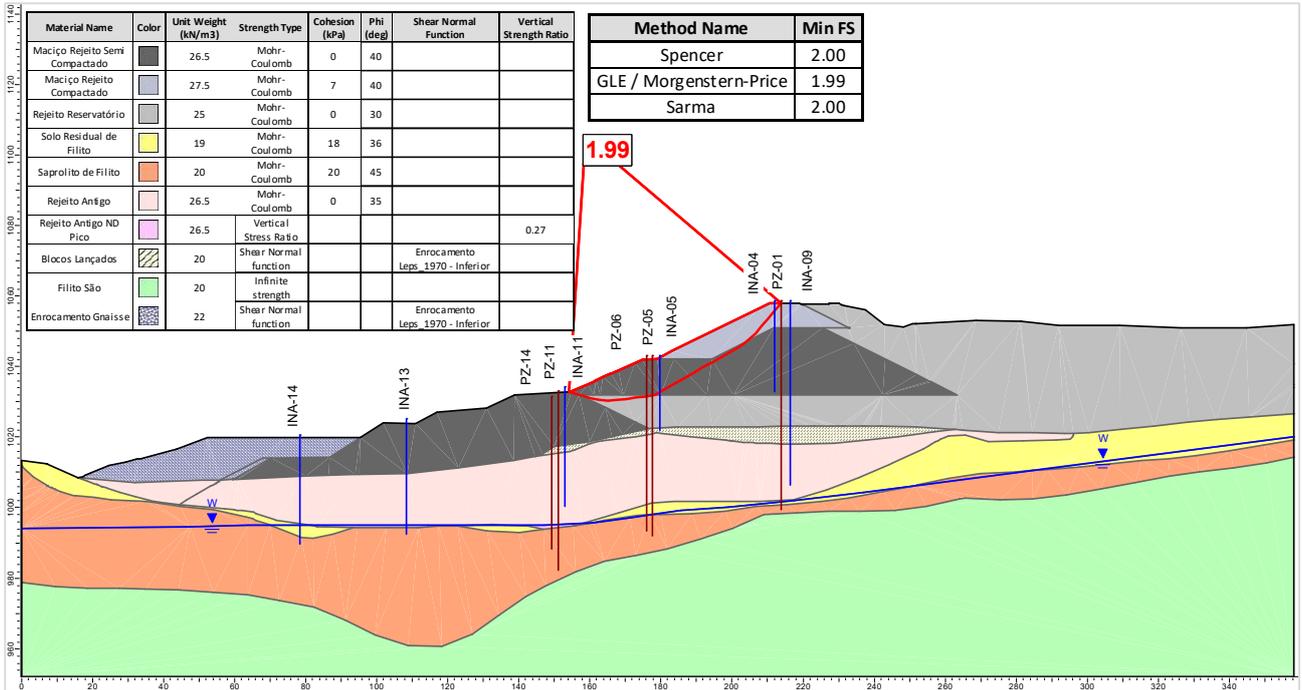


Figura 9.11 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros de pico.

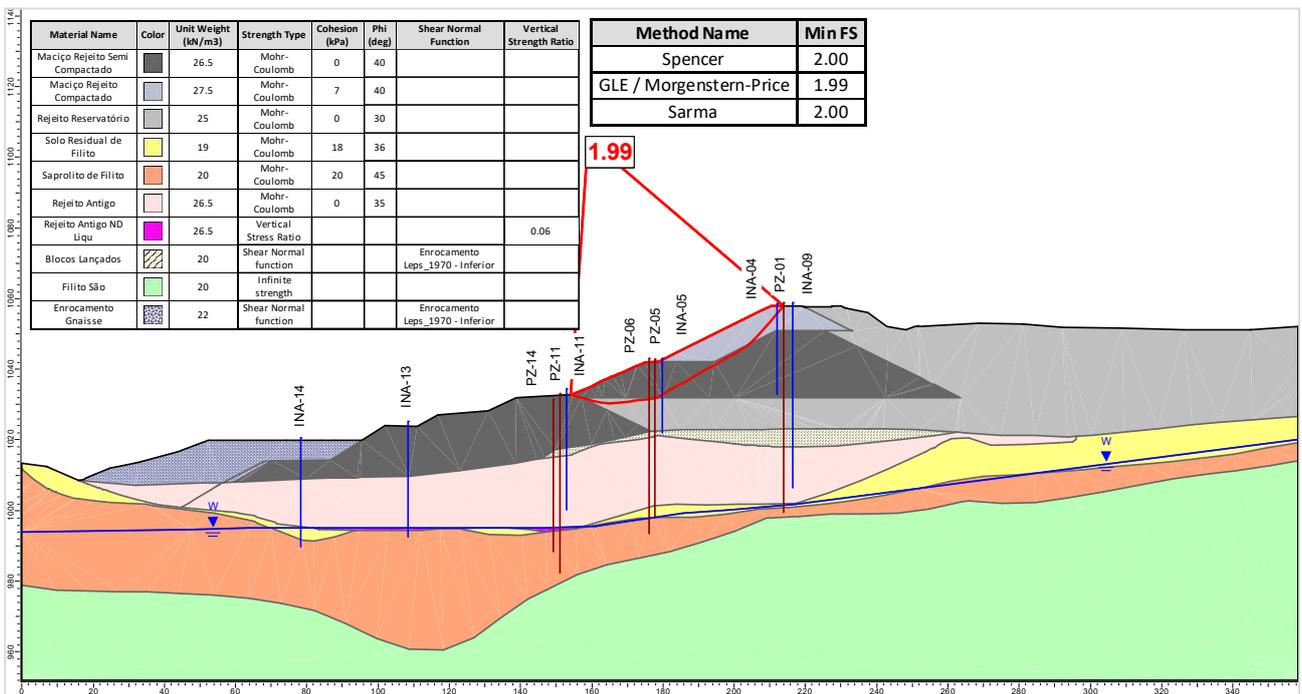


Figura 9.12 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros liquefeitos.

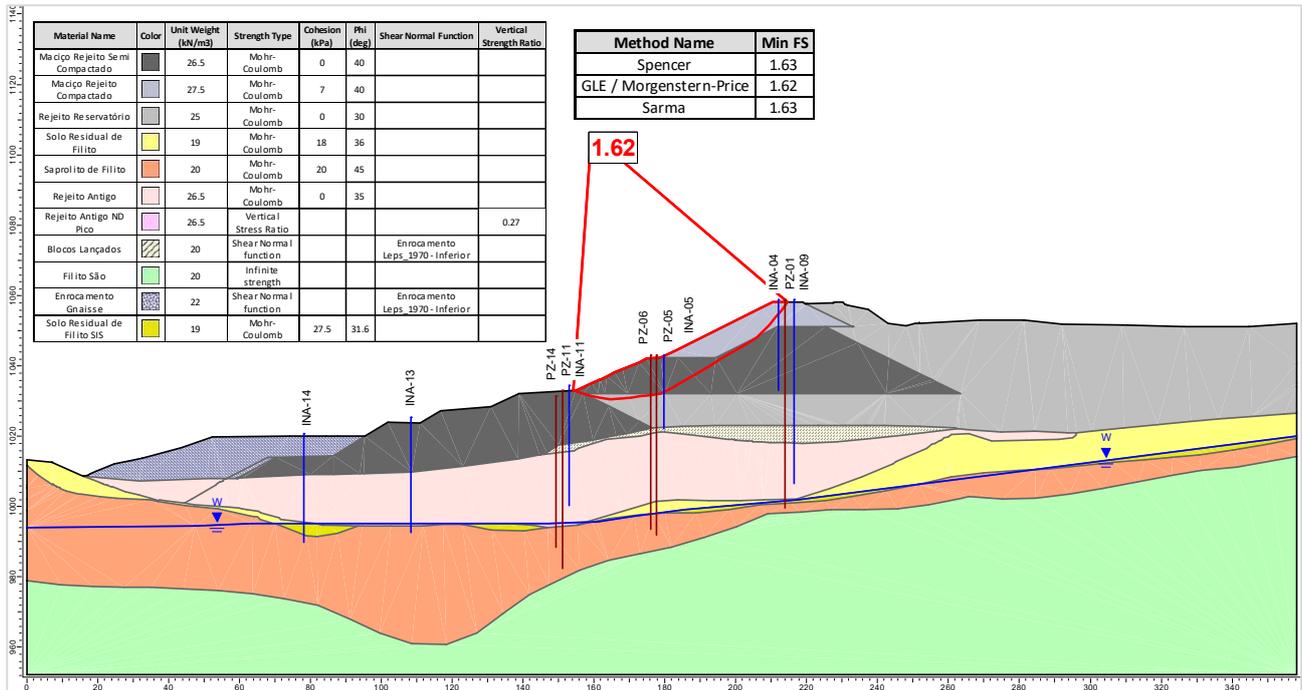


Figura 9.13 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros de pico + sismo.

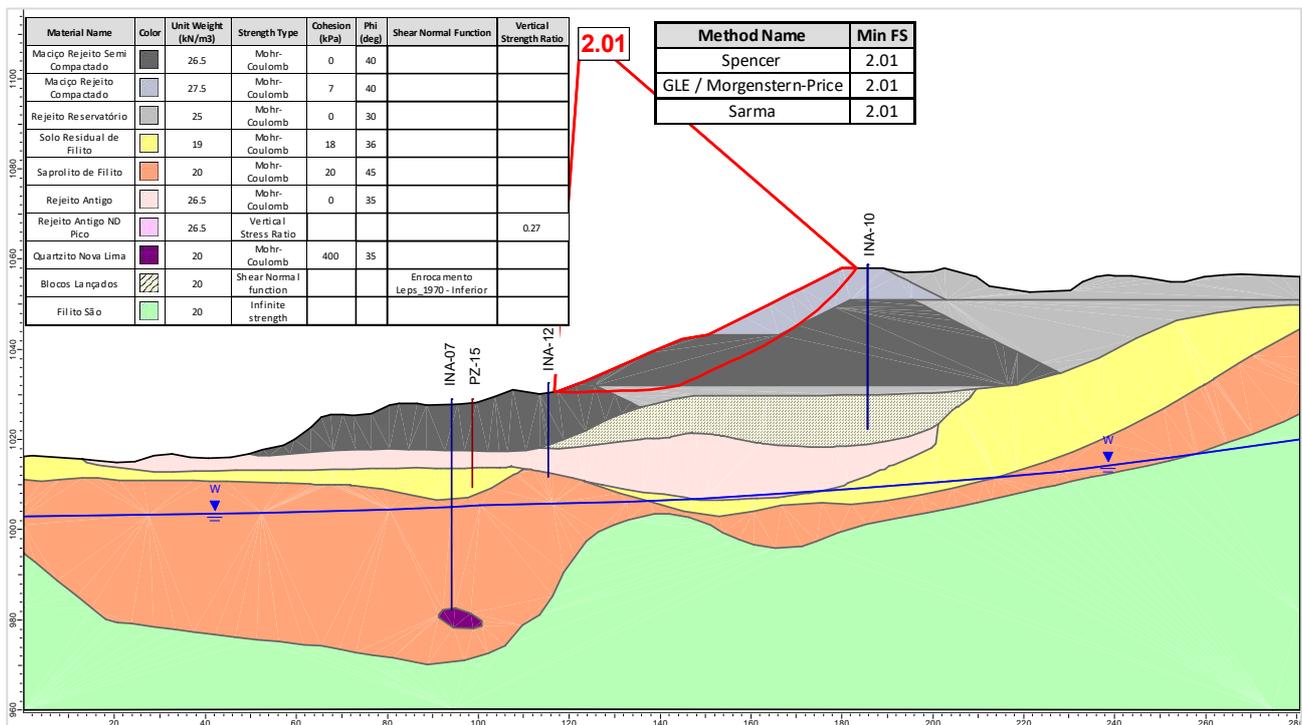


Figura 9.14 – Seção C-C' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros de pico.

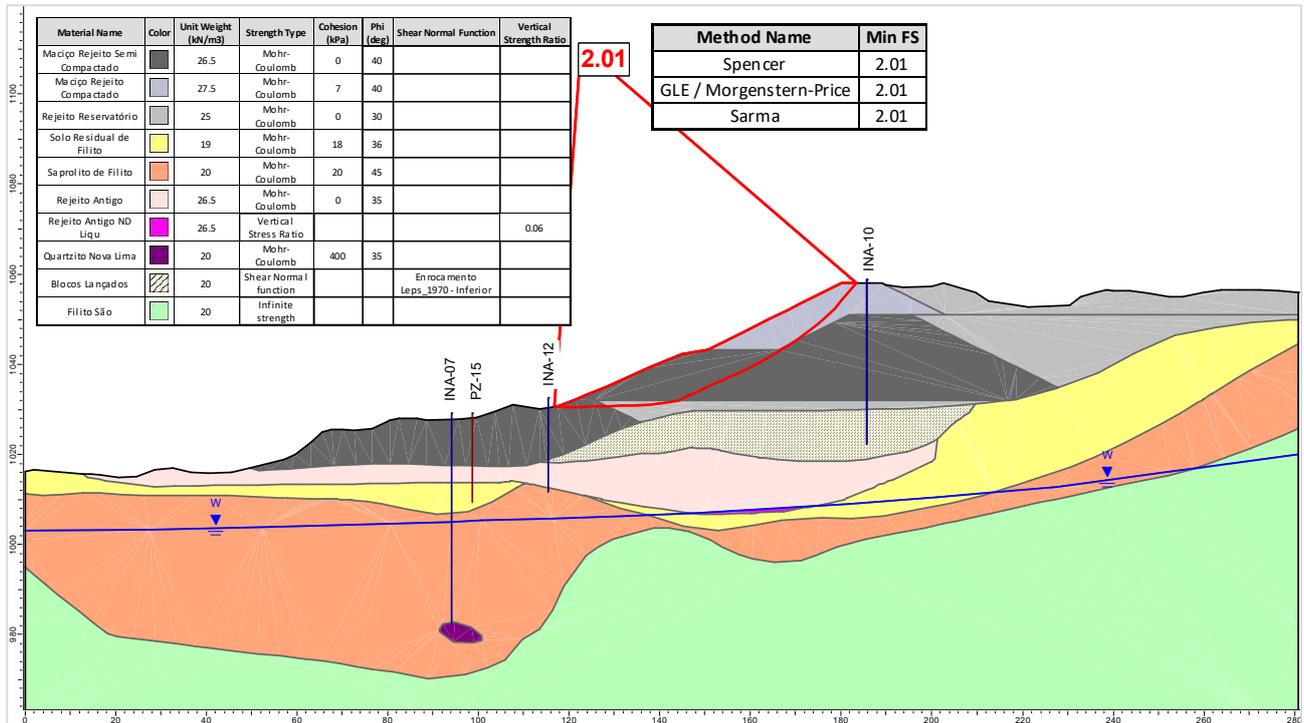


Figura 9.15 – Seção C-C' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros liquefeitos.

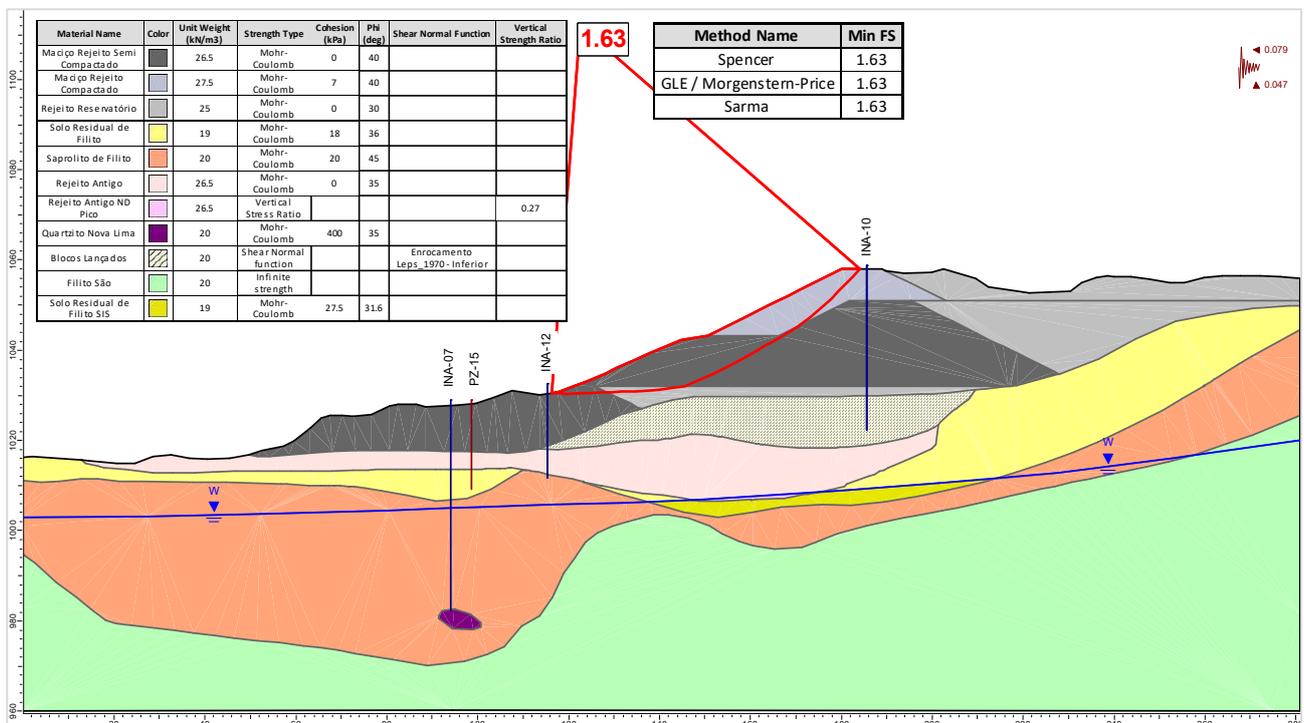


Figura 9.16 – Seção C-C' – Freática rebaixada – Análise não drenada – Parâmetros de pico + sismo.

9.2 Estabilidade Durante a Execução do Projeto

As análises de estabilidade aqui apresentadas foram elaboradas para as etapas críticas de projeto. Como a descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê será realizada com a remoção da

estrutura, em nenhuma etapa será acrescido carregamento sobre o material de fundação que pudesse provocar a instabilidade da estrutura no sentido de jusante. Todavia, durante a escavação do material do reservatório, existirão etapas onde o talude de escavação apresentará maiores alturas, carecendo de verificação de sua estabilidade no sentido de montante.

Para a definição da geometria das seções de análise, considerou-se a seção transversal de monitoramento B-B', que é a seção de maior altura da barragem e que foi utilizada para a modelagem e apresentação dos desenhos do projeto de descaracterização. As etapas críticas para estabilidade dos taludes de escavação são as etapas 12 e 21, onde se têm desníveis de 15,30 m e 25,63 m, conforme apresentado na Figura 9.17 e Figura 9.18.

Tendo em vista que a premissa de projeto é que a superfície freática esteja rebaixada durante a execução de toda a descaracterização, a superfície freática nas análises de estabilidade foi modelada a partir das elevações máximas admissíveis apresentadas na Tabela 9.3. Os parâmetros de resistência adotados são os mesmos descritos no item anterior e Tabela 9.1.

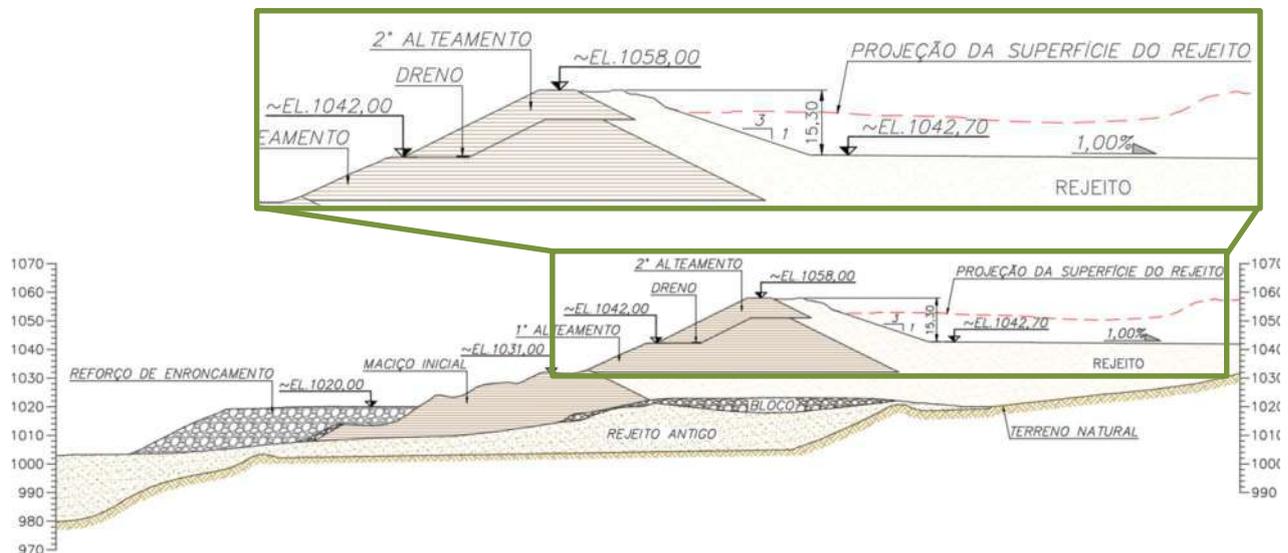


Figura 9.17 – Seção B-B' – Descaracterização – Etapa construtiva 12.

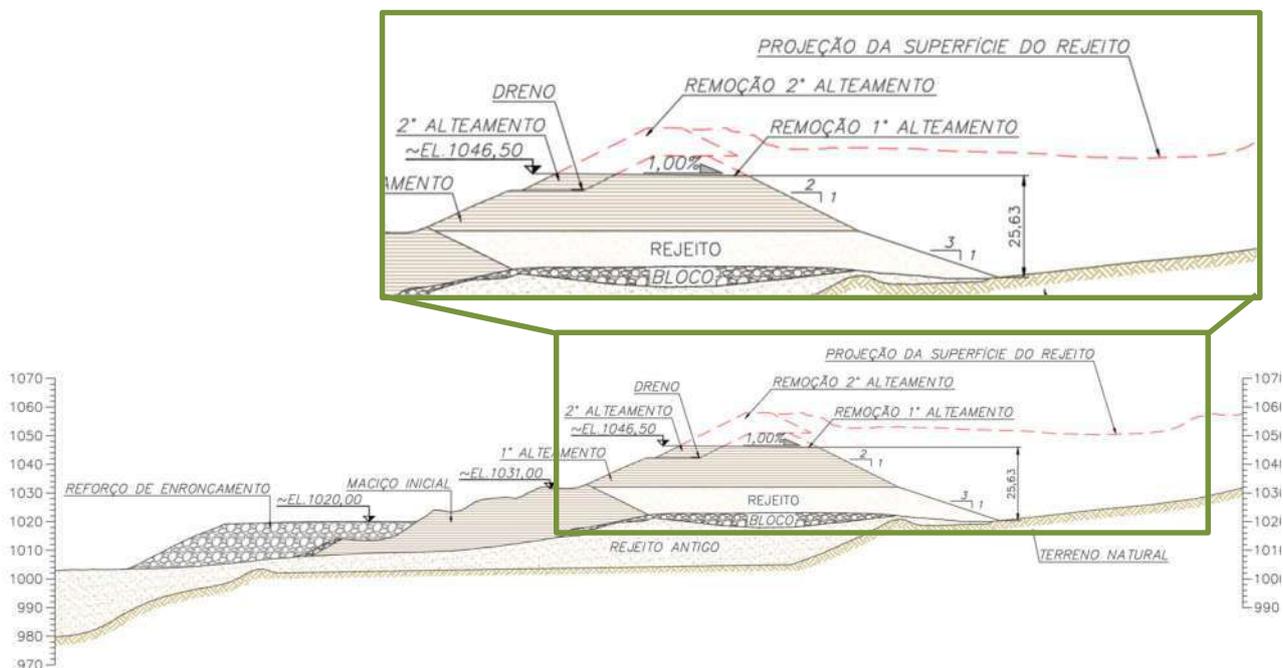


Figura 9.18 – Seção B-B' – Descaracterização – Etapa construtiva 21.

Na Tabela 9.5 são apresentados os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade considerando o rebaixamento da superfície freática na barragem. Da Figura 9.19 à Figura 9.26 são apresentadas as saídas do *software* de estabilidade.

Tabela 9.5 – Resultados das análises de estabilidade com freática rebaixada.

| Seção B-B' | Análise | Fatores de segurança obtidos | | | | | | F.S. Recomend. |
|--------------------|-----------------|------------------------------|------|-------|--------------------|------|-------|----------------|
| | | Geometria Etapa 12 | | | Geometria Etapa 21 | | | |
| | | Spencer | M/P | Sarma | Spencer | M/P | Sarma | |
| Talude de Montante | Drenada | 1,79 | 1,78 | 1,79 | 1,60 | 1,60 | 1,61 | 1,50 |
| | Drenada + sismo | 1,41 | 1,41 | 1,41 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,00 |
| Talude de Jusante | Drenada | 1,99 | 1,97 | 1,99 | 2,16 | 2,16 | 2,16 | 1,50 |
| | Drenada + sismo | 1,63 | 1,61 | 1,62 | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 1,00 |

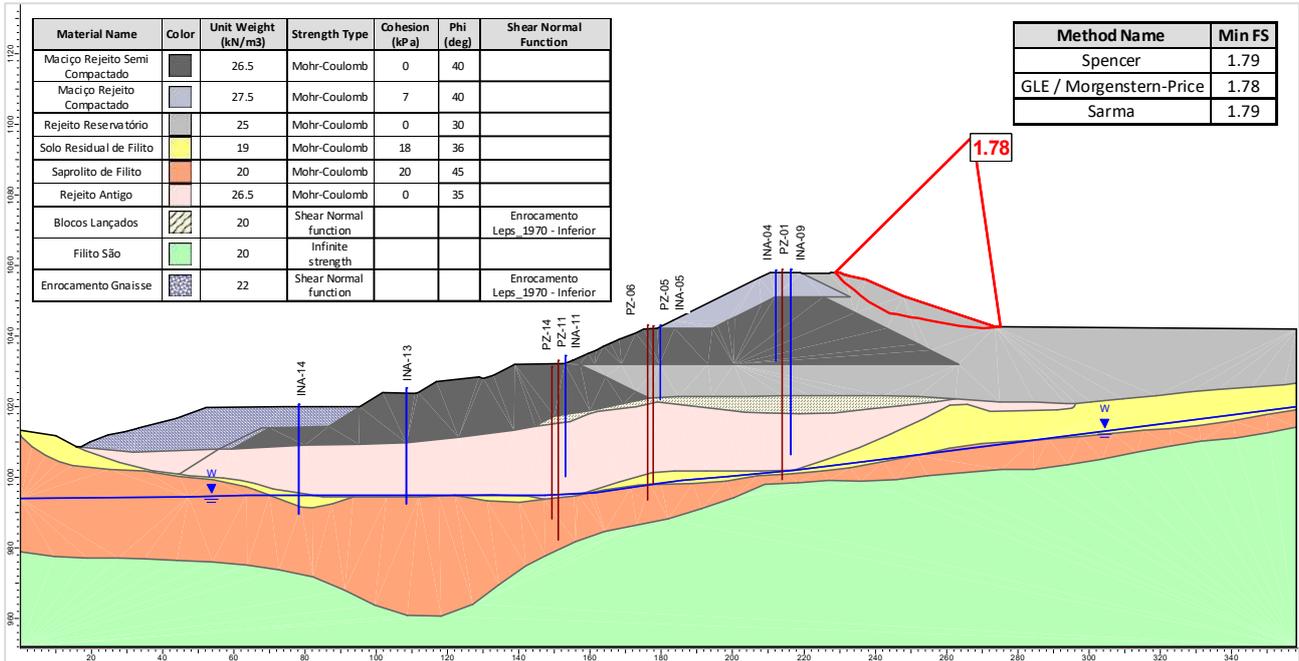


Figura 9.19 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 12 – Talude de Montante - Análise drenada.

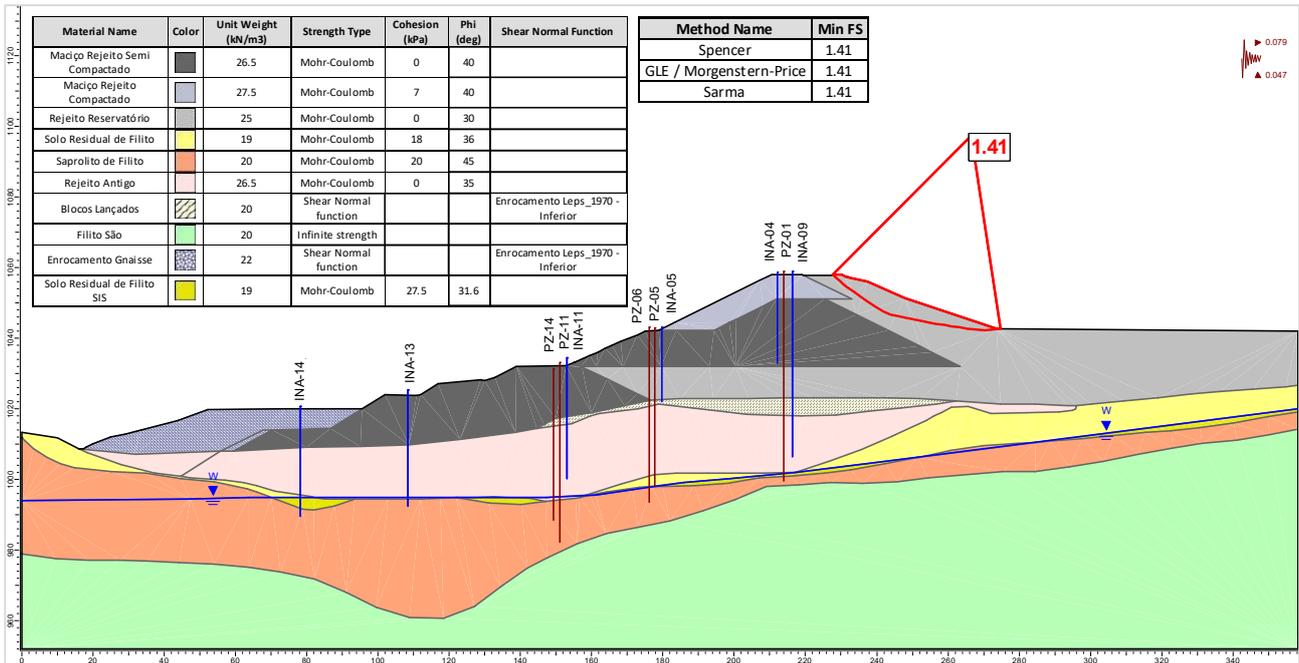


Figura 9.20 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 12 – Talude de Montante – Análise drenada + sísmo.

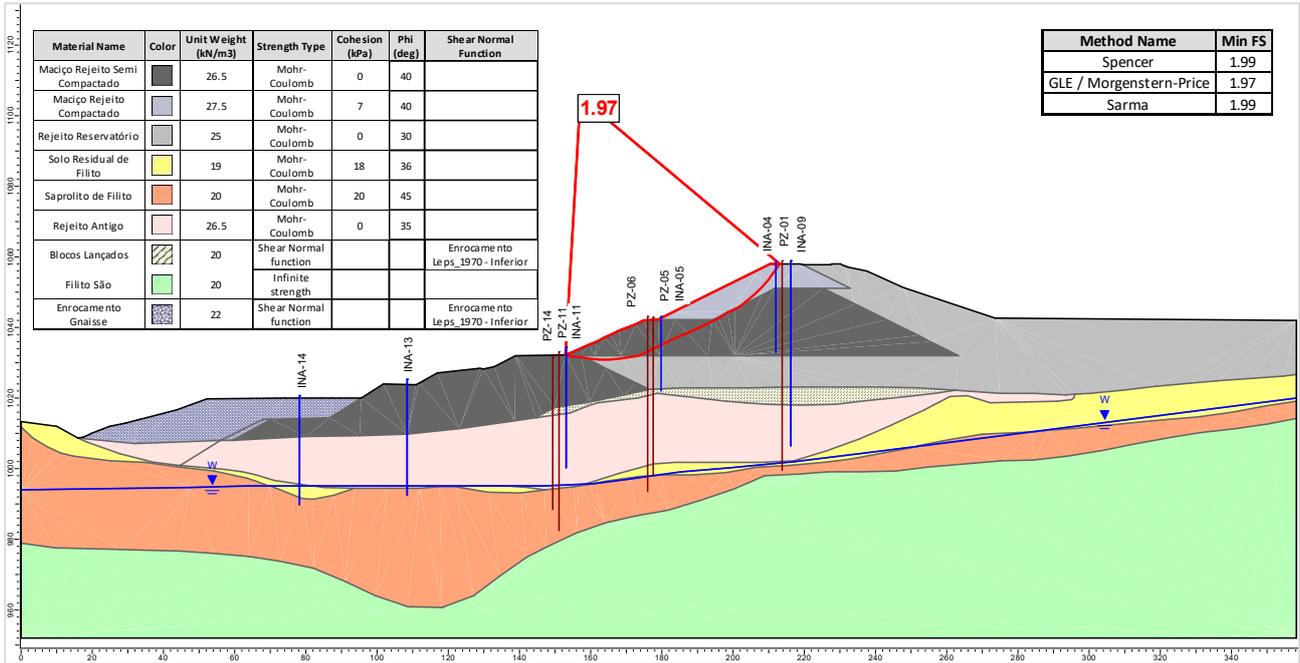


Figura 9.21 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 12 – Talude de Jusante – Análise drenada.

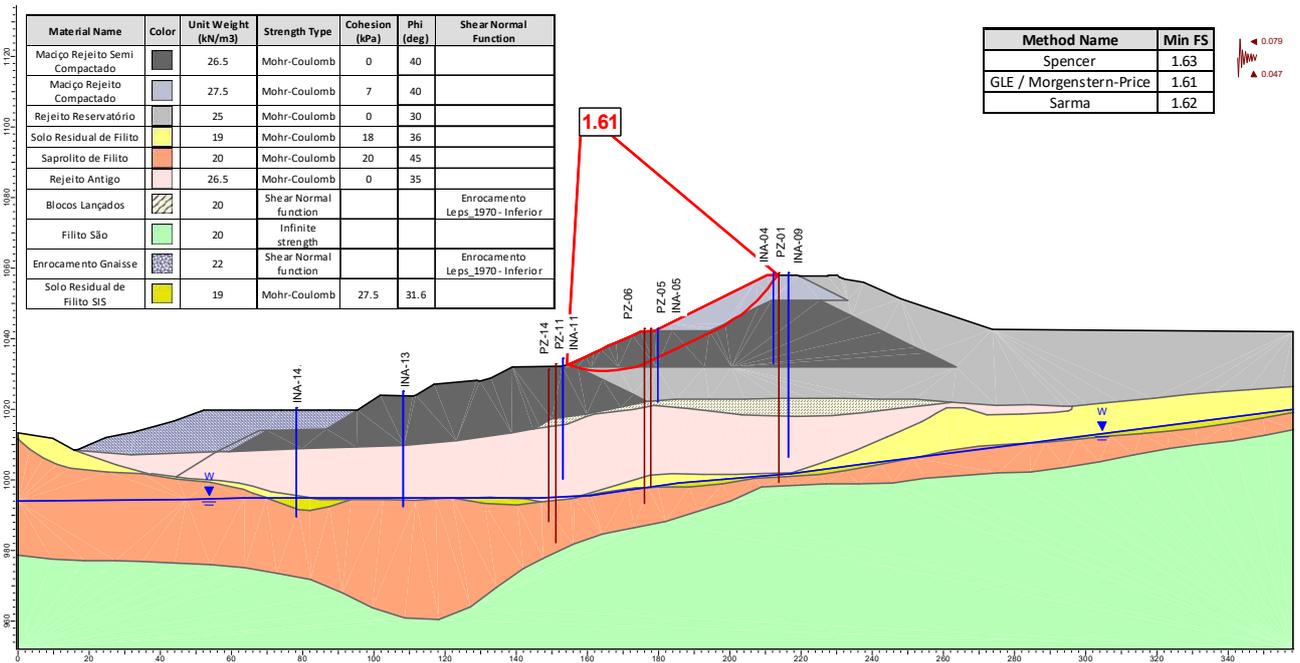


Figura 9.22 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 12 – Talude de Jusante – Análise drenada + sismo.

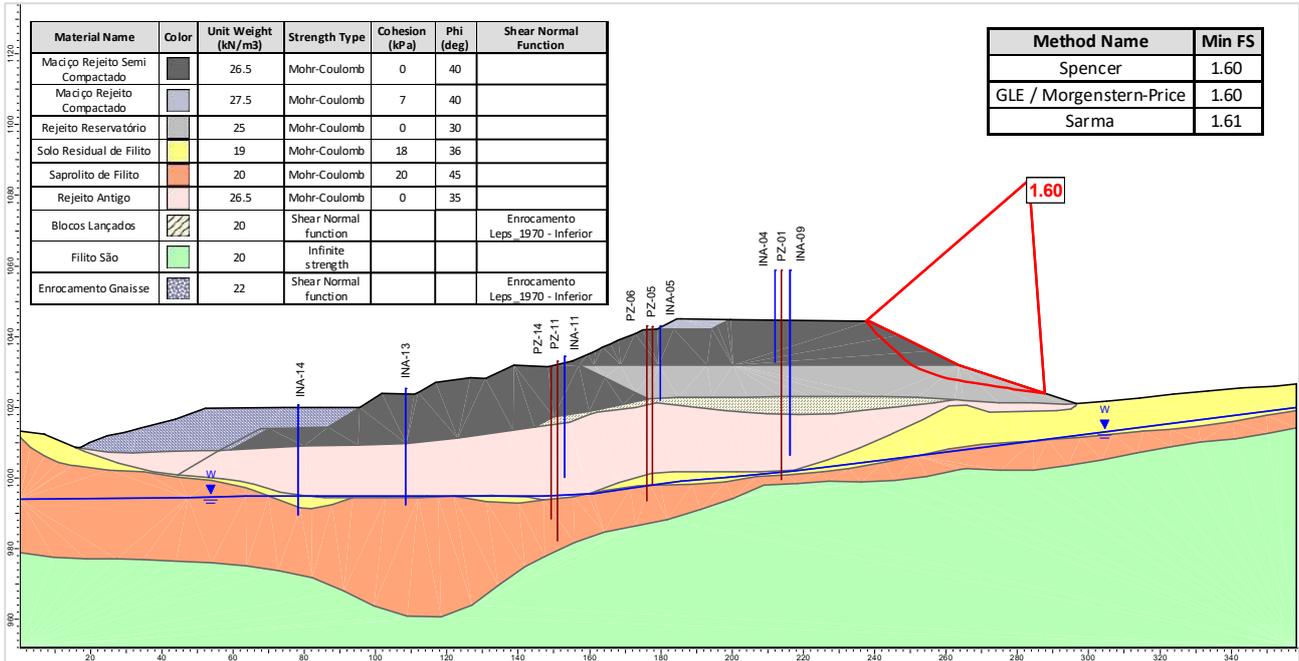


Figura 9.23 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 21 – Talude de Montante – Análise drenada.

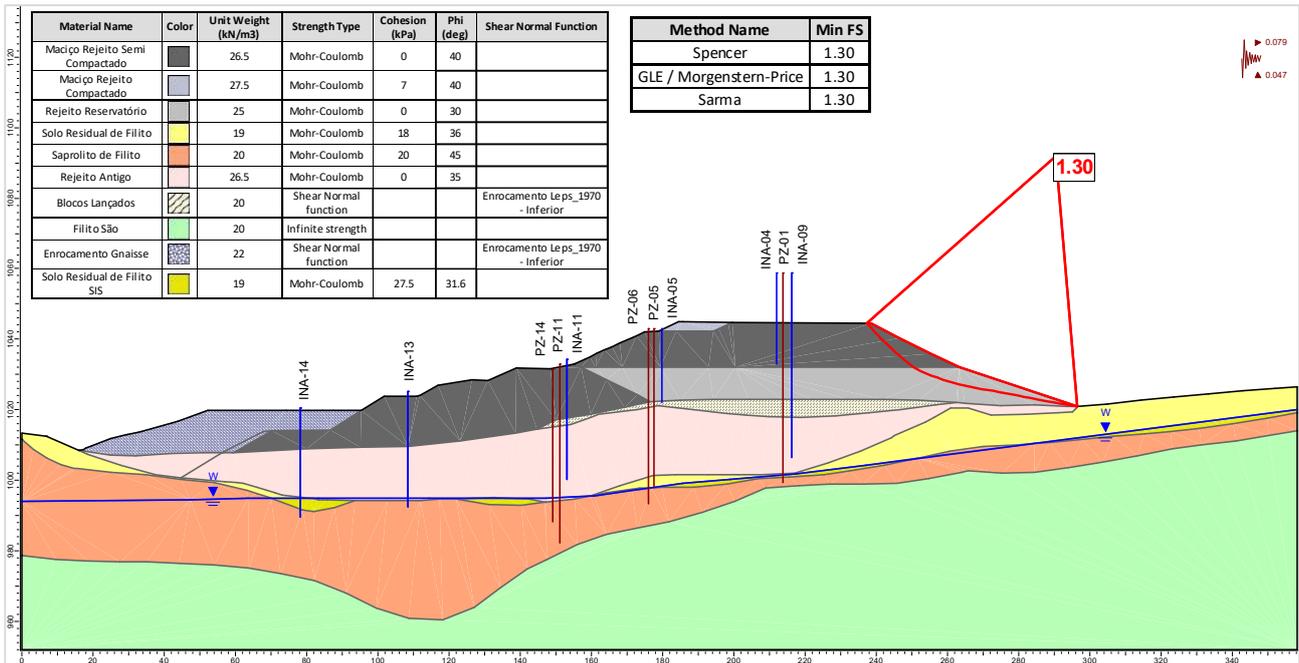


Figura 9.24 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 21 – Talude de Montante – Análise drenada + sísmo.

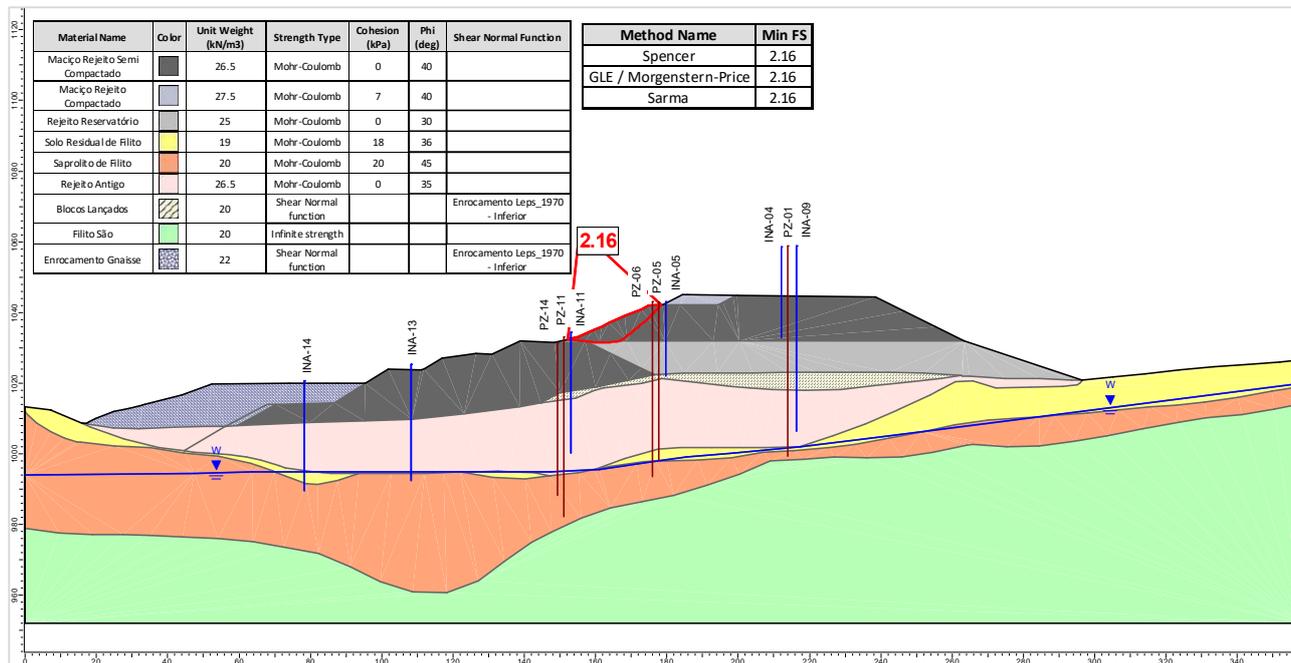


Figura 9.25 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 21 – Talude de Jusante – Análise drenada.

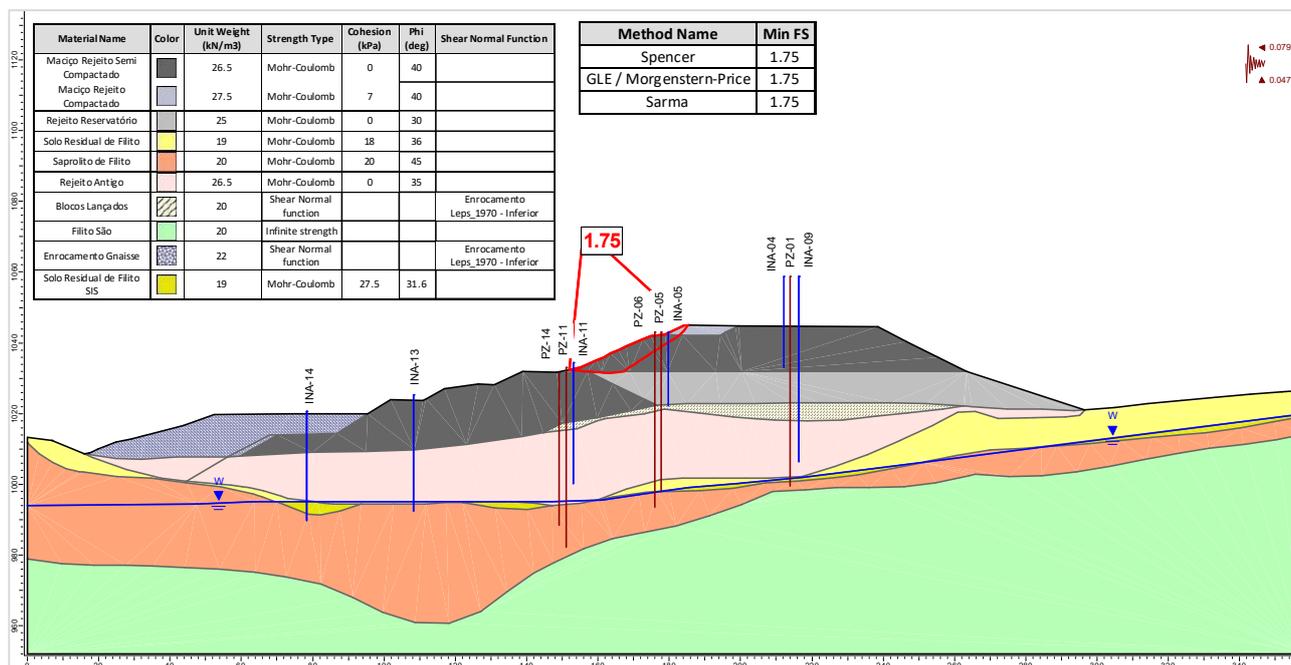


Figura 9.26 – Seção B-B' – Freática rebaixada – Etapa 21 – Talude de Jusante – Análise drenada + sísmo.

Conforme resultados obtidos, a geometria proposta em projeto apresenta fatores de segurança satisfatórios mesmo nas etapas mais críticas.

9.3 Estabilidade dos Acessos

Como parte da operacionalização do projeto de descaracterização, verificou-se que será necessária a implantação de acessos provisórios durante a execução da obra, de acordo com o apresentado nos desenhos IPE.OP.DE.8000.GT.660 e IPE.OP.DE.8000.GT.661.

De modo a verificar a segurança dos acessos projetados, a seguir é apresentada a análise de estabilidade da seção crítica (maior altura), indicada em planta na Figura 9.27.

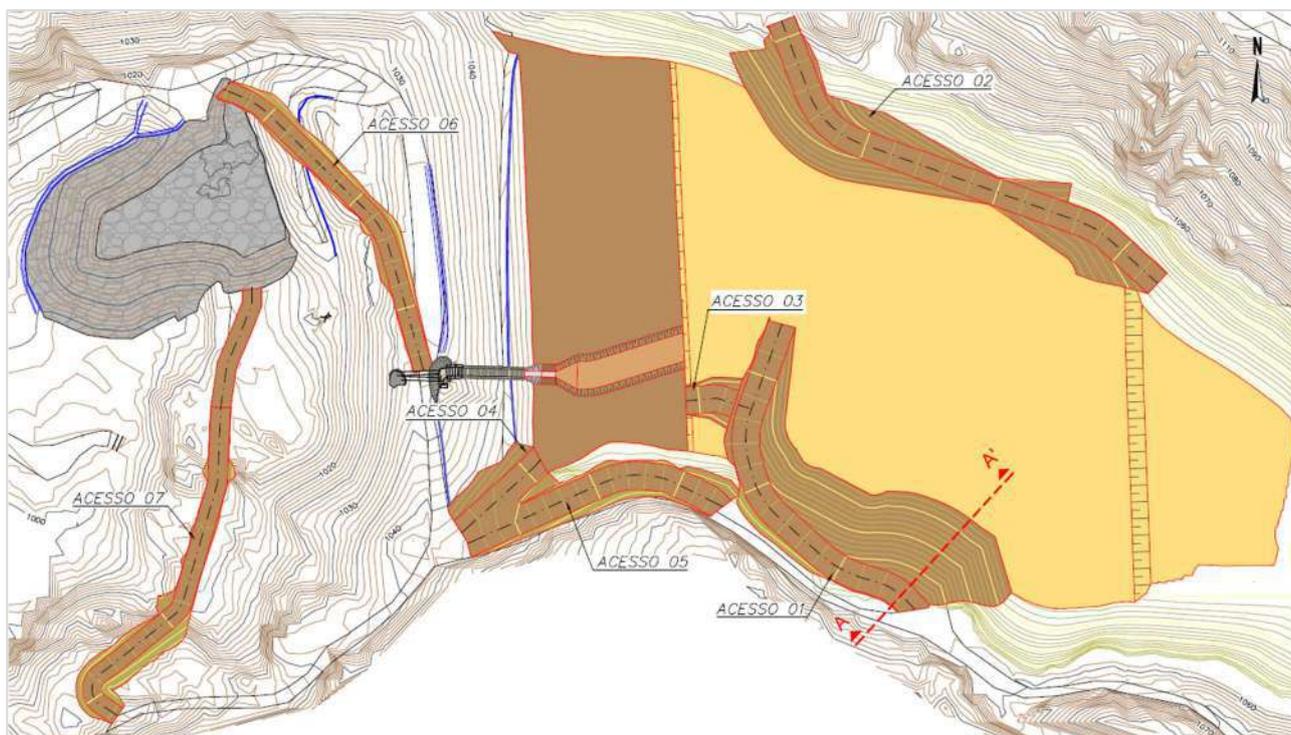


Figura 9.27 – Locação dos acessos operacionais em planta e indicação da seção crítica.

Para avaliação da estabilidade do talude do acesso foi utilizada as considerações apresentadas na ABNT NBR 11682/2009 – Estabilidade de Encostas, na qual, como forma de definir o fator de segurança mínimo recomendado (Tabela 9.6), faz-se uma classificação da área a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas (Tabela 9.7) e de danos materiais e ambientais (Tabela 9.8) em relação à ruptura do talude do acesso.

Tabela 9.6 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.

| | | Nível de segurança contra danos a vidas humanas | | |
|--|-------|---|-------|------------|
| | | Alto | Médio | Baixo |
| Nível de segurança contra danos materiais e ambientais | Alto | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| | Médio | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| | Baixo | 1,4 | 1,3 | 1,2 |

Nota 1: No caso de grande de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D da ABNT NBR 11682:2009;

Nota 2: No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico;

Nota 3: Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Tabela 9.7 – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

| Nível de Segurança | Critérios |
|--------------------|--|
| Alto | Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso. |
| Médio | Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego moderado. |
| Baixo | Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido. |

Tabela 9.8 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

| Nível de Segurança | Critérios |
|--------------------|---|
| Alto | Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetam serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos. |
| Médio | Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados. |
| Baixo | Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos. |

Conforme indicado no item 7.1, uma das premissas do projeto é o rebaixamento da superfície freática na fundação de forma que a estrutura trabalhe em condições drenadas, tal princípio também será considerado para a análise de estabilidade do acesso.

A seguir são apresentados os parâmetros utilizados na análise de estabilidade.

Tabela 9.9 – Parâmetros geotécnicos adotados na análise de estabilidade.

| Material | Cor | γ (kN/m ³) | Parâmetros de Resistência | | Fonte | Documento |
|-------------------------|-----|---------------------------|---------------------------|--------|--|--|
| | | | Parâmetros Efetivos | | | |
| | | | c' (kPa) | φ' (°) | | |
| Rejeito Reservatório | | 25,0 | 0,0 | 30,0 | Correlação com N _{SPT} | Consolidação de Dados da Barragem B1 - Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.537) |
| Solo Residual de Filito | | 19,0 | 18,0 | 36,0 | Ensaio de compressão triaxial de laboratório | |

O resultado da análise de estabilidade obtido pelo *software* é exibido na Figura 9.28.

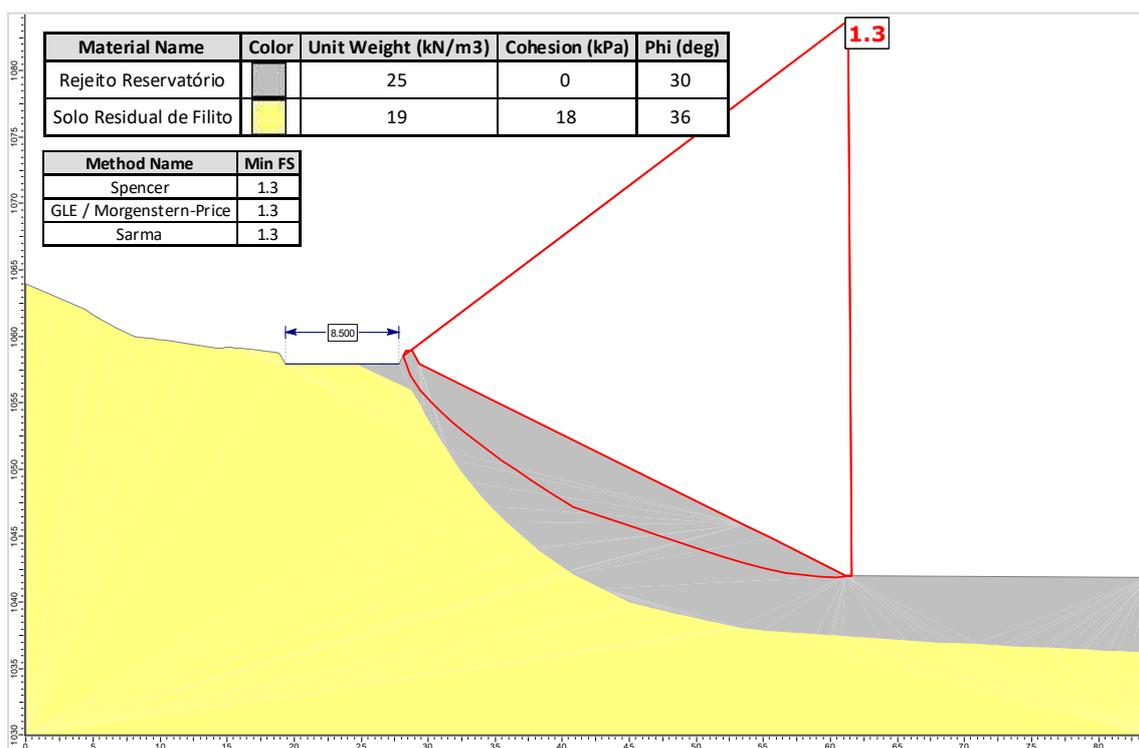


Figura 9.28 – Seção A-A' – Acesso – Análise drenada – Parâmetros efetivos – Superfície Plano-Circular.

Na Tabela 9.10, tem-se um resumo dos valores dos fatores de segurança nesta análise.

Tabela 9.10 – Resultados das análises de estabilidade do acesso operacional.

| Parâmetros | Fatores de segurança obtidos | | | F.S. Recomendado ⁽¹⁾ |
|------------|------------------------------|-----|-------|---------------------------------|
| | Seção A-A' - Acesso | | | |
| | Spencer | M/P | Sarma | |
| Efetivos | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 |

⁽¹⁾ Conforme apresentado na Tabela 9.6

10. Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

No presente tópico são apresentados os estudos hidrológicos e hidráulicos adotados para subsidiar o dimensionamento do projeto de adequação do sistema extravasor da Barragem B1 – Mina Ipê para a etapa intermediária, além do dimensionamento do canal em enrocamento da condição final de descaracterização da referida barragem e os estudos de dimensionamento da estrutura de contenção de sedimentos (*sump*) final.

10.1 Definição do período de retorno

10.1.1 Sistema extravasor – Fase intermediária

A determinação da Precipitação de Projeto é um fator relevante para a avaliação da resposta hidrológica e sua intensidade está associada ao Período de Retorno correspondente. Estas características orientam o rigor dos eventos chuvosos relacionados pela ABNT NBR 13.028 (ABNT, 2017) Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água, a saber:

"3.25

Volume Mínimo: destinado ao amortecimento da cheia de projeto, situado entre a soleira do sistema de extravasamento e o nível d'água maximum maximorum, utilizado no dimensionamento das estruturas de vertimento. (...).

5.4.11

O período de retorno deve ser definido a partir das consequências de falha estrutural e obedecendo à fase da vida útil da estrutura (fase operacional ou fechamento) e após a vida útil.

A Tabela 3 apresenta os períodos de retorno mínimos de referência para cada nível de consequências esperadas dada uma falha estrutural da barragem. Na ausência de informações ou critérios específicos mais rigorosos para o enquadramento das consequências pode ser utilizado por dano potencial associado da barragem, advindo da classificação em legislação."

Tabela 3 - Tempo de retorno mínimo a ser considerado para dimensionamento do sistema extravasor em função das consequências ou da legislação vigente

| <i>Consequências ou dano potencial</i> | <i>Período de retorno de projeto (período operacional)</i> | <i>Período de retorno de projeto (período de fechamento)</i> |
|--|--|--|
| <i>Baixa</i> | <i>200 anos a 500 anos</i> | <i>10.000 anos ou PMP</i> |
| <i>Média</i> | <i>500 anos a 1.000 anos</i> | <i>10.000 anos ou PMP</i> |
| <i>Alta</i> | <i>1.000 anos a PMP</i> | <i>10.000 anos ou PMP</i> |

Com base no exposto, considerando a classificação quanto aos Danos Potenciais Associados - DPA da estrutura como Alta, a geometria do emboque do sistema extravasor da Barragem B1 - Mina Ipê, considerando sua fase intermediária de descaracterização, será concebido considerando a faixa do período de retorno de projeto (operacional), contemplando os tempos de retorno – TRs de 1.000 anos e 10.000 anos, garantindo borda livre mínima remanescente de 1,0 m, e verificado para a passagem da PMP, com borda livre necessária para conter a onda eólica, de forma a atender também a Resolução 95/2022 da ANM.

10.1.2 Canal de enrocamento – Projeto de descaracterização

O canal de enrocamento da fase final do projeto, a ser implantado como parte integrante deste projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, será dimensionado com base nas vazões milenares considerando critérios mínimos de borda livre, como indicados por Pinheiro (2011). Adicionalmente, o canal será avaliado para a vazão decamilenar, de forma a se verificar a aderência de sua geometria para cheias ainda mais extremas.

10.2 Estudos hidrológicos

Esse tópico destina-se à apresentação dos estudos hidrológicos relacionados ao projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê.

Os aspectos hidrológicos são afetados pela produção e pela transferência dos escoamentos resultantes das precipitações pluviais. O processo hidrológico normalmente pode ser avaliado através de metodologias diretas e indiretas. As metodologias diretas dependem da existência de uma estação hidrométrica instalada nos cursos d'água, observação contínua dos níveis, realização de medições de vazão e estabelecimento de curvas-chave. Existe custo operacional associado às estações hidrométricas desse tipo e há um número reduzido de estações disponíveis na área. As informações hidrométricas de uso mais comum se referem ao registro diário das precipitações.

Já as abordagens indiretas partem da regionalização hidrológica realizada na transferência dos dados de uma rede de observação mais ampla para as bacias da região de interesse. É recomendada a utilização de estações situadas em regiões hidrológicamente homogêneas em relação à bacia em análise, do ponto de vista do regime pluviométrico e climatológico, substrato geológico, cobertura vegetal, configuração geomorfológica e uso e ocupação do solo.

A transformação dos dados de chuva em vazão se faz através da utilização de modelos matemáticos representativos. Assim, os métodos de maior importância para dimensionamento das obras hidráulicas em mineração são o do Hidrograma Unitário e o do Método Racional. Estes métodos necessitam da determinação da Precipitação Efetiva, equivalente à porção da Precipitação Pluvial que escoar. Nesse procedimento torna-se importante a determinação de coeficientes de escoamento que se estabelecem como fatores de produção e buscam aferir a quantidade escoada em função das características intrínsecas de cada bacia.

Para o Método Racional, estima-se o fator de escoamento "C" (ou coeficiente de runoff). Para a determinação do Hidrograma Unitário é bastante usual a transformação de chuva total em

efetiva por meio do índice "CN" (*Curve Number*) para, em seguida, converter a chuva efetiva em escoamento. Tais índices devem ser cuidadosamente estimados durante a elaboração dos projetos e dependem de fatores preponderantes como o tipo de solo e seu uso potencial.

O levantamento de dados hidrometeorológicos e estudos de regionalização e estatísticos considerados neste relatório são os apresentados nos itens a seguir.

10.2.1 Escolha da estação pluviométrica – Estudo de Chuvas Intensas

A partir da identificação das estações pluviométricas próximas ao empreendimento, foi realizada a escolha da estação mais representativa da região. As estações analisadas estão dispostas na Figura 10.1.

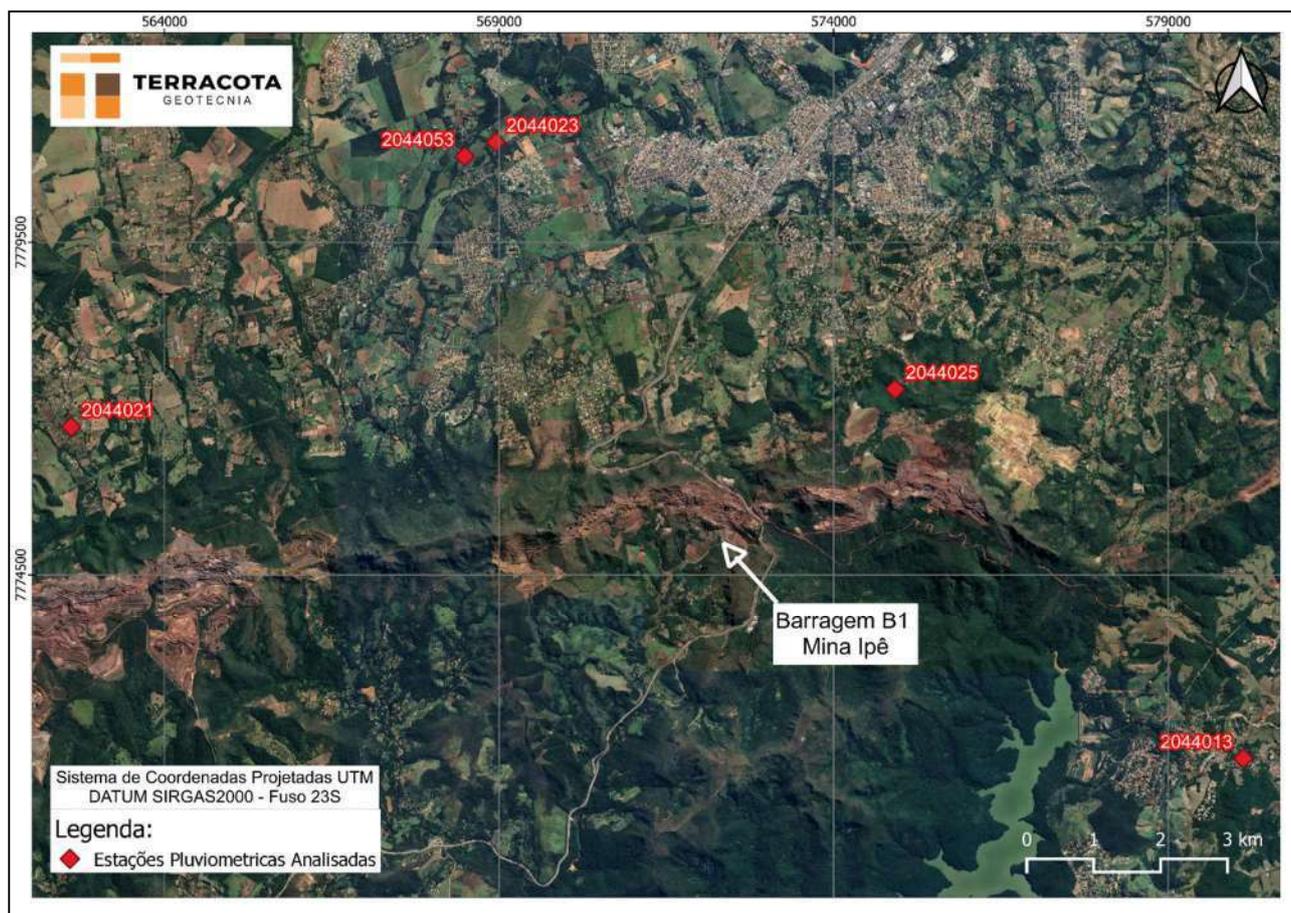


Figura 10.1 - Estações próximas ao empreendimento.

Foram analisadas algumas informações referentes às estações próximas ao empreendimento para ajudar na escolha daquela mais representativa. Para tal, analisou-se a proximidade ao empreendimento, número de anos de dados registrados e qualidade dos dados.

Na Tabela 10.1 estão apresentadas as informações referentes às estações analisadas.

Tabela 10.1 - Resumo das informações referente às estações analisadas.

| Código | 2044025 | 2044013 | 2044021 | 2044023 | 2044053 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Nome | Jusante Carrapato | Fecho do Funil | Alto da Boa Vista | Fazenda do Mosquito | Escola de Veterinária |
| Bacia | Rio são Francisco | Rio São Francisco | Rio São Francisco | Rio São Francisco | Rio são Francisco |
| Município | Mateus Leme | Brumadinho | Mateus Leme | Igarapé | Mateus Leme |
| Responsável | ANA | ANA | ANA | ANA | CPRM |
| Lat. | 574921,13 | 580122,94 | 562605,92 | 568953,42 | 568487,84 |
| Long. | 7777291,60 | 7771734,88 | 7776725,37 | 7781005,18 | 7780791,82 |
| Altitude (m) | - | - | 905,0 | 789.1 | 812,0 |
| Distância até a Barragem (km) | 0,51 | 18,70 | 19,40 | 6,92 | 7,16 |
| Período de dados (anos) | 1972 - 1976 | 1945 - 1949 | 1972 - 2019 | 1972 - 1986 | 1986 - 2022 |
| Primeiro ano de dados | 1972 | 1945 | 1972 | 1972 | 1986 |
| Último ano de dados | 1976 | 1949 | 2019 | 1986 | 2022 |
| Máxima precipitação registrada (mm) | 84,5 | 174,3 | 141,4 | 123,0 | 150,0 |

Devido a quantidade significativa de anos de dados registrados, somado à alta proximidade ao empreendimento, optou-se por utilizar a estação Escola de Veterinária para o estudo de chuvas intensas na região.

10.2.2 Escolha da Estação Pluviométrica – Estudo de Precipitação Máxima Provável

Por se tratar de uma bacia de estudos representativa da região central de Minas Gerais, a bacia do reservatório Serra Azul, localizada na proximidade das Minas Tico-Tico e Ipê, possui um extenso monitoramento de dados pluviométricos. Para o escopo deste estudo, os dados das estações presentes em um raio de 20 km ao redor das minas foram levantados no site no sistema Hidroweb, da Agência Nacional de Águas. A localização destas estações pode ser observada na Figura 10.2.

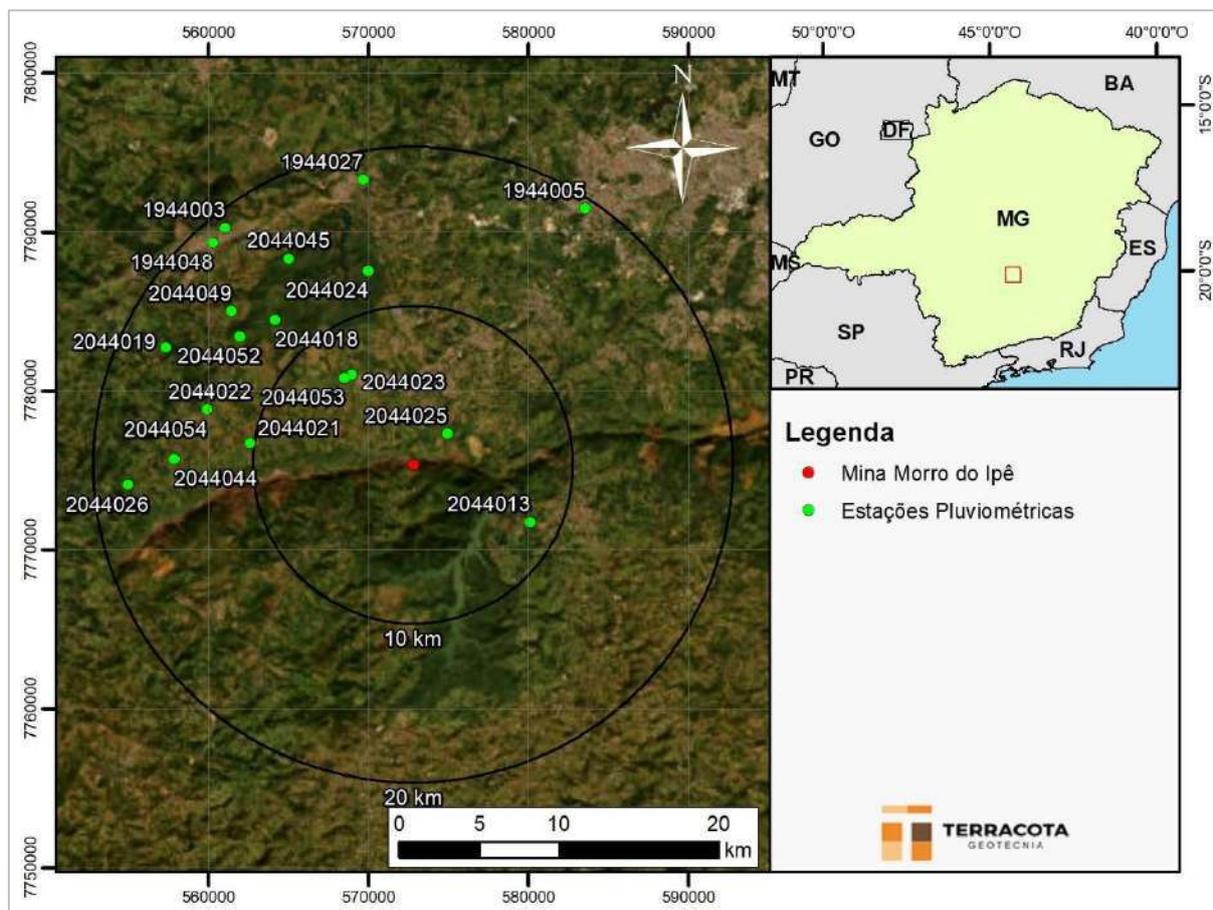


Figura 10.2 – Estações na região de estudo com dados disponíveis no Hidroweb.

A extensão de dados de cada estação analisada é mostrada no gráfico da Figura 10.3 a seguir.



Figura 10.3 – Extensão da série de dados em cada estação selecionada.

Para a continuidade das análises, foram consideradas as estações que possuem medições em períodos mais recentes e com razoável extensão da série de dados. Na Tabela 10.2 estão apresentadas as informações referentes cada uma delas.

Tabela 10.2 - Resumo das informações referente às estações analisadas.

| Código | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
|-----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| Nome | Juatuba | Fazenda Vista Alegre | Alto da Boa Vista | Fazenda Curralinho | Fazenda Coqueiros | Jardim | Escola de Veterinária | Serra Azul |
| Município | Mateus Leme | Mateus Leme | Mateus Leme | Mateus Leme | Itaúna | Mateus Leme | Mateus Leme | Mateus Leme |
| Responsável | ANA | ANA | ANA | ANA | ANA | ANA | ANA | 1 |
| Lat. | -19,9556 | -20,0514 | -20,1056 | -20,0075 | -20,1297 | -20,0450 | -20,0686 | -20,0867 |
| Long. | -44,3344 | -44,4517 | -44,4011 | -44,3311 | -44,4744 | -44,4078 | -44,3450 | -44,4272 |
| Altitude (m) | 716 | 913 | 905 | 786 | 975 | 806 | 812 | 817 |
| Distância até as minas (km) | 18,3 | 18,0 | 10,9 | 12,6 | 19,0 | 14,1 | 7,1 | 14,1 |

10.2.3 Pluviometria – Estudo de Chuvas Intensas

A caracterização do regime pluviométrico na área do projeto foi realizada a partir da Estação Pluviométrica 02044053 (Escola de Veterinária), localizada no município de Mateus Leme, a aproximadamente 7,2 km do empreendimento, cadastrada nas coordenadas UTM 568.488m E e 7.780.793m N (datum WGS84), cujos dados históricos de precipitações diárias variam do ano 1986 até 2022 e são gerenciados pela CPRM através do sistema HIDROWEB.

Realizou-se uma análise de consistência da série em busca de falhas/ausência de registros. Os anos hidrológicos que apresentaram mais de 10 dias de ausência de registros foram eliminados, assim como os anos que apresentaram dias de ausência nos meses mais chuvosos.

A partir desta análise, foram selecionados os valores máximos anuais de altura de chuva diária para cada ano hidrológico (setembro a agosto). Ao final da análise, a série apresentou 32 anos de dados, conforme apresentado na Tabela 10.3.

Tabela 10.3 - Séries de precipitação diária máxima anual da estação utilizada.

| Ano Hidrológico | P (mm) | Ano Hidrológico | P (mm) |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1985-1986 | Desconsiderado | 2004-2005 | 67,40 |
| 1986-1987 | 100,80 | 2005-2006 | 79,40 |
| 1987-1988 | 97,00 | 2006-2007 | 51,50 |
| 1988-1989 | 64,20 | 2007-2008 | 62,40 |
| 1989-1990 | 116,00 | 2008-2009 | 82,50 |
| 1990-1991 | 101,60 | 2009-2010 | 74,10 |
| 1991-1992 | 78,20 | 2010-2011 | 149,70 |
| 1992-1993 | 68,20 | 2011-2012 | 150,00 |
| 1993-1994 | 80,20 | 2012-2013 | 70,30 |
| 1994-1995 | Desconsiderado | 2013-2014 | 65,00 |
| 1995-1996 | 105,80 | 2014-2015 | 60,10 |
| 1996-1997 | 126,40 | 2015-2016 | 101,20 |
| 1997-1998 | 90,40 | 2016-2017 | 87,00 |
| 1998-1999 | 75,00 | 2017-2018 | 85,50 |
| 1999-2000 | 89,60 | 2018-2019 | 83,40 |
| 2000-2001 | 126,00 | 2019-2020 | Desconsiderado |
| 2001-2002 | 64,00 | 2020-2021 | Desconsiderado |
| 2002-2003 | 130,00 | 2021-2022 | Desconsiderado |
| 2003-2004 | 68,80 | - | - |

10.2.4 Pluviometria – Estudo de Precipitação Máxima Provável

A partir da coleção de dados das estações selecionadas, realizou-se uma análise de consistência da série em busca de falhas/ausência de registros. Os anos hidrológicos que apresentaram mais de 10 dias de ausência de registros foram eliminados, assim como os anos que apresentaram dias de ausência nos meses mais chuvosos.

A partir desta análise, foram selecionados os valores máximos anuais de altura de chuva diária para cada ano hidrológico (outubro a setembro). Os resultados são apresentados na Tabela 10.4.

Tabela 10.4 - Séries de precipitação diária máxima anual das estações utilizadas.

| Ano Hidrológico | Precipitação Diária Máxima Anual (mm) | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
| 1970 - 1971 | - | 89,2 | - | - | - | - | - | - |
| 1971 - 1972 | 67,0 | 63,0 | - | - | - | - | - | - |
| 1972 - 1973 | 93,0 | 100,0 | 76,2 | - | - | - | - | - |
| 1973 - 1974 | 115,6 | 62,0 | 105,0 | 95,0 | - | - | - | - |

| Ano Hidrológico | Precipitação Diária Máxima Anual (mm) | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
| 1974 - 1975 | 57,0 | 50,2 | 62,6 | 58,0 | 66,2 | - | - | - |
| 1975 - 1976 | 90,4 | 70,2 | 80,5 | 75,0 | - | - | - | - |
| 1976 - 1977 | 63,3 | 75,2 | 64,0 | 60,6 | 51,6 | - | - | - |
| 1977 - 1978 | 70,3 | 52,0 | 71,6 | 80,0 | 89,6 | - | - | - |
| 1978 - 1979 | 108,0 | 64,2 | 94,2 | 75,0 | 99,0 | - | - | - |
| 1979 - 1980 | 91,3 | 50,0 | 65,0 | 57,0 | 65,6 | - | - | - |
| 1980 - 1981 | 86,6 | - | 80,2 | 74,0 | 64,6 | - | - | - |
| 1981 - 1982 | 102,8 | 90,1 | 81,1 | 64,2 | 69,4 | - | - | - |
| 1982 - 1983 | 84,7 | 129,0 | 111,8 | 95,6 | 110,0 | - | - | - |
| 1983 - 1984 | 93,4 | 82,0 | 108,6 | 63,6 | 85,1 | 88,6 | - | - |
| 1984 - 1985 | 140,6 | 87,2 | 87,8 | 113,6 | 95,2 | 113,6 | - | - |
| 1985 - 1986 | 85,4 | 78,0 | 107,0 | 61,2 | 80,4 | 95,0 | - | - |
| 1986 - 1987 | 76,8 | 95,0 | 90,0 | 109,0 | 101,4 | 90,4 | 100,8 | - |
| 1987 - 1988 | 124,7 | 83,0 | - | 72,2 | 72,4 | 93,4 | 97,0 | - |
| 1988 - 1989 | 70,8 | 45,0 | 80,4 | 70,4 | 89,2 | 67,0 | 64,2 | 67,8 |
| 1989 - 1990 | 95,5 | 97,0 | 106,4 | 93,8 | 69,0 | 92,0 | 116,0 | 84,7 |
| 1990 - 1991 | - | 90,0 | 112,8 | 98,0 | 80,2 | 80,6 | 101,6 | 105,6 |
| 1991 - 1992 | - | 100,0 | - | 87,4 | 83,2 | 92,8 | 78,2 | 63,0 |
| 1992 - 1993 | - | 76,3 | 80,6 | 113,0 | 55,2 | 79,0 | 68,2 | 66,5 |
| 1993 - 1994 | - | 136,2 | 124,8 | 90,0 | 90,2 | 74,0 | 80,2 | 92,6 |
| 1994 - 1995 | 93,0 | 109,0 | 107,0 | 110,0 | 90,9 | 94,0 | 103,2 | 106,1 |
| 1995 - 1996 | 110,0 | 82,3 | 82,8 | 114,5 | 99,0 | 92,0 | 105,8 | 102,2 |
| 1996 - 1997 | - | 115,0 | 103,0 | 123,4 | 67,8 | 105,0 | 126,4 | 107,6 |
| 1997 - 1998 | 72,0 | 63,1 | 52,8 | 64,0 | 70,0 | 57,1 | 90,4 | 58,0 |
| 1998 - 1999 | 60,0 | 81,1 | 86,5 | 63,1 | 63,0 | 67,3 | 75,0 | 79,0 |
| 1999 - 2000 | 137,4 | 100,7 | 80,8 | 90,0 | 148,0 | 93,7 | 89,6 | 85,8 |
| 2000 - 2001 | 113,4 | 90,0 | 95,1 | 116,8 | 76,0 | 102,4 | 126,0 | 85,7 |
| 2001 - 2002 | - | 76,0 | 96,3 | 72,4 | - | 53,0 | 64,0 | 66,7 |
| 2002 - 2003 | 101,2 | - | 141,4 | 99,0 | - | 85,3 | 130,0 | 140,2 |
| 2003 - 2004 | 59,5 | 76,5 | 73,5 | 91,5 | 75,0 | 80,2 | 68,8 | 80,4 |
| 2004 - 2005 | 99,7 | 68,0 | 68,4 | 84,3 | 69,0 | 70,2 | 67,4 | 67,5 |
| 2005 - 2006 | 71,1 | 78,4 | 69,5 | 100,8 | 64,0 | 83,3 | 79,4 | 61,7 |
| 2006 - 2007 | 47,7 | 64,0 | 66,8 | 51,2 | 50,6 | 64,2 | 51,5 | 66,3 |
| 2007 - 2008 | 90,6 | - | 78,6 | 87,5 | 60,7 | 63,8 | 62,4 | 81,2 |
| 2008 - 2009 | 65,7 | 66,9 | 87,3 | 96,1 | 84,0 | 79,1 | 82,5 | 76,8 |
| 2009 - 2010 | 77,2 | 59,0 | 74,2 | 66,6 | 95,6 | 69,6 | 74,1 | 69,5 |
| 2010 - 2011 | 64,1 | 60,9 | - | 83,0 | 68,0 | - | 149,7 | 88,0 |
| 2011 - 2012 | 122,4 | 81,0 | 95,1 | 106,0 | 88,5 | 186,2 | 150,0 | 83,4 |
| 2012 - 2013 | 78,2 | 73,7 | - | 106,4 | 60,9 | 50,7 | 70,3 | 58,9 |
| 2013 - 2014 | 56,5 | 84,5 | 77,5 | 59,8 | - | 53,7 | 65,0 | 80,3 |
| 2014 - 2015 | 69,1 | 49,3 | 51,3 | 100,2 | - | 56,2 | 60,1 | 52,3 |
| 2015 - 2016 | 97,1 | 96,5 | - | 86,0 | 123,5 | 89,6 | 101,2 | 85,3 |
| 2016 - 2017 | 97,5 | 78,0 | 62,0 | 92,8 | 100,5 | 67,9 | 87,0 | 66,8 |

| Ano Hidrológico | Precipitação Diária Máxima Anual (mm) | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
| 2017 - 2018 | 138,9 | - | 55,9 | 80,3 | 72,5 | 73,6 | 85,5 | 69,5 |
| 2018 - 2019 | 75,2 | 78,0 | - | 61,0 | 141,5 | 78,5 | 83,4 | 75,2 |
| 2019 - 2020 | 128,5 | 83,5 | - | 106,5 | 69,0 | 100,8 | - | 76,4 |
| 2020 - 2021 | - | 100,0 | - | 75,5 | 62,2 | 61,7 | 62,0 | 81,0 |
| 2021 - 2022 | - | 150,0 | - | 67,2 | 129,5 | - | - | - |

A Figura 10.4 ilustra as médias mensais e a médias anuais de chuva em cada uma das estações.

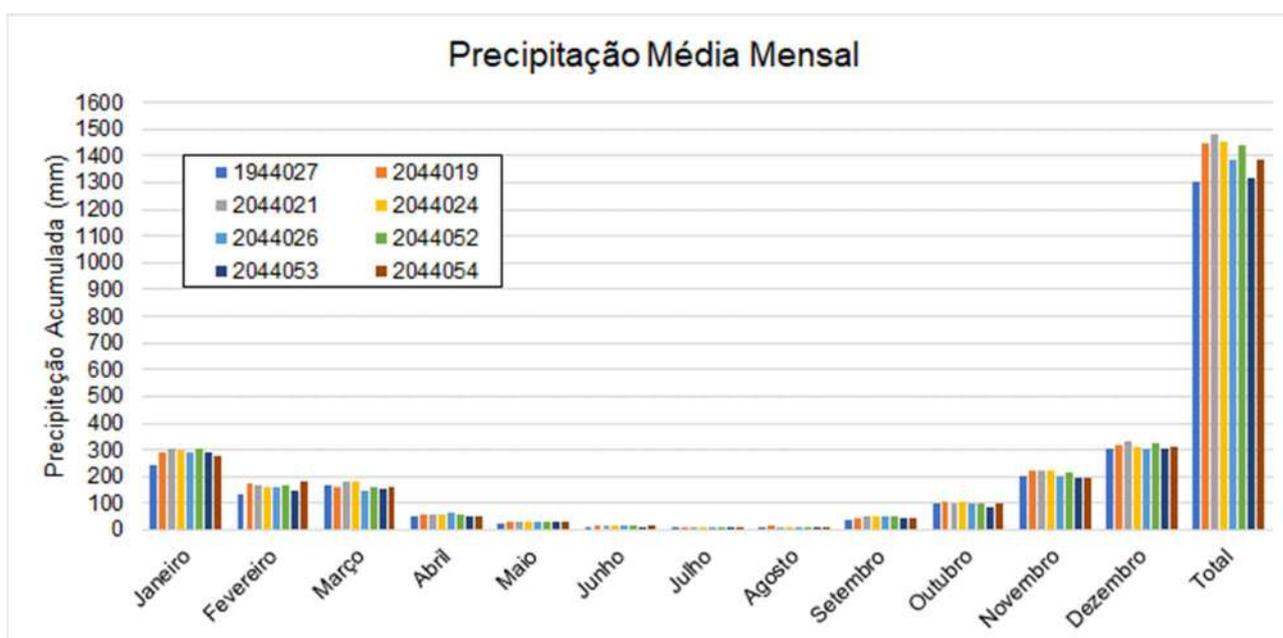


Figura 10.4 – Precipitação média mensal e acumulado médio anual nas estações selecionadas.

Nota-se que há uma variação considerável entre a estação com menor média anual (1944027), com 1.303 mm de acumulado médio anual, e a estação com maior média anual (2044021), com 1.478 mm. Tais variações são esperadas devido aos efeitos orográficos impostos pelo relevo da região.

10.2.5 Chuvas Intensas

Para o estudo de chuvas intensas foram preparadas as amostras de máximos anuais de precipitações diárias da estação utilizada, passando-se em seguida ao tratamento estatístico destas. Aplicou-se a metodologia de análise de frequência local de eventos máximos anuais, selecionados por ano hidrológico, a partir da série de alturas diárias de chuva.

Os valores de chuva máxima diária foram agrupados, ordenados e plotados, empregando a posição de plotagem de Weibull para a determinação das probabilidades amostrais. Aos pontos

amostrais, foram ajustadas as distribuições de probabilidades teóricas de Valores Extremos Tipo I (Gumbel), Log-Normal de 2 Parâmetros, Log-Pearson Tipo III, Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV), Pearson III e Exponencial, apresentadas na Figura 10.5.

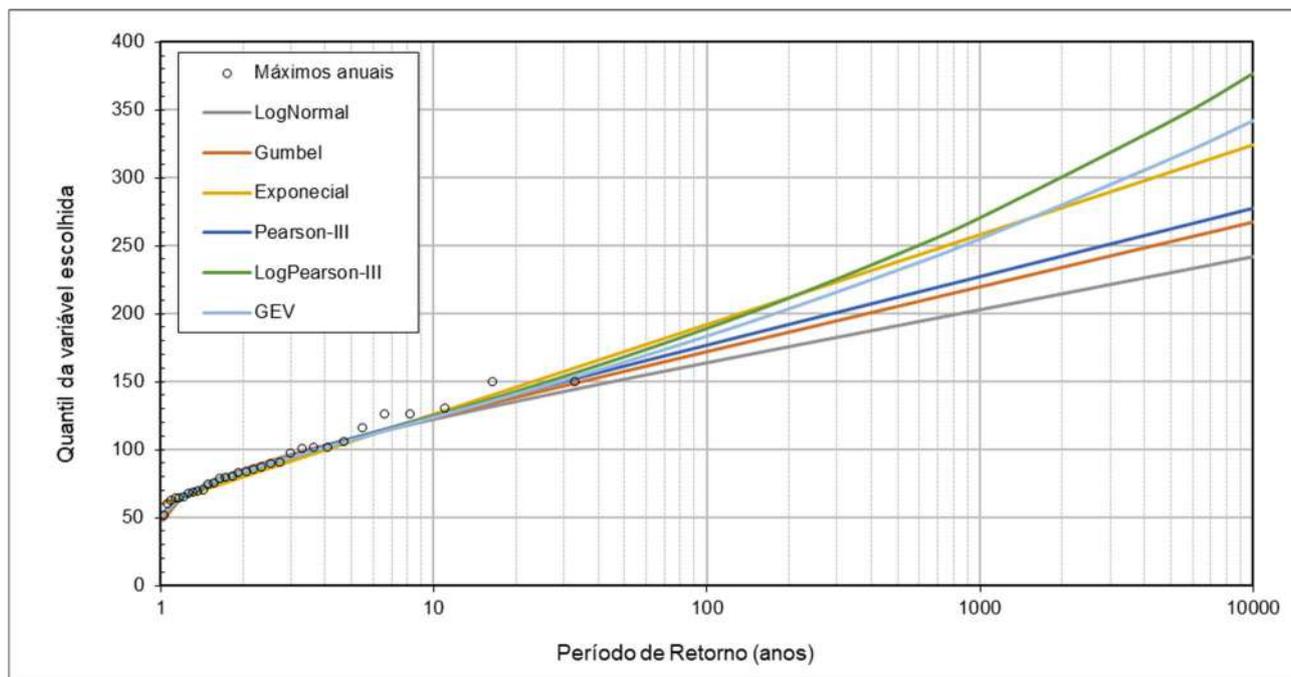


Figura 10.5 - Análise de frequência de máximos anuais de altura de chuva diária.

Para verificação da aderência e auxílio na escolha da melhor distribuição teórica de probabilidades representativas das amostras estudadas, foram aplicados, além da análise visual, testes de aderência através do software SEAF - Sistema Especialista de Análise de Frequência, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (CANDIDO, 2003). O software também indica os outliers (pontos fora da curva, indicando um possível erro de medição) presentes na amostragem.

As distribuições de probabilidades teóricas foram ajustadas pelo método dos Momentos-L. A partir daí, buscou-se o melhor ajuste de um modelo de distribuição probabilística à sequência ordenada de eventos, de forma a serem obtidos os quantis de precipitação para tempos de retorno específicos. Esta etapa também foi realizada com o programa computacional SEAF.

De posse dos parâmetros das distribuições estatísticas recomendadas pelo SEAF para cada uma das durações estudadas, foram traçadas suas curvas teóricas, sendo estas sobrepostas aos dados observados. A partir da análise gráfica (Método do Ajuste Visual), a distribuição teórica de probabilidades Pearson III foi definida como aquela representativa da amostra, por se ajustar melhor aos dados observados em questão.

10.2.6 Estimativa da Precipitação Máxima Provável

A estimativa da Precipitação Máxima Provável (PMP) na região das Minas Tico-Tico e Ipê, foi realizada através do método estatístico proposto por Hershfield (1965), descrito no documento “*Manual of Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)*” da Organização Mundial de Meteorologia (WMO).

Segundo a publicação citada, o método estatístico pode ser utilizado em qualquer região onde existem dados de precipitação suficientes para a análise e não possuam demais dados climáticos, como umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar, entre outros. Ressalta-se que todas as estações utilizadas possuem mais de 30 anos de série de dados de precipitação.

A estimativa da Precipitação Máxima Provável (PMP) proposta por Hershfield (1965) consiste na análise das amostras de chuva segundo uma equação geral de frequência, descrita a seguir.

$$X_t = \bar{X}_n + K_m S_n$$

Onde:

- X_t é a precipitação para um período de retorno “t” (mm);
- \bar{X}_n é a média das precipitações máximas (mm);
- K_m é uma variável estatística dependente da distribuição de frequência ajustada à amostra. No método proposto por Hershfield. K_m é o número de desvios padrões adicionados à média para se obter a PMP; e
- S_n é o desvio padrão das precipitações máximas (mm).

Para o ajuste dos valores de média e desvio padrão das amostras segundo o seu tamanho e provável existência de outliers, os gráficos das Figura 10.6 e Figura 10.7 também foram propostos.

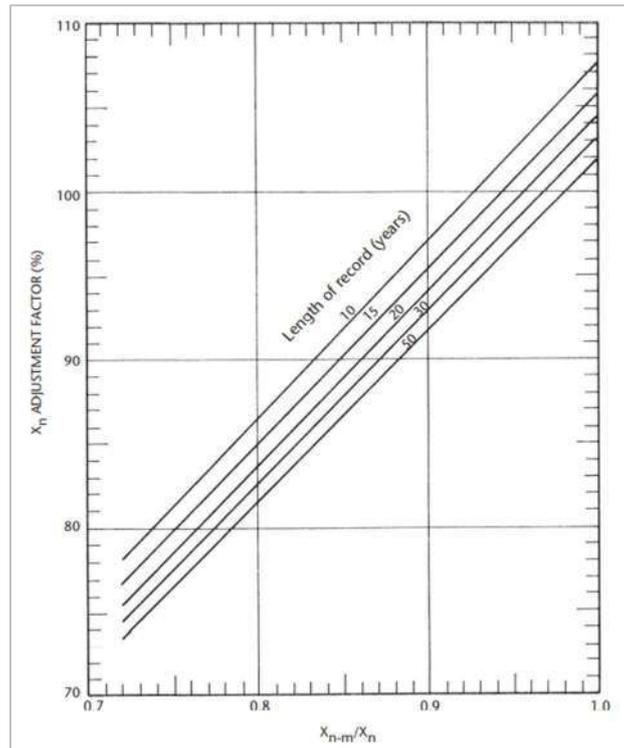


Figura 10.6 – Ajuste da média da amostra segundo tamanho da amostra, retirando-se o máximo valor observado.

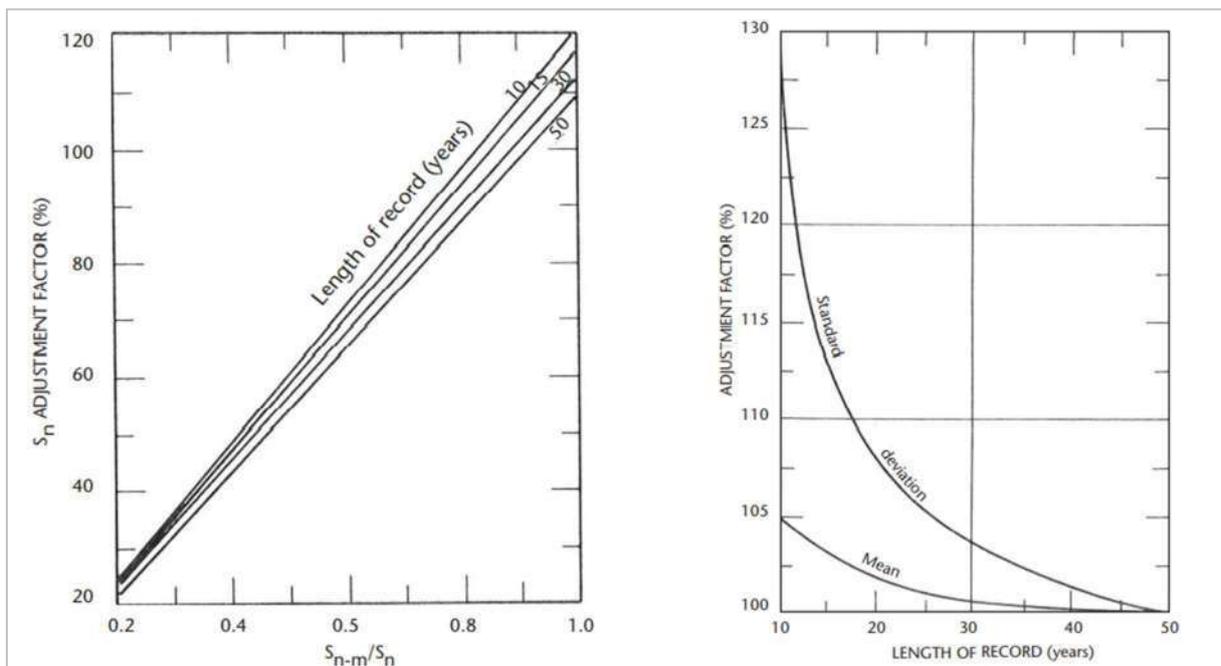


Figura 10.7 – a) Ajuste do desvio padrão da amostra segundo tamanho da amostra, retirando-se o máximo valor observado. b) ajuste de média e desvio padrão segundo tamanho da amostra.

Em seguida, o valor de K_m é encontrado a partir do gráfico da Figura 10.8, utilizando-se a média anual de precipitação máxima da amostra, em função do intervalo de medição dos dados.

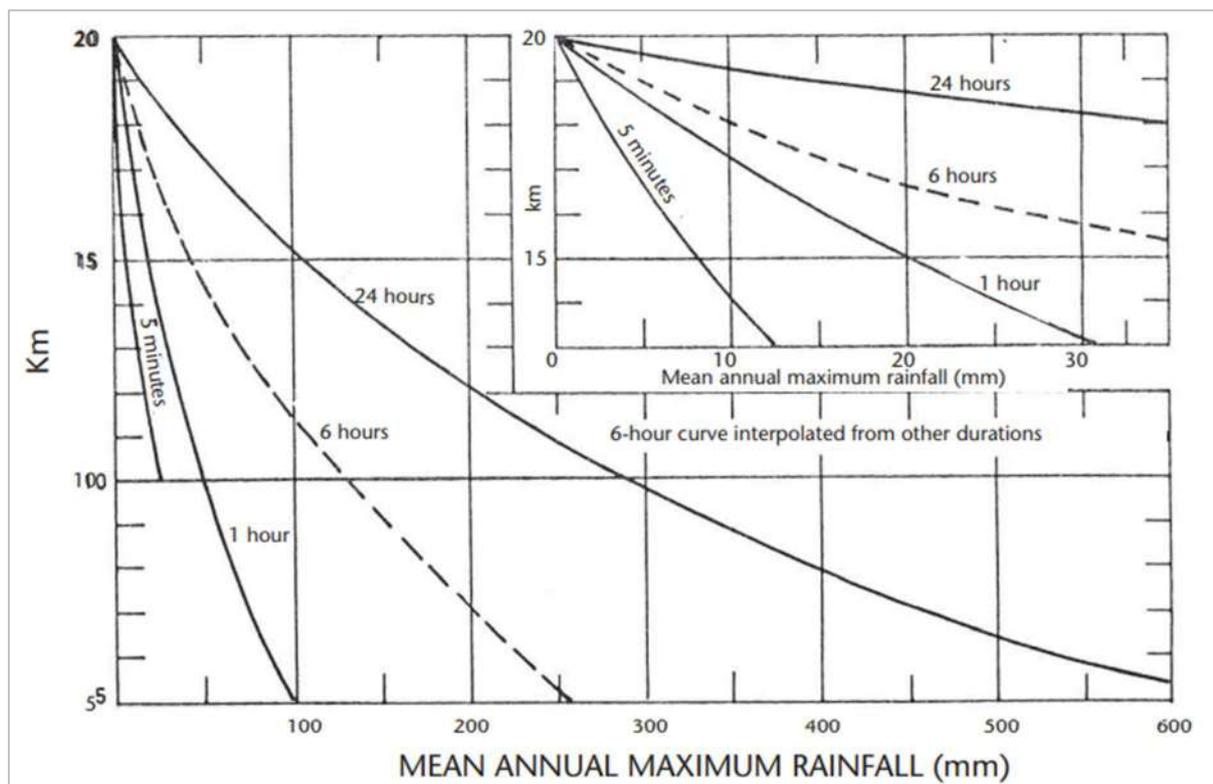


Figura 10.8 – Fator de frequência (Km) em função do intervalo de medição e média anual de precipitação máxima.

Ressalta-se que, como limitação do método proposto, o intervalo máximo de estimação da PMP é o de 24 horas, como pode ser observado a partir das curvas da Figura 10.8. Além disso, a precipitação de 24 horas foi ajustada pelo fator de 1,13, contabilizando o fato de que a máxima precipitação no intervalo de 24 horas geralmente não é encontrada nas amostras de chuva convencionais.

A seguir, a Tabela 10.5 indica os valores encontrados a partir da análise indicada.

Tabela 10.5 – Cálculo da Precipitação Máxima Provável de 24 horas.

| Variáveis Calculadas | Estação | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
| Tamanho da Amostra | 43 | 48 | 41 | 49 | 43 | 37 | 34 | 33 |
| Xn - m | 88,16 | 80,43 | 83,88 | 84,15 | 80,93 | 79,43 | 86,88 | 77,87 |
| Xn | 89,38 | 81,88 | 85,28 | 84,95 | 82,49 | 82,31 | 88,73 | 79,76 |
| Sn - m | 22,99 | 19,78 | 18,01 | 18,41 | 20,44 | 16,22 | 23,49 | 14,38 |
| Sn | 24,08 | 22,00 | 19,92 | 19,06 | 22,64 | 23,75 | 25,54 | 17,84 |
| Xn-m /Xn | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,98 | 0,98 |

| Variáveis Calculadas | Estação | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1944027 | 2044019 | 2044021 | 2044024 | 2044026 | 2044052 | 2044053 | 2044054 |
| Sn-m/Sn | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,97 | 0,90 | 0,68 | 0,92 | 0,81 |
| Ajuste Xn (Figura 10.6) | 1,02 | 1,00 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 0,99 | 1,01 | 1,01 |
| Ajuste Xn (Figura 10.7) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,01 | 1,01 | 1,00 |
| Ajuste Sn (Figura 10.7) | 1,08 | 1,00 | 1,01 | 1,05 | 1,01 | 0,77 | 1,04 | 0,92 |
| Ajuste Sn (Figura 10.7) | 1,02 | 1,00 | 1,02 | 1,00 | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,04 |
| Xn Ajustado | 89,38 | 81,88 | 85,28 | 84,95 | 82,49 | 81,49 | 89,62 | 79,76 |
| Sn Ajustado | 24,57 | 22,00 | 20,12 | 19,06 | 22,86 | 18,29 | 26,56 | 16,41 |
| Km (Figura 10.8) | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| PMP 24h | 482,44 | 433,84 | 407,26 | 389,92 | 448,32 | 374,06 | 514,58 | 342,32 |
| PMP 24h Ajustada | 545,15 | 490,24 | 460,20 | 440,60 | 506,60 | 422,68 | 581,47 | 386,82 |

Ressalta-se metodologia proposta por Hershfield (1965) resulta em valores de PMP pontuais nos locais onde se encontram as estações utilizadas. Os valores de PMP pontuais na região das minas foram estimados a partir da interpolação espacial, utilizando-se a Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW), com o auxílio de ambiente SIG. Nesse caso, a distribuição espacial da PMP na região de estudo é ilustrada na Figura 10.9.

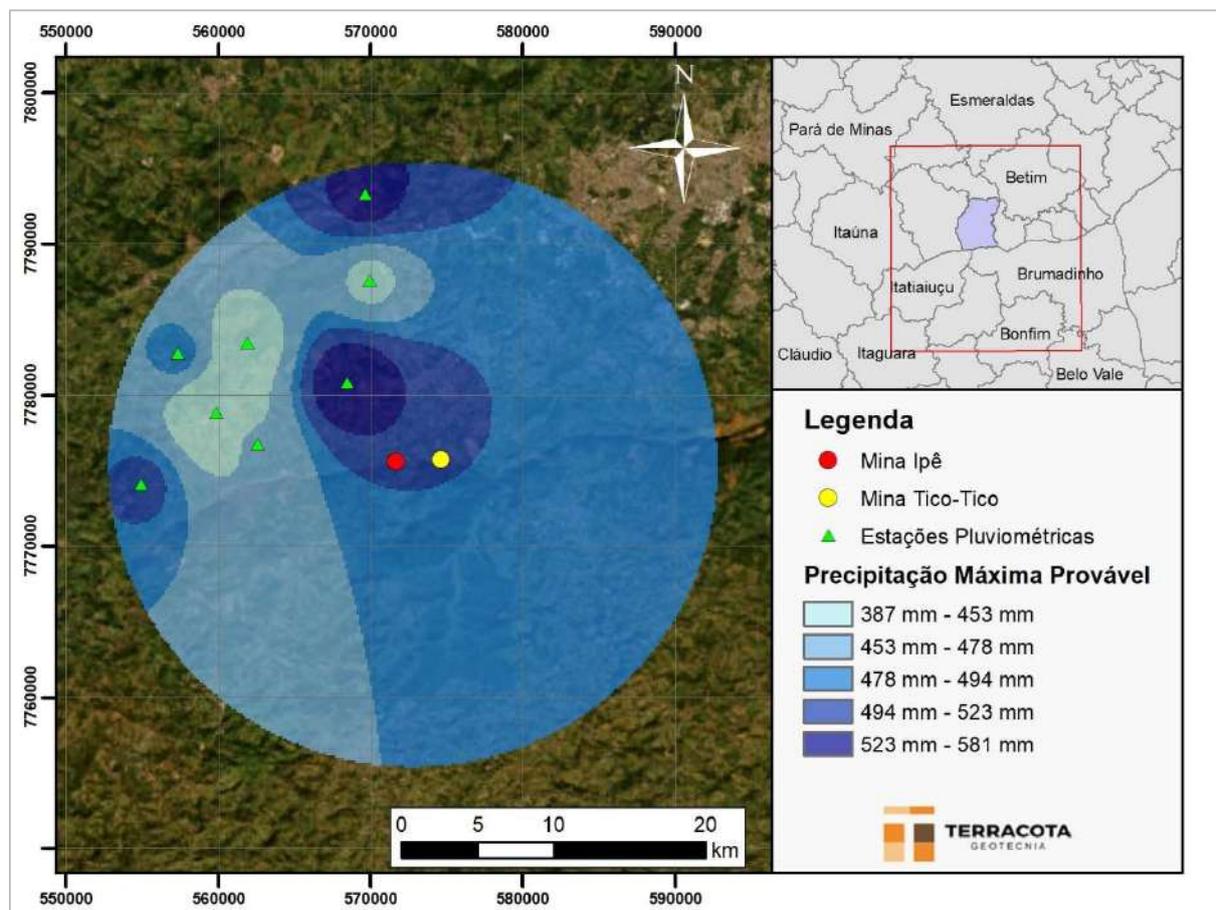


Figura 10.9 – Precipitação Máxima Provável na região das estações selecionadas.

Segundo a distribuição espacial estimada, o volume de chuva associado à duração de 24 horas na Mina Ipê é de 504 mm e na Mina Tico-Tico é de 500 mm.

10.2.7 Desagregação da Precipitação Diária

Os quantis de precipitação, obtidos através da análise de frequência realizada, referem-se às precipitações diárias. Para a transformação em chuvas de 24 horas e desagregação em alturas de chuvas de menor duração foi utilizada a seguinte metodologia, recomendada por Taborga Torrico (1974):

- Multiplicação das alturas pluviométricas máximas obtidas na análise de frequência de 1 dia de duração (através da função de distribuição Exponencial) pelo fator 1,095, para transformação de valores diários em valores contínuos de 24 horas;
- Determinação das relações entre a chuva de duração de 24 horas e chuvas de durações inferiores a este valor, para cada tempo de retorno, utilizando-se o método das Isozonas de Taborga. A base do método decorreu da constatação de que havia uma certa uniformidade

regional entre as alturas de chuva de 6 min com 24 h e de 1 h com 24 h, configurando as chamadas isozonas de igual relação entre as precipitações de diferentes durações; e

- Obtenção das chuvas para as demais durações, por meio de interpolação.

O mapa das isozonas e os quocientes entre as chuvas de 6 min e 1 h, relativamente à chuva de 24 h com destaque para a isozona da estação Escola de Veterinária (2044053), são reproduzidos na Figura 10.10 e Tabela 10.6.

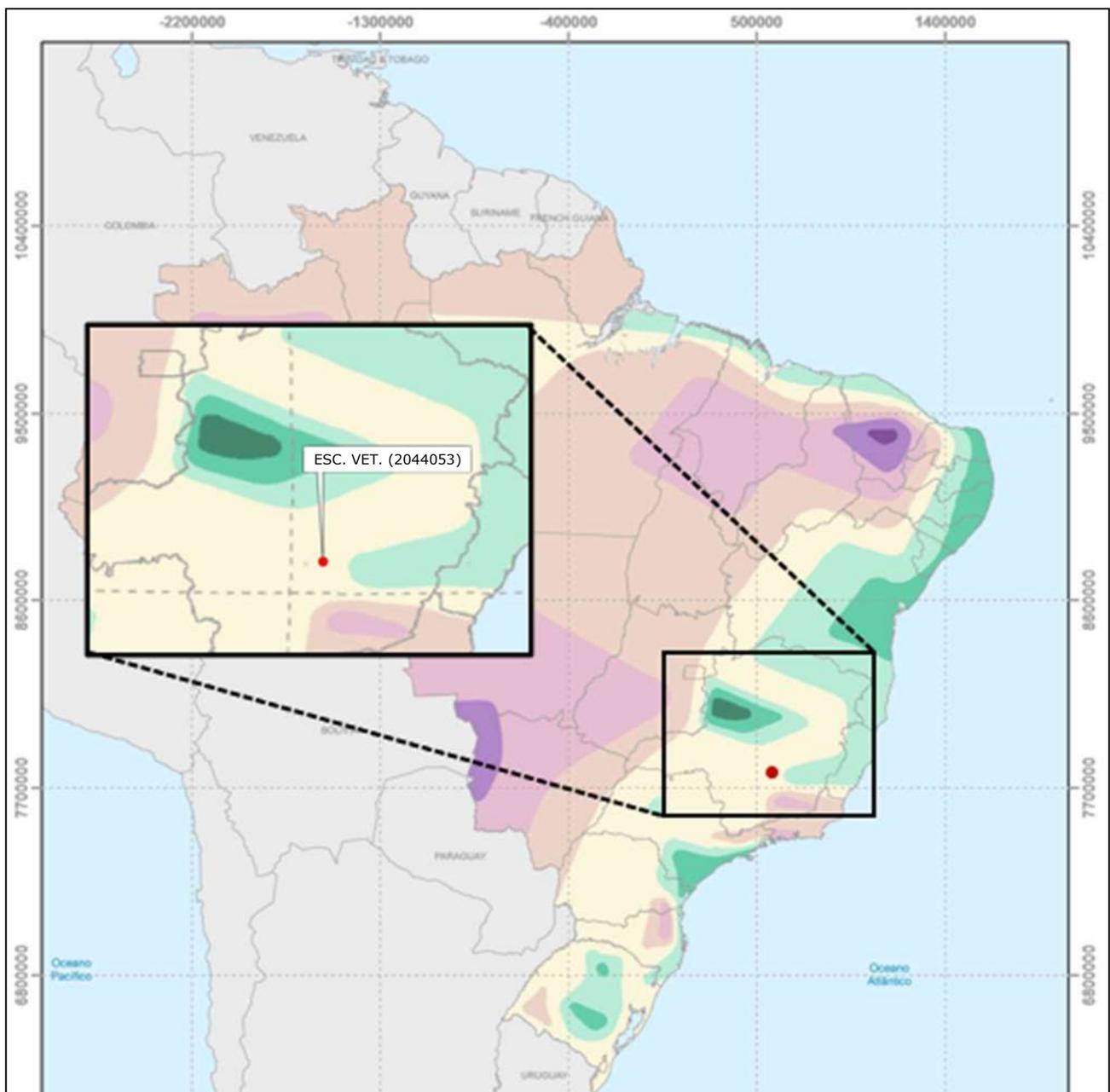


Figura 10.10 - Mapa de Isozonas (TORRICO, 1974) com destaque para a estação considerada.

Tabela 10.6 - Relações entre as precipitações de durações 1 horas por 24 horas e 6 minutos por 24 horas para as respectivas isozonas. (TORRICO, 1974).

| ISOZONA | LEGENDA | PERÍODO DE RECORRÊNCIA (ANOS) | | | | | | | | |
|----------|---------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | | 1 h / 24 h | | | | | | | 6 min / 24 h | |
| | | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 1.000 | 10.000 | 5-50 | 100 |
| A | | 36,2 | 35,8 | 35,4 | 35,0 | 34,7 | 33,6 | 32,5 | 7,0 | 6,3 |
| B | | 38,1 | 37,8 | 37,3 | 36,9 | 36,6 | 35,4 | 34,3 | 8,4 | 7,5 |
| C | | 40,1 | 39,7 | 39,2 | 38,8 | 38,4 | 37,2 | 36,0 | 9,8 | 8,8 |
| D | | 42,0 | 41,6 | 41,1 | 40,7 | 40,3 | 39,0 | 37,8 | 11,2 | 10,0 |
| E | | 44,0 | 43,6 | 43,0 | 42,6 | 42,2 | 40,9 | 39,6 | 12,6 | 11,2 |
| F | | 46,0 | 45,5 | 44,9 | 44,5 | 44,1 | 42,7 | 41,3 | 13,9 | 12,4 |
| G | | 47,9 | 47,4 | 46,8 | 46,4 | 45,9 | 44,5 | 43,1 | 15,4 | 13,7 |
| H | | 49,9 | 49,4 | 48,8 | 48,3 | 47,8 | 46,3 | 44,8 | 16,7 | 14,9 |

10.2.8 Discretização temporal e espacial

A distribuição espacial das chuvas é uniforme e sem abatimento espacial, enquanto a temporal segue a orientação quanto ao uso dos quatro quartis a depender da duração do evento e considerando os padrões de distribuição para áreas inferiores a 25 km². Por se tratar de uma bacia de pequeno porte, contabilizam-se os quartis específicos de chuvas pontuais, conforme de HUFF (1990).

A Figura 10.11 ilustra as diferenças na distribuição média de chuvas (1º quartil) pontuais (até 25 km²) e distribuídas, além da distribuição de massa resultante nos quatro quartis.

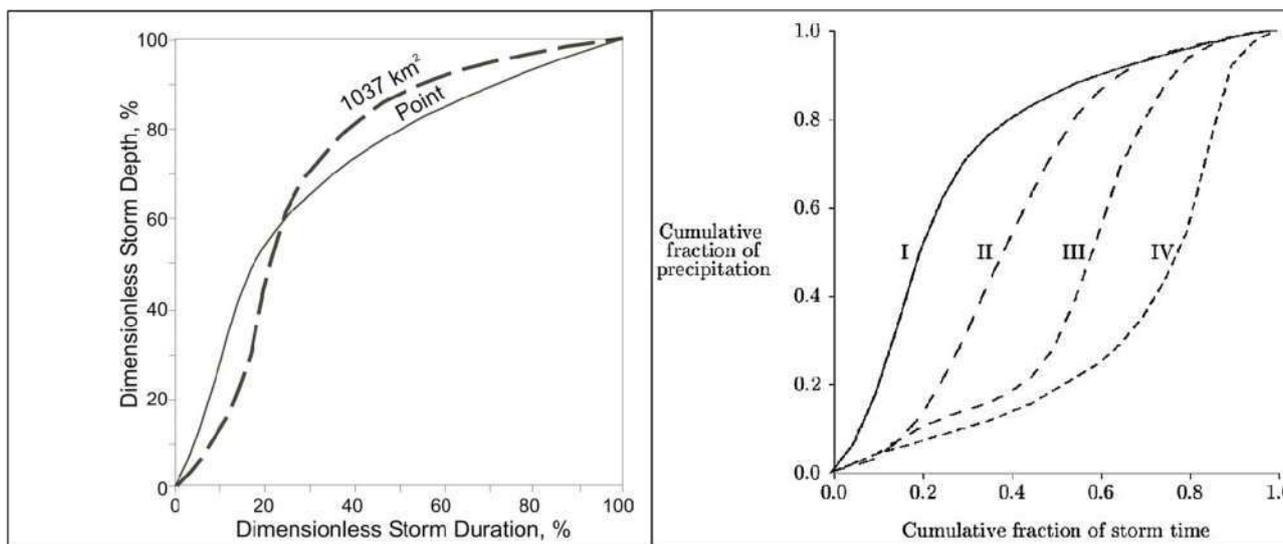


Figura 10.11 - Proporção média de acumulação de chuva pontual e distribuída (E) e distribuição de quartis resultantes (D). Fonte: adaptado de Bonta (2004) (E) e Prodanovic e Simonovic (2004).

Os quantis de altura de chuva para os períodos de retorno de interesse estão apresentados na Tabela 10.7.

Tabela 10.7 – Quantis de altura de chuva (mm).

| Estação Escola de Veterinária | | | Isozona: D | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | | Precipitação Média Anual: 1.296,0 mm | | | | | | | | | | |
| Duração | Quartil | Tempo de Retorno: anos | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1.000 | 10.000 | PMP | |
| Minutos | 6 | I | 10,2 | 13,3 | 15,3 | 17,9 | 19,8 | 19,4 | 21,0 | 23,2 | 24,9 | 30,4 | 50,0 |
| | 10 | I | 16,5 | 21,3 | 24,5 | 28,5 | 31,4 | 32,4 | 34,8 | 38,4 | 40,9 | 49,1 | 80,8 |
| | 15 | I | 21,6 | 27,8 | 31,9 | 36,9 | 40,6 | 42,7 | 45,7 | 50,4 | 53,6 | 64,0 | 105,2 |
| | 20 | I | 25,1 | 32,3 | 37,0 | 42,9 | 47,1 | 50,1 | 53,4 | 59,0 | 62,6 | 74,5 | - |
| | 30 | I | 30,2 | 38,7 | 44,4 | 51,3 | 56,3 | 60,4 | 64,3 | 71,0 | 75,3 | 89,4 | 147,0 |
| Horas | 1 | I | 38,8 | 49,7 | 56,9 | 65,7 | 72,0 | 78,1 | 84,0 | 91,6 | 97,0 | 114,8 | 188,8 |
| | 2 | I | 50,2 | 64,7 | 74,3 | 86,2 | 94,9 | 103,3 | 110,7 | 122,3 | 130,1 | 156,1 | 256,7 |
| | 3 | I | 56,9 | 73,4 | 84,5 | 98,3 | 108,3 | 118,0 | 127,0 | 140,2 | 149,5 | 180,2 | 296,4 |
| | 4 | I | 61,6 | 79,7 | 91,7 | 106,8 | 117,8 | 128,5 | 138,5 | 153,0 | 163,2 | 197,3 | 324,6 |
| | 6 | I | 68,3 | 88,4 | 101,9 | 118,8 | 131,1 | 143,3 | 154,8 | 170,9 | 182,6 | 221,4 | 364,3 |
| | 8 | II | 73,1 | 94,6 | 109,1 | 127,3 | 140,6 | 153,7 | 166,3 | 183,6 | 196,4 | 238,5 | 392,4 |
| | 10 | II | 76,8 | 99,4 | 114,7 | 133,9 | 148,0 | 161,8 | 175,3 | 193,5 | 207,0 | 251,7 | 414,3 |
| | 12 | II | 79,8 | 103,4 | 119,3 | 139,3 | 154,0 | 168,5 | 182,6 | 201,6 | 215,7 | 262,6 | 432,1 |
| | 18 | III | 86,5 | 112,1 | 129,5 | 151,3 | 167,4 | 183,2 | 198,8 | 219,5 | 235,1 | 286,7 | 471,8 |
| Dias | 24 | III | 91,2 | 118,4 | 136,7 | 159,9 | 176,9 | 193,7 | 210,4 | 232,3 | 248,8 | 303,8 | 504,0 |
| | 2 | IV | 119,1 | 156,1 | 180,6 | 211,6 | 234,6 | 257,4 | 280,1 | 310,1 | 332,8 | 408,1 | - |
| | 3 | IV | 141,4 | 185,4 | 214,5 | 251,4 | 278,7 | 305,8 | 332,8 | 368,4 | 395,4 | 484,8 | - |
| | 5 | IV | 178,4 | 237,5 | 276,7 | 326,2 | 362,8 | 399,3 | 435,6 | 483,4 | 519,6 | 639,8 | - |
| | 7 | IV | 206,3 | 272,4 | 312,4 | 359,4 | 392,3 | 423,6 | 453,7 | 492,3 | 520,6 | 611,2 | - |
| | 10 | IV | 257,4 | 331,4 | 378,1 | 435,2 | 476,7 | 517,3 | 557,5 | 610,4 | 650,5 | 785,6 | - |
| | 30 | IV | 458,6 | 604,2 | 700,5 | 822,3 | 912,6 | 1002,3 | 1091,6 | 1209,5 | 1298,6 | 1594,3 | - |

10.3 Trânsito de cheias – Fase intermediária

10.3.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica da Barragem B1 – Mina Ipê (fase intermediária) foi caracterizada quanto à sua ocupação (tipo de cobertura do solo), área de drenagem e tempo de concentração. Esses fatores são fundamentais para transformação da chuva em vazão de projeto, para analisar a segurança do sistema extravasor.

A área de contribuição da estrutura apresenta, segundo mapeamento dos solos de MG realizado por UFV / CETEC / UFLA / FEAM (2010), solo do tipo RLd4, que corresponde ao Neossolo Litólico e Afloramento Rochoso. Sartori (2010), que sugere para estes tipos de solo a classificação no grupo hidrológico D, adotada pelo método do SCS (1986). A disposição dos tipos de solo da região está representada através da Figura 10.12.

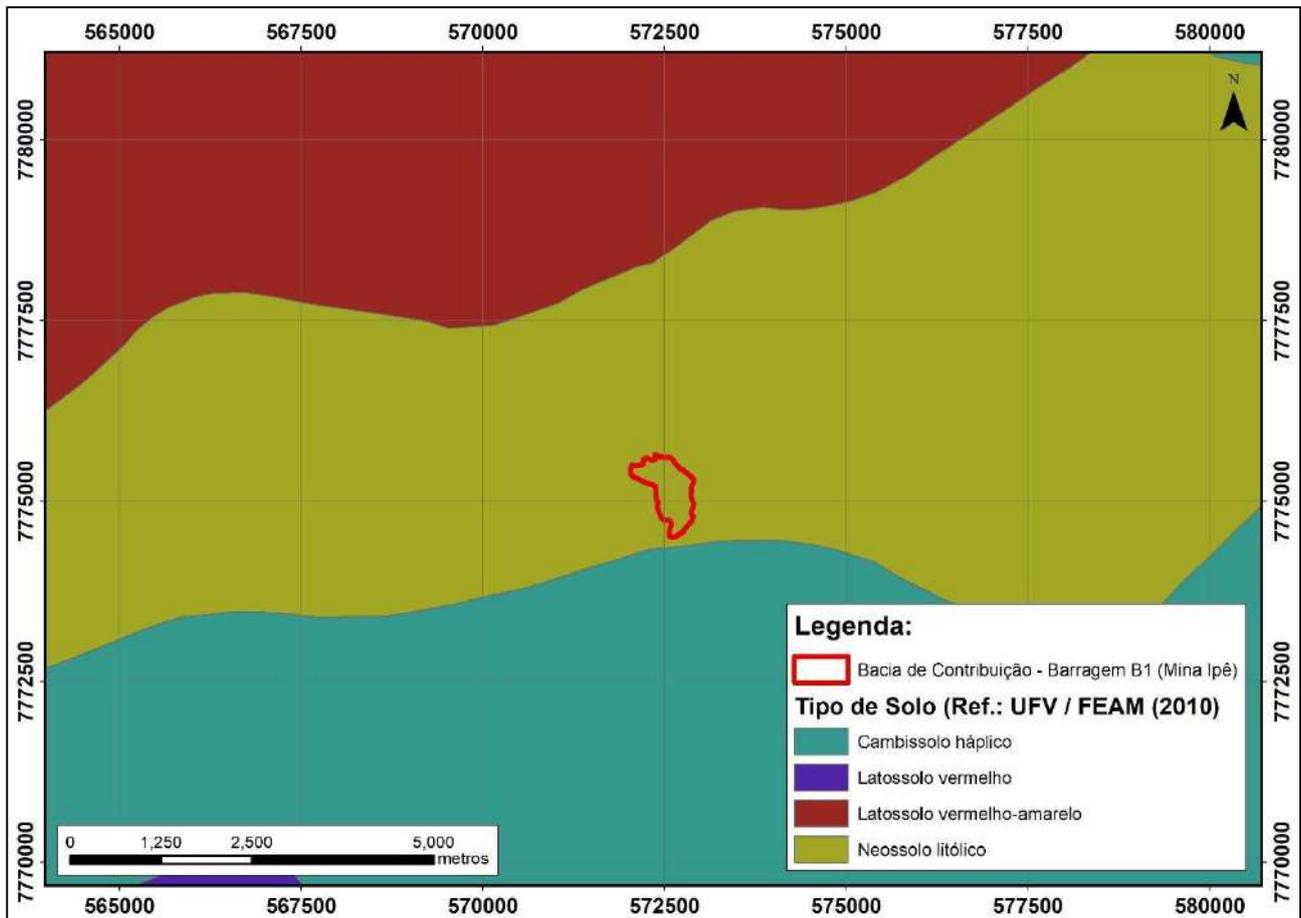


Figura 10.12 - Mapa do tipo de solo da região, conforme nomenclatura disposta por UFV / CETEC / UFLA / FEAM (2010).

Um dos principais parâmetros hidrológicos e de maior impacto nos estudos de vazões máximas é o que define a parcela da precipitação que será transformada em escoamento superficial durante um evento chuvoso em uma bacia hidrográfica. Para os estudos de vazões máximas, utilizados na verificação da estrutura, adotou-se o Modelo CN do NRCS ("*Natural Resources Conservation Service*") como o módulo de produção da chuva efetiva.

O modelo CN utiliza um parâmetro de referência, o "*Curve Number*", para atribuir, a diferentes tipos de solo e cobertura vegetal, diferentes pesos na infiltração e perdas totais do escoamento.

Para a definição individual do parâmetro CN foram considerados valores de referência para solos do tipo D na condição de umidade antecedente II.

A definição de uso do solo foi realizada manualmente por meio da construção de polígonos de diferentes tipos de uso do solo identificados visualmente na bacia de contribuição. Para tanto, foi utilizado o conjunto de imagens do Google Satélite, incorporadas ao *software* QGis 3.16.1. Foram consideradas 4 tipologias de cobertura do terreno na bacia da barragem, a saber:

- Vegetação rasteira: CN = 80;
- Vegetação arbórea: CN = 77;
- Área antropizada (industrial): CN = 89;
- Reservatório: CN = 100.

Após a ponderação dos valores de CN da bacia da barragem, determinou-se o valor global igual a 86,4 para a condição atual e 86,2 para a fase intermediária.

Na Figura 10.13 é apresentado o mapa de uso do solo para determinação do CN para a situação atual da Barragem B1 – Mina Ipê, enquanto a Figura 10.14 apresenta o mapa de uso do solo para situação intermediária. Na Tabela 10.8 são apresentados os valores de CN e área utilizados para ponderação do valor global. Para essa caracterização, definiu-se pela utilização da mesma bacia de contribuição da condição atual da estrutura para as verificações das condições intermediárias anterior à retirada do maciço. Já para a fase intermediária após a primeira retirada do maciço, o CN foi reavaliado e apresentado na Tabela 10.9.

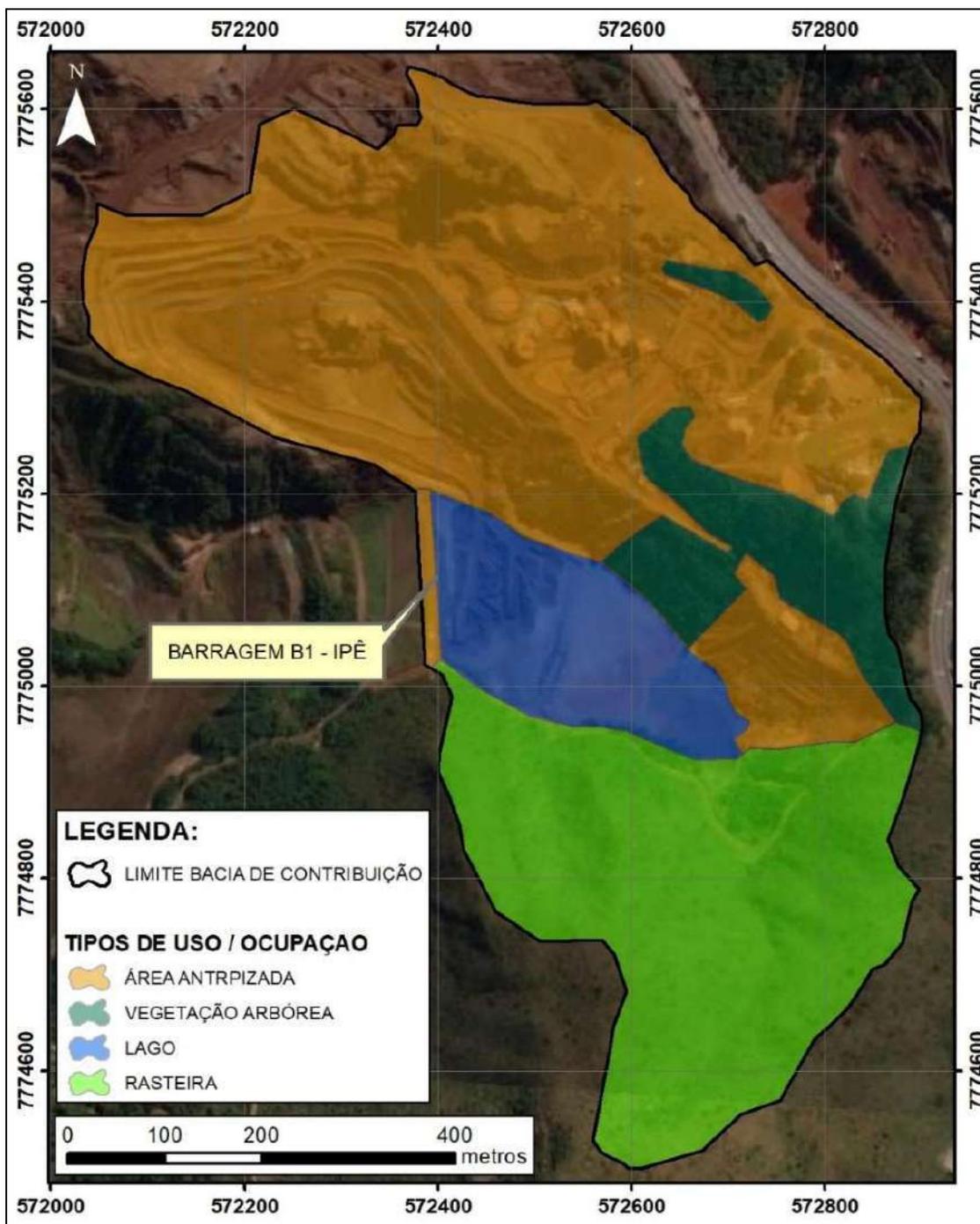


Figura 10.13 – Mapa de uso do solo para determinação do CN – Situação Atual.

Tabela 10.8 – Valores de CN e área para cálculo do valor ponderado.

| Material | CN | Área (km ²) | CN x Área (m ²) | CN ponderado |
|--------------------|-----|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| Vegetação rasteira | 80 | 0,146 | 11,65 | 86,4 |
| Vegetação densa | 77 | 0,044 | 3,40 | |
| Área antropizada | 89 | 0,270 | 24,03 | |
| Reservatório | 100 | 0,049 | 4,9 | |

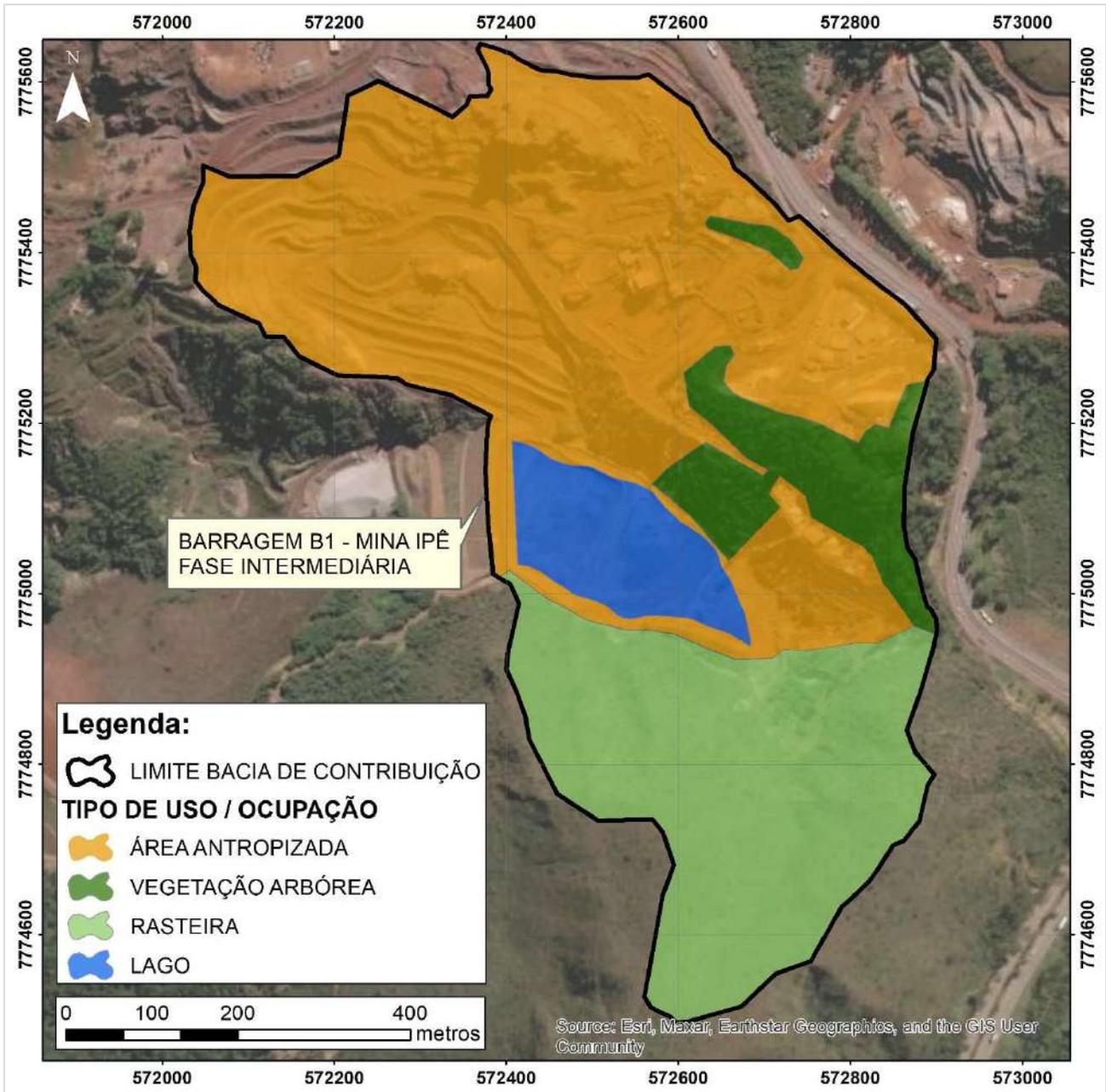


Figura 10.14 – Mapa de uso do solo para determinação do CN – Fase Intermediária.

Tabela 10.9 – Valores de CN e área para cálculo do valor ponderado – Etapa Intermediária.

| Material | CN | Área (km ²) | CN x Área (m ²) | CN ponderado |
|--------------------|-----|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| Vegetação rasteira | 80 | 0,146 | 11,65 | 86,2 |
| Vegetação densa | 77 | 0,044 | 3,40 | |
| Área antropizada | 89 | 0,292 | 26,00 | |
| Reservatório | 100 | 0,035 | 3,44 | |

A abstração inicial do escoamento superficial (I_a) foi calculada a partir da equação apresentada abaixo, definida por modelos experimentais do SCS.

$$I_a = 0,2 \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

A declividade média do talvegue principal da bacia foi calculada a partir de seu perfil longitudinal traçado com auxílio da topografia.

A declividade média equivalente do talvegue principal da bacia é calculada a partir do seu perfil longitudinal com aplicação da equação a seguir:

$$S_0 = \left(\frac{\sum_i L_i}{\sum_i \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Onde:

- S_0 = Declividade média equivalente (m/m);
- L_i = Comprimento de cada trecho (m);
- S_i = Declividade de cada trecho (m/m).

O tempo de concentração (T_c) foi calculado a partir do método de Kirpich, a seguir. Para determinação das vazões de projeto pelo método do NRCS foi utilizado o parâmetro Lag Time, que é obtido a partir da aplicação do fator de 0,6 ao resultado do tempo de concentração.

$$t_c = 0,39 \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0,385}$$

Onde:

- S_e = Declividade média do talvegue (%);
- L = Extensão do talvegue (km).

Na Tabela 10.10 encontram-se resumidas as características da bacia hidrográfica referente à fase intermediária das obras de descaracterização. A fase atual está apresentada no relatório de diagnóstico da estrutura (IPE.OP.RL.8000.GT.20.559). Vale ressaltar que não existem estruturas de reservação a montante da barragem.

Tabela 10.10 – Características da bacia hidrográfica da Barragem B1 – Mina Ipê.

| Área de contribuição (km ²) | CN ponderado | Abstração inicial (mm) | Comprimento do talvegue (km) | Declividade média (%) | Tempo de concentração (min) | Lag time |
|---|--------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------|
| 0,51 | 86,3 | 8,1 | 0,61 | 12,4 | 6,07 | 3,64 |

10.3.2 Curva Elevação x Volume

A curva elevação–volume da Barragem B1 - Mina Ipê foi elaborada com base na reconformação topográfica proposta nesse projeto, desenvolvida a partir de modelagem geológica utilizando-se dos resultados das investigações geotécnicas, estimando a geometria primitiva na região de interesse. A Tabela 10.11 e a Figura 10.15 apresentam a relação elevação-volume e sua representação gráfica.

Tabela 10.11 – Relação elevação x volume.

| Elevação (m) | Volume acumulado (m ³) | Elevação (m) | Volume acumulado (m ³) |
|--------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|
| 1.018,00 | 0 | 1.040,00 | 249.328 |
| 1.019,00 | 1.057 | 1.041,00 | 274.684 |
| 1.020,00 | 3.432 | 1.042,00 | 301.801 |
| 1.021,00 | 7.572 | 1.043,00 | 330.627 |
| 1.022,00 | 13.597 | 1.044,00 | 361.125 |
| 1.023,00 | 21.144 | 1.045,00 | 393.277 |
| 1.024,00 | 29.857 | 1.046,00 | 427.035 |
| 1.025,00 | 39.741 | 1.047,00 | 462.461 |
| 1.026,00 | 50.832 | 1.048,00 | 499.656 |
| 1.027,00 | 63.226 | 1.049,00 | 538.588 |
| 1.028,00 | 77.009 | 1.050,00 | 579.177 |
| 1.029,00 | 92.246 | 1.051,00 | 621.337 |
| 1.030,00 | 108.974 | 1.052,00 | 664.949 |
| 1.031,00 | 121.392 | 1.053,00 | 709.908 |
| 1.032,00 | 129.231 | 1.054,00 | 756.105 |
| 1.033,00 | 138.085 | 1.055,00 | 803.462 |
| 1.034,00 | 148.074 | 1.056,00 | 851.898 |
| 1.035,00 | 159.430 | 1.056,27 | 865.166 |
| 1.036,00 | 172.383 | 1.057,00 | 901.486 |
| 1.037,00 | 187.480 | 1.057,55 | 929.284 |
| 1.038,00 | 205.437 | 1.057,83 | 943.579 |
| 1.039,00 | 226.135 | | |

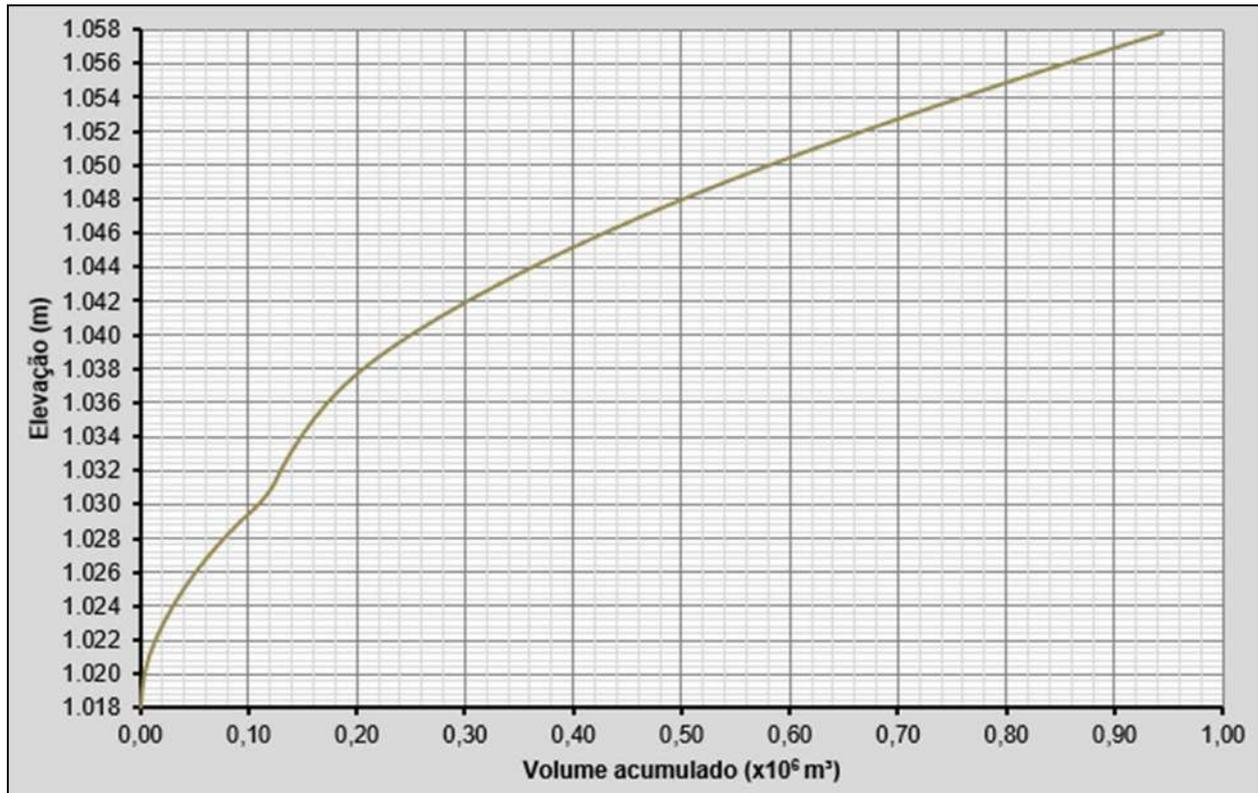


Figura 10.15 – Elevação x volume Barragem B1 – Mina Ipê (reconformação topográfica – topografia primitiva).

10.3.3 Curva de Descarga

Para o cálculo da capacidade de vertimento do sistema extravasor da fase intermediária da Barragem B1 – Mina Ipê e definição da geometria deste, a determinação das curvas de descarga foi efetuada por meio da equação a seguir:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot B \cdot H \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H}$$

Onde:

- (Q) denota a descarga pelo sistema extravasor, em m³/s;
- (C_d) denota o coeficiente de descarga, adimensional. Para o presente dimensionamento, adotou-se C_d igual a 0,9;
- (B) denota largura da base do canal, em m;
- (H) denota a carga hidráulica sobre a soleira do canal, em m;
- (g) denota a aceleração da gravidade, em m/s².

É importante citar que a equação analítica utilizada para o desenvolvimento da curva de descarga do sistema extravasor da fase intermediária apresenta resultados conservadores em comparação

com avaliações realizadas em modelos hidráulicos. A utilização dessa equação se deu de maneira a fornecer maior resiliência para a fase intermediária.

A Tabela 10.12 e Figura 10.16 apresentam a curva de descarga obtida para o sistema extravasor da Barragem B1 - Mina Ipê (fase intermediária).

Tabela 10.12 – Curva de descarga.

| Elevação (m) | Vazão (m ³ /s) | Elevação (m) | Vazão (m ³ /s) |
|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| 1043,50 | 0,00 | 1045,25 | 7,10 |
| 1043,75 | 0,38 | 1045,50 | 8,68 |
| 1044,00 | 1,08 | 1045,75 | 10,36 |
| 1044,25 | 1,99 | 1046,00 | 12,13 |
| 1044,50 | 3,07 | 1046,25 | 13,99 |
| 1044,75 | 4,29 | 1046,50 | 15,95 |
| 1045,00 | 5,64 | | |

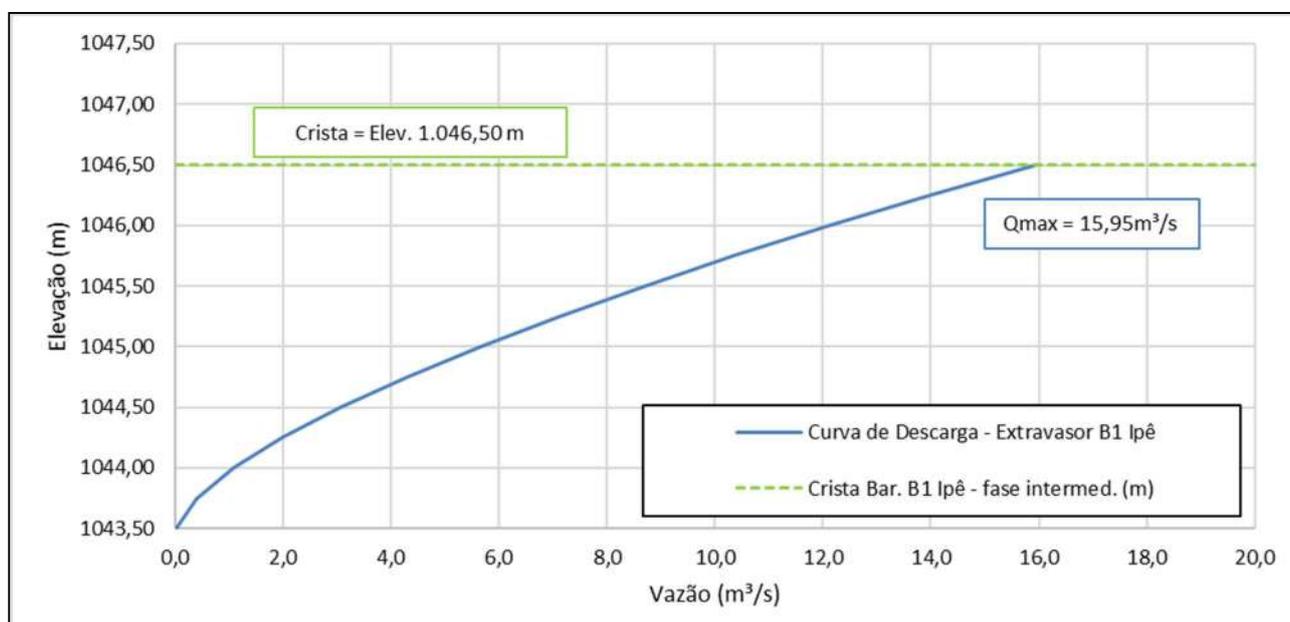


Figura 10.16 – Curva de descarga final – Extravasor Barragem B1 – Mina Ipê (Fase Intermediária).

10.3.4 Trânsito de Cheias

Obedecendo ao estabelecido no Art. 24 da Resolução 95/2022 da ANM, o tempo de retorno mínimo a ser considerado para a verificação do sistema extravasor é de 10.000 (dez mil) anos ou PMP (Precipitação Máxima Provável), a que for mais restritiva.

O sistema extravasor da Barragem B1 – Mina Ipê, considerando sua fase intermediária de descaracterização, deve conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório, garantindo a segurança hidráulica da barragem. O correto dimensionamento de um extravasor deve se pautar na convergência entre a capacidade de descarga da estrutura e o pico do hidrograma amortecido pelo reservatório, calculado pela simulação do trânsito do hidrograma de cheia. É importante citar que o dimensionamento do sistema extravasor considerou uma borda livre mínima de 1,0 m para o TR de 10.000 anos, e borda livre necessária para conter a onda eólica para a passagem da PMP.

10.3.4.1 Modelagem

Com a definição da severidade das chuvas, a simulação do sistema hidrológico foi realizada para diversas durações dos eventos. Com isso, procurou-se identificar a chuva crítica do sistema, ou seja, a duração do evento pluviométrico responsável pela ocorrência da maior acumulação de volumes no reservatório e, portanto, maior sobrelevação do nível de água.

Conforme citado anteriormente, a separação da chuva efetiva foi realizada pela metodologia proposta pelo *Natural Resources Conservation Service (NRCS)*, a partir do parâmetro *Curve Number (CN)* ponderado para cada sub-bacia de contribuição, de acordo com o uso e ocupação do solo da região.

Para transformação da chuva incidente na bacia em vazão, adotou-se, para simulação no HEC-HMS, o método do "*SCS Unit Hydrograph Transform*". Neste método, a definição do hidrograma baseia-se no percentual do escoamento que ocorre antes do pico do hidrograma (NRCS, 2007). Incorporados ao modelo matemático do *software*, existem alguns padrões de hidrograma relacionados a diferentes percentuais do escoamento ocorrendo antes do pico de vazão. Por padrão metodológico, é utilizado "*peak rate factor*" – PRF de 484, que está relacionado à ocorrência de 37,5% do escoamento antes do pico do hidrograma.

Na simulação do trânsito e desempenho do reservatório na fase intermediária, considera-se o volume mínimo destinado ao amortecimento da cheia (conforme orienta a NBR 13.028/2017), compreendido entre a soleira do extravasor (1.043,50m) e a crista do maciço (1.046,50m), onde o intervalo de elevações é chamado Borda Livre Normal – BLN (ANA, 2016).

A simulação do trânsito de cheia pelo reservatório foi realizada por meio do método de Puls Modificado, que simula o escoamento em reservatório por meio da discretização em diferenças finitas da equação do balanço hídrico, além de utilizar a relação entre armazenamento e vazão

efluente, empregando as características das curvas: 1) de descarga do vertedouro e 2) elevação-volume do reservatório. As curvas devem estar contidas na BLN:

- Nível inicial: NA operacional do reservatório, correspondente à cota da soleira do extravasor: El. 1.043,50 m;
- Nível final: Elevação do barramento, correspondente à cota da crista: El. 1.046,50 m.

A partir dos valores apresentados na Tabela 10.10 e utilizando métodos indiretos de transformação chuva-vazão, foram determinadas as vazões de projeto para verificação hidráulica do sistema extravasor da Barragem B1 – Mina Ipê (Fase Intermediária de descaracterização). Para a realização das simulações utilizou-se o modelo computacional HEC-HMS - versão 4.9, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* – HEC (USACE, 2021). A Figura 10.17 apresenta o modelo inserido no HEC-HMS.

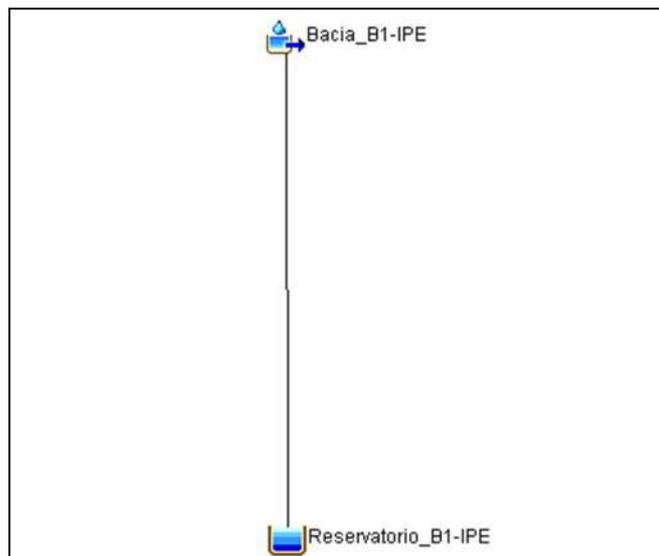


Figura 10.17 – Representação do diagrama topológico utilizado na modelagem hidrológica.

10.3.4.2 Resultados

Para determinar a chuva crítica, consideraram-se os eventos pluviométricos, conforme orienta a Resolução ANM 95/2022. São verificadas as durações que geram os maiores volumes de armazenamento no reservatório, o que corresponde à maior sobrelevação do nível de água - NA no interior do reservatório, aqui denominado NA Máximo *Maximorum*.

Entende-se por cheia crítica aquela efluente ao reservatório, gerada pelo trânsito da cheia afluyente derivada da chuva de projeto. A vazão de projeto do vertedouro será, portanto, a vazão de pico correspondente à sua cheia de projeto. A duração desse evento, quando da passagem da cheia derivada da chuva de projeto, é denominada duração crítica.

Neste estudo são apresentados os resultados do trânsito de cheias associados à recorrência de 10.000 anos através da Tabela 10.13, e para a passagem da PMP através da Tabela 10.14.

Tabela 10.13 – Resultado das Simulações TR 10.000 anos.

| Tempo de retorno 10.000 anos | | | |
|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Duração | Vazão afluente (m ³ /s) | Vazão defluente (m ³ /s) | Elevação (m) |
| 1h | 25,19 | 3,14 | 1.044,52 |
| 2h | 22,60 | 4,13 | 1.044,72 |
| 3h | 19,40 | 4,47 | 1.044,78 |
| 4h | 16,92 | 4,56 | 1.044,80 |
| 6h | 13,51 | 4,48 | 1.044,79 |
| 8h ¹ | 10,28 | 4,99 | 1.044,88² |
| 10h | 8,79 | 4,74 | 1.044,83 |
| 12h | 7,70 | 4,48 | 1.044,79 |
| 18h | 7,54 | 4,29 | 1.044,75 |
| 24h | 6,08 | 3,78 | 1.044,65 |

Notas: ¹considera-se a **duração crítica**;

²considera-se o **NA Máximo Maximorum**.

Tabela 10.14 – Resultado das Simulações para PMP.

| Tempo de retorno PMP | | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Duração | Vazão afluente (m ³ /s) | Vazão defluente (m ³ /s) | Elevação (m) |
| 1h | 51,77 | 7,22 | 1.045,27 |
| 2h | 45,04 | 9,03 | 1.045,55 |
| 3h | 38,21 | 9,51 | 1.045,62 |
| 4h | 33,05 | 9,52 | 1.045,63 |
| 6h | 26,10 | 9,12 | 1.045,57 |
| 8h ¹ | 17,72 | 9,75 | 1.045,66² |
| 10h | 15,10 | 9,10 | 1.045,56 |
| 12h | 13,20 | 8,49 | 1.045,47 |
| 18h | 12,75 | 7,84 | 1.045,37 |
| 24h | 10,22 | 6,78 | 1.045,20 |

Notas: ¹considera-se a **duração crítica**;

²considera-se o **NA Máximo Maximorum**.

A partir das chuvas de projeto em sua duração crítica são extraídos os hidrogramas de vazões afluente, defluente e cotograma do nível de água no reservatório, ilustrados pela Figura 10.18, para cheias de 10.000 anos e pela Figura 10.19 para cheias relacionadas a PMP.

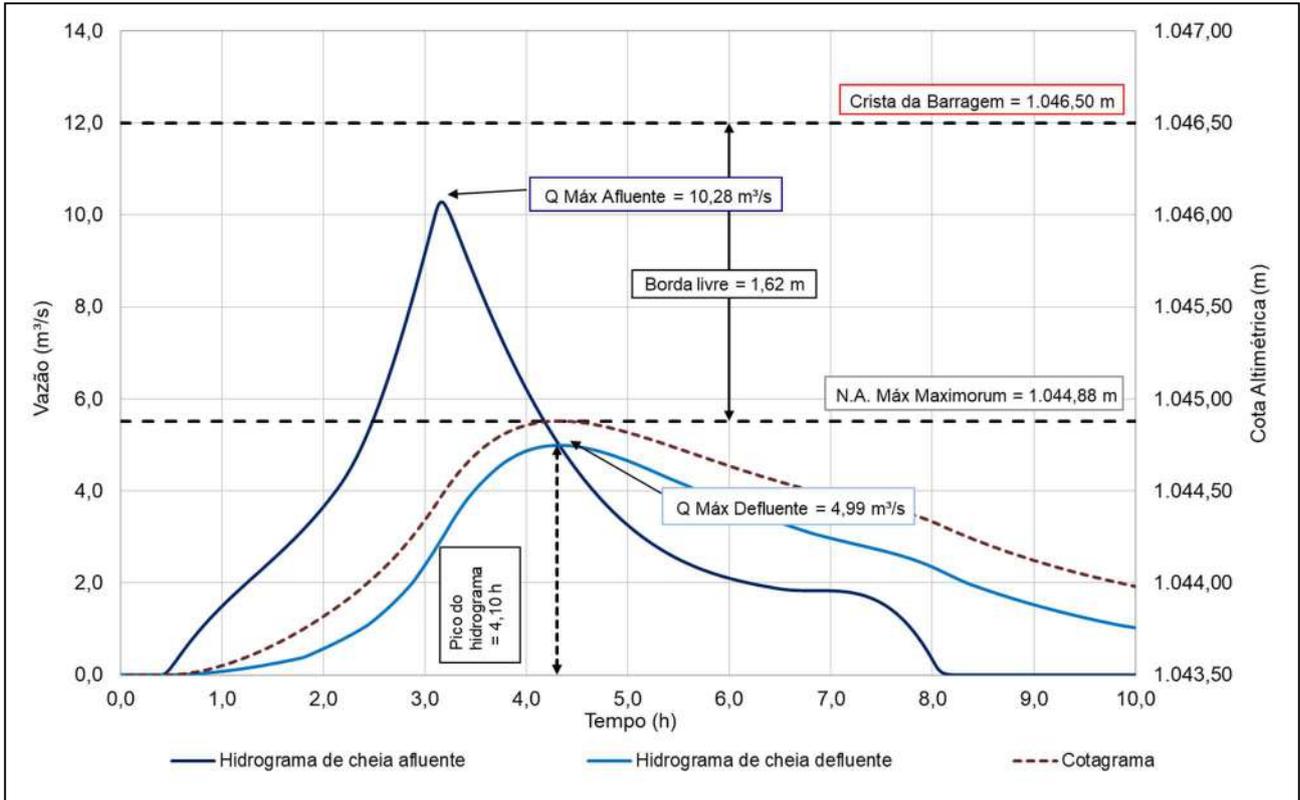


Figura 10.18 – Trânsito de cheias para TR 10.000 anos – 8h.

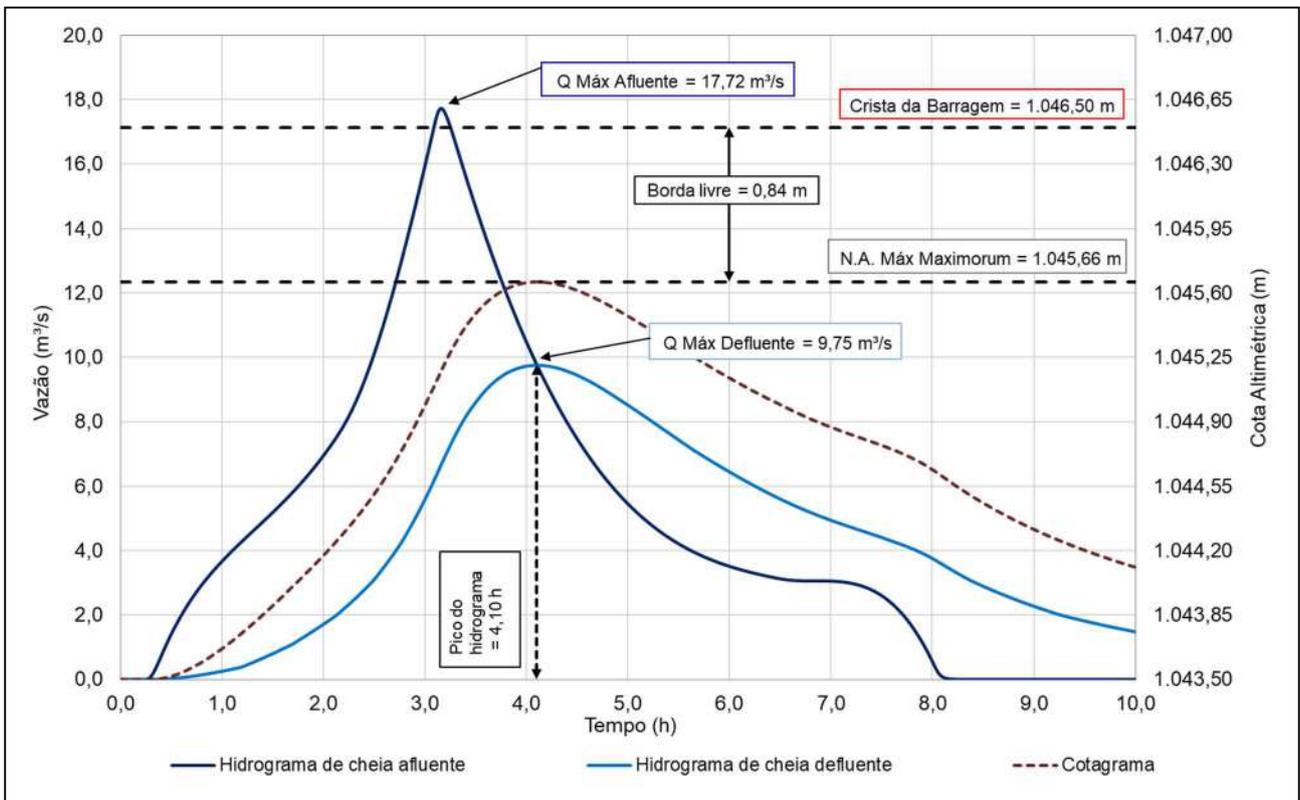


Figura 10.19 – Trânsito de cheias para PMP – 8h.

A Tabela 10.15 apresenta uma síntese dos resultados encontrados nos cálculos do trânsito de cheias no reservatório da Barragem B1 – Mina Ipê, para a duração crítica, considerando a fase intermediária de descaracterização dessa estrutura.

Tabela 10.15 – Resultados do trânsito de cheias – Barragem B1 - Mina Ipê.

| Variável | TR 10.000 | PMP |
|--|-----------|----------|
| Duração crítica (horas) | 8 | 8 |
| Altura da chuva crítica (mm) | 238,5 | 392,4 |
| Vazão máxima afluyente (m ³ /s) | 10,28 | 17,72 |
| Vazão máxima defluente (m ³ /s) | 4,99 | 9,75 |
| Elevação da soleira do extravasor (m) | 1.043,50 | |
| Elevação da crista (m) | 1.046,50 | |
| Borda Livre Normal (m) | 3,00 | |
| NA Máx <i>Maximorum</i> (m) | 1.044,88 | 1.045,66 |
| Borda Livre disponível (m) | 1,62 | 0,84 |
| Volume de amortecimento (m ³) | 118.000 | |

Como observado nos resultados apresentados, o sistema extravasor da fase intermediária de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê garantirá o aumento da sua capacidade hidráulica, permitindo o trânsito de cheias associado aos períodos de retorno de 10.000 anos e PMP, com borda livre remanescente de 1,62 m e 0,84 m, respectivamente.

10.3.4.3 Avaliação do Sistema Extravasor

A geometria do canal extravasor projetado foi inserida no software HEC-RAS, versão 6.3.1 (*US Army Corps of Engineers*). A sua capacidade foi verificada para a passagem das vazões de 10.000 anos de recorrência e PMP, equivalente, respectivamente, a 4,99 m³/s e 9,75 m³/s, sendo utilizados os coeficientes de Manning de 0,025 para o trecho escavado, 0,015 para o trecho revestido em concreto e 0,1 para o trecho em degraus de gabião tipo caixa (pseudomanning).

A metodologia para estimativa do pseudomanning considera a representação do trecho em degraus como sendo liso, a partir da atribuição de um valor de manning correspondente à profundidade aerada do escoamento em degraus, considerando o regime *skimming flow*.

A Figura 10.20 e a Figura 10.21 ilustram as modelagens unidimensionais desenvolvidas no software para os períodos de retorno de 10.000 anos e PMP, respectivamente.

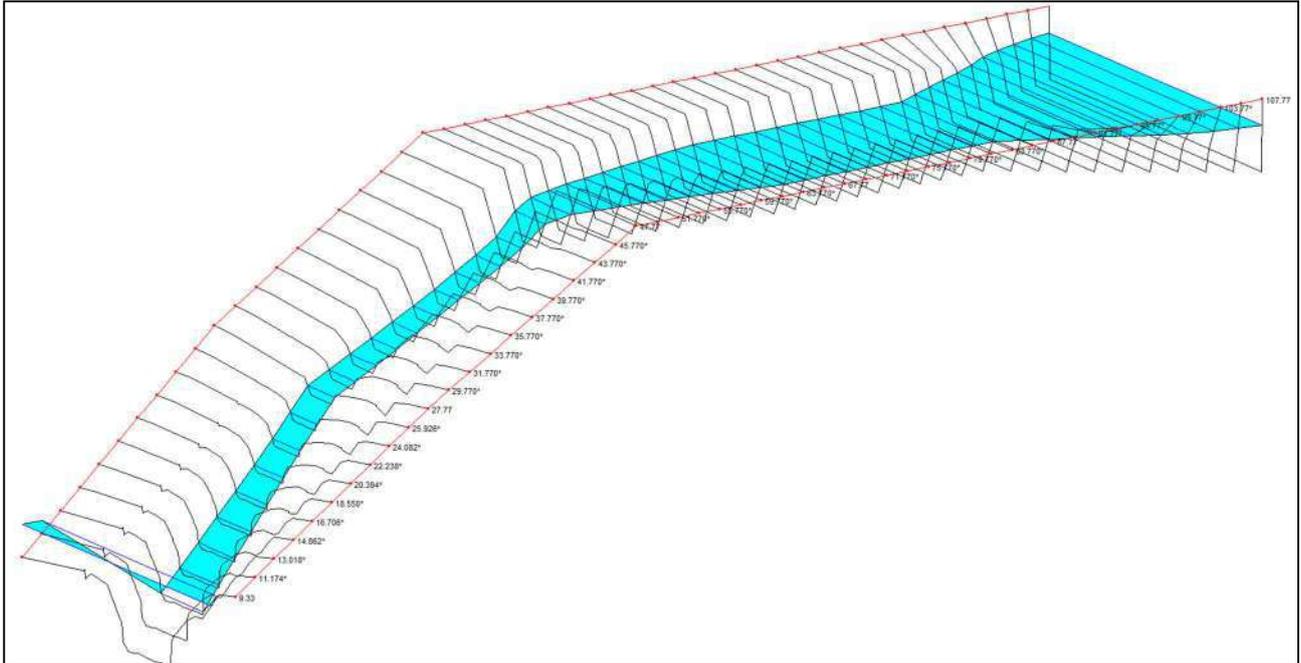


Tabela 10.16 – Síntese dos resultados da verificação do extravasor.
 ($Q_{max} = 4,99 \text{ m}^3/\text{s}$ e TR = 10.000 anos).

| Seção | Trecho | Elevação do Fundo (m) | Elevação do N.A. (m) | Elevação da parede esq. (m) | Elevação da parede dir. (m) | Altura da lâmina de água (m) | Velocidade (m/s) | Borda Livre (m) |
|-----------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| 107,77 67,77 | Emboque | 1043,5 | 1044,67 | 1046,50 | 1046,50 | 1,17 | 0,10 | 1,83 |
| 65,77 | Canal Rápido | 1043,48 | 1044,66 | 1046,50 | 1046,50 | 1,18 | 0,42 | 1,84 |
| 47,77 | | 1043,32 | 1044,18 | 1046,50 | 1046,50 | 0,86 | 2,92 | 2,32 |
| 43,77 | | 1042,39 | 1042,81 | 1044,85 | 1044,85 | 0,42 | 5,16 | 2,04 |
| 41,77 | | 1041,93 | 1042,29 | 1044,27 | 1044,27 | 0,36 | 5,69 | 1,98 |
| 39,77 | | 1041,46 | 1041,79 | 1043,7 | 1043,7 | 0,33 | 6,10 | 1,91 |
| 37,77 | | 1041 | 1041,30 | 1043,12 | 1043,12 | 0,30 | 6,44 | 1,82 |
| 35,77 | | 1040,53 | 1040,81 | 1042,55 | 1042,55 | 0,28 | 6,74 | 1,74 |
| 33,77 | | 1040,07 | 1040,33 | 1041,97 | 1041,97 | 0,26 | 7,00 | 1,64 |
| 31,77 | | 1039,6 | 1039,86 | 1041,39 | 1041,39 | 0,26 | 7,24 | 1,53 |
| 29,77 | | 1039,14 | 1039,38 | 1040,82 | 1040,82 | 0,24 | 7,48 | 1,44 |
| 27,77 | | 1038,67 | 1038,90 | 1040,24 | 1040,24 | 0,23 | 7,75 | 1,34 |
| 25,93 | | 1037,81 | 1038,00 | 1039,63 | 1039,63 | 0,19 | 8,41 | 1,63 |
| 24,08 | | 1036,95 | 1037,11 | 1039,02 | 1039,02 | 0,16 | 8,94 | 1,91 |
| 22,24 | | 1036,08 | 1036,23 | 1038,41 | 1038,41 | 0,15 | 9,33 | 2,18 |
| 20,39 | 1035,2 | 1035,35 | 1037,79 | 1037,79 | 0,15 | 9,58 | 2,44 | |
| 18,55 | 1034,33 | 1034,47 | 1037,18 | 1037,18 | 0,14 | 9,71 | 2,71 | |
| 16,71 | 1033,45 | 1033,59 | 1036,57 | 1036,57 | 0,14 | 9,76 | 2,98 | |
| 14,86 | Trecho em gabião | 1032,57 | 1032,72 | 1035,96 | 1035,96 | 0,15 | 9,74 | 3,24 |
| 13,02 | | 1031,7 | 1031,85 | 1035,35 | 1035,35 | 0,15 | 9,64 | 3,50 |
| 11,17 | | 1030,82 | 1030,98 | 1034,74 | 1034,74 | 0,16 | 9,50 | 3,76 |
| 9,00 | Bueiro | 1030,00 | 1031,30 | 1033,00 | 1033,00 | 1,35 | 0,57 | 1,70 |

Tabela 10.17 – Síntese dos resultados da verificação do extravasor.
 ($Q_{max} = 9,75 \text{ m}^3/\text{s}$ e PMP).

| Seção | Trecho | Elevação do Fundo (m) | Elevação do N.A. (m) | Elevação da parede esq. (m) | Elevação da parede dir. (m) | Altura da lâmina de água (m) | Velocidade (m/s) | Borda Livre (m) |
|-----------------|--------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| 107,77 67,77 | Emboque | 1043,5 | 1045,42 | 1046,50 | 1046,50 | 1,92 | 0,13 | 0,58 |
| 65,77 | Canal Rápido | 1043,48 | 1045,41 | 1046,50 | 1046,50 | 1,93 | 0,47 | 0,59 |
| 47,77 | | 1043,32 | 1044,66 | 1046,50 | 1046,50 | 1,34 | 3,64 | 1,34 |
| 43,77 | | 1042,39 | 1043,12 | 1044,85 | 1044,85 | 0,73 | 5,86 | 1,73 |

| Seção | Trecho | Elevação do Fundo (m) | Elevação do N.A. (m) | Elevação da parede esq. (m) | Elevação da parede dir. (m) | Altura da lâmina de água (m) | Velocidade (m/s) | Borda Livre (m) |
|-------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| 41,77 | | 1041,93 | 1042,55 | 1044,27 | 1044,27 | 0,62 | 6,42 | 1,72 |
| 39,77 | | 1041,46 | 1042,02 | 1043,7 | 1043,7 | 0,56 | 6,87 | 1,68 |
| 37,77 | | 1041 | 1041,5 | 1043,12 | 1043,12 | 0,50 | 7,26 | 1,62 |
| 35,77 | | 1040,53 | 1041,10 | 1042,55 | 1042,55 | 0,47 | 7,61 | 1,55 |
| 33,77 | | 1040,07 | 1040,50 | 1041,97 | 1041,97 | 0,43 | 7,93 | 1,47 |
| 31,77 | | 1039,6 | 1040,01 | 1041,39 | 1041,39 | 0,41 | 8,22 | 1,38 |
| 29,77 | | 1039,14 | 1039,53 | 1040,82 | 1040,82 | 0,39 | 8,50 | 1,29 |
| 27,77 | | 1038,67 | 1039,02 | 1040,24 | 1040,24 | 0,35 | 8,82 | 1,22 |
| 25,93 | | 1037,81 | 1038,12 | 1039,63 | 1039,63 | 0,31 | 9,50 | 1,51 |
| 24,08 | | 1036,95 | 1037,22 | 1039,02 | 1039,02 | 0,27 | 10,08 | 1,80 |
| 22,24 | | 1036,08 | 1036,32 | 1038,41 | 1038,41 | 0,24 | 10,57 | 2,09 |
| 20,39 | | 1035,2 | 1035,43 | 1037,79 | 1037,79 | 0,23 | 10,97 | 2,36 |
| 18,55 | | 1034,33 | 1034,54 | 1037,18 | 1037,18 | 0,21 | 11,28 | 2,64 |
| 16,71 | | 1033,45 | 1033,66 | 1036,57 | 1036,57 | 0,21 | 11,29 | 2,91 |
| 14,86 | Trecho em gabião | 1032,57 | 1032,78 | 1035,96 | 1035,96 | 0,21 | 11,47 | 3,18 |
| 13,02 | | 1031,7 | 1031,90 | 1035,35 | 1035,35 | 0,20 | 11,59 | 3,45 |
| 11,17 | | 1030,82 | 1033,25 | 1034,74 | 1034,74 | 2,43 | 0,45 | 1,49 |
| 9,00 | Bueiro | 1030,00 | 1033,25 | 1033,00 | 1033,00 | 3,25 | 0,23 | -0,25 |

Os resultados obtidos de perfil da linha de água ao longo da estrutura estão apresentados na Figura 10.22 e Figura 10.23.

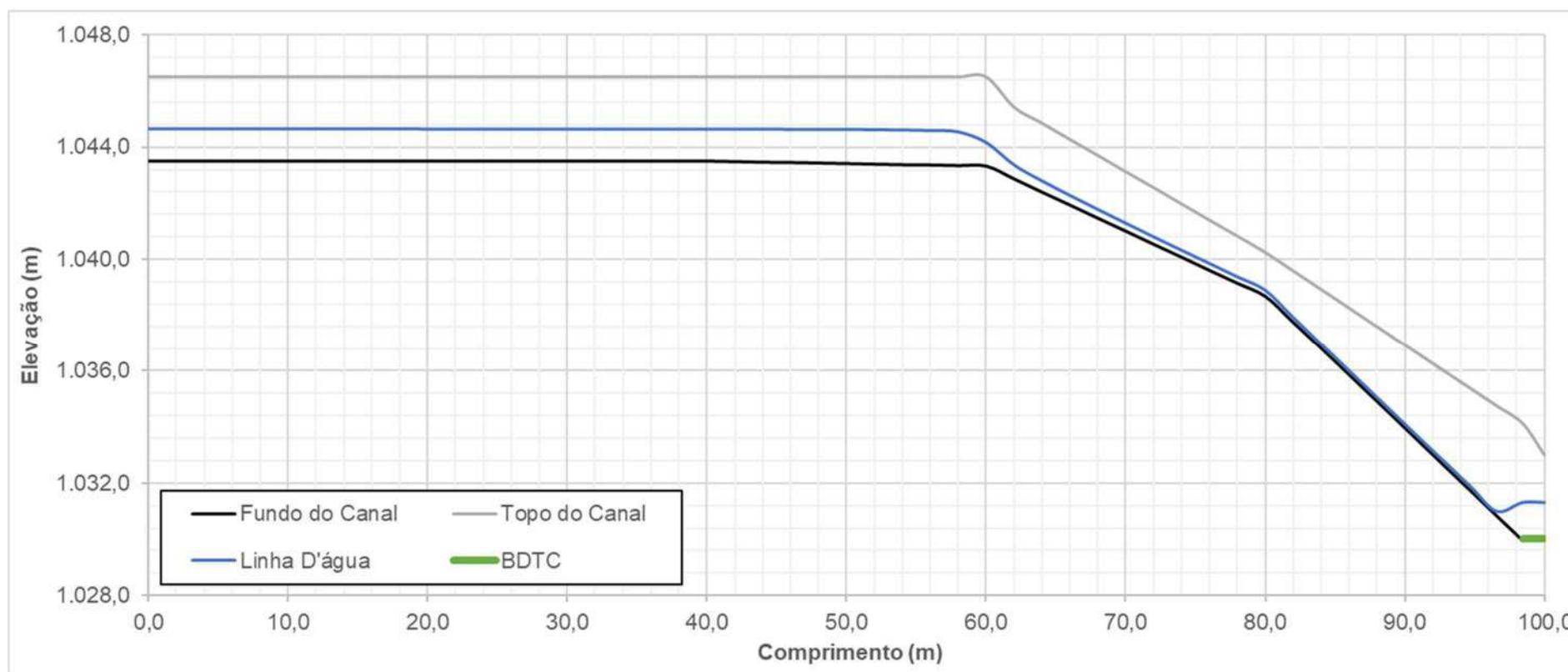


Figura 10.22 - Perfil da linha d'água do sistema extravasor ($Q_{\max} = 4,99 \text{ m}^3/\text{s}$ e $TR = 10.000$ anos).

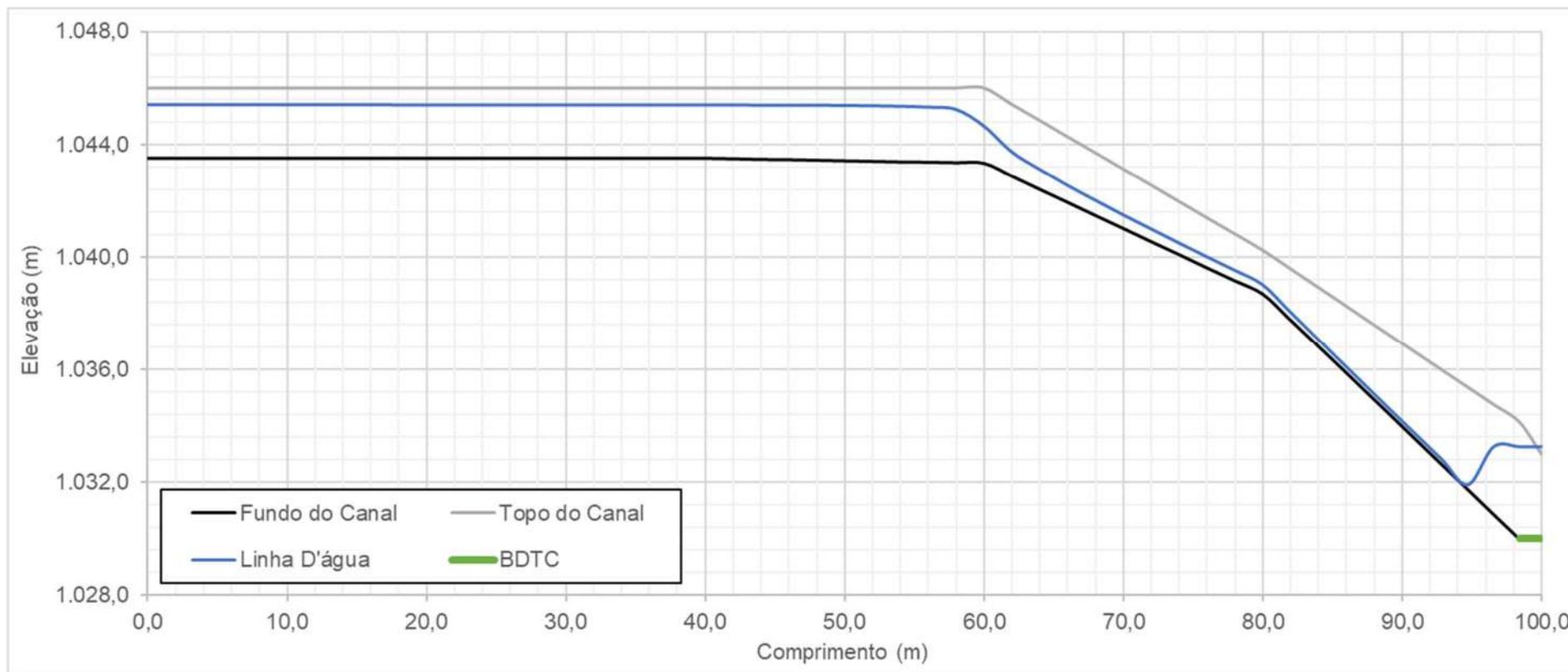


Figura 10.23 - Perfil da linha d'água do sistema extravasor ($Q_{max} = 9,75 \text{ m}^3/\text{s}$ e PMP).

10.3.5 Estudo de Altura de Onda

Para o desenvolvimento de estudos sobre reservatórios de mineração, considera-se que as superfícies e bacias de contribuição de menor ordem de grandeza não sejam afetadas de forma significativa pela formação de remansos e seixas. Portanto, ondas estacionárias provocadas por alterações gravitacionais, correntes e sismos não serão avaliadas.

Com relação a ondas dinâmicas, considera-se que a periferia do reservatório não contenha acidentes geográficos importantes ou instabilidade geotécnica levantada a priori para a avaliação da formação de impactos sobre a superfície. Por outro lado, a ocorrência de ventos extraordinários é relevante e é aqui tratada como ondas eólicas. Além disto, CDA (2014) orienta que a ocorrência de ventos extraordinários deve ser coincidente com a passagem das cheias nas barragens de mineração. Neste sentido, entende-se que não é relevante pautar a avaliação de ondas a partir do NA operacional. Portanto, considerando o intervalo quando há passagem de cheias, as verificações recaem sobre o NA máx. *maximorum* da chuva crítica.

A borda livre das barragens é definida como o espaço que deve ser alocado entre o NA máximo *maximorum* e a cota de coroamento do maciço, com a finalidade de absorver a arrebentação de ondas formadas por ventos ou agregar segurança adicional para eventuais recalques na elevação da crista. Na NBR 13.028 (ABNT, 2017) não é especificado o valor a ser adotado para borda livre de barragens.

O cálculo da amplitude da onda eólica é dado pela adaptação da metodologia formulada por Saville et al. (1962). Na região de estudo não há estudos estatísticos de ventos ou estimativa de eventos severos. Portanto, este estudo optou por fixar a velocidade de 80 km/h. A altura da onda eólica é dada pela equação a seguir (Pinheiro, 2011).

$$h_o = 0,005 \cdot V_w^{1,06} F^{0,47}$$

Onde:

- h_o é a altura de onda (m);
- V_w é a velocidade do vento a 7,6 m da superfície do reservatório (km/h);
- F é o Fetch, ou extensão da superfície da água sobre a qual o vento atua (km).

Sobre os valores V_w devem ser aplicados fatores de correção corrigindo os valores representativos da velocidade ao nível da superfície do reservatório (V_{sr}), recomendados por Saville et al. (1962) (apud Pinheiro, 2011 – página 124).

A Figura 10.24 ilustra a determinação do fetch efetivo.

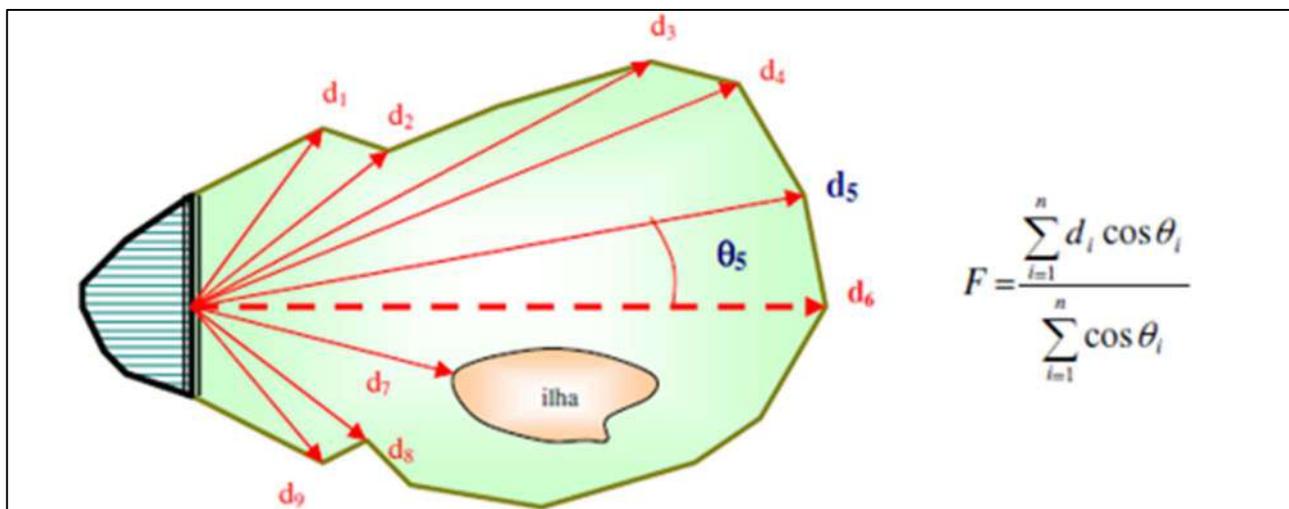


Figura 10.24 – Fetch Efetivo. Fonte: Naghettini (1999).

Neste estudo foi obtido um valor de 175,65 m. A Tabela 10.18 a seguir apresenta os resultados para altura de ondas h_0 e a Figura 10.25 ilustra as linhas utilizadas na determinação do Fetch efetivo.

Tabela 10.18 – Altura e comprimento de onda.

| F (km) | V (km/h) | V _w (km/h) | H ₀ (m) |
|--------|----------|-----------------------|--------------------|
| 0,18 | 80,00 | 86,40 | 0,25 |

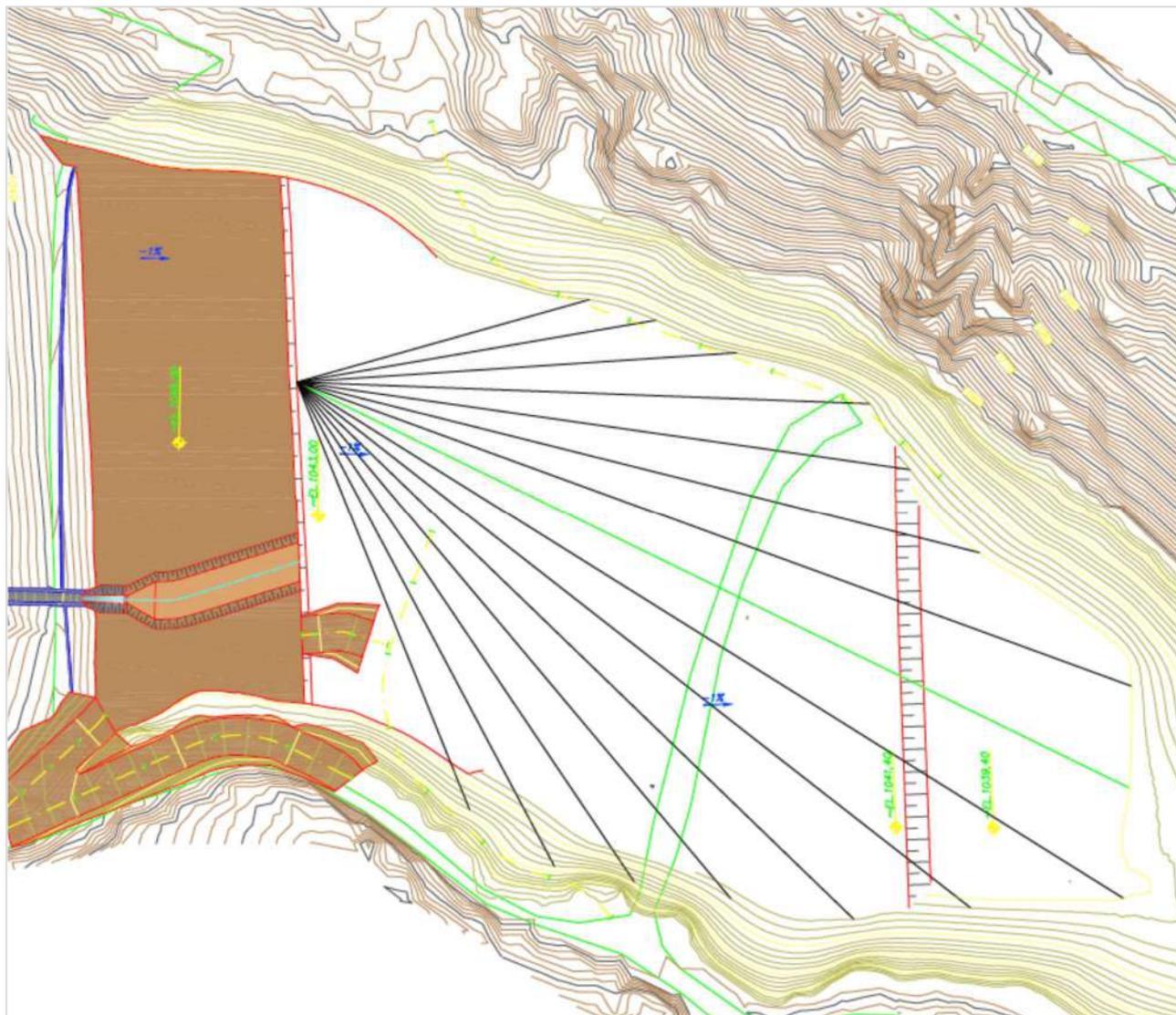


Figura 10.25 – Linhas para cálculo do número de Fetch efetivo.

Para barragens de terra, recomenda-se que a borda livre mínima para conter a arrebentação das ondas seja igual ou superior a $1,4h_0$, ou seja, 0,35 m. Sendo assim, entende-se que a Barragem B1– Mina Ipê possui borda livre mínima suficiente para arrebentação de ondas para o TR de 10.000 anos e para PMP para a fase intermediária de descaracterização.

10.3.6 Bueiro a Jusante

Apesar de não representar risco direto à estrutura em questão, a verificação do bueiro existente sob o acesso localizado a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê foi realizado durante a fase de diagnóstico das estruturas da barragem para as cheias extremas com Tempo de Retorno de 1.000, 10.000 anos e PMP. Adicionalmente, a estrutura também foi verificada para a passagem das cheias na fase intermediária, já que ela será mantida até a retirada total do maciço.

Na porção final do sistema extravasor, após o trecho em degraus, em virtude da existência do BDTC ($\varnothing 1,2\text{m}$), evidencia-se o funcionamento do bueiro como orifício no trecho imediatamente a montante, quando considerada a vazão decamilenar. De acordo com o cadastro atual, a carga hidráulica provocada é suficiente para esse funcionamento de orifício para TR 10.000 anos e para a PMP.

Considerando as vazões de projeto associadas aos períodos de retorno de 10.000 anos e PMP (respectivamente $4,99 \text{ m}^3/\text{s}$ e $9,75 \text{ m}^3/\text{s}$), conclui-se que o bueiro apresenta capacidade compatível, conforme resultados apresentados na Tabela 10.19. O dimensionamento foi realizado através do software SisCCoH 1.1, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica da UFMG.

Tabela 10.19 – Resultado do dimensionamento do bueiro a jusante, com base nas vazões de projeto

| Tipo | TR | Vazão Projeto (m ³ /s) | Diâmetro (m) | Declividade (%) | Profundidade (m) | Borda Livre em relação ao aterro (m) | Velocidade (m/s) |
|------|--------|-----------------------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| BDTC | 10.000 | 4,99 | 1,2 | 2,0 | 1,29 | 2,71 | 4,27 |
| BDTC | PMP | 9,75 | 1,2 | 2,0 | 3,24 | 0,76 | 4,31 |

Pela característica temporária da estrutura verificada acima, que deve ser removida durante o processo de descaracterização da barragem, com previsão para ocorrer no ano de 2025, ou seja, terá duração máxima de 1 período chuvoso (2024/2025), assume-se que seu eventual funcionamento para as condições mais críticas, funcionando como orifício, estará sujeito ao risco hidrológico calculado a seguir.

Pode-se verificar que o risco hidrológico associado à configuração prevista para a fase intermediária de descaracterização é:

$$R_h = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n \quad \text{Equação 10.1}$$

Em que:

- R_h é o risco hidrológico ou a probabilidade de superação de um evento (%);
- TR é o tempo de retorno do evento em avaliação (> 10.000 anos); e
- n [≤ 1] é o tempo de exposição ao risco (anos).

$$R_h < 0,01\%$$

10.4 Verificação do canal em enrocamento

Considerando a retirada total do maciço da Barragem B1 – Mina Ipê, faz-se necessária a reconformação topográfica na região deste. Essa reconformação demanda análises hidrológicas e hidráulicas, que possibilitem subsidiar o projeto de uma estrutura capaz de conduzir as vazões incidentes na região de interesse.

Sendo assim, este projeto aborda e indica que a reconformação do terreno, que buscará retomar as condições geomorfológicas naturais da área, seja acompanhada da implantação de um canal de enrocamento, posicionado no fundo do vale, para evitar a ocorrência de processos erosivos que eventualmente podem ser provocados pela concentração de vazões das encostas naturais da região.

A seguir será apresentada a metodologia para definição da vazão de projeto deste canal, bem como seu dimensionamento hidráulico e verificações das tensões de arraste para definição do D_{50} ser adotado.

10.4.1 Vazão de projeto

O próprio conceito da descaracterização implica na retirada do maciço, o que, do ponto de vista hidrológico e hidráulico, reduzem drasticamente a capacidade de amortecimento da bacia. Por esse motivo, definiu-se, nesse projeto, utilizar, para subsidiar o projeto do canal de enrocamento, a máxima vazão afluente ao ponto de referência do eixo atual da Barragem B1 – Mina Ipê.

As vazões afluentes foram obtidas a partir da mesma modelagem hidrológica apresentada no Item 10.3.4, porém, desconsiderando o amortecimento do reservatório. A Tabela 10.20 apresenta os restados de máximas vazões afluentes encontradas para diferentes durações de chuva, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 10.20 – Resultado das máximas vazões na região de interesse.

| Duração | Vazão máxima (m ³ /s) | |
|---------|----------------------------------|------------------|
| | TR = 1.000 anos | TR = 10.000 anos |
| 10 min | 13,99 | 27,96 |
| 15 min | 18,72 | 37,15 |
| 20 min | 20,78 | 41,34 |
| 30 min | 21,59 | 41,31 |
| 1h | 19,37 | 33,71 |
| 2h | 17,21 | 26,83 |

Com base na tabela anterior, temos que as vazões de projeto são de 21,59 m³/s e 41,34 m³/s, respectivamente quando considerados os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

A título de dimensionamento e verificação das tensões de arraste, será adotada a vazão milenar, porém, a seção hidráulica do canal de enrocamento será verificada para a vazão decamilenar.

10.4.2 Geometria do Canal

Para dimensionamento hidráulico do canal de enrocamento, considerou-se as características geométricas apresentadas na Tabela 10.21.

Tabela 10.21 – Geometria do canal em enrocamento

| Material | Seção | TR | Vazão Projeto (m/s) | Largura base (m) | Inclinação parede (xH:1V) | Altura (m) | Decliv. long. (%) |
|-------------|-------------|-------|---------------------|------------------|---------------------------|------------|-------------------|
| Enrocamento | Trapezoidal | 1.000 | 21,59 | 15,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 |

10.4.2.1 Revestimento do canal

Para verificação do diâmetro médio mínimo dos blocos do talude em enrocamento do canal, optou-se por utilizar a metodologia de Abt et al. (1987), por fornecer um dimensionamento mais realista de diâmetros usuais de enrocamento. Essa metodologia é aplicável para uma faixa de declividades de canais entre 0,01 m/m a 0,45 m/m. Na metodologia, o diâmetro mínimo dos blocos é dependente tanto declividade longitudinal, quanto da vazão específica de projeto majorada, representada na Equação 10.2.

$$q_d = \frac{Q}{B_{inf}} \times f_s \quad \text{Equação 10.2}$$

Em que:

- q_d denota a vazão específica de projeto, em m³/s.m;
- Q denota a vazão de projeto, em m³/s;
- B_{inf} denota a base inferior do canal, em m;
- f_s denota o coeficiente de majoração, adotado igual a 1,35.

Nesta metodologia, o diâmetro das pedras é então calculado conforme a Equação 10.3.

$$D_{50} = 97,82 \times C_u^{0,7} \times I^{0,7} \times \frac{q_d^{0,68}}{100} \quad \text{Equação 10.3}$$

Em que:

- D_{50} denota o diâmetro médio das pedras do enrocamento, em m;
- C_u denota o coeficiente de uniformidade (adotado = 2,12, conforme Ullmann (2000) e Gallegos (2001));
- I denota a declividade longitudinal do canal, em m/m.

Associado ao D_{50} , pode-se calcular o coeficiente de Manning n conforme a Equação 10.4, segundo Abt et al. (1987) para a declividade considerada.

$$n = 0,0273 \times (1000 \times I \times d_{50, \text{adotado}})^{0,159} \quad \text{Equação 10.4}$$

A Tabela 10.22 apresenta as características do enrocamento calculadas para as condições críticas do projeto.

Tabela 10.22 – Definição do D50 para o revestimento do canal em enrocamento.

| Material | Vazão Projeto (m/s) | Largura base (m) | Altura (m) | Inclinação parede (xH:1V) | Decliv. long. (%) | D ₅₀ calc (m) | D ₅₀ adot (m) | Manning |
|-------------|---------------------|------------------|------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Enrocamento | 21,59 | 15,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 0,14 | 0,20 | 0,039 |

A Tabela 10.23 apresenta o resultado da verificação hidráulica para as condições críticas do projeto.

Tabela 10.23 - Verificação hidráulica do canal em enrocamento – TR = 1.000 anos.

| Material | Seção | Largura base (m) | Altura (m) | Inclinação parede (xH:1V) | Prof. Máx (m) | Veloc. Máx (m/s) | Borda livre (m) |
|-------------|-------------|------------------|------------|---------------------------|---------------|------------------|-----------------|
| Enrocamento | Trapezoidal | 21,59 | 1,0 | 2,0 | 0,57 | 2,34 | 0,43 |

Adicionalmente, a verificação do canal de enrocamento para a vazão associada ao período de retorno de 10.000 anos ($Q = 41,34 \text{ m}^3/\text{s}$), resultou numa profundidade de escoamento de 0,84 m e velocidade de escoamento de 2,96 m/s. Esses resultados demonstram a adequabilidade do projeto também para atendimento à vazão decamilenar. A Tabela 10.24 apresenta o resultado para essa verificação.

Tabela 10.24 - Verificação hidráulica do canal em enrocamento – TR = 10.000 anos.

| Material | Vazão Projeto (m/s) | Largura base (m) | Altura (m) | Inclinação parede (xH:1V) | Prof. Máx (m) | Veloc. Máx (m/s) | Borda livre (m) |
|-------------|---------------------|------------------|------------|---------------------------|---------------|------------------|-----------------|
| Enrocamento | Trapezoidal | 21,59 | 1,0 | 2,0 | 0,84 | 2,96 | 0,16 |

Conforme apresentado, o diâmetro médio mínimo para o enrocamento foi calculado igual a 0,14 m para a vazão do TR de 1.000 anos e 0,19 m para a vazão do TR de 10.000 anos. Adotou-se o diâmetro médio mínimo igual a 0,20 m, para considerar o reaproveitamento do reforço a jusante, e utilização de blocos de diâmetros maiores escavados na fundação, de forma a fornecer resiliência para o funcionamento hidráulico do canal. Recomenda-se, porém, que haja o monitoramento do canal de enrocamento, para avaliação da sua geometria em termos de arraste dos blocos, principalmente após eventos chuvosos extremos.

10.5 Estudos sedimentológicos - Sump

Como parte integrante da fase final da descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, foi considerada a presença de um *sump* no trecho final da área regularizada. Essa estrutura, idealizada com proteção de enrocamento e galgável, busca reter os sedimentos oriundos das áreas antropizadas da bacia até sua integração ao meio ambiente local, além de amortecer a passagem de cheias ordinárias e permitir a passagem de cheias extremas para a região a jusante.

Os estudos hidrológicos foram elaborados com o objetivo de determinar as chuvas de projeto e, posteriormente, as vazões de críticas para dimensionamento das estruturas hidráulicas componentes do projeto.

Basicamente, a metodologia adotada nos estudos hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Estudo das chuvas intensas na área de projeto, definindo-se as chuvas de projeto;
- Delimitação das áreas de contribuição de cada trecho das estruturas a serem projetadas;
- Definição das características e parâmetros físicos das áreas de contribuição, tais como uso e ocupação do solo, declividades e comprimentos dos talwegues e respectivos tempos de concentração;
- Aplicação do modelo chuva-vazão para cálculo das vazões de projeto necessárias.

10.5.1 Caracterização da bacia de contribuição

A delimitação da bacia de contribuição do *sump*, bem como a definição das suas características morfológicas, foi obtida por meio do levantamento topográfico, fornecido pela MMI, apresentado através de curvas de nível de 1 em 1 metro, associado ao arranjo geral do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê.

Na Figura 10.26 é apresentada a imagem de satélite extraída do aplicativo Google Earth, a qual, juntamente com o levantamento topográfico supracitado fornecido pelo cliente, foi utilizada para definição do uso e ocupação do solo na área da bacia de contribuição da estrutura em análise.

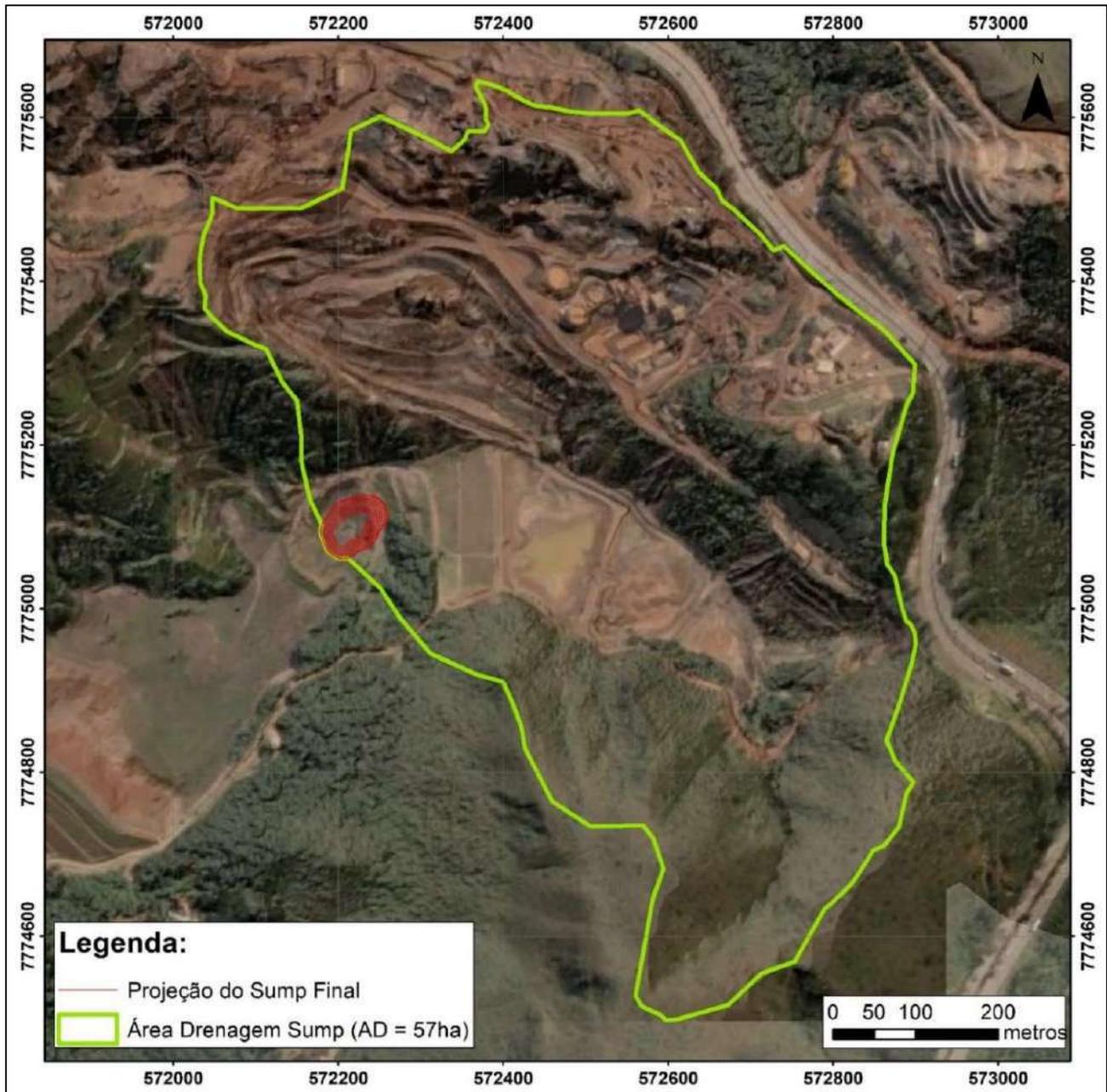


Figura 10.26- Imagem extraída do software Google Earth utilizada para auxiliar no mapeamento de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição do *sump*.

O mapa de uso e ocupação do solo elaborado para definição da taxa de geração de sedimentos, bem como do coeficiente de escoamento ponderado (C) pode ser visualizado na Figura 10.27, a seguir.

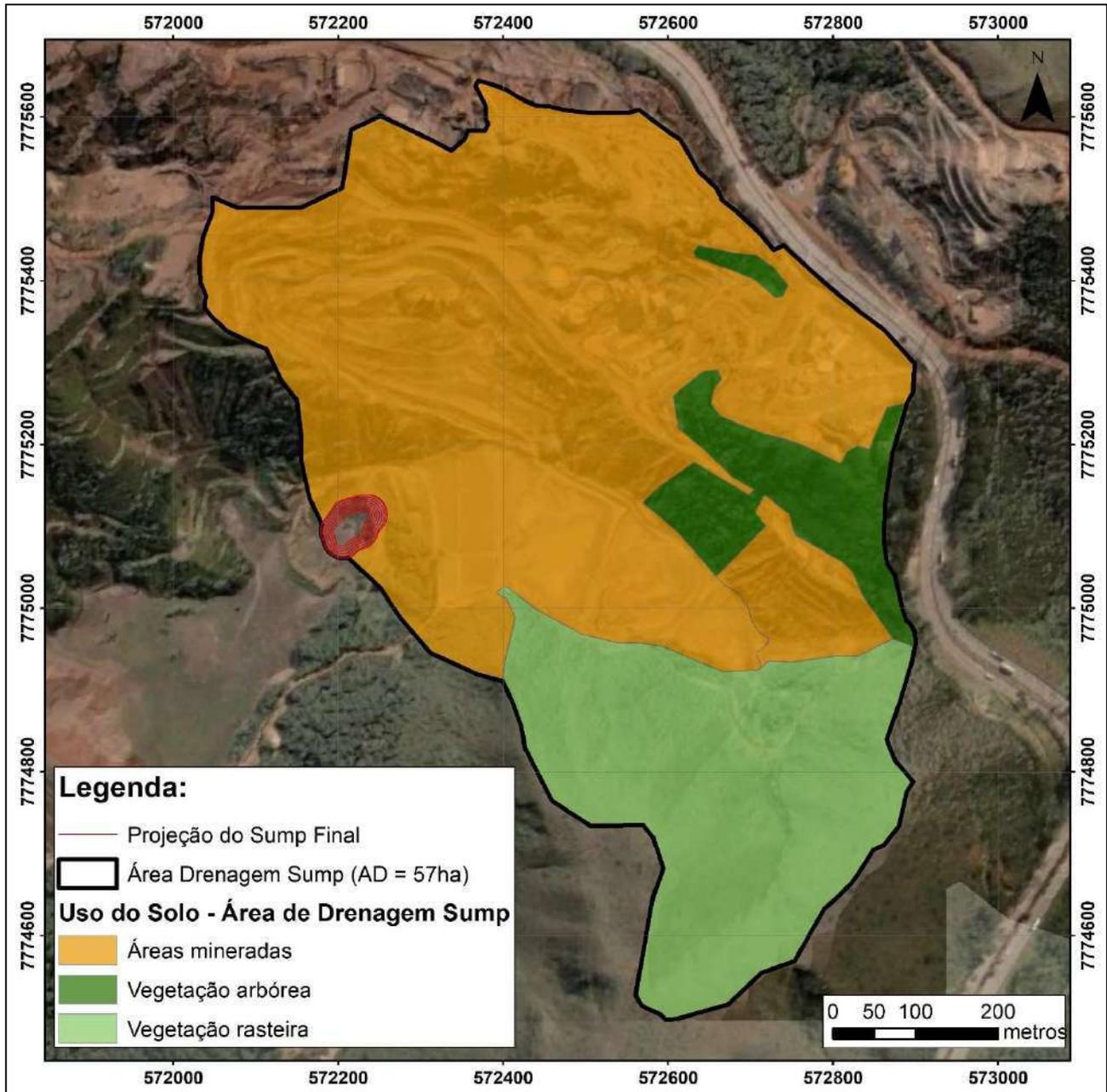


Figura 10.27 - Mapa de uso e ocupação do solo da área de contribuição.

Na Tabela 10.25, apresenta-se um resumo dos dados da bacia de contribuição para a estrutura proposta.

Tabela 10.25 – Uso do solo e coeficiente de escoamento ponderado – *Sump* Final.

| Estrutura | Áreas de drenagem por tipo de solo (ha) | | | | C ponderado |
|-------------------|---|--------------|---------------|------------|-------------|
| | Área minerada | Veg. Arbórea | Veg. Rasteira | Área Total | |
| <i>Sump</i> Final | 37,99 | 14,56 | 4,42 | 57,0 | 0,50 |

Nesse tópico será feita a estimativa do volume necessário para o *sump* final, de forma a garantir a adequabilidade da estrutura existente em prover o correto funcionamento quanto à contenção de sedimentos.

Vale ressaltar que o funcionamento destas estruturas se baseia no processo de sedimentação, ou seja, separação pela ação da gravidade do material em suspensão, em função da vazão afluente e velocidade de sedimentação da partícula.

O volume total do *sump* é obtido a partir da soma dos seguintes volumes:

- Volume morto;
- Volume de residência;
- Volume de amortecimento.

10.5.2 Volume morto

Em tese, este volume deveria ser calculado a partir de metodologias cujos dados de entrada considerassem valores de descargas sólidas, medidas através de amostradores específicos. Contudo, a ausência dessa informação e a decorrente impossibilidade de aplicação dessas metodologias conduzem à necessidade de recorrer à bibliografia para estabelecer as taxas de geração de sedimento para cada tipo de uso do solo presente na bacia de contribuição.

Para o dimensionamento do volume morto, foram consideradas as taxas de geração de sedimento indicados por Pinheiro (2011), definido para áreas de mineração. Foi então considerada uma taxa de produção média de sedimentos igual a 300 m³/ha/ano para áreas impactadas pelo empreendimento minerário e objeto de intervenção em virtude da implantação desse projeto, 60 m³/ha/ano para área de ocupada por vegetação rasteira e 30 m³/ha/ano para área de vegetação arbórea, resultando num total aproximado de 12.403 m³ por ano para o *sump*.

A Tabela 10.26 apresenta os volumes característicos previstos para contenção de sedimentos no *sump* em questão.

Tabela 10.26 – Volume morto mínimo para o *Sump*

| Estrutura | Área de Contribuição (ha) | Aporte Anual de Sedimentos mensal (m ³) | Volume de morto (m ³) | Período de manutenção (ano) |
|-------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| <i>Sump</i> Final | 57,0 | 12.403 | ≥ 12.403 | 1 |

10.5.3 Volume de residência

O Volume de Residência deve garantir a permanência de descargas líquidas pelo reservatório por um período específico, denominado “Tempo de Residência”, que pode ser definido genericamente como o quociente do volume do reservatório pela vazão em trânsito.

$$T_{res} = \frac{V_{res}}{Q} \quad \text{Equação 10.5}$$

Em que:

- T_{res} denota o tempo de residência, em s;
- V_{res} denota o volume do reservatório, em m³;
- Q denota a vazão em trânsito pelo reservatório da estrutura, em m³/s.

O Tempo de Residência depende, portanto, da magnitude da afluência líquida que transporta o sedimento até o reservatório, reduzindo-se durante a ocorrência de cheias. Contudo, está também associado, implicitamente, a propriedades intrínsecas do sedimento, a exemplo da granulometria do material.

Posto isso, o Volume de Residência pode ser determinado multiplicando-se uma vazão de referência assumida para a afluência líquida pelo Tempo de Residência. Contudo, para tal, faz-se necessário estabelecer critérios de determinação de ambas as variáveis.

Nesse sentido, para o dimensionamento do Volume de Residência, recomenda-se a adoção das metodologias a seguir, ou melhor, do máximo valor encontrado a partir de sua aplicação. Adicionalmente, verificou-se também a eficiência na retenção de sedimentos para os volumes de residência calculados.

10.5.3.1 Método 1 - Brune

A eficiência de retenção de um reservatório decresce com o tempo, na medida em que a sua capacidade é reduzida pelo assoreamento. Brune propõe uma curva relacionando eficiência de retenção com o quociente [(Volume de Residência) x (Descarga Líquida Média Anual)]. A curva de Brune, apresentada na Figura 10.28 a seguir, foi elaborada com base em dados observados em reservatórios e bacias de decantação parcialmente assoreadas.

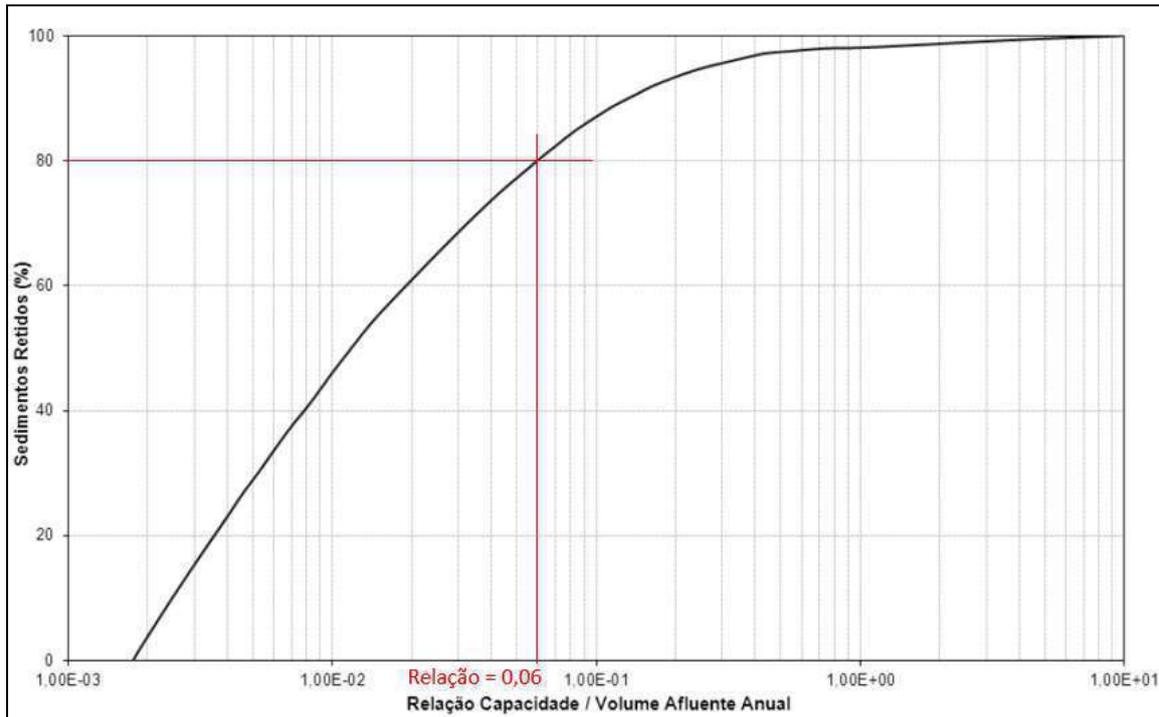


Figura 10.28: Curva de Brune e indicação da relação requerida para eficiência de 80%.

Recomenda-se a adoção de uma eficiência mínima de aproximadamente 80% (oitenta por cento) de sedimento retido, o que resulta numa relação de 0,06, conforme indicado na Figura 10.28.

É importante notar que, enquanto o Volume Morto não estiver todo tomado, a eficiência do sistema deverá ser superior à mínima considerada (80%).

10.5.3.2 Método 2 – Q2,24

Esta metodologia considera como referência o volume estimado com base no hidrograma de vazões com período de retorno de 2 anos e duração de 24 horas, conforme indicado por Morris e Fan (2010).

10.5.3.3 Estimativa

Na Tabela 10.27 são apresentados os resultados do cálculo do volume de residência de cada *sump*, baseados nas metodologias de Brune e Q2,24.

Tabela 10.27 – Volumes de residência mínimos para o *sump* existente.

| Estrutura | Método | Área drenagem (ha) | Precipitação média anual (mm) | Coef. Runoff | Eficiência desejada (%) | Capacidade Deflúvio Anual | Volume de Residência (m³) |
|------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sump Final | Brune | 57,0 | 1.380 | 0,50 | 80 | 0,06 | 23.405 |
| | Q _{24H,2TR} | | - | | - | - | 25.800 |

10.5.4 Volume de amortecimento

Nesse projeto foi desconsiderado o volume de amortecimento para o *sump* existente, devendo ser verificada a capacidade do seu extravasor com base na vazão afluenta a ele.

10.5.5 Volume total

Com base no exposto anteriormente e na Tabela 10.28, para que ocorra o funcionamento adequado do *sump*, este deve ter volume mínimo da ordem de 38.203 m³, considerando o intervalo de limpeza de 1 ano.

Tabela 10.28 – Volume mínimo requerido para adequado funcionamento do *sump*.

| Estrutura | Volume Morto (m ³) | Volume de Residência (m ³) | Volume de Amortecimento (m ³) | Volume Total (m ³) |
|-------------------|--------------------------------|--|---|--------------------------------|
| <i>Sump</i> Final | 12.403 | 25.800 | 0 | 38.203 |

10.5.6 Eficiência de retenção de sedimentos

Para a verificação da eficiência da retenção de sedimentos considerando o volume mínimo do *sump* e suas elevações de implantação (cota de fundo 998,00 m e cota de crista 1001,60 m), foram utilizadas as metodologias propostas por HAAN (1994) e EPA (1976), conforme apresentado nos itens seguintes.

10.5.6.1 Capacidade de retenção de sedimentos grosseiros conforme HAAN (1994):

Para a avaliação do reservatório do *sump* quanto à capacidade de retenção de sólidos grosseiros, carreados durante a passagem de uma cheia de projeto frequente (com até 10 anos de tempo de retorno, 24 horas de duração), considerou-se a metodologia proposta por HAAN (1994), na qual é comparada a velocidade de queda do grão (V_s), com a velocidade superficial no espelho d'água no nível de água máximo normal de operação. O reservatório é considerado eficiente se a velocidade superficial for inferior a velocidade de queda, evitando assim, o carreamento das partículas de referência para jusante.

Para determinação da velocidade de queda (V_s), admitiu-se que o reservatório deverá ter capacidade de retenção de partículas com diâmetro igual ou superior ao do silte médio (0,023 mm).

A velocidade de queda V_s do silte médio pode ser obtida pela Equação 10.6.

$$V_s = 2,81 * D^2 * 3,28084$$

Equação 10.6

Na qual, V_s é a velocidade de queda em m/s e D é o diâmetro D_{50} em mm, do silte médio.

Apresenta-se na Tabela 10.29 a seguir as velocidades de queda de referência conforme diâmetro das partículas sólidas avaliadas.

Tabela 10.29 – Velocidade de Queda das Partículas Sólidas.

| Descrição | Diâmetro dos Grãos | Velocidade de Queda da Partícula |
|------------------|--------------------|----------------------------------|
| | mm | m/s |
| Silte muito fino | 0,006 | 3,08E-05 |
| Silte fino | 0,011 | 1,04E-04 |
| Silte médio | 0,023 | 4,53E-04 |
| Silte grosseiro | 0,045 | 1,73E-03 |

Para estimativa da velocidade superficial (V_c), será determinado o hidrograma afluyente do *sump*, para eventos com duração de 24 horas e vazão de pico associada à passagem da cheia natural com 10 anos de tempo de retorno. Nesse caso a velocidade superficial seria equivalente ao quociente da vazão de pico em m^3/s pela área superficial do espelho d'água na elevação máxima normal de operação.

Ressalta-se que, em geral, as partículas mais finas em suspensão (siltes, argilas e coloides) não ficam depositadas nos reservatórios de contenção de sedimentos, permanecendo em suspensão na água e implicando em vazões defluentes com turbidez acima da prevista.

10.5.6.2 Estimativa do Volume de Residência conforme compilado por EPA (1976):

Nesta abordagem, a verificação da eficiência de retenção de sedimentos no *sump* foi realizada mediante a comparação entre os tempos de sedimentação (T_s), também chamados de tempos de queda das partículas de sedimento, com os tempos de residência médio das vazões decorrentes de um evento com Tempo de Retorno de 10 anos e 24 horas de duração ($Q_{24,10}$), conforme metodologia proposta por EPA (1976).

O Tempo de Sedimentação (T_s) ou tempo de queda foi obtido pelo quociente da profundidade da faixa (H_r) do reservatório destinada ao Volume de Residência pela Velocidade de Queda (V_s) estimada no item anterior. Ao passo que o Tempo de Residência (T_r), foi estimado pelo quociente do volume da faixa do reservatório destinada ao Volume de Residência pela vazão em trânsito no reservatório:

$$T_r = \frac{V_r}{Q_{24,10}}$$

Equação 10.7

Na qual, T_r representa o tempo de residência, em s, V_r representa o volume da faixa do reservatório destinada ao Volume de Residência, em m^3 e $Q_{24,10}$ representa a vazão de pico em trânsito pelo reservatório decorrente de um evento com tempo de retorno igual a 10 anos e 24 horas de duração, em m^3/s .

O Tempo de Residência depende, portanto, da magnitude da afluência líquida que transporta o sedimento até o reservatório do *sump*, reduzindo-se durante a ocorrência de cheias. Assim, o dimensionamento do volume para retenção de sedimentos respeitou um tempo de residência mínimo de 24 horas.

10.5.6.3 Curva Elevação-Volume do Sump Implantado

A curva elevação-volume do Sump final implantado após a descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê foi elaborada com base na reconformação topográfica proposta nesse projeto, desenvolvida a partir de modelagem geológica utilizando-se dos resultados das investigações geotécnicas, estimando a geometria primitiva na região de interesse. Dessa forma foi possível implantar uma estrutura com a consideração do maior volume útil possível. A Figura 10.29 apresentam a representação gráfica da curva elevação-volume do *sump* final.

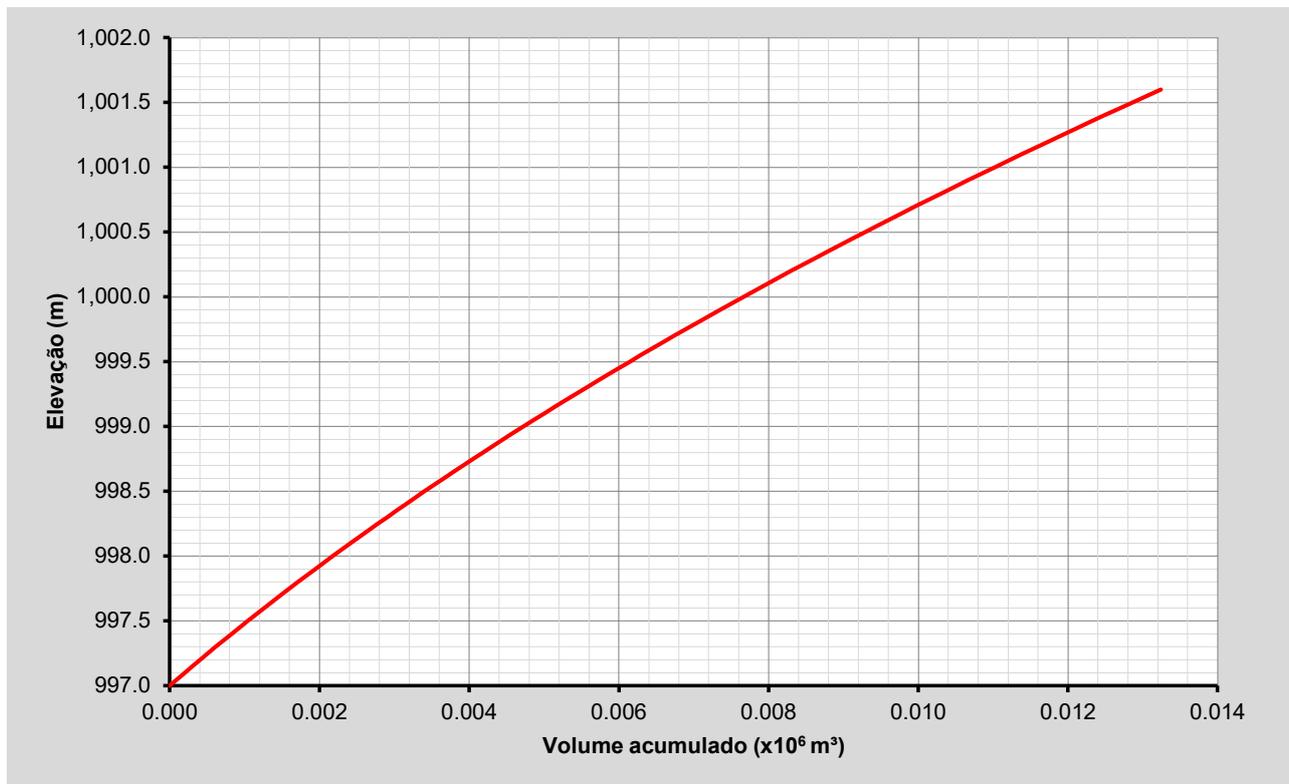


Figura 10.29: Curva Elevação x Volume *Sump* Final.

Conforme pode ser observado, o volume total do *sump* implantado é igual a 13.200,00 m³, volume esse menor do que os valores apresentados nos itens anteriores de volume morto e de residência. Diante disso, foi proposta uma condição operacional para o *sump* final de 2 limpezas anuais.

10.5.6.4 Estimativa de Eficiência

Os resultados dos estudos hidrossedimentológicos para a estrutura de contenção de sedimentos após a descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê podem ser vistos na Tabela 10.32, conforme as metodologias apresentadas anteriormente.

Tabela 10.30 – Verificação da eficiência para a estrutura de contenção de sedimentos.

| Elemento | Variável | Unidade | <i>Sump</i> |
|----------------------|--|-------------------|-------------|
| Trânsito de cheias | Área de contribuição superficial | km ² | 0,480 |
| | Q _(10,24) Vazão de pico - TR 10 anos, 24 horas de duração | m ³ /s | 0,78 |
| Aporte de Sedimentos | Aporte anual de sedimentos (Entre a elevação mínima do reservatório e a elevação máxima de sedimentos) | m ³ | 6.201 |
| Reservatório | Elevação mínima do <i>sump</i> | m | 997,00 |
| | Elevação máxima dos sedimentos | m | 999,53 |
| | Elevação da soleira do dispositivo de descarga | m | 1001,50 |

| Elemento | Variável | Unidade | Sump |
|--|---|----------------|----------|
| Reservatório | Elevação da crista do <i>sump</i> | m | 1001,50 |
| | Área do espelho d'água na elevação soleira do dispositivo de descarga | m ² | 4.400 |
| | Volume Morto - Entre a elevação mínima do <i>sump</i> e a elevação máxima dos sedimentos | m ³ | 6.202 |
| | Volume de Residência - Entre a elevação máxima dos sedimentos e soleira do dispositivo de descarga | m ³ | 6.998 |
| | Volume de trânsito de cheias - Entre a elevação da soleira do dispositivo de descarga e a crista do <i>sump</i> | m ³ | - |
| | Volume Total - Entre a elevação mínima e a crista do <i>sump</i> | m ³ | 13.200 |
| Eficiência de retenção de partículas (Área de espelho de água mínima) | Velocidade de queda do silte médio (V_s) | (m/s) | 0,000453 |
| | Velocidade superficial crítica da bacia proposta (V_c) | (m/s) | 0,000071 |
| | Eficiência de retenção Silte Médio | % | 100% |
| Eficiência de retenção de partículas (Profundidade mínima do reservatório) | Tempo de queda do silte médio (T_s) | (h) | 1,55 |
| | Tempo de residência (T_r) | (h) | 2,50 |
| | Eficiência de retenção Silte Médio | % | 100% |
| Periodicidade de limpeza do reservatório | | (anos) | 0,5 |

Para atender a metodologia proposta por HAAN (1994) e as verificações propostas pela metodologia do EPA (1976), com a consideração da limpeza anual de seu reservatório, a estrutura deveria ser implantada de acordo com os cálculos de volume mínimo de residência e de volume morto. Porém, em função das condições locais, o reservatório do *sump* projetado tem capacidade total de aproximadamente 13.200 m³. Nesse sentido, estima-se a necessidade de realização de limpezas mais frequentes, 2 vezes ao longo do período chuvoso.

O *sump* final atende a metodologia proposta por HAAN (1994) e as verificações propostas pela metodologia do EPA (1976), com a consideração da limpeza bianual de seu reservatório, desde que a estrutura seja implantada de acordo com as premissas de projeto. Nesse sentido, considera-se que a estrutura possui dimensionamento adequado para o funcionamento hidrossedimentológico esperado, mantendo a frequência de limpeza.

10.6 Balanço hídrico do *sump* e bombeamento

Visando minimizar a possibilidade de vertimento pelo *sump* final, a partir da definição de uma vazão mínima de bombeamento, foi desenvolvido um Balanço Hídrico simplificado desta estrutura, considerando valores médios mensais de entradas e saídas do sistema, conforme será demonstrado nesse tópico.

Esclarece-se que, em virtude do pequeno volume do *Sump* Final, não é possível, nesse momento, garantir o não vertimento durante eventos chuvosos extremos, ou seja, mesmo que o balanço hídrico aqui apresentado demonstre a capacidade de controle do N.A. durante o ano, essas simulações não contemplam a ocorrência de eventos chuvosos críticos.

10.6.1 Premissas da simulação

A seguir são apresentadas algumas premissas para realização do balanço hídrico do *Sump* Final, como parte do projeto de Descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê:

- Definiu-se pela adoção de uma borda livre de 0,5 m a ser preservada no reservatório do *sump*, a título de segurança adicional ao sistema e garantia da possibilidade de vertimento;
- Não foi considerada a ocupação do fundo do *sump* por sedimentos para realização do balanço hídrico, por entender que os valores de taxas de geração de sedimentos aqui adotados precisam ser calibrados na operação do *sump* para não causar um superdimensionamento do sistema de bombeamento;
- Serão utilizados valores mensais médios de precipitação e evaporação;
- O balanço hídrico adotará, como intervalo de análise, o ano hidrológico apontado nos estudos pluviométricos. Para a região de interesse, esse ano hidrológico inicia-se em setembro e finda-se em agosto;
- No intuito de representar os anos subsequentes, a simulação abrangerá um período mínimo de 2 anos hidrológicos.

10.6.2 Modelo matemático

A operação simulada do reservatório do *Sump* foi realizada a partir da aplicação da equação do balanço hídrico (equação da continuidade de massas) entre afluências e defluências médias mensais, conforme a equação, a seguir:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \left[(P_{\text{RESERVATÓRIO}}) - (Q_{\text{INFILTRAÇÃO}} + Q_{\text{BOMBEADA}} + E_R) \right]$$

Onde:

- $\left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right)$ denota a variação do volume no intervalo de tempo;
- $(P_{\text{RESERVATÓRIO}})$ denota a precipitação total sobre a superfície do espelho de água formado pelo reservatório, somada à precipitação total sobre a área de contribuição;
 - Fonte: Estação Pluviométrica 02044053 (Escola de Veterinária)
- $(Q_{\text{INFILTRAÇÃO}})$ denota a vazão percolada pela fundação do reservatório;

- Foi considerada nula.
- (Q_{BOMBEADA}) denota a vazão bombeada do reservatório para usos diversos;
 - *Vazão considerada contínua durante o ano, porém, como o reservatório possui reduzida capacidade de armazenamento, será constantemente interrompida.*
- (E_R) denota a evaporação incidente no espelho de água do reservatório. Admite-se que a evaporação afetará toda a superfície do espelho de água do reservatório.
 - *Fonte: INMET – Normais climatológicas (1991-2020). Estação Belo Horizonte (83587)*

Nesse sentido, a conclusão final desse estudo será uma estimativa do valor da vazão mínima a ser bombeada para garantir o não extravasamento do *sump*, baseada nas médias mensais de precipitação e evaporação na área. Porém, não está contemplada, nessa análise, a inserção de eventos críticos que podem incidir na bacia de contribuição do *Sump* Final.

A Tabela 10.31 apresenta os parâmetros fixos de entrada do modelo para o cenário analisado, considerando as médias mensais que subsidiaram a análise do balanço hídrico.

Tabela 10.31 - Parâmetros de entrada do Balanço Hídrico do *Sump* Final.

| Parâmetro | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dias do mês | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 |
| Precipitação (mm) | 45,51 | 83,26 | 200,18 | 310,48 | 297,09 | 161,69 | 166,33 | 54,08 | 31,01 | 12,95 | 6,99 | 9,99 |
| Evaporação (mm) | 195,10 | 188,90 | 136,90 | 127,60 | 140,80 | 145,20 | 136,50 | 132,50 | 132,50 | 131,00 | 155,50 | 186,00 |
| Infiltração (cm/s) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

A Tabela 10.32 apresenta o parâmetro bombeamento mínimo, visando a garantia do não vertimento. Ressalta-se que, apesar de ter sido considerado constante, o bombeamento será interrompido em diversos momentos, em virtude da baixa capacidade de armazenamento do *Sump* Final, quando comparado com a vazão mínima requerida ao sistema. Essa condição exigirá bastante critério por parte da operação, bem como pode resultar em danos ao sistema de bombeamento.

Tabela 10.32 – Estimativa das vazões mínimas de bombeamento para não vertimento do *Sump* Final.

| Parâmetro | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dias do mês | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 |
| Horas por dia | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Bombeamento (m^3/h) | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 | 82,62 |

Com base no exposto, o resultado do Balanço Hídrico para o *Sump* Final é apresentado na Figura 10.30.

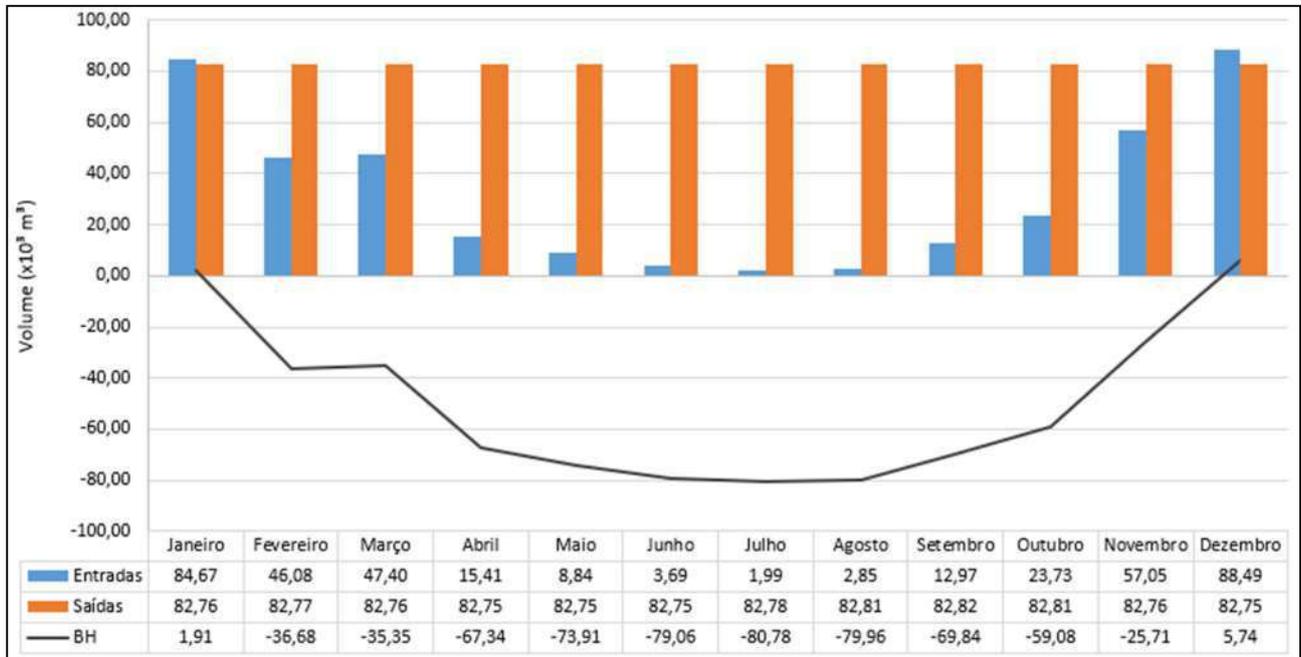


Figura 10.30 - Resultado do Balanço Hídrico Simplificado – *Sump* 1.

O gráfico anterior indica que, associando uma vazão de bombeamento específica ao cenário analisado, é possível controlar o NA do reservatório do *Sump* no sentido de minimizar a possibilidade de vertimento. Tal fato é confirmado no gráfico da Figura 10.31, onde é demonstrada a variação do N.A. na referida estrutura durante o período de 2 anos hidrológicos.

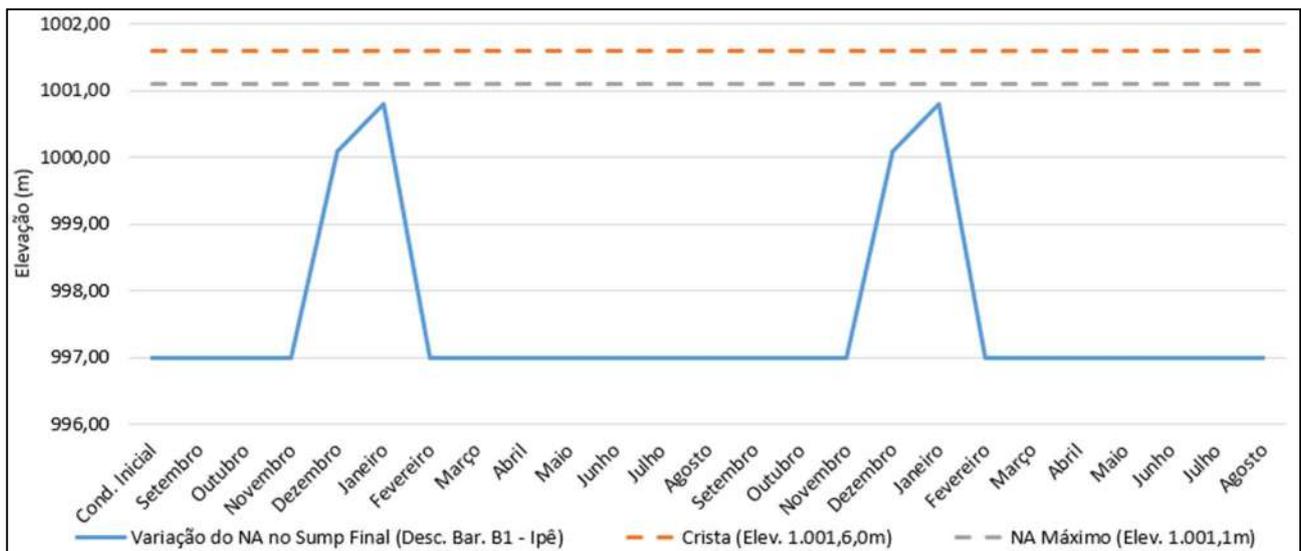


Figura 10.31 – Variação do NA ao longo do ano – Análise de médias mensais – *Sump* Final.

No gráfico anterior, o balanço hídrico foi estendido pelo período de 2 anos, para representar a soma do superávit dos meses de dezembro e janeiro e, durante as simulações, foi feita variação da vazão de bombeamento até que fosse garantido que o NA não alcançasse a cota limite pré-estabelecida. Como houve repetição da cota atingida ao final dos 2 ciclos anuais, considerou-se que a vazão corresponde à vazão de equilíbrio médio do sistema.

Ressalta-se que essa análise do balanço hídrico foi concebida em nível conceitual, considerando valores médios mensais e abstraindo da modelagem eventos críticos sucessivos. Sendo assim, indica-se que, caso seja julgado necessária, que a análise seja aprofundada, no sentido de confirmar os resultados, bem como contemplar a análise de eventos sucessivos, utilizando a modelagem de Monte Carlo.

A vazão mínima a ser bombeada do *Sump* Final encontrada nesse estudo é da ordem de 83 m³/h, sendo o sistema de bombeamento e sua efetividade escopo da operação da mina.

11. Descrição do Projeto de Descaracterização

11.1 Geral

O projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê constitui a remoção completa da estrutura (maciços de rejeito compactado, aterro de reforço com blocos e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação. A remoção dos materiais será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as áreas de disposição disponíveis no empreendimento.

Nas primeiras etapas de escavação, a drenagem do reservatório será direcionada para o sentido de montante, onde será executado um *sump* operacional com 2,0 m de profundidade escavado no próprio rejeito, utilizado para o direcionamento, acúmulo e bombeamento de água de chuvas eventuais durante a execução das obras. A remoção dos materiais dispostos na barragem será feita em camadas de 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada.

A escavação de cada camada subsequente de rejeito será realizada a partir do *sump* que deverá ser deslocado para jusante da condição anterior e aprofundado em mais 2,0 m, sempre com escavação no rejeito depositado no reservatório, respeitando a geometria mínima necessária para implantação/operação do sistema de bombeamento, similares à condição atual (Foto 11.1).

Assim, todo o reservatório e a área de drenagem natural passarão a ser drenado para nova estrutura.



Foto 11.1 – Sistema de bombeamento atual.

O correto entendimento do funcionamento dos *sumps* operacionais provisórios é essencial para a compreensão da sequência construtiva do projeto de descaracterização. Estas estruturas serão responsáveis pela concentração do fluxo dentro do reservatório durante eventuais cheias ordinárias. Esses *sumps* não irão possuir revestimento devido a característica da estrutura (escavação dinâmica, com redução da cota de fundo a cada etapa de remoção de rejeito), e não precisam de sistemas extravasores, pois caso haja ocorrência de cheias extremas, o fluxo estará contido dentro do próprio reservatório da barragem, e o sistema extravasor atual e/ou intermediário irá garantir a segurança hidráulica da estrutura contra galgamento.

Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando for executado em rejeito disposto no reservatório, e 1V:2H, quando resultantes das escavações em rejeito dos maciços compactados. A Figura 11.1 apresenta o resumo da sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas.

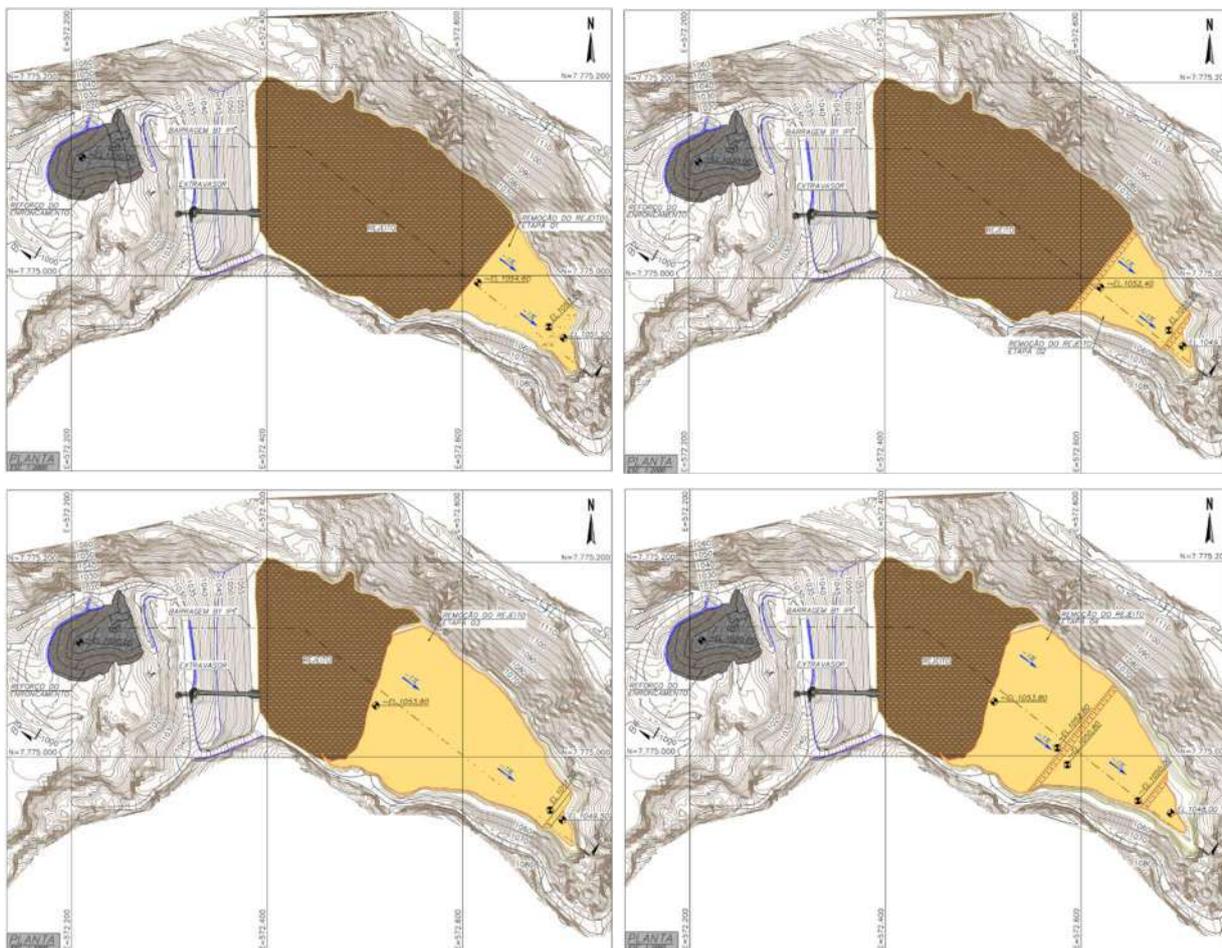


Figura 11.1 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

O maciço da barragem e sistema extravasor atuais serão mantidos sem alteração até a 12ª etapa de execução das obras de descaracterização (Figura 11.2), quando o maciço será removido até a El. 1.046,50 m.

Na 13ª etapa (Figura 11.3), será construído um novo sistema extravasor aproveitando-se parte do canal existente, de forma que a barragem tenha segurança hidráulica para cheias correspondentes a PMP. O novo sistema extravasor permanecerá operante até a etapa 21 (Figura 11.4), a partir da qual praticamente todo o rejeito do reservatório já terá sido removido e as escavações se concentrarão na retirada dos maciços e do rejeito antigo existente na fundação.

Após a escavação de todo material de rejeito e recuperação do vale em sua geometria natural, está prevista a construção de um *sump* em terreno natural para a contenção dos sedimentos gerados durante a recomposição dos taludes naturais. Para o revestimento da calha do vale será utilizado tanto o enrocamento a ser removido da fundação quanto parte do material disponível no aterro de reforço a jusante da barragem (Figura 11.5 e Figura 11.6).

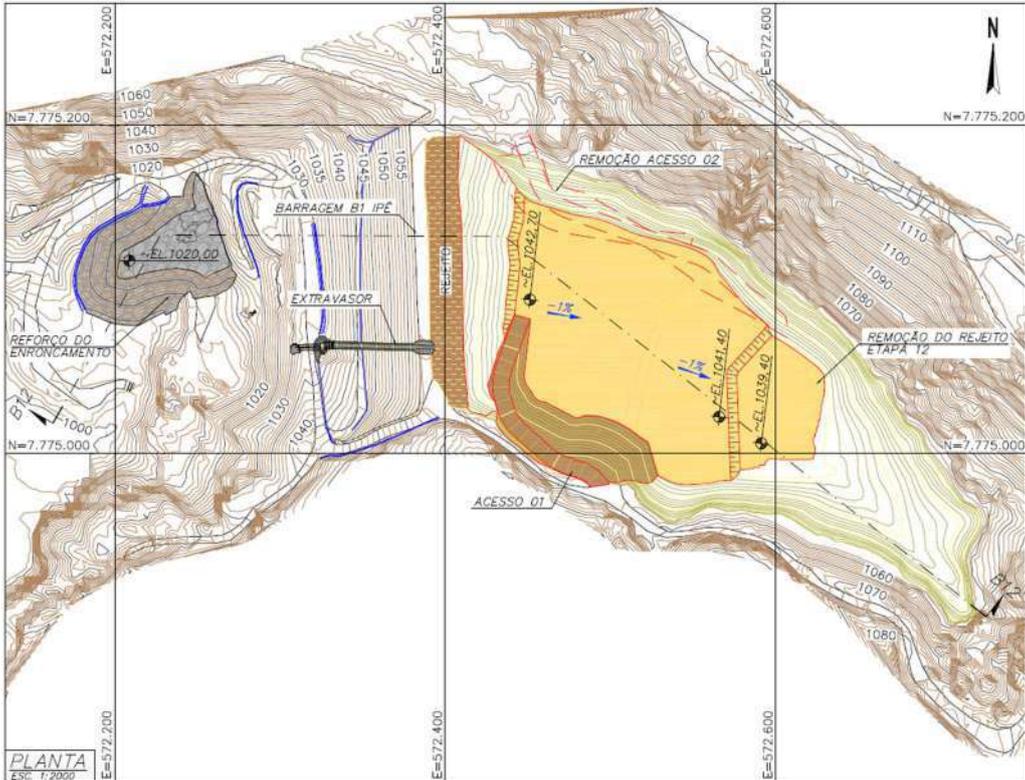


Figura 11.2 - Etapa 12 - Remoção do rejeito do reservatório sem escavação do maciço.

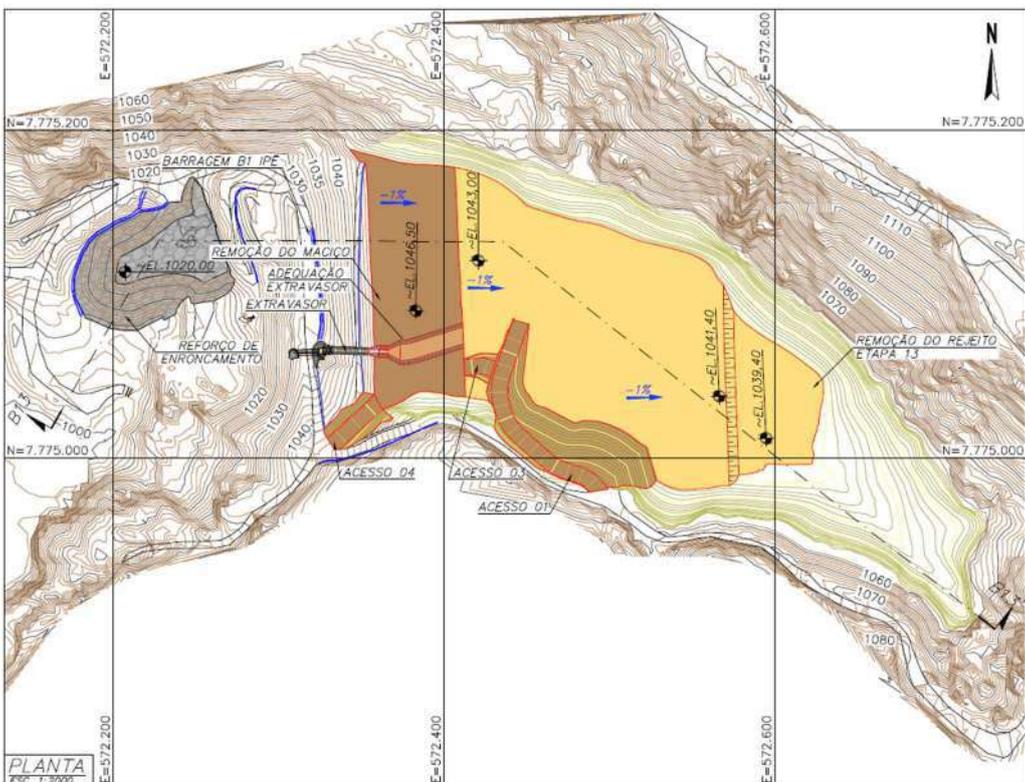


Figura 11.3 - Etapa 13 - Escavação do maciço e implantação de novo sistema extravasor.

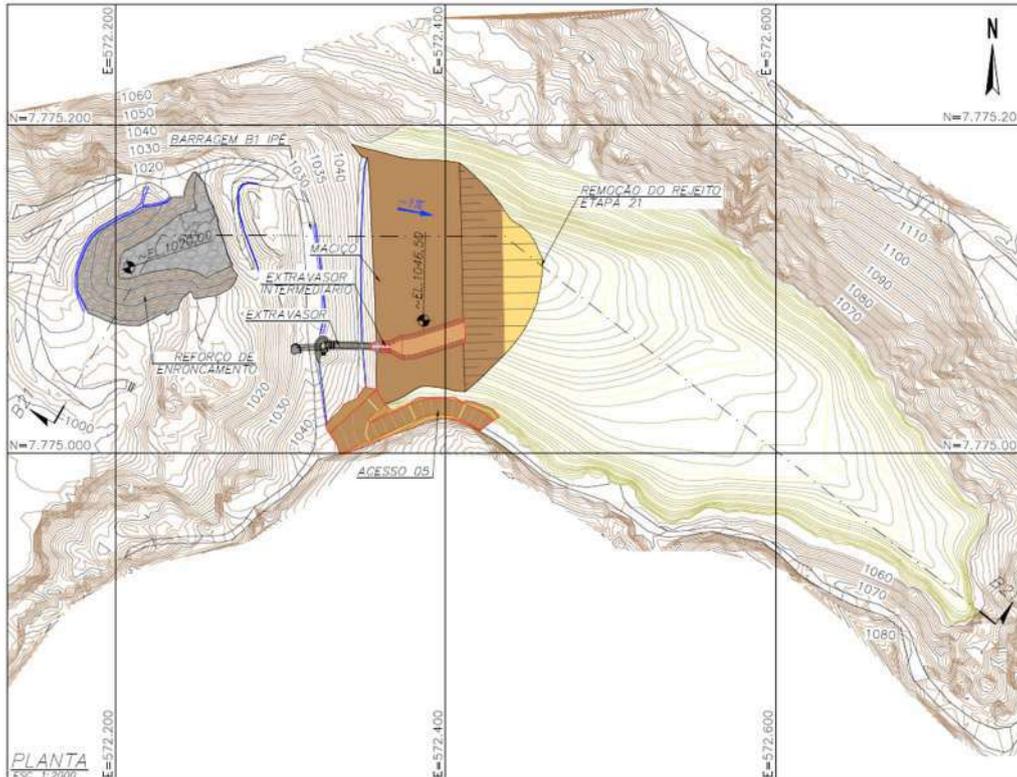


Figura 11.4 – Etapa 21 – Início da escavação do restante dos maciços e do rejeito antigo e a conformação do fundo do vale.

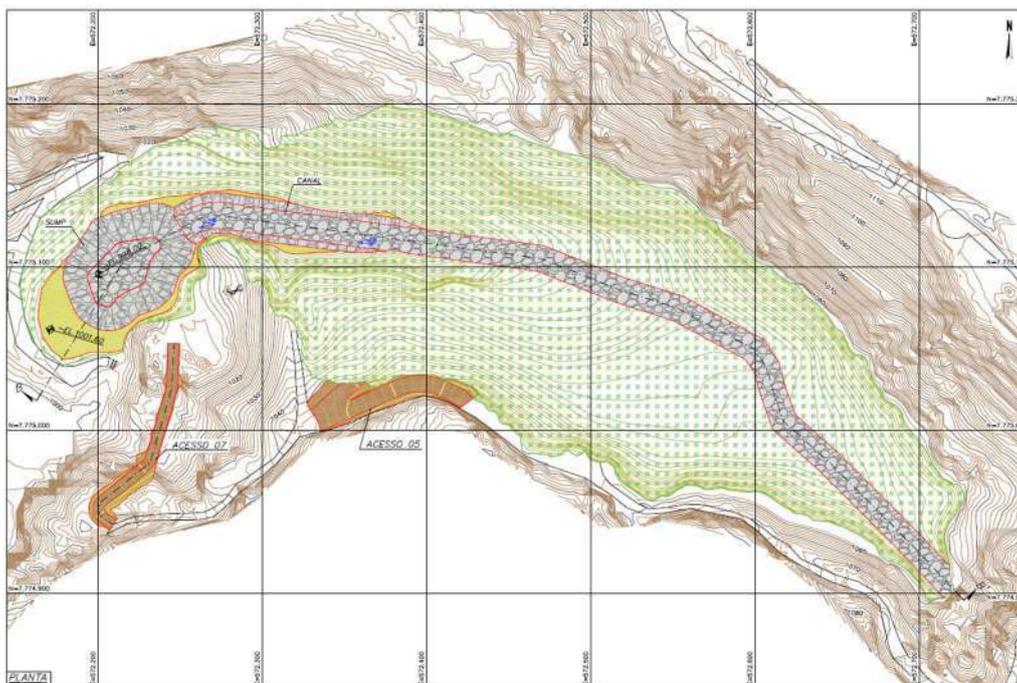


Figura 11.5 –Arranjo geral após a finalização das obras.

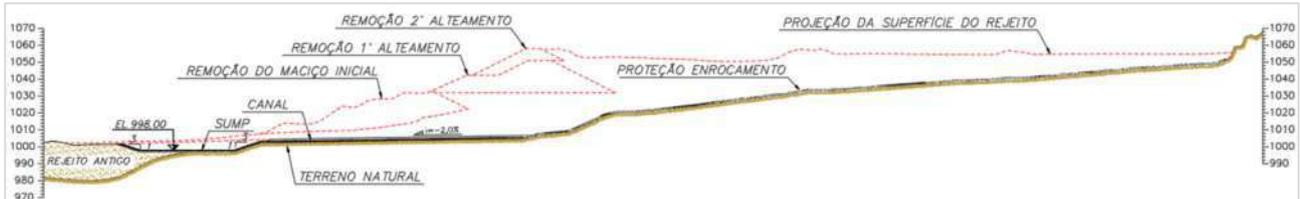


Figura 11.6 –Seção transversal passando pelo vale após a finalização das obras.

A execução da obra está prevista para ser realizada em duas etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre essas etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

Etapa 1

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m³;
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650.m³.

Etapa 2

- Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600.m³;
- Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210.m³;
- Volume de blocos a serem removidos do aterro de reforço a jusante: 31.705 m³;
- Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000.m³; ²⁴
- Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062.m³.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela MMI, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

11.2 Serviços Preliminares

Para a execução do projeto, assume-se como premissa básica que o rejeito existente na fundação da barragem, classificado como contrátil, deverá permanecer não saturado (acima do nível freático) durante toda a execução das obras. Um estudo Hidrogeológico foi desenvolvido pela empresa Water Services para determinar o posicionamento do poço de rebaixamento executado à jusante da barragem junto à ombreira direita para que esta premissa seja satisfeita. A execução das obras será monitorada por instrumentos de controle de medição de deslocamento existente e de monitoramento da elevação da superfície freática a partir dos instrumentos instalados para este fim, conforme discutido no item 13.

²⁴ Neste volume estão considerados os volumes de escavação do *sump* e do canal de drenagem a ser implantado após as escavações de remoção do rejeito.

Como atividades preliminares, algumas ações já foram concluídas e outras medidas vêm sendo tomadas para aumentar a segurança da estrutura antes do início das obras de descaracterização uma vez que os fatores de segurança para as condições de carregamento não drenado liquefeito se encontram abaixo dos limites exigidos pela legislação de segurança de barragens para a seção B-B'.

Abaixo pode-se destacar as seguintes atividades já concluídas e seus respectivos objetivos:

- 1) Execução do aterro de reforço de jusante da estrutura: aumentar os fatores de segurança;
- 2) Implantação de Indicadores de Nível d'Água (INA's) na fundação: ampliar o monitoramento da superfície freática da estrutura;
- 3) Execução de poço de rebaixamento: reduzir a espessura saturada do rejeito classificado como contrátil localizado na fundação, aumentando os fatores de segurança.

A seguir será apresentado com mais detalhes o descritivo dessas atividades.

11.2.1 Reforço de Jusante

Na 2ª quinzena de janeiro de 2023, após a emissão do relatório de consolidação de dados (IPE.OP.RL.8000.GT.20.537) pela TERRACOTA, verificou-se a necessidade de atualizar os parâmetros de resistência dos materiais e realizar novas análises adotando os cenários de carregamento não drenado (pico e liquefeito).

Com a atualização dos dados de instrumentação, na 2ª quinzena de janeiro de 2023, verificou-se que o fator de segurança ao deslizamento das análises não drenadas de pico atingiu valor no limite inferior recomendado pela legislação, para a seção B-B', atingindo um valor de 1,22, conforme pode ser constatado no documento emitido pela Terracota (IPE.OP.RL.8000.GT.20.563).

Desta forma, fez-se necessária a proposição de um reforço para a referida barragem, cujo dimensionamento e definição da geometria foram apresentados no relatório IPE.OP.RL.8000.GT.20.640 com o objetivo de elevar os fatores de segurança das análises para a condição não drenada de pico.

As obras para a execução do reforço foram realizadas no período entre 16/02/23 e 04/03/23, totalizando um volume de aproximadamente 31.705 m³ de enrocamento (pedra de mão) de

gnaisse. O relato como construído (“As Built”) é apresentado no documento IPE.OP.RL.8000.GT.20.728.



Foto 11.2 – Vista aérea da Barragem B1 – Mina Ipê.



Foto 11.3 – Aspecto geral do reforço.



Foto 11.4 – Aspecto geral do reforço.

11.2.2 Indicadores de Nível d’água e Piezômetros

No projeto executivo do reforço (IPE.OP.RL.8000.GT.20.640), foi indicada a instalação de 05 (cinco) novos indicadores de nível d’água na seção B-B’, de forma a controlar a superfície freática na camada de rejeito antigo. No projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê (IPE.OP.RL.8000.GT.20.560), foi prevista a instalação de outros 03 (três) INA’s na seção C-C’,

totalizando assim 08 (oito) novos indicadores de nível d'água na estrutura. Destes 08 (oito) instrumentos, 06 (seis) já foram concluídos (INA's 09 a 14), os outros 2 (dois) remanescentes, locados na berma elev. 1.041 m, não foram instalados devido à dificuldade de mobilizar o equipamento até o ponto de instalação. Assim, ficou definido entre a Terracota e a MMI aguardar o início do funcionamento do poço de rebaixamento de forma a avaliar a real necessidade de implantação desses dois instrumentos.

Foi solicitado pela ANM a instalação de piezômetros na seção B-B', de modo a verificar a possível geração de poropressão na região do rejeito antigo durante a operação da bomba e o conseqüente rebaixamento da freática. A MMI optou pela instalação de dois novos instrumentos, os quais foram finalizados na 1ª quinzena de outubro.

A seguir, estão apresentados o posicionamento destes instrumentos em planta e em seções (B-B' e C-C').

Na Tabela 11.1 são apresentadas as informações referentes a locação, elevações e profundidades dos instrumentos instalados.

Tabela 11.1 – Locação da instrumentação de controle instalada.

| Seção de Controle | Instr. | Coordenadas SIRGAS2000 | | Cota Superior | Cota Inferior | Prof. |
|-------------------|--------|------------------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| | | E | N | (m) | (m) | (m) |
| B-B' | INA-09 | 572.384,760 | 7.775.134,730 | 1.058,76 | 1.006,45 | 52,31 |
| | PZ-20 | 572.384,013 | 7.775.135,403 | 1.058,84 | 1.006,15 | 52,69 |
| | INA-11 | 572.319,341 | 7.775.135,878 | 1.032,11 | 1.000,26 | 31,85 |
| | PZ-19 | 572.277,304 | 7.775.134,203 | 1.024,15 | 993,23 | 30,92 |
| | INA-13 | 572.277,614 | 7.775.132,962 | 1.023,99 | 992,45 | 31,54 |
| | INA-14 | 572.247,450 | 7.775.131,940 | 1.020,59 | 989,66 | 30,93 |
| C-C' | INA-10 | 572.383,702 | 7.775.158,426 | 1.058,81 | 1.022,31 | 36,50 |
| | INA-12 | 572.316,904 | 7.775.156,769 | 1.030,92 | 1.011,61 | 19,31 |

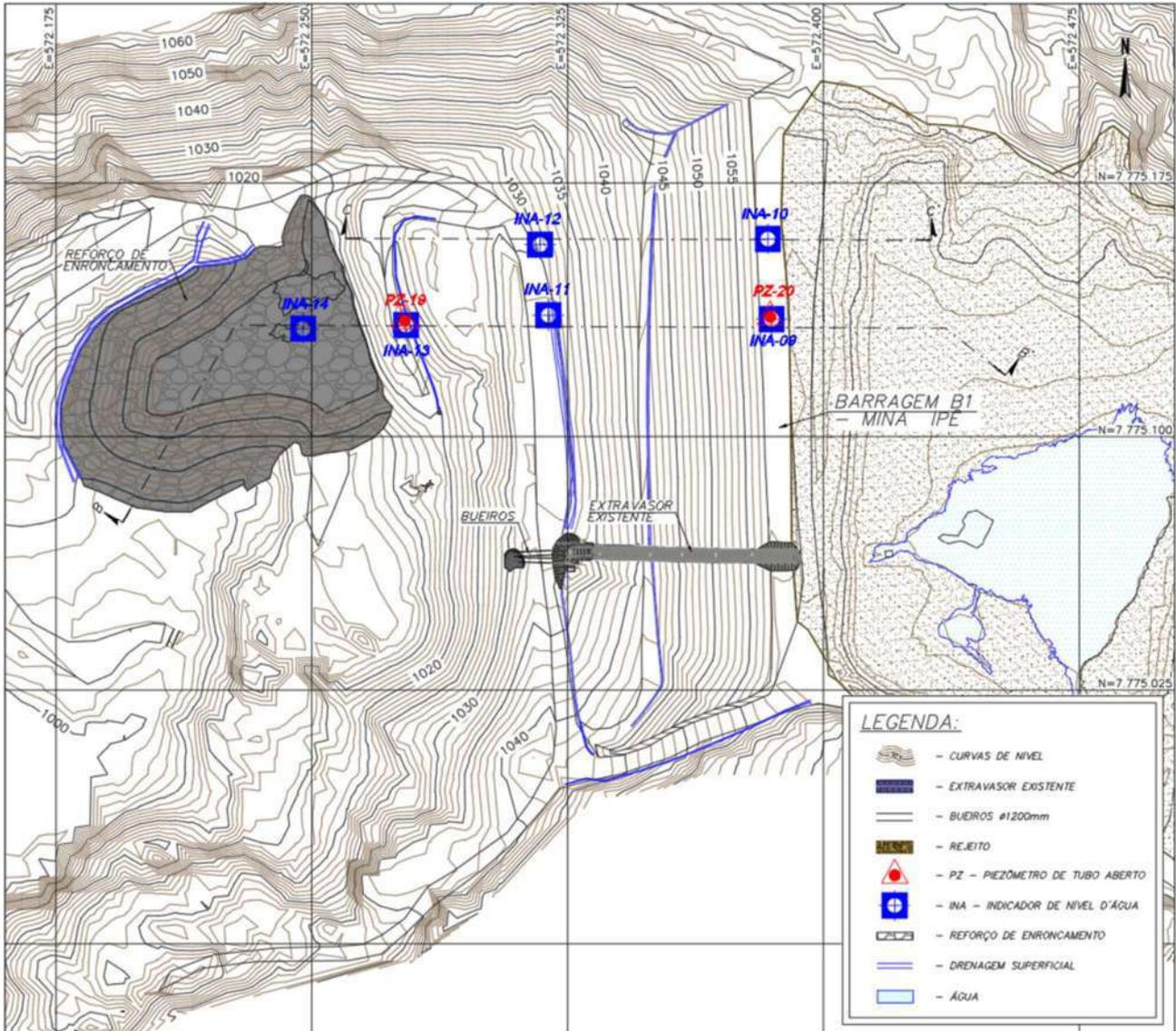


Figura 11.7 - Instrumentação de controle instalada.

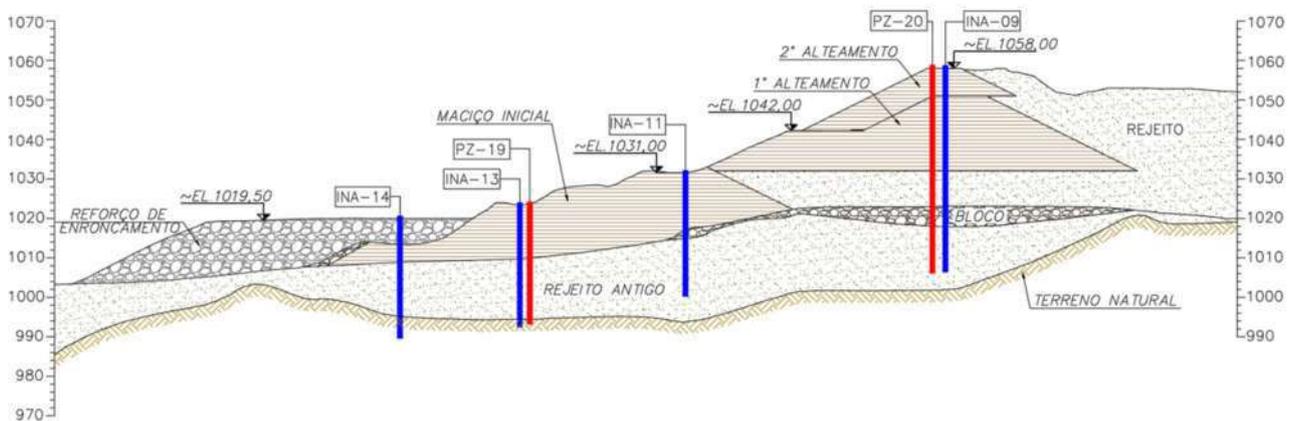


Figura 11.8 - Seção B-B' - Instrumentação de controle instalada.

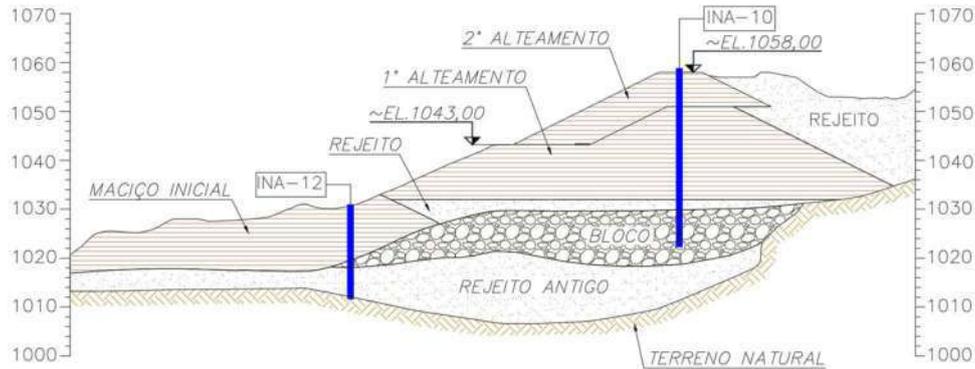


Figura 11.9 – Seção C-C' – Instrumentação de controle instalada.

11.2.3 Poço de Rebaixamento

Como premissa do projeto de descaracterização da Barragem B1- Mina Ipê, o nível freático deve estar abaixo da camada de rejeito contrátil presente na fundação da barragem. Para atingir este objetivo, foi executado pela empresa Master Poços na 1ª quinzena de abril de 2023 um poço de bombeamento com aproximadamente 176 m de profundidade, para rebaixamento do lençol freático local. Foi realizada a instalação da bomba, a qual entrou em operação no dia 29/09/2023 enviando a água para dois tanques metálicos. Em seguida esta água é enviada para a usina através de uma bomba BA13 operando 24 hrs/dia com vazão de 60 m³/h.



Foto 11.5 – Vista do poço de bombeamento.



Foto 11.6 – Vista dos tanques e bomba BA13.

Com o rebaixamento do nível freático, espera-se que as surgências e nascentes na área da barragem sequem temporariamente. Após a conclusão das obras de remoção da estrutura, as bombas do poço de rebaixamento serão desligadas, e conseqüentemente ocorrerá a recuperação do aquífero natural e afloramento da nascente do córrego Quéias.

A localização do poço é apresentada na Figura 11.10

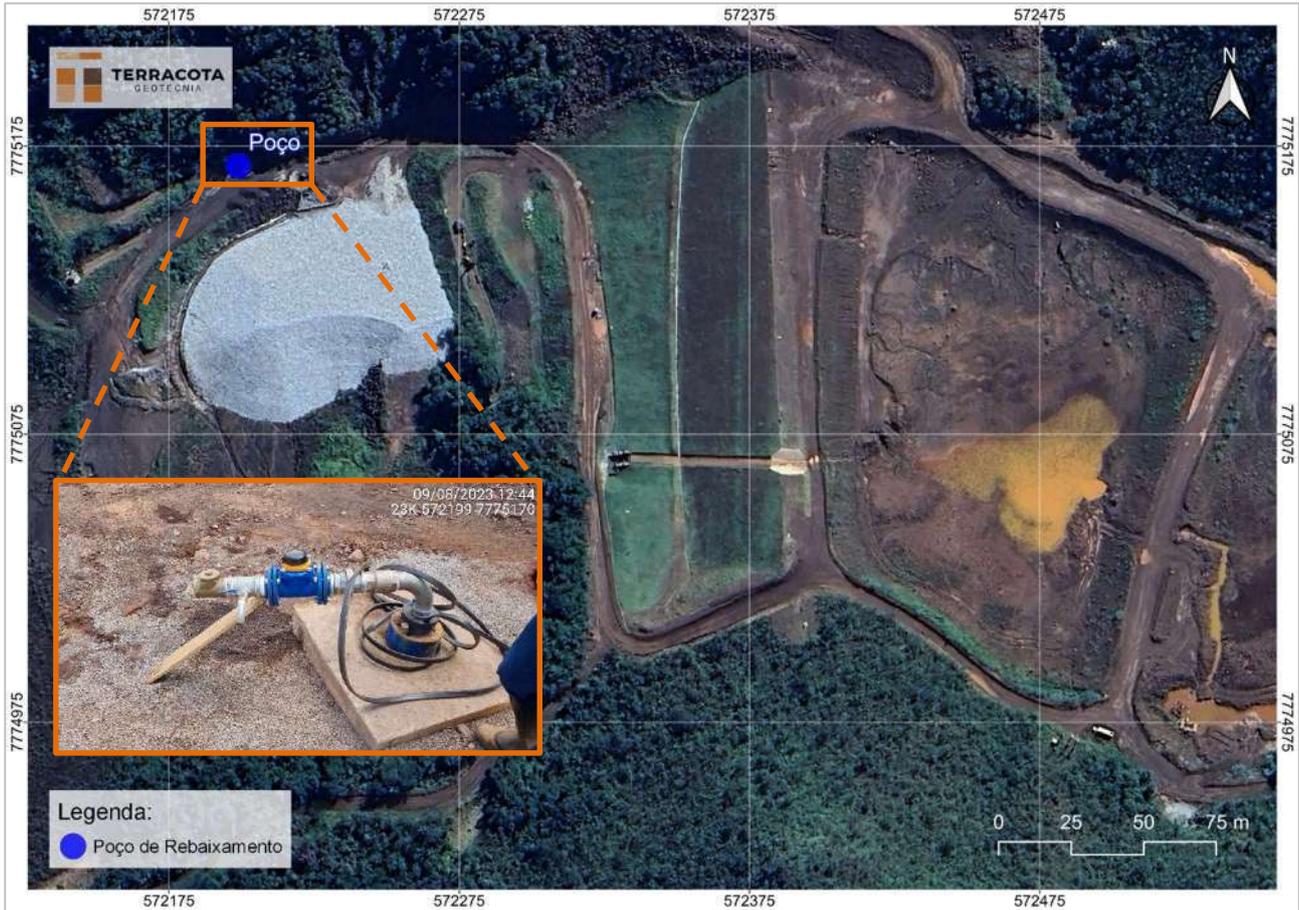


Figura 11.10 – Localização do poço de rebaixamento.

11.3 Gerenciamento e Controle das Águas Durante a Execução das Obras de Descaracterização

As condições de controle e manejo das águas pluviais incidentes na bacia de contribuição e sobre o reservatório da barragem ocorrem conforme apresentado na Figura 11.11. Pode-se observar que somente são bombeadas para a planta de processos as águas de chuvas direcionadas ao reservatório. Assim, as águas incidentes sobre o maciço, da drenagem interna e nascentes são direcionadas naturalmente para jusante.



Figura 11.11 – Manejo de águas incidentes no reservatório.

Em função da necessidade de rebaixamento do nível freático para permitir o início das obras de descaracterização da barragem, a MMI com apoio da consultoria da empresa Water Services, elaboraram um plano para atendimento às premissas de projeto, conforme pode ser observado na Figura 11.12. Os equipamentos previstos para operação, tanto no período seco quanto no período chuvoso é demonstrado na Figura 11.14.

A condição operacional proposta abrange:

- Bombeamento das águas superficiais do reservatório para tanque e deste para a Usina;
- Estruturas e equipamentos aplicados adicionalmente em período chuvoso;
- Instalação de Tanque/Reservatório para bombeamento para a Usina, reduzindo altura manométrica;
- Operação de (01) um poço de rebaixamento dos níveis freáticos nos maciços e fundações da Barragem B1 - Mina Ipê;
- Excedente de água não utilizada pela Usina Ipê, será direcionada para a vertente Conquistinha.



Figura 11.12 – Situação Proposta – Período Seco.



Figura 11.13 – Situação Proposta – Período de Chuvas.

| Equipamentos | Operação – Período Seco | Operação – Período de Chuvas |
|---|--|---|
|  Poço |  Poço (01) |  Poço (01) |
|  Balsa |  Balsa (01) |  Balsa (01) |
|  Tanque Reservatório |  Tanque Reservatório (02) |  Tanque Reservatório (02) |
|  Bomba |  Bomba (03) |  Bomba (06) |

Figura 11.14 – Equipamentos Previstos.

Durante as obras de descaracterização, o controle e manejo das águas pluviais incidentes na bacia de contribuição e sobre o reservatório da barragem se darão pela coleta e direcionamento do fluxo para os sumps operacionais a serem escavados no próprio rejeito no fundo do reservatório, similar à condição atual apresentada na Foto 11.1. Para o sump também será direcionado qualquer fluxo resultante do desaguamento do rejeito durante as escavações. No sump deverá ser mantido o conjunto motobomba montado em balsa já existente (BA12) e que continuará fazendo a condução das águas à planta de processos. Ressalta-se que o sump tem caráter operacional (móvel) e também será relocado para jusante e rebaixado à medida que avança a remoção do rejeito, devendo ser mantido, dentro do possível, em sua posição relativa no fundo do reservatório.

11.3.1 Serviços Complementares

Os serviços complementares, a serem executados à medida que os rejeitos e maciços são escavados, compreendem:

- Demolição do canal extravasor de emergência existente;
- Demolição das canaletas e descidas d'água da drenagem superficial;
- Remoção da instrumentação de controle;
- Recuperação ambiental dos taludes naturais expostos pela escavação.

Observação: Ressalta-se que não é possível prever as condições reais da encosta natural a serem encontradas durante a remoção do rejeito e os eventuais efeitos do seu desconfinamento. Desta forma, podem exigir projetos específicos e obras complementares de estabilização.

No fim da etapa que corresponder à necessidade da parada das atividades em função do início do período chuvoso, o reservatório formado pelas escavações deverá receber conformação dos taludes e deverá ser construído um novo trecho do canal extravasor (sistema extravasor da fase

intermediária), conforme geometria de projeto, de forma a atender os critérios hidrológicos-hidráulicos exigidos pela legislação de segurança de barragens.

11.4 Sequência Construtiva

A sequência de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê engloba, de forma resumida: a escavação parcial do rejeito do reservatório; a escavação total do maciço do 2º alteamento e parcial do maciço do 1º alteamento com a construção de um novo sistema extravasor intermediário provisório; a escavação do restante do rejeito do reservatório, dos dois maciços remanescentes (1º alteamento e dique de partida), remoção do aterro de blocos do reforço a jusante e escavação do rejeito antigo na fundação; construção de um *sump* para contenção de sedimentos, revestimento da calha do talvegue e revegetação dos taludes do reservatório.

A sequência apresentada abaixo poderá ser alterada, com aval da empresa projetista, no caso de ocorrerem atrasos na obra que impliquem a criação de uma nova fase intermediária com necessidade de adequação do sistema extravasor.

A execução de todas as fases e etapas previstas no projeto deverá obedecer a sequência construtiva descrita a seguir:

1. Serviços preliminares

- 1.1. Locação e demarcação das obras de descaracterização;
- 1.2. Operação do poço de bombeamento para rebaixamento da superfície freática até a elevação definida em projeto (ver item 13.1), a ser checado pela instrumentação de controle implantada na estrutura;

2. Fase 1 – Remoção parcial do rejeito do reservatório

- 2.1. Execução de *sump*, localizado na porção de montante do reservatório, escavado no próprio rejeito, com base na elevação 1051,50 m;
- 2.2. Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido montante e platô final na elevação 1053,0 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contados a partir do *sump* executado;
- 2.3. Deslocamento e aprofundamento do *sump* existente em 2,0 m, também a partir de remoção do rejeito, até a elevação 1049,50;
- 2.4. Repetir item 2.2 e item 2.3 até o rejeito atingir a elevação 1.041,40 m;

3. Fase 2 – Primeiro rebaixamento do maciço

- 3.1. Demolição do emboque do canal extravasor existente;

- 3.2. Demolição / retirada da descida d'água da ombreira direita;
- 3.3. Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem;
- 3.4. Escavação do maciço até elevação 1.046,50 m;
- 3.5. Construção de novo emboque para o sistema extravasor interligado ao canal rápido existente;
- 3.6. Reinstalação dos instrumentos de controle da saturação do rejeito antigo retirados na etapa 3.3 (INA-09, INA-10 e PZ-20), caso seja necessário;

4. Fase 3 – Remoção do restante do rejeito do reservatório

- 4.1. Execução de *sump*, localizado na porção de montante do próprio reservatório, com base na elevação 1037,70 m;
- 4.2. Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1040,00 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contados a partir do *sump* executado;
- 4.3. Aprofundamento do *sump* existente em 2,0 m, até a elevação 1035,70;
- 4.4. Repetir item 4.2 e item 4.3 até promover a remoção completa do rejeito do reservatório fora da projeção do 1º alteamento;

5. Fase 4 – Remoção do maciço do 1º alteamento

- 5.1. Demolição do emboque do canal extravasor existente;
- 5.2. Demolição / retirada da descida d'água e canaletas existentes na berma El. 1.041,0 m;
- 5.3. Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem e na berma El. 1.041,0 m;
- 5.4. Remoção do maciço do 1º alteamento;

6. Fase 5 - Remoção do restante dos rejeitos

- 6.1. Remoção do aterro em blocos do reforço de jusante para bota-espera;
- 6.2. Remoção do rejeito do reservatório e do maciço inicial em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1027,90 m e declividade para montante. O maciço deverá ter platô sempre 2,0 m mais elevado que o nível do rejeito;
- 6.3. Repetir item 6.2 até o rejeito atingir elevação 1.014,20 m;
- 6.4. Prosseguir com a escavação dos rejeitos a cada 2,0 m, agora com declividade de 3,0% para o sentido de jusante, até atingir a elevação 1.004,30 m.
- 6.5. Construção de *sump* na região de jusante para clarificação da água de chuva incidente na bacia da barragem descaracterizada;
- 6.6. Revestimento do talvegue e do *sump* com enrocamento de diâmetro > 40 cm, utilizando materiais escavados na fundação e complementado com os blocos advindos do aterro

de reforço;

6.7. Proteção do restante da área do reservatório escavado a partir do plantio de vegetação.

Os detalhes de sequência construtiva são apresentados em anexo a este relatório nos desenhos IPE.OP.DE.8000.GT.20.664 e IPE.OP.DE.8000.GT.20.679.

11.5 Drenagem Superficial

Os dispositivos de drenagem superficial existentes serão removidos à medida que for sendo executado o rebaixamento dos maciços da barragem.

11.6 Proteção Superficial

À medida que se avançam com os serviços de remoção dos rejeitos do reservatório e dos maciços, deverá ser realizada a implantação de proteção vegetal dos taludes naturais expostos no fundo do reservatório e nas ombreiras da barragem. A técnica de cobertura final da área, justificada com embasamento no diagnóstico da área pós-descaracterização, sendo esta técnica por hidrossemeadura, semeadura mecanizada, proteção com geossintéticos e/ou plantio de mudas de espécies nativas da região etc., deverá ser definida pela equipe de meio ambiente da MMI à medida que avançam as obras e se tenha as reais condições da superfície exposta com objetivo final de reintrodução da área ao contexto da paisagem local.

Após a remoção dos rejeitos existentes no reservatório e fundação, além dos maciços do dique de partida, dos alteamentos e aterro de reforço, o fundo do talvegue deverá ser protegido com enrocamento de modo a formar um canal de drenagem e evitar processos erosivos provenientes do escoamento superficial, absorvendo-os, uma vez que a lacuna entre as pedras de mão retarda o fluxo de água, diminuindo sua capacidade de erosão do solo.

O enrocamento pode ser lançado ou arrumado. Utiliza-se o enrocamento lançado quando é difícil o acesso à parte a ser revestida, e principalmente, quando há material disponível para isso, pois o consumo de pedra é muito maior que o do enrocamento arrumado. Quando se tem acesso, os blocos podem ser melhor distribuídos com o uso de pás carregadeiras.

O enrocamento deve ser composto por material gnáissico com diâmetro médio de 50 cm. As pedras de mão devem ser dispostas o mais uniforme possível, de modo a cobrir toda área de interesse. Devem ser utilizados os blocos a serem escavados na fundação da barragem além do reaproveitamento dos blocos do aterro de reforço de jusante da barragem.

O canal, no trecho final antes da conexão com o *sump*, deverá ter seção trapezoidal com largura

de 15,0 m, taludes com inclinação correspondente a 2H:1V e altura de 1,0 m.

Concomitantemente a execução do canal, as tratativas para implantação de proteção vegetal no restante da área deverão ser conduzidas pela MMI, iniciando-se pela análise do solo, a fim de se conhecer a qualidade e o nível de fertilidade para subsidiar de forma assertiva a tomada de decisão em relação as técnicas de plantio e revegetação.

Após as análises, caso o solo não esteja apto para um desenvolvimento vegetativo eficaz, um programa de melhoramento deste solo com adubação química através de fertilizantes organominerais e corretivos, além da implementação de técnicas conservacionistas como o revolvimento e mistura do solo existente com matéria orgânica (solo vegetal combinado com esterco de curral ou quaisquer resíduos orgânicos) será necessário para sua reestruturação e adequação.

Outra questão fundamental para a restauração da vegetação é a seleção das espécies, que deve ser feita em função do clima, das análises do solo, das condições de drenagem e condições bióticas. A aplicação de biomantas vegetais após o plantio visa proteger as sementes, pois proporciona menor exposição direta à incidência solar, evita o transporte de sementes/fertilizantes pela água da chuva, em caso de forte sazonalidade climática, e também protege contra a ação de predadores.

11.7 Materiais de Empréstimo

O projeto prevê a necessidade de obtenção de blocos de enrocamento (estéril rochoso de itabirito compacto) na área do empreendimento e/ou blocos de gnaiss obtidos do aterro de reforço de jusante ou, ainda, das escavações da fundação durante a remoção dos maciços de alteamento.

Os blocos de enrocamento serão utilizados para proteção de feições erosivas, proteção e redução da velocidade do fluxo ao longo do fundo do talvegue reconstituído após remoção dos rejeitos.

12. Controle Ambiental durante as Obras de Descaracterização

O layout dos sistemas de controle ambiental dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados no canteiro de obras e infraestrutura de apoio será definido pela empresa contratada, utilizando áreas indicadas pela MMI.

Todos os procedimentos a serem cumpridos pela contratada, para o controle ambiental durante as obras, estão descritos nos seguintes documentos:

- PRO.BRA.SSO.002 – MANUAL DE SSO PARA CONTRATADAS;
- PRO.IPE.SSO.015 – PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA AMBIENTAL;
- POL.DPM.SGI.001 – POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;
- MANUAL AMBIENTAL DE OBRAS – Manual de meio ambiente para contratação de fornecedores e serviços.

13. Programa de Monitoramento para as Obras de Descaracterização

O monitoramento do comportamento da Barragem B1 – Mina Ipê será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura. A barragem, sua fundação e entorno das estruturas envolvidas no projeto serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da variação da profundidade e pressão da água no solo e por instrumentos para medição das vibrações e dos deslocamentos dos taludes.

Conforme discutido em itens anteriores, parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Tendo em vista que, principalmente na seção de controle B-B', o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, os fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade para carregamento não drenado liquefeito são baixos e não atendem aos critérios constantes no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, emitido pela SEMAD/FEAM em 2020 (ver item 9.1). Por essa razão, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui na principal premissa deste projeto para início das obras de descaracterização.

Também será realizado uma inspeção visual diária de rotina dos taludes escavados e naturais de forma a monitorar eventuais anomalias de deformação.

Caso o poço de rebaixamento implantado à jusante da barragem consiga influenciar na camada saturada do rejeito, é provável que o fator de segurança atinja o valor mínimo exigido pelo TR da FEAM antes do início das obras.

Com base nos resultados das análises de estabilidade, considera-se que é possível dar início às obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê desde que sejam atendidas as seguintes

condicionantes:

- a) Análise de estabilidade atualizada que demonstre fatores de segurança iguais ou superiores àqueles exigidos pela legislação vigente;
- b) Monitoramento contínuo da instrumentação de controle (indicadores de nível d'água, piezômetros, marcos de deformação e radar), cujas leituras manuais devem ter periodicidade mínima diária;
- c) Realização de análises de estabilidade semanal;
- d) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- e) Paralisação imediata da obra no caso de alerta de movimentação do maciço da barragem emitido pelo radar de superfície;
- f) Paralisação imediata da obra no caso de verificação de redução no fator de segurança para a condição de carregamento não drenado liquefeito;
- g) A retomada das obras após qualquer paralisação deve ser precedida de: análise de estabilidade que demonstrem o retorno dos fatores de segurança para a condição anterior, inspeção visual de campo e parecer favorável por parte da projetista que permita autorizar o retorno das atividades.

13.1 Monitoramento da Superfície Freática

Atualmente, a instrumentação de controle da barragem para monitoramento da freática é composta por 15 (quinze) indicadores de nível d'água e 20 (vinte) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas. Inclui os 06 (seis) indicadores de nível d'água (INA-09 a INA-14) e os 02 (dois) piezômetros (PZ-19 e PZ-20) instalados recentemente e distribuídos nas seções B-B' e C-C' para acompanhar as obras de descaracterização da estrutura, que irão controlar a eficiência do rebaixamento do N.A. em diferentes pontos onde é encontrado material de rejeito antigo na fundação.

Na Tabela 13.1 são apresentadas as características e coordenadas dos instrumentos e na Figura 13.1 é os instrumentos são apresentados locados em planta. As seções instrumentadas são apresentadas em corte da Figura 13.2 a Figura 13.5.

Tabela 13.1 – Instrumentos de monitoramento de superfície freática da barragem.

| Instrumento | Tipo de instrumento | E (m) | N (m) | Elevação Topo (m) | Elevação Fundo (m) | Profundidade (m) |
|-------------|--|---------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|
| PZ-03 | Piezômetros de tubo aberto existentes | 572.388,311 | 7.775.035,497 | 1.058,109 | 1.021,129 | 36,98 |
| PZ-06 | | 572.347,644 | 7.775.131,804 | 1.042,975 | 998,215 | 44,76 |
| PZ-07 | | 572.318,282 | 7.775.001,790 | 1.042,306 | 992,276 | 50,03 |
| PZ-08 | | 572.521,244 | 7.774.943,098 | 1.060,375 | 974,825 | 85,55 |
| PZ-10 | | 572.347,445 | 7.775.081,231 | 1.042,088 | 1.025,328 | 16,76 |
| PZ-13 | | 572.323,785 | 7.775.080,033 | 1.032,948 | 1.023,948 | 9,00 |
| PZ-14 | | 572.319,863 | 7.775.131,265 | 1.032,373 | 988,353 | 44,02 |
| PZ-16 | | 572.452,571 | 7.775.184,306 | 1.059,850 | 1.010,230 | 49,62 |
| PZ-17 | | 572.317,208 | 7.774.978,906 | 1.043,880 | 997,280 | 46,60 |
| PZ-18 | | 572.330,441 | 7.775.031,720 | 1.038,212 | 1.007,852 | 30,36 |
| PZ-01 | Piezômetros automatizados existentes | 572.384,428 | 7.775.132,832 | 1.058,763 | 999,450 | 59,31 |
| PZ-02 | | 572.387,357 | 7.775.075,880 | 1.058,794 | 1.022,434 | 36,36 |
| PZ-04 | | 572.381,613 | 7.775.183,815 | 1.058,950 | 1.021,340 | 37,61 |
| PZ-05 | | 572.347,582 | 7.775.132,777 | 1.043,018 | 991,888 | 51,13 |
| PZ-09 | | 572.347,436 | 7.775.082,495 | 1.042,081 | 1.017,020 | 25,06 |
| PZ-11 | | 572.319,815 | 7.775.132,876 | 1.032,420 | 982,320 | 50,10 |
| PZ-12 | | 572.323,871 | 7.775.081,376 | 1.032,904 | 1.010,870 | 22,03 |
| PZ-15 | | 572.298,192 | 7.775.163,172 | 1.028,590 | 1.009,290 | 19,30 |
| PZ-19 | | 572.277,304 | 7.775.134,203 | 1.024,15 | 993,23 | 30,92 |
| PZ-20 | | 572.384,013 | 7.775.135,403 | 1.058,84 | 1.006,15 | 52,69 |
| INA-01 | Indicadores de nível d'água existentes | 572.352,124 | 7.775.073,548 | 1.043,180 | 1.031,860 | 11,32 |
| INA-02 | | 572.386,124 | 7.775.072,282 | 1.058,730 | 1.030,770 | 27,96 |
| INA-03 | | 572.328,377 | 7.775.077,173 | 1.032,530 | 1.029,530 | 3,00 |
| INA-03A | | 572.327,458 | 7.775.077,687 | 1.032,927 | 1.015,020 | 17,91 |
| INA-04 | | 572.383,201 | 7.775.117,738 | 1.058,680 | 1.032,920 | 25,76 |
| INA-05 | | 572.350,371 | 7.775.117,560 | 1.043,040 | 1.022,040 | 21,00 |
| INA-06 | | 572.385,825 | 7.775.075,896 | 1.058,914 | 1.021,414 | 37,50 |
| INA-07 | | 572.293,620 | 7.775.153,940 | 1.028,240 | 982,170 | 46,07 |
| INA-08 | | 572.145,050 | 7.775.061,910 | 1.005,000 | 959,130 | 45,87 |
| INA-09 | | 572.384,760 | 7.775.134,730 | 1.058,758 | 1.006,448 | 52,31 |
| INA-10 | | 572.383,702 | 7.775.158,426 | 1.058,808 | 1.022,310 | 36,50 |
| INA-11 | | 572.319,341 | 7.775.135,878 | 1.032,106 | 1.000,260 | 31,85 |
| INA-12 | | 572.316,904 | 7.775.156,769 | 1.030,922 | 1.011,610 | 19,31 |
| INA-13 | | 572.277,614 | 7.775.132,962 | 1.023,989 | 992,450 | 31,54 |
| INA-14 | 572.247,450 | 7.775.131,940 | 1.020,590 | 989,660 | 30,93 | |

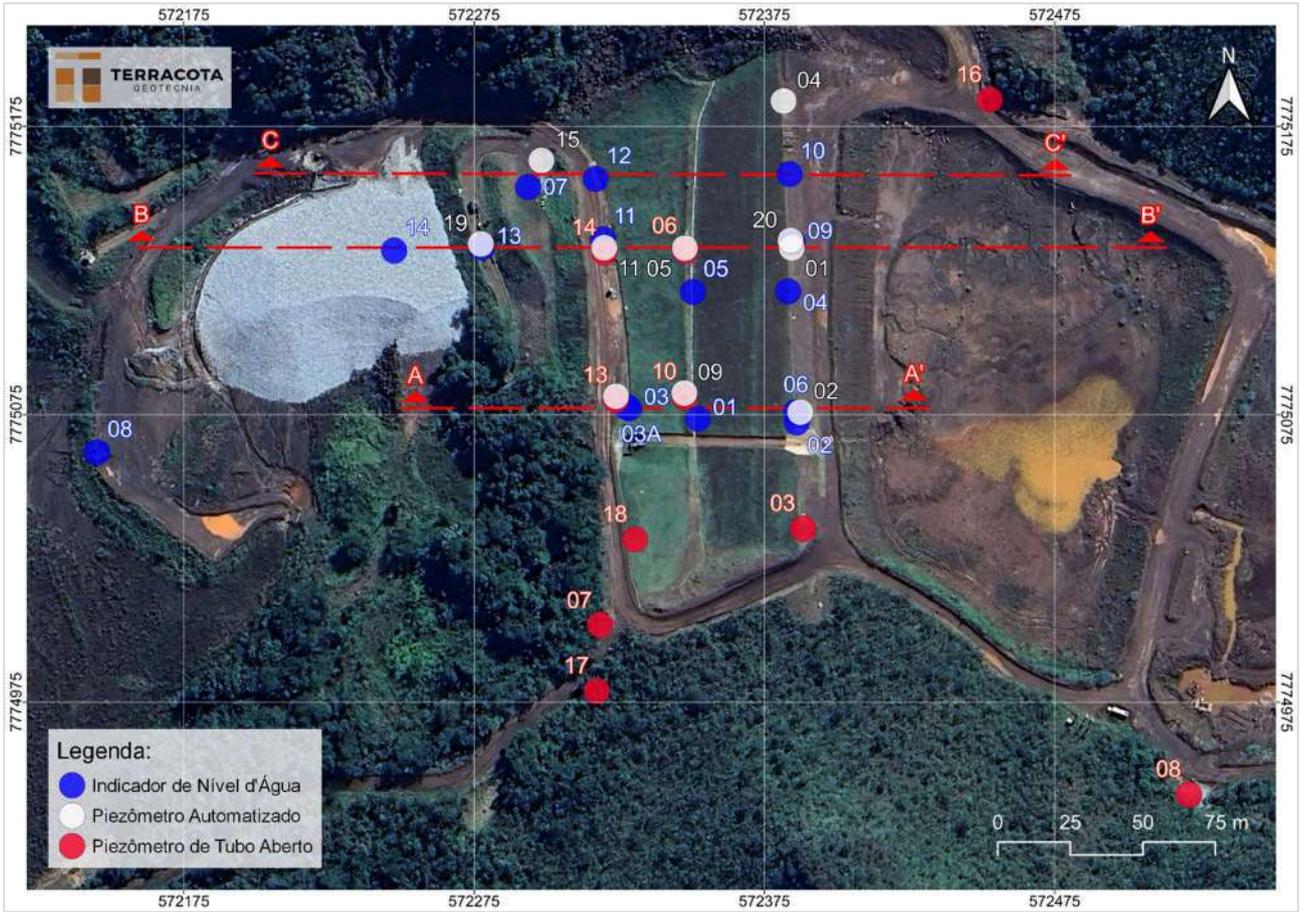


Figura 13.1 – Instrumentação de controle existente para as obras de descaracterização.

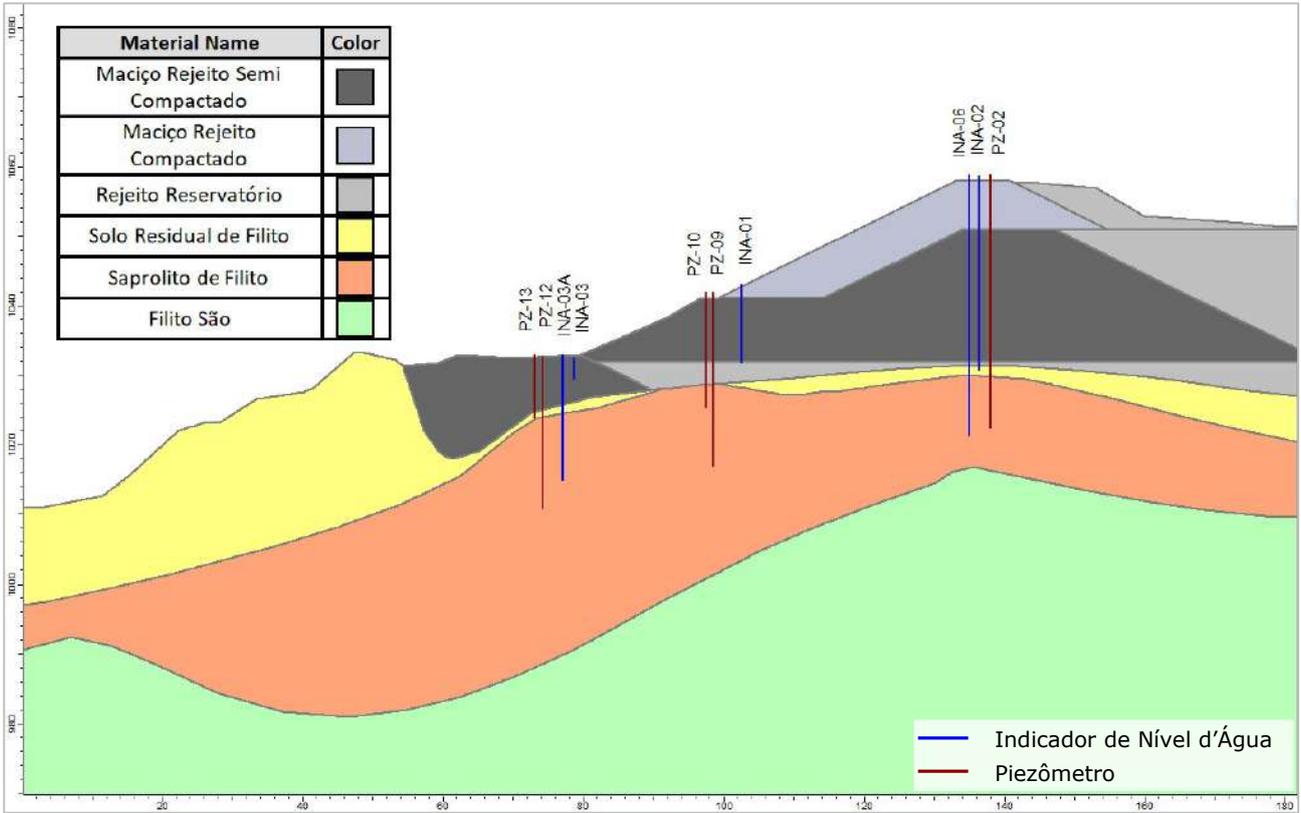


Figura 13.2 – Seção Instrumentada A-A'.

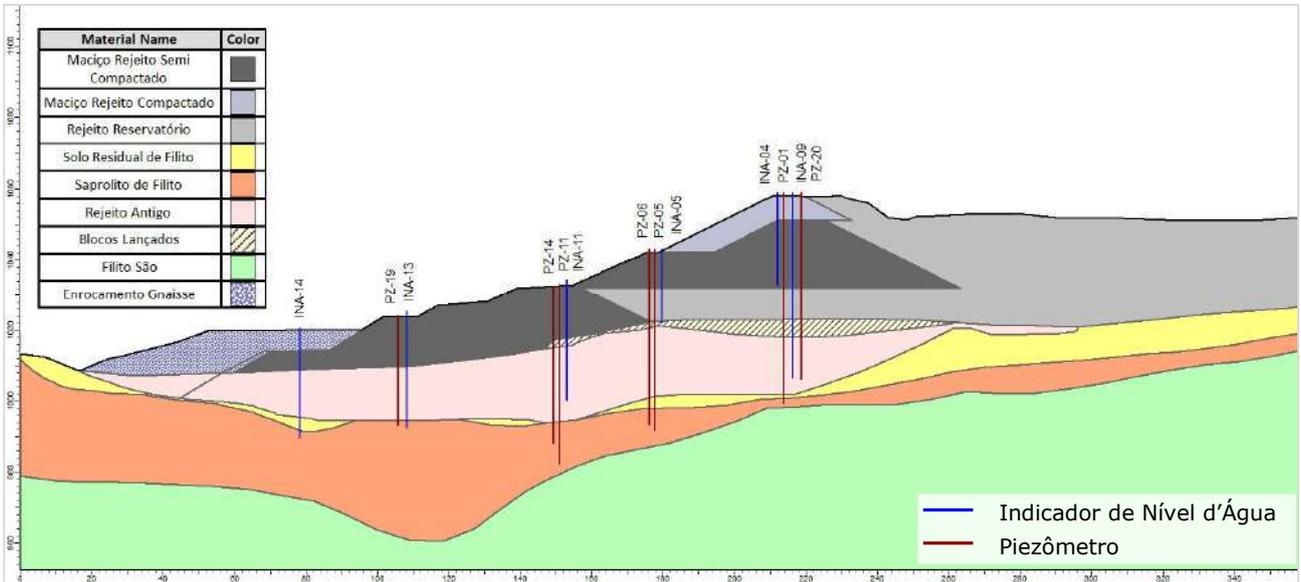


Figura 13.3 – Seção Instrumentada B-B'.

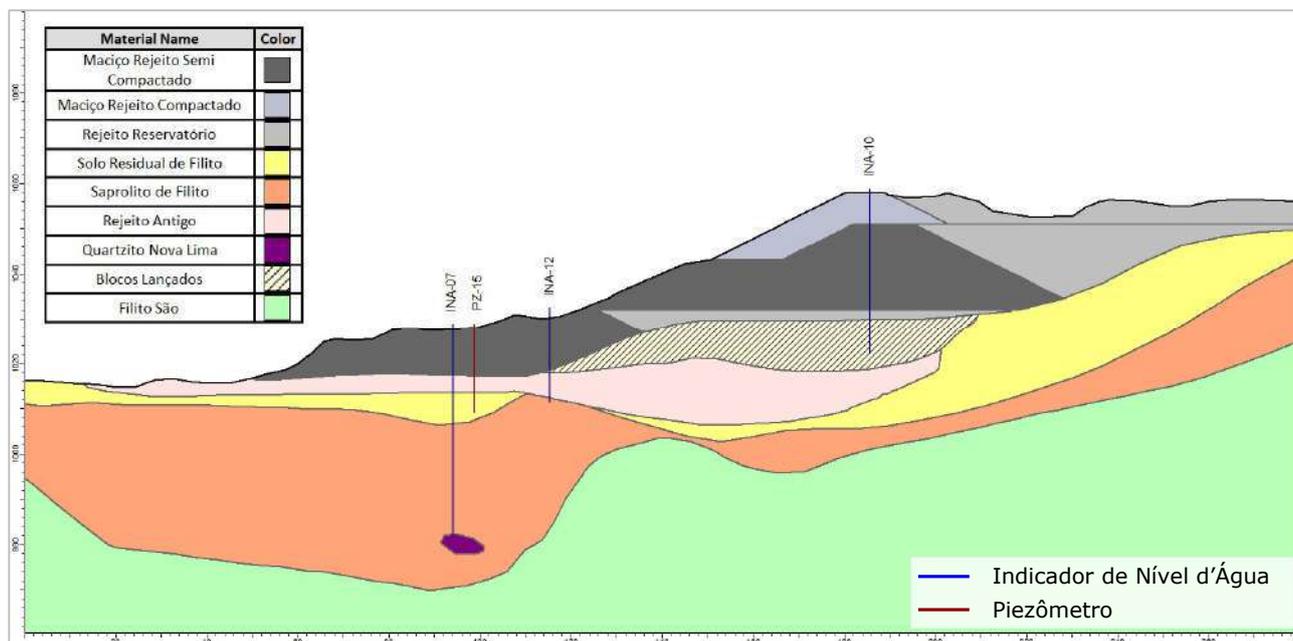


Figura 13.4 – Seção Instrumentada C-C’.

Os estudos de estabilidade realizados indicaram que o fator de segurança ao deslizamento da estrutura para a condição liquefeita não atinge o valor mínimo exigido pela SEMAD/FEAM ($FS \geq 1,10$), a menos que a superfície freática esteja localizada abaixo da camada de rejeito antigo presente na fundação na seção de controle B-B’. A empresa Water Services desenvolveu estudos hidrogeológicos e definiu o posicionamento de um poço de bombeamento já implantado a jusante da barragem próximo à ombreira direita que irá efetuar o rebaixamento do nível d’água da estrutura para níveis adequados.

A Tabela 13.2 apresenta as leituras da instrumentação de controle, adotando-se como referência os valores lidos no dia 10/07/2023, em conjunto com a elevação máxima admissível para esses instrumentos, de forma que a linha freática permaneça abaixo do rejeito antigo. Não foram apresentados níveis para os instrumentos da seção de controle A-A’, devido a não existência de rejeito antigo na fundação desta seção.

Tabela 13.2 – Instrumentação – Leituras atuais e valores máximas admitidas.

| Seção | Instrumento | Cota de fundo (m) | Data de Referência da Leitura | Elevação lida (m) | Elevação Máxima Admissível (m) | Rebaixamento Necessário (m) |
|-------|-------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| B-B’ | INA-09 | 1.006,45 | 10/07/2023 | 1.018,76 | Seco | 12,31 |
| | PZ-01 | 999,45 | 10/07/2023 | 1.016,25 | 1.001,70 | 14,55 |
| | INA-04 | 1.032,92 | 10/07/2023 | Seco | Seco | - |
| | INA-05 | 1.022,04 | 10/07/2023 | Seco | Seco | - |
| | PZ-05 | 991,89 | 10/07/2023 | 1.012,52 | 997,80 | 14,72 |
| | PZ-06 | 998,22 | 10/07/2023 | 1.013,84 | Seco | 15,62 |

| Seção | Instrumento | Cota de fundo (m) | Data de Referência da Leitura | Elevação lida (m) | Elevação Máxima Admissível (m) | Rebaixamento Necessário (m) |
|-------|-------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| B-B' | INA-11 | 1.000,26 | 10/07/2023 | 1.010,20 | Seco | 9,94 |
| | PZ-11 | 982,32 | 10/07/2023 | 1.011,02 | 995,20 | 15,82 |
| | PZ-14 | 988,35 | 10/07/2023 | 1.010,60 | 995,20 | 15,40 |
| | INA-13 | 992,45 | 10/07/2023 | 1.008,80 | 995,00 | 13,80 |
| | INA-14 | 989,66 | 10/07/2023 | 1.008,04 | 994,80 | 13,24 |
| C-C' | INA-10 | 1.022,31 | 10/07/2023 | Seco | Seco | - |
| | INA-12 | 1.011,61 | 10/07/2023 | Seco | Seco | - |
| | PZ-15 | 1.009,29 | 10/07/2023 | 1.011,23 | Seco | 1,94 |
| | INA-07 | 982,17 | 10/07/2023 | 1.011,60 | 1.005,00 | 6,60 |

O rebaixamento de aquíferos a partir de poços de bombeamento dá origem a cones de rebaixamento, cujo comportamento varia devido a diversos fatores, sendo assim difícil de estimar com precisão satisfatória. Os níveis constantes na Tabela 13.2 foram definidos considerando um rebaixamento uniforme do nível d'água, tendo em vista que ainda não se têm resultados definitivos de testes de bombeamento no poço instalado, cuja operação iniciou-se no dia 29/09/23. É provável que, após o início da operação do poço, a elevação admissível de cada instrumento seja ajustada de acordo com o real comportamento do rebaixamento do lençol freático medido em campo e em função do avanço das obras.

Caso os instrumentos INA-09, INA-10 e PZ-20, instalados no coroamento da barragem, sejam danificados durante o rebaixamento do maciço para a elevação 1.046,50 m, deve ser avaliada a necessidade de reinstalação destes instrumentos.

13.2 Monitoramento dos Deslocamentos

Para o monitoramento dos deslocamentos da estrutura serão utilizados os prismas e o radar existentes (Figura 13.5). Tanto os prismas quanto o radar fornecem dados em tempo real para o centro de monitoramento da MMI, tendo em vista que os prismas são lidos por uma estação robótica instalada a jusante da estrutura.

Outro ponto de atenção para o monitoramento de deslocamento é a encosta localizada ao longo da margem direita do reservatório da barragem que é constituída por cobertura descontínua de material antropizado (pilha) sobre solo residual/saprólito de filito (Figura 13.6 e Figura 13.7, em talude com inclinações acentuadas (>40°). Para a encosta deverá ser implantada uma malha de marcos superficiais suficientes para registrar possíveis deslocamentos em três faixas de monitoramento: terço inferior, terço médio e crista. Adicionalmente, um sistema remoto de monitoramento de deformação deve ser utilizado para fornecer dados constantes (24h/7d)

acerca das condições de estabilidade/segurança da encosta. Recomenda-se a instalação destes sistemas na encosta oposta, ou local similar que permita campo de visão eficiente. Deve ser avaliada a viabilidade técnica-econômica de instalação de um radar RockSpot visando acionamento automático de sistema de emergência.

O acompanhamento e avaliação da segurança destes materiais da encosta deve ser feita com inspeções diárias ao longo da descaracterização e de acordo com as boas práticas de engenharia aplicadas pela geologia/geotecnia operacional e ATO.

A Tabela 13.3. apresenta um resumo dos instrumentos de deslocamento existentes e programados para o controle dos deslocamentos na Barragem B1 – Mina Ipê.



Figura 13.5 – Planta de localização dos prismas da barragem.



Figura 13.6 – Vista da encosta a direita do reservatório a ser monitorada.



Figura 13.7 – Vista da encosta a direita do reservatório a ser monitorada.

Tabela 13.3 – Instrumentação de deslocamento existentes e programados.

| Instrumento | Tipo de instrumento | E (m) | N (m) | Altitude Ortométrica (m) |
|-------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| Radar Rockspot | Radar de superfície | 572.139,086 | 7.775.130,742 | 1.016,421 |
| MS's ⁽¹⁾ | Marcos superficiais | ? ⁽¹⁾ | ? ⁽¹⁾ | ? ⁽¹⁾ |
| Radar Rockspot ⁽²⁾ | Radar de superfície | ? ⁽²⁾ | ? ⁽²⁾ | ? ⁽²⁾ |
| Estação Robótica | | 572.139,218 | 7.775.126,834 | 1.017,840 |
| PT01 | Prisma de referência | 572.392,694 | 7.775.008,522 | 1.064,042 |
| PT02 | | 572.277,069 | 7.774.937,606 | 1.039,876 |
| PT03 | | 572.232,700 | 7.775.011,912 | 1.012,664 |
| PT04 | | 572.155,985 | 7.775.160,094 | 1.026,345 |
| B5 | Prisma de monitoramento | 572.266,446 | 7.775.169,845 | 1.026,021 |
| C5 | | 572.266,534 | 7.775.153,948 | 1.025,243 |
| D5 | | 572.271,244 | 7.775.134,166 | 1.024,325 |
| E5 | | 572.276,158 | 7.775.115,825 | 1.021,496 |
| C4 | | 572.282,085 | 7.775.153,889 | 1.028,038 |
| CD4 | | 572.283,097 | 7.775.143,896 | 1.027,790 |
| D4 | | 572.286,282 | 7.775.133,874 | 1.027,479 |
| C3 | | 572.305,878 | 7.775.153,941 | 1.031,198 |
| D3 | | 572.308,273 | 7.775.133,375 | 1.031,797 |
| E3 | | 572.310,187 | 7.775.112,935 | 1.031,744 |
| F3 | | 572.311,485 | 7.775.097,110 | 1.032,135 |
| E2 | | 572.345,565 | 7.775.113,506 | 1.041,854 |
| D2 | | 572.345,590 | 7.775.133,851 | 1.042,346 |
| F2 | | 572.346,115 | 7.775.093,821 | 1.041,369 |
| C2 | | 572.346,395 | 7.775.153,856 | 1.043,205 |
| G2 | | 572.346,757 | 7.775.073,837 | 1.041,087 |
| B2 | | 572.346,933 | 7.775.173,978 | 1.044,198 |
| H2 | | 572.347,141 | 7.775.059,625 | 1.041,219 |
| J2 | | 572.347,203 | 7.775.031,762 | 1.042,838 |
| I2 | | 572.347,285 | 7.775.045,516 | 1.041,831 |
| A1 | | 572.377,941 | 7.775.194,238 | 1.058,065 |
| B1 | | 572.378,850 | 7.775.174,322 | 1.057,947 |
| C1 | | 572.379,974 | 7.775.154,240 | 1.058,040 |
| D1 | | 572.380,619 | 7.775.134,411 | 1.058,014 |
| E1 | | 572.381,762 | 7.775.113,956 | 1.057,940 |
| F1 | | 572.382,592 | 7.775.094,052 | 1.058,005 |
| G1 | | 572.383,411 | 7.775.074,195 | 1.058,073 |
| H1 | | 572.384,239 | 7.775.060,130 | 1.058,109 |
| I1 | | 572.384,549 | 7.775.046,055 | 1.058,147 |
| J1 | | 572.385,019 | 7.775.031,670 | 1.058,456 |

1- Instrumentos previstos para controle de deslocamentos da encosta da margem direita. Posição, tipo, e marca serão definidos pela equipe técnica da MMI.

2- Instrumento que deverá ter sua viabilidade de implantação aprovada pela MMI.

Os deslocamentos serão monitorados continuamente, por estarem sendo utilizados métodos de medição automatizados (estação robótica e radares).

No caso de registro de deslocamentos ou deformações, os trabalhos devem ser paralisados, até que haja estabilização e redução da velocidade de deslocamento. Uma intensificação no monitoramento deverá ser adotada nos casos de se observarem aceleração dos deslocamentos.

13.3 Rotina de Monitoramento

Devido às condições atuais de estabilidade da estrutura verificadas nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, a equipe técnica da MMI e da empresa responsável pela realização das obras deverá seguir rigorosamente uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório e fundações para avaliação da estabilidade da estrutura.

O nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos instalados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-14, PZ-19 e PZ-20) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas. Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, a equipe da MMI ou outra equipe com profissionais qualificados deverá realizar uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

A MMI deverá dispor de um profissional qualificado para atuação no centro de monitoramento com dedicação exclusiva aos instrumentos instalados na Barragem B1 – Mina Ipê. O encarregado deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

Com relação à rotina de monitoramento, a obra deverá ser **paralisada** sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- O profissional de campo verificar leituras anômalas nos instrumentos manuais;

- O profissional do centro de monitoramento verifique leituras anômalas não justificadas em qualquer um dos 02 (dois) sismógrafos instalados na barragem;
- A bomba de rebaixamento do lençol freático parar de operar por qualquer motivo;
- O profissional de campo identificar sinais/evidências de deformação nos taludes das ombreiras e áreas adjacentes;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

14. Programa de Monitoramento Pós-Obras de Descaracterização

Após a conclusão das obras de descaracterização, que compreende a remoção completa do maciço da barragem, rejeitos depositados no reservatório e rejeitos encontrados na fundação, **não** haverá estrutura remanescente para ser monitorada.

As demais estruturas, envolvendo: o canal final em enrocamento no fundo do vale, o sump e os taludes das encostas devem ser tratados fora do âmbito da legislação de segurança de barragens.

15. Programa de Manutenção Pós-Obras de Descaracterização

Considera-se que a manutenção necessária nas estruturas remanescentes pós-obras de descaracterização da barragem, que se integrarão ao meio ambiente, correspondente a um canal enrocado e sump, se darão conforme a prática corrente, com limpezas à medida que sedimentos ocupem o sump. Com relação à encosta natural exposta, poderá haver necessidade de obras estabilizantes pontuais, recuperação de focos erosivos, reaplicação de proteção vegetal etc.

Em função da remoção completa da barragem, ressalta-se novamente, que essas condições pós-obras não são abrangidas pela legislação de segurança de barragens.

16. Uso e Ocupação da Área Pós-Obras de Descaracterização

O projeto executivo considera que a área final será composta por canal final em enrocamento no fundo do vale, sump, taludes das encostas e áreas do entorno antropizadas pela atividade minerária.

A área tem restrição para implantação de uma nova barragem que seja enquadrada na Política Nacional de Segurança de Barragem tanto pela resolução ANM nº 95/2022 (Art. 55) quanto pela Lei Estadual 23.291/2019 (Art.12), a qual não permitem a implantação de novas barragens de mineração cujo mapa de inundação identifique a existência de comunidade na Zona de Autossalvamento.

Porém não há restrição geotécnica de reaproveitamento desta área para implantação de outras estruturas, por exemplo: empilhamento de materiais estéreis.

17. Plano Geral de Disposição dos Materiais Escavados

O projeto detalhado de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê não contempla o estudo e projeto da disposição dos rejeitos e solos escavados. Entretanto, destaca-se o relevante potencial de reprocessamento deste material, no qual a solução mais racional em termos de segurança geotécnica, ambiental e logística consiste no aproveitamento econômico através do envio dos rejeitos escavados para a Usina Ipê. Tal solução permitiria:

- otimizar o processo de descaracterização com a possível redução do tempo de obras e consequente atenuação dos imbrólios sociais atrelados à presença de barragens alteadas à montante;
- a redução de massa de rejeito a ser empilhada em até cerca de 60%, através de seu reprocessamento na Usina Ipê;
- minimizar os riscos geotécnicos e à vida pela não necessidade de empilhamento do volume retirado da barragem;
- minimizar os riscos ambientais pela não necessidade de tráfego de equipamentos carregados com rejeito através da alça da Rodovia BR-381 no sentido Mina Tico-Tico;
- reduzir os riscos inerentes aos trabalhadores durante a descaracterização, visto a distância significativamente menor entre a barragem e a Usina Ipê;

Neste contexto, as tratativas relativas ao reaproveitamento dos rejeitos devem ser avaliadas pela equipe técnica e de meio ambiente da MMI.

17.1 Áreas Disponíveis

No que diz respeito à disponibilidade de áreas para disposição, a MMI definiu pela utilização prioritária das áreas de cavas da Mina Tico-Tico denominadas Cava Usina e Cava SW, conforme apresentado a seguir. No entanto, caberá à MMI definir à época das obras o destino final dos materiais à medida que ocorrerem as escavações dos rejeitos do reservatório, dos maciços e das fundações e sua forma de disposição, quer seja compactada, semi-compactada ou em bota-espera para reprocessamento e aproveitamento econômico.

O projeto considera que a atividade de desmonte mecânico deverá ocorrer sem grandes dificuldades na parte superior do reservatório, podendo apresentar algum incremento de dificuldade à medida que se aprofundam as escavações e na parte inferior do reservatório próximo à elevação final prevista para remoção. Não se descarta, porém, a necessidade de utilizar a área do próprio reservatório para o empilhamento temporário do rejeito ("tombo") para acelerar o deságue do material antes do transporte até as áreas disponibilizadas na mina ou até as pilhas temporárias de alimentação das plantas.

As áreas indicadas pela MMI no estudo de alternativas para disposição dos materiais a serem escavados estão localizadas na região das Minas Tico-Tico e Ipê, como pode ser verificado na Figura 17.1.



Figura 17.1 – Localização das alternativas para disposição de rejeitos filtrados e estéreis. Fonte: MMI.

De acordo com o estudo fornecido, os volumes disponíveis em cada área são apresentados na Tabela 17.1.

Tabela 17.1 – Volumes disponíveis.

| Alternativa | Local | Volume Disponível (m ³) |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 01 | Cava Usina | 519.747 |
| 02 | Cava SW | 1.048.037 |
| 03 | Cava J. Mendes Sul | 771.423 |
| 04 | Cava Usina Lavrada | 796.159 |
| 05 | Área C | 668.042 |
| Total Geral | | 3.803.408 |

Em função dos volumes necessários, será priorizada a disposição nos locais denominados Cava Usina e Cava SW, correspondente às alternativas 01 e 02, respectivamente e, caso necessário, complementado pelas áreas confinadas das demais alternativas.

17.2 Plano de Remoção dos Materiais

De acordo com os volumes previstos para cada fase da obra de descaracterização, considerando ainda as taxas médias necessárias de remoção para atendimento ao projeto, têm-se a seguinte distribuição dos volumes a serem escavados para atendimento ao prazo previsto de dois períodos secos, conforme apresentado na Tabela 17.2.

Tabela 17.2 – Cenário de Descaracterização.

| Barragem B1 – Mina Ipê | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-------------|
| Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos. | | | | | | | |
| Mês | ANO 1 | | | | | | Total Anual |
| | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | |
| Volume (m³) | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 84.202 | 505.212 |
| Total acumulado | 84.180 | 168.404 | 252.606 | 336.808 | 421.010 | 505.212 | |
| Mês | ANO 2 | | | | | | Total Anual |
| | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | |
| Volume (m³) | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.263 | 99.262 | 595.577 |
| Total acumulado | 604.475 | 703.738 | 803.001 | 902.264 | 101.527 | 1.100.789 | |

17.3 Rotas e DMT's

Para esse estudo foram considerados acessos de mão única para os equipamentos no entorno da estrutura, sendo que a entrada na Barragem B1 – Mina Ipê se dará pelo acesso da "igrejinha"

onde a inclinação é variável com trechos superiores ao operacional normal de 10%. Já a saída se dará pela região da Pilha C que possui inclinação inferior a 10% e com uma largura maior, sendo mais favorável aos veículos carregados.

Parte das rotas que serão utilizadas na descaracterização da barragem já foram utilizadas na sua construção e, mais recentemente, nas obras de reforço da estrutura. Portanto, não possuem restrições operacionais, segundo informado pelo próprio empreendedor.

As rotas definidas pela MMI com suas respectivas DMT's são apresentadas na Tabela 17.3, na Figura 17.2 e Figura 17.3.

Tabela 17.3 – DMT's para disposição dos materiais escavados.

| Barragem B1 - Mina Ipê | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Rota | Áreas | Distância (m) | DMT (m) | DMT Geral (m) |
| Entrada | Área C - B1 IPÊ | 1563 | 4309 | 4189 |
| | Cava SW- B1 IPÊ | 4517 | | |
| | Cava Usina - B1 IPÊ | 5053 | | |
| | Cava J. Mendes- B1 IPÊ | 5889 | | |
| | Cava Usina Lavrada - B1 IPÊ | 4524 | | |
| Saída | B1 IPÊ - Área C | 647 | 4068 | |
| | B1 IPE- Cava SW | 4458 | | |
| | B1 IPE- Cava Usina | 4973 | | |
| | B1 IPE- Cava J. Mendes | 5818 | | |
| | B1 IPE- Cava Usina Lavrada | 4444 | | |



Figura 17.2 – Rota de entrada e DMT. Fonte: MMI.



Figura 17.3 – Rota de saída e DMT. Fonte: MMI.

17.4 Dimensionamento da Frota e Mão de Obra

O dimensionamento da frota de caminhões, necessária para a execução das obras, foi realizado pela MMI com base nos dados apresentados nas Tabela 17.4.

Tabela 17.4 – Dados para dimensionamento dos equipamentos de transporte.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Caminhão | tipo | 8x4 |
| Carga média | t | 38,0 |
| Velocidade média | km/h | 10,0 |
| Tempo de ciclo carregamento | min | 3,50 |
| Tempo de ciclo basculamento | min | 1,50 |
| Manobra | min | 1,50 |

Os equipamentos de terraplenagem a serem utilizados nas obras se resumem à lista constante da Tabela 17.5, obtida a partir do dimensionamento apresentado a seguir na Tabela 17.7 e na Tabela 17.8

Tabela 17.5 – Equipamentos auxiliares.

| Equipamentos auxiliares e de carga | |
|---|---|
| Caminhões | 6 |
| Escavadeira Cat 336 | 1 |
| Pá carregadeira Cat 966 | 2 |

O dimensionamento realizado pela MMI com a estimativa de mão de obra é apresentado na Tabela 17.9. De acordo com os estudos será necessário um efetivo total de 65 colaboradores para o Ciclo 1 e 68 colaboradores para o Ciclo 2. Os municípios que fornecerão a mão de obra necessária para as obras constam da Tabela 17.6.

Tabela 17.6 – Origem da mão de obra.

| MUNICÍPIO | DISTÂNCIA (km) |
|----------------------|-----------------------|
| Igarapé | 8 |
| São Joaquim de Bicas | 14 |
| Brumadinho | 14 |
| Betim | 26 |
| Mario Campos | 27 |
| Sarzedo | 34 |
| Itaúna | 46 |

Tabela 17.7 – Dimensionamento da frota de caminhões.

| Indicador | DMT | Ciclo 01 | | | | | | Ciclo 02 | | | | | |
|---|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Mês 01 | Mês 02 | Mês 03 | Mês 04 | Mês 05 | Mês 06 | Mês 07 | Mês 08 | Mês 09 | Mês 10 | Mês 11 | Mês 12 |
| Transporte de Material Umido até Ponto de Secagem | | | | | | | | | | | | | |
| DF de Transporte | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| UF de Transporte | | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% |
| Produtividade de Transporte | | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Massa de Minério | 500 a 1000 metros | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 |
| Número de Caminhões | | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Transporte de Material Seco até a planta | | | | | | | | | | | | | |
| DF de Transporte | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| UF de Transporte | | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% |
| Produtividade de Transporte | | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Massa de Minério | 500 a 1000 metros | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 |
| Número de Caminhões | | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Transporte de Material Seco até a Planta de Beneficiamento | | | | | | | | | | | | | |
| DF de Transporte | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| UF de Transporte | | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% |
| Produtividade de Transporte | | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Massa de Rejeito | 1000 a 1500 metros | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| Número de Caminhões | | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| Transporte de Lastro | | | | | | | | | | | | | |
| DF de Transporte | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| UF de Transporte | | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% | 65% |
| Produtividade de Transporte | | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Transporte de Lastro | 1000 a 1500 metros | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 |
| Número de Caminhões | | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Total de Caminhões IPE | | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 |

Tabela 17.8 – Dimensionamento da frota de escavadeiras e carregadeiras.

| Indicador | | DMT | Mês 01 | Mês 02 | Mês 03 | Mês 04 | Mês 05 | Mês 06 | Mês 07 | Mês 08 | Mês 09 | Mês 10 | Mês 11 | Mês 12 | |
|----------------------------|--|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| Carga Ipê | Carga de Material Umido | | | | | | | | | | | | | | |
| | DF de Escavadeira | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | |
| | UF de Escavadeira | | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | |
| | Produtividade de Carga | | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | |
| | Massa de Minério | | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | |
| | Número de Escavadeiras | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | |
| | Carga de Material Seco - Pilha seca | | | | | | | | | | | | | | |
| | DF de Escavadeira | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| | UF de Escavadeira | | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| | Produtividade de Carga | | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | |
| | Massa de Minério | | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | 66.667 | |
| | Número de Escavadeiras | | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | |
| | Carga de Material Seco - Barragem | | | | | | | | | | | | | | |
| | DF de Escavadeira | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| | UF de Escavadeira | | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | |
| | Produtividade de Carga | | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | |
| | Massa de Rejeito | | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | |
| | Número de Escavadeiras | | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | |
| | Carga de Lastro | | | | | | | | | | | | | | |
| | DF de Transporte | | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| | UF de Transporte | | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | |
| | Produtividade de Carga Produto | | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | |
| | UF de Transporte | 0 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | |
| | Número de Carregadeiras | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Total de Escavadeiras | | | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| | Total de Carregadeiras Produto | | | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Total de Máquinas de Carga | | | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | |

Tabela 17.9 – Dimensionamento da mão de obra.

| | Equipamentos | Ciclo 01 | | | | | | | Ciclo 02 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|----------|----------|-------|-------------|--------|-------------|-----------|-----------|---------|----------|-------|-------------|--------|-------------|-----------|-----------|
| | | Nº Eqto | Nº Tunos | DF | Absenteísmo | Férias | Treinamento | Turn over | Efetivo | Nº Eqto | Nº Tunos | DF | Absenteísmo | Férias | Treinamento | Turn over | Efetivo |
| Operação de Mina | Caminhão 8X4 | 6 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 17 | 6 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 18 |
| | Escavadeira de Braço Longo 36 toneladas | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 3 | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 3 |
| | Escavadeira de 36 toneladas | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 3 | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 3 |
| | Carregadeira de 25 toneladas | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 3 | 1 | 3 | 85,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 3 |
| | Escavadeira de 36 toneladas infra | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 2 | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 2 |
| | Trator de 25 toneladas | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 2 | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 2 |
| | Motoniveladora 20 toneladas | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 2 | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 2 |
| | Caminhão Pipa 6X4 20.000 litros | 2 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 5 | 2 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 5 |
| | Caminhão comboio 15.000 litros | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 2 | 1 | 3 | 70,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 2 |
| | Bomba de Agua 150 metros cúbicos | 0 | 0 | 80,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | - | | | 80,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | - |
| | Gerador 600 kva | 0 | 0 | 80,0% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | - | | | 80,0% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | - |
| Efetivo Operação | 15 | | | | | | | 39 | 15 | | | | | | | | 42 |
| Suporte Operacional | Equipe de sinalização de mina | 2 | 1 | 100% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 2 | 2 | 1 | 100% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 2 |
| | Equipe manobreiro/greidista/pare e siga | 1 | 3 | 100% | 1,02 | 1,000 | 1,03 | 1,05 | 3 | 1 | 3 | 100% | 1,02 | 1,076 | 1,03 | 1,05 | 4 |
| | Supervisor de Operação | 1 | 3 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3 | 1 | 3 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3 |
| | Técnico de Segurança | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 5 | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 5 |
| | Auxiliar de Comboio | 1 | 3 | 200% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 6 | 1 | 3 | 200% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 6 |
| | Engenheiro de Minas - Gestor do Contrato | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1 | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1 |
| | Técnico de Segurança - ADM | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1 | 1 | 1 | 100% | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1 |
| | Instrutores | 1 | 1 | | | | | | 4 | 1 | 1 | | | | | | 4 |
| Efetivo Total | | | | | | | | 26 | | | | | | | | | 26 |
| | | | | | | | | 65 | | | | | | | | | 68 |

18. Estimativa de Custos

Como o projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê consiste basicamente na remoção completa da estrutura (maciços de rejeito compactado, aterro de reforço com blocos e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação, fez-se uma estimativa de custo para execução da obra considerando o custo operacional do material transportado e empilhado. De acordo com informações fornecidas pela MMI, tal valor é da ordem de R\$ 13,00/m³, gerando um custo total de aproximadamente R\$ 14.310.257,00.

A seguir é apresentado um cronograma físico-financeiro simplificado considerando a previsão de volume a ser removido.

Tabela 18.1 – Cronograma físico-financeiro.

| Barragem B1 – Mina Ipê | | | | | | | | |
|--|-------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Cenário da descaracterização em um período estimado de 2 anos. | | | | | | | | |
| Período | | ANO 1 | | | | | | Total Anual |
| Mês | | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | |
| Valor | (R\$) | 1.094.626 | 1.094.626 | 1.094.626 | 1.094.626 | 1.094.626 | 1.094.626 | 6.567.756 |
| | (%) | 7,65% | 7,65% | 7,65% | 7,65% | 7,65% | 7,65% | 45,90% |
| Acumulado | (R\$) | 1.094.626 | 2.189.252 | 3.283.878 | 4.378.504 | 5.473.130 | 6.567.756 | 6.567.756 |
| | (%) | 7,65% | 15,30% | 22,95% | 30,60% | 38,25% | 45,90% | 45,90% |
| Período | | ANO 2 | | | | | | Total Anual |
| Mês | | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | |
| Valor | (R\$) | 1.290.419 | 1.290.419 | 1.290.419 | 1.290.419 | 1.290.419 | 1.290.406 | 7.742.501 |
| | (%) | 9,02% | 9,02% | 9,02% | 9,02% | 9,02% | 9,02% | 54,10% |
| Acumulado | (R\$) | 7.858.175 | 9.148.594 | 10.439.013 | 11.729.432 | 13.019.851 | 14.310.257 | 14.310.257 |
| | (%) | 54,91% | 63,93% | 72,95% | 81,97% | 90,98% | 100,00% | 100,00% |

19. Cronograma das Obras de Descaracterização

Na Figura 19.1 é apresentado um cronograma das obras de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê considerando desde os serviços preliminares e as obras de descaracterização propriamente dito.

Ressalta-se que foi considerada a operação do poço de rebaixamento durante todas as etapas de descaracterização (remoção da barragem). O sistema somente poderá ser desligado se o fator de segurança para o carregamento não drenado liquefeito tenha atingido o valor de 1,1 exigido pela TR FEAM e se mantenha nesta condição mesmo sem a operação desse poço.

Este cronograma deverá ser atualizado de acordo com o andamento dos serviços.

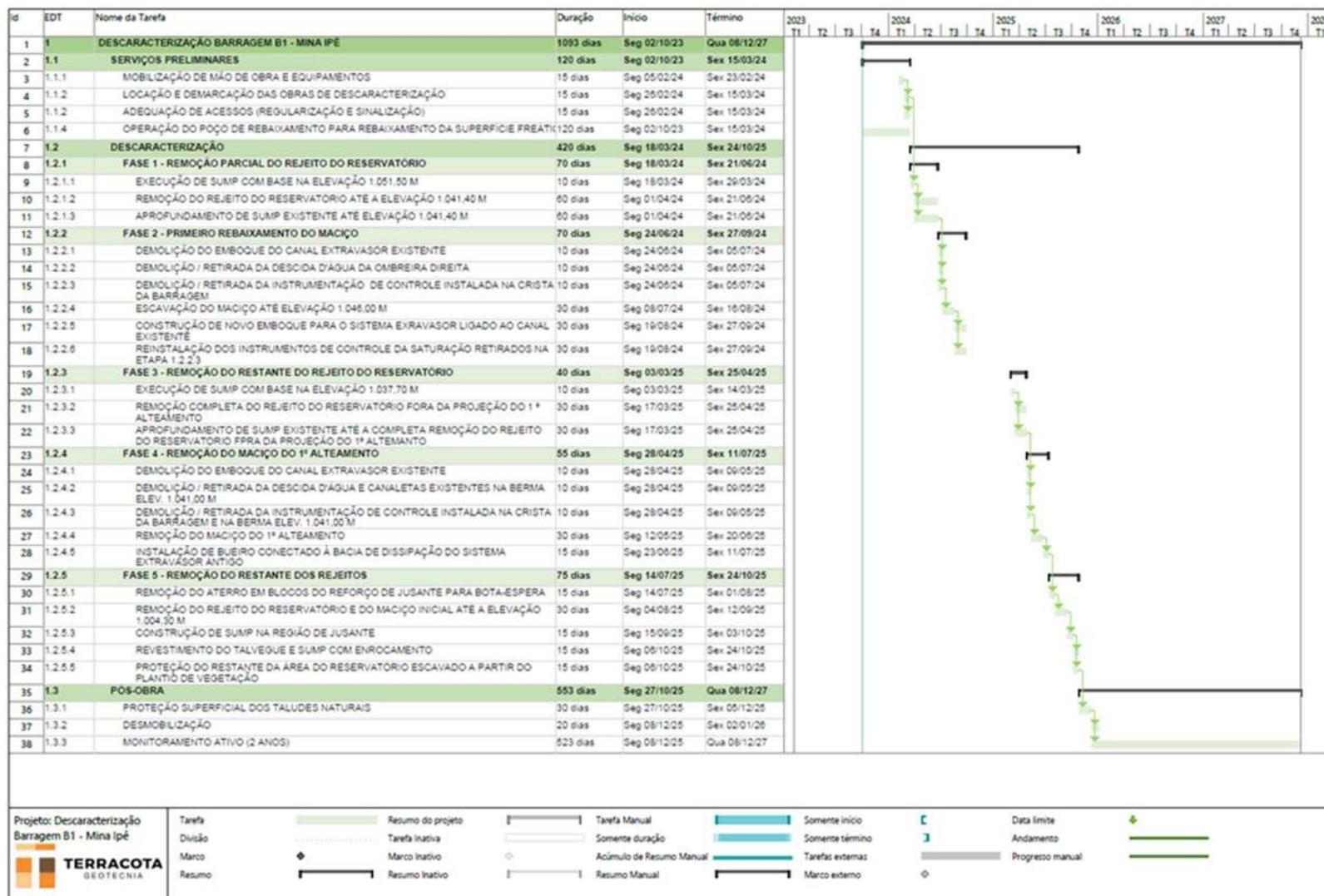


Figura 19.1 – Cronograma preliminar das obras de descaracterização.

20. Informações Adicionais ao Projeto de Descaracterização

| DESCRIÇÃO | INFORMAÇÕES |
|--|--|
| Licenças ambientais que contemplam a barragem, informando fases licenciadas (licença prévia, licença de instalação, licença de operação e suas renovações) e seus prazos de validade; | Licença 1: Antiga licença de operação da Barragem B1 – Mina Ipê se insere âmbito da Mina Ipê (Antiga Minerminas). Licença LO 214 em anexo. |
| Indicar o(s) prédio(s) público(s), residência(s) e/ou comunidade(s) potencialmente impactado(s) pelo trânsito de veículos nas vias de acesso a serem utilizadas durante as obras de descaracterização da barragem. | Serão utilizadas somente as estradas internas e eventualmente a passagem inferior da BR 381. Portanto não há prédios públicos nas rotas. |
| Indicar a(s) captação(ões) de água existente(s) para abastecimento público a jusante da barragem até a ZAS e ZSS. Existindo captação de água a jusante da estrutura, informar quais serão as medidas mitigadoras e emergenciais a serem implementadas visando a continuidade do abastecimento público em caso de evento adverso. | Informações presentes na Seção III do PAEBM. |
| Verificar se as obras de descaracterização implicarão em atividade passível de licenciamento ambiental em âmbito estadual – conforme art. 2º da Deliberação Normativa do Copam nº 217/2017 – ou municipal e, se for o caso, formalizar o devido processo junto ao órgão ambiental competente. | O material retomado da barragem será disposto em cavas localizadas na Mina Tico-Tico devidamente licenciadas para tal atividade, conforme certificado LAS-RAS Nº 002/2023 em anexo. |
| Para intervenção em recurso hídrico, verificar necessidade de regularização de uso de recursos hídricos junto ao IGAM. | O poço de rebaixamento do lençol freático teve sua implantação regularizada através da Autorização de Perfuração em anexo. O processo de outorga de captação encontra-se em fase de regularização. |
| Para supressão de vegetação ou intervenção em Área de Preservação Permanente (APP) verificar necessidade de autorização do órgão ambiental competente. | Não há previsão de impacto em áreas que necessitem de supressão vegetal ou intervenção em APP. |
| Avaliar os potenciais impactos adversos sobre o ar e a água, e suas consequências para as comunidades do entorno. Prever medidas mitigadoras para tais impactos. | Apresentado no relatório elaborado pela empresa Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. (IPE.OP.RL.8000.GT.20.572). |

21. Lista de Desenhos

| NUMERAÇÃO | | DESCRIÇÃO |
|--------------------------|---------------------|---|
| MMI | TERRACOTA | |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.652 | 16923-E-BA-DE-01-BP | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Base Primitiva - Planta |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.653 | 16923-E-BA-DE-02-BT | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Base Topográfica – Planta e Seção |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.654 | 16923-E-BA-DE-03-AG | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Arranjo Geral – Planta e Seção |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.655 | 16923-E-BA-DE-04-IC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Instrumentação de Controle – Planta, Seções e Detalhe |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.656 | 16923-E-BA-DE-05-EC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Escavação - Regularização do Reservatório - Planta e Seção |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.657 | 16923-E-BA-DE-06-EC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Escavação - Final 1ª Etapa - Planta e Seção |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.658 | 16923-E-BA-DE-07-EX | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Adequação Extravasor – Locação – Planta e Seções |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.659 | 16923-E-BA-DE-08-EX | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Adequação Extravasor – Planta e Seções |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.660 | 16923-E-BA-DE-09-AC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Acessos - Planta e Locação |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.661 | 16923-E-BA-DE-10-AC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Acessos - Perfil Longitudinal e Seções |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.662 | 16923-E-BA-DE-11-OC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sump e Canal - Planta, Seções e Locação |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.663 | 16923-E-BA-DE-12-OC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sump e Canal - Planta e Seções |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.664 | 16923-E-BA-DE-13-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 01/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.665 | 16923-E-BA-DE-14-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 02/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.666 | 16923-E-BA-DE-15-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 03/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.667 | 16923-E-BA-DE-16-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 04/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.668 | 16923-E-BA-DE-17-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 05/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.669 | 16923-E-BA-DE-18-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 06/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.670 | 16923-E-BA-DE-19-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 07/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.671 | 16923-E-BA-DE-20-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Plantas - Folha 08/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.672 | 16923-E-BA-DE-21-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 01/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.673 | 16923-E-BA-DE-22-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 02/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.674 | 16923-E-BA-DE-23-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 03/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.675 | 16923-E-BA-DE-24-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 04/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.676 | 16923-E-BA-DE-25-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 05/08 |

| NUMERAÇÃO | | DESCRIÇÃO |
|--------------------------|---------------------|---|
| MMI | TERRACOTA | |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.677 | 16923-E-BA-DE-26-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 06/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.678 | 16923-E-BA-DE-27-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 07/08 |
| IPE.OP.DE.8000.GT.20.679 | 16923-E-BA-DE-28-SC | Descaracterização Barragem B1 - Mina Ipê – Sequência Construtiva - Seções - Folha 08/08 |

22. Anexos

| | |
|--|---|
| | ANEXO A – LICENÇA DE OPERAÇÃO Formato: Adobe PDF (1 PÁGINA) |
| | ANEXO B – LICENÇA AMBIENTAL SIMPLIFICADA - RAS Formato: Adobe PDF (1 PÁGINA) |
| | ANEXO C – AUTORIZAÇÃO PERFURAÇÃO DO POÇO DE REBAIXAMENTO Formato: Adobe PDF (3 PÁGINAS) |
| | ANEXO D – DELIMITAÇÃO DA BARRAGEM Formato: kmz (1 ARQUIVO) |
| | ANEXO E – DELIMITAÇÃO DA ADA Formato: kmz (1 ARQUIVO) |
| | ANEXO F – DCE Formato: Adobe PDF (2 PÁGINAS) |
| | ANEXO G – ART Formato: Adobe PDF (2 PÁGINAS) |

23. Equipe Técnica
Empresa responsável por este relatório

| | | |
|----------------------|--|--------------------------|
| Razão social: | Terracota Consultoria e Projetos Ltda. | Tel.: +(55) 31 3786-4226 |
| CNPJ: | 29.794.420/0001-79 | +(55) 31 98303-5747 |

<https://terracota.pro>
 Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar, Santa Amélia, 31560-330.
 Belo Horizonte/MG, Brasil.

Equipe que participou da elaboração deste documento e responsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas

| Profissional | Formação | Nº Registro | Responsabilidade |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|---|
| Elias Josafá Cota | Eng. Civil Geotécnico | 1403750408 | Coordenador e Revisor do Projeto |
| Guilherme Pereira Pinto | Eng. Civil Geotécnico | 2014352674 | Estudos geotécnicos |
| Mauro Sérgio Verassani | Eng. Ambiental Hidrólogo | 1406671720 | Elaboração e Coordenação dos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos |
| Roberto Rangel Silva | Eng. Civil Hidrólogo | 1416269886 | Estudos hidráulicos |
| José Carlos Possas | Geólogo | 1406272221 | Mapeamento de superfície e estudos geológicos |
| Guilherme de Freitas Roriz Lima | Eng. Civil Geotécnico | 1015708625 | Estudos geotécnicos e Edição do Relatório |



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747

<https://terracota.pro>



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFÁ COTA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1403750408**

Registro: **0400000071537MG**

Empresa contratada: **TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000061457-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

RODOVIA BR-381

Nº: **KM 520**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R\$ 210.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381 , KM 520

Nº: **00**

Complemento:

Bairro: **ZONA RURAL**

Cidade: **BRUMADINHO**

UF: **MG**

CEP: **35460000**

Data de Início: **09/01/2023**

Previsão de término: **31/03/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

Quantidade

Unidade

80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DE DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lcpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE 23 de FEVEREIRO de 2023

Local

data

Assinado de forma digital por ELIAS JOSAFÁ COTA:99257254615
 Dados: 2023.02.23 10:03:35 -03'00'

ELIAS JOSAFÁ COTA - CPF: 992.572.546-15
MINERAÇÃO MORRO DO
IPÊ S.A.:22902554000117

Assinado de forma digital por MINERACAO MORRO DO IPE S.A.:22902554000117
 Dados: 2023.02.24 08:31:37 -03'00'

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: bABA5
 Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:56 por: , ip: 200.25.56.70





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231866125

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Valor da ART: **R\$ 254,59**

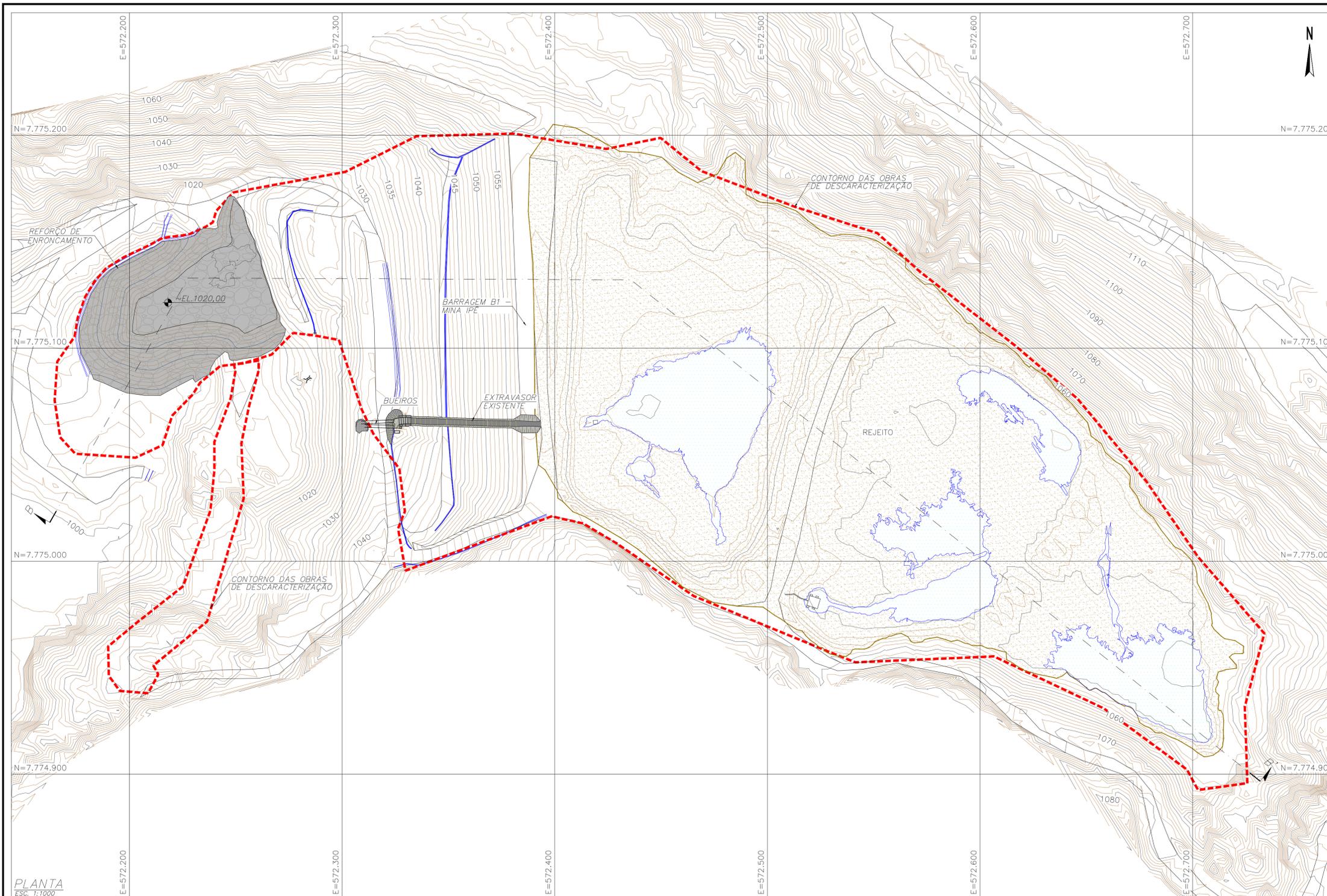
Registrada em: **23/02/2023**

Valor pago: **R\$ 254,59**

Nosso Número: **8600951640**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: bABA5
Impresso em: 23/02/2023 às 09:58:57 por: , ip: 200.25.56.70

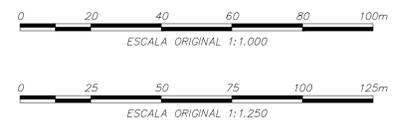




PLANTA
ESC. 1:1000

LEGENDA:

- CURVAS DE NIVEL
- EXTRAVASOR EXISTENTE
- MACIÇO DA BARRAGEM (SEÇÃO)
- ÁGUA
- REJEITO RESERVATÓRIO
- REJEITO ANTIGO (SEÇÃO)
- LIMITE DO REJEITO (PLANTA)
- DRENAGEM SUPERFICIAL
- BUEIROS Ø1200mm
- CONTORNO DAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO
- BLOCOS
- REFORÇO DE ENRONCAMENTO

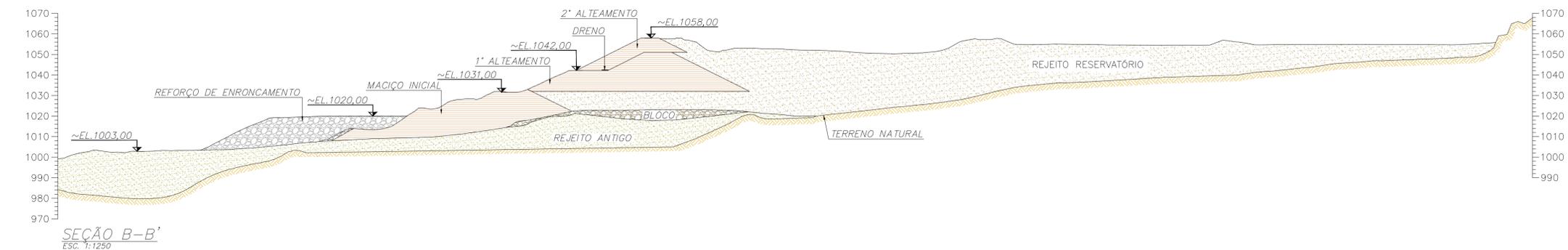


NOTAS

1. DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E PROJEÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM DATUM SIRGAS2000.
3. A BASE TOPOGRÁFICA UTILIZADA FOI FORNECIDA PELO CLIENTE EM 03/05/2022. DESENHO B1 IPE E B1 A.dwg

REFERÊNCIA

- 1 - RELATÓRIO TÉCNICO: 1 - RELATÓRIO TÉCNICO: IPE.OP.RL.8000.GT.20.560.
- 2 - BASE TOPOGRÁFICA: B1 IPE E B1 A.dwg



SEÇÃO B-B'
ESC. 1:1250

| REV. | DATA | TIPO | POR | DESCRIÇÃO DAS REVISÕES |
|------|----------|------|-------|--|
| 02 | 30/11/23 | E | E.J.C | ATENDENDO COMENTÁRIOS / INCLUSÃO DO REFORÇO DE JUSANTE |
| 01 | 24/02/23 | E | E.J.C | APROVADO PARA CONSTRUÇÃO |
| 00 | 14/02/23 | C | E.J.C | EMISSIONAL INICIAL |

| TIPO EMISSÃO | EMISSÕES | | | |
|--------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|--------------|
| | (A) PRELIMINAR | (E) PARA CONSTRUÇÃO | (I) PARA COMENTÁRIOS | (J) APROVADO |
| | (B) PARA APROVAÇÃO | (F) CONFORME COMPRADO | (K) APROVADO | (L) APROVADO |
| | (C) PARA CONHECIMENTO | (G) CONFORME CONSTRUÍDO | (M) APROVADO | (N) APROVADO |
| | (D) PARA COTAÇÃO | (H) CANCELADO | (O) APROVADO | (P) APROVADO |

IPÊ **portosudeste**

TERRACOTA
GEOTECNIA

MINA IPÊ

PROJETO EXECUTIVO
BARRAGEM B1 - MINA IPÊ
DESCARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM
BASE TOPOGRÁFICA
PLANTA E SEÇÃO

| | |
|--------------|----------|
| RESPONSÁVEL | DATA |
| PROJ. L.J.C | 14/02/23 |
| DES. W.W.R | 14/02/23 |
| VER. E.J.C | 14/02/23 |
| APROV. E.J.C | 14/02/23 |

Nº CLIENTE
IPE.OP.DE.8000.GT.20.653

ESCALA INDICADA
Nº TERRACOTA
16923-E-BA-DE-02-BT

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 2/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | APRESENTAÇÃO | 5 |
| 2 | DADOS CADASTRAIS | 7 |
| 3 | INTRODUÇÃO – TRATAMENTO DE ÁGUA..... | 8 |
| 4 | JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO..... | 11 |
| 5 | MEMORIAL DESCRITIVO..... | 16 |
| 5.1 | DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO..... | 16 |
| 5.2 | ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS..... | 17 |
| 6 | PARÂMETROS DE OPERAÇÃO E CONTROLE..... | 19 |
| 6.1 | POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH..... | 19 |
| 6.2 | TURBIDEZ..... | 19 |
| 6.3 | COR APARENTE | 19 |
| 6.4 | DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – DQO | 19 |
| 6.5 | DUREZA TOTAL | 20 |
| 6.6 | INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL | 20 |
| 6.7 | OUTRAS SUBSTÂNCIAS..... | 20 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 21 |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 3/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 – Exemplo de gerador de ozônio | 12 |
| Figura 2 – Níveis de Filtração por Membrana..... | 13 |
| Figura 3 – Estrutura PTFE da membrana e um modulo UF | 14 |
| Figura 4 – Exemplo de “Skid” de módulos de membrana | 15 |
| Figura 5 – Fluxograma simplificado da ETA..... | 17 |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 4/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|---|-----------|
| Quadro 1 – Resultado da análise laboratorial da água do rio Paraopeba..... | 8 |
| Quadro 2 – Parâmetros de qualidade da água tratada | 17 |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 5/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

1 APRESENTAÇÃO

O presente projeto tem por objetivo descrever as diretrizes para o fornecimento de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) em atendimento aos requisitos da Portaria Nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (MS), na qual define os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

O sistema de tratamento para o efluente será composto por: **Captação do manancial; Tanque de água bruta; Sistema de Ozonização (oxidação); Tanque pulmão; Sistema de filtração via filtro disco e de ultrafiltração (UF); Sistema de desinfecção e ajuste de pH e Tanque de água tratada.** Todo o resíduo gerado será encaminhado para a ETER.

Para definição de parâmetros, faixas de contribuição e dimensionamento de unidades para o sistema de tratamento de água, foram observadas as diversas Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, além de bibliografias específicas sobre o tema. Entre as normas utilizadas na elaboração do presente projeto estão:

- **NBR 12.211/1992** – *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.*
- **NBR 12.213/1992** - *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.*
- **NBR 12.214/2020** – *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.*
- **NBR 12.215/1991** – *Projeto de adutora de água para abastecimento público.*
- **NBR 12.216/1992** – *Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.*

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 6/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

- **NBR 12.217/1994** – *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.*
- **NBR 12.218/2017** – *Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.*
- **NBR 12.586/1992** – *Cadastro de sistema de abastecimento de água.*

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 7/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

2 DADOS CADASTRAIS

| | |
|------------------------|---|
| CLIENTE: | REAQT WATER TECHNOLOGIES LTDA |
| CNPJ: | 18.532.230/0001-67 |
| ENDEREÇO: | RUA FRADIQUE COUTINHO, 212, SALAS 43/44 - PINHEIROS |
| CEP: | 05416-000 |
| MUNICÍPIO: | SÃO PAULO - SP |
| EMPREENDIMENTO: | MINERAÇÃO MORRO DO IPE S.A. |
| CNPJ | 22.902.554/0001-17 |
| ENDEREÇO: | RODOVIA FERNÃO DIAS – BR 381 (PARTE), S/N - KM 520 – ZONA RURAL |
| CEP: | 35460-000 |
| MUNICÍPIO: | BRUMADINHO – MG |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 8/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

3 INTRODUÇÃO – TRATAMENTO DE ÁGUA

De acordo com a Lei 14.026/2020, o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) destina-se a alterar as características físicas, químicas e biológicas da água de um determinado manancial de modo a torná-la adequada ao consumo potável, isto é, própria para o consumo humano.

A empresa em questão, MINERAÇÃO MORRO DO IPE S.A – MMI, composta pelas minas Ipê e Tico-Tico, é uma mineradora que necessita de água potável para suprir a demanda dos seus colaboradores, estando localizada próximo ao rio Paraopeba, trecho situado em Brumadinho - MG.

A água bruta captada do rio será tratada na ETA proposta, tornando-se apta para o consumo, tendo ela as características descritas no Quadro 01 abaixo, conforme análise laboratorial realizada no dia 31/05/2024.

Quadro 1 – Resultado da análise laboratorial da água do rio Paraopeba

| Parâmetros | Unidade | Resultado | VMP* |
|----------------------------|---------|-----------|-------|
| Alcalinidade Total | mg/L | 12,6 | - |
| Dureza Total | mg/L | 26,5 | - |
| Fósforo Total | mg/L | 0,02 | 0,1 |
| pH (campo) | - | 6,6 | 6 – 9 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | 3,2 | > 5,0 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | 5,0 | 500 |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 9/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

| | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | 33,0 | 100 |
| Condutividade (campo) | µs/cm | 610,1 | - |
| Temperatura (campo) | °C | 18,5 | - |
| Turbidez (campo) | NTU | 7,8 | 100 |
| Nitrato | mg/L | 7,8 | 10 |
| Nitrogênio Amoniacal Total | mg/L | 0,5 | 3,7 |
| Cloreto | mg/L | 5,8 | 250 |
| Sódio | mg/L | 7,4 | - |
| DBO | mg/L | 18,7 | 5,0 |
| DQO | mg/L | 33,7 | - |
| Ferro Total | mg/L | 2,4 | 0,3 |
| Manganês Total | mg/L | 0,05 | 0,1 |
| Coliformes totais | NMP/100mL | > 160.000 | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | > 160.000 | 1000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100mL | > 160.000 | 1000 |

*VMP = Valor máximo permitido para águas classe II da Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG N.º 8.

Observa-se que quase a totalidade dos parâmetros indicados no quadro acima estão dentro do limite permitido para águas classe II segundo Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG N.º 8.

No entanto, destaca-se o desenquadramento dos parâmetros de DBO, DQO e Ferro Total demonstrando necessidade de tratamento específico da água bruta para atendimento aos parâmetros de potabilidade.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 10/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

Adicionalmente, fator recorrente em corpos hídricos superficiais, o índice de Sólidos Suspensos, também representados pelo parâmetro Turbidez, apresentam grande variação ao longo do ano, devido a variação do regime de chuvas nas diferentes épocas do ano.

Sendo assim, o tratamento concebido considerou uma faixa de variação de turbidez de 100NTU e com picos de até 200NTU para operação.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 11/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

4 JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO

Por causa das características do manancial e, conseqüentemente, da água bruta, definiu-se que o tratamento mais adequado para potabilização da água é o sistema de oxidação de ferro e matéria orgânica via ozonização, precedendo o sistema de filtração por membranas de Ultrafiltração (UF).

O emprego de ozônio para etapa de pré-oxidação se justifica pelo fato dele ser um agente oxidante forte e não seletivo, ou seja, é capaz de oxidar diversos tipos de elementos como ferro, manganês, matéria orgânica, etc., além de desinfectar a água.

Desse modo, essas substâncias serão oxidadas para substâncias inertes e poderão ser removidas nas etapas de filtração e UF. Para tanto, é requerido um tempo de contato mínimo entre o ozônio e o fluido de 30 minutos.

O ozônio é gerado por meio de um gerador com a utilização de oxigênio (O₂) do ar ambiente. Entretanto, no ar ambiente em média o oxigênio encontra-se na concentração de 21%, não sendo suficiente para a geração de ozônio usualmente prevista no projeto; assim, utiliza-se um concentrador de oxigênio. O concentrador de oxigênio tem a função de capturar o ar ambiente e concentrá-lo através do sistema PSA (*Pressure Swing Adsorption*), onde “peneiras moleculares” fazem a adsorção do nitrogênio do ar ambiente e permitem apenas a passagem do oxigênio, de forma que a sua concentração na saída do equipamento seja superior a 92%. As peneiras moleculares se regeneram constantemente liberando o nitrogênio adsorvido de volta para o próprio ar ambiente.

O oxigênio concentrado será inserido então diretamente na entrada do gerador de ozônio, e ao passar pelas câmaras geradoras de ozônio, por processo elétrico denominado “efeito corona”, o oxigênio na forma estável (O₂), é transformado em ozônio (O₃). Uma vez gerado, o ozônio é diretamente inserido no bico de sucção do injetor e dissolvido na água a ser ozonizada. Como ozônio é um gás muito instável, ele deve ser gerado em seu local de

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | REV. | 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 12/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

utilização; pois se for armazenado por exemplo em cilindros de gás, sempre volta a ser oxigênio.

A Figura 1 exemplifica um gerador de ozônio com capacidade de produção de até 25gO₃/h.



Figura 1 – Exemplo de gerador de ozônio

Fonte: O₃ Tecnologia

Já em relação à UF, na qual se baseia em processos físicos, onde que tudo o que não está dissolvido será retido pela parede da membrana. O permeado é coletado pelo lado de fora das fibras da membrana e transportada através do feixe de fibras e até o espaço central do filtrado, de onde é coletado para uso posterior: água ultrafiltrada. A Figura 2 ilustra os modelos de filtração por membrana, detalhando os níveis e tipos de materiais retidos.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 13/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

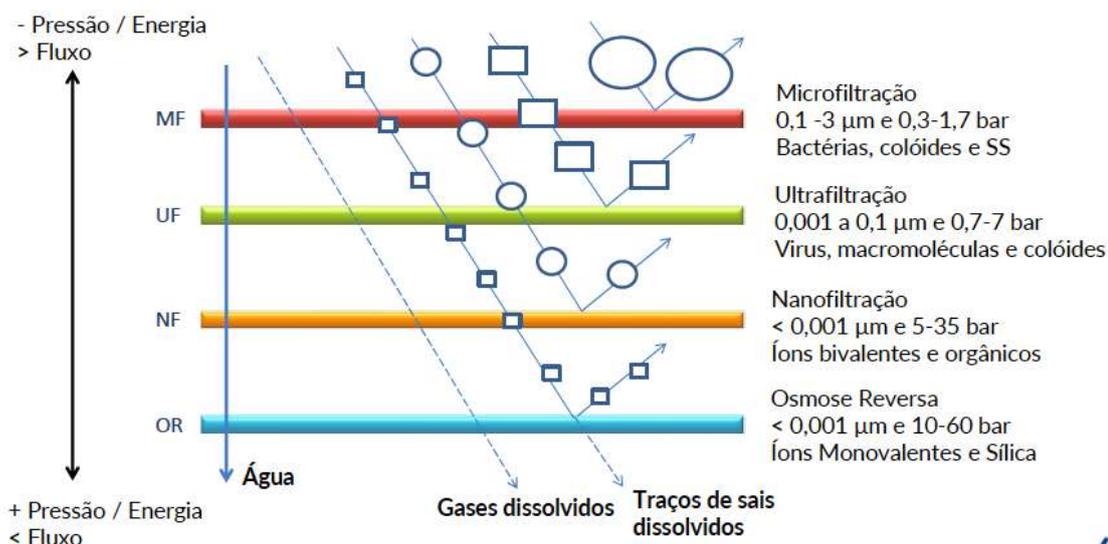


Figura 2 – Níveis de Filtração por Membrana

A UF retêm partículas maiores que um centésimo de um micron, além dos principais agentes patológicos como microrganismos, coloides, vírus e bactérias.

Vale ressaltar que a membrana da UF proposta neste projeto é fabricada em Politetrafluoretileno (PTFE), denominada Poreflon, fornecida pela Sumitomo Indústrias Elétrica, na qual é uma tecnologia de filtração de baixa pressão que oferece uma filtração contínua para remover partículas com tamanhos 0,1 micron (μm) ou menos por uma pressão inferior a 1,0 bar. A tecnologia da membrana PTFE fornece:

- Alta resistência mecânica permitindo uma aeração contínua para evitar incrustações de membranas sem ruptura;
- Resistência química superior que permite a limpeza de membranas por produtos químicos incluindo alcalinos e ácidos;
- Excelente resistência térmica até 200°C;
- Contínua capacidade de remoção de óleo, podendo ser lavada e recuperada.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 14/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

A Figura 3 ilustra a estrutura PTFE da membrana e um modulo UF.

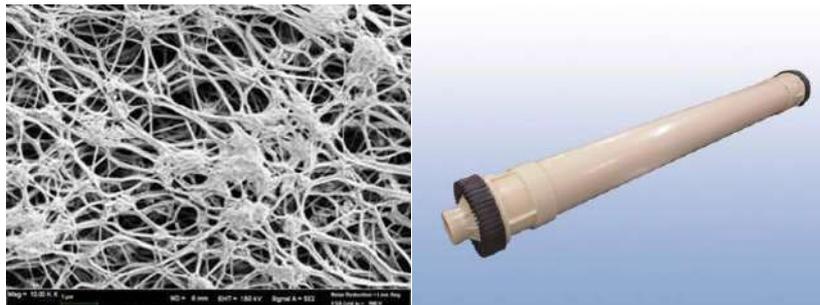


Figura 3 – Estrutura PTFE da membrana e um modulo UF

Fonte: Sumitomo Eletric

Ressalta-se que a eficiência da UF (> 94% recuperação água filtrada) somente é garantida com a adoção de 03 tipos de limpezas:

- Limpeza mecânica (automática): realizada com bomba específica e com auxílio de ar comprimido, remove material particulado aderido superficialmente às membranas (periodicidade horária);
- Limpeza química (automática): limpeza preventiva (cloro ou soda ou ácido cítrico), remove material adsorvido nos poros da membrana (periodicidade diária);
- Limpeza química – CIP: realizada soda cáustica e ácido cítrico, intercaladamente, com procedimento de molho e enxágue longos, dissolve e remove substâncias profundamente aderidas aos poros das membranas.

Por fim, devido ao fato de ser um sistema totalmente automatizado, obter-se-á uma água plenamente segura e confiável. A Figura 4 exemplifica “skids” de módulos de membrana.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | REV. | 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 15/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |



Figura 4 – Exemplo de “Skid” de módulos de membrana

Fonte: Sumitomo Eletric

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 16/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

5 MEMORIAL DESCRITIVO

5.1 DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO

A água bruta será coletada do manancial (Rio Paraopeba) e transportada por meio de rede adutora até o tanque de recepção, denominado tanque de água bruta. A montante desse tanque será instalado um medidor de vazão ultrassônico para seu controle. Neste tanque, ainda, será dosado um agente oxidante (ozônio) visando a oxidação de ferro e manganês, além de matéria orgânica residual, que serão retidos, à diante, no sistema de Filtração e UF.

Posteriormente, essa água seguirá por gravidade para o tanque pulmão, sendo dosado nesse trajeto um agente alcalinizante para ajuste de pH.

Após essa unidade, a água será pressurizada para o sistema de filtração formado por filtro de disco e, na sequência, UF. Salienta-se que, na linha que segue para esse sistema haverá um medidor/controlador de pH que estará vinculado com a dosadora de alcalinizante supracitado, bem como um medidor de turbidez para controle da água de entrada.

No sistema de UF haverá válvulas, registros, pressostatos, entre outros dispositivos para sua automatização e funcionamento adequado, além de bombas dosadores de ácido cítrico para limpeza química das membranas e de cloro para desinfecção da água tratada.

Por fim, a água seguirá para tanque de água tratada para, posteriormente, ser distribuída para todo empreendimento. A Figura 5 ilustra o fluxograma simplificado da ETA.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 17/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

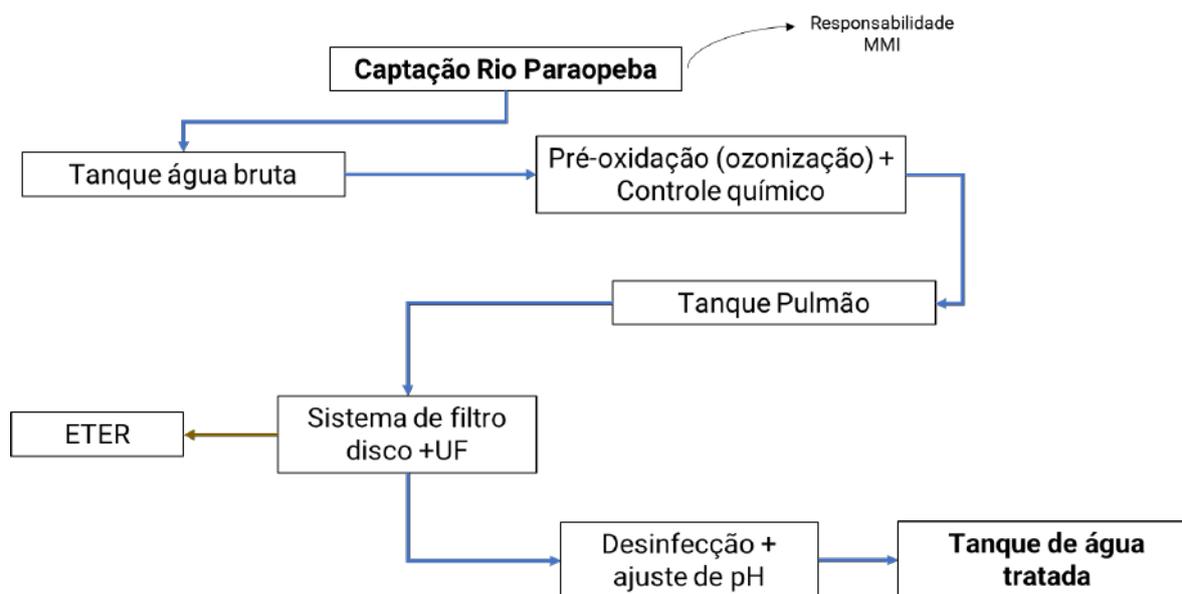


Figura 5 – Fluxograma simplificado da ETA

5.2 ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

Para atendimento dos requisitos de qualidade de água para fins potáveis, segue no Quadro 2 as referências adotadas, de acordo com a Portaria Nº 888/2021 do MS.

Quadro 2 – Parâmetros de qualidade da água tratada

| Parâmetros | Unidade | Valor |
|--------------|-------------------|-------|
| Vazão | m ³ /d | 87 |
| pH | - | 6 - 8 |
| Dureza Total | mg/L | < 300 |
| Cor aparente | uH | < 15 |
| Ferro | mg/L | < 0,3 |
| Manganês | mg/L | < 0,1 |
| Cloreto | mg/L | < 250 |

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 18/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

| | | |
|----------------------------|------|-------------------------|
| Turbidez | uT | 0,1 em 99% das amostras |
| Sólidos dissolvidos totais | mg/L | < 500 |
| Sódio | mg/L | < 200 |
| Cloro Residual Livre | mg/L | > 0,2 |
| Coliformes totais | VMP | Ausência em 100 mL |
| <i>Escherichia coli</i> | VMP | Ausência em 100 mL |

VMP = Valor Máximo Permitido

uH = Unidade de Hazen

uT = Unidade de Turbidez

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 19/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

6 PARÂMETROS DE OPERAÇÃO E CONTROLE

6.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. Esse parâmetro afeta diretamente as reações químicas no tratamento de água, bem como na saúde humana e animal.

6.2 TURBIDEZ

A turbidez é um parâmetro físico que mede a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz. Ele funciona como um importante parâmetro das condições adequadas para consumo da água. Essa característica é avaliada pela quantidade de partículas em suspensão, que interferem na propagação da luz pela água.

Em resumo, a turbidez se traduz na redução da transparência da água devido à presença desses materiais sólidos flutuando. É um parâmetro de fácil análise, utilizado para um acompanhamento mais frequente nas operações.

6.3 COR APARENTE

A cor é uma característica física estética. Quando a água apresenta alguma coloração, em geral ela é decorrente da existência de substâncias dissolvidas no líquido, já que a água potável deve ser incolor a olho nu.

Quando ela adquire alguma cor, significa que está com uma quantidade muito alta de algum elemento, como o ferro ou manganês, ou presença de algas. Isso nem sempre significa que a água não está potável, mas é um fator importante para se atentar.

6.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – DQO

O cloro é uma substância utilizada para oxidar a matéria orgânica proveniente dos mananciais e que possam aparecer na rede de distribuição. Isso significa que ele elimina ou

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 20/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

impede que bactérias, vírus e protozoários causadores de doenças surjam e se multipliquem no percurso da ETA até as residências, por exemplo.

Ele é adicionado à água durante o tratamento feito na ETA em quantidades seguras para consumo humano. Por isso, a presença desse elemento é um indício de que a água passou pelos processos de desinfecção e está própria para ser distribuída à população.

6.5 DUREZA TOTAL

Esse parâmetro de qualidade da água diz respeito à concentração de minerais presentes na água, como cálcio e magnésio. Quanto maior a quantidade desses elementos, mais duro é considerado este insumo.

6.6 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL

A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (E. coli) é um indicador de contaminação fecal na água. Essas bactérias podem causar doenças gastrointestinais graves. É essencial realizar análises regulares para garantir que a água potável esteja livre dessas bactérias. Os valores aceitáveis de coliformes totais e E. coli devem ser zero para a água destinada ao consumo humano.

6.7 OUTRAS SUBSTÂNCIAS

Diversas substâncias químicas podem estar presentes na água potável, como pesticidas, metais pesados e produtos químicos industriais. Essas substâncias representam riscos à saúde humana e devem ser monitoradas. As diretrizes de qualidade da água potável indicam os limites aceitáveis dessas substâncias e a rotina de análises laboratoriais para garantir a conformidade.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 21/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12.211 – Estudos de concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12.212 – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12.213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12.214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 12.215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. NBR 12.217 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. NBR 12.218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria Nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2021.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Vol. 01. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

HELLER, L; W. L. PÁDUA. Abastecimento de água para consumo humano. 2006, Ed. UFMG, 859p.

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3850 | Nº MMI. | MMITT-3850-CIV-MD-RQT-001 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | COORDENAÇÃO | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 22/22 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Água (ETA) | | | | |

LIBÂNEO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3 ed. Campinas: Editora Átomo, 2010. 496p.

MACKENZIE. D. Tratamento de águas para abastecimento e residuárias - princípios e práticas. Elsevier. 1ª Edição. 2016. 824p.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM)/Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) nº 8, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2022.

RICHTER, C.A. AZEVEDO NETTO, J.M. Tratamento de água – tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.332p.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
2620241407357

1. Responsável Técnico

CESAR ARGENTIERI FERREIRA

Título Profissional: **Engenheiro Ambiental**

Empresa Contratada: **REAQT WATER TECHNOLOGIES LTDA**

RNP: **2614445770**

Registro: **5069576749-SP**

Registro: **1979151-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

Endereço: **Área RURAL**

Nº: **520**

Complemento: **BR-381 KM520**

Bairro: **ÁREA RURAL DE BRUMADINHO**

Cidade: **Brumadinho**

UF: **MG**

CEP: **32499-899**

Contrato:

Celebrado em: **12/04/2024**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **120000,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rua FRADIQUE COUTINHO**

Nº: **212**

Complemento: **SALA 43**

Bairro: **PINHEIROS**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **05416-000**

Data de Início: **12/04/2024**

Previsão de Término: **31/12/2024**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

| | | | Quantidade | Unidade | |
|-------------------------------|----------------|---|---|-------------------|------------------------|
| Elaboração 1 | Projeto | de sistema de abastecimento de água | estação de tratamento de água | 3660,00000 | litros por hora |
| | Projeto | de sistema de esgoto/resíduos líquidos | estação de tratamento de efluentes líquidos domésticos | 2583,00000 | litro por hora |

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Estação de Tratamento de Água (ETA) composta pelas tecnologias de oxidação avançada (ozonização), ultrafiltração e desinfecção final. Matriz de água proveniente de corpo hídrico superficial e previsão de potabilidade para consumo humano. Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos (ETE) concebida com tratamento biológico MBBR, com unidades auxiliares de tratamento considerando equalização de vazão, decantação secundária (alta taxa), filtração e desinfecção do efluente final para reuso em fins não potáveis. Unidade de desidratação de lodo gerado.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

Nenhuma

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 15 de agosto de 2024

Local data

CESAR ARGENTIERI FERREIRA - CPF: 326.471.818-96

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

Valor ART R\$ 262,55

Registrada em: 15/08/2024

Valor Pago R\$ 262,55

Nosso Numero: 2620241407357

Versão do sistema

Impresso em: 15/08/2024 16:21:53

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

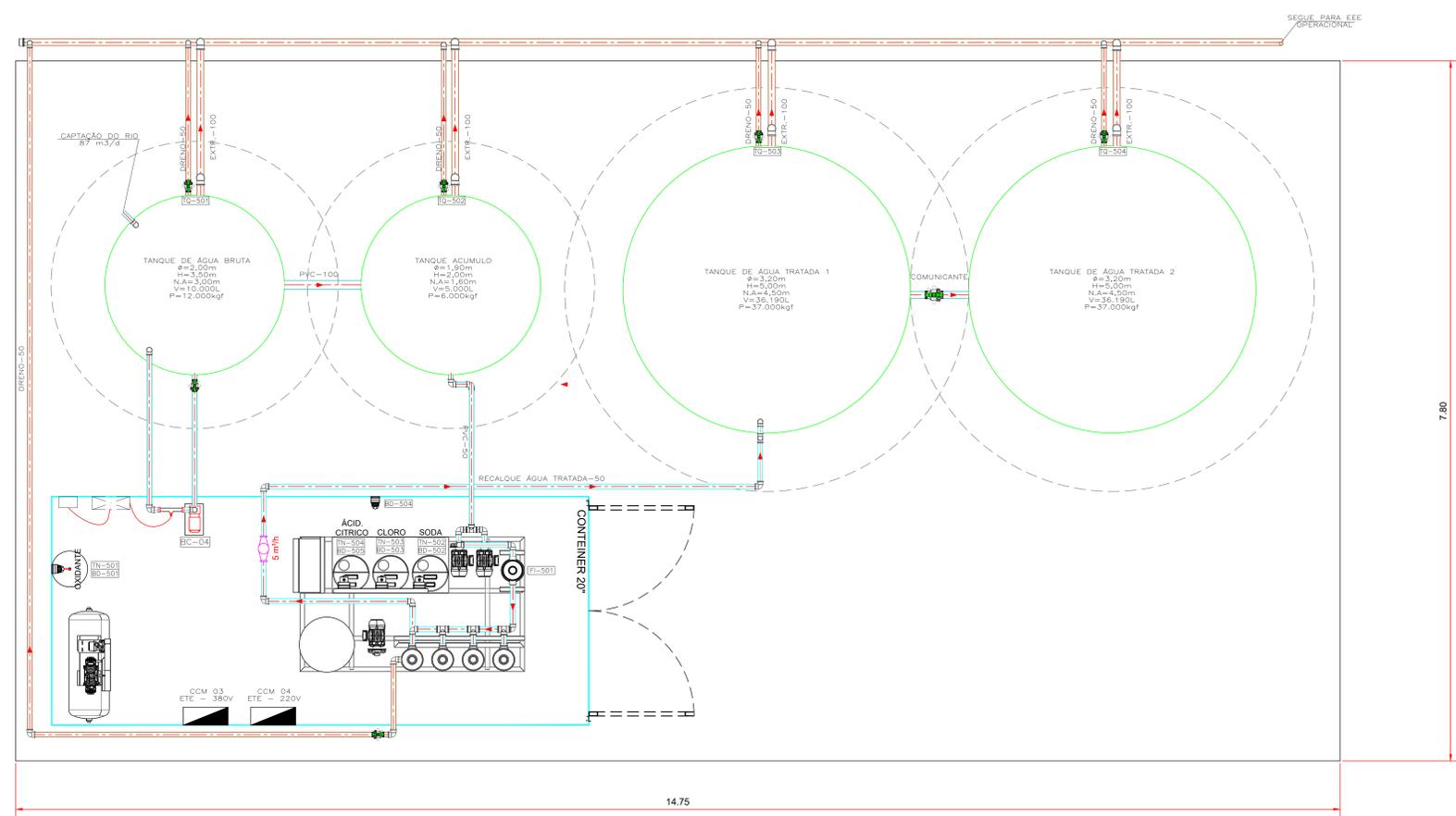
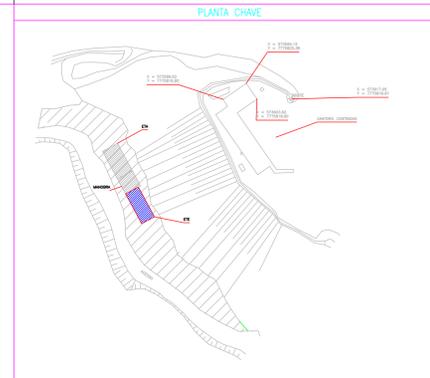
www.creasp.org.br
Tel: 0800 017 18 11

E-mail: [acessar link Fale Conosco](#) do site acima



CESAR ARGENTIERI
FERREIRA:32647181896

Digitally signed by CESAR
ARGENTIERI
FERREIRA:32647181896
Date: 2024.08.15 17:26:08 -03'00'



PLANTA BAIXA DA ETA
ESC 1:25

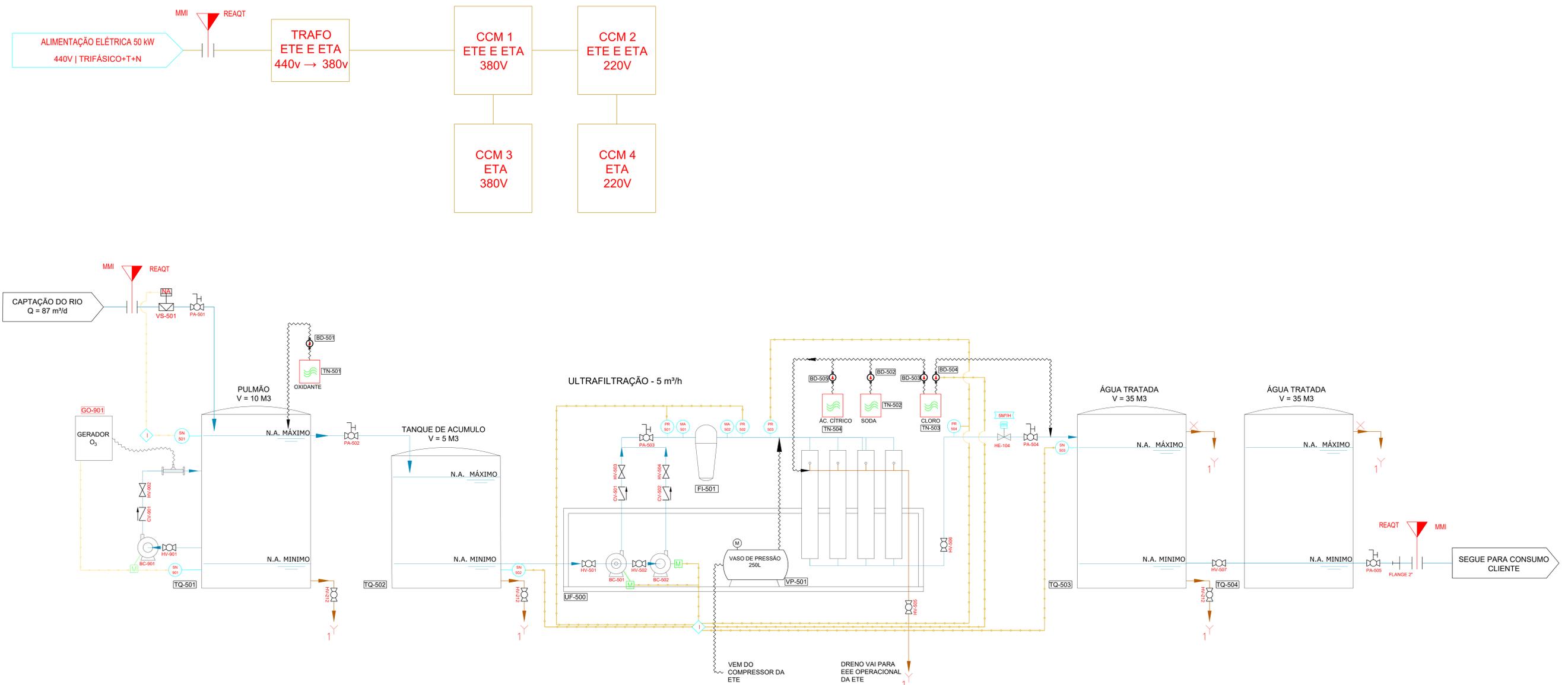
| FAZENDA DE FOLHAS |
|-------------------|
| 01 |
| 02 |
| 03 |
| 04 |
| 05 |
| 06 |
| 07 |
| 08 |
| 09 |
| 10 |
| 11 |
| 12 |
| 13 |
| 14 |
| 15 |
| 16 |
| 17 |
| 18 |
| 19 |
| 20 |

| DIMENSÕES EM METROS | | NOTAS |
|---------------------|-------|-------|
| 1 | 14,75 | |
| 2 | 7,80 | |

| DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | |
|--------------------------|---|
| 1. | 24.000-MMI-ETA-FLU-001-R00 - FLUXOGRAMA BASICO DE PROCESSO DA ETA |

| REV. | T.E. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VER. | APR. | DATA |
|------|------|---------------------------------------|-------|------|------|----------|
| 01 | A | REVISÃO GERAL ATENDENDO A COMENTÁRIOS | JHN | CES | LL | 15/06/24 |
| 00 | A | PROJETO PRELIMINAR DA ETA | JHN | CES | LL | 24/05/24 |

| | | |
|----------------|----------------------------|------------------------|
| | | PROJETO: ETA |
| UNIDADE: | PELLET FEED TÍCO TÍCO | |
| ÁREA: | 3850 | |
| FASE: | ENGENHARIA DE DETALHAMENTO | |
| DISCIPLINA: | CIVIL | |
| TÍTULO: | PLANTA BAIXA DA ETA | |
| ESCALA: | 1: N | |
| Nº CONTRATADA: | MMITT-3850-CIV-DE-ROT-001 | Nº MMR: |
| | | REVISÃO: |
| | | 01 |



| SIMBOLOGIA DAS LINHAS DE CONDUÇÃO E SINAIS | | SIMBOLOGIA DE VÁLVULAS | | SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTOS | |
|--|----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| — LINHA PROCESSO | — LINHA DE COMANDO | — ESCOPO DE FORNECIMENTO | — VÁLVULA DE RETENÇÃO | — VÁLVULA BORBOLETA TIPO WAFER | — VÁLVULA BOA |
| — LINHA DE LODO E RETORNO | — LINHA DE MANGUEIRA | — EXTRAVASADOR | — VÁLVULA DE ESFERA | — VÁLVULA DE AMOSTRAGEM | — VÁLVULA GAVETA |
| — LINHA DE REUSO TRATADO | — LINHA DE DE AR | — RETORNO EEE OPERACIONAL 1 | — BOMBA DOSADORA | — CONEXÃO FLANGIADA | |
| — LINHA DE EXTRAVASORES E DRENOS | | | | | |

NOTAS

- DIMENSÕES EM METROS
- PROJETO ORIENTATIVO APOIADO POR DESENHOS DE ARQUITETURA, LAYOUT CIVIL E ELÉTRICA.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 24.000-MMI-ETA-LAY-001-ROD - LAYOUT DE POSIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

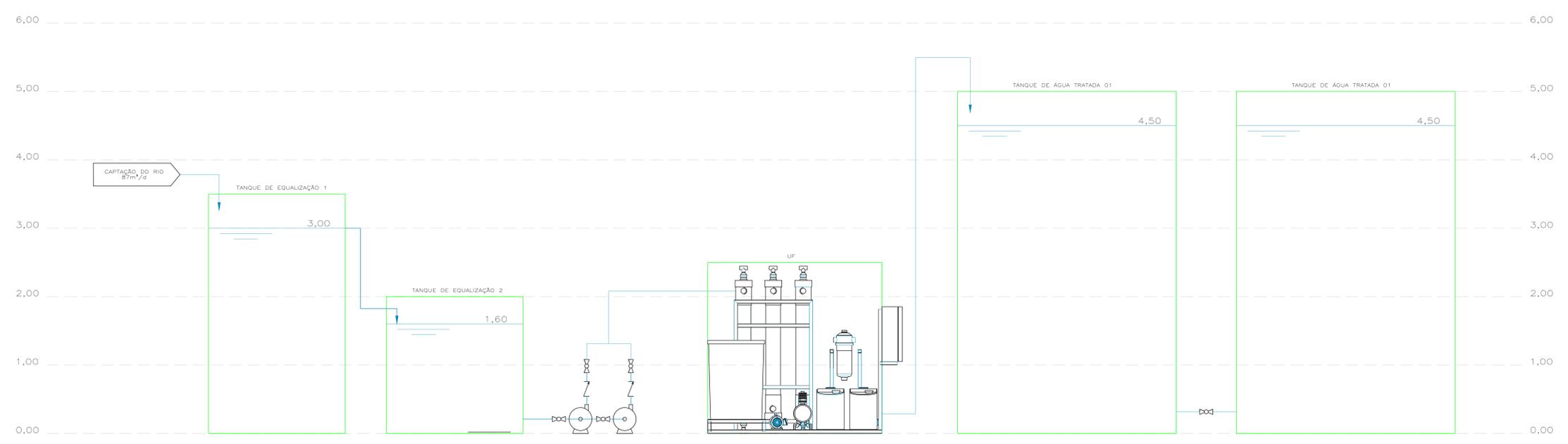
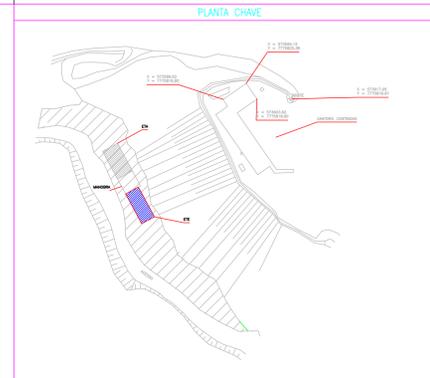
| REVISÃO | | REVISÃO | | REVISÃO | | |
|---------|------|---------------------------------------|-------|---------|------|----------|
| REV. | T.E. | DESCR.ÇÃO | ELAB. | VER. | APR. | DATA |
| 01 | A | REVISÃO GERAL ATENDENDO A COMENTÁRIOS | JHS | CES | LL | 24/07/24 |
| 00 | A | PROJETO PRELIMINAR DA ETA | JHN | CES | LL | 24/05/24 |

| REVISÃO | | REVISÃO | | REVISÃO | | |
|---------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------|------------------|
| REV. | T.E. | DESCR.ÇÃO | ELAB. | VER. | APR. | DATA |
| A | PRELIMINAR | CANCELADO | PARA COMPRA | CONFORME COMPRADO | CERTIFICADO | PARA CUMPRIMENTO |
| B | PARA APROVAÇÃO | PARA DETALHAMENTO | PARA CONSTRUÇÃO | CONFORME CONSTRUÍDO | CERTIFICADO | PARA CUMPRIMENTO |
| C | PARA CONHECIMENTO | PARA COTAÇÃO | PARA FABRICAÇÃO | CONFORME FABRICADO | CERTIFICADO | PARA CUMPRIMENTO |

| UNIDADE | ÁREA | FASE | DISCIPLINA | TÍTULO |
|-----------------------|------|----------------------------|------------|----------------------------|
| PELLET FEED TÍCO TÍCO | 3850 | ENCENHARIA DE DETALHAMENTO | CIVIL | FLUXOGRAMA DE PROCESSO ETA |

| ESCALA | Nº CONTRATADA | Nº MMR | Nº PROJETO |
|--------|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1: N | MMIT-3850-CIV-FL-R01-001 | MMIT-3850-CIV-FL-R01-001 | 01 |

| PLANO DE FOLHA | CONTINUAÇÃO | ESPEC. |
|----------------|-------------|--------|
| 1 | 7 | 01 |
| 2 | 7 | 02 |
| 3 | 7 | 03 |
| 4 | 7 | 04 |
| 5 | 7 | 05 |
| 6 | 7 | 06 |
| 7 | 7 | 07 |
| 8 | 7 | 08 |
| 9 | 8 | 09 |
| 10 | 10 | 09 |



PERFIL HIDRÁULICO ETA
ESC 1:25

| | |
|----|----|
| 1 | 01 |
| 2 | 02 |
| 3 | 03 |
| 4 | 04 |
| 5 | 05 |
| 6 | 06 |
| 7 | 07 |
| 8 | 08 |
| 9 | 09 |
| 10 | 10 |

| DIMENSÕES EM METROS | | NOTAS |
|---------------------|--|-------|
| | | |

| DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | |
|--------------------------|--|
| 1. | 24-000-MMI-EET-FLU-201-R00 - FLUXOGRAMA BASICO DE PROCESSO |

| REV. | T.E. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VER. | APR. | DATA |
|------|------|-------------------------------------|-------|------|------|----------|
| 01 | A | REVISÃO GERAL ATENDENDO COMENTÁRIOS | JHN | CES | LL | 16/06/24 |
| 00 | A | PROJETO PRELIMINAR DA ETA | JHN | CES | LL | 24/05/24 |

| | | | |
|------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|
| | | | PROJETO: ETA |
| UNIDADE | PELLET FEED TICO TICO | | |
| ÁREA | 3850 | | |
| FASE | ENGENHARIA DE DETALHAMENTO | | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | |
| TÍTULO | PERFIL HIDRÁULICO DA ETA | | |
| ESCALA | Nº CONTRATADA: | Nº MMI: | REVISÃO |
| 1: N | MMITT-3850-CIV-FL-RQT-002 | MMITT-3850-CIV-FL-RQT-002 | 01 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 2/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | APRESENTAÇÃO | 5 |
| 2 | DADOS CADASTRAIS | 6 |
| 3 | INTRODUÇÃO – TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS | 7 |
| 4 | JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO | 9 |
| 5 | MEMORIAL DESCRITIVO..... | 11 |
| | 5.1 DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO | 11 |
| | 5.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO..... | 11 |
| | 5.3 DESTINAÇÃO FINAL DE EFLUENTE | 13 |
| 6 | PARÂMETROS DE OPERAÇÃO E CONTROLE..... | 15 |
| | 6.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH..... | 15 |
| | 6.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO – OD | 15 |
| | 6.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO | 16 |
| | 6.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – DQO..... | 16 |
| | 6.5 NUTRIENTES | 16 |
| | 6.6 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E VOLÁTEIS | 17 |
| | 6.7 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL | 17 |
| | 6.8 COR DO LODO..... | 17 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 3/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma simplificado da ETER13

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 4/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de saída da ETER em comparação da DN conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022

..... 14

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 5/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

1 APRESENTAÇÃO

O presente projeto tem por objetivo descrever as diretrizes para o fornecimento de uma Estação de Tratamento de Efluente e Reuso (ETER), em atendimento aos requisitos das resoluções CONAMA 357/2005, 430/2011 e Deliberação Normativa (DN) conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022; além de visar o reuso do efluente tratado.

O sistema de tratamento para o efluente será composto por processo biológico de **IFAS (Integrated Fixed film Activated Sludge ou Lodos Ativados com Leito Móvel)**, precedido **Tanque de Equalização com controle de pH; seguido por Decantador Secundário e Sistema de Filtração e Desinfecção, além de tratamento para lodo gerado via sistema de desidratação por Filtro Prensa (FP).**

Para definição de parâmetros, faixas de contribuição de esgoto e dimensionamento de unidades para o sistema de tratamento de esgoto sanitário, foram observadas as diversas Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, além de bibliografias específicas sobre o tema. Entre as normas utilizadas na elaboração do presente projeto estão:

- **NBR 9.648/1986** – *Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.*
- **NBR 9.649 /1986** – *Projeto de redes coletoras de esgotos sanitários;*
- **NBR 12.207/1989** – *Projeto de interceptores de esgotos sanitários;*
- **NBR 12.587/1989** – *Cadastro de sistema de esgotos sanitários;*
- **NBR 17.076/2024** – *Projetos de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos;*
- **NBR 8.160/1999** – *Sistemas prediais de esgotos sanitários.*
- **NBR 12.209/2011** – *Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.*

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 6/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

2 DADOS CADASTRAIS

| | |
|------------------------|---|
| CLIENTE: | REAQT WATER TECHNOLOGIES LTDA |
| CNPJ: | 18.532.230/0001-67 |
| ENDEREÇO: | RUA FRADIQUE COUTINHO, 212, SALAS 43/44 - PINHEIROS |
| CEP: | 05416-000 |
| MUNICÍPIO: | SÃO PAULO - SP |
| EMPREENDIMENTO: | MINERAÇÃO MORRO DO IPE S.A. |
| CNPJ | 22.902.554/0001-17 |
| ENDEREÇO: | RODOVIA FERNÃO DIAS – BR 381 (PARTE), S/N - KM 520 – ZONA RURAL |
| CEP: | 35460-000 |
| MUNICÍPIO: | BRUMADINHO – MG |

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 7/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

3 INTRODUÇÃO – TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS

De acordo com a Lei 14.026/2020, o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

As pesquisas sobre saneamento básico ainda têm indicado a existência de um grau significativo de deficiência no fornecimento desses serviços no Brasil. Embora o abastecimento público de água já alcance mais de 80% da população, os sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários ainda são bastante precários e cobrem apenas uma pequena parcela das habitações e dos empreendimentos brasileiros.

Inúmeros danos ambientais e inconvenientes à população são causados devido a esse déficit no saneamento básico. O lançamento dos esgotos sem tratamento adequado nos corpos hídricos gera problemas como:

- Gosto e odor às fontes de abastecimento de água, produzidos pela matéria orgânica solúvel;
- Cor e turbidez indesejáveis ao ponto de vista estético;
- Ocorrência da eutrofização, causado pelo aumento da concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo);
- Presença de óleos e materiais flutuantes, indesejáveis esteticamente e que interferem na decomposição biológica;
- Materiais em suspensão, que podem formar bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgoto.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 8/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

Além destes inconvenientes, inúmeras doenças podem ser transmitidas pela disposição inadequada dos esgotos. Mais de 25 mil mortes por dia ocorrem em todo o mundo devido ao consumo de água de qualidade inadequada, ou mesmo a falta deste recurso.

Devido à crescente conscientização da população em relação aos problemas causados pela falta de saneamento básico, novas tecnologias para tratamento de esgoto foram surgindo. Várias técnicas de tratamento de esgoto são conhecidas e aplicadas atualmente. Os sistemas mais comuns são: lagoas de estabilização, lodos ativados e variantes, filtros biológicos e variantes, tratamento anaeróbio e disposição no solo.

Ademais, dado o cenário hídrico nacional, faz-se necessário avaliar o reuso do efluente tratado. Visto que, na quase totalidade das vezes, essa alternativa é mais vantajosa do que utilizar água bruta para suprir algumas demandas menos nobres como limpeza de vias de acesso ou rega de jardim, por exemplo.

Fica assim evidente a economia proporcionada pelo tratamento e reuso de efluentes, pois além de economizar em recursos e ajudar o meio ambiente, mostram uma imagem positiva para empresas e potenciais clientes, de que tal empresa é responsável socialmente e ambientalmente.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 9/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

4 JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO

Por causa das características do efluente gerado, definiu-se que o tratamento mais adequado para a realização do tratamento do efluente seria por meio de processo biológico via IFAS.

O conceito de IFAS, conhecido também por Lodos Ativados com Leito Móvel, foi desenvolvido na Noruega como um processo compacto baseado em agregar biofilme em sistema com biomassa suspensa. O objetivo foi aliar as melhores características do processo de lodos ativados, bem como processos com biofilme, como por exemplo, biofiltro aerado submerso.

A introdução de meio suporte no reator biológico propicia maior disposição de área superficial para a fixação e crescimento dos microrganismos decompositores e elevação do tempo de residência celular, além de um menor tempo de detenção hidráulica (TDH). A formação de biomassa aderida, em adição a suspensão, permite o aumento da capacidade de decomposição da matéria orgânica e da conversão de compostos nitrogenados. Nesse sentido os tratamentos por IFAS constitui um dos processos mais eficientes e compactos atualmente.

O meio suporte move livremente no interior do reator por meio do sistema de aeração, sendo composto pelos *carriers* da tecnologia *Stamford Scientific International, Inc. (SSI Aeration)* - EEVE675™, com superfície de contato efetiva de 575m²/m³ e conformação ergonômica que facilita a fixação das bactérias para a formação do biofilme. Esses *carriers* são fabricados em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) garantido sua longa vida útil durante a operação.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 10/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

Outrossim, devido à alta eficiência na remoção de poluentes, à manutenção quanto ao enfrentamento de choque de cargas orgânicas e hidráulicas e, entre outros fatores, optou-se por essa tecnologia.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 11/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

5 MEMORIAL DESCRITIVO

5.1 DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

A ETER (Estação de Tratamento de Efluentes para Reuso) irá atender à contribuição de efluentes domésticos oriundos das atividades da mineradora MMI (Mineração Morro do Ipê), composta pelas minas Ipê e Tico-Tico.

A estação será instalada na mina Tico-Tico, próxima ao platô principal, sendo que a contribuição dos efluentes dessa localidade serão direcionados ao tratamento através de rede de coleta e o afastamento exclusiva para os efluentes.

Os efluentes gerados em pontos distantes do local de operação da ETER na mina Tico-Tico, bem como aqueles gerados na mina Ipê, serão coletados por meio de caminhão vácuo, com rotinas de transbordo diárias.

Conforme consumo histórico do empreendimento, considerou-se a vazão de 62m³/dia para efeitos de dimensionamento das unidades de tratamento.

Seguindo as diretrizes ambientais da atualidade, o efluente tratado atenderá aos padrões de reuso para fins não potáveis, promovendo uso racional dos recursos hídricos disponíveis.

5.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO

A primeira unidade da ETER é o Tanque Equalização, no qual visa controlar o volume do efluente durante os picos de vazão ao longo do dia e na manutenção do fluxo de efluente na entrada do tratamento, mantendo a vazão de operação sempre constante. Essa unidade, também receberá o fluxo de vazão proveniente de processos de limpeza de unidades subsequentes, como o sistema de filtração, e do clarificado do sistema de desidratação de lodo.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 12/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

No sistema IFAS, o efluente e os *carriers* são agitados por meio do sistema de aeração de bolhas grossas permitindo a aderência dos microrganismos, formando o então chamado biofilme ou biomassa aderida.

Na sequência, o efluente (com DBO já reduzida) é submetido ao processo de sedimentação no decantador lamelar secundário. Os sólidos sedimentados, ou lodo, serão encaminhados ao tratamento do lodo; e o clarificado para o tanque de contato onde ocorrerá a desinfecção por meio da dosagem de um agente desinfetante (hipoclorito) e posteriormente, o sistema de polimento final via filtro disco, que garantirá um efluente totalmente apto para ser reutilizado em fins não potáveis, ou, caso necessário, descartado em corpo hídrico.

O lodo gerado na ETER será encaminhado para o sistema de tratamento formado por tanque de acúmulo e posterior desidratação em filtro prensa. As placas de lodo formadas poderão ser utilizadas como adubo ou simplesmente descartadas como resíduo sólido inerte ou Classe II B – resíduos sólidos não perigosos e inertes, de acordo com a NBR 10.004/2004.

A Figura 1 representa o fluxograma básico da ETER que será implantada no local com demonstração das unidades implementadas, na sequência de tratamento.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 13/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

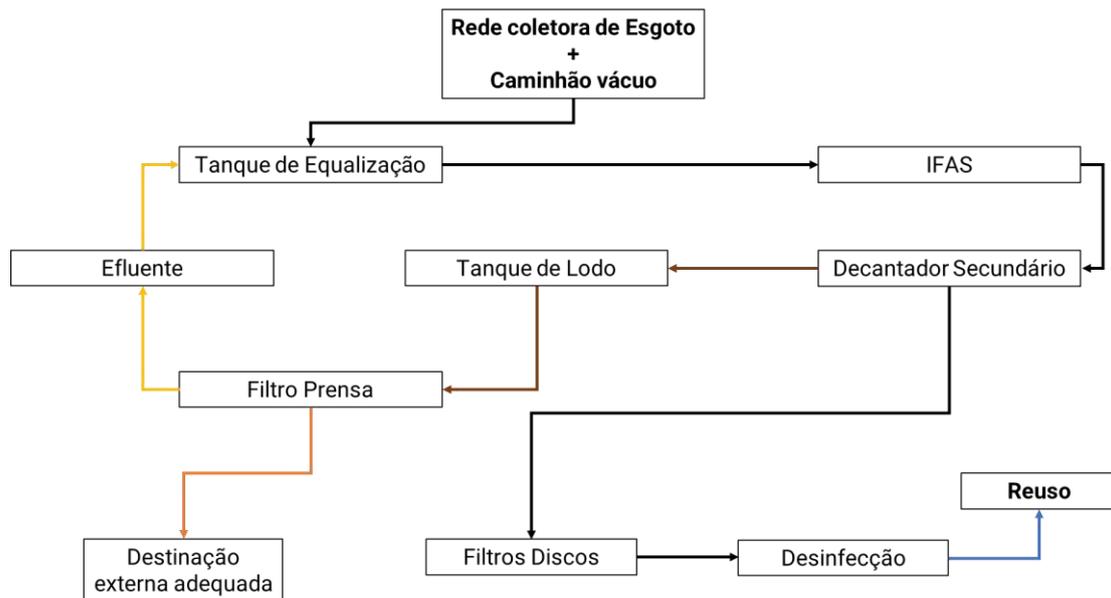


Figura 1 – Fluxograma simplificado da ETER

Legenda:

- Fluxo do Efluente
- Fluxo do Lodo
- Água de reuso
- Saída do processo
- Retorno do Efluente/Sobrenadante

5.3 DESTINAÇÃO FINAL DE EFLUENTE

O efluente final tratado estará apto para ser utilizado para fins não potáveis, como: (i) limpeza das vias de circulação de veículos e umectação, (ii) irrigação de áreas verdes, (iii) torres de resfriamento e (iv) bacias sanitárias. E o excedente do efluente poderá ser direcionado para descarte corpo hídrico receptor.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|   | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 14/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

É importante salientar que, a prática de medidas conservacionistas como essa tem caráter essencial para manter o equilíbrio humano e do meio ambiente. Além de reduzir o consumo de água potável no empreendimento, a água de reuso poderá ser utilizada em para fins menos nobres; além de diminuir o volume de efluente lançado no corpo receptor, que com isso auxiliará a preservar a qualidade dos recursos hídricos.

O Quadro 1 abaixo indica a qualidade do efluente que será obtido em comparação com a DN conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022.

Quadro 1 - Parâmetros de saída da ETER em comparação da DN conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022

| Parâmetros | Unidade | ETER | COPAM-CERH/MG nº 8/2022 |
|----------------------------|-----------|---------------|-------------------------|
| pH | - | 6 – 9 | 5 - 9 |
| DBO | mg/L | < 10 ou > 98% | < 60 ou > 90% |
| DQO | mg/L | < 50 ou > 95% | < 180 ou > 85% |
| Nitrogênio Amoniacal Total | mg/L | < 1 | < 20 |
| Fósforo | mg/L | < 0,15 | < 0,15 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | > 4 | > 4 |
| Óleos e graxas (mineraiis) | mg/L | < 5 | < 20 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | < 100 | < 200 |
| Sólidos sedimentáveis | mL/L | < 1 | < 1 |
| Sólidos suspensos totais | mg/L | < 5 | < 100 |
| Temperatura | °C | < 40 | < 40 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 15/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

6 PARÂMETROS DE OPERAÇÃO E CONTROLE

6.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – PH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. O pH é um fator de importância na dinâmica do crescimento bacteriano. O controle de pH nos reatores anaeróbios serve para evitar o risco de inibição das bactérias. Valores de pH mais afastados da neutralidade (pH 7,0) podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

6.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO – OD

O Reator Biológico (Reator IFAS) possui difusores montados no fundo, que recebem ar do Soprador de Ar. Este sistema introduz ar próximo ao fundo do reator, mantendo o meio suspenso e fornecendo o oxigênio necessário para a sobrevivência dos microrganismos.

Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias, com geração de maus odores.

Os Sistemas IFAS trabalham com uma faixa larga de OD, porém normalmente se procura obter um valor próximo a 2,5 mg/L. O OD deve ser medido no Tanque de Aeração, para analisar se o Tanque está operando dentro da faixa recomendada.

Valores abaixo da faixa recomendada podem causar diversos problemas, entre eles, perda de massa biológica com a morte de microrganismos e conseqüentemente odores desagradáveis. Valores superiores podem provocar a baixa decantabilidade do lodo, e também indicam desperdício de energia.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 16/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

6.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO

A DBO é uma medida indireta do grau de poluição de uma água residuária e também da eficiência do tratamento aplicado a esta. É o método mais utilizado para medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto. Esta análise mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica biodegradável presente numa amostra, após um tempo dado (geralmente 5 dias) e a uma temperatura padrão (20°C, para efeito de comparação).

6.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – DQO

A análise de DQO é uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente neste efluente. Essa determinação mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica presente em uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

A principal diferença entre a DBO e DQO é que enquanto a DBO determina a oxidação bioquímica da matéria orgânica, realizada por microrganismos, a DQO refere-se à oxidação química, realizada através de um forte oxidante em meio ácido, oxidando tanto a fração biodegradável quanto a inerte do efluente. A análise de DQO tem um tempo de resposta muito mais rápido do que a determinação de DBO.

Para determinados tipos de despejo, é possível correlacionar a DQO com a DBO, sendo que uma relação entre DQO/DBO menor do que 2, indica que a matéria orgânica presente é principalmente biodegradável e atóxica, indicada para tratamentos do tipo biológicos.

6.5 NUTRIENTES

O esgoto sanitário normalmente possui as quantidades de nutrientes (Fósforo e Nitrogênio) necessárias ao processo de tratamento. A relação de DBO, nitrogênio e fósforo deverá permanecer na seguinte proporção DBO: N: P = 100:5:1.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 17/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

6.6 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E VOLÁTEIS

Os sólidos totais (ST) são divididos em sólidos dissolvidos (SDT) e sólidos suspensos (SST). Os sólidos suspensos (SST), por sua vez, encontram-se na forma volátil (SSV) ou fixa (SSF). A biomassa, responsável pela degradação da matéria orgânica, encontra-se grande parte aderido ao meio suporte, e outra fração em suspensão no efluente, na forma de sólidos suspensos voláteis (SSV).

O controle destes dos parâmetros, sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis, deve ser realizado periodicamente (no mínimo uma vez por mês) com amostra do reator biológico.

As concentrações de SST e SSV foram definidas em projeto e devem ser obedecidas para o bom funcionamento do sistema IFAS.

6.7 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL

Pela dificuldade de se detectar agentes patogênicos em uma amostra d'água, realiza-se um estudo dos chamados organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos não são patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e sua potencialidade para transmitir doenças.

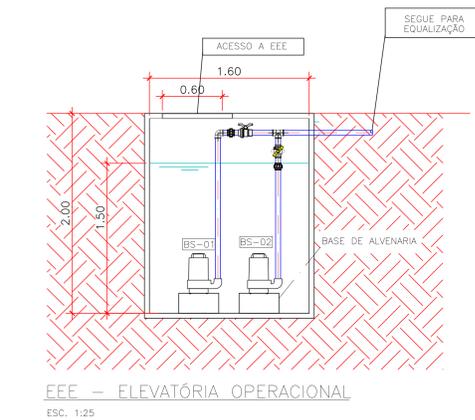
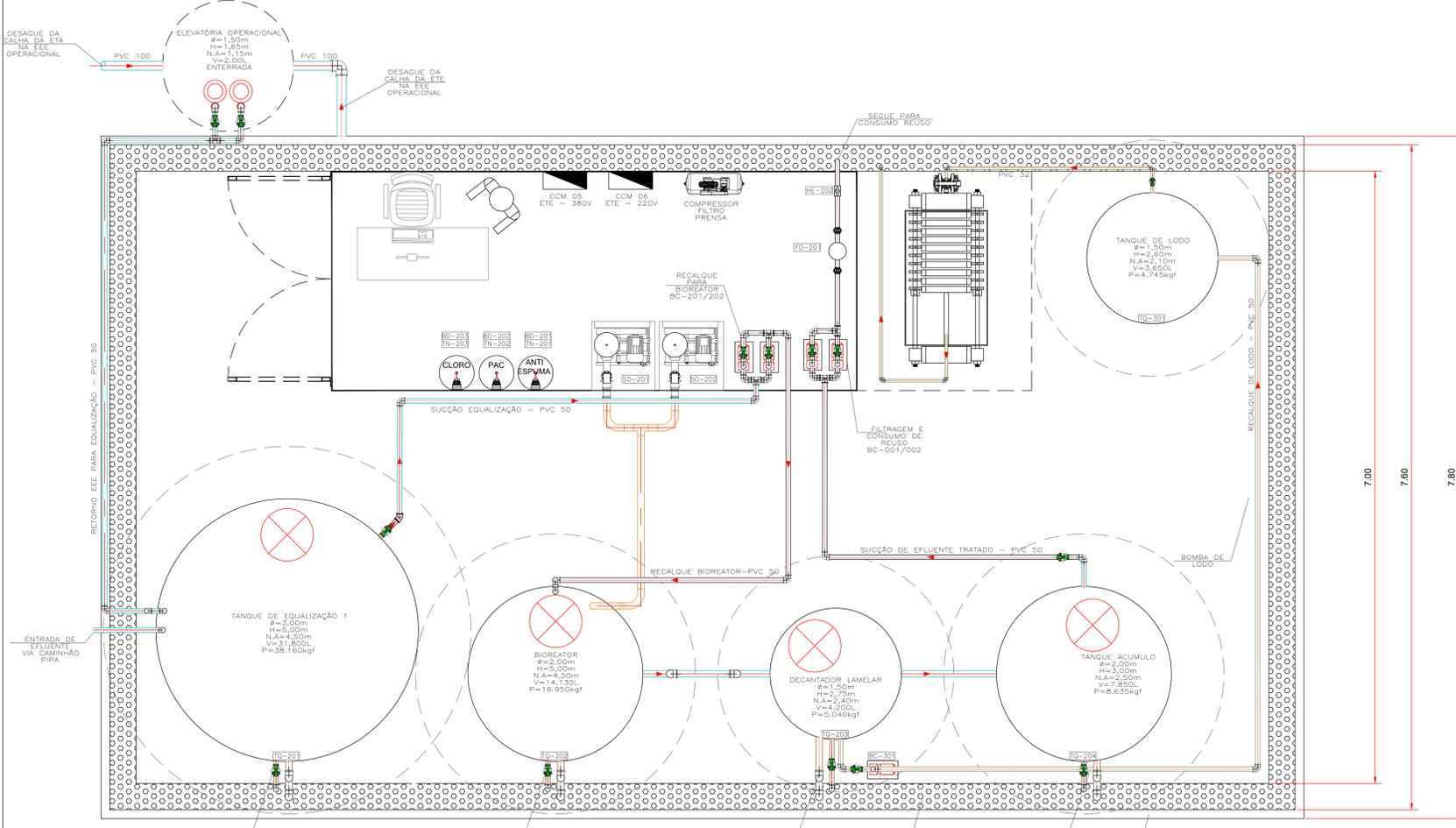
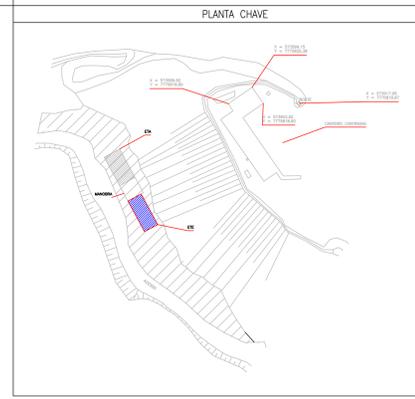
Os organismos mais comumente utilizados com tal finalidade são as bactérias do grupo coliforme, principalmente pela grande quantidade em que se apresentam nas fezes humanas, o que aumenta sua probabilidade de detecção, e por apresentarem resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Além destas vantagens, as técnicas bacteriológicas para detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

6.8 COR DO LODO

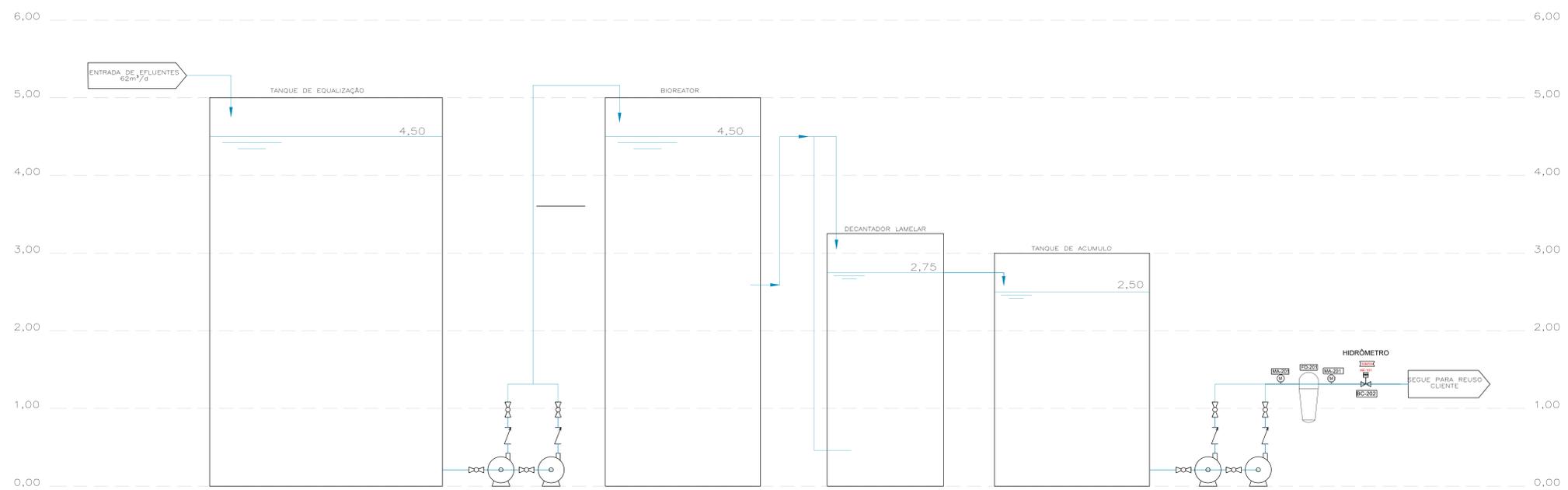
De acordo com a cor do lodo existente no sistema, poderão se avaliar as condições do mesmo, sabendo se este se encontra em equilíbrio.

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|  | |  | | MMI - PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 3890 | Nº MMI. | MMITT-3890-CIV-MD-RQT-001_00 | | REV. 0 |
| DISCIPLINA | Coordenação | Nº PROJ. | RQT | FOLHA: | 18/18 |
| TÍTULO | MEMORIAL DESCRITIVO Estação de Tratamento de Efluente para Reuso (ETER) | | | | |

- Cor marrom escuro: Bom;
- Cor Marrom claro: Lodo jovem. Deve ser observado se este se encontra em fase de crescimento ou se o mesmo está reduzindo de volume;
- Cor Preta: Lodo morto, em condições anaeróbias. Isto pode ocorrer devido a agentes oxidantes que produziram choques de carga ou falta de oxigenação, como muito tempo sem aeração e ineficiência do equipamento. Pode ocorrer com falta prolongada de energia.



PLANTA BAIXA DA ETE
ESC 1:25



PERFIL HIDRÁULICO ETE
ESC 1:25

| | | |
|----|---|----|
| 1 | 7 | 01 |
| 2 | 7 | 02 |
| 3 | 7 | 03 |
| 4 | 7 | 04 |
| 5 | 7 | 05 |
| 6 | 7 | 06 |
| 7 | 7 | 07 |
| 8 | 7 | 08 |
| 9 | 7 | 09 |
| 10 | 7 | 10 |

NOTAS

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. 24.000-MMI-ETE-FLU-201-R00 - FLUXOGRAMA BASICO DE PROCESSO

| | | | |
|------------|--|----------------|------------------------|
| UNIDADE | UNIDADE | UNIDADE | UNIDADE |
| ÁREA | ÁREA | ÁREA | ÁREA |
| FASE | ESTUDO PRELIMINAR | FASE | ESTUDO PRELIMINAR |
| DISCIPLINA | PROJETO AMBIENTAL | DISCIPLINA | PROJETO AMBIENTAL |
| TÍTULO | ETE (ESTAÇ3O DE TRATAMENTO DE EFUEENTES) | TÍTULO | LAYOUT DE EQUIPAMENTOS |
| ESCALA | 1: N | Nº CONTRATADA: | XXXX-XXXX-XXXX-XX |
| REVIS3O | 00 | Nº MM: | XXXX-XXXX-XXXX-XX |



NOTAS GERAIS

- 1. LAYOUT DE POSIÇÕES PARA AVALIAÇÃO.

PENDÊNCIAS

- 1. APROVAÇÃO

DESENHOS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1. 24.000-MMI-ETE-FLU-201-RO0 - FLUXOGRAMA BASICO DE PROCESSO

PLOTAR COLORIDO

| REV. | DATA | REACT | EMISSÃO INICIAL | DESCRIÇÃO |
|------|----------|-------|-----------------|-----------|
| 00 | 03/05/24 | REAQT | EMISSÃO INICIAL | |

PROJETISTA

CLIENTE: **MMI**

| DES. | DATA | NOME | TÍTULO |
|--------|----------|----------|---|
| DES. | 03/05/24 | JHONATAN | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - REUSO |
| VERIF. | | CESAR | LAYOUT |
| APROV. | | CESAR | PROJETO PRELIMINAR |

| FORMATO | ARQUIVO DWG | REVISÃO |
|-----------------|-------------|----------------------------|
| INDICADA | A1 | 24.000-MMI-ETE-DIM-202-RO0 |
| | | 01 |

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---------------------------------|--------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | |
| | | | | REV. 1 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: 2/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | OBJETIVO..... | 3 |
| 2 | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA..... | 4 |
| 3 | NORMAS..... | 5 |
| 4 | SISTEMA DE UNIDADES | 6 |
| 5 | PROGRAMAS UTILIZADOS | 6 |
| 6 | PARÂMETROS DE PROJETO | 6 |
| 7 | CARREGAMENTOS (BACIA DE CONTENÇÃO) | 8 |
| 8 | CARREGAMENTOS (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)..... | 10 |
| 9 | SITUAÇÕES DE PROJETO | 10 |
| 10 | DIMENSIONAMENTO DO RADIER (BACIA DE CONTENÇÃO)..... | 13 |
| 11 | DIMENSIONAMENTO DO RADIER (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)..... | 19 |
| 12 | DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS (BACIA DE CONTENÇÃO) | 25 |
| 13 | DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)..... | 26 |

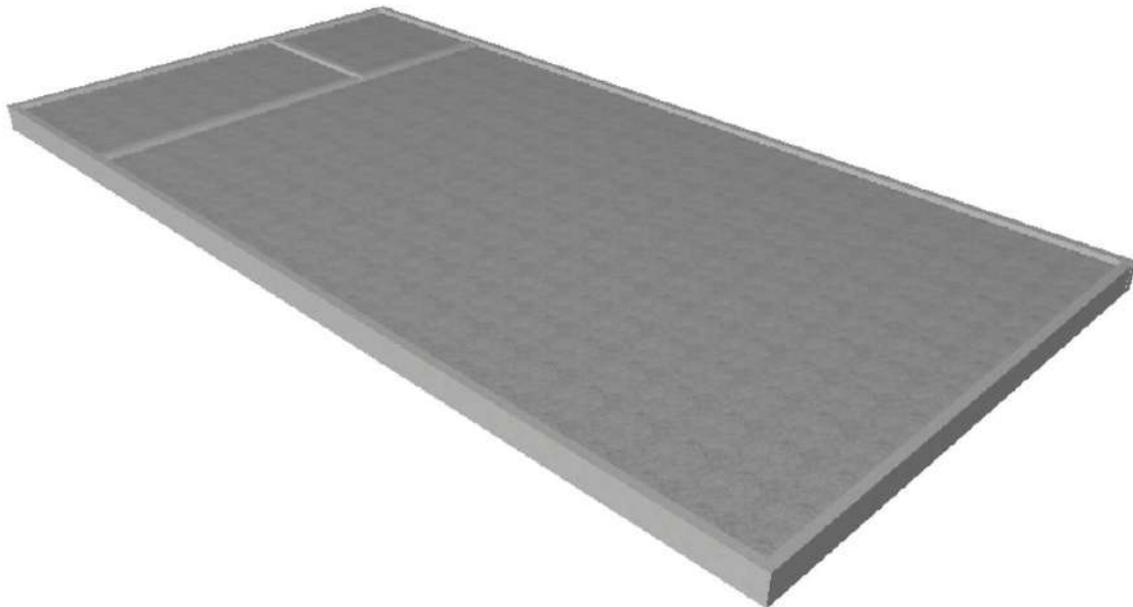
| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 3/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

1 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar os esforços de cálculo e definir os critérios de dimensionamento em concreto armado da fundação da Bacia de Contenção e da fundação em *Radier* da Unidade de Apoio, estruturas pertencentes ao projeto detalhado da unidade de beneficiamento do Projeto Pellet Feed Tico Tico de propriedade da Mineração Morro do Ipê, localizado no município de Igarapé, Minas Gerais

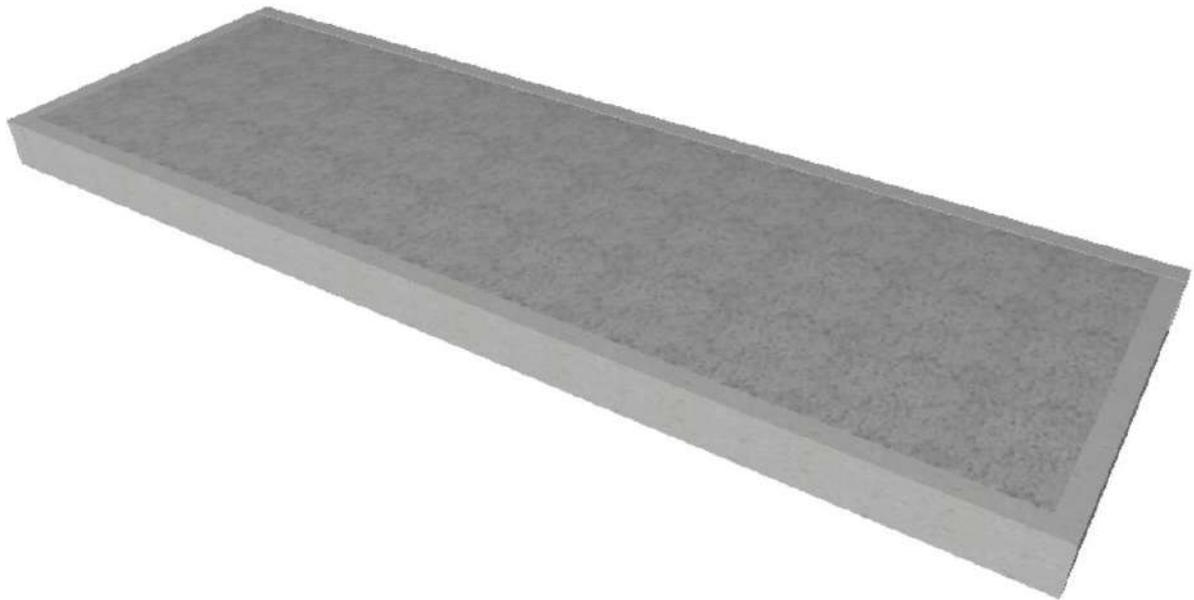
Seguem as geometrias / figuras 3D para visualização dos modelos estruturais

1.1 BACIA DE CONTENÇÃO



| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|-------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 4/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

1.2 FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO



2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos abaixo relacionados foram utilizados na elaboração desta memória de cálculo ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ela. Devem ser usados na sua revisão mais recente.

| | |
|-------------------------------|---|
| MMITT-1000-MEC-DE-DRW-002 | UNIDADE DE TRATAMENTO DE MINÉRIO 1000 - GERAL FASE BÁSICA MECÂNICA ARRANJO BÁSICO |
| A7-FD-TMT-01-120 M3 AECB-A2 P | TANQUE 120 M³ HORIZONTAL COM BERÇOS METÁLICOS PRODUTO: ÓLEO DIESEL S-10 |

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|-------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 5/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

3 NORMAS

O projeto relativo às estruturas em concreto armado, foi desenvolvido de acordo com as normas e especificações brasileiras aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nas suas últimas edições:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinadas a armaduras para concreto armado – Especificação;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 15900 – Água para amassamento do concreto – Requisitos.

Em casos especiais ou no caso de omissão das normas brasileiras vigentes, serão consultadas e/ou utilizadas as seguintes normas internacionais de conceituação comprovada:

- CEB – Comitê Europeén du Beton;
- ACI – American Concrete Institute;
- DIN – Deutsche Industrie Norm.

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|-------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 6/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

4 SISTEMA DE UNIDADES

Foi adotado o Sistema Internacional (SI) de unidades, exceto indicação contrária.

5 PROGRAMAS UTILIZADOS

Para o dimensionamento das fundações, foram utilizados os seguintes programas de cálculo.

- Planilhas eletrônicas;
- Cypecad;

6 PARÂMETROS DE PROJETO

6.1 CONCRETO

6.1.1 CONCRETO C10

- Consumo mínimo de cimento: 150 Kg/m³ de concreto.
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 10$ MPa.
- Aplicação: lastros de concreto simples para fundações e outras estruturas enterradas, enchimentos, contrapisos.

6.1.2 CONCRETO C30

- Consumo mínimo de cimento: 320 Kg/m³ de concreto.
- Fator água-cimento $\leq 0,55$ (tabela 7.1 da NBR 6118).
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 30$ MPa (aos 28 dias).
- Módulo de elasticidade secante: $E_{cs} = 27$ GPa (tabela 8.1 da NBR 6118).
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,2$.
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\lambda_c = 1,40$.

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 7/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

- Peso específico do concreto: $\gamma_c = 2,5tf/m^3$.
- Aplicação: estruturas da classe de agressividade ambiental III. Agressividade forte, ambiente tipo industrial, com abertura de fissuras $WK \leq 0,3$ mm (tabela 6.1 da NBR 6118).

6.2 ARMADURAS

- Resistência característica ao escoamento: $f_{yk} = 500$ MPa (CA-50) e $f_{yk} = 600$ MPa (CA-60).
- Módulo de elasticidade: $E_s = 210$ GPa.
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,3$.
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\lambda_s = 1,15$.

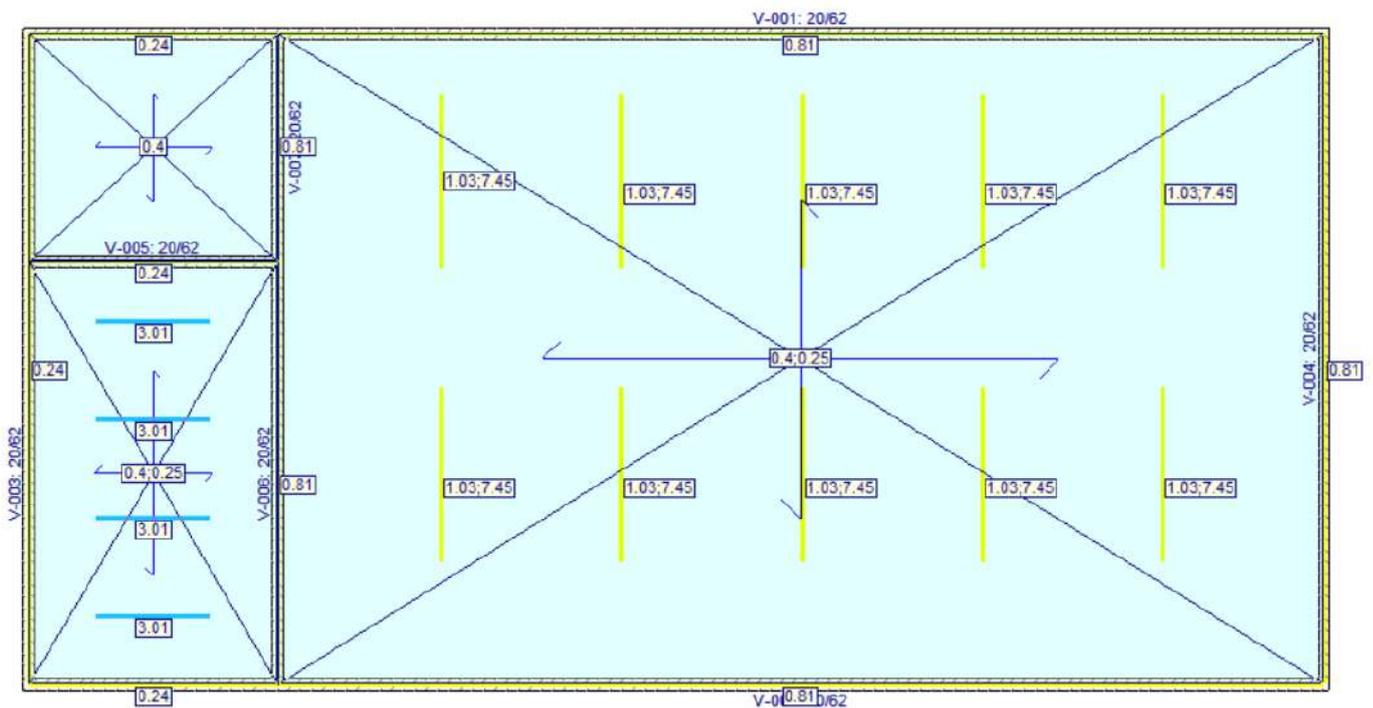
O cobrimento nominal da armadura deverá ser considerado conforme a tabela 7.2 da NBR 6118, que trata o valor do cobrimento para cada estrutura em função da classe de agressividade ambiental.

6.3 SOLO

- Peso específico do solo: $\gamma_s = 1,8tf/m^3$.
- Tensão admissível no solo $\sigma_{adm} \geq 1,0kgf/cm^2$.

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|-------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 8/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

7 CARREGAMENTOS (BACIA DE CONTENÇÃO)



7.1 PESO PRÓPRIO

O peso da estrutura é calculado automaticamente pelo software.

7.2 SOBRECARGAS

Foi considerada uma sobrecarga de 0,4t/m², segundo NBR6120/2019.

7.3 CARGAS PERMANENTES

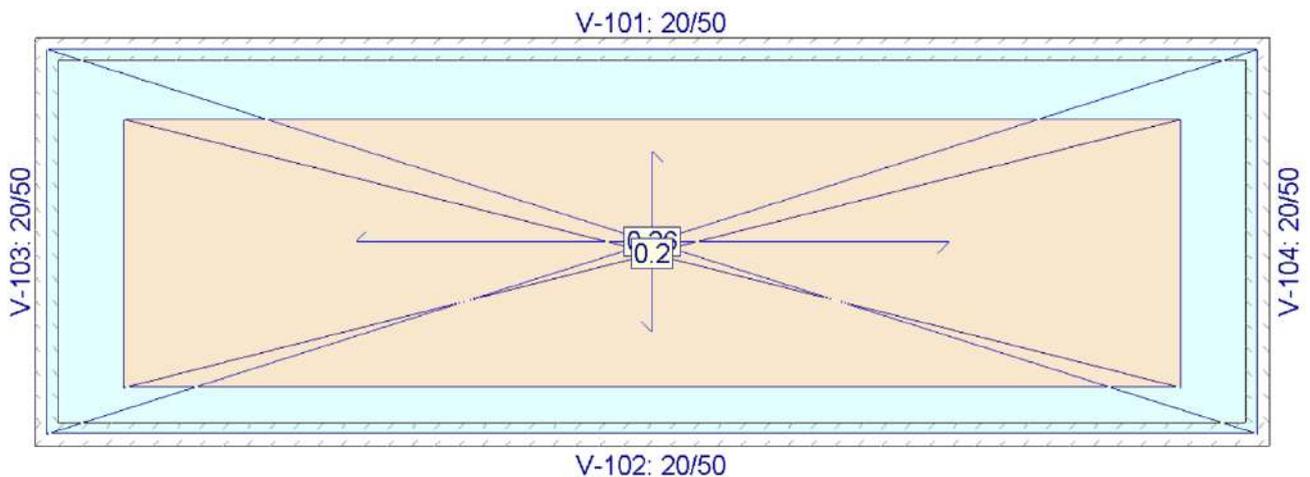
Foi considerada uma carga permanente de 0,25 t/m² devido a inclinação no topo do piso de 1%, resultando em um acréscimo máximo de 10 cm no piso.

Para o cálculo da carga da alvenaria utilizou-se o peso de 0,475 t/m², referente a alvenaria de vedação de bloco de concreto preenchida com concreto:

- Para alvenarias com 1,70 m de altura, a carga utilizada foi de 0,81 t/m;

| | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|------------------------------|--------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 10/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

8 CARREGAMENTOS (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)



8.1 PESO PRÓPRIO

O peso da estrutura é calculado automaticamente pelo software.

8.2 SOBRECARGAS

Foi considerada uma sobrecarga de 0,26t/m², segundo NBR6120/2019.

8.3 CARGAS PERMANENTES

Foi considerada uma carga permanente de 0,20 t/m² referente ao *container* utilizado como superestrutura do escritório.

9 SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: 11/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j=1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i=1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Onde:

G_k Ação permanente

P_k Ação de pré-esforço

Q_k Ação variável

γ_G Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

γ_P Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

9.1 COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (γ) E COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO (ψ)

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|-------------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.400 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.800 |

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|--------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 12/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|----------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.700 | 0.600 |

Tensões sobre o terreno

| Ações variáveis sem sismo | | |
|---------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |

Deslocamentos

| Ações variáveis sem sismo | | |
|---------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |

9.2 COMBINAÇÕES

- Nomes das ações

PP PESO PRÓPRIO

CP CARGAS PERMANENTES

Qa SOBRECARGA

E.L.U. Concreto

E.L.U. Concreto em fundações

| Comb. | PP | CP | Qa |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | |
| 2 | 1.400 | 1.400 | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.400 |
| 4 | 1.400 | 1.400 | 1.400 |

| | | | | | |
|---|--|---|-------------|---------------------------------|---------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: 13/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

E.L.Util Fissuração. Concreto

| Comb. | PP | CP | Qa |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 0.700 |

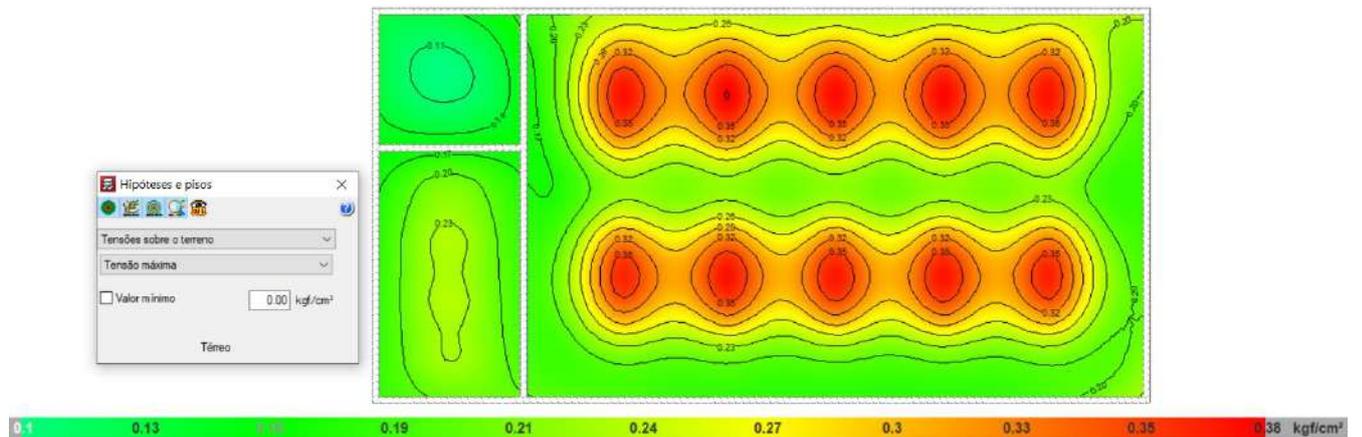
Tensões sobre o terreno

Deslocamentos

| Comb. | PP | CP | Qa |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

10 DIMENSIONAMENTO DO RADIER (BACIA DE CONTENÇÃO)

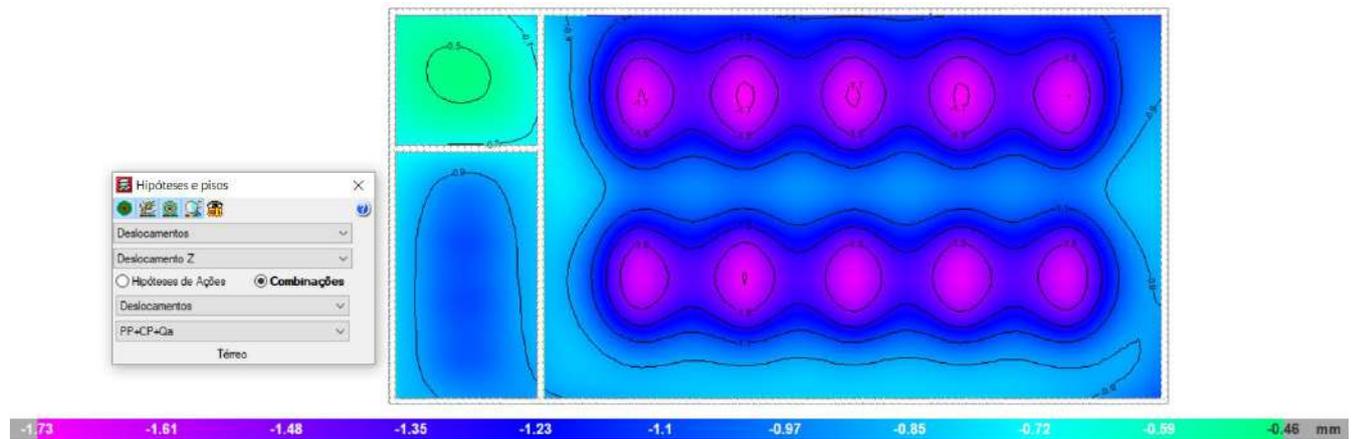
10.1 TENSÃO MÁXIMA NO TERRENO



$$\sigma_{(adm.)} \geq \sigma_{(atuante)} = 1,00 \text{ kgf/cm}^2 > 0,38 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{OK!}$$

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|--------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 14/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

10.2 DESLOCAMENTO

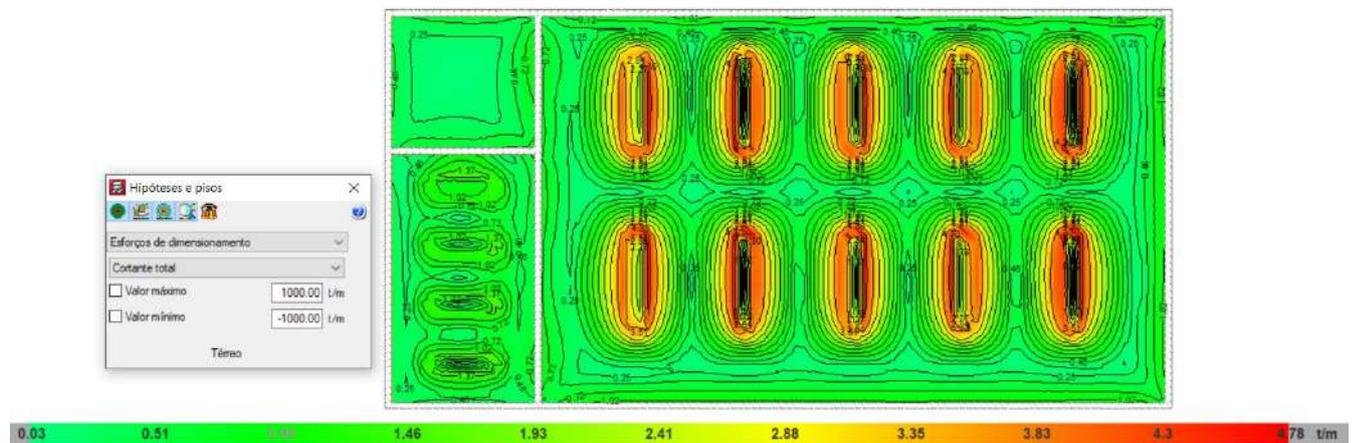


Admissível para solos tipo areia: 25 mm

Admissível para solos argilosos 35 mm

O deslocamento observado no radier é admissível

10.3 ESFORÇO CORTANTE



| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 15/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

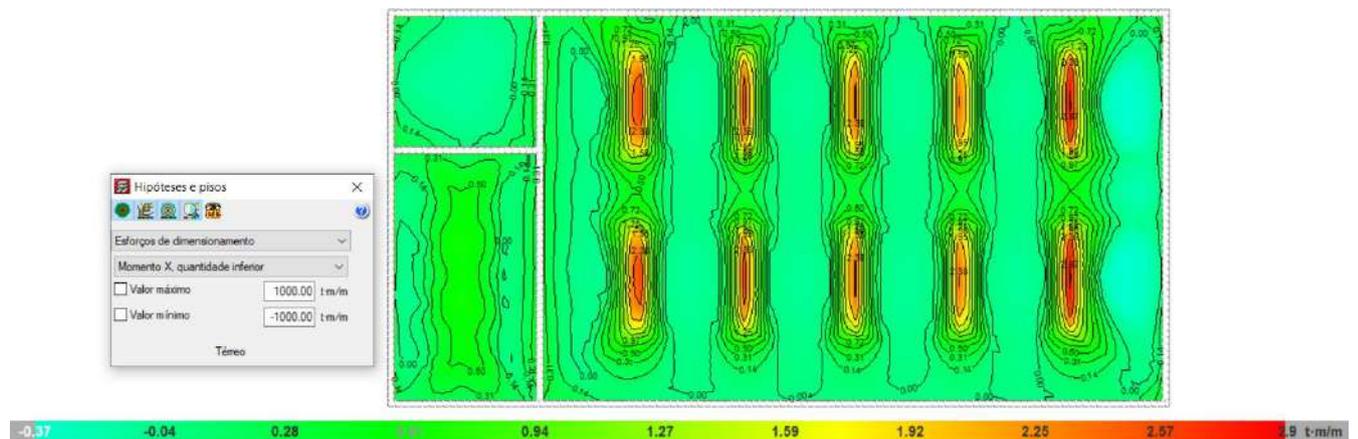
LAJES SEM ARMADURA PARA CORTANTE - NBR 6118:2014 / ITEM 19.4.1

| SEÇÃO | UNID | |
|---|--------------------|----------|
| fck | MPa | 30 |
| bw | cm | 100 |
| h | cm | 20 |
| Cobrimento | cm | 4 |
| d | cm | 15.2 |
| dx | cm | 15.6 |
| dy | cm | 14.8 |
| P (%) | - | 100 |
| As1 | cm ² /m | 10.06 |
| ∅ da barra | cm | 0.8 |
| V, biela (Ao centro do apoio) | kN | 47.8 |
| V, necess. armar (À distância "d" da face de apoio) | kN | 38.3 |
| VERIFICAÇÃO DA BIELA COMPRIMIDA | | |
| Vsd/VRd2 (≤1) | - | 0.0618 |
| Biela Comprimida: Dentro dos limites = OK ; Fora limites = NÃO OK | | |
| VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE ARMAR AO CORTANTE | | |
| Vsd/VRd1 (≤1) | - | 0.328132 |
| Necessidade de armar: Não necessário = OK ; Necessário= NÃO OK | | |

As1 = Área da armadura de tração que se estende até não menos que d + lb,nec além da seção considerada (Fig. 19.1 do item 19.4.1 da NBR 6118)
P = Porcentagem da armadura inferior que chega até o apoio

Não é necessário armar à cortante

10.4 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO X



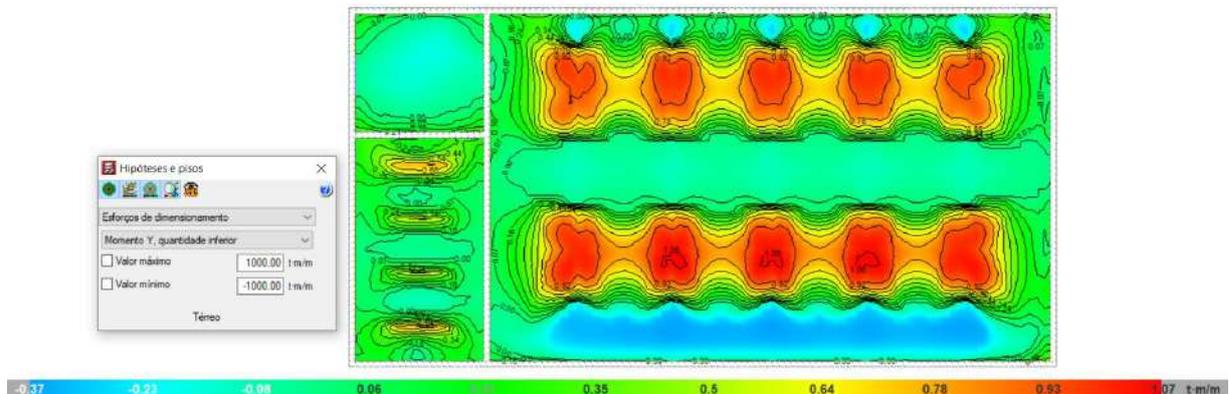
Momento Máximo Positivo em X – $M_{dx} = 2,90 \text{ tf/m.m}$

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 16/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 2900 | Md (kN.cm) | 2900.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.06 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 4.31 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.06 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 4.31 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q503

10.5 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO Y



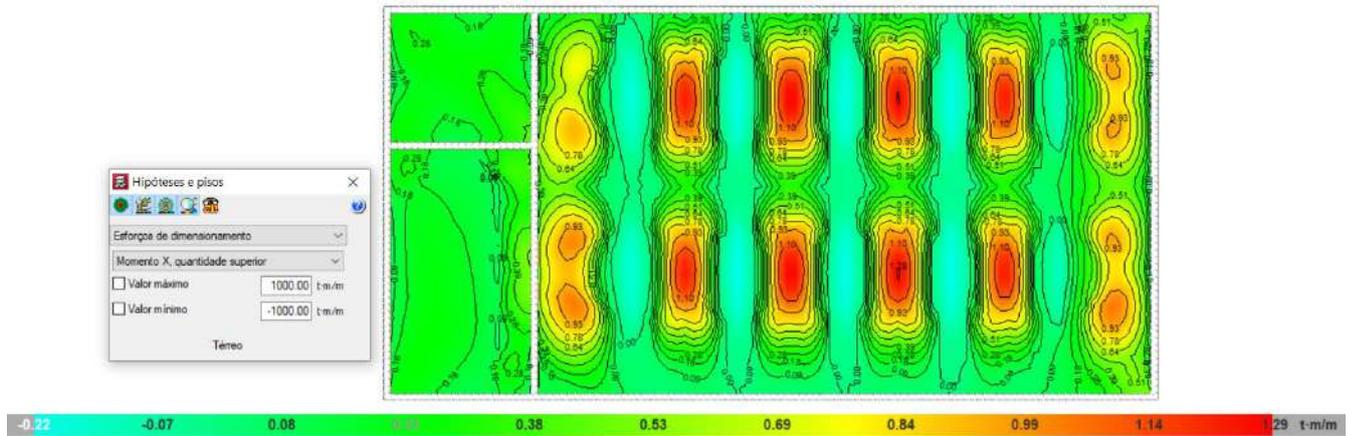
Momento Máximo Positivo em Y – $M_{dy} = 1,07 \text{ tf/m.m}$

| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 1070 | Md (kN.cm) | 1070.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.02 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 1.56 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0.00 | k' | 0.02 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 1.56 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q503

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 17/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

10.6 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO X



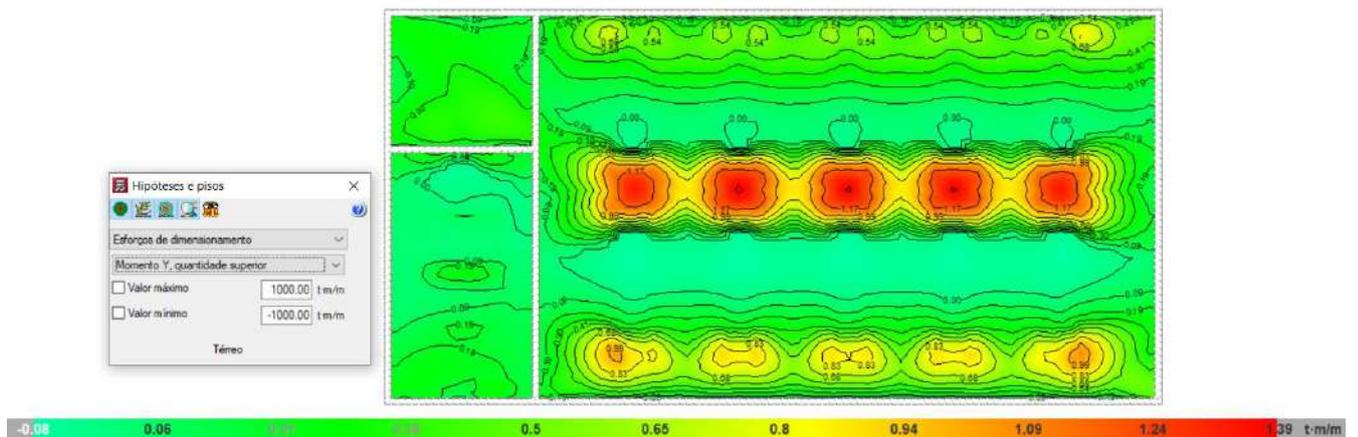
Momento Máximo Negativo em X – $Xdx = 1,29 \text{ tf/m.m}$

| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 1290 | Md (kN.cm) | 1290.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.03 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 1.88 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.03 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 1.88 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q503

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|--------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 18/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

10.7 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Negativo em Y – $X_{dy} = 1,39 \text{ tf/m.m}$

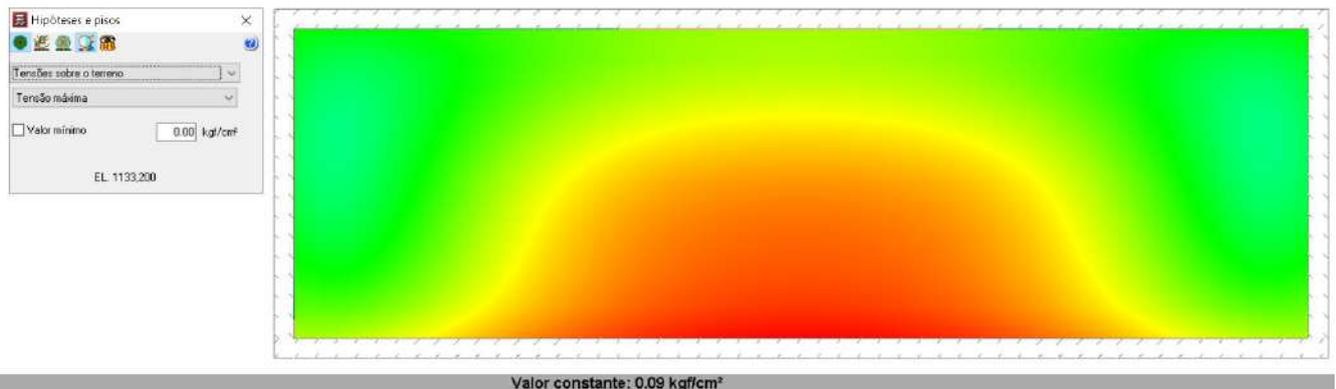
| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 1390 | Md (kN.cm) | 1390.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.03 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 2.03 | k _L | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.03 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 2.03 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q503

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 19/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

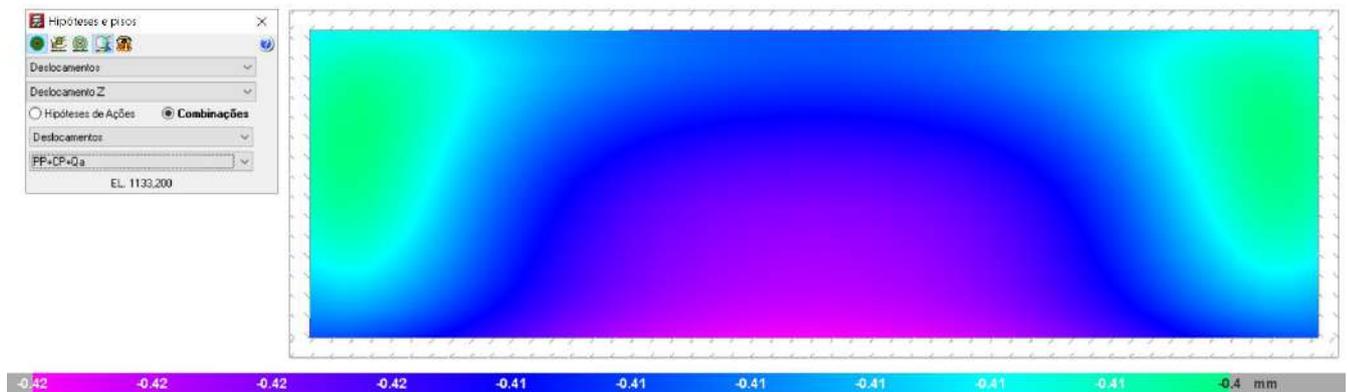
11 DIMENSIONAMENTO DO RADIER (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)

11.1 TENSÃO MÁXIMA NO TERRENO



$$\sigma_{(adm.)} \geq \sigma_{(atuante)} = 1,00 \text{ kgf/cm}^2 > 0,09 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{OK!}$$

11.2 DESLOCAMENTO



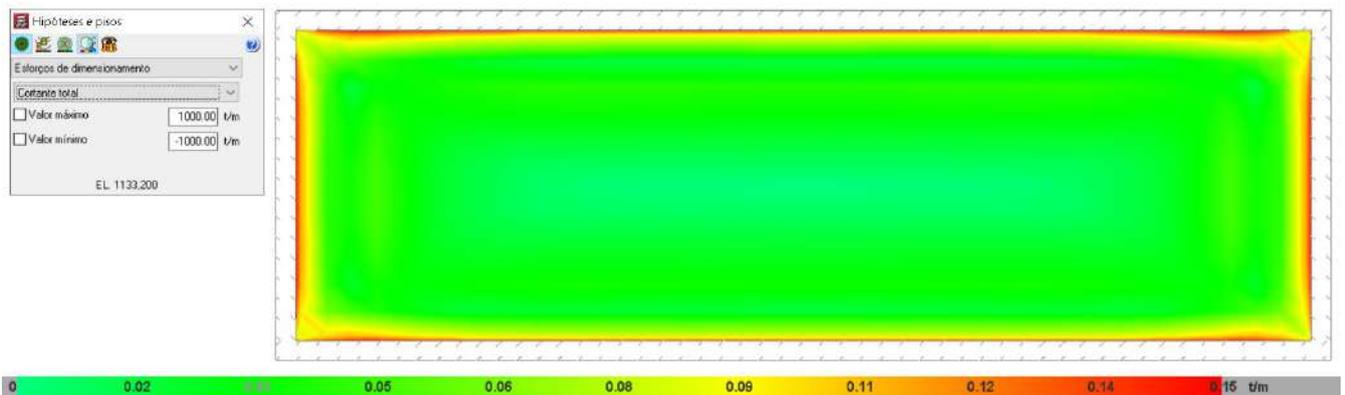
Admissível para solos tipo areia: 25 mm

Admissível para solos argilosos 35 mm

O deslocamento observado no radier é admissível

| | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|------------------------------|--------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 20/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

11.3 ESFORÇO CORTANTE



Esforço cortante máximo – $V_d = 0,15 \text{ tf/m}$

LAJES SEM ARMADURA PARA CORTANTE - NBR 6118:2014 / ITEM 19.4.1

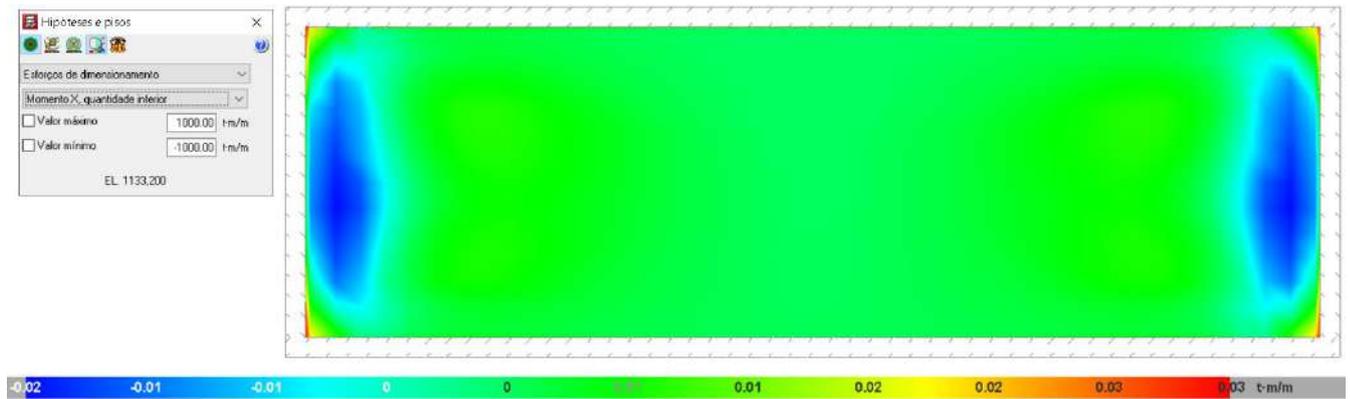
| SEÇÃO | UNID | |
|---|--------------------|----------|
| fck | MPa | 30 |
| bw | cm | 100 |
| h | cm | 20 |
| Cobrimento | cm | 4 |
| d | cm | 15.2 |
| dx | cm | 15.6 |
| dy | cm | 14.8 |
| P (%) | - | 100 |
| As1 | cm ² /m | 6.7 |
| Ø da barra | cm | 0.8 |
| V _i biela (Ao centro do apoio) | kN | 1.5 |
| V _i necess. armar (À distância "d" da face de apoio) | kN | 0.9 |
| VERIFICAÇÃO DA BIELA COMPRIMIDA | | |
| V _{sd} /VR _{d2} (≤1) | - | 0.0019 |
| Biela Comprimida: Dentro dos limites = OK ; Fora limites = NÃO OK | | |
| VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE ARMAR AO CORTANTE | | |
| V _{sd} /VR _{d1} (≤1) | - | 0.008206 |
| Necessidade de armar: Não necessário = OK ; Necessário= NÃO OK | | |

As1 = Área da armadura de tração que se estende até não menos que $d + l_{b,nec}$ além da seção considerada (Fig. 19.1 do item 19.4.1 da NBR 6118)
P = Porcentagem da armadura inferior que chega até o apoio

Não é necessário armar à cortante

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 21/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

11.4 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO X



Momento Máximo Positivo em X – $M_{dx} = 0,03 \text{ tf/m.m}$

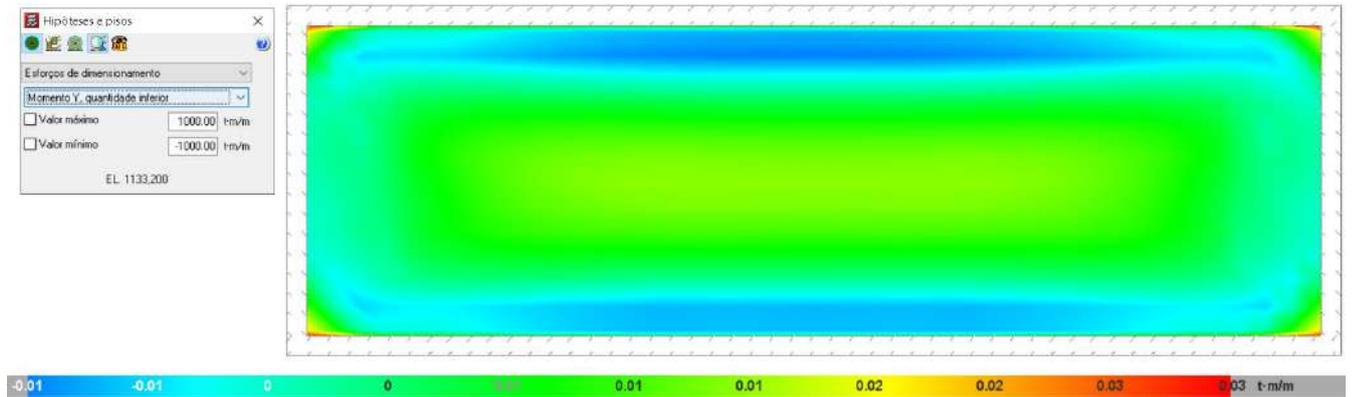
| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 30 | Md (kN.cm) | 30.00 |
| h (cm) | 20 | f _c (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| f _{ck} (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.04 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.04 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 22/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

11.5 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Positivo em Y – $M_{dy} = 0,03 \text{ tf/m.m}$

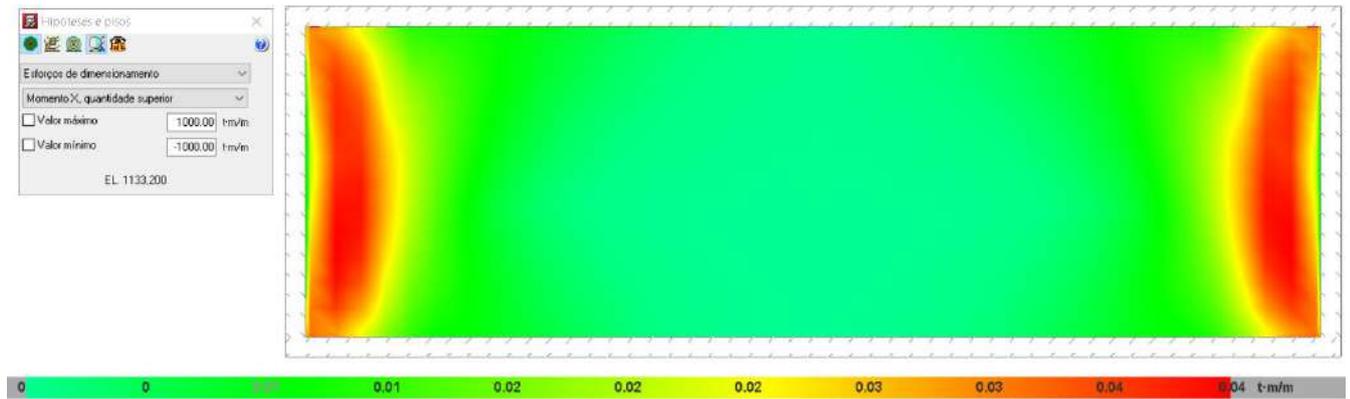
| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 30 | Md (kN.cm) | 30.00 |
| h (cm) | 20 | f _c (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| f _{ck} (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.04 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0.00 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.04 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 23/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

11.6 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO X



Momento Máximo Negativo em X – $Xdx = 0,04 \text{ tf/m.m}$

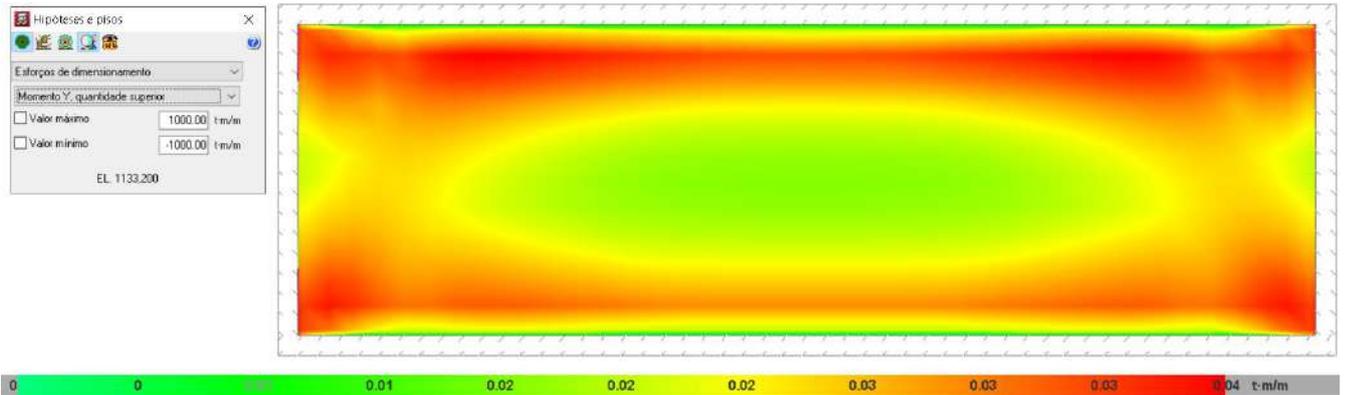
| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 40 | Md (kN.cm) | 40.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.06 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.06 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|------------------------------|--------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 24/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

11.7 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Negativo em Y – $X_{dy} = 0,04 \text{ tf/m.m}$

| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 40 | Md (kN.cm) | 40.00 |
| h (cm) | 20 | f _c (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| f _{ck} (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.06 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.06 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | | | | |
|---|--|---|--|------------------------------|-------------------------------|--|--------|--------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | | FOLHA: | 25/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | | | | |

12 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS (BACIA DE CONTENÇÃO)

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|-------|--|-------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| | Disp. | Arm. | Q | N,M | T _c | T _{st} | T _{sl} | TNM _x | TV _x | TV _y | TV _{xSt} | TV _{ySt} | T,Disp.sl | T,Geom.st | T,Arm.st | - | |
| VB1 | Passa | Passa | '4.415 m' η = 3.1 | '6.290 m' η = 12.8 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 12.8 |
| VB2 | Passa | Passa | '4.415 m' η = 2.6 | '20.165 m' η = 10.6 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 10.6 |
| VB3 | Passa | Passa | '7.300 m' η = 1.3 | '8.600 m' η = 6.4 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 6.4 |
| VB4 | Passa | Passa | '10.475 m' η = 1.5 | '1.100 m' η = 9.3 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 9.3 |
| C1 | Passa | Passa | '0.165 m' η = 2.6 | '1.165 m' η = 11.9 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 11.9 |
| C2 | Passa | Passa | '11.100 m' η = 3.1 | '9.100 m' η = 14.2 | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽³⁾ | PASSA η = 14.2 |

Notação:
 Disp.: Disposições relativas às armaduras
 Arm.: Armadura mínima e máxima
 Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante (combinações não sísmicas)
 N,M: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (combinações não sísmicas)
 T_c: Estado limite de ruptura por torção. Compressão oblíqua.
 T_{st}: Estado limite de ruptura por torção. Tração na alma.
 T_{sl}: Estado limite de ruptura por torção. Tração nas armaduras longitudinais.
 TNM_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X.
 TV_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Compressão oblíqua
 TV_y: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Compressão oblíqua
 TV_{xSt}: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Tração na alma.
 TV_{ySt}: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Tração na alma.
 T,Disp.sl: Estado limite de ruptura por torção. Espaçamento entre as barras da armadura longitudinal.
 T,Geom.st: Estado limite de ruptura por torção. Diâmetro mínimo da armadura transversal.
 T,Arm.st: Estado limite de ruptura por torção. Quantidade mínima de estribos fechados.
 - : -
 x: Distância à origem da barra
 η: Coeficiente de aproveitamento (%)
 N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
⁽¹⁾ A verificação do estado limite de ruptura por torção não é necessária, já que não há momento de torção.
⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que não há interação entre torção e esforços normais.
⁽³⁾ Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | Estado |
|-------|---|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | W _{k,F,sup.} | W _{k,F,lat.Dir.} | W _{k,F,inf.} | W _{k,F,lat.Esq.} | σ _s | - | |
| VB1 | x: 2.415 m Passa | x: 6.79 m Passa | x: 6.79 m Passa | x: 6.79 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB2 | x: 20.665 m Passa | x: 20.665 m Passa | x: 5.165 m Passa | x: 20.665 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB3 | x: 9.35 m Passa | x: 9.35 m Passa | x: 5.975 m Passa | x: 9.35 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB4 | x: 1.6 m Passa | x: 1.6 m Passa | N.A. ⁽³⁾ | x: 1.6 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| C2 | x: 9.6 m Passa | x: 9.6 m Passa | x: 4.475 m Passa | x: 9.6 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---------------------------------|---------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | |
| | | | | REV. | 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: 26/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | Estado |
|-------|---|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | $W_{k,F,sup.}$ | $W_{k,F,Lat.Dir.}$ | $W_{k,F,inf.}$ | $W_{k,F,Lat.Esq.}$ | σ_s | |
| C1 | x: 1.665 m Passa | x: 1.665 m Passa | x: 4.13 m Passa | x: 1.665 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | PASSA |

Tensão admissível em combinações fundamentais: 1.00 kgf/cm²

Tensão admissível em combinações acidentais: 1.00 kgf/cm²

| Combinações fundamentais | | | | | |
|---------------------------------|----------|-------------------------------------|---|------|--------|
| Viga | | Tensão média (kgf/cm ²) | Tensão em bordas (kgf/cm ²) | | Estado |
| Viga | Dimensão | | | | |
| VB1 | 20/62 | 0.24 | | 0.25 | Passa |
| VB2 | 20/62 | 0.24 | | 0.24 | Passa |
| VB3 | 20/62 | 0.18 | | 0.18 | Passa |
| VB4 | 20/62 | 0.24 | | 0.24 | Passa |
| C1 | 20/62 | 0.16 | | 0.17 | Passa |
| C2 | 20/62 | 0.20 | | 0.20 | Passa |

13 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS (FUNDAÇÃO DA UNIDADE DE APOIO)

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014) | | Estado |
|--|--|---------------------|----------------------|
| | | | |
| VB1 | | N.A. ⁽¹⁾ | NÃO APLICÁVEL |
| VB2 | | N.A. ⁽¹⁾ | NÃO APLICÁVEL |
| VB3 | | N.A. ⁽¹⁾ | NÃO APLICÁVEL |
| VB4 | | N.A. ⁽¹⁾ | NÃO APLICÁVEL |
| Notação: -: - x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável | | | |
| Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária. | | | |

| | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-100-CIV-MC-DRW-004 | | REV. 1 |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-MCL-004 | FOLHA: | 27/27 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DO POSTO DE ABASTECIMENTO | | | | |

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | Estado |
|---|---|--|----------------------|
| | - | | |
| VB1 | N.A. ⁽¹⁾ | | NÃO APLICÁVEL |
| VB2 | N.A. ⁽¹⁾ | | NÃO APLICÁVEL |
| VB3 | N.A. ⁽¹⁾ | | NÃO APLICÁVEL |
| VB4 | N.A. ⁽¹⁾ | | NÃO APLICÁVEL |
| <p><i>Notação:</i> -: - x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável</p> <p><i>Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):</i> ⁽¹⁾ Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.</p> | | | |

Tensão admissível em combinações fundamentais: 1.00 kgf/cm²

Tensão admissível em combinações acidentais: 1.00 kgf/cm²

| Combinações fundamentais | | | | | |
|--------------------------|----------------|----------|-------------------------------------|---|--------|
| Viga | Viga | | Tensão média (kgf/cm ²) | Tensão em bordas (kgf/cm ²) | Estado |
| | Trecho | Dimensão | | | |
| VB1 | V-101: V 3-V 4 | 20/50 | 0.09 | 0.09 | Passa |
| VB2 | V-102: V 3-V 4 | 20/50 | 0.09 | 0.09 | Passa |
| VB3 | V-103: V 2-V 1 | 20/50 | 0.09 | 0.09 | Passa |
| VB4 | V-104: V 2-V 1 | 20/50 | 0.09 | 0.09 | Passa |

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 2/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | OBJETIVO..... | 4 |
| 2 | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA..... | 5 |
| 3 | NORMAS..... | 5 |
| 4 | SISTEMA DE UNIDADES | 6 |
| 5 | PROGRAMAS UTILIZADOS | 6 |
| 6 | PARÂMETROS DE PROJETO | 6 |
| 6.1 | CONCRETO..... | 6 |
| 6.1.1 | CONCRETO C10..... | 6 |
| 6.1.2 | CONCRETO C30..... | 7 |
| 6.2 | ARMADURAS..... | 7 |
| 6.3 | SOLO..... | 8 |
| 7 | CARREGAMENTOS | 8 |
| 7.1 | PESO PRÓPRIO | 8 |
| 7.2 | SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO..... | 8 |
| 7.3 | SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO DO CAMINHÃO | 9 |
| 7.4 | AÇÕES RESULTANTES DA ESTRUTURA METÁLICA NOS FUSTES..... | 9 |
| 8 | SITUAÇÕES DE PROJETO | 11 |
| 8.1 | COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (γ) E COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO (ψ)..... | 12 |
| 8.2 | COMBINAÇÕES..... | 13 |
| 9 | DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDAÇÃO | 17 |
| 9.1 | TENSÃO MÁXIMA NO TERRENO | 18 |
| 9.2 | DESLOCAMENTOS..... | 18 |
| 9.3 | ESFORÇO CORTANTE..... | 19 |
| 9.4 | MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO X..... | 20 |
| 9.5 | MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO X | 21 |
| 9.6 | MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO Y..... | 22 |
| 9.7 | MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO Y | 23 |
| 10 | DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE BORDA..... | 24 |
| 11 | DIMENSIONAMENTO DOS FUSTES..... | 28 |

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 3/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

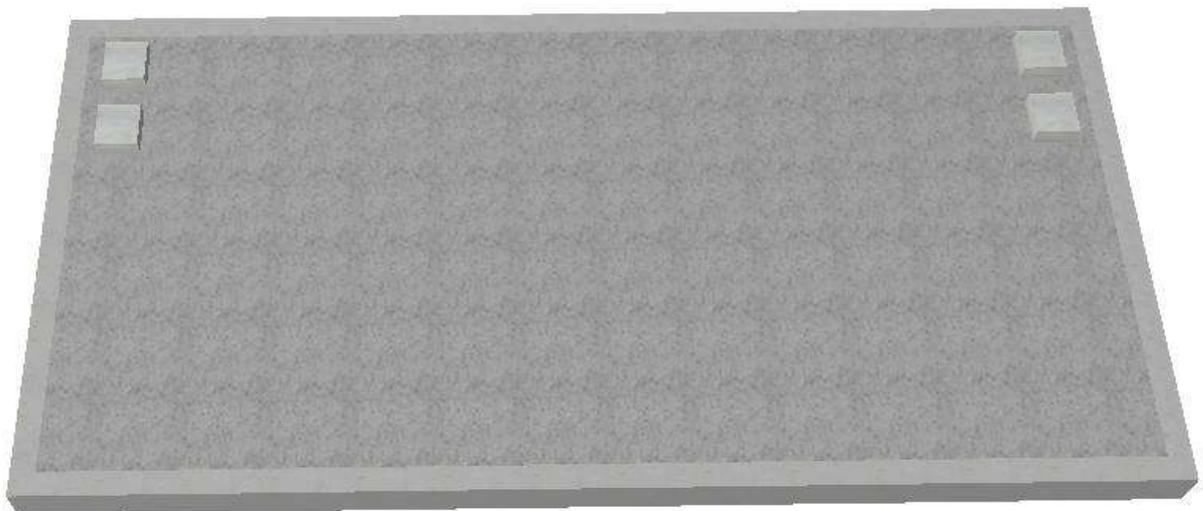
| | | |
|------|-----------------|-----------|
| 11.1 | F1 (55X60)..... | 28 |
| 11.2 | F2 (55X60)..... | 28 |
| 11.3 | F3 (55X60)..... | 28 |
| 11.4 | F4 (55X60)..... | 29 |

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 4/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

1 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar os esforços de cálculo e definir os critérios de dimensionamento em concreto armado da Plataforma de Abastecimento de Comboios, estrutura pertencente ao projeto detalhado da unidade de beneficiamento do Projeto Pellet Feed Tico Tico de propriedade da Mineração Morro do Ipê, localizado no município de Igarapé, Minas Gerais

Segue a geometria / figura 3D para visualização do modelo estrutural:



| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 5/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos abaixo relacionados foram utilizados na elaboração desta memória de cálculo ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ela. Devem ser usados na sua revisão mais recente.

| | |
|---------------------------|---|
| MMITT-1000-MEC-DE-DRW-003 | UNIDADE DE TRATAMENTO DE MINÉRIO 1000 – GERAL ENGENHARIA BÁSICA MECÂNICA POSTO DE COMBUSTÍVEL - PLANTAS & CORTES |
|---------------------------|---|

3 NORMAS

O projeto relativo às estruturas em concreto armado, foi desenvolvido de acordo com as normas e especificações brasileiras aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nas suas últimas edições:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinadas a armaduras para concreto armado – Especificação;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 15900 – Água para amassamento do concreto – Requisitos.

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 6/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

Em casos especiais ou no caso de omissão das normas brasileiras vigentes, serão consultadas e/ou utilizadas as seguintes normas internacionais de conceituação comprovada:

- CEB – Comitê Europeu do Beton;
- ACI – American Concrete Institute;
- DIN – Deutsche Industrie Norm.

4 SISTEMA DE UNIDADES

Foi adotado o Sistema Internacional (SI) de unidades, exceto indicação contrária.

5 PROGRAMAS UTILIZADOS

Para o dimensionamento das fundações, foram utilizados os seguintes programas de cálculo.

- Planilhas eletrônicas;
- Cypecad;

6 PARÂMETROS DE PROJETO

6.1 CONCRETO

6.1.1 CONCRETO C10

- Consumo mínimo de cimento: 150 Kg/m³ de concreto.
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 10$ MPa.
- Aplicação: lastros de concreto simples para fundações e outras estruturas enterradas, enchimentos, contrapisos.

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 7/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

6.1.2 CONCRETO C30

- Consumo mínimo de cimento: 320 Kg/m³ de concreto.
- Fator água-cimento $\leq 0,55$ (tabela 7.1 da NBR 6118).
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 30$ MPa (aos 28 dias).
- Módulo de elasticidade secante: $E_{cs} = 27$ GPa (tabela 8.1 da NBR 6118).
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,2$.
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\lambda_c = 1,40$.
- Peso específico do concreto: $\gamma_c = 2,5tf/m^3$.
- Aplicação: estruturas da classe de agressividade ambiental III. Agressividade forte, ambiente tipo industrial, com abertura de fissuras $WK \leq 0,3$ mm (tabela 6.1 da NBR 6118).

6.2 ARMADURAS

- Resistência característica ao escoamento: $f_{yk} = 500$ MPa (CA-50) e $f_{yk} = 600$ MPa (CA-60).
- Módulo de elasticidade: $E_s = 210$ GPa.
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,3$.
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\lambda_s = 1,15$.

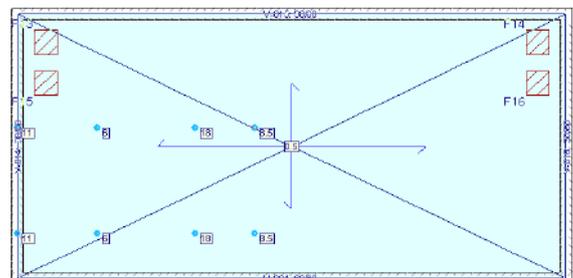
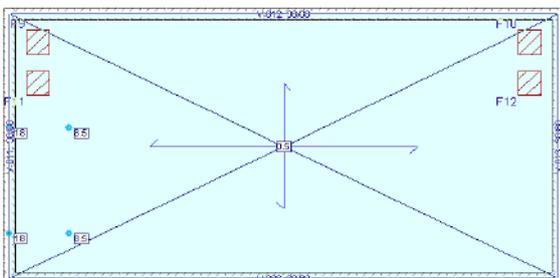
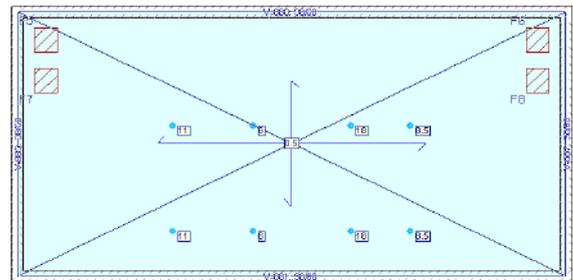
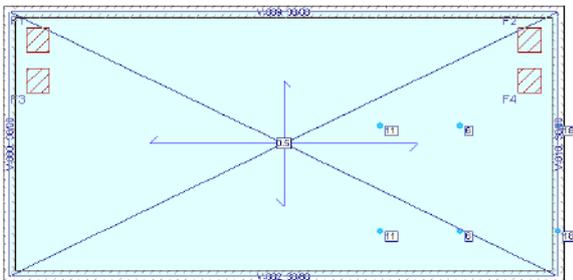
O cobrimento nominal da armadura deverá ser considerado conforme a tabela 7.2 da NBR 6118, que trata o valor do cobrimento para cada estrutura em função da classe de agressividade ambiental.

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 8/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

6.3 SOLO

- Peso específico do solo: $\gamma_s = 1,8tf/m^3$.
- Tensão admissível no solo $\sigma_{adm} \geq 1,5kgf/cm^2$.

7 CARREGAMENTOS



7.1 PESO PRÓPRIO

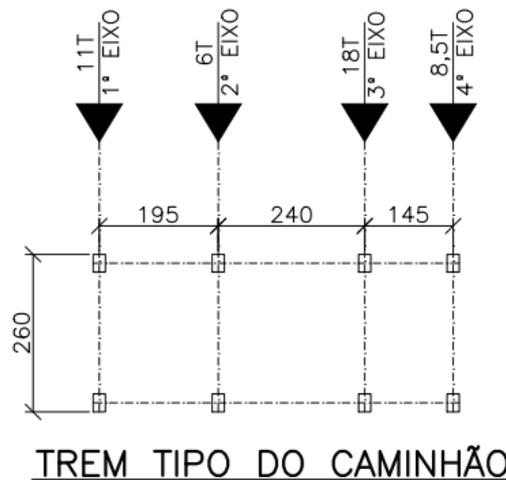
O peso da estrutura é calculado automaticamente pelo software.

7.2 SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO

Foi considerada uma sobrecarga de $0,5t/m^2$, atuante na superfície do *Radier*.

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 9/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

7.3 SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO DO CAMINHÃO

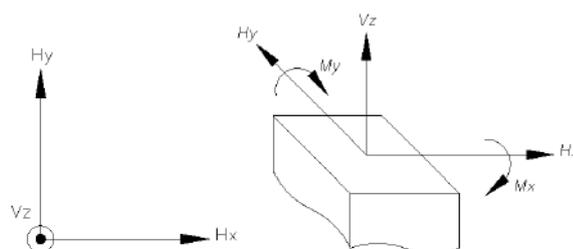


Trem tipo com cargas por roda, resultante dos eixos do caminhão. Foram considerados quatro modelos estruturais com posicionamentos críticos diferentes do caminhão na plataforma, de acordo com a imagem no item 7.

7.4 AÇÕES RESULTANTES DA ESTRUTURA METÁLICA NOS FUSTES

As ações atuantes nos fustes que se apoiam na plataforma, estão descritas no quadro de cargas a seguir:

Sentido Positivo dos Esforços:



| | | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|--------------|----------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | |
| AREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. | A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 10/29 | |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | |

| QUADRO DE CARGAS | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| BASE | CASO | GRUPO | Mx | My | Qx | Qy | N |
| Texto | Texto | Texto | Tonf-m | Tonf-m | Tonf | Tonf | Tonf |
| F3=F7=F11=F15 | PP | 1 | 0.04 | -0.02 | 0.04 | -0.01 | 2.07 |
| | CP | 2 | 0.09 | -0.02 | 0.11 | -0.01 | 1.99 |
| | SC | 3 | 0.37 | -0.03 | 0.39 | -0.01 | 2.80 |
| | MON1 | 5 | -0.04 | 0.01 | -0.03 | -0.01 | 1.11 |
| | MON2 | | 0.02 | -0.04 | 0.00 | 0.00 | 1.19 |
| | V90+ | 4 | 0.07 | 0.65 | 0.06 | -0.23 | -3.59 |
| | V90- | | -0.01 | -0.42 | 0.01 | 0.21 | -2.41 |
| | V0+ | | -0.19 | 0.01 | -0.10 | 0.02 | -2.51 |
| V0- | 0.23 | | 0.17 | 0.15 | -0.04 | -1.99 | |
| F4=F8=F12=F16 | PP | 1 | -0.03 | -0.04 | -0.04 | 0.00 | 2.09 |
| | CP | 2 | -0.10 | -0.04 | -0.11 | 0.00 | 2.00 |
| | SC | 3 | -0.31 | -0.05 | -0.39 | 0.00 | 3.37 |
| | MON1 | 5 | -0.02 | 0.05 | 0.00 | -0.02 | 1.02 |
| | MON2 | | 0.04 | -0.10 | 0.03 | 0.02 | 1.28 |
| | V90+ | 4 | 0.03 | 0.67 | 0.01 | -0.25 | -3.57 |
| | V90- | | -0.09 | -0.39 | -0.08 | 0.19 | -2.43 |
| | V0+ | | -0.23 | 0.18 | -0.15 | -0.04 | -1.99 |
| V0- | 0.19 | | 0.03 | 0.10 | 0.00 | -2.51 | |
| F1=F5=F9=F13 | PP | 1 | 0.04 | -0.05 | 0.05 | 0.01 | -0.56 |
| | CP | 2 | 0.10 | -0.05 | 0.12 | 0.01 | -0.84 |
| | SC | 3 | 0.38 | -0.06 | 0.40 | 0.01 | -0.74 |
| | MON1 | 5 | -0.03 | -0.01 | -0.02 | 0.00 | -0.77 |
| | MON2 | | 0.02 | -0.06 | 0.01 | 0.01 | -0.80 |
| | V90+ | 4 | -0.03 | 0.70 | -0.01 | -0.25 | 2.52 |
| | V90- | | 0.06 | -0.38 | 0.04 | 0.19 | 1.34 |
| | V0+ | | -0.19 | 0.05 | -0.12 | 0.00 | 1.42 |
| V0- | 0.21 | | 0.19 | 0.14 | -0.05 | 1.47 | |
| F2=F6=F10=F14 | PP | 1 | -0.04 | -0.03 | -0.05 | 0.00 | -0.54 |
| | CP | 2 | -0.11 | -0.03 | -0.12 | 0.00 | -0.83 |
| | SC | 3 | -0.32 | -0.04 | -0.40 | 0.00 | -0.16 |
| | MON1 | 5 | -0.02 | 0.05 | -0.01 | -0.02 | -0.63 |
| | MON2 | | 0.03 | -0.10 | 0.02 | 0.02 | -0.94 |

| | | | | | |
|---|---|---|-------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 11/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

| | | | | | | | |
|--|------|---|-------|-------|-------|-------|------|
| | V90+ | 4 | -0.07 | 0.67 | -0.06 | -0.24 | 2.50 |
| | V90- | | 0.05 | -0.39 | 0.03 | 0.20 | 1.36 |
| | V0+ | | -0.21 | 0.18 | -0.14 | -0.04 | 1.47 |
| | V0- | | 0.19 | 0.02 | 0.12 | 0.01 | 1.42 |

Não combinar esforços do mesmo grupo.

8 SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Onde:

G_k Ação permanente

P_k Ação de pré-esforço

Q_k Ação variável

γ_G Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

γ_P Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 12/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

8.1 COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (γ) E COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO (ψ)

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|-------------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.400 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.800 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.600 |

E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|-------------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.700 | 0.600 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 0.000 |

Tensões sobre o terreno

| Ações variáveis sem sismo | | |
|----------------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

| | | | | | |
|---|---|---|-------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 13/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

Deslocamentos

| Ações variáveis sem sismo | | |
|---------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

8.2 COMBINAÇÕES

- Nomes das ações

| | |
|----------------|--------------------|
| PP | Peso próprio |
| CP | Cargas permanentes |
| Qa | Sobrecarga |
| MON (1) | MON |
| MON (2) | MON |
| V90+ | V90+ |
| V90- | V90- |
| V0+ | V0+ |
| V0- | V0- |

E.L.U. Concreto

E.L.U. Concreto em fundações

| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|------|------|-----|-----|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | |
| 2 | 1.400 | 1.400 | | | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | | | |
| 4 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | | | | |
| 6 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 1.400 | | | | | |
| 8 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | | | | |
| 10 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | | | | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 1.400 | | | | |
| 12 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 14/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | |

| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-----|-----|
| 13 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.400 | | | |
| 14 | 1.400 | 1.400 | | | | 1.400 | | | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | 1.400 | | | |
| 16 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | 1.400 | | | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | | 1.120 | | 1.400 | | | |
| 18 | 1.400 | 1.400 | | 1.120 | | 1.400 | | | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | 1.120 | | 1.400 | | | |
| 20 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | 1.120 | | 1.400 | | | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | | | 1.120 | 1.400 | | | |
| 22 | 1.400 | 1.400 | | | 1.120 | 1.400 | | | |
| 23 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | 1.120 | 1.400 | | | |
| 24 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | 1.120 | 1.400 | | | |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | 0.840 | | | |
| 26 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | 0.840 | | | |
| 27 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | 0.840 | | | |
| 28 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | 0.840 | | | |
| 29 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 1.400 | | 0.840 | | | |
| 30 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 0.840 | | | |
| 31 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | 0.840 | | | |
| 32 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | 0.840 | | | |
| 33 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 1.400 | 0.840 | | | |
| 34 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | 0.840 | | | |
| 35 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.400 | | |
| 36 | 1.400 | 1.400 | | | | | 1.400 | | |
| 37 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | | 1.400 | | |
| 38 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | | 1.400 | | |
| 39 | 1.000 | 1.000 | | 1.120 | | | 1.400 | | |
| 40 | 1.400 | 1.400 | | 1.120 | | | 1.400 | | |
| 41 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | 1.120 | | | 1.400 | | |
| 42 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | 1.120 | | | 1.400 | | |
| 43 | 1.000 | 1.000 | | | 1.120 | | 1.400 | | |
| 44 | 1.400 | 1.400 | | | 1.120 | | 1.400 | | |
| 45 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | 1.120 | | 1.400 | | |
| 46 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | 1.120 | | 1.400 | | |
| 47 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | 0.840 | | |
| 48 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | 0.840 | | |
| 49 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | | 0.840 | | |
| 50 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | 0.840 | | |
| 51 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 1.400 | | | 0.840 | | |
| 52 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | 0.840 | | |
| 53 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | | 0.840 | | |
| 54 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | | 0.840 | | |
| 55 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 1.400 | | 0.840 | | |
| 56 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | 0.840 | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 15/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | |

| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|------|------|-------|-------|
| 57 | 1.000 | 1.000 | | | | | | 1.400 | |
| 58 | 1.400 | 1.400 | | | | | | 1.400 | |
| 59 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | | | 1.400 | |
| 60 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | | | 1.400 | |
| 61 | 1.000 | 1.000 | | 1.120 | | | | 1.400 | |
| 62 | 1.400 | 1.400 | | 1.120 | | | | 1.400 | |
| 63 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | 1.120 | | | | 1.400 | |
| 64 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | 1.120 | | | | 1.400 | |
| 65 | 1.000 | 1.000 | | | 1.120 | | | 1.400 | |
| 66 | 1.400 | 1.400 | | | 1.120 | | | 1.400 | |
| 67 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | 1.120 | | | 1.400 | |
| 68 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | 1.120 | | | 1.400 | |
| 69 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | | 0.840 | |
| 70 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | | 0.840 | |
| 71 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | | | 0.840 | |
| 72 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | | 0.840 | |
| 73 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 1.400 | | | | 0.840 | |
| 74 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | 0.840 | |
| 75 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | | | 0.840 | |
| 76 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | | | 0.840 | |
| 77 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 1.400 | | | 0.840 | |
| 78 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | 0.840 | |
| 79 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | 1.400 |
| 80 | 1.400 | 1.400 | | | | | | | 1.400 |
| 81 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | | | | 1.400 |
| 82 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | | | | 1.400 |
| 83 | 1.000 | 1.000 | | 1.120 | | | | | 1.400 |
| 84 | 1.400 | 1.400 | | 1.120 | | | | | 1.400 |
| 85 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | 1.120 | | | | | 1.400 |
| 86 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | 1.120 | | | | | 1.400 |
| 87 | 1.000 | 1.000 | | | 1.120 | | | | 1.400 |
| 88 | 1.400 | 1.400 | | | 1.120 | | | | 1.400 |
| 89 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | 1.120 | | | | 1.400 |
| 90 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | 1.120 | | | | 1.400 |
| 91 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | | | 0.840 |
| 92 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | | | 0.840 |
| 93 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | | | | 0.840 |
| 94 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | | | 0.840 |
| 95 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 1.400 | | | | | 0.840 |
| 96 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | | 0.840 |
| 97 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | | | | 0.840 |
| 98 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | | | | 0.840 |
| 99 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 1.400 | | | | 0.840 |
| 100 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | | 0.840 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 16/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | |

E.L.Util Fissuração. Concreto

| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 0.700 | | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 0.700 | | | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 0.700 | 0.700 | | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | | 0.700 | | | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 0.700 | | 0.700 | | | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | | | 0.300 | | | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | 0.300 | | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | 0.600 | | 0.300 | | | |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | 0.600 | | 0.300 | | | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | | | 0.600 | 0.300 | | | |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | 0.600 | 0.300 | | | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | | | | | 0.300 | | |
| 14 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | | 0.300 | | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | | 0.600 | | | 0.300 | | |
| 16 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | 0.600 | | | 0.300 | | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | | | 0.600 | | 0.300 | | |
| 18 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | 0.600 | | 0.300 | | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | | | | | | 0.300 | |
| 20 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | | | 0.300 | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | | 0.600 | | | | 0.300 | |
| 22 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | 0.600 | | | | 0.300 | |
| 23 | 1.000 | 1.000 | | | 0.600 | | | 0.300 | |
| 24 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | 0.600 | | | 0.300 | |
| 25 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | 0.300 |
| 26 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | | | | 0.300 |
| 27 | 1.000 | 1.000 | | 0.600 | | | | | 0.300 |
| 28 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | 0.600 | | | | | 0.300 |
| 29 | 1.000 | 1.000 | | | 0.600 | | | | 0.300 |
| 30 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | 0.600 | | | | 0.300 |

Tensões sobre o terreno

Deslocamentos

| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|------|-----|-----|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 17/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | |

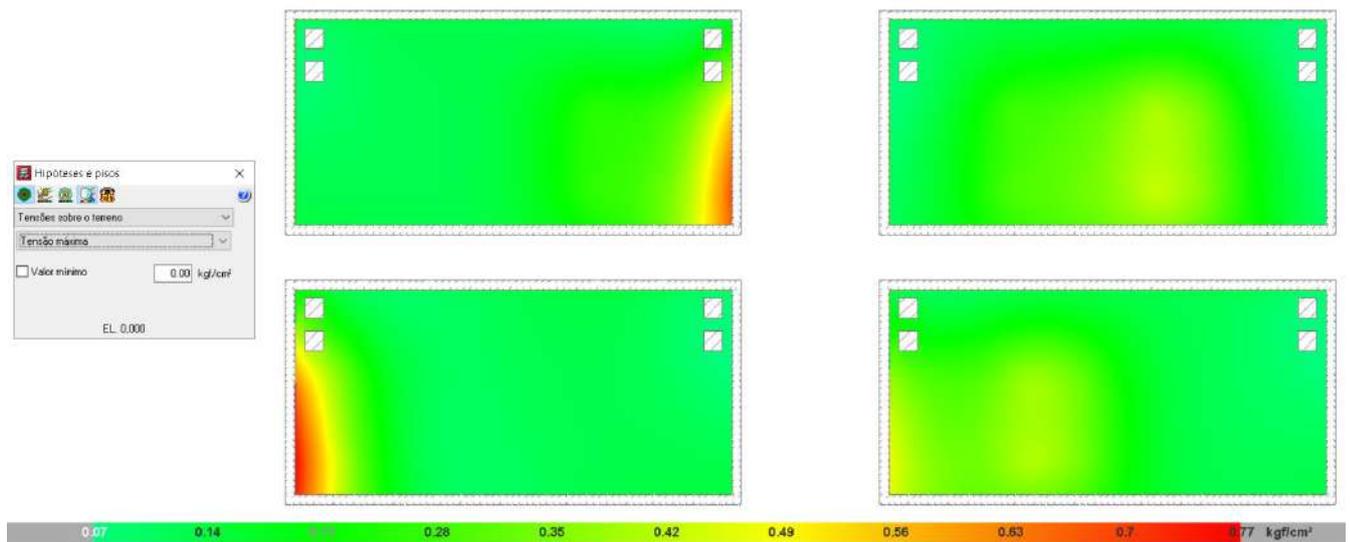
| Comb. | PP | CP | Qa | MON (1) | MON (2) | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | | | |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | 1.000 | | | |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | | | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 | | |
| 14 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | 1.000 | | |
| 16 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | 1.000 | | |
| 18 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | | | | | | 1.000 | |
| 20 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | | 1.000 | |
| 22 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | |
| 23 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | | 1.000 | |
| 24 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | 1.000 | |
| 25 | 1.000 | 1.000 | | | | | | | 1.000 |
| 26 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | | 1.000 |
| 27 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | | | 1.000 |
| 28 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 |
| 29 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | | | 1.000 |
| 30 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | | 1.000 |

9 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDAÇÃO

Para abranger as piores situações ocasionadas pela movimentação do caminhão sob a plataforma, foram considerados 4 modelos de cálculo, com posicionamentos diferentes do trem tipo. Desta forma, os itens abaixo irão conter quatro plataformas demonstrando os valores dos esforços, tensões e deslocamentos.

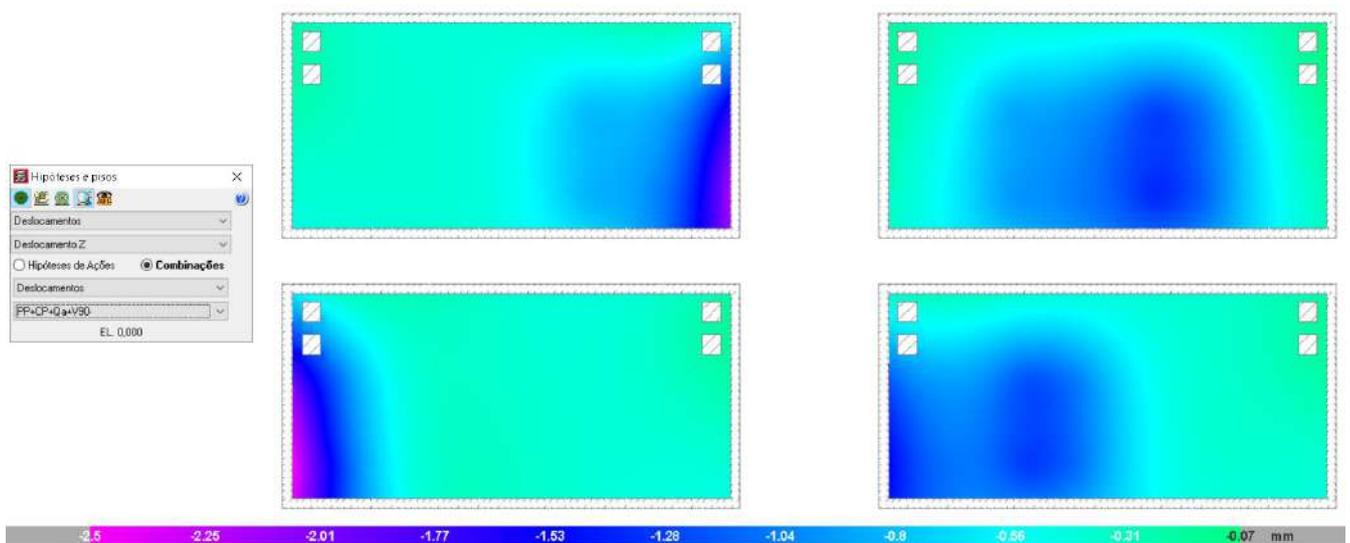
| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 18/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

9.1 TENSÃO MÁXIMA NO TERRENO



$$\sigma_{(adm.)} \geq \sigma_{(atuante)} = 1,50 \text{ kgf/cm}^2 > 0,77 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{OK!}$$

9.2 DESLOCAMENTOS



Deslocamento máximo: 2,50 mm

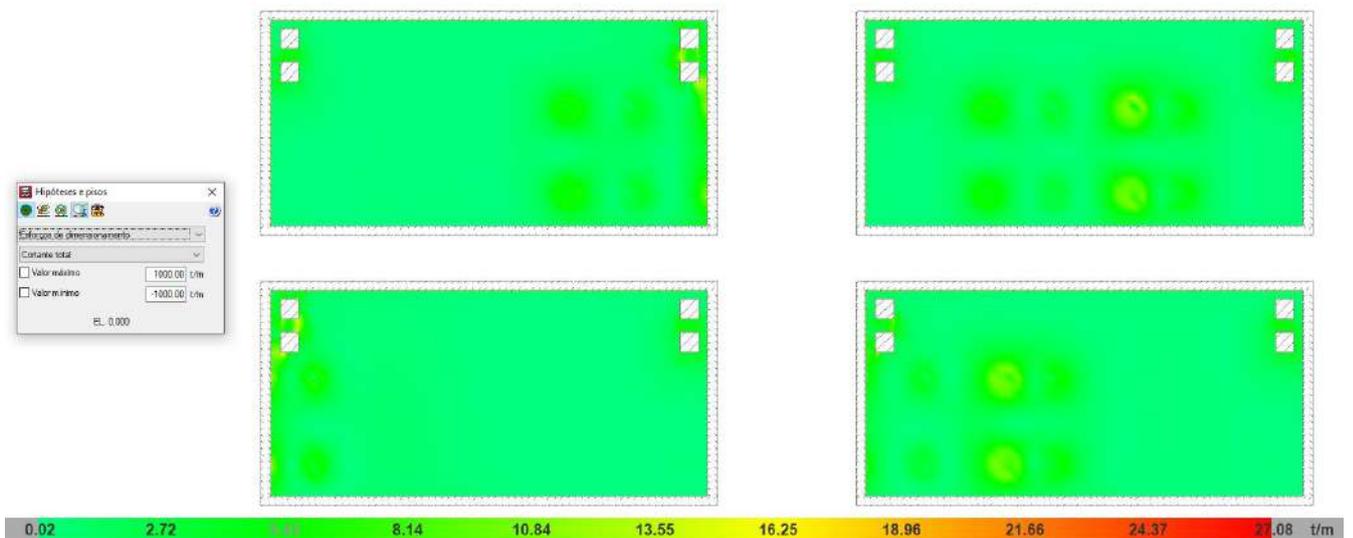
| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 19/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

Admissível para solos tipo areia: 25 mm

Admissível para solos argilosos 35 mm

O desnível observado no piso é admissível

9.3 ESFORÇO CORTANTE



Esforço cortante máximo – $V_d = 27,08 \text{tf/m}$

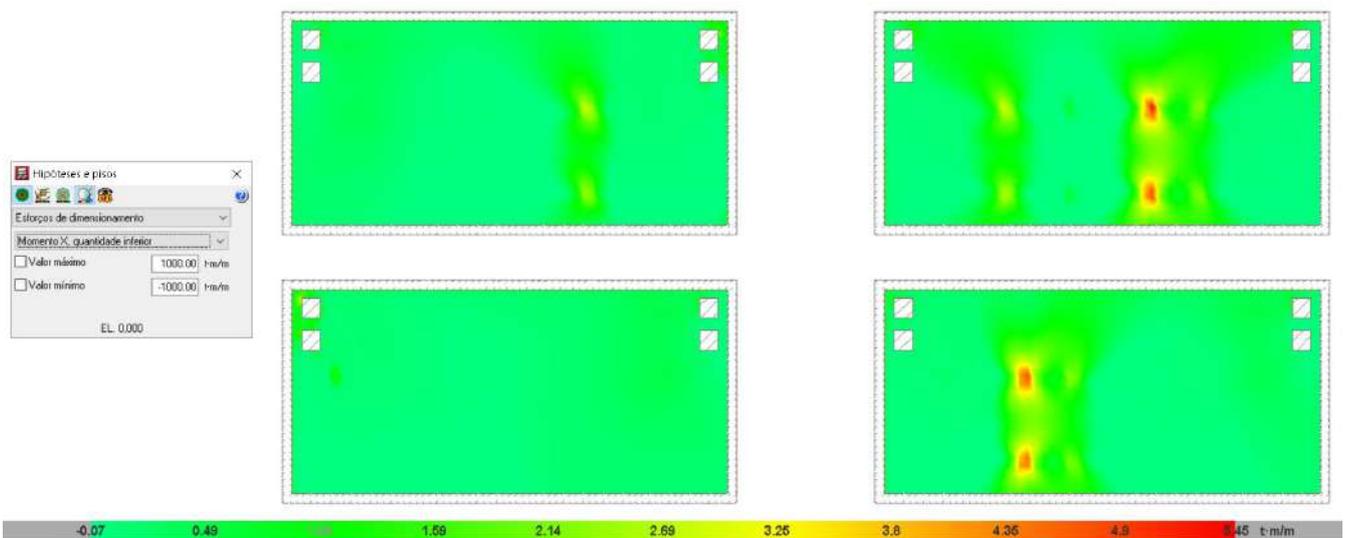
| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 20/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

LAJES SEM ARMADURA PARA CORTANTE - NBR 6118:2014 / ITEM 19.4.1

| SEÇÃO | UNID | |
|---|--------------------|----------|
| fck | MPa | 30 |
| bw | cm | 100 |
| h | cm | 30 |
| Cobrimento | cm | 4 |
| d | cm | 25 |
| dx | cm | 25.5 |
| dy | cm | 24.5 |
| P (%) | - | 100 |
| As1 | cm ² /m | 15.7 |
| Ø da barra | cm | 1 |
| V, biela (Ao centro do apoio) | kN | 270.8 |
| V, necess. armar (À distância "d" da face de apoio) | kN | 29.6 |
| VERIFICAÇÃO DA BIELA COMPRIMIDA | | |
| Vsd/VRd2 (≤1) | - | 0.2127 |
| Biela Comprimida: Dentro dos limites = OK ; Fora limites = NÃO OK | - | OK |
| VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE ARMAR AO CORTANTE | | |
| Vsd/VRd1 (≤1) | - | 0.166921 |
| Necessidade de armar: N ão necessário = OK ; Necessário= NÃO OK | - | OK |

As1 = Área da armadura de tração que se estende até não menos que d + lb,nec além da seção considerada (Fig. 19.1 do item 19.4.1 da NBR 6118)
P = Porcentagem da armadura inferior que chega até o apoio

9.4 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO X



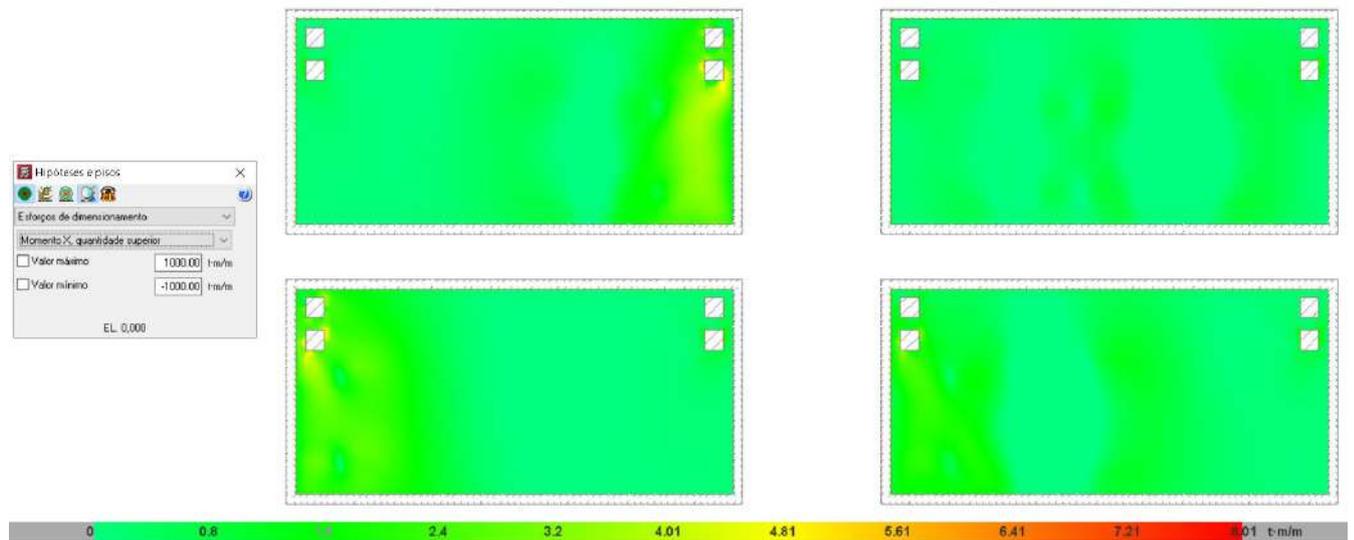
Momento Máximo Positivo em X – Mdx = 5,45 tf/m.m

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 21/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 5450 | Md (kN.cm) | 5450.00 |
| h (cm) | 30 | f _c (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 26.00 |
| f _{ck} (MPa) | 30 | k | 0.04 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 4.93 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.04 |
| As min (cm ²) | 4.50 | As1 (cm ²) | 4.93 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q785

9.5 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO X



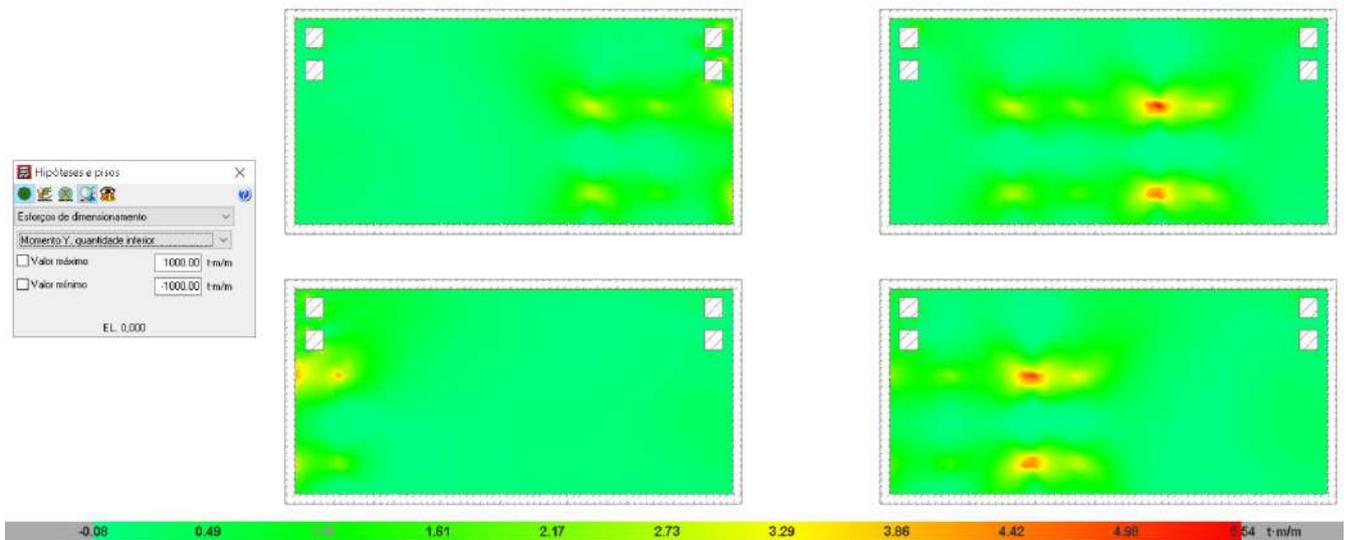
Momento Máximo Negativo em X – $X_{dx} = 8,01 \text{ tf/m.m}$

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 22/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 8010 | Md (kN.cm) | 8010.00 |
| h (cm) | 30 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 26.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.07 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 7.33 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.07 |
| As mín (cm ²) | 4.50 | As1 (cm ²) | 7.33 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q785

9.6 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO Y



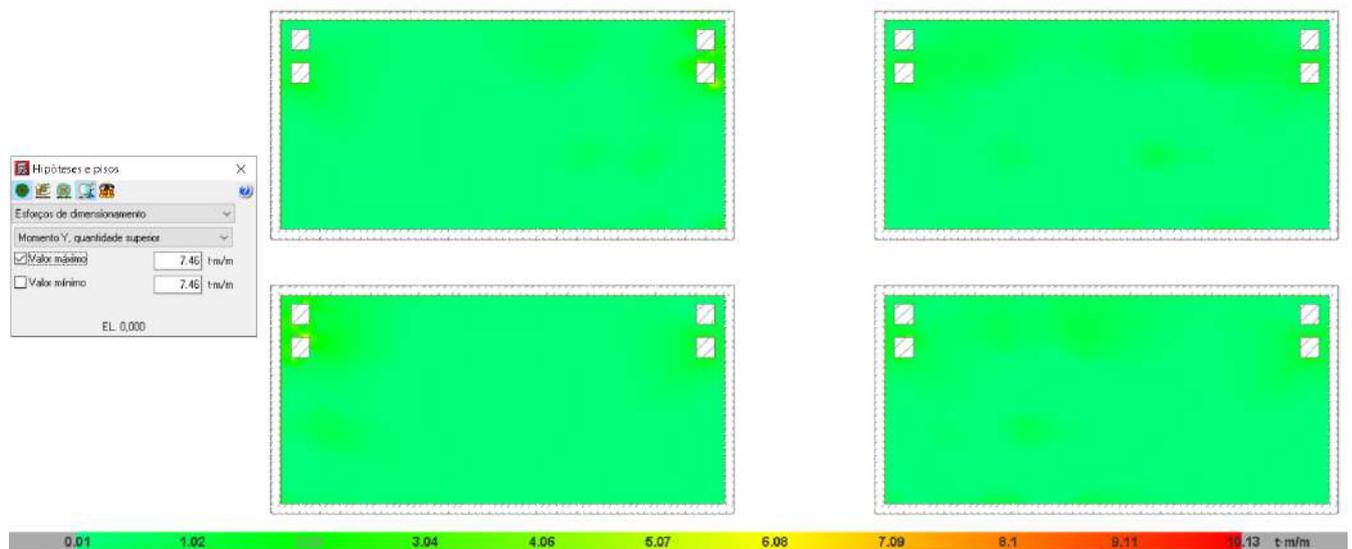
Momento Máximo Positivo em Y – $M_{dy} = 5,54 \text{ tf/m.m}$

| | | | | | |
|---|---|---|-------------|----------------------------------|---------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 23/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

| Flexão Normal Simples - Momento y , quantidade inferior | | | |
|---|------|-----------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 5540 | Md (kN.cm) | 5540.00 |
| h (cm) | 30 | f_c (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 26.00 |
| f_{ck} (MPa) | 30 | k | 0.04 |
| Cobrimento | 4 | f_{yd} | 43.48 |
| A_s (cm ²) | 5.02 | kL | 0.30 |
| A_s' (cm ²) | 0.00 | k' | 0.04 |
| $A_{s\ min}$ (cm ²) | 4.50 | A_{s1} (cm ²) | 5.02 |
| | | A_{s2} (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q785

9.7 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Negativo em Y – $X_{dy} = 7,46 \text{ tf/m.m}$

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------------|--|---------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | | FOLHA: 24/29 | |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | | |

| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|---------|
| M (kN.cm) | 7460 | Md (kN.cm) | 7460.00 |
| h (cm) | 30 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 26.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.06 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 6.81 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.06 |
| As min (cm ²) | 4.50 | As1 (cm ²) | 6.81 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

Armação adotada: Tela Q785

10 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE BORDA

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | | | | | | | | | | Estado | |
|----------|--|-------|------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------|--------------------------|
| | Disp. | Arm. | Q | N,M | T _c | T _{st} | T _{sl} | TNM _x | TV _x | TV _y | TV _{xSt} | TV _{ySt} | T _{Disp.sl} | T _{Geom.st} | T _{Arm.st} | | - |
| VB1 | Passa | Passa | '11.050 m' η = 4.0 | '11.550 m' η = 15.2 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 15.2 |
| VB2 | Passa | Passa | '13.100 m' η = 14.3 | '11.300 m' η = 39.7 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 39.7 |
| VB3 | Passa | Passa | '5.350 m' η = 4.2 | '3.850 m' η = 14.6 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 14.6 |
| VB5=VB1 | Passa | Passa | '10.800 m' η = 3.1 | '0.550 m' η = 7.7 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 7.7 |
| VB6=VB2 | Passa | Passa | '7.300 m' η = 4.1 | '7.800 m' η = 22.5 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 22.5 |
| VB7=VB3 | Passa | Passa | '5.350 m' η = 4.4 | '4.100 m' η = 12.5 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 12.5 |
| VB8=VB4 | Passa | Passa | '5.350 m' η = 4.6 | '4.100 m' η = 12.8 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 12.8 |
| VB9=VB1 | Passa | Passa | '2.050 m' η = 5.1 | '0.800 m' η = 16.6 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 16.6 |
| VB10=VB2 | Passa | Passa | '0.000 m' η = 13.6 | '1.550 m' η = 39.3 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 39.3 |
| VB11=VB3 | Passa | Passa | '3.600 m' η = 60.3 | '3.100 m' η = 63.3 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 63.3 |
| VB12=VB4 | Passa | Passa | '3.600 m' η = 4.5 | '4.100 m' η = 15.7 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 15.7 |
| VB13=VB1 | Passa | Passa | '12.925 m' η = 2.2 | '0.800 m' η = 5.9 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 5.9 |
| VB14=VB2 | Passa | Passa | '0.000 m' η = 9.1 | '0.925 m' η = 24.1 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 24.1 |
| VB15=VB3 | Passa | Passa | '3.600 m' η = 37.0 | '3.100 m' η = 38.6 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 38.6 |
| VB16=VB4 | Passa | Passa | '3.600 m' η = 4.5 | '4.100 m' η = 15.4 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(3) | PASSA η = 15.4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 25/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | |

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|-------|--|-------|-----------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| | Disp. | Arm. | Q | N _i M | T _c | T _{st} | T _{sl} | TNM _x | TV _x | TV _y | TV _{xst} | TV _{yst} | T _{Disp.sl} | T _{Geom.st} | T _{Arm.st} | |
| VB4 | Passa | Passa | '3.600 m' η = 60.2 | '0.475 m' η = 60.6 | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(2) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | N.A.(1) | PASSA η = 60.6 |

Notação:

Disp.: Disposições relativas às armaduras

Arm.: Armadura mínima e máxima

Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante (combinações não sísmicas)

N_iM: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (combinações não sísmicas)

T_c: Estado limite de ruptura por torção. Compressão oblíqua.

T_{st}: Estado limite de ruptura por torção. Tração na alma.

T_{sl}: Estado limite de ruptura por torção. Tração nas armaduras longitudinais.

TNM_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X.

TV_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Compressão oblíqua

TV_y: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Compressão oblíqua

TV_{xst}: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Tração na alma.

TV_{yst}: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Tração na alma.

T_{Disp.sl}: Estado limite de ruptura por torção. Espaçamento entre as barras da armadura longitudinal.

T_{Geom.st}: Estado limite de ruptura por torção. Diâmetro mínimo da armadura transversal.

T_{Arm.st}: Estado limite de ruptura por torção. Quantidade mínima de estribos fechados.

-: -

x: Distância à origem da barra

η: Coeficiente de aproveitamento (%)

N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

(1) A verificação do estado limite de ruptura por torção não é necessária, já que não há momento de torção.

(2) A verificação não é necessária, já que não há interação entre torção e esforços normais.

(3) Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | Estado |
|---------|---|---------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|---------|--------------|
| | W _{k,F,sup.} | W _{k,F,Lat.Dir.} | W _{k,F,inf.} | W _{k,F,Lat.Esq.} | σ _s | - | |
| VB1 | x: 11.8 m Passa | x: 11.8 m Passa | x: 1.05 m Passa | x: 11.8 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB2 | x: 11.8 m Passa | x: 11.8 m Passa | N.A.(3) | x: 11.8 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB3 | x: 4.35 m Passa | x: 4.35 m Passa | x: 1.35 m Passa | x: 4.35 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB5=VB1 | N.A.(3) | x: 1.05 m Passa | x: 1.05 m Passa | x: 1.05 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB6=VB2 | x: 11.55 m Passa | x: 8.3 m Passa | x: 8.3 m Passa | x: 8.3 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB7=VB3 | x: 4.6 m Passa | x: 4.6 m Passa | x: 1.475 m Passa | x: 4.6 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |
| VB8=VB4 | x: 4.6 m Passa | x: 4.6 m Passa | x: 1.475 m Passa | x: 4.6 m Passa | N.A.(1) | N.A.(2) | PASSA |

| | | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: | 26/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | |

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | | Estado |
|----------|---|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | $W_{k,F,sup.}$ | $W_{k,F,Lat.Dir.}$ | $W_{k,F,inf.}$ | $W_{k,F,Lat.Esq.}$ | σ_s | - | |
| VB9=VB1 | x: 1.3 m Passa | x: 1.3 m Passa | x: 11.925 m Passa | x: 1.3 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB10=VB2 | x: 2.05 m Passa | x: 2.05 m Passa | x: 8.925 m Passa | x: 2.05 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB12=VB4 | x: 4.6 m Passa | x: 4.6 m Passa | x: 1.475 m Passa | x: 4.6 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB13=VB1 | x: 1.55 m Passa | x: 11.925 m Passa | x: 11.925 m Passa | x: 11.925 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB14=VB2 | x: 1.425 m Passa | x: 1.425 m Passa | x: 4.55 m Passa | x: 1.425 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |
| VB16=VB4 | x: 4.6 m Passa | x: 4.6 m Passa | x: 1.475 m Passa | x: 4.6 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽²⁾ | PASSA |

| Vigas | VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014) | | | | | Estado |
|----------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | $W_{k,F,sup.}$ | $W_{k,F,Lat.Dir.}$ | $W_{k,F,inf.}$ | $W_{k,F,Lat.Esq.}$ | σ_s | |
| VB4 | x: 5.1 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | PASSA |
| VB11=VB3 | x: 5.1 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | PASSA |
| VB15=VB3 | x: 4.85 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | x: 0.975 m Passa | N.A. ⁽¹⁾ | PASSA |

Notação:

$W_{k,F,sup.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face superior
 $W_{k,F,Lat.Dir.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral direita
 $W_{k,F,inf.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face inferior
 $W_{k,F,Lat.Esq.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral esquerda
 σ_s : Armaduras longitudinais mínimas
 -: -
 x: Distância à origem da barra
 η : Coeficiente de aproveitamento (%)
 N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

- ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que a tensão de tração máxima no concreto não supera a resistência à tração do mesmo.
⁽²⁾ Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.
⁽³⁾ A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura tracionada.

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | FOLHA: 27/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | |

Tensão admissível em combinações fundamentais: 1.50 kgf/cm²

Tensão admissível em combinações acidentais: 1.50 kgf/cm²

| Combinações fundamentais | | | | | | |
|---------------------------------|----------|----------|--|--|--------|--|
| Viga | | | Tensão média (kgf/cm ²) | Tensão em bordas (kgf/cm ²) | Estado | |
| Viga | Trecho | Dimensão | | | | |
| 1 | VB1 | 30/60 | 0.15 | 0.17 | Passa | |
| 2 | VB2 | 30/60 | 0.69 | 0.70 | Passa | |
| 3 | VB3 | 30/60 | 0.14 | 0.14 | Passa | |
| 4 | VB4 | 30/60 | 0.73 | 0.77 | Passa | |
| 5 | VB5=VB1 | 30/60 | 0.13 | 0.14 | Passa | |
| 6 | VB6=VB2 | 30/60 | 0.35 | 0.36 | Passa | |
| 7 | VB7=VB3 | 30/60 | 0.11 | 0.11 | Passa | |
| 8 | VB8=VB4 | 30/60 | 0.10 | 0.10 | Passa | |
| 9 | VB9=VB1 | 30/60 | 0.20 | 0.22 | Passa | |
| 10 | VB10=VB2 | 30/60 | 0.78 | 0.79 | Passa | |
| 11 | VB11=VB3 | 30/60 | 0.82 | 0.87 | Passa | |
| 12 | VB10=VB4 | 30/60 | 0.14 | 0.14 | Passa | |
| 13 | VB13=VB1 | 30/60 | 0.12 | 0.13 | Passa | |
| 14 | VB14=VB2 | 30/60 | 0.47 | 0.47 | Passa | |
| 15 | VB15=VB3 | 30/60 | 0.49 | 0.51 | Passa | |
| 16 | VB16=VB4 | 30/60 | 0.14 | 0.14 | Passa | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------------|--|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | | FOLHA: | 28/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | | |

11 DIMENSIONAMENTO DOS FUSTES

11.1 F1 (55X60)

| Secção de betão | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|------------|---------------------------|--------|-------|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| Tramo | Dimensão (cm) | Posição | Verificações | | | | | Esforços desfavoráveis | | | | | | Estado | |
| | | | Disp. | Arm. | Q (%) | N,M (%) | Aprov. (%) | Natureza | Verif. | N (t) | Mxx (t-m) | Myy (t-m) | Qx (t) | | Qy (t) |
| EL. 0,250 (0 - 0.25 m) | 55x60 | Ext.Superior | Passa | Passa | 4.5 | 8.4 | 8.4 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 2.88 | -0.15 | 0.93 | 0.93 | -0.01 | Passa |
| | | | | | | | | AP, V ⁽³⁾ | N,M | -2.13 | 0.88 | 0.10 | 0.16 | 0.33 | |
| | | Ext.Inferior | Passa | Passa | 4.5 | 7.6 | 7.6 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 3.17 | -0.14 | 1.16 | 0.93 | -0.01 | Passa |
| EL. 0,000 | 55x60 | Elemento de Fundação | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | 0.8 | 7.6 | 7.6 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 3.17 | -0.14 | 1.16 | 0.93 | -0.01 | Passa |
| | | | | | | | | AP, V ⁽³⁾ | N,M | -1.92 | 0.80 | 0.14 | 0.16 | 0.33 | |

Notas:
⁽¹⁾ A verificação não é necessária
⁽²⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(2)+0.84-V0-
⁽³⁾ PP+CP+1.4-V90+

11.2 F2 (55X60)

| Secção de betão | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|------------|---------------------------|--------|-------|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| Tramo | Dimensão (cm) | Posição | Verificações | | | | | Esforços desfavoráveis | | | | | | Estado | |
| | | | Disp. | Arm. | Q (%) | N,M (%) | Aprov. (%) | Natureza | Verif. | N (t) | Mxx (t-m) | Myy (t-m) | Qx (t) | | Qy (t) |
| EL. 0,250 (0 - 0.25 m) | 55x60 | Ext.Superior | Passa | Passa | 4.5 | 8.5 | 8.5 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 1.79 | 0.08 | -0.86 | -0.93 | 0.06 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU, V ⁽³⁾ | N,M | -1.95 | 0.83 | -0.61 | -0.70 | 0.34 | |
| | | Ext.Inferior | Passa | Passa | 4.5 | 8.5 | 8.5 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 2.08 | 0.07 | -1.09 | -0.93 | 0.06 | Passa |
| EL. 0,000 | 55x60 | Elemento de Fundação | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | 0.8 | 8.5 | 8.5 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | 2.08 | 0.07 | -1.09 | -0.93 | 0.06 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU, V ⁽³⁾ | N,M | -1.74 | 0.75 | -0.78 | -0.70 | 0.34 | |

Notas:
⁽¹⁾ A verificação não é necessária
⁽²⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(1)+0.84-V0+
⁽³⁾ PP+CP+1.12-Qa+1.4-V90+

11.3 F3 (55X60)

| Secção de betão | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|------------|---------------------------|--------|--------|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| Tramo | Dimensão (cm) | Posição | Verificações | | | | | Esforços desfavoráveis | | | | | | Estado | |
| | | | Disp. | Arm. | Q (%) | N,M (%) | Aprov. (%) | Natureza | Verif. | N (t) | Mxx (t-m) | Myy (t-m) | Qx (t) | | Qy (t) |
| EL. 0,250 (0 - 0.25 m) | 55x60 | Ext.Superior | Passa | Passa | 6.6 | 21.9 | 21.9 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | -9.49 | 0.06 | 0.84 | 0.84 | 0.09 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU ⁽³⁾ | N,M | -11.27 | -0.15 | 0.73 | 0.76 | 0.04 | |
| | | Ext.Inferior | Passa | Passa | 5.9 | 22.7 | 22.7 | AP, SCU ⁽³⁾ | Q,N,M | -10.98 | -0.16 | 0.92 | 0.76 | 0.04 | Passa |
| EL. 0,000 | 55x60 | Elemento de Fundação | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | 0.7 | 22.6 | 22.6 | AP, SCU, V ⁽⁴⁾ | Q | -9.31 | -0.03 | 1.14 | 0.88 | 0.08 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU ⁽³⁾ | N,M | -10.98 | -0.16 | 0.92 | 0.76 | 0.04 | |

Notas:
⁽¹⁾ A verificação não é necessária
⁽²⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(1)+0.84-V0-
⁽³⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(2)
⁽⁴⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(2)+0.84-V0-

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|----------------------------------|--|--------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | | | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-006 | | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-006 | | FOLHA: | 29/29 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - PLATAFORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBOIOS | | | | | | | |

11.4 F4 (55X60)

| Secção de betão | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|------------|---------------------------|--------|--------|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| Tramo | Dimensão (cm) | Posição | Verificações | | | | | Esforços desfavoráveis | | | | | | Estado | |
| | | | Disp. | Arm. | Q (%) | N,M (%) | Aprov. (%) | Natureza | Verif. | N (t) | Mxx (t·m) | Myy (t·m) | Qx (t) | | Qy (t) |
| EL. 0,250 (0 - 0.25 m) | 55x60 | Ext.Superior | Passa | Passa | 6.9 | 22.5 | 22.5 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | -10.20 | 0.04 | -0.84 | -0.88 | 0.06 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU ⁽³⁾ | N,M | -12.24 | -0.32 | -0.56 | -0.71 | -0.03 | |
| | | Ext.Inferior | Passa | Passa | 6.2 | 23.2 | 23.2 | AP, SCU, V ⁽⁴⁾ | Q | -9.91 | -0.60 | -0.83 | -0.78 | -0.19 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU ⁽³⁾ | N,M | -11.95 | -0.31 | -0.74 | -0.71 | -0.03 | |
| EL. 0,000 | 55x60 | Elemento de Fundação | N.A. ⁽¹⁾ | N.A. ⁽¹⁾ | 0.7 | 23.1 | 23.1 | AP, SCU, V ⁽²⁾ | Q | -9.91 | 0.02 | -1.06 | -0.88 | 0.06 | Passa |
| | | | | | | | | AP, SCU ⁽³⁾ | N,M | -11.95 | -0.31 | -0.74 | -0.71 | -0.03 | |

Notas:
⁽¹⁾ A verificação não é necessária
⁽²⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(1)+0.84-V0+
⁽³⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(2)
⁽⁴⁾ 1.4-PP+1.4-CP+1.4-Qa+1.4-MON(2)+0.84-V90-

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 2/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

SUMÁRIO

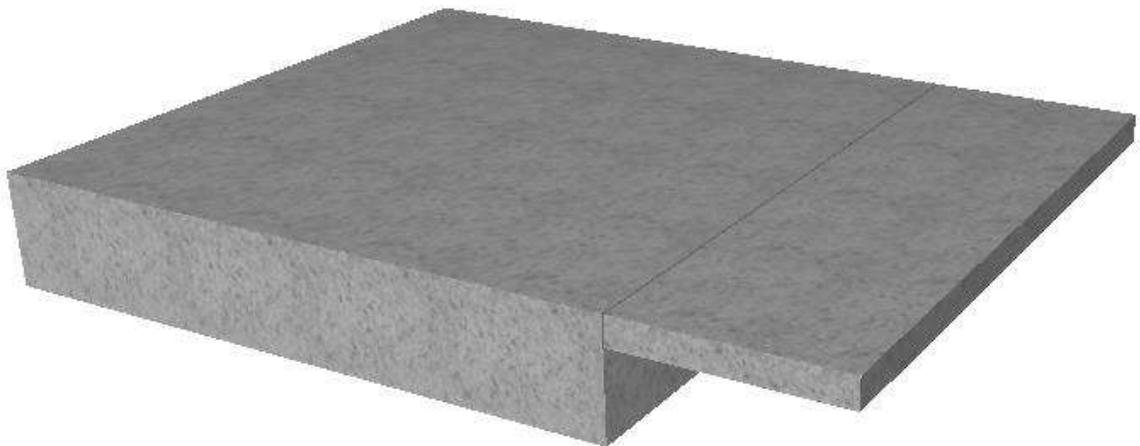
| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | OBJETIVO..... | 3 |
| 2 | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA..... | 4 |
| 3 | NORMAS..... | 4 |
| 4 | SISTEMA DE UNIDADES | 5 |
| 5 | PROGRAMAS UTILIZADOS | 5 |
| 6 | PARÂMETROS DE PROJETO | 5 |
| 7 | CARREGAMENTOS | 7 |
| 8 | SITUAÇÕES DE PROJETO | 8 |
| 9 | DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE PISO (L1)..... | 12 |
| 10 | DIMENSIONAMENTO DA SAPATA (S1)..... | 18 |

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 3/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

1 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar os esforços de cálculo e definir os critérios de dimensionamento em concreto armado da fundação para o Tanque de Incendio SPCI, estrutura pertencente ao projeto detalhado da unidade de beneficiamento do Projeto Pellet Feed Tico Tico de propriedade da Mineração Morro do Ipê, localizado no município de Igarapé, Minas Gerais

Segue a geometria / figura 3D para visualização do modelo estrutural:



| | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 4/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNIO | | | | |

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos abaixo relacionados foram utilizados na elaboração desta memória de cálculo ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ela. Devem ser usados na sua revisão mais recente.

| | |
|---------------------------|---|
| MMITT-1000-MEC-DE-DRW-003 | UNIDADE DE TRATAMENTO DE MINÉRIO 1000 – GERAL FASE BÁSICA MECÂNICA POSTO DE COMBUSTÍVEL - PLANTAS E CORTES |
|---------------------------|---|

3 NORMAS

O projeto relativo às estruturas em concreto armado, foi desenvolvido de acordo com as normas e especificações brasileiras aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nas suas últimas edições:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinadas a armaduras para concreto armado – Especificação;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 15900 – Água para amassamento do concreto – Requisitos.

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 5/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

Em casos especiais ou no caso de omissão das normas brasileiras vigentes, serão consultadas e/ou utilizadas as seguintes normas internacionais de conceituação comprovada:

- CEB – Comitê Europeu do Beton;
- ACI – American Concrete Institute;
- DIN – Deutsche Industrie Norm.

4 SISTEMA DE UNIDADES

Foi adotado o Sistema Internacional (SI) de unidades, exceto indicação contrária.

5 PROGRAMAS UTILIZADOS

Para o dimensionamento das fundações, foram utilizados os seguintes programas de cálculo.

- Planilhas eletrônicas;
- Cypecad;

6 PARÂMETROS DE PROJETO

6.1 CONCRETO

6.1.1 CONCRETO C10

- Consumo mínimo de cimento: 150 Kg/m³ de concreto.
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 10$ MPa.
- Aplicação: lastros de concreto simples para fundações e outras estruturas enterradas, enchimentos, contrapisos.

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 6/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

6.1.2 CONCRETO C30

- Consumo mínimo de cimento: 320 Kg/m³ de concreto.
- Fator água-cimento $\leq 0,55$ (tabela 7.1 da NBR 6118).
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 30$ MPa (aos 28 dias).
- Módulo de elasticidade secante: $E_{cs} = 27$ GPa (tabela 8.1 da NBR 6118).
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,2$.
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\lambda_c = 1,40$.
- Peso específico do concreto: $\gamma_c = 2,5t/m^3$.
- Aplicação: estruturas da classe de agressividade ambiental III. Agressividade forte, ambiente tipo industrial, com abertura de fissuras $W_K \leq 0,3$ mm (tabela 6.1 da NBR 6118).

6.2 ARMADURAS

- Resistência característica ao escoamento: $f_{yk} = 500$ MPa (CA-50) e $f_{yk} = 600$ MPa (CA-60).
- Módulo de elasticidade: $E_s = 210$ GPa.
- Coeficiente de Poisson: $\mu = 0,3$.
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\lambda_s = 1,15$.

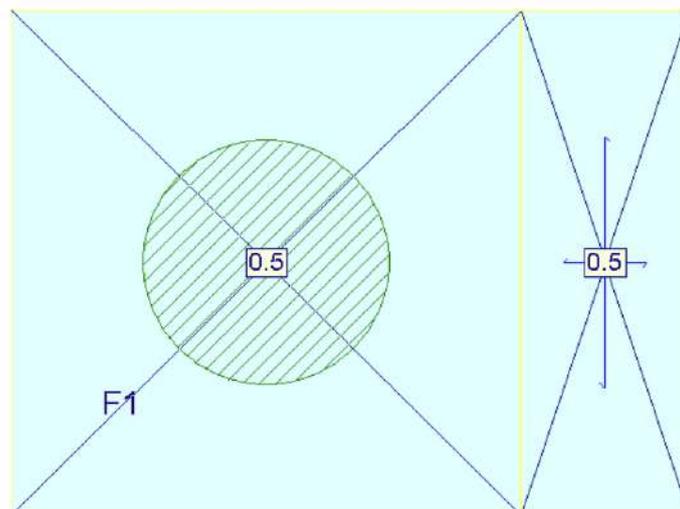
O cobrimento nominal da armadura deverá ser considerado conforme a tabela 7.2 da NBR 6118, que trata o valor do cobrimento para cada estrutura em função da classe de agressividade ambiental.

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 7/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

6.3 SOLO

- Peso específico do solo: $\gamma_s = 1,8tf/m^3$.
- Tensão admissível no solo $\sigma_{adm} \geq 1,5kgf/cm^2$.

7 CARREGAMENTOS



7.1 PESO PRÓPRIO

O peso da estrutura é calculado automaticamente pelo software.

7.2 SOBRECARGA DE UTILIZAÇÃO

Foi considerada uma sobrecarga de $0,5t/m^2$, atuante na superfície da Laje de Piso L1 e sobre a Sapata S1.

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 8/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

7.3 CARGAS ATUANTES NA SAPATA S1

| QUADRO DE CARGAS | | |
|------------------|-------|-------|
| CARGAS | VAZIO | CHEIO |
| HORIZONTAL (kgf) | 5407 | 5407 |
| VERTICAL (kgf) | 8344 | 87344 |
| MOMENTO (kgm) | 59200 | 67100 |

Atuam na Sapata S1 os carregamentos resultantes do Tanque de Incêndio SPCI de 65m³ de volume nominal. Devido à falta desses, foram utilizados valores aproximados de um tanque com dimensões e volume próximos, conforme tabela a cima. O fabricante responsável pela fabricação do tanque deverá validá-los junto a equipe quando o projeto do tanque for finalizado.

8 SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Onde:

G_k Ação permanente

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 9/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

P_k Acção de pré-esforço

Q_k Acção variável

γ_G Coeficiente parcial de segurança das acções permanentes

γ_P Coeficiente parcial de segurança da acção de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da acção variável principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das acções variáveis de acompanhamento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinação da acção variável principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinação das acções variáveis de acompanhamento

8.1 COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (γ) E COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO (ψ)

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|-------------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.400 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.800 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.400 | 1.000 | 0.600 |

E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

| Situação 1 | | | | |
|-------------------|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | | Coeficientes de combinação (ψ) | |
| | Favorável | Desfavorável | Principal (ψ_p) | Acompanhamento (ψ_a) |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.700 | 0.600 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 0.000 |

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 10/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

Tensões sobre o terreno

| Ações variáveis sem sismo | | |
|---------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

Deslocamentos

| Ações variáveis sem sismo | | |
|---------------------------|---|--------------|
| | Coeficientes parciais de segurança (γ) | |
| | Favorável | Desfavorável |
| Permanente (G) | 1.000 | 1.000 |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 |
| Vento (Q) | 0.000 | 1.000 |

8.2 COMBINAÇÕES

- Nomes das ações

| | |
|-------------|--------------------|
| PP | Peso próprio |
| CP | Cargas permanentes |
| Qa | Sobrecarga |
| V90+ | V90+ |
| V90- | V90- |
| V0+ | V0+ |
| V0- | V0- |

E.L.U. Concreto

E.L.U. Concreto em fundações

| Comb. | PP | CP | Qa | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.400 | 1.400 | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | |
| 4 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | 1.400 | | | |

| | | | | | | | |
|---|--|---|--|------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | | | |
| | | | | CLASSIFICAÇÃO | | CORPORATIVA | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 11/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | | | |

| Comb. | PP | CP | Qa | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6 | 1.400 | 1.400 | | 1.400 | | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | 1.400 | | | |
| 8 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | 1.400 | | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | 0.840 | | | |
| 10 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 0.840 | | | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | | | 1.400 | | |
| 12 | 1.400 | 1.400 | | | 1.400 | | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | 1.400 | | |
| 14 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | 1.400 | | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | 0.840 | | |
| 16 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | 0.840 | | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.400 | |
| 18 | 1.400 | 1.400 | | | | 1.400 | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | 1.400 | |
| 20 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | 1.400 | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | 0.840 | |
| 22 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | 0.840 | |
| 23 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.400 |
| 24 | 1.400 | 1.400 | | | | | 1.400 |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 1.120 | | | | 1.400 |
| 26 | 1.400 | 1.400 | 1.120 | | | | 1.400 |
| 27 | 1.000 | 1.000 | 1.400 | | | | 0.840 |
| 28 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | | 0.840 |

E.L.Util Fissuração. Concreto

| Comb. | PP | CP | Qa | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 0.700 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 0.300 | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | 0.300 | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | | 0.300 | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | 0.300 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | | | 0.300 | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | 0.300 | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | | | 0.300 |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 0.600 | | | | 0.300 |

Tensões sobre o terreno

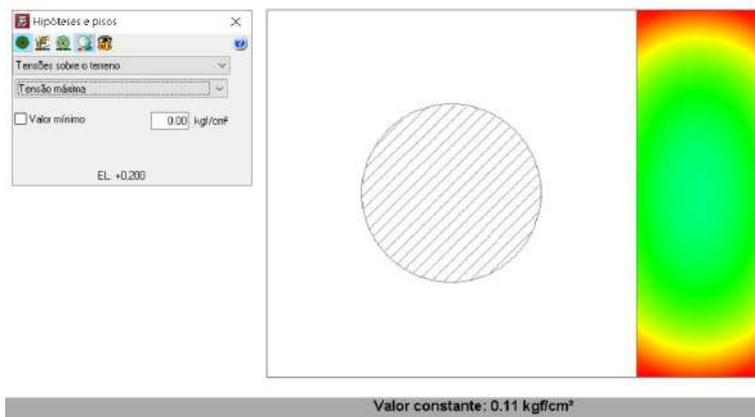
| | | | | | |
|---|--|---|-------------|----------------------------------|---------------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 12/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

Deslocamentos

| Comb. | PP | CP | Qa | V90+ | V90- | V0+ | V0- |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 |

9 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE PISO (L1)

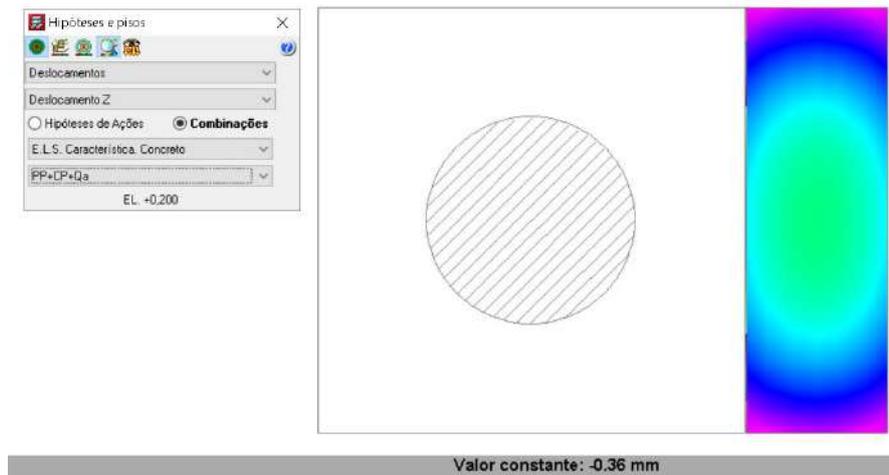
9.1 TENSÃO MÁXIMA NO TERRENO



$$\sigma_{(adm.)} \geq \sigma_{(atuante)} = 1,50 \text{ kgf/cm}^2 > 0,11 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{OK!}$$

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 13/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNIO | | | | |

9.2 DESLOCAMENTOS



Deslocamento máximo: 0,36 mm

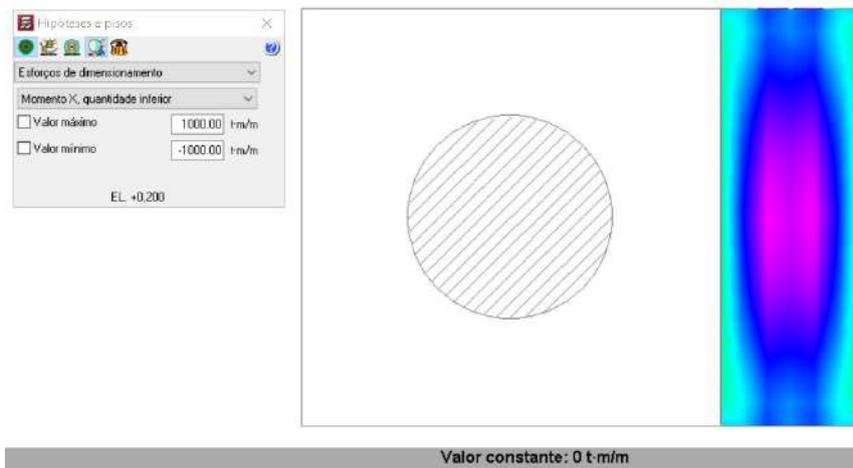
Admissível para solos tipo areia: 25 mm

Admissível para solos argilosos 35 mm

O desnível observado no piso é admissível

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 14/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

9.3 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO X



Momento Máximo Positivo em X – $M_{dx} = 0,00 \text{ tf/m.m}$

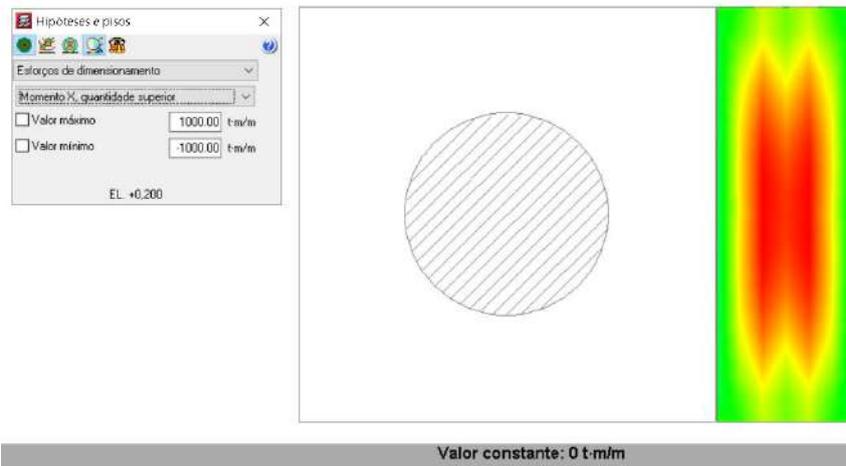
| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 0 | Md (kN.cm) | 0.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.00 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.00 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 15/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

9.4 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO X



Momento Máximo Negativo em X – $Xdx = 0,00$ tf/m.m

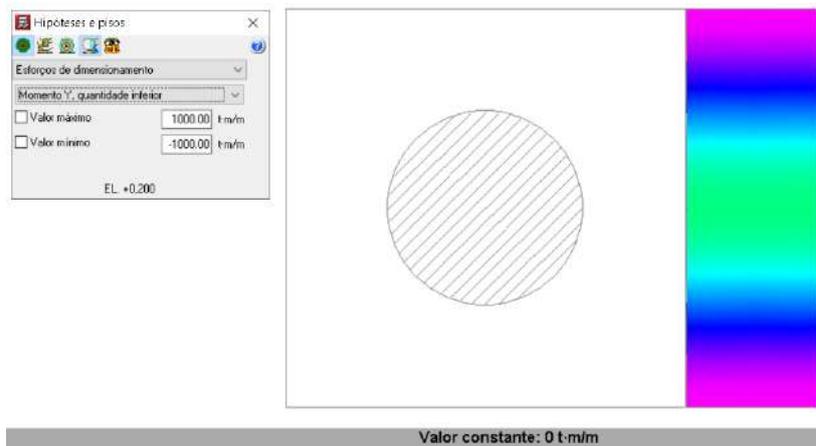
| Flexão Normal Simples - Momento x, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 0 | Md (kN.cm) | 0.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.00 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.00 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 16/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

9.5 MOMENTO INFERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Positivo em Y – $M_{dy} = 0,00 \text{ tf/m.m}$

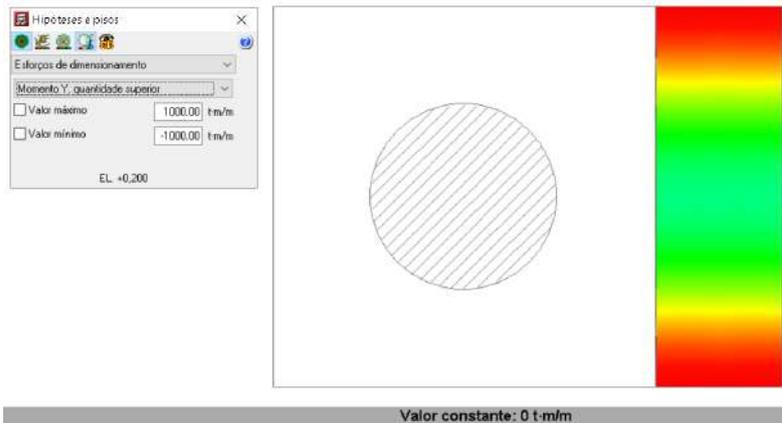
| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade inferior | | | |
|--|------|--------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 0 | Md (kN.cm) | 0.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fc (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | f _{yd} | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.00 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0.00 | k' | 0.00 |
| As mín (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.00 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|  | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 17/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNIO | | | | |

9.6 MOMENTO SUPERIOR NA DIREÇÃO Y



Momento Máximo Negativo em Y – $Xdy = 0,00$ tf/m.m

| Flexão Normal Simples - Momento y, quantidade superior | | | |
|--|------|--------------------------|-------|
| M (kN.cm) | 0 | Md (kN.cm) | 0.00 |
| h (cm) | 20 | fc (kN.cm ²) | 1.82 |
| b (cm) | 100 | d (cm) | 16.00 |
| fck (MPa) | 30 | k | 0.00 |
| Cobrimento | 4 | fyd | 43.48 |
| As (cm ²) | 0.00 | kL | 0.30 |
| As' (cm ²) | 0 | k' | 0.00 |
| As min (cm ²) | 3.00 | As1 (cm ²) | 0.00 |
| | | As2 (cm ²) | 0.00 |

TELA Q335

Armação adotada: Tela Q335

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|------------------------------|---------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | | REV. A |
| DISCIPLINA | CIVIL | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: | 18/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

10 DIMENSIONAMENTO DA SAPATA (S1)

| | | | | |
|---|--|--|---|-------------------------|
| Referência: S1 Dimensões: 450 x 450 x 80 Soldados: Xi:Ø12.5c/15 Yi:Ø12.5c/15 Xs:Ø12.5c/15 Ys:Ø12.5c/15 Perimetral:6Ø10 Verificação | | | Valores | Estado |
| Tensões sobre o terreno: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> - Tensão média em combinações fundamentais: - Tensão máxima em combinações permanentes sem vento: - Tensão máxima em combinações permanentes com vento: | | | Máximo: 1.5 kgf/cm ² Calculado: 0.631 kgf/cm ² Calculado: 1.101 kgf/cm ² Calculado: 1.101 kgf/cm ² | Passa Passa Passa |
| Tombamento da sapata: - Na direção X: <i>Se o % de reserva de segurança é maior que zero, pode ser dito que os coeficientes de segurança ao tombamento são maiores que os valores exatos exigidos para todas as combinações de equilíbrio.</i> - Na direção Y ⁽¹⁾ ⁽¹⁾ Sem momento de tombamento | | | Reserva segurança: 302.7 % | Passa Não aplicável |
| Deslizamento da sapata: - Combinações fundamentais: <i>Recomendação do livro 'Cálculo de estructuras de cimentación', J. Calavera. 4ª edición, ed. INTEMAC, 2000..</i> | | | Mínimo: 1.5 Calculado: 29.05 | Passa |
| Flexão na sapata: - Na direção X: - Na direção Y: | | | Momento: 49.38 t·m Momento: 28.27 t·m | Passa Passa |
| Cortante na sapata: - Na direção X: - Na direção Y: | | | Cortante: 21.80 t Cortante: 10.94 t | Passa Passa |
| Compressão oblíqua na sapata: - Combinações fundamentais: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> | | | Máximo: 655.3 t/m ² Calculado: 21.37 t/m ² | Passa |
| Altura mínima: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> | | | Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm | Passa |
| Espaço para ancorar arranques na fundação: - F1: | | | Mínimo: 16 cm Calculado: 74 cm | Passa |

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 19/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

| Referência: S1 | | |
|---|--------------------|--------|
| Dimensões: 450 x 450 x 80 | | |
| Soldados: Xi:Ø12.5c/15 Yi:Ø12.5c/15 Xs:Ø12.5c/15 Ys:Ø12.5c/15 Perimetral:6Ø10 | | |
| Verificação | Valores | Estado |
| Quantidade geométrica mínima: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> | Mínimo: 0.001 | |
| - Armadura inferior direção X: | Calculado: 0.001 | Passa |
| - Armadura superior direção X: | Calculado: 0.001 | Passa |
| - Armadura inferior direção Y: | Calculado: 0.001 | Passa |
| - Armadura superior direção Y: | Calculado: 0.001 | Passa |
| Quantia mínima necessária por flexão: <i>Norma Brasileira ABNT NBR 6118:2014. Artigo 17.3.5.2</i> | Calculado: 0.0011 | |
| - Armadura inferior direção X: | Mínimo: 0.0004 | Passa |
| - Armadura inferior direção Y: | Mínimo: 0.0003 | Passa |
| Diâmetro mínimo das barras: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> | Mínimo: 10 mm | |
| - Malha inferior: | Calculado: 12.5 mm | Passa |
| - Malha superior: | Calculado: 12.5 mm | Passa |
| Espaçamento máximo entre barras: <i>Critério da CYPE Ingenieros</i> | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura inferior direção X: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura inferior direção Y: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura superior direção X: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura superior direção Y: | Calculado: 15 cm | Passa |
| Espaçamento mínimo entre barras: <i>Critério da CYPE Ingenieros, baseado em: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm | |
| - Armadura inferior direção X: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura inferior direção Y: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura superior direção X: | Calculado: 15 cm | Passa |
| - Armadura superior direção Y: | Calculado: 15 cm | Passa |
| Comprimento de ancoragem: <i>Critério do livro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Calculado: 151 cm | |
| - Armadura inf. direção X para dir: | Mínimo: 16 cm | Passa |
| - Armadura inf. direção X para esq: | Mínimo: 13 cm | Passa |

| | | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|   | |  | | PELLET FEED TICO TICO | |
| | | CLASSIFICAÇÃO | CORPORATIVA | | |
| ÁREA | 1000 - GERAL | | Nº MMI. | MMITT-1000-CIV-MC-DRW-007 | |
| DISCIPLINA | CIVIL | | Nº PROJ. | 292-056-04.00.00-1000-C-MCL-007 | FOLHA: 20/20 |
| TÍTULO | MEMÓRIA DE CÁLCULO - FUNDAÇÃO PARA O TANQUE DE INCÊNCIO | | | | |

Referência: S1

Dimensões: 450 x 450 x 80

Soldados: Xi:Ø12.5c/15 Yi:Ø12.5c/15 Xs:Ø12.5c/15 Ys:Ø12.5c/15 Perimetral:6Ø10

| Verificação | Valores | Estado |
|---------------------------------------|------------------|--------|
| - Armadura inf. direção Y para cima: | Mínimo: 13 cm | Passa |
| - Armadura inf. direção Y para baixo: | Mínimo: 13 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção X para dir: | Mínimo: 18 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção X para esq: | Mínimo: 18 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção Y para cima: | Mínimo: 18 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção Y para baixo: | Mínimo: 18 cm | Passa |
| Comprimento mínimo das dobras: | Mínimo: 14 cm | |
| - Armadura inf. direção X para dir: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura inf. direção X para esq: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura inf. direção Y para cima: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura inf. direção Y para baixo: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção X para dir: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção X para esq: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção Y para cima: | Calculado: 72 cm | Passa |
| - Armadura sup. direção Y para baixo: | Calculado: 72 cm | Passa |

Todas as verificações foram cumpridas

NOTA TÉCNICA:

Este documento apresenta a revisão do Relatório de Impactos Ambientais das obras de descaracterização da barragem de rejeitos de minério denominada B1 – Mina Ipê, considerando as alterações de projeto executivo conforme documento elaborado e emitido pela empresa Terracota Geotecnia, concluído tempestivamente em 24 de fevereiro de 2023, com protocolo efetivo na Agência Nacional de Mineração em 27/02/23 (RECIBO ELETRÔNICO DE PROTOCOLO - SEI Nº 48403.931798/2011-98).

Portanto, este documento possui aderência aos termos do Decreto Estadual Nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, cujo Art. 19 indica que a proposta de descaracterização deverá ser consolidada em projeto que contenha programa de manutenção e monitoramento e respeite os critérios definidos em Termo de Referência aprovado e disponibilizado pela Feam, especificamente o que contempla o Parágrafo 4º:

"O projeto deverá prever os impactos ambientais causados pelas obras de descaracterização e as ações e os programas para controlar, mitigar, recuperar e, quando couber, compensar, nos termos da legislação vigente, tais impactos, que serão avaliados quando da obtenção das autorizações necessárias."

Logo, observa-se que o Anexo II do Termo de Referência, existem considerações a serem feitas relacionadas à avaliação dos potenciais impactos adversos sobre o ar e a água, e suas consequências para as comunidades do entorno, incluindo a previsão de medidas mitigadoras para tais impactos.

SUMÁRIO:

| | |
|---|-----------|
| 1 – APRESENTAÇÃO E OBJETIVO | 5 |
| 2 – APLICAÇÃO | 5 |
| 3 – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | 5 |
| 4 – DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM B1 – MINA IPÊ | 6 |
| 4.1 – LOCALIZAÇÃO E MAPA DE ACESSO | 6 |
| 4.2 – CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA | 9 |
| 5 – SÍNTESE DO PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO | 11 |
| 5.1 – METODOLOGIA ADOTADA..... | 11 |
| 5.2 – SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA | 12 |
| 6 – ASPECTOS AMBIENTAIS DO PROJETO DE DESCARACTERIZAÇÃO | 17 |
| 7 – METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS | 17 |
| 8 – LEVANTAMENTO, AVALIAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS..... | 21 |
| 8.1 – EMISSÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS PARA A ATMOSFERA..... | 21 |
| 8.1.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 21 |
| 8.1.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 21 |
| 8.1.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 21 |
| 8.1.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 22 |
| 8.2 – EMISSÃO DE RUIDOS AMBIENTAIS | 22 |
| 8.2.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 22 |
| 8.2.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 22 |
| 8.2.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 22 |
| 8.2.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 23 |
| 8.3 – ALTERAÇÃO DA DINÂMICA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS | 23 |
| 8.3.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 23 |
| 8.3.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 23 |
| 8.3.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 23 |
| 8.3.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 24 |
| 8.4 – IMPACTO VISUAL..... | 24 |
| 8.4.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 24 |
| 8.4.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 24 |
| 8.4.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 25 |
| 8.4.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 25 |
| 8.5 – EMISSÃO DE GASES POLUENTES | 26 |
| 8.5.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 26 |
| 8.5.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 26 |
| 8.5.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 26 |
| 8.5.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 26 |
| 8.6 – REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO | 26 |
| 8.6.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 26 |
| 8.6.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 27 |
| 8.6.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 27 |
| 8.6.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 27 |
| 8.7 – RISCO POTENCIAL DE DANOS À BARRAGEM (ROMPIMENTO DE BARRAGEM) | 27 |
| 8.7.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 27 |
| 8.7.2 – <i>Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)</i> | 27 |
| 8.7.3 – <i>Medidas de Controle</i> | 27 |
| 8.7.4 – <i>Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)</i> | 28 |
| 8.8 – PERDA DE HABITAT PARA FAUNA E PERDA DE MICROCLIMA..... | 28 |
| 8.8.1 – <i>Descritivo do Impacto</i> | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 8.8.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle) | 29 |
| 8.8.3 – Medidas de Controle | 29 |
| 8.8.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)..... | 29 |
| 9 – LEVANTAMENTO DE ASPECTOS AMBIENTAIS E IMPACTOS POSITIVOS..... | 30 |
| 9.1 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS POSITIVOS | 30 |
| 9.1.1 – Descritivo do Impacto | 30 |
| 9.1.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Potencialização)..... | 30 |
| 9.1.3 – Medidas de Potencialização..... | 30 |
| 9.1.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Potencialização) | 30 |
| 9.2 – IMPACTOS POSITIVOS AO MEIO FÍSICO E BIÓTICO | 31 |
| 9.2.1 – Descritivo do Impacto | 31 |
| 9.2.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Potencialização)..... | 31 |
| 9.2.3 – Medidas de Potencialização..... | 31 |
| 9.2.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Potencialização) | 31 |
| 10 – MEDIDAS DE GESTÃO E CONTROLE ATUAIS DA B1 - MINA IPÊ | 31 |
| 10.1 – GESTÃO E CONTROLES PREVENTIVOS..... | 31 |
| 10.2 – GESTÃO E CONTROLES CORRETIVOS | 32 |
| 11 – MEDIDAS ADICIONAIS DE GESTÃO E CONTROLE NAS OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO | 34 |
| 11.1 – MONITORAMENTO DA SUPERFÍCIE FREÁTICA | 34 |
| 11.2 – MONITORAMENTO DOS DESLOCAMENTOS | 37 |
| 11.3 – ROTINAS DE MONITORAMENTO | 37 |
| 12 – MONITORAMENTO PÓS-DESCARACTERIZAÇÃO E CONTROLES PÓS-DESCARACTERIZAÇÃO | 38 |
| 12.1 – VEGETAÇÃO | 39 |
| 12.2 – TALUDES..... | 39 |
| 12.3 – ESTRUTURAS HIDRÁULICAS..... | 40 |
| 13 – EQUIPE RESPONSÁVEL | 42 |
| 14 – BIBLIOGRAFIA | 43 |
| ANEXO 1 – ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS E MEDIDAS DE CONTROLE | 45 |
| ANEXO 2 – ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS POSITIVOS E MEDIDAS DE POTENCIALIZAÇÃO | 48 |
| ANEXO 3 – FICHA DE EMERGÊNCIA E RESPECTIVAS ANOMALIAS..... | 49 |
| ANEXO 4 – ART | 51 |

1 – Apresentação e Objetivo

Este documento foi elaborado pela empresa GEOPRIME ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. e se trata do relatório de impactos ambientais das obras de descaracterização da barragem de rejeitos de mineração denominada B1 – Mina Ipê, observando a metodologia que será utilizada nas obras de descaracterização da referida barragem. Com isso, o objetivo deste relatório é, a partir da previsão dos impactos ambientais negativos que ocorrerão, propor ações e programas para controle e mitigação, bem como recuperação ambiental.

2 – Aplicação

Este relatório se aplica à Barragem B1 - Mina Ipê da Mineração Morro do Ipê.

3 – Documentos de Referência

Os principais documentos de referência para esta elaboração são apresentados no **Quadro 1**, mas não se limitando apenas aos mesmos.

Quadro 1 – Principais documentos de referência da Barragem B1 – Mina Ipê.

| Documento | Código | Data | Empresa Resp. |
|---|--------------------------|-------------------|---|
| Relatório de Inspeção de Segurança Regular - 1º Semestre 2023 | 17723-A-BA-RL-01-GE_r1 | Março de 2022 | Terracota Consultoria e Projetos |
| Projeto Conceitual | DF20-104-1-EG-RTE-0008 | Outubro de 2021 | DF+ Engª Geotécnica e Recursos Hídricos |
| Atualização do Plano de Segurança de Barragem | IPE.OP.RL.8000.GT.20.147 | Dezembro de 2020 | GeoPrime Engª e Meio Ambiente |
| Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem | 16923-E-BA-RL-03-GE_r1 | Fevereiro de 2023 | Terracota Consultoria e Projetos |
| Especificação Técnica Construtiva do Projeto Executivo de Descaracterização da Barragem | 16923-E-BA-ET-01-GE_r1 | Fevereiro de 2023 | Terracota Consultoria e Projetos |
| Relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem | 08921-S-BA-RL-01-GE_r1 | Dezembro de 2021 | Terracota Consultoria e Projetos |
| Seções III, IV e V do PAEBM da Barragem B1 Ipê | Sem Código | Dezembro de 2022 | Brandt Meio Ambiente |

4 – Descrição Geral da Barragem B1 – Mina Ipê

A barragem de rejeitos de mineração denominada B1 – Mina Ipê, localizada no município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais, foi classificada de acordo com a Categoria de Risco (**CRI**), como de **risco baixo** e Dano Potencial Associado (**DPA**) **alto**, enquadrada, desta forma, na **Classe B**, de acordo a Matriz para Classificação de Barragens de Mineração para disposição de resíduos e rejeitos segundo Anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022.

Esta classificação foi atribuída pela empresa Terracota Consultoria e Projetos, conforme consta no relatório RISR - Relatório de Inspeção de Segurança Regular (17723-A-BA-RL-01-GE_r1), emitido em março de 2023.

Ainda de acordo com o Relatório 17723-A-BA-RL-01-GE_r1, a Barragem B1 – Mina Ipê foi projetada com a finalidade de disposição de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Ipê, classificados de acordo com a norma NBR 10.004 como Classe II B – Resíduo Inerte, além da retenção de sedimentos exógenos e o amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição.

Já o Relatório 16923-E-BA-ET-01-GE_r1 indica que em virtude da exaustão da capacidade de acumulação da bacia da barragem e da necessidade operacional de se criar espaços para a disposição de rejeitos, a partir do último trimestre de 2010 até dezembro de 2017, foram realizadas operações de retomada (“lavra”) do rejeito disposto hidraulicamente e transportados e empilhados mecanicamente. Para tanto, o reservatório foi subdividido em baias de forma a não paralisar as operações sendo que enquanto o lançamento era realizado em uma, o rejeito era retomado na outra. O lançamento de rejeitos foi paralisado em dezembro de 2017, operando, desde então, basicamente na retenção de sedimentos exógenos e no amortecimento de cheias provenientes de sua bacia de contribuição.

Atualmente a estrutura vem sendo preparada para se iniciar o processo de descaracterização.

4.1 – Localização e Mapa de Acesso

A Barragem B1 – Mina Ipê está localizada no município de Brumadinho-MG, Estado de Minas Gerais, em torno das coordenadas UTM (Sirgas2000) 572.500 E; 7.775.100 N, como se observa na **Figura 1** e na **Figura 2**, assim como no Mapa de Localização da Barragem B1 - Mina Ipê e no Mapa de Detalhe e Acesso da Barragem B1 - Mina Ipê.

Como se pode observar, o acesso à área é feito pela BR- 381, que liga Belo Horizonte a São Paulo, e corta a Serra das Farofas à Leste da barragem, distante a 65 km de Belo Horizonte.

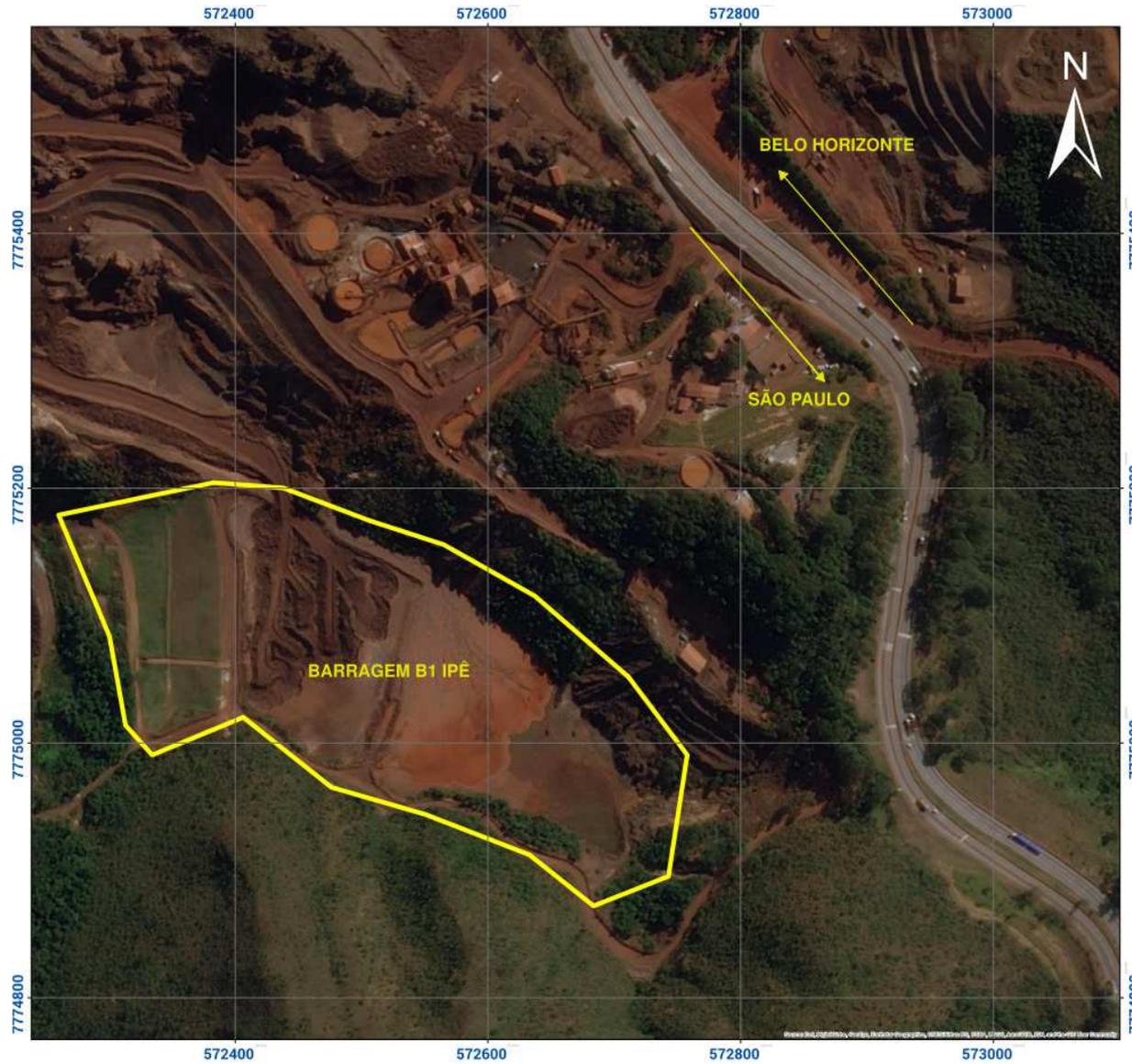


Figura 1 - Mapa de Localização da Barragem B1 – Mina Ipê.

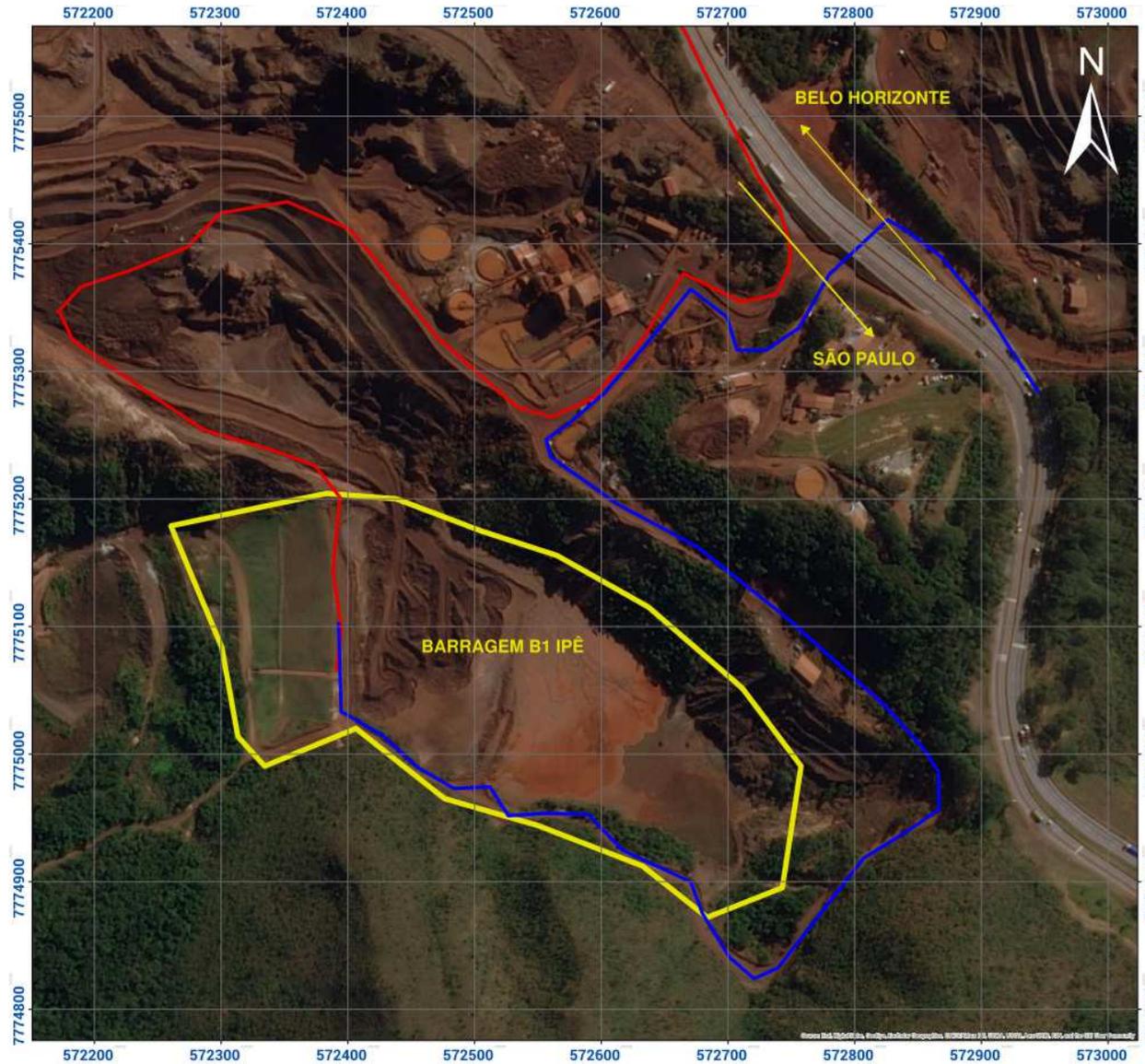


Figura 2 – Mapa de Detalhe e Acessos da Barragem B1 – Mina Ipê.

4.2 – Características da Estrutura

Segundo descrito no Projeto Executivo de Descaracterização (16923-E-BA-ET-01-GE_r1) de fevereiro de 2023, a barragem B1 – Mina Ipê foi construída em 3 etapas, sendo o maciço inicial na El. 1.031,00 m, o primeiro alteamento a montante na El. 1.051,00 m, e o segundo alteamento na El. 1.057,00 m construído em direção a jusante, porém sobre o maciço do primeiro alteamento. Em todas as etapas, foi utilizado rejeito compactado para construção dos respectivos maciços. Até meados de 2021 a estrutura era considerada como alteada pelo método de jusante, até serem apreciadas as informações contidas no relatório técnico do segundo alteamento, documento R_033_92 elaborado pelo Engenheiro Consultor José Jaime Rodrigues Branco. No referido documento, o autor descreve a execução de um maciço drenante lançado a jusante, a partir do qual a barragem apresentaria condição de estabilidade adequada para realização de sucessivos alteamentos para direção de montante, conforme trecho a seguir retirado do relatório mencionado:

“Inicialmente será restaurada a barragem existente com a construção de um maciço drenante lançado para jusante formando um pé para estabilização do maciço atual... [...]

Esta estabilização permitirá a elevação sucessiva de crista da barragem para montante com condições de drenagens e taludes adequadamente dimensionados, de maneira a se manter um fator de segurança para a completa estabilidade do novo maciço... [...]

Esta barragem está praticamente toda assoreada com rejeito. Sobre o assoreamento foi projetada a elevação da crista para montante até a cota 556,0 com uma banquetas de 10,0 m de altura na cota 536,0, com altura de 23,0 metros...”

Entre 2020 e 2022 foi realizada uma extensa campanha de sondagens para subsidiar a elaboração do projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê, na qual foi validada a hipótese de o alteamento ter sido construído pelo método de montante.

No **Quadro 2** a seguir é possível observar os dados consolidados da Barragem B1 – Mina Ipê e suas principais características.

Quadro 2 – Principais Características da Barragem B1 - Mina Ipê.

Fonte: Projeto Executivo de Descaracterização – Fev.23 (16923-E-BA-ET-01-GE_r1).

| DADOS GERAIS | |
|--|---|
| Nome da Estrutura | Barragem B1 – Mina Ipê |
| Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento | Latitude: - 20° 7'11.60" Longitude: - 44°18'26.89" |
| Finalidade do Barramento | Armazenamento de Rejeito Fino de Minério de Ferro |
| Ano de Início de Implementação | ~1991 |
| Ano de Início de Operação | ~1991 |
| Ano de Término de Operação | Sem previsão |
| Ano de Término de Descaracterização | 2024 (previsão) |
| Situação (status) de operação atual da barragem | Inativa |
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
| Volume Total (m ³) | 1.204.665 (*) |
| Volume do reservatório (m ³) | 943.579 (*) |
| Volume do reservatório ocupado com rejeitos (m ³) | 786.359 |
| Área do reservatório (m ²) | 51.226 |
| Elevação mínima do coroamento (m) | 1.057,83 |
| Elevação do terreno natural no pé do barramento (m) | 1.002,10 |
| Altura atual da barragem (m) | 55,0 |
| Extensão do coroamento (m) | 176,0 |
| Largura do coroamento (m) | 6,0 |
| Largura das bermas (m) | Variável, no mínimo 3,0 |
| Inclinação geral do talude jusante | 2,55H:1V (21,4°) |
| Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados | 2 alteamentos a montante (**) |
| Nível d'água máximo maximorum (TR 1.000 anos) (m) | 1.057,18 |
| Nível d'água máximo maximorum (TR 10.000 anos) (m) | 1.057,56 |
| Borda livre mínima (TR 1.000 anos) (m) | 0,65 |
| Borda livre mínima (TR 10.000 anos) (m) | 0,27 |
| Descarga do vertedouro (TR 1.000 anos) (m ³ /s) | 4,38 (N.A. El. 1057,18 m) |
| Capacidade de Descarga do vertedouro (m ³ /s) | 11,25 (N.A. El. 1057,83 m) |
| Área da bacia de contribuição (km ²) | 0,51 |

(*) Volumes atualizados a partir das superfícies resultantes da nova interpretação geológica elaborada pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos hídricos e levantamento topográfico de novembro de 2021;

(**) O maciço do segundo alteamento foi construído no sentido para jusante, porém é uma ampliação do maciço do 1º alteamento, executado pelo método de montante.

5 – Síntese do Projeto de Descaracterização

5.1 – Metodologia Adotada

A empresa projetista Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1) concebeu o projeto de descaracterização da Barragem B1 – Mina Ipê por meio da remoção completa da estrutura (maciços de rejeito compactado e rejeito depositado no reservatório), além da remoção do rejeito antigo identificado em sua fundação.

A remoção dos materiais será feita a partir de métodos e equipamentos convencionais de escavação, com utilização de escavadeira e caminhões para o transporte do rejeito escavado para as áreas de disposição disponíveis no empreendimento.

Nas primeiras etapas de escavação, a drenagem do reservatório será direcionada para o sentido de montante, onde será executado um sump com 2,0 m de profundidade, utilizado para o acúmulo e bombeamento de água de chuva durante a execução das obras.

A remoção dos materiais será feita em camadas de 2,0 m de espessura que se estendem por toda a largura da área a ser descaracterizada. A escavação das camadas será feita a partir do sump que deverá ser aprofundado em mais 2,0 m antes de iniciar a remoção do rejeito. Os taludes de escavação terão inclinação de 1V:3H, quando em rejeito do reservatório, e 1V:2H, quando em rejeito dos maciços compactados.

O maciço da barragem e sistema extravasor atuais serão mantidos sem alteração até a 12ª etapa de execução das obras de descaracterização, quando o maciço será removido até a El. 1.046,00 m.

Na 13ª etapa, um novo sistema extravasor será construído, de forma que a barragem tenha segurança hidráulica para cheia com período de retorno de 1.000 anos. O novo sistema extravasor permanecerá operante até a etapa 21, a partir da qual praticamente todo o rejeito do reservatório já terá sido removido e as escavações se concentrarão na retirada dos maciços e do rejeito antigo existente na fundação.

Após a escavação de todo material de rejeito e recuperação do vale em sua geometria natural, está prevista a construção de um sump em terreno natural para a contenção dos sedimentos gerados e o revestimento da calha do vale com material de enrocamento.

5.2 – Sequência Construtiva

A sequência construtiva proposta pela Terracota prevê 2 etapas macro, sendo que a adequação do sistema extravasor faz a divisão entre as etapas. Para cada etapa será realizada a remoção dos seguintes volumes de materiais:

- Etapa 1
 - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 447.562.m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 57.650 m³.
- Etapa 2
 - Volume de rejeitos a serem removidos do reservatório: 226.600 m³;
 - Volume de blocos a serem removidos da fundação: 14.210 m³;
 - Volume de "rejeitos antigos" a serem removidos da fundação: 99.000 m³;
 - Volume de maciço a ser removido da estrutura: 224.062 m³.

Com base na taxa de escavação média aproximada entre 2.800 e 3.100 m³ por dia, fornecida pela Mineração Morro do Ipê, cada etapa está prevista para ser executada em um período seco (6 meses, de maio a outubro), podendo ser estendido em função do regime de chuvas.

A execução de todas as etapas previstas no projeto deverá obedecer a sequência construtiva descrita de forma consolidada no **Quadro 3**.

Quadro 3 – Detalhamento da sequência construtiva do projeto de descaracterização.

Fonte: Elaborado com base no relatório da Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

| Etapas | Descritivo das Etapas | Detalhamento das Etapas |
|--------|-----------------------|---|
| 1ª | Serviços preliminares | Locação e demarcação das obras de descaracterização |
| | | Instalação de poços de bombeamento para rebaixamento da superfície freática |
| | | Instalação dos novos instrumentos de controle para monitoramento do rebaixamento da superfície freática |
| | | Rebaixamento da superfície freática até a elevação definida em projeto |

| Etapas | Descritivo das Etapas | Detalhamento das Etapas |
|--------|--|---|
| 2ª | Fase 1 Remoção parcial do rejeito do reservatório | Execução de sump, localizado na porção de montante do reservatório, com base na elevação 1051,50 m |
| | | Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô final na elevação 1053,0 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contatos a partir do sump executado |
| | | Aprofundamento do sump existente em 2,0 m, até a elevação 1049,50 |
| | | Repetir etapas anteriores até o rejeito atingir elevação 1.041,40 m |
| 3ª | Fase 2 Primeiro rebaixamento do maciço | Demolição do emboque do canal extravasor existente |
| | | Demolição / retirada da descida d'água da ombreira direita |
| | | Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem |
| | | Escavação do maciço até elevação 1.046,00 m |
| | | Construção de novo emboque para o sistema extravasor ligado ao canal existente |
| | | Reinstalação dos instrumentos de controle da saturação do rejeito antigo retirados anteriormente |
| 4ª | Fase 3 Remoção do restante do rejeito do reservatório | Execução de sump, localizado na porção de montante do reservatório, com base na elevação 1037,70 m |
| | | Remoção do rejeito do reservatório em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1040,00 m. A remoção do rejeito deverá ser executada em uma faixa de extensão de 100 m, contados a partir do sump executado |
| | | Aprofundamento do sump existente em 2,0 m, até a elevação 1035,70 |
| | | Repetir ações anteriores até promover o esgotamento do rejeito do reservatório fora da projeção do 1º alteamento |

| Etapas | Descritivo das Etapas | Detalhamento das Etapas |
|--------|--|--|
| 5ª | Fase 4 Remoção do maciço do 1º alteamento | Demolição do emboque do canal extravasor existente |
| | | Demolição / retirada da descida d'água e canaletas existentes na berma El. 1.041,0 m |
| | | Demolição / retirada da instrumentação de controle instalada na crista da barragem e na berma El. 1.041,0 m |
| | | Remoção do maciço do 1º alteamento |
| | | Instalação de bueiro conectado à bacia de dissipação do sistema extravasor antigo |
| 6ª | Fase 5 Remoção do restante dos rejeitos | Remoção do rejeito do reservatório e do maciço inicial em camada de 2,0 m de espessura, com declividade direcionada no sentido de montante e platô na elevação 1027,90 m e declividade para montante. O maciço deverá ter platô sempre 2,0 m mais elevado que o nível do rejeito |
| | | Repetir as ações de remoção acima até o rejeito atingir elevação 1.014,20 m |
| | | Prosseguir com a escavação dos rejeitos a cada 2,0 m, agora com declividade de 3,0% para o sentido de jusante, até atingir a elevação 1.004,30 m |
| | | Construção de sump na região de jusante para clarificação da água de chuva incidente na bacia da barragem descaracterizada |
| | | Revestimento do talvegue e do sump com enrocamento de diâmetro > 40 cm |
| | | Proteção do restante da área do reservatório escavado a partir do plantio de vegetação |

Na **Figura 3** é possível observar a sequência construtiva de remoção do rejeito em camadas, enquanto que na **Figura 4** se pode visualizar o arranjo geral da área da B1 - Mina Ipê após a finalização das obras de descaracterização.

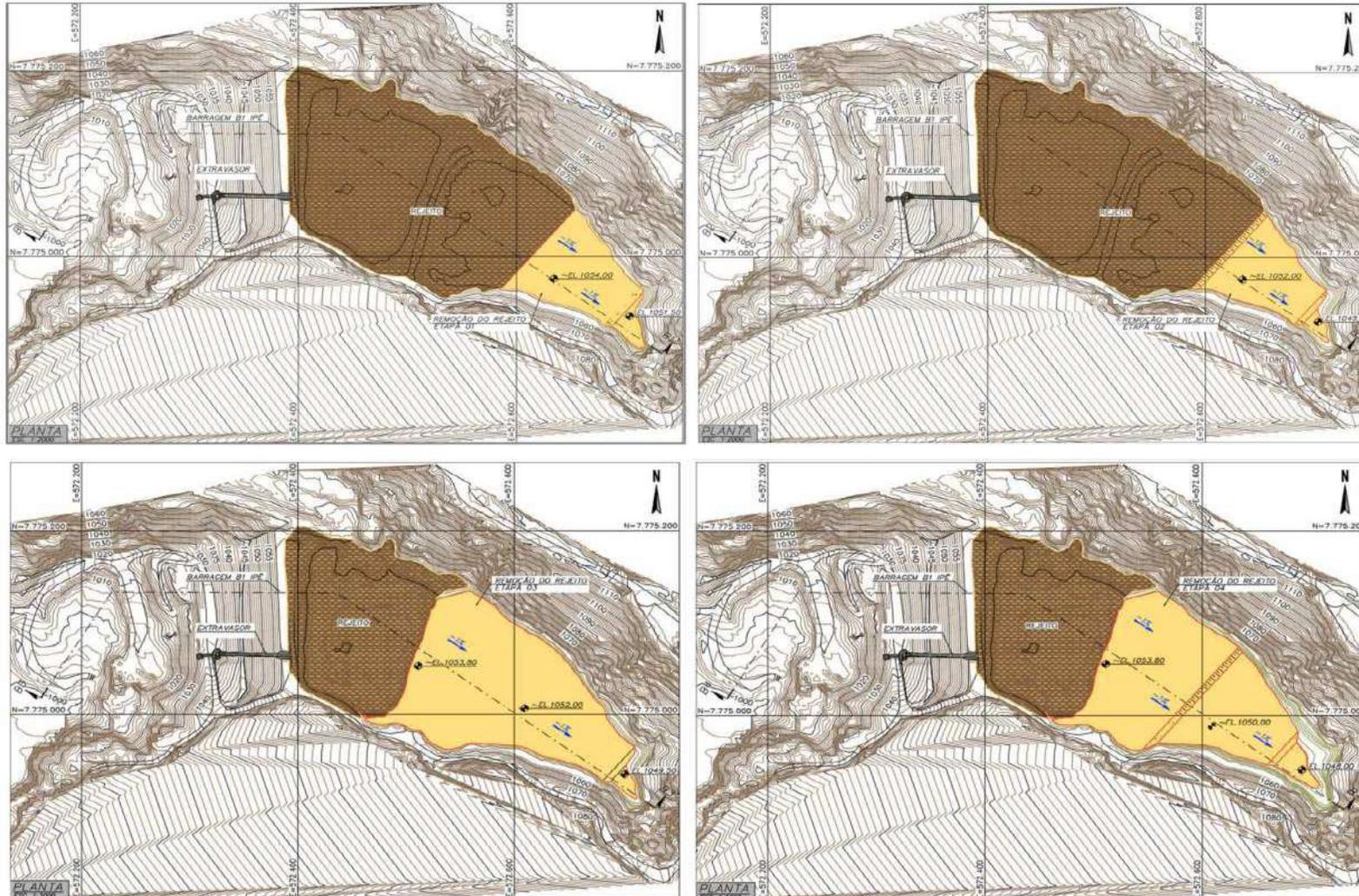


Figura 3 – Sequência construtiva de remoção das camadas de rejeito, referente às quatro primeiras etapas.

Fonte: Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

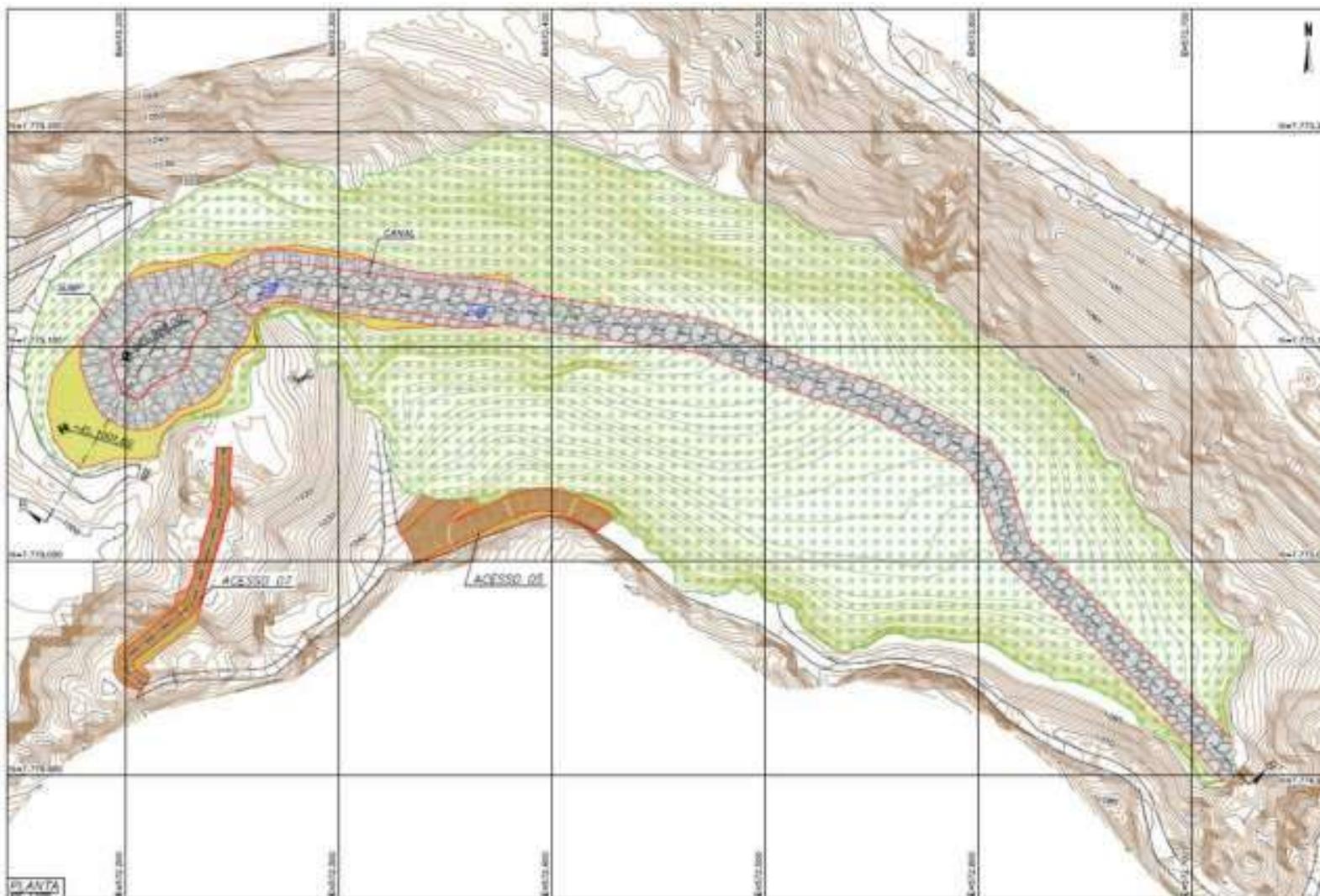


Figura 4 – Arranjo geral da área da B1 - Mina Ipê após a finalização das obras. Fonte: Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

6 – Aspectos Ambientais do Projeto de Descaracterização

Inicialmente foram levantados os aspectos ambientais relacionados à sequência construtiva exposta anteriormente, considerando as principais atividades com potencial poluidor:

- Limpeza e Supressão vegetal;
- Obras de corte e aterro (retaludamentos);
- Adequação da drenagem superficial (alteração na dinâmica hídrica);
- Abertura e/ou adequação de acessos;
- Remoção de interferências (demolições);
- Escavação do reservatório e barramento;
- Carregamento e transporte interno dos materiais escavados;
- Adequação do sistema extravasor concomitante a escavação.

7 – Metodologia para Avaliação dos Impactos Ambientais

Com base nos descritivos de caracterização do empreendimento expostos anteriormente e uma vez concluídos os estudos que compõem o diagnóstico ambiental, os possíveis impactos ambientais foram identificados, descritos e avaliados, considerando todas as etapas da descaracterização da barragem B1 Ipê.

Para subsidiar a identificação dos possíveis impactos foi elaborada uma Matriz de Impactos (Matriz). Trata-se de uma tabela que identifica, a partir das informações apresentadas anteriormente, as atividades potencialmente geradoras de aspectos ambientais, de forma a possibilitar a previsão dos impactos ambientais. Essa matriz serviu de base para a discussão dos impactos pelos especialistas envolvidos no estudo.

A partir da matriz e do conhecimento adquirido nos diagnósticos, os impactos foram identificados. Foram realizadas reuniões com os especialistas para discutir o encadeamento lógico entre os impactos diretos e indiretos de cada tema e subsidiar a avaliação, com as seguintes definições:

- **Atividades potencialmente geradoras dos aspectos** - descrição sintética e objetiva das atividades inerentes ao planejamento, implantação e operação do empreendimento que poderão gerar os aspectos e conseqüentemente os impactos ambientais;
- **Aspecto Ambiental** - “Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” (NBR ISO 14.001);

- **Impacto Ambiental** - "Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetem: a) saúde, segurança e bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e) a qualidade dos recursos ambientais. " (Resolução CONAMA nº 001/86).

Uma vez identificados os impactos, os mesmos foram avaliados de acordo com os critérios descritos a seguir, que fazem referência à CONAMA e que também foram adicionados à Matriz de Impactos, permitindo uma visão rápida e objetiva da avaliação dos impactos do projeto.

A Matriz Final de Impactos é apresentada ao final deste relatório. Com relação à avaliação dos impactos, os itens a seguir apresentam a metodologia utilizada, conforme critérios comumente utilizados em estudos ambientais:

- a) **Natureza: Positiva ou Negativa** - A designação indica se o impacto afeta positiva ou negativamente as características do meio avaliado.
- b) **Incidência: Direta ou Indireta** - A designação indica se o impacto decorre diretamente de um aspecto ambiental (impacto direto) ou se decorre de outro impacto (impacto indireto).
- c) **Duração: Temporária ou Permanente e Cíclico** - Um impacto temporário é aquele que deixa de existir espontaneamente após ser deflagrado o aspecto ambiental gerador, ou algum tempo após e está relacionado a um aspecto que não ocorre de forma constante durante a fase avaliada. Os impactos permanentes são aqueles relacionados a aspectos continuamente gerados, ou a impactos que não cessam sem uma intervenção, mesmo que o aspecto gerador deixe de ocorrer.
- d) **Prazo para Ocorrência: Imediato ou Médio a Longo prazo** - Refere-se ao tempo decorrido entre o início do aspecto ambiental e o surgimento do impacto. Impactos de curto prazo são aqueles que se iniciam simultaneamente, ou imediatamente após, à atividade que os gera. Impactos de médio a longo prazo são aqueles que ocorrem após um determinado tempo do início da ação geradora.
- e) **Probabilidade de Ocorrência: Certa ou Provável** - A probabilidade de ocorrência do impacto é considerada certa quando o aspecto gerador necessariamente o deflagra e/ou quando sua ocorrência é indicada pelos estudos de engenharia. Um impacto é considerado de ocorrência provável quando os aspectos ambientais não deflagram, necessariamente, o impacto, mas há uma probabilidade de ocorrência.

- f) **Reversibilidade: Reversível ou Irreversível** - Este conceito é muito confundido com o de temporalidade. Mas, na verdade, relaciona o impacto à capacidade do meio de retornar, ou não, à sua condição inicial, caso haja a interrupção do aspecto ambiental. Deve considerar a adoção de medidas corretivas para a avaliação da reversibilidade.
- g) **Localização: Local ou Regional** - É classificado como local quando afeta a ADA (área diretamente afetada, ou seja, a área do projeto, e classificado como regional quando alcança a vizinhança do entorno (AID – área de influência direta).
- h) **Intensidade: Baixa, Média ou Alta** - Representa a intensidade do impacto em função da suscetibilidade dos componentes ambientais frente às ações impactantes (aspectos):
- o Sempre que a análise permitir inferir que haverá alteração mensurável, ou passível de comprovação, provocada pelo aspecto e tal alteração representar relevante perda/ganho para a qualidade ambiental da área, qualidade de vida e/ou condições socioeconômicas, o impacto deve ser considerado de alta intensidade. Aqui são enquadradas as alterações que ultrapassarem padrões legalmente estabelecidos, ou alterarem sensivelmente índices conhecidos sobre a área. Ainda, cabem aqui as alterações que representarem a possibilidade de alteração relevante no equilíbrio de ecossistemas considerados frágeis e nas relações sociais e culturais.
 - o Sempre que a análise permitir inferir que haverá alteração mensurável, ou passível de comprovação provocada pelo aspecto, mas tais alterações não representarem perda/ganho relevante para a qualidade ambiental da área, qualidade de vida e/ou condições socioeconômicas, o impacto deve ser considerado como de média intensidade.
 - o Sempre que a análise permitir inferir que haverá alteração, mas que a mesma não é mensurável, e/ou não representa perda/ganho para a qualidade ambiental da área, qualidade de vida e/ou condições socioeconômicas, o impacto foi avaliado como de baixa intensidade.
- i) **Magnitude: Baixa, Média, Alta** - A magnitude do impacto é o resultado do *cruzamento* dos critérios de Intensidade, Reversibilidade e Localização, acima descritos.

| Reversibilidade | Localização | Intensidade | Magnitude |
|------------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Reversível | ADA | Alta | Média |
| Reversível | ADA | Média | Baixa |
| Reversível | ADA | Baixa | Baixa |
| Reversível | AID | Alta | Alta |
| Reversível | AID | Média | Baixa |
| Reversível | AID | Baixa | Baixa |

| Reversibilidade | Localização | Intensidade | Magnitude |
|------------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Irreversível | ADA | Alta | Média |
| Irreversível | ADA | Média | Média |
| Irreversível | ADA | Baixa | Baixa |
| Irreversível | AID | Alta | Alta |
| Irreversível | AID | Média | Alta |
| Irreversível | AID | Baixa | Baixa |

ADA: Área diretamente afetada - AID: Área de influência direta

Em seguida se analisa os impactos em termos de relevância, como resultado da combinação entre magnitude *versus* o grau de eficiência das medidas de gestão propostas (**Quadro 4**).

Quadro 4 – Matriz de análise de relevância dos impactos.

| Magnitude do impacto negativo | Grau de eficiência das medidas de gestão | |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|
| | Alto | Baixo |
| Alta | Impacto de média relevância* | Impacto de alta relevância |
| Média | Impacto de baixa relevância* | Impacto de média relevância |
| Baixa | Impacto de baixa relevância | Impacto de baixa relevância |
| Magnitude do impacto positivo | Grau de eficiência das ações de gestão | |
| | Alto | Baixo |
| Alta | Impacto de alta relevância | Impacto de alta relevância |
| Média | Impacto de alta relevância | Impacto de média relevância |
| Baixa | Impacto de média relevância | Impacto de baixa relevância |

* *Estes impactos deverão obrigatoriamente ser acompanhados por medidas de monitoramento para a verificação das medidas de gestão anteriormente propostas.*

O grau de eficiência das medidas propostas deverá ser classificado como Baixo ou Alto. O grau de eficiência será considerado alto quando a ação for capaz de atenuar consideravelmente os impactos negativos previstos; ou potencializar os positivos. Para essa avaliação são usados, sempre que possível, os padrões estabelecidos pela legislação existente. A relevância do impacto será classificada como baixa, média ou alta e representa a avaliação final do impacto após o comprometimento do empreendedor com a implantação das medidas de gestão.¹

¹ É desejável que se torne visível em um estudo de impacto ambiental o quão efetivas são as medidas de gestão propostas e, conseqüentemente, a importância dos compromissos e esforços assumidos pelo empreendedor.

8 – Levantamento, Avaliação e Medidas de Controle dos Impactos Ambientais

Apresentam-se a seguir os impactos ambientais negativos, oriundos dos aspectos ambientais relacionados às principais atividades acima elencadas e suas respectivas medidas de controle, cuja consolidação de forma mais dinâmica pode ser observada no [Anexo 1](#) e no [Anexo 2](#) deste documento.

8.1 – Emissão de Materiais Particulados para a Atmosfera

8.1.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento das obras através da emissão de particulados provenientes principalmente das estradas de acesso e áreas decapeadas. A emissão de particulados para atmosfera gera a poluição do ar, reduzindo assim a qualidade do ar respirável, pelo aumento de partículas inaláveis e respiráveis, o que poderá causar problemas de saúde para os seres humanos e a fauna (doméstica e silvestre), assim como para a flora, pelo acúmulo de poeira nas folhas, que prejudica a realização da fotossíntese.

8.1.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Trata-se de um impacto negativo, de incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, regional e de intensidade média. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

8.1.3 – Medidas de Controle

Como principais medidas de controle será adotado procedimento de umectação das vias com a utilização do polímero BIOAGLOPAR RDC PRIMER ou marca similar. Este polímero, com efeito retardante de evaporação, propicia, além da diminuição de emissão de particulados no ar, a redução de consumo de água no processo, tendo em vista diminuir a necessidade de passagens de caminhão pipa.

A aplicação é realizada de acordo com a necessidade, que varia conforme condições da pista e intensidade do tráfego.

A depender das condições climáticas e/ou da estrada, caso necessário, a umectação é intensificada ou a dosagem de polímero será incrementada.

Além disso, recomenda-se que o material agregado seja molhado antes de seu lançamento no local das obras de forma a reduzir o aporte de particulados proveniente de sua manipulação (carga, descarga e transporte).

Ao final das obras, as áreas decapadas remanescentes serão objeto de revegetação através de hidrossemeadura ou plantio de grama, a depender das condições de cada local.

8.1.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas, que podem ser consideradas como de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância.

8.2 – Emissão de ruídos ambientais

8.2.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante a implantação da obra, por conta da operação de diversos equipamentos pesados de construção e equipamentos de transporte, ambos a serem empregados nas atividades de execução dos serviços. A emissão de ruídos ambientais gera poluição sonora, a qual afeta prejudicialmente as comunidades humanas adjacentes, bem como a fauna doméstica e silvestre nas redondezas.

8.2.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Trata-se de um impacto negativo, de incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, regional e de intensidade média. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

8.2.3 – Medidas de Controle

Como principal medida de controle de ruídos, redução da poluição sonora e incômodo às comunidades de entorno será adotado horário administrativo diurno à execução da obra. Assim, serão proibidas atividades geradoras de ruído em períodos noturnos.

Com o intuito de atenuar o impacto de ruídos sobre a população, será executado Plano de Comunicação, de forma a fornecer às comunidades de entorno informações sobre as obras e a condição atual de estabilidade da Barragem B1 - Mina Ipê, para evitar a ocorrência de interpretações equivocadas, e conseqüentemente temores desnecessários.

8.2.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas, que podem ser consideradas como de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância.

8.3 – Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais

8.3.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante a implantação do projeto de descaracterização. A alteração na dinâmica de drenagem de águas pluviais incidentes nas áreas das barragens, hoje com estrutura funcional existente e própria de drenagem, poderá causar um carreamento de sólidos durante a fase de obras por meio do escoamento superficial causado pela água das chuvas, que poderão acarretar em áreas habitadas, na ocorrência de lamas em vias públicas e propriedades, entupimento de bueiros, formação de bolsões de água e até mesmo enchentes, bem como poderá causar em corpos hídricos, os fenômenos de erosão, assoreamento e eutrofização, bem como a redução da qualidade das águas superficiais.

8.3.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Trata-se de um impacto negativo, de incidência indireta, de caráter temporário, de ocorrência de médio prazo, de probabilidade certa, reversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de média magnitude.

8.3.3 – Medidas de Controle

Durante as obras de descaracterização, elementos de drenagem provisórios serão instalados de forma a reduzir a velocidade de escoamento das águas de escoamento superficial, conduzindo-as para bacias de sedimentação provisórias, escavadas em terreno natural, para posteriormente serem lançadas na rede de drenagem natural já existente.

Estas bacias de sedimentação serão limpas com regularidade, e serão feitas medições periódicas da turbidez da água na saída das mesmas de forma a identificar os níveis de remoção de sólidos em suspensão. Paulatinamente às conclusões das operações de descaracterização, elementos de drenagem definitivos serão instalados, de forma a proporcionar o regular escoamento de escoamento superficial, com manutenção periódica das estruturas, em operações similares àquelas comumente realizadas em sistemas de drenagem de áreas urbanas.

8.3.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas, que podem ser consideradas como de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância.

8.4 – Impacto Visual

8.4.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento da obra. Atualmente, a barragem está fora de operação, apresentando a manutenção de cobertura vegetal dos taludes como atividade de rotina, objetivando a consonância com a paisagem do entorno, sobretudo em termos de cor e textura.

Por outro lado, ao término da descaracterização, o cenário se tornará mais próximo ao naturalmente ocorrente no passado, representando um ganho importante em termos paisagísticos para a região.

8.4.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Este impacto é de natureza negativa ao longo das obras, mas se apresenta com natureza positiva na conclusão das mesmas.

A natureza negativa ao longo das obras, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, regional e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de média magnitude.

Já no que se refere à natureza positiva ao término das obras, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, de probabilidade certa, irreversível, regional e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de grande magnitude.

8.4.3 – Medidas de Controle

Com o intuito de atenuar o impacto sobre a população, será executado Plano de Comunicação, de forma a fornecer às comunidades de entorno informações sobre as obras e a condição atual de estabilidade da Barragem B1 - Mina Ipê, para evitar a ocorrência de interpretações equivocadas, e conseqüentemente temores desnecessários.

O Plano de Comunicação será elaborado em total alinhamento com o compromisso da Mineração Morro do Ipê de manter uma relação responsável com a comunidade e demais públicos com os quais interage diretamente. O plano trará as ações necessárias, especialmente quando se considera a sensibilidade do tema segurança das barragens na área de influência direta da empresa.

Estão previstas ações proativas de geração e disseminação de informações sobre a descaracterização e seus impactos positivos previstos para a comunidade. Para isto, o Plano de Comunicação contemplará ações de comunicação direta com a comunidade (abordagens presenciais e por comunicados em Grupos de WhatsApp e boletins informativos), informes a representantes do poder público (Secretarias de comunicação dos municípios e vereadores) e programa de visitação. Também será realizada a comunicação de massa, por meio do envio de releases, pela assessoria de imprensa, para os veículos de comunicação locais.

Ressalta-se que o processo de comunicação é dinâmico e assim, o mesmo poderá ser readequado e modificado ao longo das obras de descaracterização. Logo, ele será adaptado, se preciso, para que atenda prontamente a comunidade, de forma ágil e transparente.

Ao final das obras, as áreas decapeadas remanescentes serão objeto de revegetação através de hidrossemeadura ou plantio de grama, a depender das condições de cada local, para a mitigação do impacto visual.

8.4.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas de eficiência alta, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância durante as obras, e de um impacto positivo, de alta relevância, quando da conclusão das obras.

8.5 – Emissão de Gases Poluentes

8.5.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento da obra, por ocasião do emprego de equipamentos pesados, bem como de equipamentos de transporte de grande porte, todos eles movidos com motores à combustão, alimentados com óleo diesel, emitindo assim gases de exaustão e/ou de efeito estufa como o CO₂, CO, SO_x e NO_x.

8.5.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Este impacto é de natureza negativa, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, local e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

8.5.3 – Medidas de Controle

Como medidas de controle as principais recomendações estão relacionadas à idade da frota e condições de manutenção preventiva adequada de forma reduzir o lançamento de gases poluentes na atmosfera.

8.5.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas de eficiência alta, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância.

8.6 – Rebaixamento do Lençol Freático

8.6.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento da obra, por ocasião do emprego de equipamentos de bombeamento para redução do nível do lençol freático, de forma a viabilizar o início das obras de descaracterização, com previsão de operação ao longo dos trabalhos de descaracterização.

8.6.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Este impacto é de natureza negativa, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, de probabilidade certa, reversível, local e de intensidade baixa. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

8.6.3 – Medidas de Controle

Não existem medidas de controle previstas para este impacto durante as obras, uma vez que trata-se de atividade primordial para a obra de descaracterização, assim como também por se tratar de impacto negativo de baixa magnitude, com característica reversível e local, tão logo os trabalhos de descaracterização sejam concluídos, tais poços de bombeamento deverão ser tamponados, ou ainda podem servir para ações de monitoramento do nível do lençol freático.

8.6.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Não existem medidas de controle durante as obras, mas tão somente após a conclusão da descaracterização, cuja finalidade dos poços deve ser alterada para o monitoramento do nível do lençol, ou então deverá se proceder o tamponamento dos mesmos, conforme matriz exposta no **Quadro 4**.

8.7 – Risco potencial de danos à barragem (Rompimento de barragem)

8.7.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental negativo pode ocorrer durante o desenvolvimento da obra, que caso não seja feito de forma adequada, sem supervisão e monitoramento geotécnico, torna a atividade com potencial de danificar a estabilidade da estrutura, podendo colapsá-la.

8.7.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Este impacto é de natureza negativa, apresenta uma incidência direta, de caráter temporário, de ocorrência imediata, provável mas não certa, podendo ser irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de alta magnitude.

8.7.3 – Medidas de Controle

Durante a obra de descaracterização, a equipe de geotecnia intensificará os monitoramentos da estrutura de forma generalizada, da seguinte forma:

- A leitura dos piezômetros e indicadores de nível d'água passarão a ser realizadas diariamente (atualmente é quinzenal);
- O acompanhamento dos marcos superficiais passará a ser realizado duas vezes por semana (atualmente quinzenal);
- Rotina de inspeções técnicas diária na estrutura com monitoramento da turbidez e vazão da água na saída do dreno de fundo;
- Monitoramento dos sismógrafos em tempo real (24/7).

A obra será executada com Acompanhamento Técnico de projetista além do EOR responsável – em regime *fulltime*, tendo a equipe de Geotecnia autonomia sobre a paralização/avanço das atividades diante quaisquer anomalias geotécnicas observadas, tanto nas inspeções quanto no monitoramento dos instrumentos.

8.7.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de média relevância.

8.8 – Perda de Habitat para Fauna e Perda de Microclima

8.8.1 – Descritivo do Impacto

Este impacto ambiental está previsto para ocorrer durante o desenvolvimento das obras por necessidade de adequação do projeto de descaracterização, observada a necessidade de estruturas hidráulicas e acessos associados em adequação à conformação final projetada, notadamente o Acesso 7, marcado em amarelo, conforme **Figura 4** exposta a seguir.



Figura 5 – Detalhe do perímetro da área de intervenção para descaracterização com supressão indicativa para vegetação no Acesso 7 em amarelo.

Fonte: Modificado a partir de Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

8.8.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Controle)

Trata-se de um impacto negativo, de incidência direta, de caráter permanente, ocorrência imediata, de probabilidade certa, irreversível, local e de intensidade média. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto negativo de baixa magnitude.

8.8.3 – Medidas de Controle

Como principais medidas de controle será adotado programa de acompanhamento da supressão, visando as intervenções pontualmente e assertivamente apenas nos locais onde o projeto se sobrepõe com as formações vegetais, bem como eventuais ações de de afugentamento e resgate de fauna e/ou flora (se aplicável), além das medidas compensatórias da supressão a serem definidas pela FEAM.

8.8.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Controle)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle adotadas, que podem ser consideradas como de mitigação, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental negativo de baixa relevância.

9 – LEVANTAMENTO DE ASPECTOS AMBIENTAIS E IMPACTOS POSITIVOS

Os principais impactos positivos na obra de descaracterização da Barragem B1 Ipê – Mina Ipê encontram-se totalmente relacionados ao âmbito socioeconômico, e aos meios físicos e bióticos.

9.1 – Impactos Socioeconômicos Positivos

9.1.1 – Descritivo do Impacto

Os impactos ambientais positivos no meio socioeconômico são notadamente formados pela consolidação da segurança e a eliminação das estruturas da barragem de rejeitos de minério, além da formação de uma nova paisagem.

Com isso, os bairros adjacentes a estes empreendimentos poderão experimentar a eliminação do risco de rompimento da barragem de rejeito, ocasionando valorização imobiliária, maior investimento do governo municipal em infraestrutura urbana e de serviços públicos, assim como a previsão de investimento em comércio, proporcionando neste cenário holístico a geração de empregos fixos e temporários, diretos e indiretos.

9.1.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Potencialização)

Este impacto é de natureza positiva, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, certa, irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de alta magnitude.

9.1.3 – Medidas de Potencialização

Para potencialização deste impacto, a empresa executará Plano de Comunicação que fornecerá informações à sociedade sobre as obras e sobre a eliminação da condição de risco da estrutura, de forma a dar visibilidade às ações que propiciarão a melhoria das condições de segurança da região, relacionadas à barragem de rejeito existente.

9.1.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Potencialização)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle e potencialização adotadas de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental positivo de alta relevância.

9.2 – Impactos Positivos ao Meio Físico e Biótico

9.2.1 – Descritivo do Impacto

Os impactos ambientais positivos no meio físico e no meio biótico, envolvem a estabilização superficial da área (pela adequação da drenagem e plantio de espécies de contenção de processos erosivos), ocasionando uma maior estabilidade do solo e menor suscetibilidade dos mesmos aos movimentos de massa. A revegetação se constitui em elemento positivo de recuperação da flora, e atrativo para fauna. Ainda, a eliminação da estrutura da barragem de rejeito eliminará os potenciais riscos e danos que uma hipotética situação de ruptura causaria ao meio físico e biótico de toda a região a jusante.

9.2.2 – Classificação do Impacto (Sem Medidas de Potencialização)

Este impacto é de natureza positiva, apresenta uma incidência direta, de caráter permanente, de ocorrência de médio prazo, certa, irreversível, regional e de intensidade alta. Com isso, em termos de magnitude, entende-se tratar de um impacto positivo de alta magnitude.

9.2.3 – Medidas de Potencialização

Para potencialização deste impacto, a empresa realizará medidas importantes de Monitoramento Pós-Descaracterização e Controles Pós-Descaracterização, as quais constam descritas no Item 12 deste documento.

9.2.4 – Classificação do Impacto (Com Medidas de Potencialização)

Considerando a classificação inicial deste impacto ambiental, e posteriormente das medidas de controle e potencialização adotadas de alta eficiência, verifica-se de acordo com a matriz exposta no **Quadro 4**, que se consiste de um impacto ambiental positivo de alta relevância.

10 – Medidas de Gestão e Controle Atuais da B1 - Mina Ipê

10.1 – Gestão e Controles Preventivos

Durante todos os trabalhos de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, os procedimentos preventivos já realizados atualmente pela Mineração Morro do Ipê serão intensificados.

Isto significa que os atuais e satisfatórios procedimentos preventivos para o acompanhamento do comportamento da estrutura, para a verificação de indícios de problemas/anomalias e para os apontamentos de providências técnicas a serem tomadas serão intensificados.

O próprio Manual de Operação de Barragens fornece subsídios para a realização de trabalhos preventivos, tendo como objetivo a avaliação e a redução dos riscos estruturais, operacionais e ambientais, com destaque para:

- Vistoria e fiscalização da Barragem e do Sistema Extravasor;
- Manutenção preventiva da Barragem e do Sistema Extravasor;
- Monitoramento das estabilidades do maciço da Barragem;
- Monitoramento dos níveis e geometria de assoreamento da Barragem (praias de rejeito);
- Monitoramento pluviométrico;
- Monitoramento do volume mínimo para laminação de cheia do reservatório.

10.2 – Gestão e Controles Corretivos

Da mesma forma, durante todos os trabalhos de descaracterização da barragem B1 – Mina Ipê, os procedimentos corretivos já planejados atualmente pela Mineração Morro do Ipê continuarão sendo aplicados. Tais ações têm o intuito de evitar a ruptura do maciço ou a evolução da anomalia quando identificadas situações adversas. Estas situações de emergência podem ser caracterizadas a partir de anomalias identificadas na estrutura da barragem durante as operações de descaracterização, considerando as seguintes questões, que podem contribuir para um rompimento da barragem:

- a) Taludes de montante;
- b) Taludes de jusante;
- c) Crista;
- d) Problemas de Drenagem Estruturais (Infiltrações e fugas de água na barragem);
- e) Problemas de Drenagem Operacionais (Sistema de bombeamento inoperante);
- f) Movimentação intensa de equipamentos causando estruturas danos nas estruturas anteriormente descritas;
- g) Operação inadequada de equipamentos causando danos nas estruturas anteriormente descritas.

As Fichas de Emergência são as mesmas daquelas previstas no Plano de Ação Emergencial para Barragens de Rejeitos de Mineração – PAEBM, conforme Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem elaborado pelo Ministério da Integração Nacional, em 2010, conforme

listagem que se expõe no **Quadro 5** a seguir, bem como consta a relação completa e detalhada das fichas, dispostas no [Anexo 4](#) deste documento, em tamanho A4.

Quadro 5 - Relação das fichas de emergência e respectivas anomalias.

| Estrutura | Anomalias | Ficha de Emergência |
|--|--|----------------------------|
| Talude de montante | Sumidouros | FETM - 01 |
| | Rachaduras grandes | FETM - 02 |
| | Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos | FETM - 03 |
| | Taludes íngremes e bancadas de escavação | FETM - 04 |
| | Rachaduras devido ao ressecamento | FETM - 05 |
| Talude de jusante | Deslizamento / encharcamento | FETJ - 01 |
| | Rachaduras transversais | FETJ - 02 |
| | Desabamento/colapso | FETJ - 03 |
| | Rachaduras longitudinais | FETJ - 04 |
| | Afundamentos localizados | FETJ - 05 |
| | Erosão | FETJ - 06 |
| | Árvores/arbustos | FETJ - 07 |
| | Atividades de animais e insetos | FETJ - 08 |
| | Tráfego de animais e gado | FETJ - 09 |
| Crista | Rachadura longitudinal | FEC - 01 |
| | Deslocamento vertical | FEC - 02 |
| | Desabamentos na crista | FEC - 03 |
| | Rachaduras transversais | FEC - 04 |
| | Crista desalinhada | FEC - 05 |
| | Depressões | FEC - 06 |
| | Vegetação excessiva | FEC - 07 |
| | Buracos de animais e insetos | FEC - 08 |
| | Erosões | FEC - 09 |
| | Rachaduras devido ao ressecamento | FEC - 10 |
| | Trilhas | FEC - 11 |
| Infiltrações de fugas de água na barragem | Mudança acentuada na vegetação | FEI - 01 |
| | Grande área molhada ou produzindo fluxo | FEI - 02 |
| | Área molhada e uma faixa horizontal | FEI - 03 |
| | Fuga de água localizada na parte alta do talude | FEI - 04 |
| | Fuga de água | FEI - 05 |
| | Fuga de água barrenta | FEI - 06 |
| | Fuga de água através de rachaduras próximas à crista | FEI - 07 |
| | Vazamentos vindo das ombreiras | FEI - 08 |
| Fluxo borbulhando a jusante da barragem | FEI - 09 | |

| Estrutura | Anomalias | Ficha de Emergência |
|-------------------|--|----------------------------|
| Vertedouro | Vegetação excessiva ou detritos no canal | FEV - 01 |
| | Canais erodidos | FEV - 02 |
| | Descalçamento por erosão no final do vertedouro | FEV - 03 |
| | Parede Deslocada | FEV - 04 |
| | Rachaduras grandes | FEV - 05 |
| | Juntas abertas ou deslocadas | FEV - 06 |
| | Deterioração da estrutura de concreto | FEV - 07 |
| | Vazamento dentro e ao redor do vertedouro | FEV - 08 |
| | Infiltração na junta de construção/rachadura de concreto | FEV - 09 |

11 – Medidas Adicionais de Gestão e Controle nas Obras de Descaracterização

Conforme prevê o projeto executivo de descaracterização da barragem B1 - Mina Ipê elaborado pela empresa Terracota, o monitoramento do comportamento desta barragem será fundamental para o início e para continuidade das obras de descaracterização da estrutura.

Assim, a barragem e seus entornos serão monitorados a partir de instrumentos para aferição da profundidade e pressão da água no solo e instrumentos para medição dos deslocamentos dos taludes envolvidos no projeto.

Neste item serão apresentados os instrumentos existentes, e os instrumentos programados para serem instalados previamente ao início das obras.

11.1 – Monitoramento da Superfície Freática

Parte da fundação da Barragem B1 – Mina Ipê é composta por rejeito antigo que foi caracterizado como material contrátil a partir da análise de ensaios CPTu realizados pela Pattrol na campanha 2020 – 2022. Os materiais contráteis estão suscetíveis a carregamentos não drenados e devem ser avaliados admitindo-se parâmetro de resistência não drenada de pico e liquefeita.

Logo, observando que o rejeito na fundação da barragem apresenta espessura e extensão consideráveis, o rebaixamento da superfície freática atuante na estrutura se constitui da principal premissa do projeto de descaracterização.

O projeto da Terracota prevê o uso da instrumentação de controle da barragem atualmente já utilizada para o monitoramento do nível do lençol freático: 09 (nove) indicadores de nível d'água e 18 (dezoito) piezômetros, dos quais 10 (dez) tem leituras automatizadas. Para o projeto de descaracterização da estrutura, foi prevista ainda a instalação de 08 (oito) novos indicadores de nível d'água, para controle da eficiência do rebaixamento do N.A. em diferentes pontos, onde é encontrado material de rejeito antigo na fundação (**Quadro 6 e Figura 6**)

Quadro 6 – Instrumentos de monitoramento da superfície freática existentes e propostos.
Fonte: Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

| Instrumento | Tipo de instrumento | E (m) | N (m) | Elevação Topo (m) | Elevação Fundo (m) | Profundidade (m) |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|
| PZ-06 | Piezômetros de tubo aberto existentes | 572.347,644 | 7.775.131,804 | 1.042,975 | 998,215 | 44,76 |
| PZ-07 | | 572.318,282 | 7.775.001,790 | 1.042,306 | 992,276 | 50,03 |
| PZ-08 | | 572.521,244 | 7.774.943,098 | 1.060,375 | 974,825 | 85,55 |
| PZ-10 | | 572.347,445 | 7.775.081,231 | 1.042,088 | 1.025,328 | 16,76 |
| PZ-13 | | 572.323,785 | 7.775.080,033 | 1.032,948 | 1.023,948 | 9,00 |
| PZ-14 | | 572.319,863 | 7.775.131,265 | 1.032,373 | 988,353 | 44,02 |
| PZ-16 | | 572.452,571 | 7.775.184,306 | 1.059,850 | 1.010,230 | 49,62 |
| PZ-17 | | 572.317,208 | 7.774.978,906 | 1.043,880 | 997,280 | 46,60 |
| PZ-01 | | Piezômetros automatizados existentes | 572.384,428 | 7.775.132,832 | 1.058,763 | 999,450 |
| PZ-02 | 572.387,357 | | 7.775.075,880 | 1.058,794 | 1.022,434 | 36,36 |
| PZ-03 | 572.388,311 | | 7.775.035,497 | 1.058,109 | 1.021,129 | 36,98 |
| PZ-04 | 572.381,613 | | 7.775.183,815 | 1.058,950 | 1.021,340 | 37,61 |
| PZ-05 | 572.347,582 | | 7.775.132,777 | 1.043,018 | 991,888 | 51,13 |
| PZ-09 | 572.347,436 | | 7.775.082,495 | 1.042,081 | 1.017,020 | 25,06 |
| PZ-11 | 572.319,815 | | 7.775.132,876 | 1.032,420 | 982,320 | 50,10 |
| PZ-12 | 572.323,871 | | 7.775.081,376 | 1.032,904 | 1.010,870 | 22,03 |
| PZ-15 | 572.298,192 | | 7.775.163,172 | 1.028,590 | 1.009,290 | 19,30 |
| PZ-18 | 572.330,441 | 7.775.031,720 | 1.038,212 | 1.007,852 | 30,36 | |
| INA-01 | Indicador de nível d'água existentes | 572.352,124 | 7.775.073,548 | 1.043,180 | 1.031,860 | 11,32 |
| INA-02 | | 572.386,124 | 7.775.072,282 | 1.058,730 | 1.030,770 | 27,96 |
| INA-03 | | 572.328,377 | 7.775.077,173 | 1.032,530 | 1.029,530 | 3,00 |
| INA-03A | | 572.327,458 | 7.775.077,687 | 1.032,927 | 1.015,020 | 17,91 |
| INA-04 | | 572.383,201 | 7.775.117,738 | 1.058,680 | 1.032,920 | 25,76 |
| INA-05 | | 572.350,371 | 7.775.117,560 | 1.043,040 | 1.022,040 | 21,00 |
| INA-06 | | 572.385,825 | 7.775.075,896 | 1.058,914 | 1.021,414 | 37,50 |
| INA-07 | | 572.293,620 | 7.775.153,940 | 1.028,240 | 982,170 | 46,07 |
| INA-08 | | 572.145,050 | 7.775.061,910 | 1.005,000 | 959,130 | 45,87 |
| INA-09 | Indicador de nível d'água propostos | 572.384 | 7.775.135 | 1059,0 | 1002,5* | 56,5 |
| INA-10 | | 572.348 | 7.775.135 | 1043,0 | 1001,5* | 41,5 |
| INA-11 | | 572.320 | 7.775.135 | 1033,0 | 994,5* | 38,5 |
| INA-12 | | 572.281 | 7.775.135 | 1025,0 | 995,5* | 29,5 |
| INA-13 | | 572.236 | 7.775.135 | 1014,0 | 998,5* | 15,5 |
| INA-14 | | 572.383 | 7.775.158 | 1059,0 | 1011,5* | 47,5 |
| INA-15 | | 572.347 | 7.775.158 | 1044,0 | 1007,5* | 36,5 |
| INA-16 | | 572.320 | 7.775.158 | 1033,0 | 1012,5* | 20,5 |

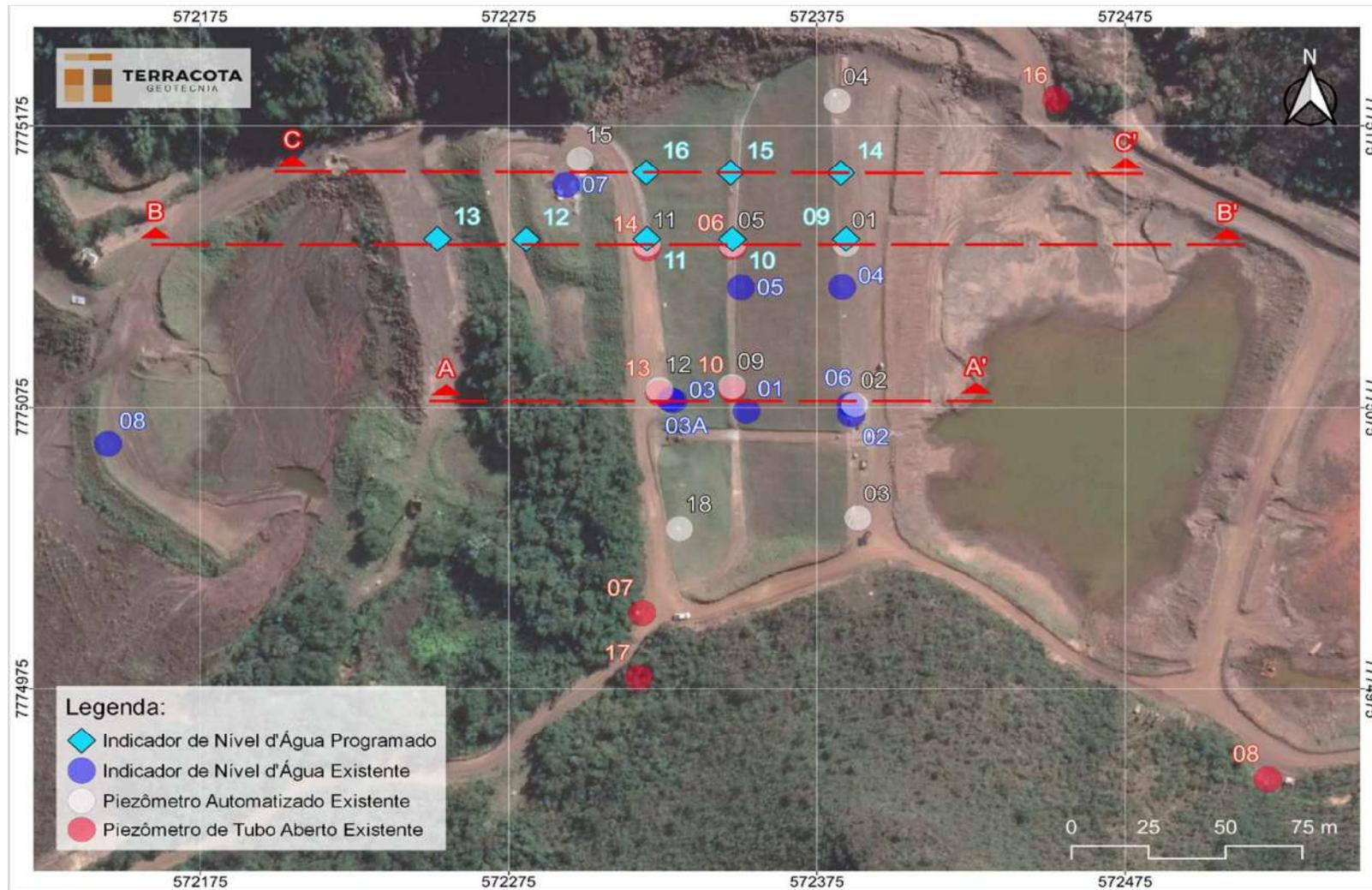


Figura 6 – Mapa da instrumentação de controle proposta para as obras de descaracterização.

Fonte: Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

11.2 – Monitoramento dos Deslocamentos

Para o monitoramento dos deslocamentos da estrutura serão utilizados os prismas e o radar existentes. Ambos fornecem dados em tempo real para o centro de monitoramento da empresa, tendo em vista que os prismas são lidos por uma estação robótica instalada a jusante da estrutura. A disposição dos equipamentos pode ser observada na **Figura 7**.



Figura 7 – Mapa de localização dos prismas das barragens.

Fonte: Terracota (16923-E-BA-RL-03-GE_r1).

11.3 – Rotinas de Monitoramento

De acordo com o projeto da Terracota, devido às condições atuais de estabilidade da estrutura nas análises de estabilidade com carregamento não drenado e devido à complexidade de execução de um projeto de descaracterização, há uma necessidade rigorosa de uma rotina de monitoramento, que terá como objetivo a avaliação da posição do nível d'água no rejeito do reservatório para avaliação da estabilidade da estrutura.

Assim, o nível d'água dos instrumentos existentes na estrutura deverá ser verificado diariamente durante o período de execução das obras. Já os instrumentos programados especificamente para o monitoramento do lençol freático no rejeito antigo (INA-09 a INA-16) deverão ser lidos em intervalos máximos de 04 (quatro) horas.

Caso os instrumentos indiquem que a superfície freática se encontra abaixo do nível do rejeito antigo em todos os instrumentos, a obra poderá prosseguir normalmente. Caso contrário, deverá ser realizada uma análise de estabilidade para verificação do fator de segurança referente à freática medida.

Logo, a recomendação da Terracota é que seja designado um profissional em turnos, com dedicação exclusiva só para o monitoramento da instrumentação da B1 - Mina Ipê, a partir o Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) que funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana. Este profissional deverá alertar a equipe de campo no caso de alterações abruptas nas leituras dos instrumentos automatizados instalados.

A obra deverá ser paralisada sempre que:

- O fator de segurança avaliado com os dados atualizados da instrumentação atualizados não atender aos critérios mínimos descritos nesse projeto;
- O profissional do centro de monitoramento verifique alterações abruptas / anômalas na resposta dos instrumentos automatizados existentes;
- Qualquer uma das bombas de rebaixamento do lençol freático parar de operar por quaisquer motivos;
- O fiscal da obra ou qualquer outro funcionário envolvido verificar sinais de deslocamento em campo, como o surgimento de fissuras nos elementos de concreto abertura de trincas nos maciços, entumecimento do solo etc.

Sempre que ocorrer a paralisação da obra, a retomada dos serviços deverá ser feita com a autorização da projetista.

12 – Monitoramento Pós-Descaracterização e Controles Pós-Descaracterização

No projeto conceitual de descaracterização da B1 - Mina Ipê (DF20-104-1-EG-RTE-0008), a DF+ Engenharia recomendou que sejam feitos monitoramentos periódicos da estrutura descaracterizada por meios de inspeções de campo frequentes, as quais deverão avaliar a conservação e integridade dos taludes, canais e sistemas de drenagem da região onde houve intervenção por ocasião das obras de descaracterização, conforme se expõe a seguir.

12.1 – Vegetação

Na etapa final do projeto de descaracterização foi especificado o plantio de vegetação no reservatório e taludes remanescentes. Além de reintegrar à estrutura ao meio ambiente, a vegetação atuará como proteção superficial, evitando que ocorra ravinamentos e erosões por conta de escoamento de águas pluviais.

Sendo assim, após a finalização da obra de descaracterização, deverão ser feitos, sistematicamente, monitoramentos por meio de inspeções de campo trimestrais (a cada 3 meses), devendo se observar os seguintes aspectos:

- Falha na vegetação: Caso durante as inspeções de campo identifiquem falhas na proteção superficial, tais como ausência ou pouca densidade de vegetação, a MMI deverá executar ações para sanar tais anomalias, tais como revegetação da área identificada;
- Vegetação seca: Recomenda-se que seja mantido um sistema de irrigação frequente até que a vegetação esteja completamente formada. Caso de detecte regiões com vegetação seca (ou morta), a MMI deverá intensificar a irrigação, e caso haja regiões cuja vegetação não se formou, deverá ser feito o replantio e manutenção da irrigação.

O sucesso da revegetação oferecerá a proteção necessária para os taludes e regiões do reservatório, evitando ravinamentos e erosões por conta de escoamento de águas pluviais.

12.2 – Taludes

O projeto de descaracterização prevê, após a escavação do rejeito, taludes no entorno do reservatório. Tais taludes apresentam alturas variadas e deverão ser monitorados por meio de inspeções de campo com frequência mínima de 3 meses. Esta frequência deverá ser maior em período chuvoso (mensal) ou após algum evento pluviométrico elevado.

Durante as inspeções de campo deverão ser observados os itens apresentados a seguir, mas não se restringindo a eles.

- Ravinamentos;
- Trincas e fissuras longitudinais;
- Sinais de movimentação;
- Falha na vegetação;
- Sistemas de drenagem;
- Regiões da crista ou bermas com acúmulo (ou possibilidade) de água;

- Sobrecarga excessiva próximo às cristas (por exemplo, estocagem de material);
- Quaisquer outras anomalias que possam comprometer a estabilidade do talude.

Caso sejam detectadas anomalias nos taludes deverão ser tomadas medidas de remediação/recuperação o mais rápido possível, a fim de evitar sua evolução.

12.3 – Estruturas Hidráulicas

O projeto de descaracterização prevê a implantação de elementos de drenagem com o objetivo de coletar a água incidente na região descaracterizada e direcioná-la à região localizada a jusante da Barragem B1 – Mina Ipê. Os elementos de drenagem deverão ser monitorados por meio de inspeções de campo sistemáticas, com frequência de pelo menos uma vez a cada 3 meses.

As inspeções deverão atender, pelo menos, os critérios apresentados nos itens a seguir.

- Drenagens Superficiais: As drenagens superficiais dos taludes/encostas deverão ser inspecionadas observados os seguintes aspectos, mas não se limitando a eles.
 - Verificar se não há obstruções, tais como galhos, acúmulo de material/sedimentos etc.;
 - Verificar se não há trincas e fissuras nos elementos de drenagens;
 - Recalques ou deformações ao longo das estruturas que possam ocasionar acúmulo de água;
 - Erosões no entorno dos elementos de drenagens, principalmente nas descidas hidráulicas;
 - Verificar se não há telas dos gabiões oxidadas ou rasgadas;
 - Passagens molhadas com valas ou regiões que possibilitem o acúmulo de água;
 - Quaisquer outras anomalias que possam comprometer a drenagem superficial.
- Canal Central: O Canal Central foi proposto com o objetivo de coletar a água incidente na região descaracterizada e direcioná-la à região a jusante. Trata-se de um canal com seção triangular construído de enrocamento apoiado sobre o terreno natural. Nas ocasiões de suas inspeções deverão ser observados e os seguintes aspectos, mas não se limitando a eles:
 - Verificar se não há obstruções, como por exemplo, galhos de árvores;
 - Ocorrência de assoreamentos;
 - Instabilidade ou erosões das margens;
 - Transporte de blocos;

- Quaisquer outras anomalias que possam comprometer o seu desempenho.
- Estruturas de Concreto: No projeto, elementos de drenagem no entorno da estrutura descaracterizada foram propostos com dispositivos de concreto armado, tais como drenagens dos taludes, galeria e bueiros sobre acessos e drenagens de acessos e taludes. Nas ocasiões de suas inspeções deverão ser observados e os seguintes aspectos, mas não se limitando a eles:
 - Obstrução dos dispositivos;
 - Desalinhamentos e desaprumos das estruturas;
 - Desencaixe das peças pré-fabricadas;
 - Trinca e fissuras;
 - Quaisquer sinais de movimentação;
 - Armadura expostas ou indícios de oxidação;
 - Sobrecarga excessiva próximo às estruturas (por exemplo, estocagem de material ou passagem de veículos pesados);
 - Quaisquer outras anomalias que possam comprometer sua integridade estrutural ou seu desempenho.
- Nascente: Deverá ser realizado monitoramento mensal dos parâmetros de qualidade da água da nascente existente à jusante da atual estrutura da B1 - Mina Ipê, com primeira campanha antes do início das obras de descaracterização, bem como ao longo das obras, e por pelo menos 2 anos após a conclusão das obras, observando ainda o atendimento às demais condições de validade da autorização ambiental para intervenção em área de preservação permanente, a ser requerida antes da intervenção, e emitida pelo órgão ambiental competente.

13 – Equipe Responsável

| Empresa responsável por este relatório | | |
|---|---|-------------------|
| Razão social: | Geoprime Engenharia e Meio Ambiente Ltda. | Tel.: + (55) (21) |
| CNPJ: | 05.968.895/0001-76 | 3417-6786 |
| <p>Site: http://www.geoprime.com.br Estrada do Guanumbi, 685 - Freguesia – Jacarepaguá Rio de Janeiro - RJ - CEP 22745-200</p> | | |

| Equipe que participou da elaboração deste documento e responsabiliza-se tecnicamente por suas respectivas áreas | | |
|--|------------------------|------------------------------------|
| Técnico | Área de Atuação | Responsabilidade no projeto |
| Mariângela Sucena | Geóloga-Mineração | Coordenação/Elaboração |
| João Prado | Geólogo-Mineração | Coordenação/Revisão |
| José Velede | Engº de Segurança | Elaboração |
| Thiago Almeida | Engº de Minas | Elaboração |

14 – Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Resolução ANM N° 95, de 7 de fevereiro de 2022, que consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração, publicada em 16 de fevereiro de 2022.** ANM. Brasília, 2022.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/FEAM N° 2.784, de 21 de março 2019, que determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências.** SEMAD/FEAM. Belo Horizonte, 2019.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Portaria IGAM N° 02, de 26 de fevereiro de 2019, que dispõe sobre a regulamentação dos artigos 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.** IGAM. Belo Horizonte, 2019.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Decreto Estadual N° 48 .078, de 5 de novembro de 2020. Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência – PAE, estabelecido no art. 9º da Lei n° 23 .291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens.**

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Portaria IGAM N° 11, de 28 de janeiro de 2021. Altera o Anexo I da Portaria IGAM n° 03, de 26 de fevereiro de 2019, que dispõe sobre os procedimentos para o cadastro de barragens em curso d'água no Estado de Minas Gerais, em observância a Lei Federal n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, e convoca os usuários para o cadastramento.** Belo Horizonte, 2021.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Decreto Estadual N° 48.133, de 29 de janeiro de 2021. Altera o Decreto n° 48.078, de 5 de novembro de 2020, que regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência – PAE, estabelecido no art. 9º da Lei n° 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens.** Belo Horizonte, 2021.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Decreto Estadual N° 48.140, de 25 de fevereiro de 2021. Regulamenta dispositivos da Lei n° 23 .291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei n° 21 .972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências.** Belo Horizonte, 2021.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM Nº 3.049, de 2 de março de 2021, que estabelece diretrizes para a apresentação do Plano de Ação de Emergência, para as barragens abrangidas pela Lei nº 23.291, de 25 de janeiro de 2019, no âmbito das competências do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos definidas pelo Decreto nº 48.078, de 5 de novembro de 2020, e determina procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência.** Belo Horizonte, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Guia de Boas Práticas - Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos.** IBRAM. Brasília, 2019.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.** Brasília, 2010.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem. Ministério da Integração Nacional.** Brasília, 2010.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE.** ANA – Agência Nacional de Águas. Brasília, 2016.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Orientações para apoio à elaboração de planos de contingência municipais para barragens.** Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília, 2016.

Anexo 1 – Aspectos e Impactos Ambientais Negativos e Medidas de Controle

| Ações | Aspectos Ambientais | Impactos Ambientais Negativos | Medidas de Controle |
|---|---|---|--|
| Limpeza e Supressão de Vegetação | 1. Remoção de vegetação nativa para realização de obras. | 1. Perda de biodiversidade; 2. Perda de microclima. | 1. Programa de acompanhamento de supressão; 2. Eventual afugentamento/Resgate de Fauna e Flora; 3. Medidas compensatórias da supressão a serem definidas pela FEAM. |
| Supressão de Cavidade | 1. Remoção de cavidade para realização de obras. | 1. Perda de patrimônio espeleológico; 2. Perda de habitat para a fauna nativa. | 1. Não há, pois a cavidade será suprimida em caráter irreversível. 2. Eventual afugentamento/Resgate de Fauna e Flora. |

| Ações | Aspectos Ambientais | Impactos Ambientais Negativos | Medidas de Controle |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Limpeza de Camada Superficial | <ol style="list-style-type: none"> 1. Emissão de particulados para a atmosfera; 2. Emissão de ruídos; 3. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 4. Emissão de gases poluentes; 5. Geração de escoamento superficial com sedimentos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Poluição atmosférica; 2. Poluição sonora; 3. Erosão e Assoreamento; 4. Alteração de habitat para a fauna; 5. Alteração da qualidade das águas superficiais. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Operação do reforço só será no período diurno; 3. Plano de Comunicação; 4. Revegetação; 5. Idade da frota e manutenções preventivas em dia. |
| Obras Civis | <ol style="list-style-type: none"> 1. Emissão de particulados; 2. Emissão de ruídos; 3. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 4. Emissão de gases poluentes; 5. Geração de escoamento superficial com sedimentos; 6. Risco potencial de danos à barragem. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Poluição atmosférica; 2. Poluição sonora; 3. Prejuízos à Estrutura Urbana e Enchentes nas Comunidades Adjacentes; 4. Erosão e Assoreamento; 5. Alteração da qualidade das águas superficiais; 6. Acidentes Ambientais com diversos outros impactos ambientais decorrentes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Operação do reforço só será no período diurno; 3. Plano de Comunicação; 4. Revegetação; 5. Idade da frota e manutenções preventivas em dia; 6. Elementos e estruturas de drenagem adequadas; 7. Contínuo monitoramento geotécnico. |

| Ações | Aspectos Ambientais | Impactos Ambientais Negativos | Medidas de Controle |
|---|--|---|--|
| Geração, Carregamento e Transporte Interno de Resíduos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Emissão de particulados; 2. Emissão de gases poluentes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Poluição atmosférica. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Umectação das vias com a utilização de polímero; 2. Umectação das vias com a utilização de polímero. |
| Sistemas de Drenagem | <ol style="list-style-type: none"> 1. Alteração da dinâmica de drenagem de águas pluviais no local; 2. Redução da qualidade da água superficial. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Erosão, Assoreamento; 2. Alteração de habitat para a fauna; 3. Alteração da qualidade das águas superficiais. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Elementos e estruturas de drenagem adequadas. |
| Sistema de bombeamento de água do lençol freático | <ol style="list-style-type: none"> 1. Rebaixamento do lençol freático; 2. Acesso ao aquífero. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Redução da disponibilidade de água subterrânea para outras finalidades; 2. Potencial de redução da qualidade da água subterrânea. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Manter os poços em condições de manutenção e operação se forem mantidos; 2. Tamponar adequadamente os poços se não foram mantidos. |

Anexo 2 – Aspectos e Impactos Ambientais Positivos e Medidas de Potencialização

| Ações | Aspectos Ambientais | Impactos Ambientais Positivos | Medidas de Potencialização |
|---|---|--|--|
| <p>Descaracterização da Barragem</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Estabilidade física da área; 2. Eliminação do risco de rompimento; 3. Eliminação da paisagem do barramento; 4. Revegetação. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Maior sensação de segurança da população; 2. Menor suscetibilidade aos acidentes ambientais; 3. Valorização dos imóveis; 4. Atração de investimentos comerciais no entorno e bairros adjacentes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Plano de comunicação |

Anexo 3 – Ficha de emergência e respectivas anomalias

|   | | FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR) | |
|--|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| BARRAGEM: E | | DATA DA INSPEÇÃO: | INSPECIONADO POR : |
| Regular de Rotina (Quinzenal) <input type="checkbox"/> Regular de Rotina (Quadrimestral Assistida) <input type="checkbox"/> Tipo de Inspeção: Regular (Anual) <input type="checkbox"/> special (Quando Detectada Anomalia no EC) <input type="checkbox"/> Outras (Especificar) <input type="checkbox"/> | | | |
| 1 - SITUAÇÃO DOS ACESSOS | | | |
| 1.1- Conservação Geral | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> Obs.: |
| 1.2- Revestimento do Piso | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> |
| 1.3- Taludes | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> |
| 1.4- Dispositivos de drenagem | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> |
| 2 - MACIÇO DA BARRAGEM / OMBREIRAS | | | |
| 2.1- Trincas Identificadas SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> | | | |
| Trinca | Comprimento (m) | Abertura (mm) | Longit. / Transv. Obs.: |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 2.2- Recalques Identificados SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> | | | |
| Local | Depressão / Abatimento | Recalque | Obs.: |
| Crista | | | |
| Bermas | | | |
| Taludes | | | |
| 2.3- Surgência D'água Identificada SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> | | | |
| Surgência | Local | Carreamento visível de sólidos | Obs.: |
| S1 | | | |
| S2 | | | |
| S3 | | | |
| 2.4- Erosões Superficiais SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> | | | |
| 2.5- Drenagem Superficial <input type="checkbox"/> NÃO SE APLICA / INEXISTENTE | | | |
| Estado de limpeza | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> Obs.: |
| Condições estruturais | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> |
| 2.6- Revestimento <input type="checkbox"/> NÃO SE APLICA / INEXISTENTE | | | |
| Revestimento vegetal nos taludes | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> Obs.: |
| Laterita nas pistas de rodagens | BOM <input type="checkbox"/> | REGUL. <input type="checkbox"/> | DEFIC. <input type="checkbox"/> |
| 2.7- Presença de árvores / animais | | | |
| Presença de árvores ou arbustos | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | Obs.: |
| Animais (verificar pegadas / estrume) | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| Presença de tocas ou buracos | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| 2.8- Drenagem Interna <input type="checkbox"/> NÃO SE APLICA / INEXISTENTE | | | |
| Assoreamento da saída do dreno/colóide | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | Obs.: |
| Carreamento visível de sólidos | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| Alteração significativa da vazão | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| Saturação ao redor do dreno | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| Medidor de vazão operante | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| 2.9- Estabilidade de Taludes | | | |
| Ruptura Superficial | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | Local: |
| Ruptura Profunda | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| 3- RESERVATÓRIO | | | |
| Erosões ou processos de instabilização | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | Obs.: |
| Drenagem do Reservatório | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| Pontos de Água Acumulada | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| 4- EXTRAVASORES NÃO SE APLICA / INEXISTENTE | | | |
| Obstrução do canal/tulipa | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | Obs.: |
| Danos nas estruturas | SIM <input type="checkbox"/> | NÃO <input type="checkbox"/> | |
| 5- INSTRUMENTAÇÃO (listar anomalias com a integridade física, identificação, danos, acesso para leitura) | | | |
| | | | |

|   FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR) | | | | |
|--|---|--|---|--|
| BARRAGEM: | | DATA DA INSPEÇÃO: | INSPECIONADO POR : | |
| Regular de Rotina (Quinzenal) <input type="checkbox"/> Regular de Rotina (Quadrimestral Assistida) <input type="checkbox"/> Tipo de Inspeção: Regular (Anual) <input type="checkbox"/> special (Quando Detectada Anomalia no EC) <input type="checkbox"/> Outras (Especificar) <input type="checkbox"/> | | | | |
| 6 - CONDIÇÃO DE PRAIA (para o caso de barragens com alteamento para montante) | | | | |
| 7 - ADUTORAS DE REJEITO/ÁGUA (listar anomalias e observações sobre disposição e/ou adução) | | | | |
| 8 - EC - ESTADO DE CONSERVAÇÃO (assinalar a nota correspondente - no caso de alguma nota 10 proceder inspeção especial) | | | | |
| Confiabilidade das Estruturas Extravasoras | Percolação | Deformações e Recalques | Deterioração dos Taludes / Paramentos | Drenagem Superficial |
| Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras <input type="checkbox"/> 0 | Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem <input type="checkbox"/> 0 | Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 0 | Não existe deterioração de taludes e paramentos <input type="checkbox"/> 0 | Drenagem superficial existente e operante <input type="checkbox"/> 0 |
| Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 3 | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados <input type="checkbox"/> 3 | Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 2 | Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva <input type="checkbox"/> 2 | Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou <input type="checkbox"/> 2 |
| Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6 | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6 | Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6 | Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6 | Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou <input type="checkbox"/> 4 |
| Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas <input type="checkbox"/> 10 | Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10 | Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10 | Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10 | Drenagem Superficial inexistente <input type="checkbox"/> 5 |
| 9 - RECOMENDAÇÕES / AÇÕES (listar, caso necessário, ações ou recomendações para sanar anomalias ou estruturas deficientes) | | | | |
| 10 - COMENTÁRIOS GERAIS (sempre que possível, inserir fotos esclarecedoras) | | | | |

Anexo 4 – ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

**ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20221507811**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

MARIANGELA MAZZEI SUCENA
Título profissional: **GEÓLOGA**

RNP: **2000351409**
Registro: **RJ2006149056D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Morro do Ipê Mineração S/A**
RODOVIA FERNÃO DIAS
Complemento: **KM 520**
Cidade: **BRUMADINHO**

Bairro: **ZONA RURAL**
UF: **MG**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**
Nº: **S/N**
CEP: **35460000**

Contrato: **MMI-GSU-002350**
Valor: **R\$ 5.000,00**
Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em: **30/05/2021**
Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA FERNÃO DIAS
Complemento: **KM 520**
Cidade: **BRUMADINHO**
Data de Início: **30/09/2022**
Finalidade: **AMBIENTAL**
Proprietário: **Morro do Ipê Mineração S/A**

Previsão de término: **30/09/2024**

Bairro: **ZONA RURAL**
UF: **MG**

Nº: **S/N**
CEP: **35460000**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Código: **Não Especificado**

CPF/CNPJ: **22.902.554/0001-17**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL

Quantidade
1,00
Unidade
un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de relatório de levantamento de aspectos e impactos ambientais, com planejamento de medidas de controle e monitoramento, para licenciamento ambiental do projeto de descaracterização da Barragem B1 - Mina Ipê, localizada no município de Brumadinho - MG.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018, (Res. 1.094, Confea).

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Brumadinho, 30 de Setembro de 2022

Local data

Mariangela Mazzei Sucena
MARIANGELA MAZZEI SUCENA - CPF: 011.274.657-83

Morro do Ipê Mineração S/A
Morro do Ipê Mineração S/A - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **30/09/2022** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: **8599607793**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 7Ccy6
Impresso em: 03/10/2022 às 19:41:39 por: , lp: 177.192.82.134

www.crea-mg.org.br
Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br
Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais





RELATÓRIO TÉCNICO
DCE - DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO
DE ESTABILIDADE
COMPETÊNCIA 1º SEMESTRE DE 2024



IPE.OP.RL.8000.GT.20.915 - Revisão 00.I

DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE

Competência: **1º / 2024.**
Empreendedor: **MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.**
Barragem: **BARRAGEM B1 – MINA IPÊ**
Dano Potencial Associado: **ALTO**
Categoria de Risco: **BAIXO**
Classificação da barragem: **CLASSE B**
Município/UF: **BRUMADINHO – MG**
Data da última inspeção: **28/02/2024**

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto à ANM, que realizei Inspeção de Segurança Regular de Barragem na estrutura acima especificada conforme Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, elaborado em 26/03/2024, e atesto a estabilidade da mesma em consonância com a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e Resoluções ANM vigentes.

Belo Horizonte, 27 de março de 2023.

Assinado de forma digital por
ELIAS JOSAFÁ COTA:99257254615
Dados: 2024.03.27 22:41:52 -03'00'

Elias Josafá Cota

Engenheiro Civil / Geotécnico
CREA MG 71.537/D
CPF 992.572.546-15
Auditor

DocuSigned by:

C5C506C5DA0E469...

Jayme Nicolato Correa

Diretor Presidente – CEO
CPF 515.333.406-68
Responsável Legal pelo Empreendimento



RELATÓRIO TÉCNICO

DCE - DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO
DE ESTABILIDADE
COMPETÊNCIA 1º SEMESTRE DE 2024



IPE.OP.RL.8000.GT.20.915 - Revisão 00.I

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242793584

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20231921824
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

ELIAS JOSAFÁ COTA

Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL

RNP: 1403750408

Registro: 040000071537MG

Empresa contratada: TERRACOTA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Registro Nacional: 000061457-MG

2. Dados do Contrato

Contratante: MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

RODOVIA BR-381

Nº: KM 520

Complemento:

Bairro: ZONA RURAL

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Contrato: CMS000481

Celebrado em: 26/07/2022

Valor: R\$ 72.500,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Ação Institucional: Outros

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA BR 381, KM 520

Nº: 00

Complemento:

Bairro: ZONA RURAL

Cidade: BRUMADINHO

UF: MG

CEP: 35460000

Data de início: 28/02/2024

Previsão de término: 31/03/2024

Coordenadas Geográficas: 0, 0

Finalidade: OUTROS

Código: Não Especificado

Proprietário: MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A.

CPF/CNPJ: 22.902.554/0001-17

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

11 - Coleta de dados > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DE AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (RTESB-MAR/24) E DO RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (RISR-MAR/24) DA BARRAGEM B1 - MINA IPÊ, CONFORME RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD/FEAM 2.784/2019, DECRETO ESTADUAL 48.140/2021, RESOLUÇÃO 95/2022 DA ANM E DEMAIS LEGISLAÇÃO VIGENTE.

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lcpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 2Av2Z
Impresso em: 02/03/2024 às 16:47:27 por: ip: 200.97.245.86

www.crea-mg.org.br

atendimento@crea-mg.org.br

Tel: 0800 031 2732

Fax:





RELATÓRIO TÉCNICO

DCE - DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE
COMPETÊNCIA 1º SEMESTRE DE 2024



IPE.OP.RL.8000.GT.20.915 - Revisão 00.I

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242793584

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20231921824
EQUIPE - ART PRINCIPAL

Assinado de forma digital por ELIAS
JOSAFÁ COTA 99257254615
Data: 2024.03.02 18:08:08 -0300'

8. Assinaturas _____

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE 02 de MARÇO de 2024
Local data

ELIAS JOSAFÁ COTA - CPF: 992.572.546-15

MINERAÇÃO MORRO DO IPÊ S.A. - CNPJ: 22.902.554/0001-17

9. Informações _____

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor _____

Valor da ART: R\$ 99,64 Registrada em: 01/03/2024 Valor pago: R\$ 99,64 Nosso Número: 8604071244

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 2A2Z
Impresso em: 02/03/2024 às 18:47:28 por: ip: 200.97.245.86

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 051 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:





RELATÓRIO TÉCNICO

DCE - DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE
COMPETÊNCIA 1º SEMESTRE DE 2024



IPE.OP.RL.8000.GT.20.915 - Revisão 00.I

Republica Federativa do Brasil
Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
Carteira de Identidade Profissional

Registro Nacional
140375040-8

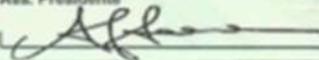
Nome
ELIAS JOSAFÁ COTA

Filiação
GERALDO COTA
RITA MARIA DA CONSOLACAO COTA

C.P.F. Documento de Identidade Tipo Sang.
992.572.546-15 MG-7.902022/SSP SSPMG O+

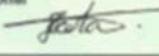
Nascimento Naturalidade UF Nacionalidade
10/04/1974 SANTA BARBARA MG BRASILEIRA

Crea de Registro Emissão Data de Registro
CREA-MG 18/03/2015 19/08/1999

Ass. Presidente  Registro no Crea
MG0000071537

Título Profissional
Engenheiro Civil

Ass. do Profissional 

Vale como Documento de Identidade e tem Fé Pública (5ª do art. 56 da Lei nº 5194 de 24/12/66 e Lei nº 8206 de 07/05/79)



Rua Júlio Ferreira Pinto, 350 – 3º andar – Santa Amélia
Belo Horizonte – MG | CEP: 31560-330
Fone: (31) 3786-4226 / (31) 98303-5747
<https://terracota.pro>

Certificado de Conclusão

Identificação de envelope: 737740E977454B39BD7653479B59800A
 Assunto: Complete com a DocuSign: IPE.OP.RL.8000.GT.20.915_r0_DCE_ANM.pdf
 Envelope fonte:
 Documentar páginas: 6
 Certificar páginas: 4
 Assinatura guiada: Ativado
 Selo com Envelopeld (ID do envelope): Ativado
 Fuso horário: (UTC-03:00) Brasília

Status: Concluído

Remetente do envelope:
 Gabriella de Barros Nogueira Amaral
 Rua Felix Lopes Coelho, N. 222 Bairro: Ilha da
 Madeira
 Itaguai, RJ 23826-580
 gabriella.amaral@ipemineracao.com
 Endereço IP: 200.165.7.65

Rastreamento de registros

Status: Original
 28/03/2024 14:22:12

Portador: Gabriella de Barros Nogueira Amaral
 gabriella.amaral@ipemineracao.com

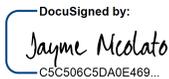
Local: DocuSign

Eventos do signatário

Jayme Nicolato
 jayme.nicolato@portosudeste.com
 CEO

Nível de segurança: E-mail, Autenticação da conta
 (Nenhuma)

Assinatura

DocuSigned by:

 CSC506C5DA0E469...

Adoção de assinatura: Estilo pré-selecionado
 Usando endereço IP: 177.116.206.36

Registro de hora e data

Enviado: 28/03/2024 14:23:11
 Visualizado: 28/03/2024 16:09:56
 Assinado: 28/03/2024 16:10:11

Termos de Assinatura e Registro Eletrônico:

Aceito: 28/03/2024 16:09:56
 ID: 21457f89-31e7-44e8-abd9-1ca9b8f88cfc

Eventos do signatário presencial**Assinatura****Registro de hora e data****Eventos de entrega do editor****Status****Registro de hora e data****Evento de entrega do agente****Status****Registro de hora e data****Eventos de entrega intermediários****Status****Registro de hora e data****Eventos de entrega certificados****Status****Registro de hora e data****Eventos de cópia****Status****Registro de hora e data****Eventos com testemunhas****Assinatura****Registro de hora e data****Eventos do tabelião****Assinatura****Registro de hora e data****Eventos de resumo do envelope****Status****Carimbo de data/hora**

| | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|
| Envelope enviado | Com hash/criptografado | 28/03/2024 14:23:11 |
| Entrega certificada | Segurança verificada | 28/03/2024 16:09:56 |
| Assinatura concluída | Segurança verificada | 28/03/2024 16:10:11 |
| Concluído | Segurança verificada | 28/03/2024 16:10:11 |

Eventos de pagamento**Status****Carimbo de data/hora****Termos de Assinatura e Registro Eletrônico**

ELECTRONIC RECORD AND SIGNATURE DISCLOSURE

From time to time, PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A (we, us or Company) may be required by law to provide to you certain written notices or disclosures. Described below are the terms and conditions for providing to you such notices and disclosures electronically through the DocuSign system. Please read the information below carefully and thoroughly, and if you can access this information electronically to your satisfaction and agree to this Electronic Record and Signature Disclosure (ERSD), please confirm your agreement by selecting the check-box next to 'I agree to use electronic records and signatures' before clicking 'CONTINUE' within the DocuSign system.

Getting paper copies

At any time, you may request from us a paper copy of any record provided or made available electronically to you by us. You will have the ability to download and print documents we send to you through the DocuSign system during and immediately after the signing session and, if you elect to create a DocuSign account, you may access the documents for a limited period of time (usually 30 days) after such documents are first sent to you. After such time, if you wish for us to send you paper copies of any such documents from our office to you, you will be charged a \$0.00 per-page fee. You may request delivery of such paper copies from us by following the procedure described below.

Withdrawing your consent

If you decide to receive notices and disclosures from us electronically, you may at any time change your mind and tell us that thereafter you want to receive required notices and disclosures only in paper format. How you must inform us of your decision to receive future notices and disclosure in paper format and withdraw your consent to receive notices and disclosures electronically is described below.

Consequences of changing your mind

If you elect to receive required notices and disclosures only in paper format, it will slow the speed at which we can complete certain steps in transactions with you and delivering services to you because we will need first to send the required notices or disclosures to you in paper format, and then wait until we receive back from you your acknowledgment of your receipt of such paper notices or disclosures. Further, you will no longer be able to use the DocuSign system to receive required notices and consents electronically from us or to sign electronically documents from us.

All notices and disclosures will be sent to you electronically

Unless you tell us otherwise in accordance with the procedures described herein, we will provide electronically to you through the DocuSign system all required notices, disclosures, authorizations, acknowledgements, and other documents that are required to be provided or made available to you during the course of our relationship with you. To reduce the chance of you inadvertently not receiving any notice or disclosure, we prefer to provide all of the required notices and disclosures to you by the same method and to the same address that you have given us. Thus, you can receive all the disclosures and notices electronically or in paper format through the paper mail delivery system. If you do not agree with this process, please let us know as described below. Please also see the paragraph immediately above that describes the consequences of your electing not to receive delivery of the notices and disclosures electronically from us.

How to contact PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A:

You may contact us to let us know of your changes as to how we may contact you electronically, to request paper copies of certain information from us, and to withdraw your prior consent to receive notices and disclosures electronically as follows:

To contact us by email send messages to: renan.maia@portosudeste.com

To advise PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A of your new email address

To let us know of a change in your email address where we should send notices and disclosures electronically to you, you must send an email message to us at renan.maia@portosudeste.com and in the body of such request you must state: your previous email address, your new email address. We do not require any other information from you to change your email address.

If you created a DocuSign account, you may update it with your new email address through your account preferences.

To request paper copies from PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A

To request delivery from us of paper copies of the notices and disclosures previously provided by us to you electronically, you must send us an email to renan.maia@portosudeste.com and in the body of such request you must state your email address, full name, mailing address, and telephone number. We will bill you for any fees at that time, if any.

To withdraw your consent with PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A

To inform us that you no longer wish to receive future notices and disclosures in electronic format you may:

- i. decline to sign a document from within your signing session, and on the subsequent page, select the check-box indicating you wish to withdraw your consent, or you may;
- ii. send us an email to renan.maia@portosudeste.com and in the body of such request you must state your email, full name, mailing address, and telephone number. We do not need any other information from you to withdraw consent.. The consequences of your withdrawing consent for online documents will be that transactions may take a longer time to process..

Required hardware and software

The minimum system requirements for using the DocuSign system may change over time. The current system requirements are found here: <https://support.docusign.com/guides/signer-guide-signing-system-requirements>.

Acknowledging your access and consent to receive and sign documents electronically

To confirm to us that you can access this information electronically, which will be similar to other electronic notices and disclosures that we will provide to you, please confirm that you have read this ERSD, and (i) that you are able to print on paper or electronically save this ERSD for your future reference and access; or (ii) that you are able to email this ERSD to an email address where you will be able to print on paper or save it for your future reference and access. Further, if you consent to receiving notices and disclosures exclusively in electronic format as described herein, then select the check-box next to ‘I agree to use electronic records and signatures’ before clicking ‘CONTINUE’ within the DocuSign system.

By selecting the check-box next to ‘I agree to use electronic records and signatures’, you confirm that:

- You can access and read this Electronic Record and Signature Disclosure; and
- You can print on paper this Electronic Record and Signature Disclosure, or save or send this Electronic Record and Disclosure to a location where you can print it, for future reference and access; and
- Until or unless you notify PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A as described above, you consent to receive exclusively through electronic means all notices, disclosures, authorizations, acknowledgements, and other documents that are required to be provided or made available to you by PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A during the course of your relationship with PORTO SUDESTE DO BRASIL S/A.