

PLANO DE DRENAGEM DA MINA ARAMÃ

**Porto Trombetas – Oriximiná - PA
Outubro/2011**

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	ABERTURA DA MINA	5
3	PLANEJAMENTO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM.....	6
3.1	Hidrogeologia.....	6
3.2	Determinação dos locais para instalação dos dispositivos de drenagem	8
3.3	Inspeção prévia para definição de background e validação dos locais previstos para instalação dos dispositivos de drenagem.....	11
3.4	Descrição dos dispositivos de drenagem	13
3.4.1	<i>Canais sumidouros.....</i>	<i>13</i>
3.4.2	<i>Tubulações.....</i>	<i>14</i>
3.4.3	<i>Filtros de gabião</i>	<i>16</i>
3.4.4	<i>Caixa dissipadora de energia.....</i>	<i>16</i>
4	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM	18
4.1	Descrição dos processos operacionais	18
4.1.1	<i>Desmatamento</i>	<i>18</i>
4.1.2	<i>Decapeamento.....</i>	<i>19</i>
4.1.3	<i>Lavra e transporte.....</i>	<i>19</i>
4.1.4	<i>Recuperação das áreas lavradas</i>	<i>20</i>
4.2	Construção e instalação dos dispositivos de drenagem	20
4.2.1	<i>Construção dos canais sumidouros.....</i>	<i>20</i>
4.2.2	<i>Construção dos filtros de gabião</i>	<i>20</i>
4.2.3	<i>Instalação da tubulação.....</i>	<i>21</i>
4.2.4	<i>Instalação das caixas de dissipação.....</i>	<i>22</i>
5	MONITORAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM	23
6	AÇÕES MITIGADORAS.....	24
6.1	Limpeza de caixas de decantação e canaletas na estrada entre os platôs Aramã e Bela Cruz.....	24
6.2	Monitoramento de igarapés.....	24
6.3	Controle de poeira.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cronograma de implantação e operação da mina do platô Aramã.....	5
Figura 2 – Principais quantitativos da mina.....	5
Figura 3 – Perfil esquemático do sistema de drenagem.....	6
Figura 4 – Mapa da mina Aramã.....	7
Figura 5 – Perfil Medida A	8
Figura 6 – Seção típica da borda de um platô.....	9
Figura 7 – Ábaco para determinação da distância mínima da borda para acumulação de água.....	10
Figura 8 – Definição da área de contribuição a ser drenada (entre a borda e o limite de acúmulo de água – 100m) e áreas recomendadas para as caixas dissipadoras de energia (em amarelo).....	11
Figura 9 – Áreas inspecionadas para caracterização das condições originais.	13
Figura 10 – Projeto executivo dos sumidouros.....	14
Figura 11 – Desenho esquemático de um filtro de gabião.....	16
Figura 12 – Esquemas construtivos das caixas de dissipação de energia.	17
Figura 13 – Filtro de gabião instalado na borda do platô.....	21
Figura 14 – Tubulações instaladas.	21
Figura 15 – Caixa dissipadora instalada.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de acordo com o estágio de recuperação da área.	15
Tabela 2 – Dimensionamento da tubulação necessária de acordo com o tamanho da área de contribuição.....	15
Tabela 3 - Dimensionamento dos demais dispositivos de drenagem de acordo com o tamanho da área de contribuição.	15

1 INTRODUÇÃO

A seguir é apresentado o plano de drenagem para a mina do platô Aramã, prevista para entrar em operação em 2015 , segundo a última revisão do Plano Quinquenal de Produção da MRN.

O plano de drenagem tem como diretrizes a preservação do meio ambiente, garantia da estabilidade das bordas dos platôs, melhoria da qualidade dos efluentes pluviais, manter boas condições de tráfego dos equipamentos de mina no período chuvoso e garantir condições de sustentabilidade de longo prazo após o fechamento da mina.

2 ABERTURA DA MINA

De acordo com o plano quinquenal, a mina do platô Aramã deverá entrar em operação em 2015, permitindo a manutenção da capacidade produtiva da MRN. Abaixo seguem o cronograma de operação da mina, desde sua abertura até a exaustão, e os principais quantitativos desta mina.

Tabela 4 - Cronograma de operações - Aramã (Plano de Seis Anos - 2012 a 2017)

	Tarefa	2015/2	2016/1	2016/2	2017/1	2017/2	2018/1	2018/2	2019/1	2019/2	2020/1	2020/2	2021/1
1	Desmatamento	P R											
2	Drenagem	P R											
3	Abertura de Box Cut	P R											
4	Decapeamento	P R											
5	Lavra	P R											
6	Terra Vegetal espalhada	P R											
7	Reflorestamento	P R											

Figura 1 – Cronograma de implantação e operação da mina do platô Aramã.

Aramã	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Desmatamento (ha)*	20	53	77	77	69			296
Preparação de Área (ha)		22	40	65	66	59		252
Reflorestamento (ha)*			22	40	65	66	59	252
Decapeamento (x10 ³ m ²)		527	874	2257	2610	1782		8050
Lavra (x 10 ³ t)		1500	2500	4500	4500	3140		16140
Espessura de Estéril (m)		2,5	2,3	4,6	4,4	3,1		3,8
Espessura de Minério (m)		4,7	4,5	4,4	4,2	3,5		4,2
Distância Média de Transporte (Km)		19,9	20,1	18,8	19,4	19,6		19,4
Recuperação Mássica (%)		78	78	78	78	78		78
Rejeito - Massa Seca (x 10 ³ t)		290	484	871	871	608		3125
Al ₂ O ₃ Aproveitável (%)		51,89	50,02	49,52	50,43	48,72		50,12
SiO ₂ Reativa (%)		4,15	4,07	4,19	4,08	4,29		4,15

* A diferença entre as áreas desmatada e reflorestada é devido a preservação dos canais de drenagem e acessos para monitoramento do reflorestamento após a exaustão da mina, que serão parcialmente recuperados (canais) no descomissionamento da mina.

Figura 2 – Principais quantitativos da mina.

Para tal, em 2015, deve-se iniciar o processo de abertura da mina que consiste na construção da estrada de ligação deste platô até o platô Bela Cruz e a abertura da primeira faixa a ser lavrada, procedimento conhecido como “box-cut”.

3 PLANEJAMENTO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM

O sistema de drenagem superficial é composto por filtros de gabião e manta geotêxtil, tubulações e caixas de dissipação que podem ser vistos no desenho esquemático abaixo.

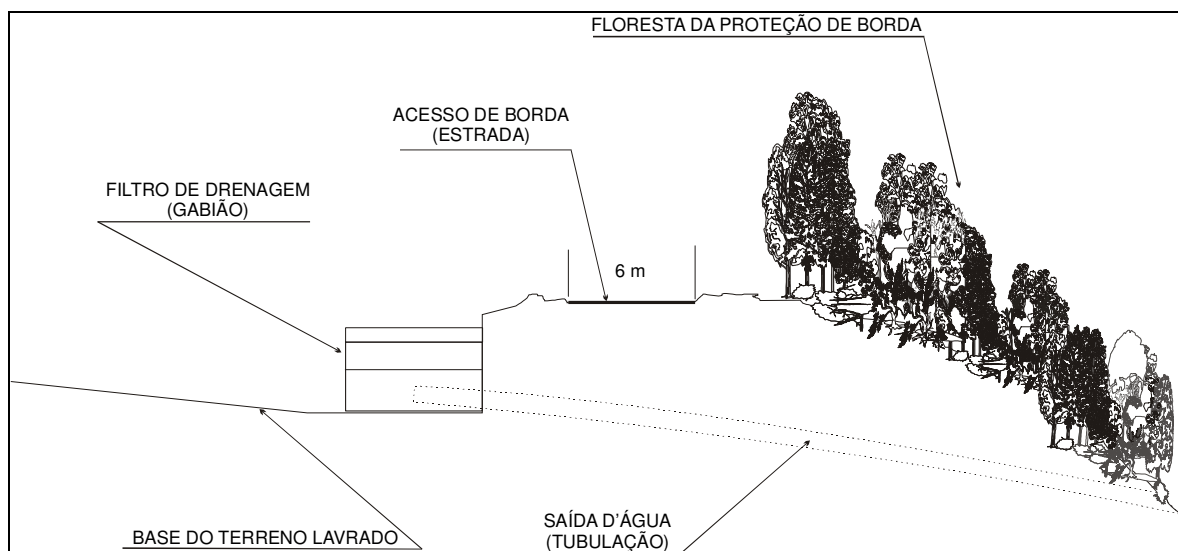


Figura 3 – Perfil esquemático do sistema de drenagem.

A seguir é feita uma descrição do comportamento hidrogeológico do platô Aramã e dos dispositivos que compõem o sistema de drenagem previsto para esta mina

3.1 Hidrogeologia

As condições topograficamente mais elevadas em que se encontram o platô Aramã em relação às áreas vizinhas, fazem com que ele atue como área de recarga. Os fluxos de água subterrânea saem das áreas centrais do platô e alimentam as drenagens e os igarapés circundantes.

Os horizontes lateríticos se caracterizam predominantemente como permeáveis, fazendo com que as águas de precipitação se infiltrem quase que completamente no platô, tornando-se assim as próprias áreas de recarga contribuintes para as águas subterrâneas da região.

As medidas realizadas nos piezômetros instalados no platô Aramã indicam que este possui dois aquíferos distintos: um suspenso na porção superior e outro semi-confinado com camada limítrofe superior semipermeável (argila variegada).

Outro fato relevante é que os piezômetros rasos ficam secos evidenciando a rápida drenagem de água nestes horizontes, corroborando com o modelo de aquífero suspenso proposto para as camadas superiores da área.

A sua permeabilidade vertical é alta, ao contrário da horizontal. Dessa maneira, a água migra lentamente em direção às encostas, onde surge nos talwegues e junto à base do platô, de maneira ordenada, sem grandes concentrações que possam ameaçar o equilíbrio dos sedimentos.

Este modelo hidrogeológico pode ser observado nas figuras 4 e 5.

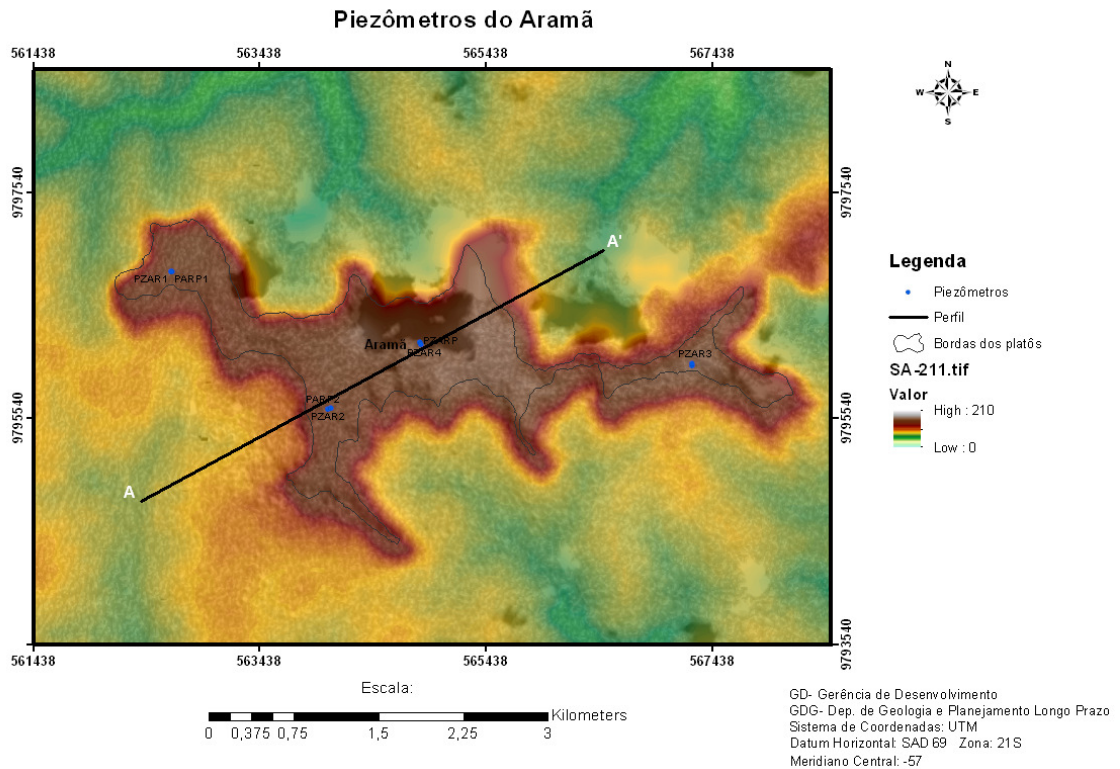
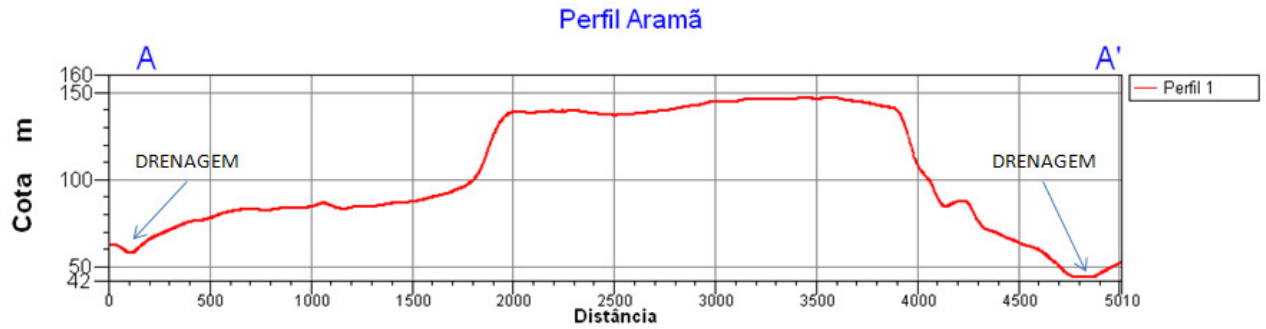


Figura 4 – Mapa da mina Aramã



3.2 Determinação dos locais para instalação dos dispositivos de drenagem

A escolha dos locais para instalação dos dispositivos do sistema de drenagem é baseada nas características do platô, tais como a borda, declividade das encostas e das áreas adjacentes ao platô.

Com o uso de mapas de declividade, obtidos a partir do levantamento de radar, é definida a borda do platô, que é o ponto a partir do qual a declividade é maior que 6°. A partir da borda, para o interior do platô, será preservada uma faixa de 7 a 10m de floresta nativa, seguida de uma faixa de 5m com bauxita *in-situ* para construção do acesso de borda, conforme pode ser visto na figura abaixo.

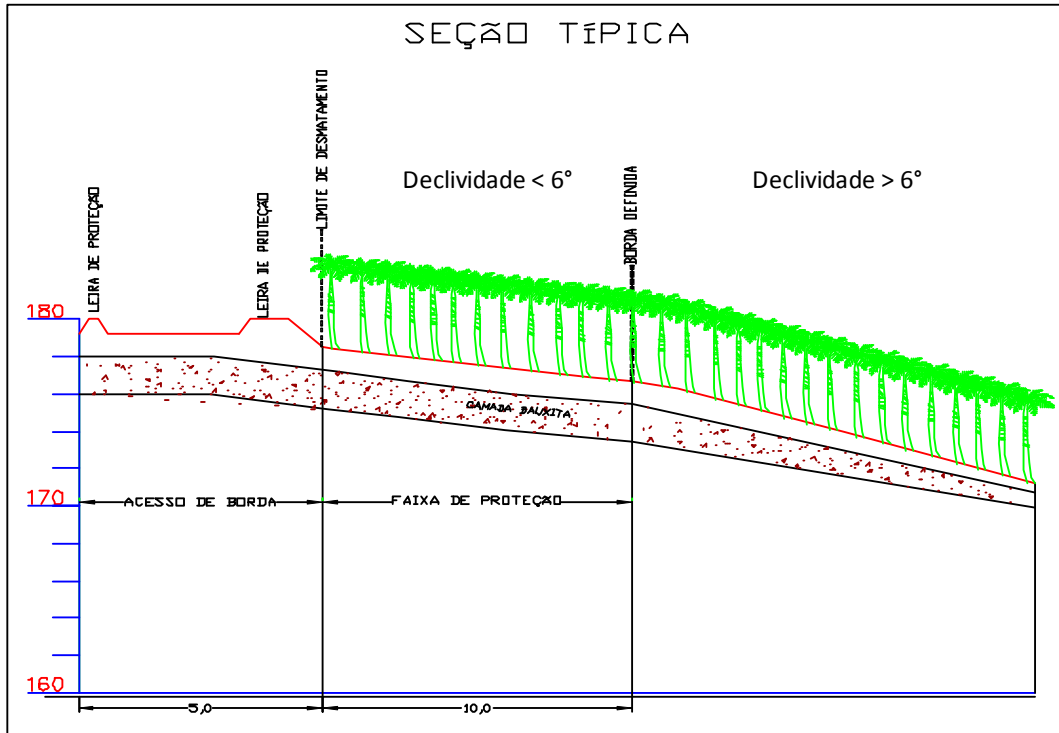


Figura 6 – Seção típica da borda de um platô.

Ainda com a metodologia acima, são conhecidas as declividades das encostas do platô. Conhecidas as declividades, com o uso do ábaco abaixo, determina-se a distância mínima, a partir da borda, para possível acumulação de água.

Observa-se que para as declividades das encostas desse platô, a distância indicada pelo ábaco deveria ser de 30m, entretanto a MRN adota como distância mínima 100m.

TALUDE DA BORDA DO PLATO - LIMITE DE SEGURANCA

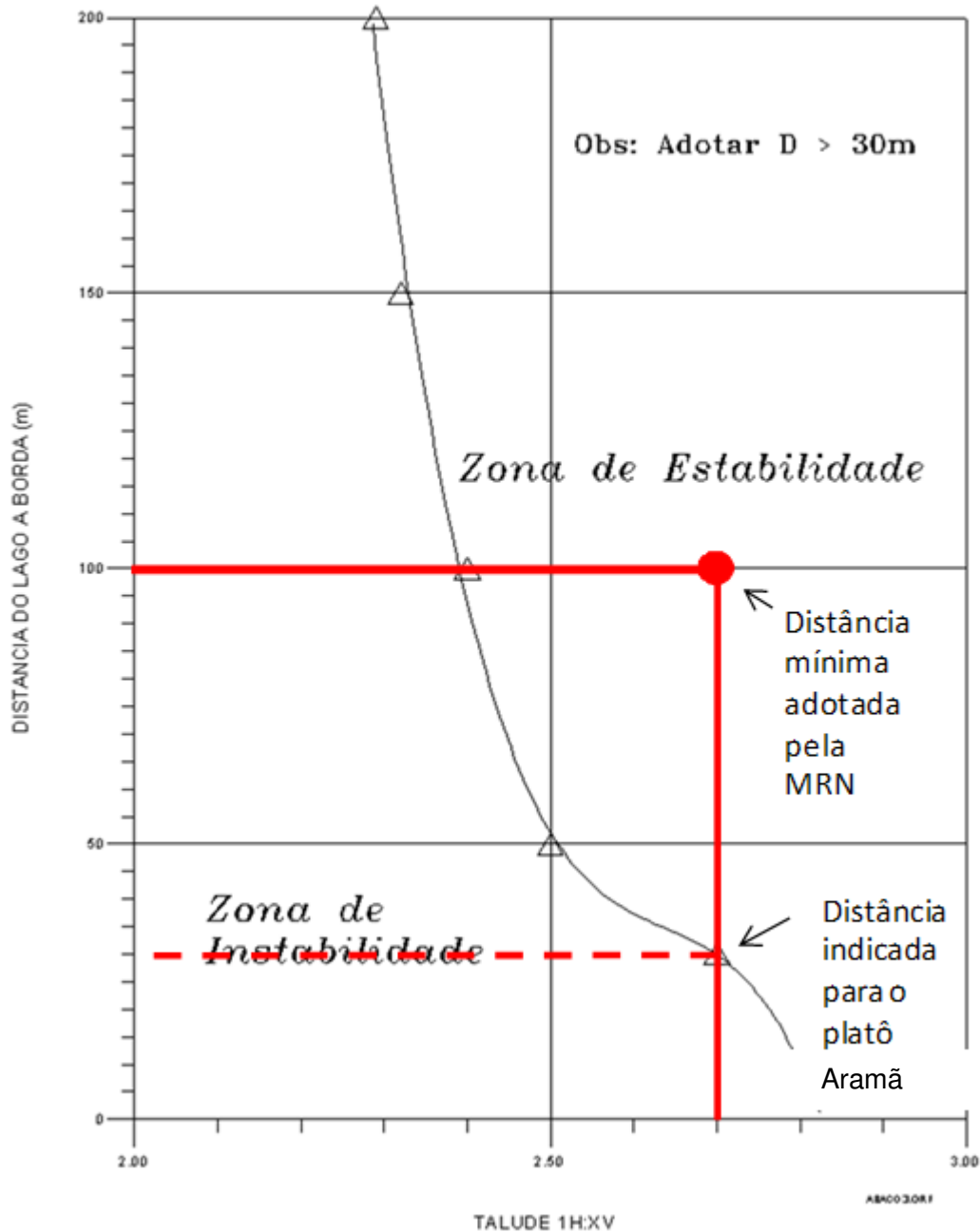


Figura 7 – Ábaco para determinação da distância mínima da borda para acumulação de água.

A área compreendida entre a borda e o limite para acúmulo de água (veja figura 10) deverá ser drenada pelos dispositivos instalados na borda do platô (filtros de gabião, tubulações e caixas de dissipação). Para o platô Aramã esta área é 442,46ha, conseqüentemente no mínimo 19 pontos de drenagem serão instalados ao redor do platô, cada um com uma bacia de contribuição de 8ha. Eventualmente, por necessidade operacional, mais pontos de drenagem poderão ser instalados, com menor vazão, sem alterar a área de contribuição total indicada acima.

- Descer as encostas e caminhar no ponto mais baixo da encosta no vale acompanhando os cursos da drenagem natural, os igarapés, até as nascentes mais próximas das encostas do platô;
- Verificar nos pontos de insurgência de água e ao longo das encostas, a existência de processos erosivos, erosões ativas ou erosões estabilizadas;
- Georeferenciar o andamento das inspeções e processos erosivos encontrados com GPS;
- Fazer registro fotográfico dos processos erosivos se encontrados;
- Reportar a identificação de alguma ocorrência para os departamentos envolvidos no processo.

No platô Aramã durante a vistoria que iniciou na borda sul, com as equipes se deslocando pela estrada principal de pesquisa no centro do platô até o extremo Oeste, onde a equipe desceu para o fundo do vale e caminhou inspecionando no sentido de Oeste para Leste, contornou o extremo Leste e caminhou na borda Norte para o Oeste.

Durante a inspeção não foram encontrados processos erosivos ativos.

Durante a inspeção foram percorridos em linha aproximadamente 23,3 km ao redor do platô, excluindo as encostas das áreas onde não haverá lavra.

Na figura a seguir estão indicadas as áreas inspecionadas pela equipe no platô Aramã.

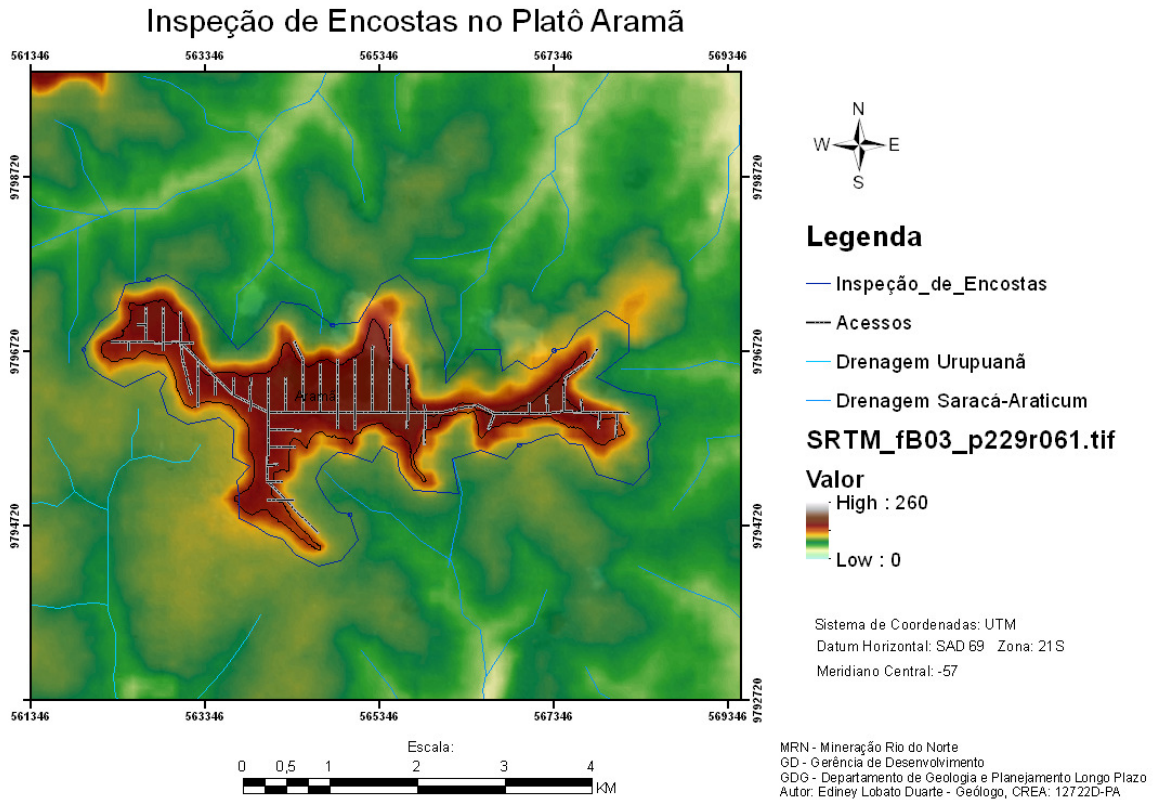


Figura 9 – Áreas inspecionadas para caracterização das condições originais.

3.4 Descrição dos dispositivos de drenagem

3.4.1 Canais sumidouros

Os canais sumidouros são aberturas paralelas as faixas de lavra, que armazenam a água pluvial. A construção dos sumidouros é prevista na fase do planejamento de lavra. Abaixo é mostrado, de forma esquemática, o processo construtivo de um canal sumidouro.

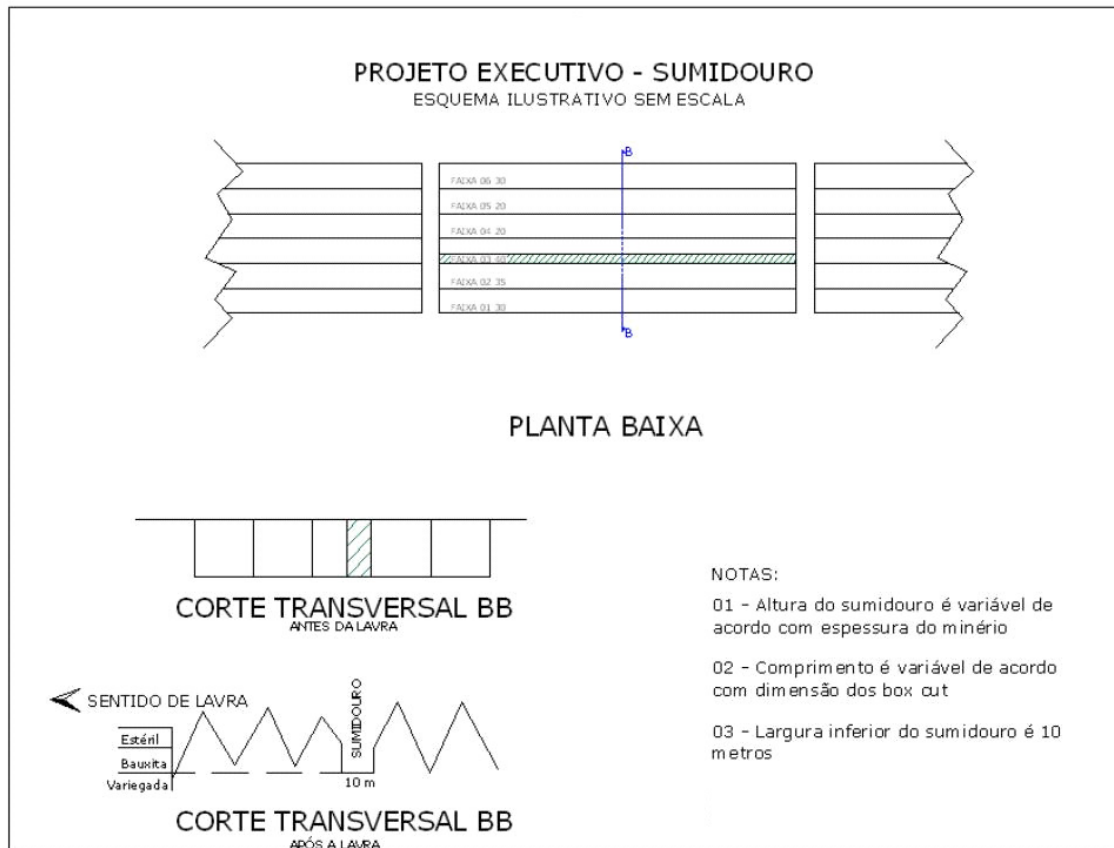


Figura 10 – Projeto executivo dos sumidouros

3.4.2 Tubulações

A partir dos filtros de gabião são lançados tubulações de polietileno de alta densidade – PEAD, dimensionados de acordo com a área de contribuição conforme visto no item 3.2 acima, e chuvas com taxa de recorrência de 100 anos.

A capacidade hidráulica dos tubos é determinada de acordo pela Lei dos Orifícios, apresentada a seguir:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Em que:

(C_d) denota o coeficiente de descarga adimensional. Esse coeficiente pode variar entre 0,55 e 0,70, sendo adotado igual a 0,63;

(A) denota a área da seção transversal do tubo, em m^2 ;

(g) denota a aceleração da gravidade, em m/s^2 , tomada igual a 9,81;

(h) denota a distância entre o centróide da seção transversal mais a montante do tubo e a crista do aterro existente sobre o mesmo, em metro;

(Q) denota a vazão transportada pelo tubo, em m³/s.

O cálculo da capacidade hidráulica também considera a condição em que se encontra a área (cenário), conforme tabelas abaixo:

Cenário	CN
Área degradada, sem cobertura	75
Área recuperada, com plantio recente até 1 ano	65
Área recuperada, depois de 5 anos de plantio	50

Tabela 1 – Coeficiente de acordo com o estágio de recuperação da área.

Área de contribuição	Inferior a 4 ha			Entre 4 e 8 ha			Entre 8 e 12,5 ha		
	50	65	75	50	65	75	50	65	75
Nº linhas de tubos	1	1	1	2	2	2	2	2	3
Diâmetro dos tubos	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol	12 pol

Tabela 2 – Dimensionamento da tubulação necessária de acordo com o tamanho da área de contribuição.

Especificações	Área de contribuição		
	inferior a 4 ha	entre 4 e 8 ha	entre 8 e 12 ha
Perímetro do filtro gabião em metros (área de filtragem)	8	14	24
Dissipador de energia diâmetro em metros	3	5	6
Números de saída de água no dissipador	2	4	6

Tabela 3 - Dimensionamento dos demais dispositivos de drenagem de acordo com o tamanho da área de contribuição.

3.4.3 Filtros de gabião

O filtro de gabião é uma caixa feita com tela metálica preenchida com minério granulado lavado, revestido com uma manta geotêxtil na sua base, permitindo a filtração de partículas em suspensão que são carregadas pela água pluvial.

Este filtro é instalado no topo do platô sobre a camada de argila variegada em áreas já lavradas próximas à borda, de acordo com a necessidade de vazão dada pela área de contribuição conforme indicado na tabela 3.

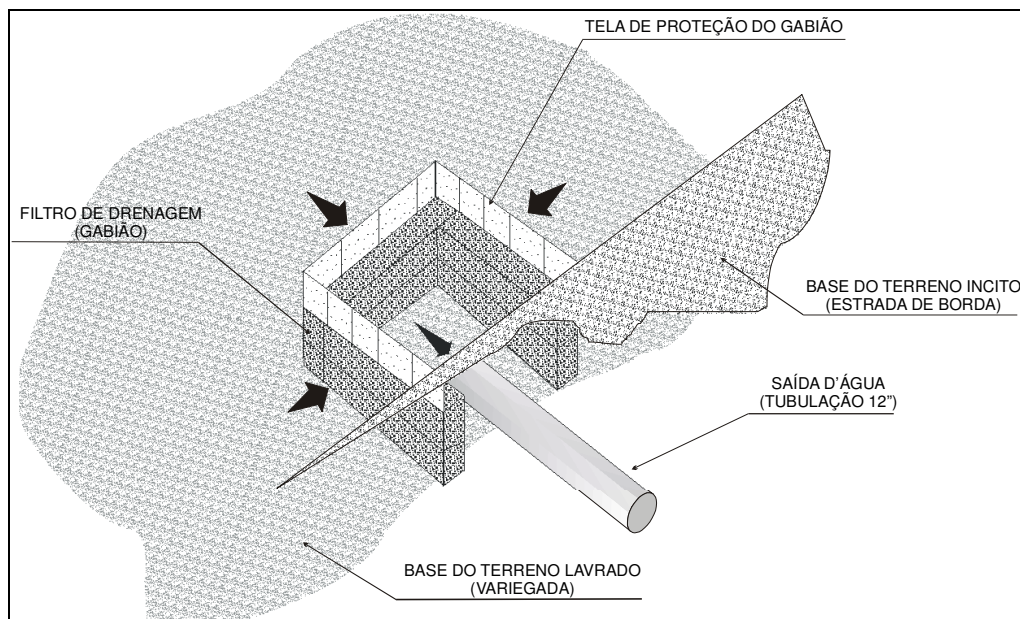


Figura 11 – Desenho esquemático de um filtro de gabião.

3.4.4 Caixa dissipadora de energia

Na extremidade inferior da tubulação é construída uma caixa dissipadora para reduzir a energia de descida da água. A caixa dissipadora de energia é um tanque cilíndrico, escavado no solo com diâmetro que varia de acordo com o dimensionamento da tubulação, conforme indicado na tabela 3.

Esta caixa possui estrutura de madeira de alta resistência e a parede lateral com correia transportadora, tendo 30 cm de parede acima do nível do solo, onde são construídas saídas de água por tubulação, que são lançadas em terreno plano.

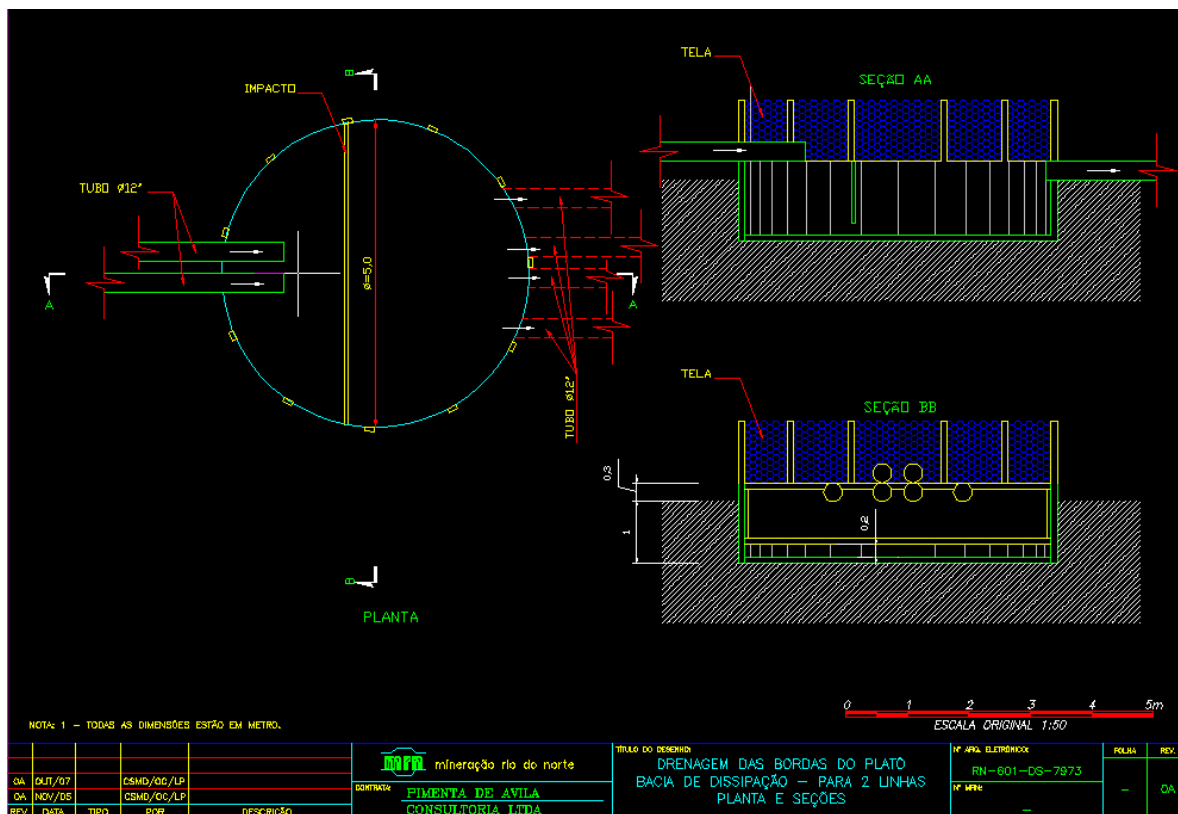


Figura 12 – Esquemas construtivos das caixas de dissipação de energia.

4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Na implantação do sistema de drenagem, parte dos processos são feitos simultaneamente aos processos de operação da mina enquanto outros ocorrem de forma independente. Para um bom entendimento, abaixo são apresentados brevemente os processos operacionais de exploração da bauxita, e em seguida serão descritos os processos de implantação do sistema de drenagem que será adotado para o platô Aramã.

4.1 Descrição dos processos operacionais

A operação de exploração do platô Aramã será compreendida de quatro operações principais, as quais estão descritas abaixo:

4.1.1 *Desmatamento*

O desmatamento é iniciado após o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) e ICMBio (Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade) emitirem as Autorizações de Desmatamento e Resgate e Afugentamento de Fauna. Um dos requisitos exigido para a liberação dessa autorização é o inventário florestal, que identifica a diversidade das essências florestais e suas respectivas incidências nas áreas. A área de desmatamento é definida pelo Plano Anual de Lavra de cada platô, oriundo do Plano Quinquenal de Lavra.

A delimitação da área a ser desmata é feita com uso de Estação Total para que os limites sejam demarcados com precisão. Após delimitação, a área é sinalizada em todo o seu perímetro com balizas marcadas com fitas plásticas coloridas, que facilitam a visualização.

Nesta área é respeitado o limite de desmatamento, que para o platô Aramã serão de 7 a 10m a partir da borda definida (conforme figura 8), mantendo-se a floresta nativa. O desmatamento consiste na supressão da vegetação da área delimitada, executada com trator de esteiras.

Antes de desmatar são identificadas as árvores com valor comercial. Desta forma evita-se que essas árvores sejam danificadas. Depois de derrubadas, são direcionadas para os pátios de romaneio. É efetuado também o resgate das epífitas, tais como orquídeas, bromélias, etc., que se encontram nos troncos e copas das árvores derrubadas. Depois de resgatadas, são levadas para o horto florestal da MRN,

onde será garantida a sobrevivência dos exemplares coletados e depois distribuídas nas áreas já reflorestadas.

A movimentação de madeira é realizada com auxílio de trator de uso florestal, provido de um guincho de alta capacidade localizado na parte traseira, responsável pelo arrasto até os pátios de armazenamento temporário.

Depois de realizado o arraste das árvores para fora da área desmatada a madeira é romaneada. As árvores são cortadas em toras de tamanho entre 4,0 a 6,5m (ideal para beneficiamento nas serrarias e no transporte em carrocerias de caminhões madeireiros). São identificadas quanto à essência, mensuradas as dimensões de cada tora para cálculo do volume.

A galhada resultante do processo é picada com motosserra para aumentar o número de superfícies expostas a agentes decompositores, os quais facilitam a incorporação desse material ao solo.

4.1.2 Decapeamento

Esta etapa consiste em retirar as camadas de material estéril para expor a camada de bauxita. A partir do terreno natural, de cima para baixo, o perfil litológico é o seguinte:

- Solo orgânico: com espessura variando de 0,30 a 0,50m. Esta camada é aproveitada no processo de recuperação de área lavrada.
- Argila amarela: a espessura varia de 1 a 10m.
- Bauxita nodular: são nódulos de bauxita em matriz argilosa. Não tem valor comercial, cuja espessura varia de 0 a 2m.
- Laterita: é uma camada com elevada concentração de minerais ferrosos, com espessura variando até 2m.

O processo de decapeamento consiste em remover a camada de material estéril, em faixas de 30m, com uso de trator de esteiras. O material removido é depositado em áreas adjacentes, nas cavas das faixas anteriormente lavradas. Após retirar as camadas material estéril, a bauxita fica exposta para posterior escarificação e escavação.

4.1.3 Lavra e transporte

Serão utilizadas escavadeiras hidráulicas e o minério será transportado até o britador instalado no platô Aramã por caminhões rodoviários.

4.1.4 *Recuperação das áreas lavradas*

Após a lavra inicia-se o processo de recuperação das áreas mineradas.

O trabalho começa antes do decapeamento, com a escavação do solo “in situ”, sendo estocado em pilhas para uso posterior numa área já minerada.

Antes desse solo ser transportado e espalhado, é necessário reconformar o terreno da área minerada. Para a reconformação desta área utiliza-se tratores de esteiras. Esta reconformação do terreno permitirá o acesso de equipamentos de menor porte para o transporte e espalhamento do solo orgânico (terra preta). A recomposição segue as curvas de nível, formando uma camada de 20 cm de espessura, a fim de promover a infiltração natural da água de chuva, evitando erosões.

Após espalhada, essa camada de solo orgânico é escarificada em 60 cm de profundidade e distância entre sulcos de 1m, marcando a malha de plantio e o espaçamento entre mudas.

4.2 Construção e instalação dos dispositivos de drenagem

4.2.1 *Construção dos canais sumidouros*

Conforme mostrado na figura 18, os canais sumidouros são construídos durante as etapas de decapeamento e lavra. Esses canais são previstos no plano de operação da mina e distam aproximadamente 300m um do outro. A capacidade volumétrica é definida pelo comprimento da faixa lavrada e altura da camada de bauxita que foi anteriormente lavrada. Esses canais sumidouros, que funcionam como micro barragens, permitem que toda a água pluvial captada no interior do platô seja retida, para infiltração e evaporação.

4.2.2 *Construção dos filtros de gabião*

Os filtros de gabião geralmente são construídos no período de estiagem em áreas já mineradas. As áreas previstas para serem lavradas no período chuvoso tem a construção dos filtros de gabião antecipada para o período de estiagem imediatamente anterior às chuvas. Veja abaixo o exemplo de um filtro de gabião.



Figura 13 – Filtro de gabião instalado na borda do platô.

4.2.3 Instalação da tubulação

Conforme dimensionamento já informado, as tubulações são acopladas e lançadas com o auxílio de um dispositivo específico do topo até a base do platô. Nas extremidades da tubulação tem-se, a montante o filtro de gabião, e a jusante a caixa de dissipação de energia.



Figura 14 – Tubulações instaladas.

4.2.4 Instalação das caixas de dissipação

O material necessário para a construção da caixa de dissipação, conforme descrita no item 3.4.4 e dimensionada de acordo com a tabela 3, é transportado até o local definido como o mais propício para a instalação (figura 10) e que foi previamente inspecionado *in loco*. As caixas, devido a dificuldade de acesso, são construídas com uso de ferramentas manuais. Abaixo pode-se observar a foto de uma caixa dissipadora instalada.



Figura 15 – Caixa dissipadora instalada.

5 MONITORAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Serão executadas inspeções rotineiras que incluem descida pelas tubulações de drenagens até o ponto mais baixo do vale, chegando aos igarapés, onde é verificada a situação da tubulação, do filtro gabião, do dissipador de energia e da área a jusante do dissipador.

A frequência da inspeção é quinzenal durante o período chuvoso (janeiro a junho), e de mensal durante o período de estiagem (julho a dezembro). Após a ocorrência de grandes chuvas, independente da estação, também é realizada uma inspeção

6 AÇÕES MITIGADORAS

6.1 Limpeza de caixas de decantação e canaletas na estrada entre os platôs Aramã e Bela Cruz

A execução contempla todas as caixas de decantação e canaletas, com a inspeção seguindo check list específico, plano de frequência de inspeção e de limpeza, assim como planejamento de auditoria periódica para verificar o cumprimento do plano.

As caixas e as canaletas são limpas conforme cronograma ou quando for identificada necessidade de limpeza nas inspeções e auditorias.

6.2 Monitoramento de igarapés

É executada a avaliação periódica dos resultados das análises da água dos igarapés sujeitos a sofrer alterações devido às operações no platô. A avaliação dos resultados da análise de laboratório é mensal, e a análise visual é de acordo com a frequência das inspeções de drenagens.

Caso seja detectada anormalidade na cor, turbidez ou no pH da água, esse igarapé deverá ser inspecionado por uma equipe em todo o seu curso, para fazer as devidas correções, mitigando os danos ao meio ambiente.

6.3 Controle de poeira

Na estrada de ligação entre os platôs Aramã e Bela Cruz será aplicado um supressor de poeira (cloreto de cálcio), reduzindo significativamente a quantidade poeira gerada.

Os acessos dentro da mina serão umidificados para evitar que a poeira entre em suspensão no ar. Esse trabalho é executado por caminhões pipa que são programados para trabalhar 24 horas/dia.