

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 1/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM DO VALE

SAM – SUL AMERICANA DE METAIS S/A

(PROJETO BLOCO 8)

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 3/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Sumário

1.0	INTRODUÇÃO	5
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	5
3.0	LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	8
4.0	CRITÉRIOS E PREMISSAS	9
5.0	INTERFERÊNCIAS	12
6.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	13
6.1	CHUVAS DE PROJETO	14
6.2	CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA	17
6.3	VAZÕES DE PROJETO	19
6.3.1	SISTEMA EXTRAVASOR	20
6.3.2	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	21
6.4	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	22
6.4.1	CANALETAS DE BERMAS	23
6.4.2	CANAIS PERIFÉRICOS	24
6.5	SISTEMA EXTRAVASOR	25
6.5.1	AVALIAÇÃO DO TRÂNSITO DE CHEIA	26
6.5.2	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO	29
6.5.3	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO CANAL DO RÁPIDO	30
6.5.4	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO	32
7.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	33
7.1	TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	33
7.2	ANÁLISE DE PERCOLAÇÃO	33
7.3	DRENAGEM INTERNA	34
7.4	ANÁLISE DE ESTABILIDADE	37
7.4.1	ANÁLISE SISMICA	39
7.4.1.1	SISMO NATURAL	39
7.4.1.1.1	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE SÍSMICO	39
7.4.1.2	SISMO DESENCADEADO POR DETONAÇÕES	46
8.0	CLASSIFICAÇÃO CONFORME PORTARIA DNPM Nº 70.389, DE 17 DE MAIO DE 2017	48
9.0	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO	51
10.0	PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES DE CAMPO E ENSAIOS	53
11.0	QUANTITATIVOS	53
12.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
13.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 4/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 5/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

1.0 INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar o Projeto Conceitual elaborado para a Barragem de Água para abastecimento da comunidade Vale das Cancelas próxima ao Projeto Bloco 8 da empresa Sul Americana de Metais S.A. (SAM), localizado ao norte do estado de Minas Gerais, nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho. Sua finalidade será formar reservatório de água estratégico suprir as necessidades hídricas do sistema.

O Projeto Bloco 8 encontra-se em fase de revisão pela WALM, onde serão realizados os Serviços Multidisciplinares de Engenharia para Elaboração de Estudos Conceituais, nos quais estão contemplados os estudos de alternativas de disposição do rejeito e do estéril a ser gerado na Mina com disposição em pilhas, barragens, considerado inclusive, a disposição em cava, com Sequenciamento Verde ou “*Backfill*”. O projeto irá contemplar os 18 anos de operação da mina, sendo considerado o plano de lavra e o sequenciamento de exploração das cavas apresentados pela SAM.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para a elaboração deste trabalho foram fornecidos pela SAM os seguintes documentos:

- 1VNNS004-1-EA-EIA-0015_23 – Estudo de Impacto Ambiental – EIA Módulo 3 – Descrição do Empreendimento – Mineroduto. Elaborado pela BRANDT Meio Ambiente em Junho de 2012;
- 1VNNS004-1-EA-EIA-0006_9 – Estudo de Impacto Ambiental – EIA – Módulo 6 – Diagnóstico do Meio Físico – Complexo Minerário e Adutora. Elaborado pela BRANDT Meio Ambiente em Junho de 2012;
- MINA_VRP005-1010-D-SE-01 – Sumário Executivo – Projeto Conceitual de Lavra. Elaborado pela Venturini Consultoria em Outubro de 2017;
- BSU-C-BV-RE-009-4 - Estudos Complementares e Esclarecimentos Solicitados sobre o Projeto Conceitual – Sumário Executivo. Elaborado pela DAM Engenharia em Dezembro de 2015;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 6/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

- BSU-C-BV-RE-004-1 – Projeto Conceitual – Barragem Vacaria – Relatório Técnico. Elaborado pela DAM Engenharia em Maio de 2013;
- BSU-C-BV-RE-005-2 – Projeto Conceitual – Barragem Vacaria – Sumário Executivo. Elaborado pela DAM Engenharia em Maio 2013;
- Planilha com a medida do Nível Freático e Piezométrico de Novembro de 2010 a Abril de 2016;
- VRP-2010-M-0004_R00 – Estudo Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Plano Diretor. Elaborado pela SAM em Janeiro de 2018;
- VRP-2010-P-0004_R02 – Projeto Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Britagem Primária e Secundária, Peneiramento, Pilha Pulmão. Elaborado pela SAM em Maio de 2015;
- VRP-2010-P-0005_R02 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Pré-Moagem, Moagem Primária, Classificação. Elaborado pela SAM em Maio de 2015;
- VRP-2010-P-0006_R01 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Pré-Concentração Magnética de Grossos/Finos e Deslamagem de Finos. Elaborado pela SAM em Março de 2014;
- VRP-2010-P-0007_R01 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Pré-Concentração Magnética Scavenger. Elaborado pela SAM em Março de 2014;
- VRP-2010-P-0008_R01 - Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Remoagem de Finos/Desaguamento de Finos. Elaborado pela SAM em Março de 2014;
- VRP-2010-P-0009_R01 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Remoagem de Grossos/Deslamagem de Grossos Remoídos. Elaborado pela SAM em Março de 2014;
- VRP-2010-P-0010_R01 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Flotação de Grossos Remoídos. Elaborado pela SAM em Maio de 2014;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 7/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

- VRP-2010-P-0011_R01 - Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Flotação de Finos Remoídos. Elaborado pela SAM em Maio de 2014;
- VRP-2010-P-0012 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo com Balanço de Massas (5 Anos) – Espessador de Concentrado / Rejeito – Sistema de Água para Flotação. Elaborado pela SAM em Julho de 2015;
- VRP-2010-P-0013 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo com Balanço de Massas (5 Anos) – Espessador de Lamas / Água para Delamagem / Água para Processo. Elaborado pela SAM em Março de 2014;
- VRP-2010-P-0014_R02 – Engenharia Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Sist. de Água p/ Utilidades – Sist. de Captação e Adução de Água Nova – Captação de Água Recuperada. Elaborado pela SAM em Julho de 2015;
- VRP-2010-P-0015_R01 – Projeto Conceitual – Planta de Beneficiamento – Geral – Engenharia – Fluxograma de Processo c/ Balanço de Massas (5 anos) – Balanço de Água. Elaborado pela SAM em Abril de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-01-01 – Projeto Conceitual – Relatório de Visita Técnica de Campo. Elaborado pela WALM em Outubro de 2013;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-02-05 – Projeto Conceitual – Geotecnia de Cava – Relatório Final. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-03-08 – Projeto Conceitual – Estudo de Alternativas de Disposição de Rejeitos e Estéril – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-04-05 – Projeto Conceitual – Plano de Manejo Integrado dos Recursos Hídricos – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-05-04 – Projeto Conceitual – Sistema de Desvios – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-06-06 – Projeto Conceitual – Barragem de Água Industrial – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-07-04 – Projeto Conceitual – Modelo Hidrogeológico-Conceitual – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 8/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

- MINA_VRP002-1010-O-RE-08-05 – Projeto Conceitual – Modelo Hidrogeológico Numérico – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Março de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-09-02 – Projeto Conceitual – Investigações Geológico-Geotécnicas – Especificação Técnica. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-10-01 – Projeto Conceitual – Monitoramento e Instrumentação – Especificação Técnica. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-11-02 – Engenharia Conceitual – Sumário Executivo. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-12-02 – Projeto Conceitual – Plano Conceitual de Fechamento – Especificação Técnica. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-13-01 – Estudos Hidrológicos para Dimensionamento de Reservatório para Abastecimento de Água para a Comunidade do Vale das Cancelas – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-10-01 – Projeto Conceitual – Estudo de Alternativas de Disposição de Rejeitos e Estéril – Relatório Técnico. Elaborado pela WALM em Dezembro de 2013;
- MINA_VRP002-1010-O-RE-11-02 – Modelo Hidrogeológico Numérico – Relatório Síntese para Atendimento ao IBAMA. Elaborado pela WALM em Fevereiro de 2014;
- MINA_VRP005-1010-D-0001 a MINA_VRP005-1010-D-0024 – Projeto Conceitual – Layout Cavas do Ano 1 as ANO 32 – Venturini Consultoria Outubro 2017.

3.0 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O Projeto Bloco 8 localiza-se entre os municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, estado de Minas Gerais, a aproximadamente 600 km a norte de Belo Horizonte, capital do estado. O acesso a partir de Belo Horizonte é realizado pela BR-135 até o município de Montes Claros (MG). A partir deste ponto o acesso até o projeto é realizado pela BR-251 (Rodovia Júlio Garcia) por 136 km até as proximidades do distrito de Vale das Cancelas. O acesso a área do Projeto do Bloco 8 é realizado pela estrada vicinal não pavimentada. A Figura 3.1 apresenta a localização do projeto.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 9/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00



Figura 3.1 - Localização da área do Projeto Bloco 8.

4.0 CRITÉRIOS E PREMISSAS

Para a elaboração do estudo do projeto conceitual, foram adotadas algumas premissas de projeto, as quais foram aprovadas pela SAM. São elas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13.028 (ABNT, 2017) denominada “Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;
- A Barragem será homogênea em solo compactado, sendo construída em uma única etapa;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 10/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

- As áreas de empréstimo deverão localizar nas regiões próximas ao barramento e/ou na área alagada do reservatório;
- Para os estudos, serão considerados como interferências para o projeto os seguintes itens:
 - Limite da área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento conforme apresentado no documento “VRP-2010-M-0004_R00” que apresenta o Plano Diretor desenvolvido pela Venturini Consultoria;
 - Cavidades existentes na região do projeto conforme apresentado no documento “VRP-2010-M-0004_R00”;
 - Estudos geométricos dos Platôs e Acessos da Área Industrial do Projeto Ferro Vale do Rio Pardo representados no documento “VRP-2010-I-0001_R02 - Platôs e Acessos”;
- Nesta etapa do projeto, a SAM informou que estas áreas não serão caracterizadas, devendo ser avaliadas nas demais etapas do projeto;
- A geometria do maciço da barragem consiste em:
 - Crista com 10,00 m de largura;
 - Taludes de jusante com inclinação de 2,00H : 1,00 V(26,56°);
 - Talude de montante com inclinação de 2,00H : 1,00 V;
 - Bermas com 6,00 m de largura;
 - Desnível máximo entre bermas de 10,00 metros;
- Para o barramento foi realizado o dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna considerando os níveis freáticos operacionais previstos para a estrutura, com o nível d’água na EL. 858,00 m;
- A base topográfica do projeto é apresentada no documento “VRP-2010-O-0001_R0 - Topografia Bloco 8” que apresenta o levantamento topográfico do Alvo 8 com precisão de curvas de nível de metro em metro no sistema de referência SAD 69 e Fuso 23S;
- A curva cota x área x volume obtida para o reservatório da barragem foi obtida através da base topográfica supracitada, para balizar os dimensionamentos hidrológicos;
- Os estudos foram balizados pela NBR 13.028 (ABNT, 2017) denominada “Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 11/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

- Para as análises de estabilidade para a Barragem do Vale, deverão ser obedecidos os fatores de segurança preconizados na norma supracitados, conforme apresentado na Tabela 4.1, com exceção do fator de segurança mínimo entre bermas que deverá ser igual a 1,50;
- Para as análises sísmicas serão realizadas análises pseudo-estáticas para as condições de sismo natural e desencadeado pelas detonações na cava do Projeto Bloco 8, sendo considerado:
 - **Sismo Natural:** Aceleração de pico obtida a partir dos estudos presentes no documento MINA_VRP007-1010-G-RE-34-00;
 - **Sismo Desencadeado por Detonações:** velocidade de pico obtida a partir dos estudos realizados pela SAM/VMA de acordo com o documento MINA_VRP007-1010-G-RE-50_R00;

Tabela 4.1 – Fatores de Segurança Mínimos para barragens de mineração.

Fase	Tipo de Ruptura	Talude	Fator de Segurança Mínimo
Final de Construção	Maciço e Fundações	Montante e Jusante	1,30
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e Fundações	Jusante	1,50
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Maciço e Fundações	Jusante	1,30
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório	Maciço	Montante	1,10
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,50
		Entre bermas	1,50
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,10

- Para o sistema extravasor deverão ser considerados os períodos retorno estabelecidos na norma supracitada, resumidas na Tabela 4.2;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 12/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela 4.2 – Período de Retorno a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas extravasor.

Consequências ou Dano Potencial	Período de Retorno de Projeto (período operacional)	Período de Retorno de Projeto (período de fechamento)
Baixo	200 a 500 anos	10.000 anos ou PMP
Médio	500 a 1.000 anos	10.000 anos ou PMP
Alto	1.000 anos a PMP	10.000 anos ou PMP

- O dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna da Barragem do Vale (filtro vertical, tapetes de ombreira e central) foram realizadas considerando a metodologia de Darcy para Fluxos laminares;
- As análises de estabilidade para a validação das geometrias propostas para a Barragem do Vale foram obtidas a partir do software Slide, versão 7.0, desenvolvido pela Rocscience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método GLE/ Morgenstern Price.

5.0 INTERFERÊNCIAS

As interferências locais existentes foram levantadas através da base topográfica e cadastral fornecida pela SAM, são elas:

- Limite da área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento conforme apresentado no documento “VRP-2010-M-0004_R00” que apresenta o Plano Diretor desenvolvido pela VENTURINI Consultoria;
- Cavidades existentes na região do projeto conforme apresentado no documento “VRP-2010-M-0004_R00”;
- Estudos geométricos dos Platôs e Acessos da Área Industrial do Projeto Bloco 8 representados no documento “VRP-2010-I-0001_R02 - Platôs e Acessos”;
- Sequenciamento das Cavas - Ano 0 a Ano 18, conforme documento “PROPOSTA DE PLANO DE LAVRA 29_05_2018_rev1”, desenvolvido pela VENTURINI Consultoria em 2018;
- Posição das britagens em relação ao sequenciamento da Lavra de 18 anos, conforme documento “Estudo de relocação da Britagem” desenvolvido pela VENTURINI Consultoria; e

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 13/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

- Rampa de acesso entre a Mina e a Unidade de Beneficiamento do Projeto Bloco 8, conforme documento “Acesso Mina”, disponibilizado pela SAM.

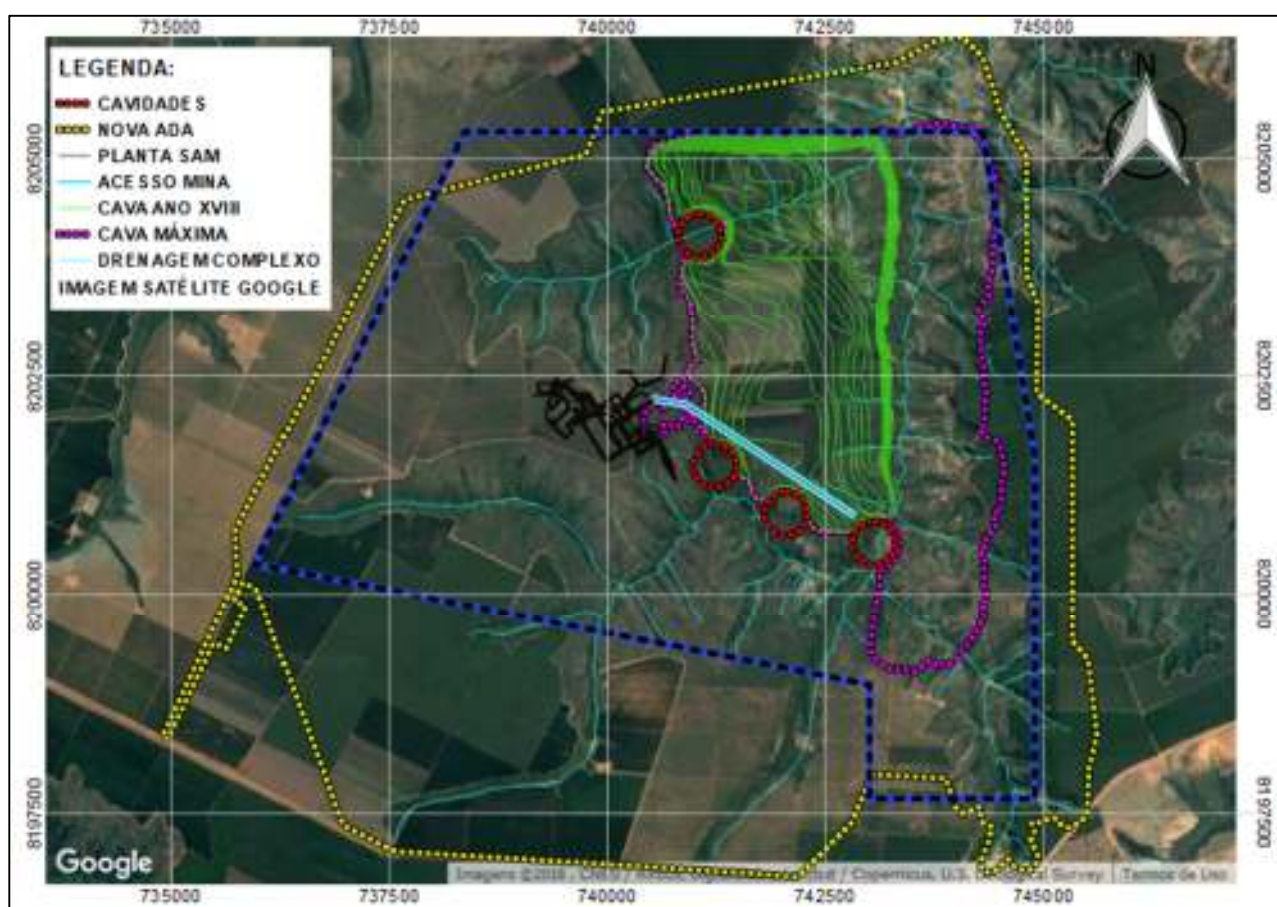


Figura 5.1 – Mapa de Interferências – Projeto Bloco 8.

6.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos foram elaborados com a finalidade de fornecer subsídios para o dimensionamento das estruturas hidráulicas previstas na Barragem do Vale, sendo compostas por:

- Sistema extravasor;
- Sistema de drenagem superficial da barragem.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 14/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Face à inexistência de monitoramento fluviométrico na bacia de interesse, o cálculo das vazões foi realizado por meio de métodos indiretos, a partir da transformação da chuva em vazão.

As vazões de projeto foram determinadas segundo o Método Racional para áreas inferiores a 1,0 km² (PINHEIRO, 2011) e a partir da metodologia do Hidrograma Unitário, quando superiores.

Basicamente, a metodologia adotada nos estudos hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Definição da chuva de projeto a ser utilizada;
- Definição das características físicas e parâmetros das bacias de contribuição, tais como, áreas de drenagem, características do terreno e tempos de concentração;
- Cálculo das vazões de projeto utilizadas no dimensionamento das estruturas hidráulicas previstas na implantação da Barragem do Vale.

6.1 CHUVAS DE PROJETO

O cálculo das chuvas de projeto foi realizado utilizando-se os dados consistidos de altura de chuva diária das estações regionais.

Para a definição das chuvas de projeto realizou-se a análise das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) existentes nas proximidades do empreendimento, considerando-se um raio de até 50 quilômetros do mesmo. As estações existentes dentro do referido limite são apresentadas na Tabela 6.1.1.

Tabela 6.1.1 – Período de Retorno a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas extravasor.

Código	Nome	Município	Período	Latitude	Longitude	Distância do Projeto (km)
1642003	CANCELA	GRÃO MOGOL	1964 - 2000	-16°19'0"	-42°42'0"	7
1642014	GRÃO MOGOL	GRÃO MOGOL	1973 - 2018	-16°35'26"	-42°55'7"	41

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 15/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

1642026	PONTE VACARIA	PADRE CARVALHO	1993 - 2018	-16°11'35"	-42°35'46"	16
1543027	PENSÃO CAVEIRAS	GRÃO MOGOL	2000 - 2018	-16°18'39"	-43°6'20"	42

A partir das estações pluviométricas analisadas, avaliando-se os máximos anuais, foi selecionada a estação Grão Mogol, com 35 anos de dados disponíveis. A utilização dessa estação foi em função da extensão da série histórica de registros disponíveis, com abrangência de dados recentes de altura pluviométrica. A Figura 6.1.1 ilustra as estações avaliadas.

Assim, as chuvas de projeto foram calculadas a partir da análise de frequência das amostras de chuva máximas anuais da estação Grão Mogol. Aos dados empíricos, ajustou-se a curva teórica de Pearson III, conforme pode ser observado na Figura 6.1.2, na qual é apresentada a curva de análise de frequência para 1 dia de duração.



Figura 6.1.1 - Seleção de estação pluviométrica

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 16/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

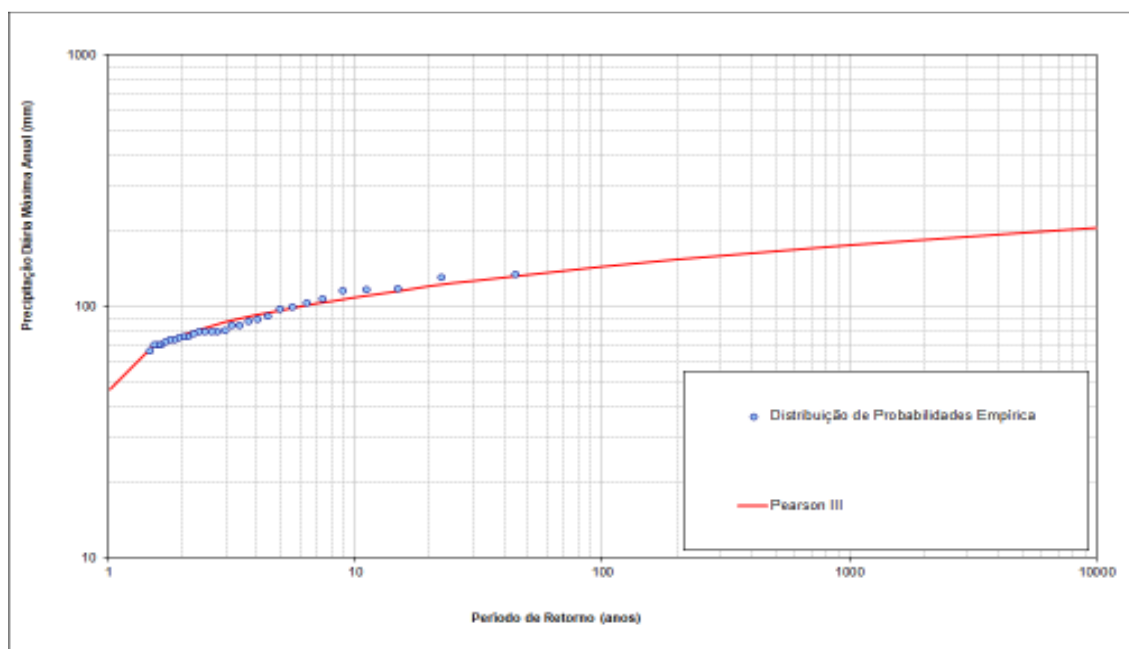


Figura 6.1.2 - Ajuste da distribuição teórica Pearson III para alturas de chuva de 1 dia.

Para o cálculo do quantil de 24 horas, foi utilizado o fator de 1,10, aplicado ao quantil de um dia, enquanto que para a desagregação em intervalos de menor duração utilizou-se o método das Isozonas de Torga (1974). A base do método das isozonas decorreu da constatação de que havia uma certa uniformidade regional entre as alturas de chuva de 6 minutos com 24 horas (P6min/P24) e de 1 hora com 24 horas (P1/P24), configurando as chamadas isozonas de igual relação entre as precipitações de diferentes durações. Os quantis obtidos são apresentados na Tabela 6.1.2.

Tabela 6.1.2 – Quantis de precipitação (mm).

Duração	Tempo de Retorno (anos)									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
5 min	6,2	7,8	9	10,1	11,0	10,3	10,9	11,9	12,5	14,3
10 min	14,0	17,5	19,6	22,0	23,8	23,7	25,6	27,5	28,9	31,8
25 min	24,3	30,2	33,7	37,8	40,6	41,5	45,1	48,2	50,6	55,0
30 min	26,4	32,8	36,5	41,0	44,0	45,0	48,9	52,3	54,9	59,7
1 h	34,2	42,4	47,3	52,9	56,8	58,5	63,7	67,9	71,3	77,2
2h	45,1	56,2	62,9	70,8	76,3	80,0	86,4	92,7	97,5	107
3 h	51,5	64,3	72,1	81,3	87,7	92,6	100	107	113	125
4 h	56,1	70,0	78,6	88,7	95,8	102	109	117	124	137
6 h	62,5	78,1	87,7	99,2	107	114	122	132	139	155
8 h	67,0	83,8	94,2	107	115	123	132	142	150	167

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 17/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

Tempo de Retorno (anos)										
Duração	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
10 h	70,5	88,3	99,3	112	122	130	139	150	158	177
12 h	73,4	91,9	103	117	127	136	145	157	165	185
18 h	79,8	100	113	128	138	148	158	171	181	202
1 dia	84,4	106	119	135	146	157	168	181	192	214
2 dias	101	127	144	165	180	195	209	228	242	287
3 dias	123	156	176	199	216	231	246	264	278	322
5 dias	156	199	223	251	270	287	304	324	339	387
7 dias	184	237	268	304	329	352	375	404	425	491
10 dias	218	276	309	347	372	396	418	446	467	530
15 dias	270	337	373	413	439	463	485	512	531	589
20 dias	312	391	433	480	511	539	565	598	621	691
30 dias	382	486	544	608	651	690	727	773	806	907

6.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

A caracterização física da bacia hidrográfica que contribui para a seção fluvial de interesse é necessária para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos e obtenção das vazões máximas.

As características físicas das bacias de contribuição de interesse para o presente trabalho correspondem às áreas de drenagem, ao tempo de concentração da bacia, ao curve number (CN) e aos valores de abstração inicial.

O tempo de concentração foi determinado pelo método de Kirpich. A formulação de Kirpich é apresentada a seguir.

$$T_c = 0,39 * \left(\frac{\sum L_i^2}{S} \right)^{0,385}$$

Equação 6.21

Em que,

T_c = Tempo de concentração, em hr;

L_i = Comprimento do talvegue, em km;

S = Declividade média da bacia, em m/m.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 18/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Na Tabela 6.2.1 e Tabela 6.2.2 são apresentados os principais parâmetros físicos e hidrológicos da bacia hidrográfica da Barragem do Vale, e na Figura 6.2.1 está ilustrada a bacia de contribuição da Barragem do Vale.

Tabela 6.2.1 – Parâmetros físicos e hidrológicos da bacia hidrográfica da Barragem do Vale

Área de Drenagem (km²)	Declividade Equivalente (%)	Tempo de Concentração (min)	Lag Time (min)
1,20	4,15	15,1	9,05

Tabela 6.2.2 – Determinação do CN da Barragem do Vale

Uso e Ocupação do solo	Floresta	Reservatório	CN Ponderado
CN - Grupo D	76	100	-
Área (%)	92,7	7,27	77,7

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 19/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

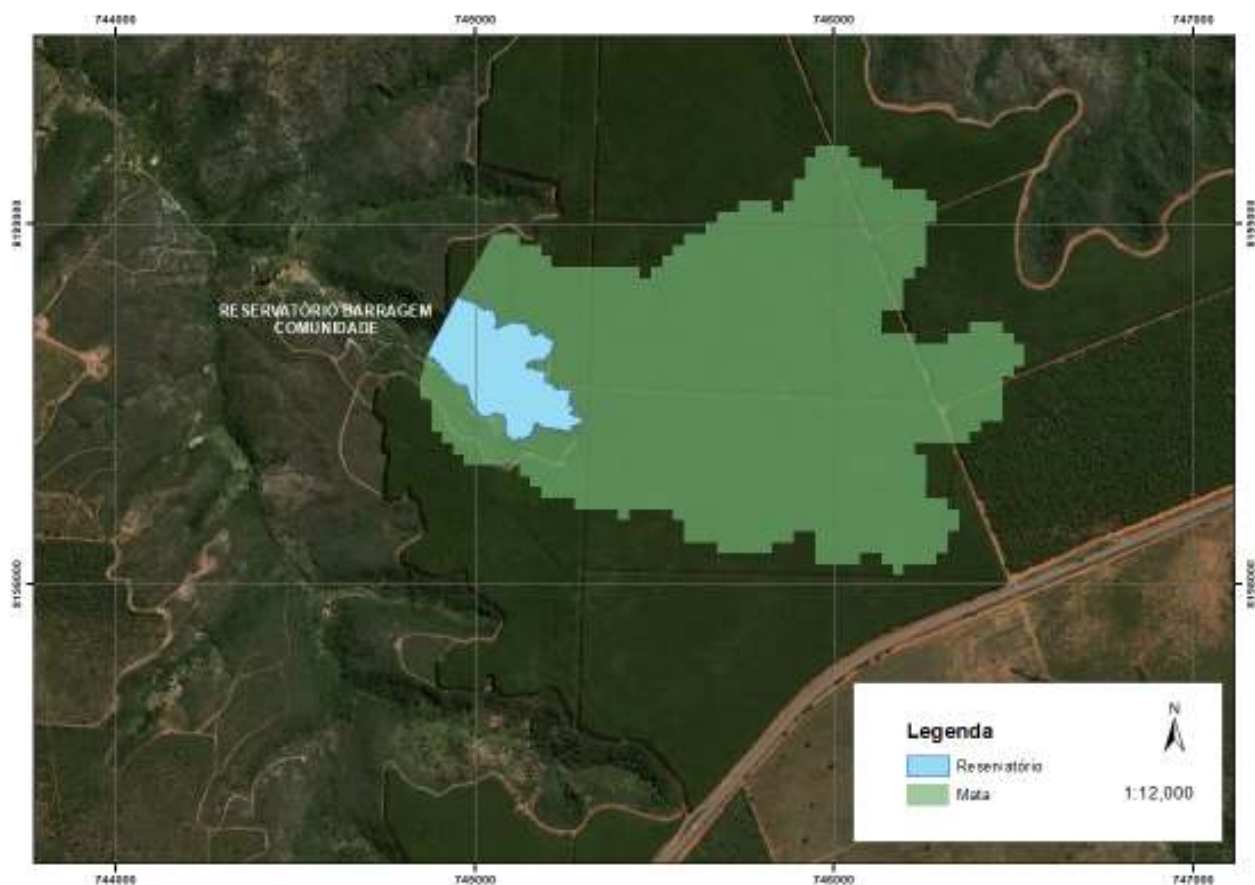


Figura 6.2.1 - Área de drenagem – Caracterização CN

6.3 VAZÕES DE PROJETO

Conforme já mencionado, em função da inexistência de monitoramento fluviométrico nas bacias de interesse, o cálculo das vazões de projeto foi realizado por meio de métodos indiretos, a partir da transformação da chuva em vazão.

Para a determinação das vazões de projeto utilizadas no dimensionamento das estruturas constituintes do sistema de drenagem superficial, utilizou-se o Método Racional, em virtude das áreas de contribuições serem inferiores a 1,0 km² (PINHEIRO, 2011).

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 20/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Já para a vazão de projeto utilizada no dimensionamento do sistema extravasor da Barragem de Água, adotou-se o Método do Hidrograma Unitário em virtude da magnitude da área de contribuição e visando a determinação dos efeitos de amortecimento do reservatório dessa estrutura.

6.3.1 SISTEMA EXTRAVASOR

De acordo com a NBR-13028/2017 (“Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água”), o dimensionamento do sistema extravasor de barragens deve ser definido em função do dano potencial associado à falha estrutural da barragem.

Para a barragem em estudo, admitiu-se que a mesma terá um dano potencial associado ALTO, sendo o sistema extravasor dimensionado para uma vazão de TR =10.000 anos, considerando uma borda livre mínima de 1,0m.

A fim de subsidiar a determinação das dimensões do sistema extravasor, foram calculadas as vazões máximas de projeto considerando a cota-volume atual do reservatório a fim de determinar a duração de chuva mais crítica, ou seja, aquela que irá gerar maior sobrelevação no reservatório, assim como maior vazão de projeto.

Destaca-se que o cálculo destas variáveis foi realizado com o auxílio do modelo matemático HEC-HMS – Hydrologic Modeling System, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U. S. Army Corps of Engineers, em sua versão 3.5, que transforma a precipitação em escoamento superficial utilizando as características físicas das bacias de contribuição. A vazão máxima defluente à barragem, foi obtida por meio da simulação do trânsito de cheias pelo reservatório, aplicando-se o método de Puls modificado, cuja metodologia encontra-se também incorporada ao modelo, que considera o volume disponível para amortecimento

Tanto para a quantificação da chuva efetiva, parcela da precipitação que se transformará em escoamento superficial, quanto para aplicação das metodologias de transformação de chuva em vazão, foram utilizadas as metodologias propostas pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS).

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 21/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

As simulações foram realizadas para duração de precipitação variando de 5 min a 30 dias, de maneira a se pesquisar a duração crítica da precipitação, ou seja, aquela que resulta na maior sobrelevação do N.A. Os resultados obtidos da vazão de projeto (vazão máxima defluente) do sistema extravasor da Barragem do Vale, considerando o potencial de amortecimento do reservatório do referido barramento, a partir da avaliação do trânsito de cheias, estão apresentados no item 6.5.

6.3.2 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

As vazões de projeto das estruturas constituintes do sistema de drenagem superficial foram determinadas segundo o Método Racional.

Neste método a duração da vazão de pico corresponde à mesma duração do tempo de concentração da bacia.

O tempo de concentração das estruturas permaneceu inferior à 5 minutos, dessa forma, em função da duração mínima calculadas para as chuvas de projeto, que é de 5 minutos, foi considerado como tempo de concentração e, conseqüentemente, como intensidade da chuva de projeto, os quantis referentes às chuvas de 5 minutos, para todas as estruturas.

O coeficiente de escoamento foi admitido com base em valores consagrados por bibliografias técnicas especializadas, sendo utilizado o valor de 0,30 para áreas de matas, e 0,50 para o maciço da barragem, sendo realizada a ponderação em caso de contribuição dos dois tipos de área.

Os eventos de chuva considerados para o dimensionamento das estruturas de drenagem superficial da Barragem do Vale foram definidos segundo a NBR 13.028/17 que recomenda os seguintes tempos mínimos de recorrência:

- 100 anos para canaletas de bermas;
- 500 anos para os canais periféricos.

Na Tabela 6.3.2.1 está apresentada a síntese dos cálculos para a obtenção das vazões de projeto para as diversas estruturas de drenagem superficial.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 22/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

Tabela 6.3.2.1 – Vazões de Projeto para as estruturas de drenagem

Estrutura	Área de Drenagem (ha)	Tempo de Concentração (min)	Tempo de Retorno (anos)	Precipitação (mm)	C	i (mm/h)	Q (m³/s)
CP1	3,29	5,0	500	11	0,37	132	0,45
CP2	2,23		500		0,39		0,32
CA	0,27		100		0,50		0,04
CB	0,07		100		0,50		0,01

6.4 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial proposto para a Barragem do Vale tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial incidente sobre o talude de jusante e áreas adjacentes e conduzi-las, de forma ordenada, até o talvegue natural a jusante do maciço, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído basicamente pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes da bancada da barragem até aos canais periféricos;
- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas e áreas adjacentes, descartando-os juntos as bacias de dissipação. Os canais periféricos serão instalados nas ombreiras esquerda e direita da barragem, e serão concebidos com perfil longitudinal em degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água;
- Bacias de dissipação, previstas nas extremidades de jusante dos canais periféricos, com o objetivo de reduzir a energia do fluxo de água, evitando a ocorrência de processos erosivos.

Os documentos MINA_BLC8007-1010-O-19 E MINA_BLC8007-1010-O-21 do APÊNDICE D apresentam o arranjo geral e seções típicas dos dispositivos constituintes do sistema de drenagem superficial da Barragem do Vale.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 23/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

6.4.1 CANALETAS DE BERMAS

A função hidráulica das canaletas das bermas será de conduzir os escoamentos provenientes das bermas e taludes de montante até os canais periféricos. Em função da baixa magnitude da vazão encontrada, essas estruturas foram projetadas em seção triangular revestidas em concreto armado, com base de 0,57 m de base e 0,30 m de altura, com inclinação longitudinal de 0,5%.

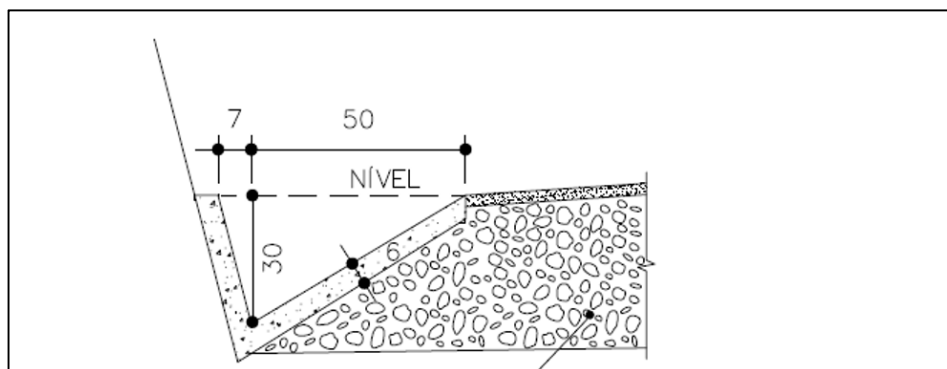


Figura 6.4.1.1 - Seção típicas das bermas.

Quanto à velocidade máxima permissível, foi adotado o revestimento em concreto, entretanto, recomenda-se inspeção visual nas bermas após os períodos chuvosos a fim de detectar possíveis erosões localizadas.

Dessa forma, foi realizada a verificação hidráulica da capacidade de escoamento daquela berma que apresenta maior área de contribuição, e então adotada estas considerações para as demais canaletas de berma. Para essa verificação foi adotada a formulação proposta por Manning, como pode-se observar a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot A \cdot i^{1/2}$$

Equação 6.4.12

Sendo:

Q: Vazão em m³/s;

Rh: Raio Hidráulico, em m;

A: Área transversal do canal, em m²;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 24/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

l: declividade longitudinal do canal, em m/m;

n: coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional

Para a definição da estrutura de cada berma foi realizada a divisão das áreas de contribuição em duas partes. A Tabela 6.4.1.1 apresenta o dimensionamento hidráulico realizado.

Tabela 6.4.1.1 – Dimensionamento hidráulico da berma.

Estrutura	STC-07	STC-08
Vazão (m³/s)	0,01	0,04
Revestimento	Concreto	Concreto
Coeficiente de Manning	0,018	0,018
Declividade (%)	0,5	0,5

Como pode ser observado, as bermas possuem capacidade de escoamento mesmo que não se considere a leira de proteção para os veículos, mantendo o escoamento confinado sem que ocorra extravasamento da berma e escoamento para o talude de jusante.

6.4.2 CANAIS PERIFÉRICOS

Os canais periféricos foram propostos para drenar parte do escoamento proveniente das bermas, taludes e entorno e conduzi-lo até o talvegue da própria drenagem natural da localidade. As seções escolhidas foram retangulares.

As dimensões dos canais foram projetadas respeitando os valores de declividade e velocidade máxima recomendados para o respectivo tipo de revestimento. Para os canais periféricos será utilizado o revestimento em concreto. Os dimensionamentos foram feitos utilizando-se a Equação de Manning (Equação 6.4.12).

A Tabela 6.4.2.1 sintetiza os principais resultados obtidos no dimensionamento hidráulico dos canais periféricos da barragem.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 25/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela 6.4.2.1 – Síntese do Dimensionamento Hidráulico dos Canais Periféricos.

Estrutura	Vazão (m³/s)	Declividade	Seção	Material	Coef. Manning	Base (m)	Altura (m)
CP1	0,45	Variável	Retangular	Concreto	0,018	0,50	0,50
CP2	0,32						

Em função da magnitude da vazão não foi necessária a instalação de descidas de água, pois o revestimento de concreto resiste às velocidades máximas encontradas, mesmo nos locais com declividades maiores.

6.5 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem do Vale foi concebido na ombreira direita do maciço, com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório, em épocas de cheias, até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica da barragem. Esse sistema é composto pelos seguintes elementos:

- Canal de aproximação: concebido em concreto armado, com seção retangular, base com 3,0 m de largura, altura de 2,0 m e declividade longitudinal constante de 0,05%, tendo sua soleira na El. 858,00m;
- Canal do rápido (Descida de Água): concebido em concreto armado, com geometria retangular com base variando de 3,00 m a 2,00 m e 1,00 m de altura, tendo seu fundo constituído por degraus onde a topografia possuir altas declividades (superiores a 10%), de forma a auxiliar na dissipação de energia do fluxo de água;
- Bacia de dissipação: concebida em concreto armado, implantada na extremidade de jusante do rápido, visando minimizar a energia do fluxo de água e a ocorrência de processos erosivos no trecho de restituição ao talvegue natural. A mesma possui comprimento mínimo de 10,0 metros, largura de 2,0 m e altura de 2,00 m.

No desenho MINA_BLC8007-1010-O-21 do APÊNDICE D é apresentado o arranjo geral, o perfil longitudinal bem como as seções típicas dos dispositivos constituintes do sistema extravasor da Barragem do Vale.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 26/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

6.5.1 AVALIAÇÃO DO TRÂNSITO DE CHEIA

O dimensionamento do sistema extravasor foi realizado a partir dos hidrogramas de vazões afluentes, obtidos nos estudos hidrológicos. Adicionalmente, para determinação da vazão defluente e sobrelevação do nível de água máximo foi considerado o potencial de amortecimento do reservatório a partir da avaliação do trânsito de cheia, apresentada a seguir.

A geometria do sistema extravasor definida foi vertedor de soleira espessa. A determinação da curva de descarga foi realizada a partir de um processo iterativo, onde foi variada a elevação e a largura do emboque até se obter uma elevação que garanta o escoamento das cheias de projeto e mantenha o nível de água do reservatório nas elevações desejadas.

O cálculo do emboque do vertedouro foi realizado através da Equação 6.5.1 de descarga de vertedouros apresentada a seguir. Destaca-se que é usual se utilizar o coeficiente de 1,71 para soleira espessa.

$$Q = C_d \times L \times H^{\frac{3}{2}}$$

Equação 6.5.1

Em que:

C_d = coeficiente de descarga (1,71);

L = largura do emboque do vertedouro;

H = altura do emboque do vertedouro.

Após várias análises optou-se pela largura de 3 metros para o sistema extravasor. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 6.5.1.1 e Tabela 6.5.1.1.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 27/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

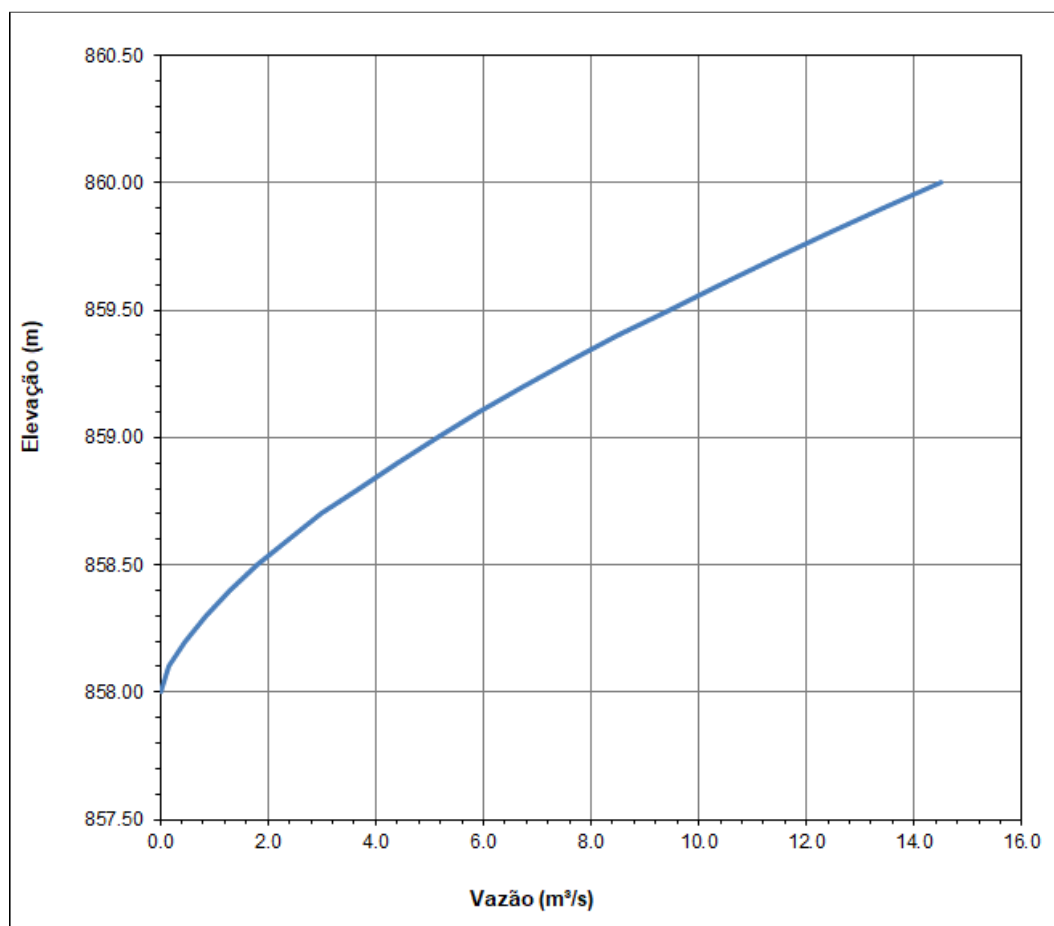


Figura 6.5.1.1 - Curva Cota-Descarga Barragem do Vale

Tabela 6.5.1.1 – Curvas de descarga da Barragem do Vale

Cota (m)	Descarga (m³/s)	Cota (m)	Descarga (m³/s)	Cota (m)	Descarga (m³/s)
858,00	0,00	858,70	3,00	859,40	8,50
858,10	0,16	858,80	3,67	859,50	9,42
858,20	0,46	858,90	4,38	859,60	10,38
858,30	0,84	859,00	5,13	859,70	11,37
858,40	1,30	859,10	5,92	859,80	12,39
858,50	1,81	859,20	6,74	859,90	13,44
858,60	2,38	859,30	7,60	860,00	14,51

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 28/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Os resultados do trânsito de cheias pelo reservatório da Barragem do Vale para a vazões com TR de 10.000 anos podem ser visualizados entre a Figura 6.5.1.2 e Figura 6.5.1.3. A síntese dos resultados podem ser observados na Tabela 6.5.1.2.

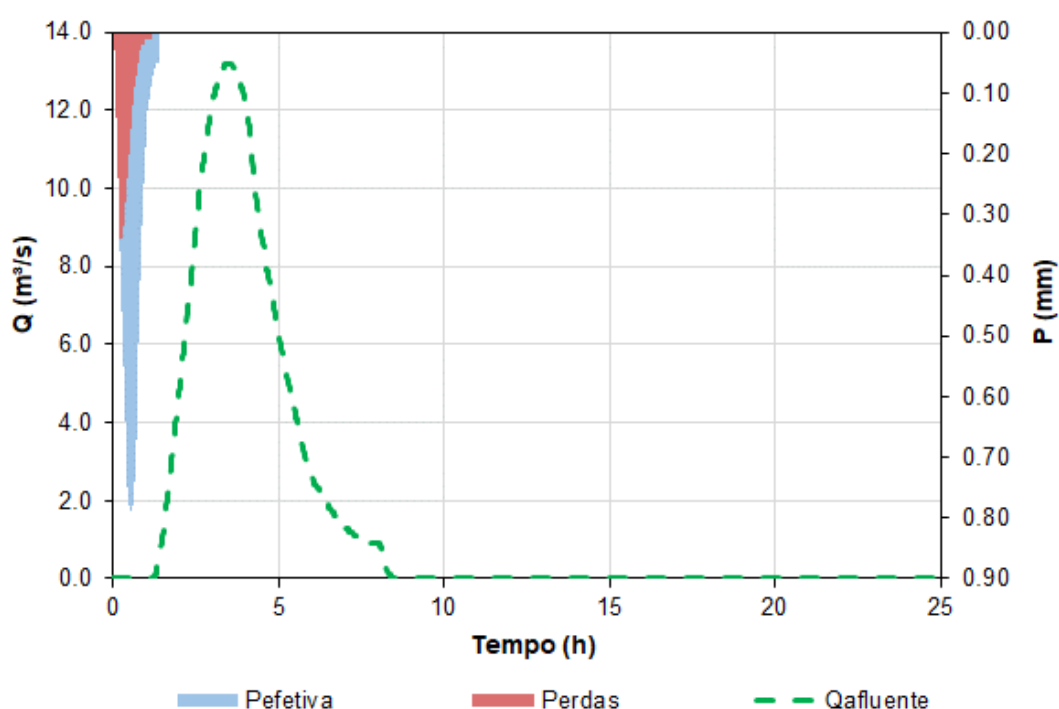


Figura 6.5.1.2 - Resultados da transformação chuva-vazão – TR = 10.000 anos

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 29/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

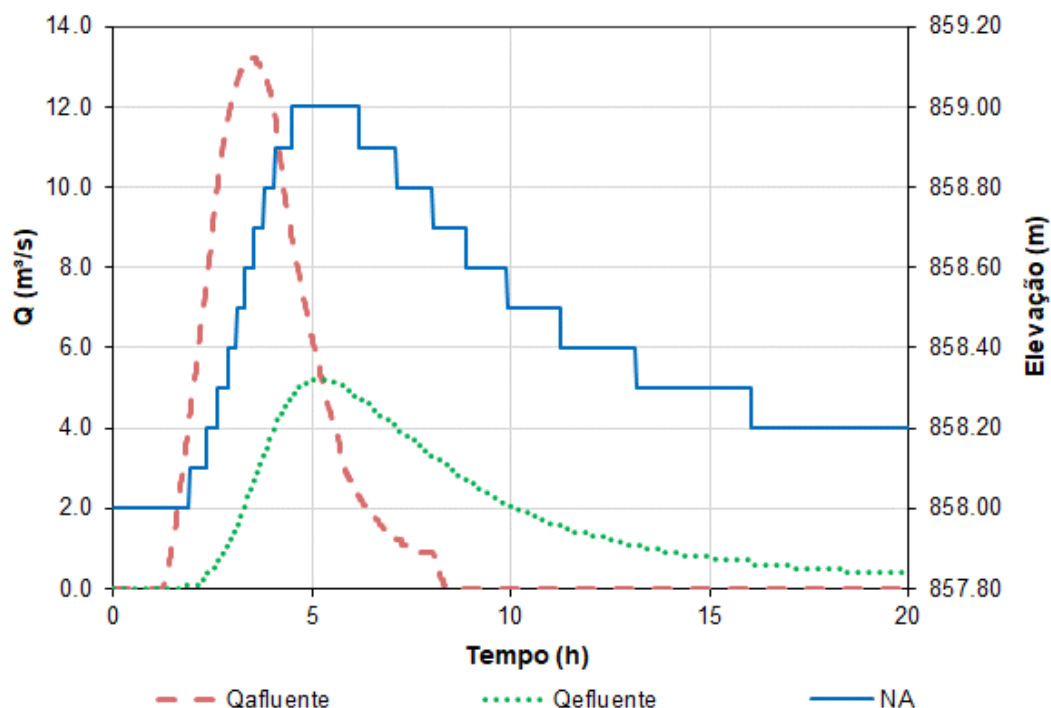


Figura 6.5.1.3 - Resultados do trânsito de cheias – TR = 10.000 anos

Tabela 6.5.1.2 – Síntese do Trânsito de Cheias na Barragem do Vale

Variável	TR 10.000 anos
Duração crítica (h)	8,0
Precipitação referente ao evento crítico (mm)	143
Vazão Afluente (m³/s)	13,2
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	5,2
Cota da Soleira (m)	858,0
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	859,0
Borda livre resultante (m)	1,0

6.5.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO

O dimensionamento do emboque do canal de aproximação foi realizado com base nas vazões máximas defluentes obtidas do estudo de trânsito de cheias. A altura do canal foi dimensionada com base na equação de soleira espessa (equação 7.5.1) citada anteriormente. A Tabela 6.5.2.1 apresenta a síntese do dimensionamento hidráulico do emboque do vertedouro.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 30/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela 6.5.2.1 - Síntese do Dimensionamento Hidráulico do Emboque Canal de Aproximação

Variável	TR 10.000 anos
Vazão de Projeto (m³/s)	5,20
Seção geométrica	Retangular
Largura da Base (m)	3,00
Altura da Lâmina de Água (m)	1,00
Altura da parede adotada (m)	2,00
Borda livre resultante (m)	1,00

A verificação hidráulica ao longo do canal de aproximação foi realizada utilizando a Metodologia de Manning, descrita no item 7.4.1. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.5.2.2.

Tabela 6.5.2.2 – Síntese do Dimensionamento Hidráulico do Canal de Aproximação

Variável	TR 10.000 anos
Vazão de Projeto (m³/s)	5,20
Seção geométrica	Retangular
Largura da Base (m)	3,00
Altura da Parede (m)	2,00
Coefficiente de Manning	0,018
Declividade longitudinal (%)	0,05
Altura da Lâmina de Água (m)	1,77
Velocidade (m/s)	0,97
Borda livre resultante (m)	0,23

6.5.3 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO CANAL DO RÁPIDO

O canal do rápido foi concebido em concreto armado, geometria retangular, com base variando de 3,00 m a 2,00 m e 1,0 metro de altura, apresentando perfil longitudinal em degraus com 0,50 m de altura nos trechos com alta declividade (superior a 10%), de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água.

Nos trechos em que esta estrutura apresenta perfil longitudinal em degraus, o dimensionamento foi realizado pela metodologia Skimming Flow, com o auxílio do programa SisCCoH, desenvolvido pela Departamento de Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, que utiliza

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 31/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

metodologia fundamentada no estudo “Flow Characteristics of Skimming Flows in Stepped Channels”, de Ohtsu, Yasuda e Takahashi, publicado no Journal of Hydraulics Engineering – ASCE, Setembro/2004.

Nos trechos sem degraus, foi utilizada a metodologia proposta por Manning.

Na Tabela 6.5.3.1 são mostrados os resultados obtidos para o dimensionamento do canal do Rápido no trecho sem degraus, utilizando a metodologia de Manning.

Tabela 6.5.3.1 – Síntese do Dimensionamento do Canal do Rápido (trecho sem degraus)

Estrutura	Vazão (m³/s)	Declividade (%)	Seção	Material	Coef. Manning	Base (m)	Altura (m)	Velocidade (m/s)	Profundidade (m)
Canal do Rápido – Trecho I	5,20	9,32	Retangular	Concreto	0,018	3,00	1,00	3,29	0,66
Canal do Rápido – Trecho II	5,20	7,99				2,00	1,00	6,37	0,40

Na Tabela 6.5.3.2 é apresentada a síntese do dimensionamento hidráulico do trecho em degraus, utilizando a metodologia do Skimming Flow.

Tabela 6.5.3.2 – Síntese do Dimensionamento do Canal do Rápido (trecho com degraus)

Variável	Canal do Rápido – Trecho com Degraus
Vazão (m³/s)	5,20
Seção	Retangular
Material	Concreto
Altura do degrau (m)	0,50
Largura (m)	2,00
Comprimento do Patamar (m)	1,50
Profundidade aerada do fluxo (m)	0,52
Altura da Parede(m)	1,00
Profundidade Final (m)	0,37
Velocidade Final (m/s)	7,05
Borda livre mínima (m)	0,48

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 32/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

6.5.4 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO

A bacia de dissipação de energia foi projetada para atenuar a velocidade do escoamento proveniente do rápido, a fim de restituir o fluxo de maneira adequada para o talvegue natural a jusante.

Para o dimensionamento hidráulico dessa estrutura, adotou-se a equação da altura conjugada do ressalto e a formulação empírica para determinação do comprimento do ressalto hidráulico, constante na publicação “Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators” proposta pelo U. S. Bureau of Reclamation (1984), de acordo com as Equações 5.7 e 5.8 respectivamente.

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + F_1^2} - 1 \right) \quad \text{Equação 9.3}$$

$$L_R = 6,9 \cdot (y_2 - y_1) \quad \text{Equação 9.4}$$

Sendo y_1 a profundidade do escoamento na entrada da bacia de dissipação (m), y_2 a altura do fluxo de água ao final da dissipação, F_1 o número de Froude do escoamento na entrada da bacia de dissipação, e L_R o comprimento do ressalto.

O dimensionamento foi realizado considerando a lâmina de água na entrada da bacia obtida a partir do trecho final do rápido. A Tabela 6.5.4.1 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento hidráulico da bacia de dissipação do sistema extravasor.

Tabela 6.5.4.1 – Síntese do Dimensionamento Hidráulico da Bacia de Dissipação

Variável	Bacia de Dissipação
Vazão de Projeto (m³/s)	5,20
Velocidade estimada na entrada da bacia (m/s)	7,05
Número de Froude na entrada	3,70
Largura da bacia (m)	2,00
Altura da lâmina de água na entrada da bacia (m)	0,37
Altura da lâmina de água conjugada (m)	1,76
Comprimento da bacia mínimo necessário (m)	9,59
Altura da parede adotada (m)	2,00

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 33/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Variável	Bacia de Dissipação
Comprimento da bacia de dissipação adotado (m)	10,00

7.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Em função das informações fornecidas pela SAM, foi desenvolvido o estudo geotécnico da Barragem do Vale, avaliando a fundação, dimensionando a drenagem interna e verificando a geometria com análises de estabilidade em concordância com a norma NBR 13028 (ABNT, 2017).

7.1 TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

É importante salientar que não foi realizado mapeamento geológico-geotécnico e nem investigações geológicas geotécnicas para elaboração deste projeto. As informações utilizadas foram extraídas de projeto anteriores em áreas próximas e por informações fornecidas pela equipe da SAM.

De tal modo, considerou-se uma limpeza de 1,0 m em toda a área da barragem com a finalidade de eliminar todo material solto e de cobertura vegetal.

7.2 ANÁLISE DE PERCOLAÇÃO

Para avaliar o comportamento do nível d'água freático no interior do maciço e obter as vazões de percolação necessárias ao dimensionamento do sistema de drenagem interna, foram realizadas análises de percolação.

As análises de percolação foram realizadas por meio do software Slide 7.0, desenvolvido pela Rocscience, que utiliza a metodologia de elementos finitos.

Os parâmetros de permeabilidade dos materiais de aterro, fundação e drenagem foram estimados pela equipe da WALM, com base em solos similares.

Os parâmetros geotécnicos de permeabilidade são apresentados na Tabela 7.2.1.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 34/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela 7.2.1 - Coeficientes de permeabilidade dos materiais

Material	Coeficiente de permeabilidade [m/s]	k_v/k_h
Aterro	$1,0 \times 10^{-7}$	0,10
Fundação	$1,0 \times 10^{-6}$	1,00
Areia	$5,0 \times 10^{-4}$	1,00
Brita 0	$1,0 \times 10^{-2}$	1,00

Com o objetivo de determinar as vazões ao longo do maciço, representativas a todo o corpo do barramento, foram realizadas análises de percolação para as seções localizadas na ombreira direita, esquerda e para a região central do maciço, sendo as seções apresentada no documento MINA_BLC8007-1010-O-22 do APÊNDICE D. As seções são baseadas no arranjo geral da Barragem do Vale representado pelo documento MINA_BLC8007-1010-O-17 do APÊNDICE D.

Os resultados da análise de percolação são apresentados no APÊNDICE A. Pode ser observado o comportamento das linhas de fluxo e equipotenciais, bem como os valores das vazões percoladas que servirão de subsídio para o dimensionamento da drenagem interna. Para o projeto básico deverão ser realizadas novas análises com os parâmetros obtidos na campanha de investigação geológico-geotécnica proposta.

7.3 DRENAGEM INTERNA

Nesta etapa de projeto foi elaborado o pré-dimensionamento do sistema de drenagem em nível conceitual com base na vazão percolada obtida por meio das análises de percolação.

O sistema de drenagem proposto para a Barragem do Vale é composto por um filtro vertical para o maciço, bem como, tapetes de ombreira e de fundo.

A espessura do tapete horizontal foi dimensionada separadamente para a região de cada ombreira e do fundo do talvegue, a partir das vazões resultantes das análises de percolação correspondentes a cada região.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 35/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Como o fluxo pelo sistema de drenagem interna da barragem é laminar, pode-se dimensioná-lo através da equação de Darcy. Logo, tem-se:

$$Q_{projeto} = k * i * A$$

Equação 7.3.1

Onde,

- $Q_{projeto}$ é a vazão calculada;
- k é o coeficiente de permeabilidade do material que compõe o sistema de drenagem interna;
- i é o gradiente hidráulico;
- A é a área da seção transversal.

Sobre os referidos parâmetros da equação temos que:

A vazão de projeto ($Q_{projeto}$) é obtida pelo produto da vazão calculada e o Fator de Segurança – FS ($Q_{projeto} = Q_{calculada} * FS$), onde:

- A vazão calculada corresponde ao produto da vazão percolada, obtida por metro linear nas análises de percolação, e o comprimento do sistema de drenagem interna ($Q_{calculada} = q_{calculada} * L$);
- O fator de segurança adotado é igual a 10;
- O gradiente hidráulico (i) é a relação entre a perda de carga (ΔH) e o comprimento (L). Este gradiente pode ser obtido nas análises de percolação ou pode ser calculado;
- A área da seção transversal é o produto do comprimento pela altura da estrutura.

Logo, o dimensionamento do sistema de drenagem interna da barragem foi obtido através das equações a seguir:

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 36/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

$$Q_{projeto} = k * i * A$$

$$Q_{projeto} = k * i * (x * L)$$

$$\frac{Q_{projeto}}{L} = k * i * x$$

$$q_{projeto} = k * i * x$$

Adotando-se um fator de segurança, temos:

$$q_{projeto} = FS * q_{calculada}$$

$$k * i * x = FS * q_{calculada}$$

$$x = \frac{FS * q_{calculada}}{k * i}$$

Com relação aos gradientes hidráulicos “i”, o valor adotado para o dimensionamento de filtro vertical de areia é de 1,0. Portanto, substituindo os valores de FS e i na equação acima, tem-se:

Tabela 7.3.1 - Dimensionamento do filtro vertical e tapete horizontal

Trechos	Material	Coeficiente de permeabilidade k (m/s)	i (m/m)	x (cm)	X _{adotado} (m)
Filtro Vertical	Areia	$5,0 \times 10^{-4}$	1,0	4,06	1,00
Tapete - Ombreira Direita	Areia	$5,0 \times 10^{-4}$	0,35	26,64	0,60
Tapete - Ombreira Esquerda	Areia	$5,0 \times 10^{-4}$	0,35	17,05	0,60
Tapete – Central	Brita 0	$1,0 \times 10^{-2}$	0,33	0,21	0,50

Para os tapetes de ombreira (direita e esquerda) considerou-se a areia com elemento filtrante (dreno) com coeficiente de permeabilidade estimada de $5,0 \times 10^{-4}$ m/s. Já para o tapete central que recebe a maior vazão a areia deverá ser utilizada como elemento de transição, sendo a camada drenante composta por brita 0, de permeabilidade estimada em $1,0 \times 10^{-2}$ m/s.

A partir dos dimensionamentos realizados, a drenagem interna da Barragem do Vale será constituída por filtro vertical em areia com espessura de 1,00 m, tapetes drenantes de ombreira em areia com espessura de 0,60 m e tapete central do tipo sanduíche com núcleo drenante em brita 0 com espessura de 0,50 m envolto por transição geotécnica em areia com camada de 0,30 m. O ponto de desagüe é constituído por um dreno de pé em enrocamento localizado na base do talvegue natural.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 37/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Para mais detalhes acerca da drenagem interna da Barragem do Vale, consultar o documento MINA_BLC8007-1010-O-18 do APÊNDICE D.

7.4 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Para verificação da geometria proposta foram realizadas análises de estabilidade utilizando o Software Slide 7.0, através do método do equilíbrio limite de GLE/ MORGENSTERN PRICE.

A seção utilizada para a análise estabilidade foi aquela considerada a mais crítica, ou seja, a de maior altura.

Os critérios de aceitação para as análises foram estabelecidos de acordo com a norma técnica NBR 13.028 (ABNT, 2017), com exceção da análise entre bermas que foi considerado o fator de segurança mínimo de 1,50.

Quanto à determinação dos fatores de segurança, em termos de tensões efetivas, foram consideradas as seguintes premissas gerais:

- Materiais isotrópicos e homogêneos;
- Ruptura global do talude do tipo circular;
- Níveis freáticos, normal e crítico, obtidos pela análise de percolação;
- Para final de construção, foi considerado o fator de poropressão ($ru = u/\sigma_v$) igual a 0,15 para o solo compactado e $ru = 0,10$ para o solo de fundação.

Para simulação da superfície freática normal, foi considerado o perfeito funcionamento do filtro vertical e do tapete drenante. Para a análise da superfície freática crítica foi considerada o filtro e o tapete colmatados.

A estabilidade contra rebaixamento rápido será avaliada em etapa posterior do desenvolvimento do projeto, quando estiver definida a lei de operação do reservatório.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 38/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Os parâmetros de resistência dos materiais de aterro, fundação e drenagem foram estimados pela equipe da WALM, com base em solos similares.

Os valores dos parâmetros de resistência são apresentados na Tabela 7.4.1. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 7.4.2.

Tabela 7.4.1 - Parâmetros de Resistência dos Materiais

Material	γ (kN/m³)	c'(kPa)	ϕ' (°)
Aterro	18	15	28
Fundação	21	15	30
Areia	20	0	35
Brita	22	0	36

Tabela 7.4.2 – Resultados Análises de Estabilidade

N.A	Condição	Talude	FS requerido	FS obtido	Figura
Operacional	Final de Construção	Jusante	1,30	1,43	Figura B 1
		Montante		1,34	Figura B 2
	Superfície Freática Normal	Jusante	1,50	1,68	Figura B 3
		Entre Bermas	1,50	1,96	Figura B 4
Máximo Maximorum	Superfície Freática Normal	Jusante	1,50	1,68	Figura B 5
	Superfície Freática Crítica	Jusante	1,30	1,30	Figura B 6

No APÊNDICE B são apresentadas as figuras com os resultados obtidos para as análises de estabilidade realizadas, considerando as mesmas seções avaliadas para as análises de percolação apresentadas no item 7.2.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 39/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

7.4.1 ANÁLISE SISMICA

O objetivo da análise de sismo (pseudo-estática) é simular, preliminarmente, o efeito dos impulsos gerados pelo sismo natural e do sismo desencadeado pelas detonações na cava do Projeto Bloco 8.

7.4.1.1 SISMO NATURAL

7.4.1.1.1 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE SÍSMICO

O Para estudo da estabilidade sísmica da Barragem do Vale foi utilizado o Método Pseudo-Estático.

O Método Pseudo-Estático ou Método do Coeficiente Sísmico é uma extensão do Método das Lamelas, que é baseado na Teoria do Equilíbrio Limite.

Trata-se de um método simplificado no qual o efeito sísmico é considerado por meio do acréscimo de força estática, cuja intensidade é obtida por meio do produto do peso W da massa de solo potencialmente instável por um coeficiente (k) – denominado coeficiente sísmico.

Segundo Kramer (1996), as forças de inércia geradas pelo carregamento dinâmico devido ao sismo são dadas pelas equações:

$$F_h = k_h \times W \quad \text{Equação 7.4.1.1.1}$$

$$F_v = k_v \times W \quad \text{Equação 7.4.1.1.2}$$

Onde F_h e F_v são as componentes horizontal e vertical da força de inércia gerada pelo carregamento dinâmico.

Nas análises de estabilidade pseudo-estáticas a componente vertical do esforço sísmico é desprezada nos cálculos, pois, seu efeito na estabilidade não é significativo.

Desta forma, de acordo com Kramer (1996) e Duncan & Wright (2005), a fórmula a ser utilizada para cálculos da força do sismo considerado pode ser obtida por meio da Equação 7.4.1.1.3.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 40/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

$$F_h = k_h \times W$$

Equação 7.4.1.1.1.3

O coeficiente sísmico k é definido pela Equação 7.4.1.1.1.4.

$$k = \frac{a_{ref}}{g} \times \frac{a}{a_{ref}}$$

Equação 7.4.1.1.1.4

Onde:

a_{ref} = aceleração de referência de pico;

g = aceleração da gravidade;

a/a_{ref} = multiplicador de aceleração.

A definição da aceleração de pico na área do Projeto Bloco 8 mereceu uma análise de sismicidade particular, com a avaliação de dados de epicentros de diversos eventos compreendidos dentro de um raio máximo de 300 km em relação ao empreendimento.

Para a obtenção dos dados foram avaliados os dados dos eventos baseados nas seguintes bibliografias:

- Livro “Sismicidade do Brasil” (Berrocal et al. 1984), para os eventos históricos e até 1981;
- “Boletim Sísmico Brasileiro” (descontínuo), publicado pela Revista Brasileira de Geofísica entre 1983 e 1997, para os sismos ocorridos entre 1982 e 1995; e
- intercâmbio técnico-científico entre os grupos de Sismologia do IAG/USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), do OS/UnB (Observatório Sismológico da Universidade de Brasília), do ON-RJ (Observatório Nacional), da UFRN (Grupo de Geofísica) e do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.), para os sismos ocorridos após 1996.

Os estudos de sismo natural foram desenvolvidos pela WALM e compreendeu a avaliação dos dados existentes, tratamento estatístico para eliminar possíveis interpretações indesejáveis dos eventos, com o intuito de permitir uma análise de uma cobertura mais uniforme dos fenômenos. Com os limites considerados nas análises realizadas, foram determinadas as estimativas de probabilidades de ocorrência de determinados níveis de aceleração no ponto central da área do projeto Bloco 8, oriundos de eventos locais e regionais.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 41/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Para os estudos, foi considerado a avaliação do Perigo Sísmico utilizando as metodologias veiculadas por BURTON (1978) e ASSUMPÇÃO (1985), com seguintes hipóteses:

- a) a sismicidade ocorre numa área grande e que o local de interesse esteja longe das bordas da área sísmica considerada;
- b) considera-se para o cálculo das probabilidades de ocorrência de uma dada aceleração no local de interesse, a contribuição (em termos de probabilidade) da ocorrência de todas as magnitudes em qualquer ponto da área sísmica (hipótese de "sismicidade difusa").

Para os estudos foi considerado ainda, a atenuação de aceleração com a distância epicentral para estimar os níveis de aceleração para o empreendimento, sendo importante salientar que a Lei de Atenuação se refere às acelerações em nível do perfil rochoso.

Com base nos resultados da avaliação do perigo sísmico, considerando a vida útil do empreendimento de 50 anos, os níveis de aceleração de pico na rocha (rocha sã) máxima seria equivalente a 0,037 g (já corrigida a incerteza da lei de atenuação), com período de retorno e 965 anos.

Assim, os estudos realizados pela WALM, baseados em dados de monitoramento e pelos estudos de perigo sísmico e leis de atenuação para o Projeto Bloco 8, mostram que o sismo natural apresenta aceleração de pico no topo rochoso igual a 0,037g (m/s^2) ($a_{pico,rocha}=0,037\text{ g}$) .

Para mais detalhes em relação ao estudo de sismo natural para a área do Projeto Bloco 8, consultar o documento MINA_VRP007-1010-G-RE-34-00 elaborado pela WALM.

Outra consideração relevante é avaliar o Mapa Sismológico Brasileiro, que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 10% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 475 anos (inferior ao tempo de retorno estimado nos estudos realizados pela WALM).

O Mapa de Ameaça Sísmica é apresentado na Figura 7.4.1.1.1, sendo o mais atualizado para o território brasileiro. Foi desenvolvido por ASSUMPÇÃO et al. (2016) e publicado no Boletim nº 96 da

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 42/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Sociedade Brasileira de Geofísica. Avaliando o mapa supracitado, verifica-se que a aceleração de pico para o Projeto Bloco 8 é equivalente a 0,04 g ($a_{pico}=0,04$ g).

Comparando os estudos realizados e o Mapa de Ameaça sísmica, verifica-se que os valores obtidos são extremamente próximos, mostrando que os valores obtidos nos estudos realizados pela WALM, para a aceleração de pico em rocha são nos estudos de sismo natural igual a 0,037 g ($a_{pico,rocha}=0,037$ g) são consistentes para o estudo.

Com o intuito de determinar a sensibilidade em relação aos efeitos causados pela aceleração de pico obtida para o empreendimento (0,037 g), buscou-se correlações existente em literatura para a avaliação dos efeitos. Para tal, foi considerado a Escala de MERCALLI Modificada (MM) que correlaciona os efeitos causados por sismos em função da intensidade e aceleração de pico, conforme apresentado na Tabela 7.4.1.1.1.1.

Tabela 7.4.1.1.1.1 – Escala de Intensidade de MERCALLI Modificada (Fonte: adaptado de ASSUMPÇÃO & DIAS NETO, 2000)

GRAU	DESCRIÇÃO DOS EFEITOS	ACELERAÇÃO (g)
I (imperceptível)	Não sentido, exceto em condições extremamente favoráveis. Leves efeitos de período longo de terremotos grandes e distantes. Registrado (“sentido”) apenas pelos sismógrafos.	-
II (Muito Fraco)	Sentido apenas por algumas pessoas, especialmente em prédios altos. Objetos leves podem balançar.	<0,003
III (Fraco)	Sentido por algumas pessoas em casa, especialmente em prédios altos. Alguns objetos pendurados oscilam. Vibração parecida com a da passagem de um caminhão leve. Duração estimada. Pode não ser reconhecido como um abalo sísmico.	0,003 a 0,008
IV (Moderado)	Sentido em casa por muitas pessoas, e na rua por poucas pessoas durante o dia. À noite algumas pessoas despertam. Pratos, janelas e portas vibram, e as paredes podem ranger. Os carros e motos parados balançam visivelmente. A vibração é semelhante à provocada pela passagem de veículos pesados ou à sensação de uma pancada de uma bola pesada nas paredes.	0,008 a 0,015

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 43/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

GRAU	DESCRIÇÃO DOS EFEITOS	ACELERAÇÃO (g)
V (Forte)	Sentido por praticamente todas as pessoas; muitos despertam. As pessoas conseguem identificar a direção do movimento. Líquido em recipiente é perturbado. Objetos pequenos e instáveis são deslocados. Portas oscilam, fecham, abrem. Os movimentos de pêndulos podem parar.	0,015 a 0,04
VI (Forte)	Sentido por todas as pessoas; muitos se amedrontam e saem às ruas. Pessoas andam sem firmeza. Algumas mobílias pesadas podem se movimentar. Louças e alguns vidros de janelas são quebrados. Objetos e livros caem de prateleiras. Observação de danos moderados em estruturas civis de má qualidade. Pequenos sinos tocam em igrejas e escolas.	0,04 a 0,08
VII (Muito Forte)	Difícil manter-se me pé. Objetos suspensos vibram. Moveis quebram. Danos em construção de má qualidade, algumas trincas em construção normal. Queda de reboco, ladrilhos ou tijolos mal assentados e telhas. Ondas em piscinas. Pequenos escorregamentos em taludes arenosos.	0,08 a 0,15
VIII (Muito Forte)	Danos em construções normais com colapso parcial. Algum dano em construções reforçadas. Queda de estuque e alguns muros de alvenaria. Queda de chaminés, monumentos, torres e caixas d'água. Galhos de arvores são quebrados. Trincas são evidenciadas na superfície.	0,15 a 0,30
IX (Muito Forte)	Pânico Geral. Construções comuns bastante danificadas, às vezes com colapso total. Danos em construções reforçadas. Tubulações subterrâneas quebradas. Rachadura visível na superfície do solo.	0,30 a 0,60
X (Catastrófico)	Maioria das construções destruídas, inclusive fundações. Danos sérios a Barragens e Dique. Grandes escorregamentos de terra. Água jogada nas margens de rios e canais. Trilhos levemente distorcidos.	0,60 a 1,00
XI (Catastrófico)	Trilhos bastante distorcidos, Tubulações subterrâneas completamente destruídas.	1,00 a 2,00
XII (Catastrófico)	Destruição quase total. Grandes blocos de rocha deslocados. Linhas de visada e níveis alterados. Objetos atirados ao ar.	> 2,00

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 44/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

A partir da escala de MERCALLI Modificada, verifica-se que as acelerações de pico obtidas através do estudo realizado para o Projeto Bloco 8, bem como obtidas pelo mapa de ameaça sísmica, enquadram-se em Intensidades de **Grau V (Forte)**, cujos efeitos são descritos na Tabela 7.4.1.1.1.1.

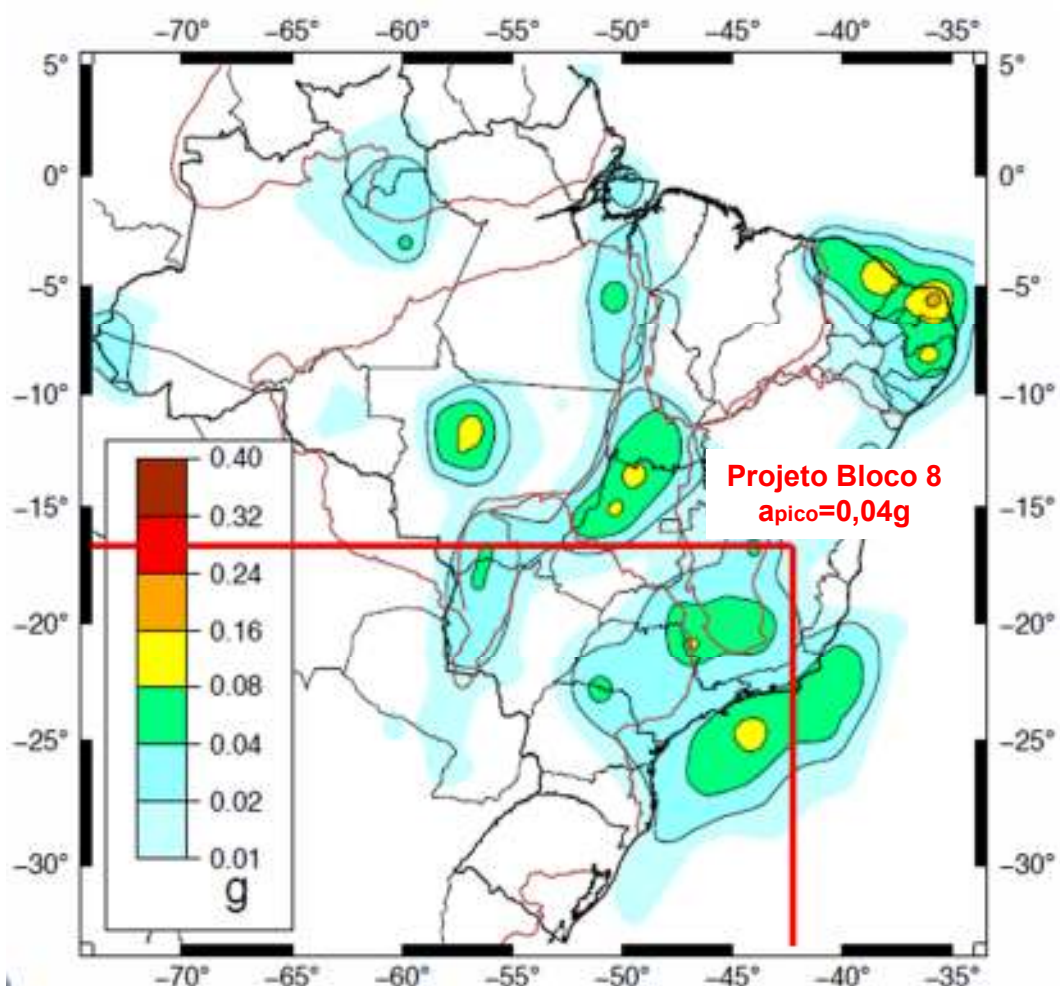


Figura 7.4.1.1.1 - Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro (Assumpção et al., 2016)

Acelerações de pico em rocha (PGArock). Probabilidade de excedência de 10% durante 50 anos correspondendo a um período de retorno de 475 anos.

Para a definição do multiplicador de aceleração ($\frac{a}{a_{ref}}$), a bibliografia consultada compila diversos métodos para realização de análises pseudo-estáticas na determinação de sismos.

A Tabela 7.4.1.1.1.2, apresentada em Duncan e Wright (2005), reúne os métodos que podem ser utilizados para realização destas análises.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 45/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

Tabela 7.4.1.1.1.2– Métodos de análises pseudo-estáticas (Duncan e Wright, 2005)

Referência	Aceleração de Referência a_{ref}	Multiplicador de Aceleração a/a_{ref}	Fator de Redução de Resistência do Solo	Fator de Segurança Mínimo	Deslocamento Tolerável
Makdisi & Seed (1978)	0,2 g (M~6 ½)	0,5	0,8	1,15	Aprox. 1,0 m
Makdisi & Seed (1978)	0,75 g (M~8 ¼)	0,2	0,8	1,15	Aprox. 1,0 m
Hynes-Griffin & Franklin (1984)	PHA_{rock}	0,5	0,8	1,0	1,0 m
Bray et. al (1998)	PHA_{rock}	0,75	Recomendado o uso de forças conservadoras (por exemplo, residual)	1,0	0,30 m para a superfície de aterros; 0,15 m para a base de deslizamento de aterros
Kavazanjian et. al (1997)	PHA_{soil}	0,17 se a análise de resposta é realizada	0,8 para argilas totalmente saturadas ou sensíveis	1,0	1,0
		0,5 se a análise de resposta não é realizada			

Neste estudo, adotou-se o método de Hynes-Griffin & Franklin (1984). Seguindo a recomendação da metodologia deste autor foi realizada a redução de resistência de todos os materiais conforme Tabela 7.4.1.1.1.3.

Tendo em vista todas as informações supracitadas e seguindo o preconizado na Equação 7.4.1.1.1.4, os valores adotados para determinação do coeficiente sísmico natural para a Barragem do Vale a partir da atividade sísmica “natural” no Brasil resultou em:

$$k = \frac{0,037g}{g} \times \frac{a}{a_{ref}}$$

$$k = 0,037 \times 0,5 = 0,0185 g$$

A análise do sismo desencadeado pela atividade sísmica do Brasil foi realizada através do software Slide 7.0, desenvolvido pela *Rocscience*.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 46/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela 7.4.1.1.1.3– Parâmetros de resistência reduzida pelo fator de (0,8) de Hynes-Griffin & Franklin (1984)

Material	γ (kN/m ³)	Parâmetros de Resistência	
		c'	ϕ' (°)
Aterro	18	12	23,04
Fundação	21	12	24,79
Areia	20	0	29,26
Brita 0	22	0	30,17

A Tabela 7.4.1.1.1.4 apresenta o resultado das análises de estabilidade pseudo-estáticas geradas. As suas figuras correspondentes são apresentadas no APÊNDICE C.

Tabela 7.4.1.1.1.4– Resultados das análises de estabilidade sísmica desencadeada pelo sismo natural.

N.A	Talude	Kh	F.S. Requerido	F.S. Obtido	Figura
Max Maximorum	Jusante	0,0185	1,10	1,28	Figura C 1
	Montante	0,0185	1,10	1,24	Figura C 2

7.4.1.2 SISMO DESENCADEADO POR DETONAÇÕES

Para as operações de exploração da cava do Projeto Bloco 8 a SAM irá realizar o desmonte dos materiais com utilização de explosivos. Estas atividades irão desencadear sismo pelo efeito das detonações na área do empreendimento, sendo que seus efeitos deverão ser controlados, com o intuito de garantir a segurança das estruturas civis, industriais e geotécnicas a serem construídas na área do projeto.

Estas estruturas englobam os barramentos do Projeto Bloco 8, no qual está inserida a Barragem do Vale. Para a verificação dos impactos causados pelas detonações ao longo do empreendimento, foi realizado pela SAM o estudo relativo ao sismo desencadeado pelas detonações na área do Projeto Bloco 8, considerando o Plano de Lavra proposto pela VENTURINI Consultoria (2018) representado pelo documento PROPOSTA DE PLANO DE LAVRA 29_05_2018_rev1.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 47/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

Os estudos de sismo desencadeado pelas detonações foram desenvolvidos pela VMA Engenharia de Explosivos e Vibrações e consiste na estimativa dos níveis de vibração a serem produzidos nos desmontes, conforme o plano de lavra.

Para os estudos, foi elaborado o modelo para a determinação das velocidades de deslocamento de partículas em relação as cargas de detonação (carga por espera) e distância entre o ponto de detonação e as estruturas em questão.

Os estudos basearam-se na avaliação das vibrações pelo terreno que se propagam em áreas de cenários similares ao do Projeto Bloco 8. Foi tomado como referência, estudos desenvolvidos para diferentes minerações de ferro no Brasil, que apresentam dados de monitoramento de campo.

A partir dos estudos realizados pela SAM/VMA, determinou-se um modelo de projeção sismográfica para um cenário similar ao do Projeto Bloco 8, sendo representado pela Equação 7.4.1.2.1.

$$V_{p,m\acute{a}x}=600 \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q}}\right)^{-1,113} \quad \text{Equação 7.4.1.2.1}$$

Na qual;

V_p= Velocidade de partícula máxima em mm/s;

D= Distância entro a detonação e o ponto de estudo alvo de alguma proteção em metros (m); e

Q = Carga detonada por espera em quilograma (kg).

A NBR 9653 (ABNT, 2018) considera alguns limites em função da frequência, e que varia bastante, em função principalmente da rocha, e subsidiariamente de características do desmonte e ainda da faixa de distâncias. A Tabela 7.4.1.2.1 abaixo apresenta os limites máximos de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência recomendados pela NBR 9653 (ABNT,2005).

Tabela 7.4.1.2.1– Limites de vibração pelo terreno conforme norma ABNT 9653:2005.

Faixa de Frequência	Limites de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico
4 a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s, aumenta linearmente até 20 mm/s

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 48/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

Faixa de Frequência	Limites de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico
15 a 40 Hz	Acima de 20 mm/s, aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

Para o presente estudo não foram realizadas análises pseudo-estáticas para a avaliação da estabilidade da Barragem do Vale para o sismo desencadeada por detonações devido ao fato da necessidade de medição da frequência em campo para assim poder-se determinar a aceleração de pico.

Nesta etapa dos estudos, a WALM recomenda que as detonações para Barragem do Vale limitem-se a $V_{p,máx} = 25\text{mm/s}$, conforme recomendação técnica do U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation no paper “*Review of Present Practices used in Predicting the effects of Blasting on Pore Pressure*”.

Para as demais etapas do estudo, recomenda-se que a SAM realize o monitoramento sismológico da abertura da lavra (pré-stripping), com instalação de sismógrafos para avaliação das frequências e velocidades máximas de partículas, subsidiando a calibração do modelo desenvolvido no estudo realizado pela SAM/VMA, bem como para a estimativa precisa das velocidades de pico para a área da Barragem do Vale.

Ressalta-se que em relação ao arranjo geométrico elaborado pela WALM para a barragem, considerando a configuração da Cava final do projeto para 18 anos, a distância mínima entre a barragem e a borda da estrutura é da ordem de 2,00 km. Esta distância deverá ser considerada, bem como as cargas por espera a serem praticadas pela SAM nos planos de lavra. Além disto, recomenda-se que as velocidades de pico máximas para a região não excedam ao máximo apresentado na NBR 9653 (ABNT,2005), de 50 mm/s ($V_{p,máx} = 50\text{mm/s}$)

8.0 CLASSIFICAÇÃO CONFORME PORTARIA DNPM Nº 70.389, DE 17 DE MAIO DE 2017

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas à acumulação de água para quaisquer

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 49/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Na Tabela 8-1, encontram-se detalhadas as características inerentes a Barragem do Vale e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação.

Tabela 8-1 – Classificação da Barragem do Vale conforme Portaria DNPM

QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
Parâmetro de Classificação	Peso	Características da Barragem
Volume Total do Reservatório	2	1.640.000,00m ³
Existência de População à Jusante	3	Não há pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, mas há estrada vicinal de uso local
Impacto Ambiental	2	Área de Interessante ambiental pouco significativa à jusante da barragem
Impacto Sócio-Econômico	1	Baixa concentração de instalações residenciais
Somatório	8	
QUANTO A CATEGORIA DE RISCO		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (CT)		
Parâmetro de Classificação	Peso	Características da Barragem
Altura	7	65,00 m

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 50/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

Comprimento	1	183,80 m
Vazão de Projeto	0	TR = 10.000 anos
Método Construtivo	0	Barragem construída em etapa única
Auscultação	0	Conforme projeto técnico
Somatório	8	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO (EC)		
Parâmetro de Classificação	Peso	Características da Barragem
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	0	Estruturas bem mantidas e em operação normal
Percolação	0	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem
Deformações e Recalques	0	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura
Deterioração dos Taludes / Paramentos	0	Não existe deterioração de taludes e paramentos
Somatório	0	
PLANO DE SEGURANÇA (PS)		
Parâmetro de Classificação	Peso	Características da Barragem
Documentação de Projeto	8	Há documentação técnica de projeto conceitual
Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem	0	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem
Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento	0	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e inspeção
Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador)	0	Possui PAE
Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança	0	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança
Somatório	8	

Tabela 8-2 – Resumo da Classificação da Barragem do Vale

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	8
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	16

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 51/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Dano Potencial Associado (DPA)	9
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Médio
Classe	C

Tabela 8-3 – Matriz de Classificação da Barragem do Vale

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

9.0 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e o monitoramento dos fatores associados à estabilidade da Barragem do Vale. A Tabela 9.1 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos de instrumentos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

Tabela 9.1 – Tipos de instrumentos de monitoramento/respectiva funções

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	07	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
INA	07	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	07	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Os INA's deverão ser instalados 1,00 m acima dos drenos de fundo e/ou fundação, projetado de forma a avaliar quaisquer variações devido ao mau funcionamento dos mesmos.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 52/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Já os piezômetros (PZ's) deverão ser instalados 2,00 metros abaixo da cota da fundação e/ou dreno de fundo de forma a acompanhar o desenvolvimento das pressões neutras pela disposição do estéril, fundação e drenos de fundo.

Os marcos topográficos deverão ser dispostos ao longo das bermas da barragem nas suas seções mais críticas em termos de estabilidade de forma a acompanhar quaisquer movimentações na estrutura, sendo aplicado em conjunto com os INA's e PZ's.

As coordenadas de instalação dos instrumentos, bem como as informações a respeito da elevação e profundidade dos mesmos, são apresentadas na Tabela 9.2.

Tabela 9.2 – Dados da instrumentação prevista para a Barragem do Vale.

Instrumento	Identificação	Coordenadas		Elevação	Profundidade
		E	N	(m)	(m)
Piezômetro (PZ)	PZ 01	744.212,28	8.198.490,14	850,00	28,00
	PZ 02	744.196,89	8.198.540,00	830,00	14,00
	PZ 03	744.180,30	8.198.589,47	850,00	49,00
	PZ 04	744.358,78	8.198.538,46	830,00	32,00
	PZ 05	744.342,52	8.198.587,76	810,00	15,00
	PZ 06	744.326,27	8.198.637,30	850,00	26,00
	PZ 07	744.548,58	8.198.599,99	830,00	15,00
Indicador de Nível D'água (INA)	INA-01	744.199,96	8.198.486,07	850,00	24,00
	INA-02	744.184,57	8.198.535,93	830,00	10,00
	INA-03	744.167,98	8.198.585,40	850,00	44,00
	INA-04	744.346,46	8.198.534,39	830,00	27,00
	INA-05	744.330,15	8.198.583,81	810,00	11,00
	INA-06	744.313,95	8.198.633,23	850,00	21,00
	INA-07	744.536,21	8.198.596,03	830,00	11,00
Marco Topográfico (MT)	MT-01	744.206,26	8.198.488,19	850,00	-
	MT-02	744.190,88	8.198.538,05	830,00	-
	MT-03	744.174,29	8.198.587,53	850,00	-
	MT-04	744.352,76	8.198.536,52	830,00	-
	MT-05	744.336,51	8.198.585,82	810,00	-
	MT-06	744.320,26	8.198.635,35	850,00	-
	MT-07	744.542,57	8.198.598,05	830,00	-

O desenho MINA_BLC8007-1010-O-22 do APÊNDICE D apresenta a localização da instrumentação prevista com suas respectivas coordenadas e profundidades além das seções típicas dos instrumentos.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 53/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

10.0 PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES DE CAMPO E ENSAIOS

Para subsidiar os estudos dos projetos básico e executivo da Barragem do Vale será proposta uma campanha de investigações geológico-geotécnicas. A partir desta será possível caracterizar a fundação da área de implantação da barragem e também das possíveis áreas de empréstimo.

Com os resultados será possível validar os parâmetros de resistência adotados nas análises de estabilidade.

11.0 QUANTITATIVOS

A Planilha de Quantidades elaborada para as estruturas de projeto encontra-se nos documentos MINA_BLC8007-1010-G-PL-01 e MINA_BLC8007-1010-G-PL-02.

12.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do presente documento foram apresentados os principais estudos e considerações realizadas para a elaboração do projeto em nível conceitual da Barragem do Vale. Esses estudos partiram de critérios e premissas estabelecidas pela SAM, de estudos anteriormente desenvolvidos pela WALM e por informações complementares obtidas por meio de fontes bibliográficas.

Assim, com base nas referidas informações, foram desenvolvidos estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, que resultaram nos dimensionamentos das seguintes estruturas: maciço, sistema de drenagem interna, drenagem superficial, e sistema extravasor. Além disso, foi apresentado um plano de monitoramento para garantir a manutenção e segurança da barragem ao longo de sua vida útil.

A realização de sondagens e ensaios de campo, bem como ensaios de laboratório para os materiais de fundação, de empréstimo serão de grande importância para determinação dos perfis geológico-geotécnicos e dos parâmetros de resistência, os quais subsidiarão os estudos de estabilidade nas próximas etapas de projeto. A partir desses estudos será possível validar a geometria definida para o arranjo e melhor detalhar os dimensionamentos.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 54/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Por fim, cabe salientar que os dimensionamentos apresentados neste relatório são preliminares e deverão ser revisados e detalhados nas próximas etapas do projeto, podendo inclusive sofrer alterações caso haja mudança nas premissas. Do mesmo modo, os quantitativos apresentados também são passíveis de refinamento e alteração ao longo das próximas fases.

A Tabela 12.1 apresenta a Ficha do Projeto.

Tabela 12.1 – Ficha do Projeto

Principais Características	
El. da Crista (m)	860,00
Altura Máxima (m)	65,00
Material do maciço	Solo compactado
Desnível entre bermas (m)	10,00
Largura das Crista (m)	10,00
Largura das Bermas (m)	6,00
Inclinação dos taludes entre bermas	2H:1V
Volume de Aterro (m³)	700.000,00
Capacidade de Reservatório (m³)	1.640.000,00

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 55/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

13.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 13028:2017 - Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água – Requisitos, Rio de Janeiro RJ, 2017.

NBR 9653: 2018 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas”. Rio de Janeiro RJ, 2018.

ASSUMPCAO, M. & DIAS NETO, C. M. “Sismicidade e Estrutura da Terra Solida”, in W. Teixeira; C. M. Toledo; T. R. Fairchild & F. Taioli. Decifrando a Terra. Oficina de Textos, São Paulo, 2000.

ASSUMPÇÃO, M. & PIRCHINER, M & DOURADO, J.C. & Barros, L. V., 2016. “Terremotos no Brasil: Preparando-se para Eventos Raros”. Boletim 96, 25-29, Sociedade Brasileira de Geofísica, ISSN 2177-9090.

DAY, R. W., 2002, Geotechnical Earthquake Engineering Handbook. 1 ed. New York: McGraw-Hill Professional.

DUNCAN, J. M.; WRIGHT, S. G., 2005, Soil Strength and Slope Stability. 1 ed. Hoboken: John Wiley & Sons.

KRAMER, S. L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering. 1 ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 56/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

APÊNDICE A

ANÁLISE DE PERCOLAÇÃO

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 57/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

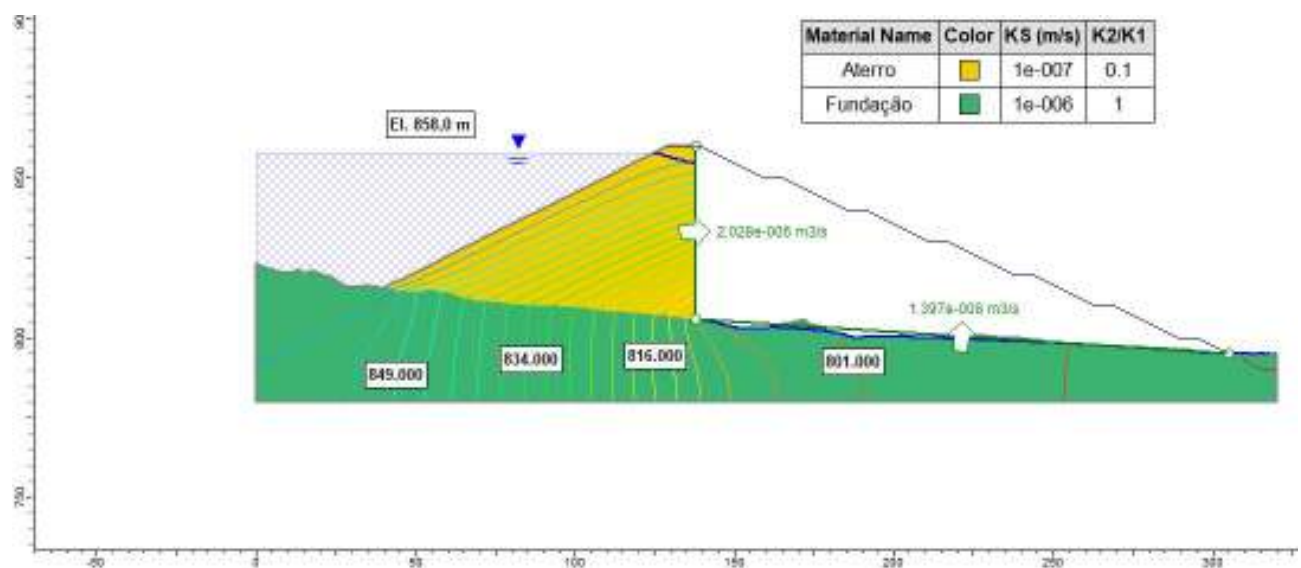


Figura A.1 – Análise de Percolação para a Condição Normal – Seção Central.

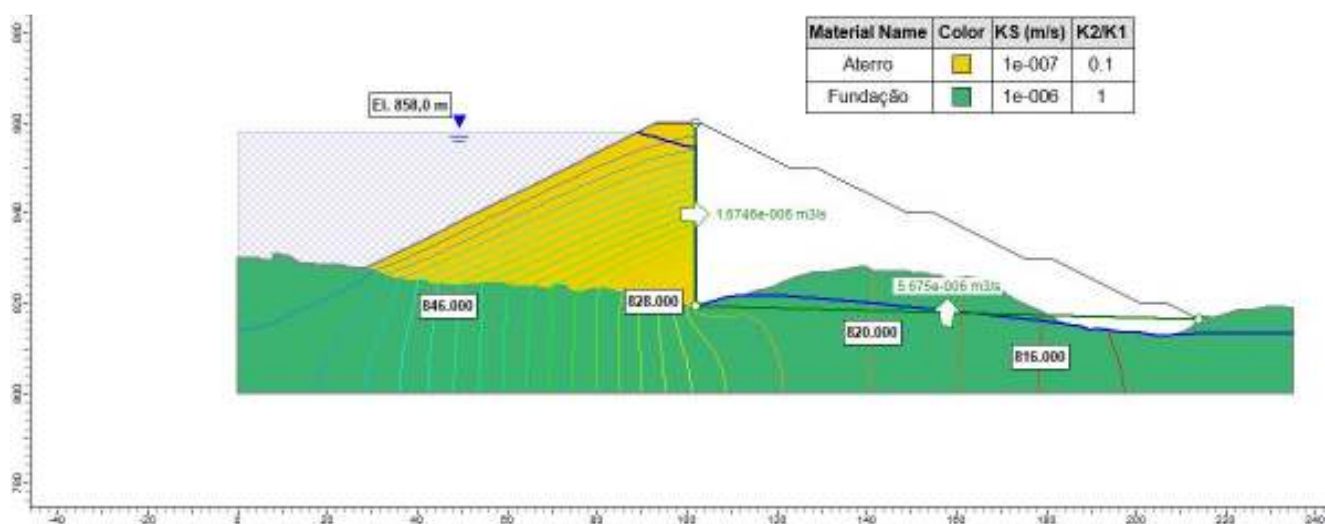


Figura A.2 – Análise de Percolação para a Condição Normal – Ombreira Direita.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 58/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

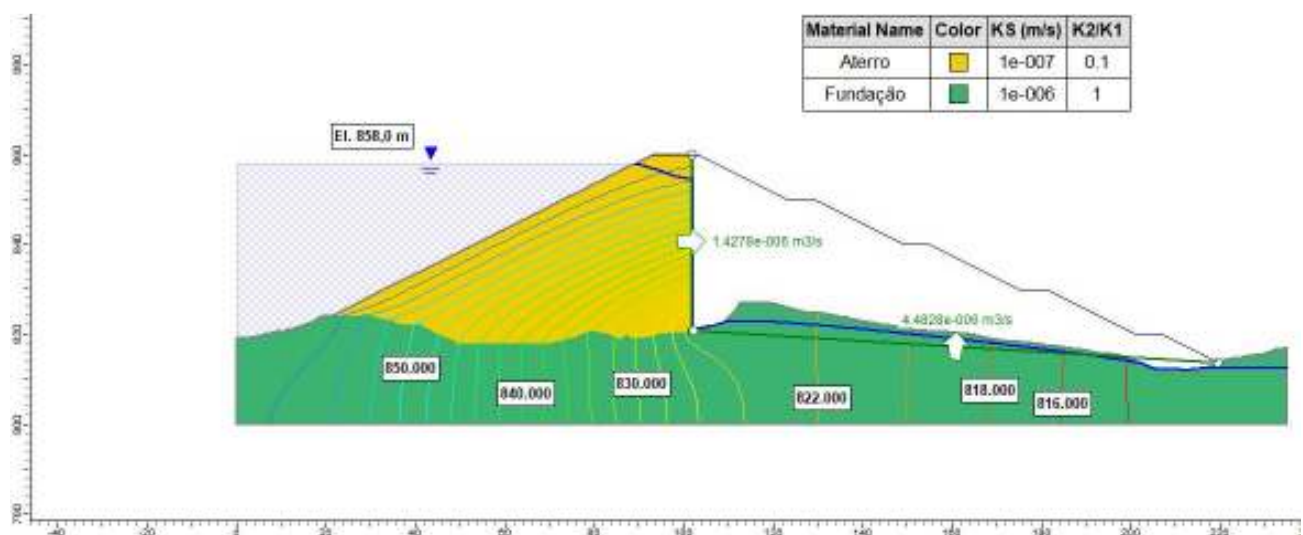


Figura A.3 – Análise de Percolação para a Condição Normal – Ombreira Esquerda.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 59/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

APÊNDICE B

ANÁLISE DE ESTABILIDADE

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 60/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

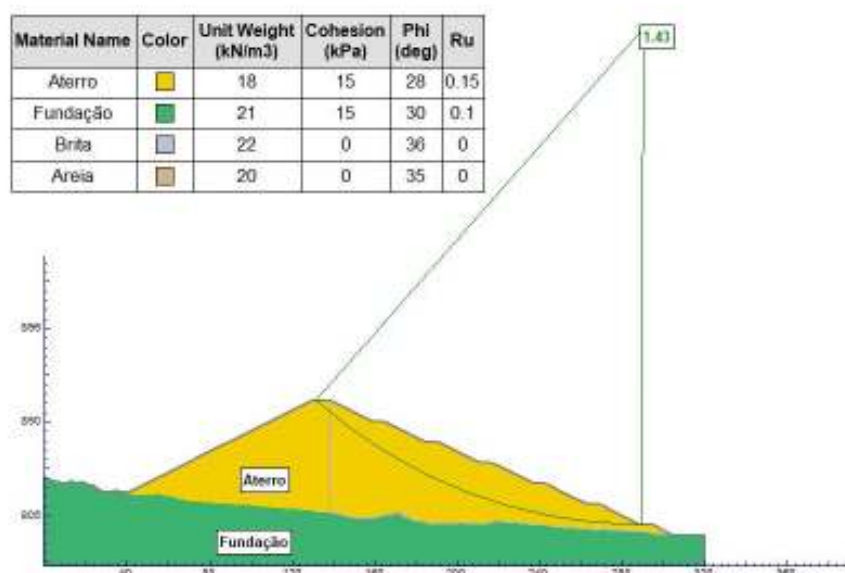


Figura B 1 – Análise de Estabilidade - Seção A-A' - Final de Construção – N.A Operacional - Talude de Jusante

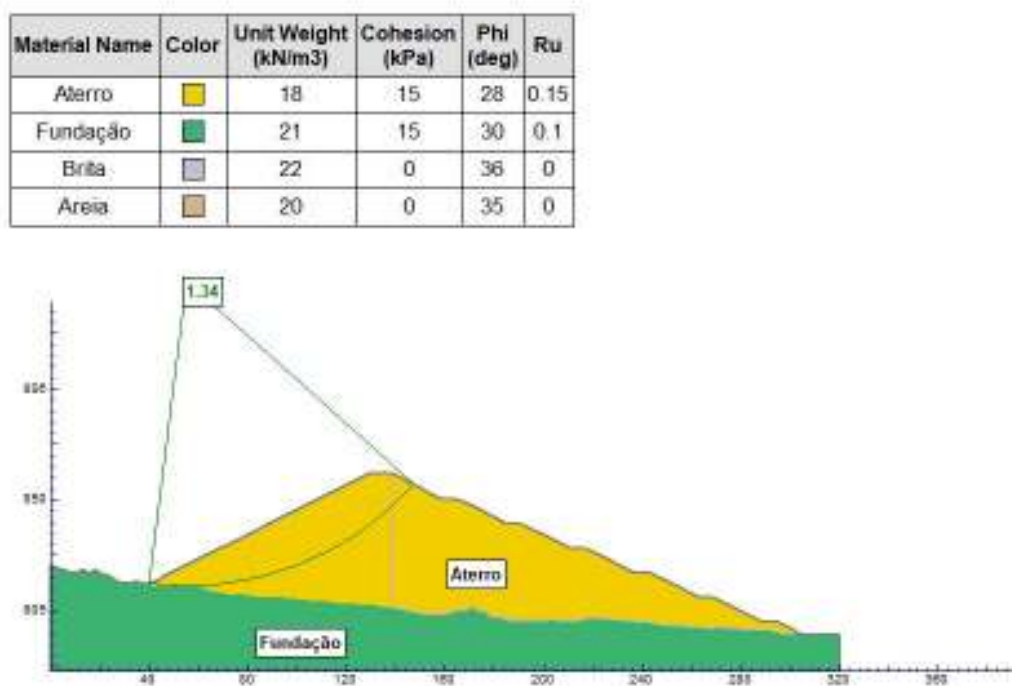


Figura B 2 – Análise de Estabilidade – Seção A-A' - Final de Construção – N.A Operacional - Talude de Montante

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 61/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

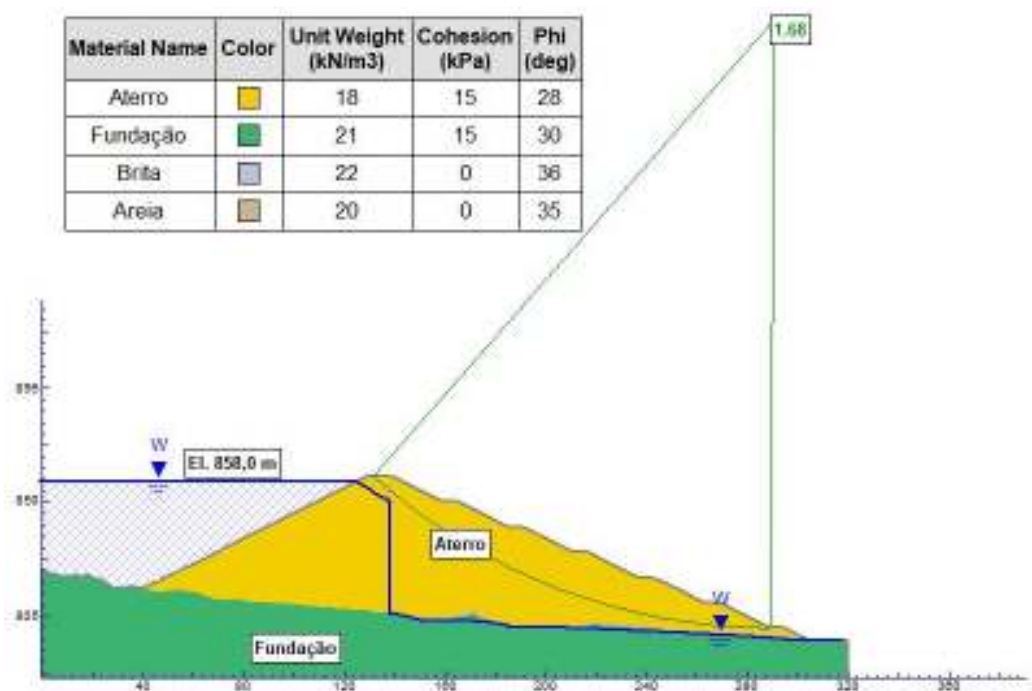


Figura B 3 – Análise de Estabilidade – Seção A-A' - Condição Normal – N.A Operacional - Talude de Jusante

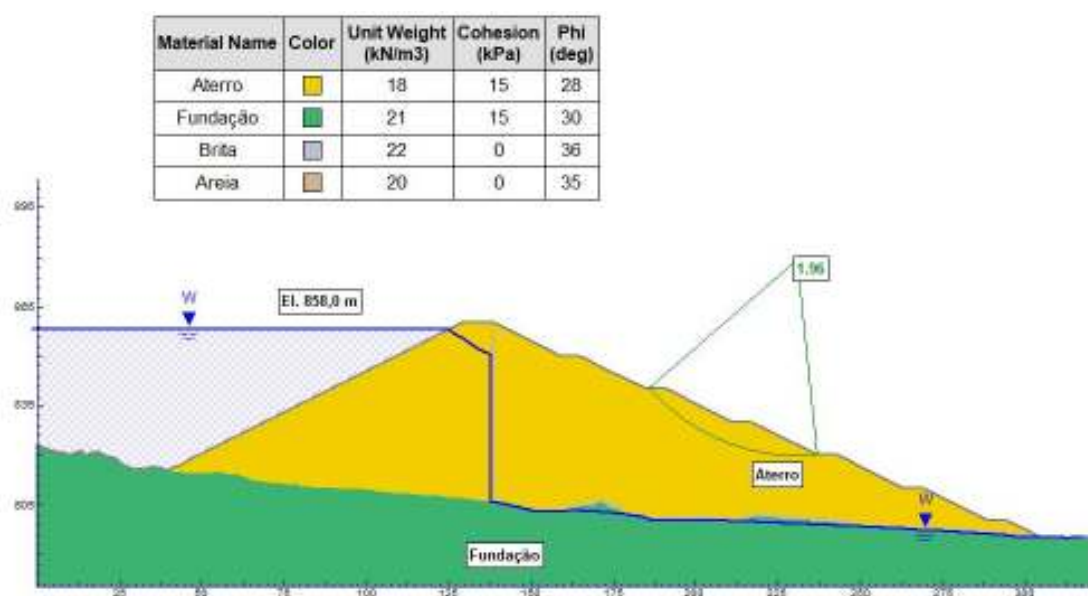


Figura B 4 – Análise de Estabilidade – Seção A-A' - Condição Normal – N.A Operacional - Talude Entre Bermas

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 62/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

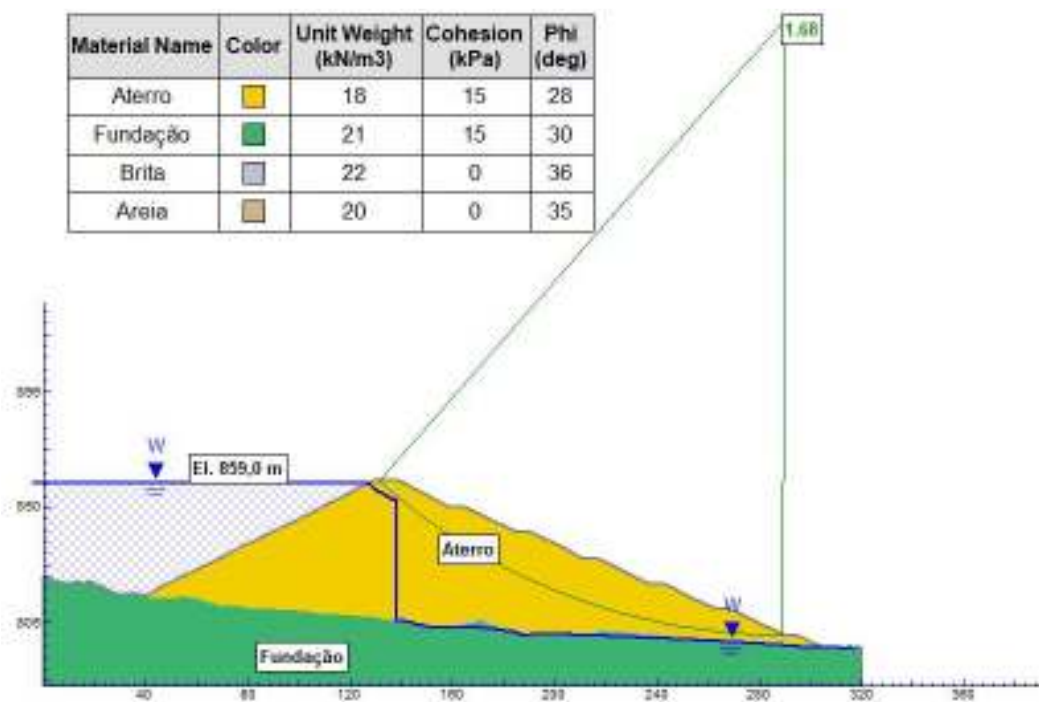


Figura B 5 – Análise de Estabilidade – Seção A-A' - Condição Normal – N.A Max Maximorum

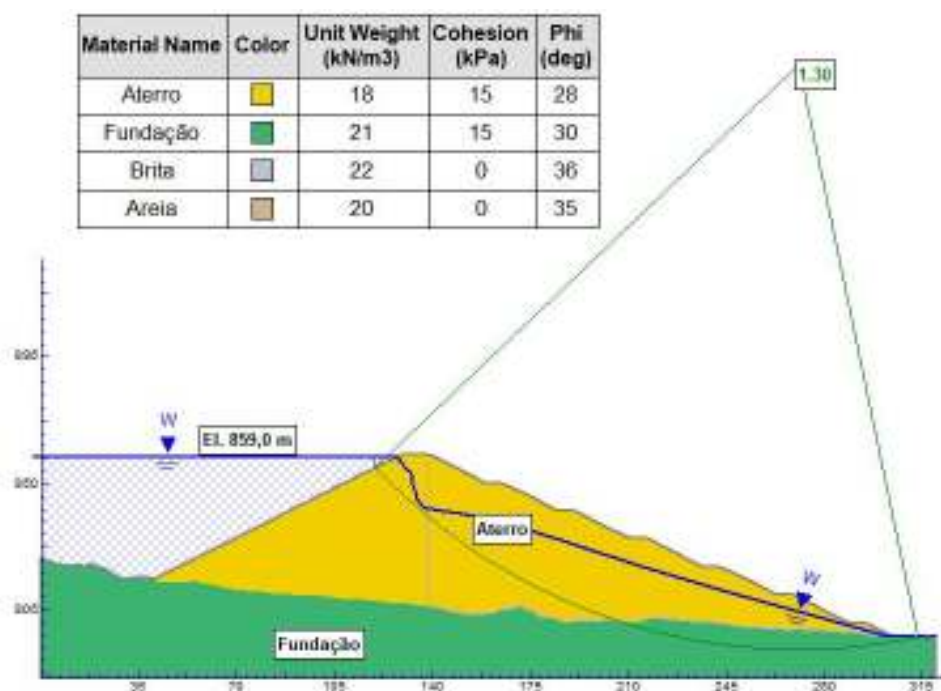


Figura B 6 – Análise de Estabilidade – Seção A-A' - Condição Crítica – N.A Max Maximorum

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 63/66	
	WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00	

APÊNDICE C

ANÁLISE SÍSMICA

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO		MINA_BLC8007-1010-G-RE-29	Folha 64/66
		WBH28-17-SAM-RTE-0029	Revisão 00

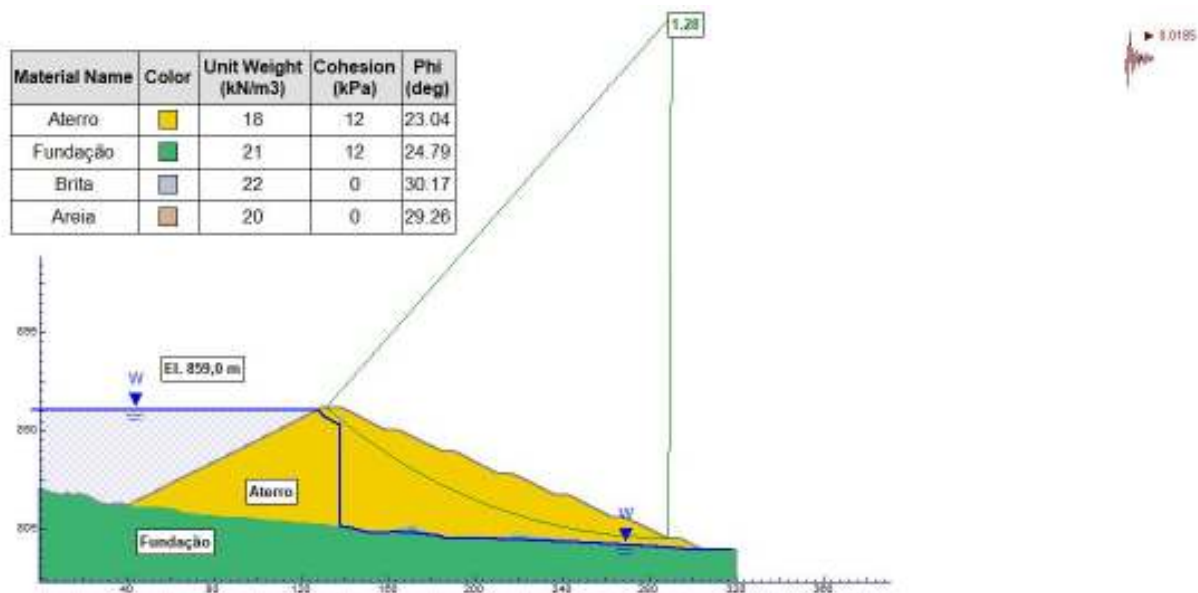


Figura C 1 – Análise Sísmica – Seção A-A' - N.A Max Maximorum – Talude de Jusante

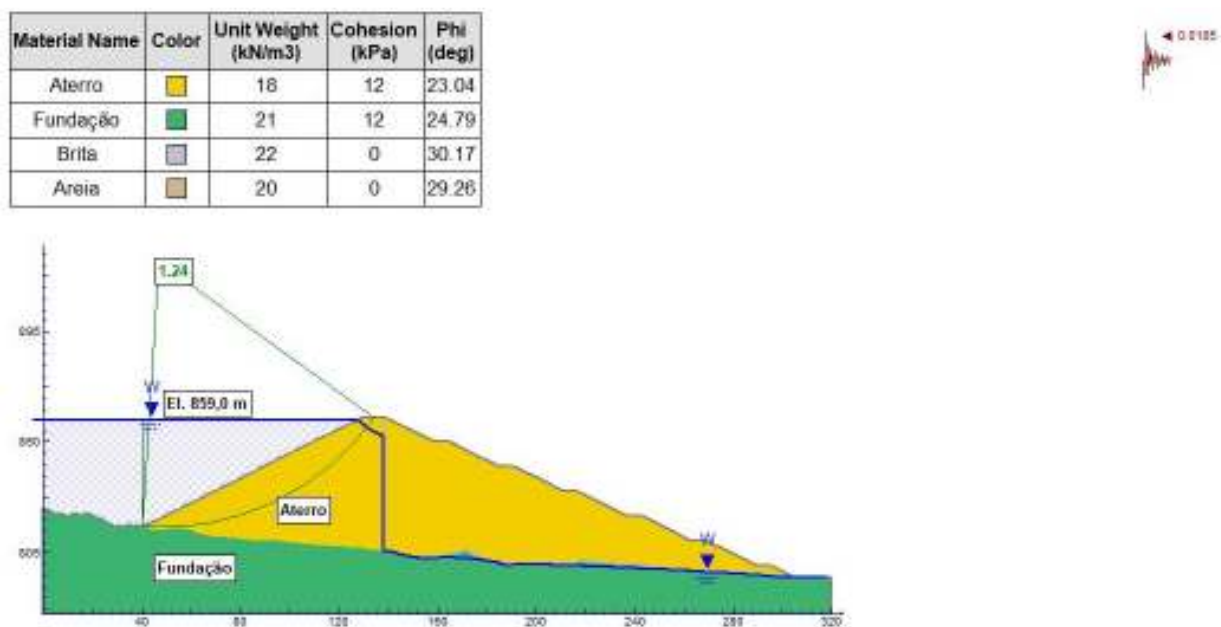


Figura C 2 – Análise Sísmica – Seção A-A' - N.A Max Maximorum – Talude de Montante

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 65/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

APÊNDICE D

DESENHOS

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO BARRAGEM DO VALE RELATÓRIO TÉCNICO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-29		Folha 66/66
	WBH28-17-SAM-RTE-0029		Revisão 00

Tabela D.1 – Lista de documentos para a Barragem do Vale

n° SAM	N° Contratada	Título	Título secundário
MINA_BLC8007-1010-O-17	WBH28-17-SAM-DWG-0017	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE ARRANJO GERAL PLANTA E SEÇÃO TÍPICA
MINA_BLC8007-1010-O-18	WBH28-17-SAM-DWG-0018	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE DRENAGEM INTERNA PLANTA, SEÇÃO E DETALHES TÍPICOS
MINA_BLC8007-1010-O-19	WBH28-17-SAM-DWG-0019	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE DRENAGEM SUPERFICIAL PLANTA
MINA_BLC8007-1010-O-20	WBH28-17-SAM-DWG-0020	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE DRENAGEM SUPERFICIAL DETALHES TÍPICOS
MINA_BLC8007-1010-O-21	WBH28-17-SAM-DWG-0021	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE SISTEMA EXTRAVASOR PLANTA E DETALHES TÍPICOS
MINA_BLC8007-1010-O-22	WBH28-17-SAM-DWG-0022	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM COMUNIDADE INSTRUMENTAÇÃO PLANTA E DETALHES TÍPICOS