

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 1/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

SAM – SUL AMERICANA DE METAIS S/A
(PROJETO BLOCO 8)

Maio/2021

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 3/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	APRESENTAÇÃO	6
2.0	INTRODUÇÃO.....	7
3.0	CÓDIGOS E NORMAS	8
4.0	PREMISSAS DE PROJETO	9
5.0	CRITÉRIOS DE PROJETO	17
6.0	ESTUDO DE ALTERNATIVAS.....	18
6.1	ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	19
6.1.1	TECNOLOGIAS DE DESAGUAMENTO.....	19
6.1.1.1	REJEITOS ESPESSADOS CONVENCIONALMENTE E DE ALTA DENSIDADE.....	20
6.1.1.2	REJEITOS EM PASTA	21
6.1.1.3	REJEITOS FILTRADOS.....	23
6.1.1.4	ESTUDO DE ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O DESAGUAMENTO DO REJEITO PARA O PROJETO BLOCO 8	24
6.1.1.5	SELEÇÃO DA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O DESAGUAMENTO DO REJEITO PARA O PROJETO BLOCO 8	30
6.1.2	TECNOLOGIA CONSTRUTIVA	32
6.1.2.1	DISPOSIÇÃO DE REJEITOS EM BARRAGENS	32
6.1.2.2	EMPILHAMENTO DRENADO OU ATERRO HIDRÁULICO	40
6.1.2.3	EMPILHAMENTO À SECO.....	41
6.1.2.4	TECNOLOGIA CONSTRUTIVA SELECIONADA PARA O PROJETO BLOCO 8.....	42
6.2	ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE VIABILIDADE LOCACIONAL.....	43
6.2.1	ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS.....	43
6.2.2	ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA	54
6.3	ESTUDO DE ALTERNATIVAS DAS ESTRUTURAS.....	54
6.3.1	ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA	54
6.3.1.1	BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 1	55
6.3.1.2	BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 2	55
6.3.1.3	BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 3	56
6.3.1.4	BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 1.....	57
6.3.1.5	BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 2.....	58
6.3.1.6	BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 3.....	58
6.3.2	ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS.....	66
6.3.3	ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO	76
6.3.4	ALTERNATIVAS MAIS VIÁVEIS PARA O PROJETO BLOCO 8.....	80
7.0	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	84
7.1	PLANO DIRETOR DO PROJETO E CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS	84

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 4/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.1	CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA.....	85
7.1.2	CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS	92
7.1.3	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO	118
7.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO	123
7.2.1	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA.....	123
7.2.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS	124
7.2.3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO.....	127
7.2.4	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA CONSTRUTIVA PARA CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DAS BARRAGENS E DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO.....	128
7.3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO	135
7.3.1	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA 135	
7.3.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS	136
7.3.3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO.....	142
7.4	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE FECHAMENTO	143
7.5	CRONOGRAMA GERAL DAS ATIVIDADES DO EMPREENDIMENTO	144
8.0	MEDIDAS DE SEGURANÇA E CONTROLE.....	146
8.1	BARRAGENS DE ÁGUA E REJEITOS	147
8.2	ESTRUTURA DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL.....	150
8.3	CONTROLE DE ATIVIDADES SÍSMICAS	152
8.3.1	SISMO NATURAL	152
8.3.2	SISMO DESENCADEADO	154
9.0	ESTUDOS DE DAMBREAK	156
9.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA.....	156
9.1.1	ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA REALIZADOS EM 2018	156
9.1.2	ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA REALIZADOS EM 2019 (CONSIDERANDO A IMPLANTAÇÃO DA EAC)	171
9.2	ATUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (ANO 2021).....	173
9.2.1	INFORMAÇÕES BÁSICAS	175
9.2.2	RESERVATÓRIO DA BARRAGEM	176
9.2.3	SÍNTESE METODOLÓGICA.....	176
9.2.4	CENÁRIO DE SIMULAÇÃO	176
9.2.5	HIDROGRAMA DE RUPTURA.....	177
9.2.6	PROGAGAÇÃO DO HIDROGRAMA	178
9.2.7	MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO.....	180
9.2.8	RESULTADOS	181



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 5/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

9.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL	184
9.4	CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA.....	188
10.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	192
11.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 6/194</p>
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>

1.0 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Memorial de Caracterização Ambiental do Projeto Bloco 8 que visa subsidiar a elaboração da Caracterização do Empreendimento no contexto do EIA / RIMA, no que diz respeito às estruturas de disposição de estéréis e rejeitos e de armazenamento de água. Este documento está estruturado da seguinte maneira:

- Item 2 – Introdução: apresenta uma breve introdução do projeto, indicando as partes envolvidas, a localização do empreendimento e o contexto geral;
- Item 3 – Códigos e Normas: são descritas as normas e legislações vigentes que foram adotados para os estudos;
- Item 4 – Premissas de Projeto: são descritas as premissas adotadas para o desenvolvimento do projeto conceitual, firmadas entre a WALM e a SAM;
- Item 5 – Critérios de Projeto: são descritos os critérios adotados para o projeto do Bloco 8;
- Item 6 – Estudo de Alternativas: são apresentadas as alternativas tecnológicas, locacionais e das estruturas que foram estudadas no projeto;
- Item 7 – Caracterização do Empreendimento: dividida em subitens, apresenta a descrição do empreendimento referente às alternativas selecionadas nos itens anteriores. São apresentados o Plano Diretor e as estruturas do projeto, a descrição das atividades do empreendimento nas etapas de implantação, operação e fechamento das estruturas e o cronograma geral das atividades do empreendimento;
- Item 8 – Medidas de Segurança e Controle: são descritas as medidas de segurança e controle necessária para a manutenção da segurança geotécnica, hidrológica e hidráulica pela SAM para os 18 anos do Projeto Bloco 8;
- Item 9 – Estudos de *Dam Break*: descritivo dos estudos referente aos Mapas de Inundação (*Dam Break*) realizados para as barragens do Projeto Bloco 8;
- Item 10 – Considerações Finais;
- Item 11 – Referências Bibliográficas.

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 7/194</p>
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>

2.0 INTRODUÇÃO

Para a viabilidade do Projeto Bloco 8, conforme o Plano de Produção estudado e definido pela SAM, será necessária a disposição de estéreis gerados nas operações de lavra, bem como a disposição dos rejeitos gerados no processo de beneficiamento do minério.

A WALM foi contratada pela SAM para o desenvolvimento dos estudos e do projeto conceitual das estruturas de disposição de estéreis e de rejeitos, para o empreendimento com vida útil prevista de 18 anos de operação.

A WALM desenvolveu os estudos das alternativas tecnológicas para disposição dos estéreis e rejeitos, considerando as normas e tecnologias existentes e aplicáveis ao empreendimento. A partir da definição das tecnologias, foram desenvolvidos os estudos das alternativas locais das estruturas de disposição, considerando-se as características físicas da região, bem como as áreas disponíveis do empreendimento, levando-se em conta, tanto a posição da cava, quanto a localização da usina de beneficiamento.

Para o estudo de alternativas de localização das estruturas de captação de água, foram consideradas as disponibilidades hídricas superficiais da região e as demandas da comunidade Vale das Cancelas. Foram definidas estruturas para atender o empreendimento em todas as suas etapas, como também para atender a demanda de abastecimento da comunidade local.

A WALM desenvolveu estudos geotécnicos, hidrológicos, hidrogeológicos e sismológicos, os quais fundamentaram o desenvolvimento do projeto conceitual das estruturas definidas para o Plano Diretor de disposição de estéreis e rejeitos, bem como para armazenamento de água do Projeto Bloco 8. Estes estudos são resumidos neste memorial.

Apresentam-se as premissas adotadas, as alternativas tecnológicas e locais estudadas e o Plano Diretor definido, com o objetivo de se atender às necessidades socioambientais, técnicas e econômicas do Projeto.

São apresentadas as principais características geométricas das estruturas integrantes do projeto, bem como a descrição das atividades de implantação, operação e fechamento do empreendimento.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 8/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

3.0 CÓDIGOS E NORMAS

Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizadas as normativas técnicas em vigor no Brasil e que apresentam as recomendações para projetos de estruturas de disposição de estéril e rejeito em atividades de mineração representadas pelas seguintes normas:

- NBR 13.028 (ABNT, 2017): “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;
- NBR 13.029 (ABNT, 2017): “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Estéril em Pilha”.

Nos estudos de ruptura hipotéticas das barragens de água e rejeitos do Projeto Bloco 8 ainda foram consideradas as diretrizes constantes nas seguintes legislações:

- Lei nº 14.066/2020 – altera a Lei Federal sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Lei nº 12.334/2010 – Lei Federal sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens;
- Resolução nº 32/2020 da ANM – Altera a Portaria nº 70.839/2017 do DNPM e dá outras providências.
- Portaria DNPM nº 70.389 de 17 de maio de 2017 – Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

Além das normas à aplicáveis a disposição do rejeito e do estéril do Projeto Bloco 8, foram utilizados ainda, as seguintes normativas para o desenvolvimento dos estudos:

- LEI Nº 3.676/2016. Dispõe sobre o licenciamento ambiental e a fiscalização de barragens no Estado;

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 9/194</p>
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>

- Portaria Nº 237, de 18/10/2001, DOU de 19/10/2001. Dispõe sobre as Normas Reguladoras de Mineração;
- NRM-19 Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos;
- NRM-20 Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras;
- NRM-21 Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas;
- NBR 9653 (ABNT, 2018) - Avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações;
- NBR 11.682 (ABNT, 2009) - Estabilidade de taludes;
- NBR 10.004 (ABNT, 2004) – Resíduos Sólidos: classificação;
- NBR 7881 (ABNT, 1968) – Granulometria por Peneiramento e Sedimentação;
- NBR 6508 (ABNT, 1984) – Massa Específica Real dos Grãos;
- NBR 6457 (ABNT, 2016) – Teor de Umidade Natural;
- NBR 10.838 (ABNT, 1988) – Massa Específica Aparente;
- NBR 7182 (ABNT, 2016) – Compactação Proctor normal.

Observa-se que todas as estruturas do Projeto Bloco 8 estão em conformidade, em todas as etapas (implantação, operação e fechamento), com as normativas vigentes, tanto do ponto vista da segurança, quanto técnico e ambiental.

4.0 PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração do estudo do Projeto Bloco 8, foram adotadas pela WALM premissas de projeto, bem como algumas interferências, as quais foram aprovadas pela SAM. São elas:

- As estruturas de disposição de estéril e rejeitos atenderam os volumes requeridos pela SAM;
- As estruturas estão localizadas nos limites da área do empreendimento e respeitam as interferências com a planta industrial e estruturas indicadas pela SAM;
- Os estudos estão baseados na topografia da área do empreendimento, conforme documento “BLC8-2010-O-0001_R0”;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 10/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- Interferências e limites baseados nos documentos disponibilizados pela SAM, sendo representado por (Figura 4.1):
 - Limite do empreendimento conforme apresentado no documento “BLC8-2010-M-0001_R00” que apresenta o Plano Diretor desenvolvido pela SAM;
 - Cavidades existentes na região do projeto conforme apresentado no documento “BLC8-2010-M-0004_R00”;
 - Estudos geométricos dos Platôs e Acessos da Área Industrial do Projeto Bloco 8 representados no documento “BLC8-2010-I-0001_R02 - Platôs e Acessos”;
 - Sequenciamento das Cavas - Ano 0 a Ano 18, conforme documento “MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02” de plano de lavra, 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;
 - Arranjo geométrico da Pilha de Minério de Oportunidades apresentado no documento “Pilha de Oportunidade” elaborada pela SAM;
 - Rampa de acesso entre a Mina e a Unidade de Beneficiamento do Projeto Bloco 8, conforme documento “Acesso Mina”, disponibilizado pela SAM.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
11/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

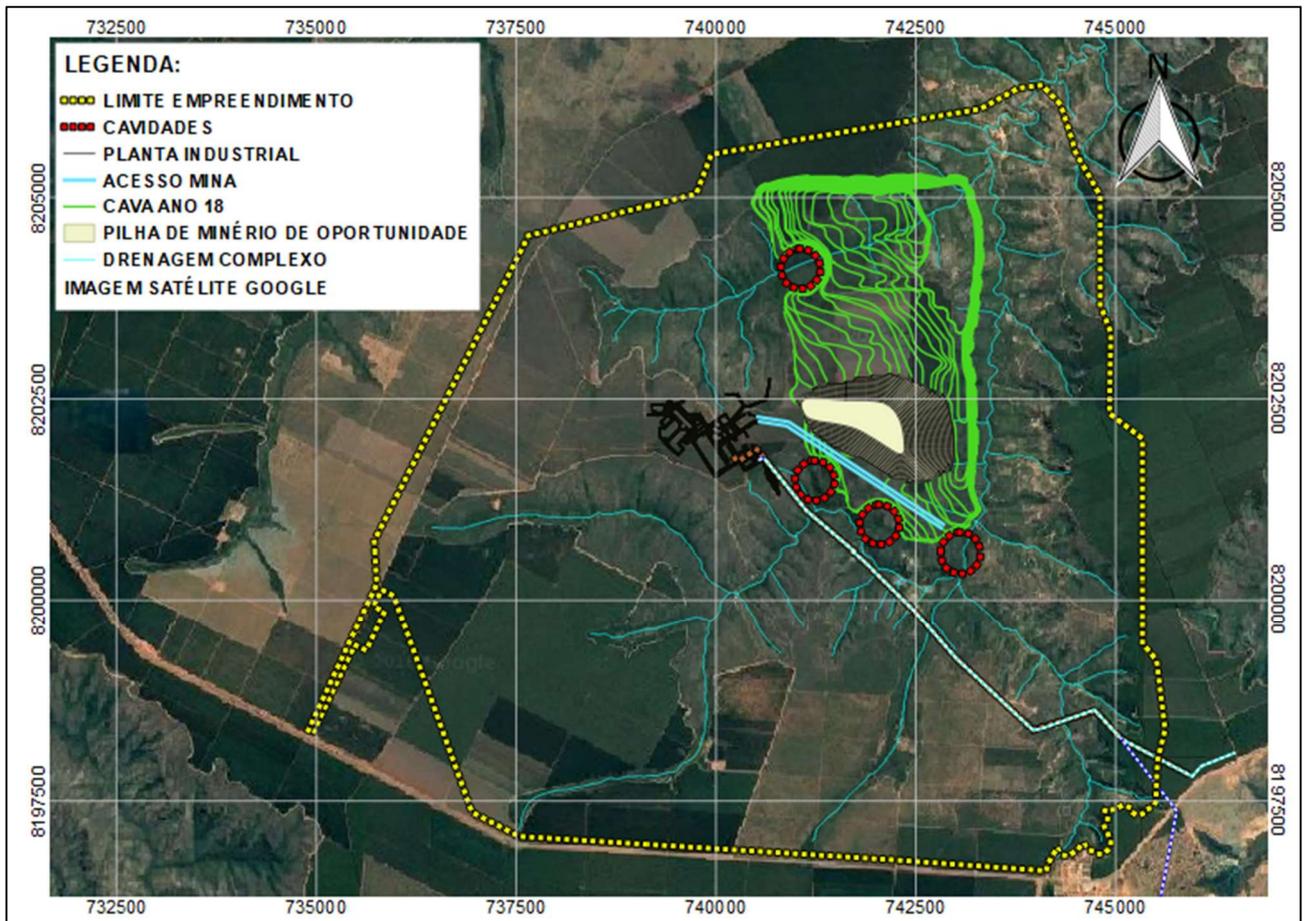
Revisão
06

Figura 4.1 - Mapa de Interferências – Projeto Bloco 8.

- Atendimento ao plano de balanço de massas do empreendimento apresentado no documento “MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02” de plano de lavra”;
- Atendimento as necessidades de água para as operações do empreendimento;
- Adoção das distribuições em termos de frações granulométricas do rejeito conforme correio eletrônico enviado pela SAM em 31/01/2018, que apresenta a seguinte composição:
 - Rejeitos Grossos: 14%;
 - Rejeitos Finos: 77%;
 - Lama: 9%;
- O plano disponibilizado pela SAM apresenta as distribuições em massas do rejeito e do estéril. Para a conversão das quantidades em volume, buscou-se a realização de estudos para a avaliação das condições de rejeito adensado (comportamento em termos de disposição hidráulica nos reservatórios das barragens) e para os volumes de estéril, buscou-se a utilização de dados de referência para os pesos específicos, sendo ainda informado pela

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 12/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

SAM, que as relações em massa para o material referem-se ao material sem o fator de empolamento;

- Foi considerado um fator de empolamento de 30% para o estéril;
- O plano de produção em massa de estéril foi desenvolvido em termos das quantidades em massa (t – Toneladas), considerando o início das atividades da pré-produção (“*pré stripping*”) até o último ano das atividades da lavra (ANO 18), conforme apresentado na Tabela 4.1;

Tabela 4.1 – Plano de Produção em Massa para o Estéril gerado nas explorações da Cava do Projeto Bloco 8

Ano	Estéril Compactado (10 ³ x t)	Estéril Não Compactado (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x t)
Pré-produção	94	14.954	15.048
1	670	23.381	24.051
2	654	20.497	21.142
3	64	21.689	21.753
4	802	19.899	20.701
5	89	12.094	12.183
6	203	21.716	21.919
7	1.167	20.212	21.379
8	74	9.654	9.728
9	415	7.487	7.902
10	346	13.417	13.762
11	211	7.527	7.737
12	1.138	6.757	7.895
13	4.476	6.294	10.770
14	73	6.439	6.513
15	115	5.414	5.529
16	437	4.689	5.126
17	1.057	5.691	6.748
18	441	8.531	8.972
Total	12.518	236.340	248.858

- A estimativa do volume do estéril a ser gerado para o Projeto Bloco 8 foi realizada tomando-se como referência o peso específico do material de 1,60 t/m³ (16,00kN/m³), compatível com os pesos específicos de materiais similares e com as mesmas características granulométricas. A Tabela 4.2 apresenta os volumes de estéril para os 18 Anos de operação;

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 13/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 4.2 – Cálculo do Volume total de Estéril a ser gerado para os 18 Anos de Operação do Projeto Bloco 8.

Ano	Estéril Compactado (10 ³ x t)	Estéril Não Compactado (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x m ³)	Estéril total (considerando empolamento) (10 ³ x m ³)	Estéril acumulado (considerando empolamento) (10 ³ x m ³)
0	94	14.954	15.048	9.405	12.226	12.226
1	670	23.381	24.051	15.032	19.542	31.768
2	654	20.497	21.142	13.214	17.178	48.946
3	64	21.689	21.753	13.596	17.675	66.620
4	802	19.899	20.701	12.938	16.819	83.440
5	89	12.094	12.183	7.615	9.899	93.339
6	203	21.716	21.919	13.699	17.809	111.148
7	1.167	20.212	21.379	13.362	17.371	128.518
8	74	9.654	9.728	6.080	7.904	136.422
9	415	7.487	7.902	4.939	6.420	142.842
10	346	13.417	13.762	8.602	11.182	154.024
11	211	7.527	7.737	4.836	6.286	160.311
12	1.138	6.757	7.895	4.934	6.415	166.726
13	4.476	6.294	10.770	6.731	8.750	175.476
14	73	6.439	6.513	4.070	5.291	180.767
15	115	5.414	5.529	3.456	4.493	185.260
16	437	4.689	5.126	3.204	4.165	189.425
17	1.057	5.691	6.748	4.217	5.482	194.907
18	441	8.531	8.972	5.607	7.290	202.197
Total	12.518	236.340	248.858	155.536	202.197	

- O plano de produção em massa de rejeito foi desenvolvido em termos das quantidades em massa (t - Toneladas) dos rejeitos totais (base seca) a serem dispostos nas barragens do Projeto Bloco 8, conforme Tabela 4.3;

Tabela 4.3 – Plano de Produção em Massa para o rejeito total do Projeto Bloco 8

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)
0		
1	62.379	62.379
2	137.105	74.727
3	213.497	76.392
4	288.802	75.305
5	371.453	82.651
6	446.024	74.570
7	519.829	73.805

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 14/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)
8	603.676	83.847
9	695.108	91.433
10	779.371	84.262
11	871.602	92.231
12	959.232	87.630
13	1.046.015	86.783
14	1.134.061	88.046
15	1.221.072	87.012
16	1.314.258	93.186
17	1.419.006	104.748
18	1.510.120	91.114
Total		1.510.120

- No processo industrial da SAM são gerados rejeitos grossos, finos e lama, levando em consideração a distribuição de massas apresentadas na Tabela 4.4;

Tabela 4.4 – Distribuição em massa de: rejeito grosso (14%), rejeito fino (77%) e lama (9%) em relação ao rejeito total

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)	Rejeito Grosso (10 ³ x t)	Rejeito Fino (10 ³ x t)	Lama (10 ³ x t)
0					
1	62.379	62.379	8.733	48.032	5.614
2	137.105	74.727	10.462	57.539	6.725
3	213.497	76.392	10.695	58.822	6.875
4	288.802	75.305	10.543	57.985	6.777
5	371.453	82.651	11.571	63.642	7.439
6	446.024	74.570	10.440	57.419	6.711
7	519.829	73.805	10.333	56.830	6.642
8	603.676	83.847	11.739	64.562	7.546
9	695.108	91.433	12.801	70.403	8.229
10	779.371	84.262	11.797	64.882	7.584
11	871.602	92.231	12.912	71.018	8.301
12	959.232	87.630	12.268	67.475	7.887
13	1.046.015	86.783	12.150	66.823	7.811
14	1.134.061	88.046	12.326	67.795	7.924
15	1.221.072	87.012	12.182	66.999	7.831
16	1.314.258	93.186	13.046	71.753	8.387
17	1.419.006	104.748	14.665	80.656	9.427
18	1.510.120	91.114	12.756	70.158	8.200
Total		1.510.120	211.417	1.162.792	135.911

- Os cálculos para determinação dos pesos específicos secos são detalhados nos documentos "MINA_BLC8007-1010-G-RE-03, sendo os resultados obtidos apresentado na Tabela 4.5;

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 15/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 4.5 – Cálculo da massa específica do rejeito depositado.

Parâmetros do Rejeito	Símbolo	Unidade	Rejeito Grosso	Rejeito Fino	Lama
Densidade dos sólidos	G _s	--	2,78	2,80	2,85
Índice de vazios do rejeito depositado	e	n/a	0,90	1,00	1,85
Massa específica seca do rejeito depositado	ρ _d	t/m ³	1,46	1,40	1,00

- A Tabela 4.6 apresenta o volume total dos rejeitos para o Projeto Bloco 8;

Tabela 4.6 – Volume total de rejeito para os 18 anos do Projeto Bloco 8.

Ano	Rejeito Total (10 ³ x m ³)	Rejeito Grosso (10 ³ x m ³)	Rejeito Fino (10 ³ x m ³)	Lama (10 ³ x m ³)
0				
1	45.904	5.982	34.308	5.614
2	54.991	7.166	41.100	6.725
3	56.216	7.325	42.016	6.875
4	55.416	7.221	41.418	6.777
5	60.822	7.925	45.458	7.439
6	54.876	7.151	41.014	6.711
7	54.313	7.077	40.593	6.642
8	61.702	8.040	46.116	7.546
9	67.284	8.768	50.288	8.229
10	62.008	8.080	46.344	7.584
11	67.872	8.844	50.727	8.301
12	64.486	8.403	48.196	7.887
13	63.863	8.322	47.731	7.811
14	64.792	8.443	48.425	7.924
15	64.031	8.344	47.856	7.831
16	68.574	8.936	51.252	8.387
17	77.083	10.044	57.612	9.427
18	67.050	8.737	50.113	8.200
Total	1.111.283	144.806	830.566	135.911

- Para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, serão gerados 1.111.283.000 m³ (**1.111 Mm³**) de rejeitos;
- Para as estruturas do Projeto Bloco 8, foram considerados para a construção das barragens os materiais provenientes do processo de abertura de lavra, escavações obrigatórias das estruturas e/ou de áreas de empréstimo localizadas na área do próprio empreendimento;
- O maciço das barragens em solo compactado será construído preferencialmente em estéril e/ou em materiais de empréstimo das áreas dos reservatórios das estruturas;
- O alteamento das barragens será realizado com a extensão do filtro septo vertical nos alteamentos sucessivos para controle do nível freático interno do maciço, providência que se

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 16/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

configura em uma melhoria de segurança, relativamente à metodologia tradicionalmente utilizada;

- Para os estudos, foi considerado que o alteamento das barragens poderá ser realizado com o rejeito grosso que apresenta características geotécnicas favoráveis em termos de utilização, que será compactado no talude de jusante, para melhoria das características de resistência do material e eliminação do risco de mobilização de instabilidade por efeitos não drenados (liquefação), providência que se configura como melhoria de segurança, relativamente à metodologia tradicionalmente utilizada;
- Volume de Estéril na pré-produção (*pré-stripping*) e materiais das escavações obrigatórias para a implantação da Planta Industrial, serão utilizados na construção do maciço inicial das barragens;
- Construção dos reservatórios “*Ponds*” para armazenamento das descargas da Planta Industrial na porção sul do reservatório da Barragem 2, com a construção de barramentos na região do córrego Mundo Novo;
- Capacidade inicial de armazenamento das barragens, considerando a relação Volume de Maciço x Volume de Reservatório;
- Condições de ocupação do reservatório de modo a propiciar praias de rejeito compatíveis para os alteamentos considerados para as etapas de construção das barragens de rejeito;
- Crescimentos anuais dos reservatórios para as estruturas alteadas;
- Para as análises sísmicas foram 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_BLC8007-1010-G-RE-34;
 - **Sismo Desencadeado por Detonações:** velocidade de pico obtida a partir dos estudos realizados pela SAM de acordo com o documento MINA_BLC8007-1010-G-RE-50;
- O dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna do dique de partida (filtro-septo vertical, tapete central) foi realizado considerando-se a metodologia de Darcy para Fluxos laminares;
- O dimensionamento hidráulico para a determinação da área mínima de drenos de fundo foi calculado utilizando o Método de Wilkins para fluxos turbulentos;



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 17/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- As análises de estabilidade para a validação das geometrias propostas foram obtidas a partir do *software* Slide, versão 2018, 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 CRITÉRIOS DE PROJETO

Para a elaboração do estudo do Projeto Bloco 8, foram adotadas pela WALM critérios de projeto, em consonância com as normas vigentes, as quais foram aprovadas pela SAM. São elas:

- Para o projeto, não foi avaliado o método de alteamento por montante, em conformidade com a LEI Nº 3.676/2016 que proíbe a construção de barragem destinada à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos de mineração pelo método de alteamento a montante no estado de Minas Gerais;
- 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”;
- Para o projeto, foram consideradas nas análises, de forma a garantir a segurança das estruturas, os riscos dos seguintes mecanismos de ruptura: instabilidade, galgamento, erosão interna e liquefação, conforme preconizados pela norma NBR 13.028 (ABNT, 2017);
- Para as análises de estabilidade, deverão ser obedecidos os fatores de segurança preconizados pela norma NBR 13.028 (ABNT, 2017), conforme apresentado na Tabela 5.1, com exceção do fator de segurança mínimo entre bermas que deverá ser igual a 1,50;

Tabela 5.1 - 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



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 18/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- Para o sistema extravasor foram considerados os períodos de retorno estabelecidos pela norma NBR 13.028 (ABNT, 2017), resumidas na Tabela 5.2;

Tabela 5.2 - Período de Retorno a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas extravasores.

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

6.0 ESTUDO DE ALTERNATIVAS

Nesse item são apresentados os estudos das alternativas. Foram desenvolvidos os estudos das alternativas tecnológicas para disposição dos rejeitos, considerando as normas e tecnologias existentes e aplicáveis ao empreendimento.

A partir da seleção das alternativas tecnológicas foram desenvolvidos os estudos de alternativas de viabilidade locacional das estruturas de disposição de estéreis e rejeitos, considerando-se as características físicas da região, bem como as áreas disponíveis do empreendimento, levando-se em conta, tanto a posição da cava, quanto a localização da usina de beneficiamento, bem como outros aspectos pontuados nas premissas apresentadas anteriormente.

Para o estudo de alternativas de localização das estruturas de captação de água, foram estudadas as disponibilidades hídricas superficiais da região e as demandas da comunidade Vale das Cancelas.

Por fim, foram desenvolvidos os estudos das alternativas das estruturas de armazenamento de água e de disposição de estéreis e rejeitos, considerando-se as possíveis geometrias e características construtivas das estruturas.

Foram definidas estruturas para atender o empreendimento em todas as suas etapas, quanto para atender a demanda de abastecimento da comunidade local.

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 19/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

6.1 ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Em termos de alternativas tecnológicas foram avaliadas as tecnologias de desaguamento e as tecnologias construtivas. Para o Projeto Bloco 8 identificadas as seguintes tecnologias para o estudo:

- Tecnologias de Desaguamento:
 - Espessadores de alta densidade – High Density;
 - Espessadores convencionais; espessadores
 - Espessadores de pasta;
 - Filtragem;
- Tecnologias Construtivas:
 - Disposição de rejeitos em barragens;
 - Empilhamento drenado ou aterro hidráulico;
 - Empilhamento à seco.

As tecnologias de desaguamento dos rejeitos do Projeto Bloco 8 e para a construção de estruturas de contenção dos rejeitos são apresentadas nos itens 6.1.1 e 6.1.2 respectivamente.

6.1.1 TECNOLOGIAS DE DESAGUAMENTO

Para o estudo das técnicas de desaguamentos utilizadas nas obras recorrentes de Mineração no Brasil, são descritas as técnicas de desaguamento dos rejeitos, considerando as técnicas de rejeitos espessados convencionalmente e com utilização de espessadores de alta densidade, utilização de rejeito em pasta e filtragem dos rejeitos, conforme apresentado nos itens 6.1.1.1 a 6.1.1.3.

Para a definição da melhor técnica aplicável ao projeto Bloco 8, foi realizado pela SAM o estudo comparativo entre as mobilidades de desaguamento apresentado nos itens supracitados, através do documento “BLC8-1010-G-RE-02”. Neste estudo, buscou-se comparar as alternativas em termos de dimensionamento dos dispositivos de desaguamento necessários para o atendimento dos volumes de rejeitos gerados nos 18 anos de produção; informações sobre o bombeamento e transporte dos rejeitos, e estimativa dos consumos operacionais, considerando as melhores técnicas de engenharia, conforme estudo apresentado no item 6.1.1.4.

O item 6.1.1.5 apresenta as conclusões em termos do estudo realizado pela SAM que definiu a escolha da técnica de desaguamento para os rejeitos do Projeto Bloco 8.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 20/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

6.1.1.1 REJEITOS ESPESSADOS CONVENCIONALMENTE E DE ALTA DENSIDADE

Os rejeitos espessados, como o próprio nome sugere, envolvem o processo mecânico de desaguar a pequena fração de sólidos da lama concentrada (FOURIE, 2003). Isto é obtido utilizando espessadores.

No projeto Bloco 8, o desenvolvimento de processo objetivou que o espessamento dos rejeitos recuperasse a maior fração possível de água, desde que a tensão de escoamento fosse mantida suficientemente baixa de modo a possibilitar o uso de bombas centrífugas ou escoamento por gravidade.

O rejeito espessado de alta densidade comporta-se como um fluido newtoniano. Sua elevada percentagem de sólidos permite maior homogeneidade no transporte e lançamento da polpa, minimizando a segregação no ponto de lançamento. Os rejeitos são descarregados de altos pontos topográficos para o local de armazenamento (ICOLD e UNEP, 2001). A água liberada após a deposição e qualquer escoamento superficial deve ser coletada em uma lagoa no interior do reservatório.

As inclinações típicas dos ângulos das praias de rejeitos espessados são de 1 a 3,5 graus para garantir uma drenagem suficiente (ICOLD e UNEP, 2001).

Os custos operacionais de espessamento são relevantes e são compensados pela maior recuperação de água na própria usina, reduzindo o bombeamento a partir dos reservatórios de rejeitos. De outra forma, grandes volumes de água poderiam ser perdidos por infiltração e evaporação nos reservatórios. A água recuperada pode ser utilizada na planta industrial da mina e se torna cada vez mais importante (WELCH, 2003). O potencial de se recuperar grandes volumes de água na planta elimina as perdas associadas com o transporte e armazenamento de água, tanto no reservatório ou nas lagoas (FOURIE, 2003). Problemas ambientais, tais como infiltração, derrame de água de processo e o potencial para a água para atuar como um transportador para os fluxos de rejeitos são significativamente reduzidos.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 21/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

6.1.1.2 REJEITOS EM PASTA

Os rejeitos em pasta são geralmente depositados da mesma maneira que os espessados, formando uma pilha cônica, no qual se tomam ângulos, na maioria dos casos, de 2 a 10% e garantindo a estabilização do material depositado (THERIAULT, FROSTIAK et al, 2003). Ao longo da execução das camadas de pasta tem-se a ocorrência da drenagem, provocando ressecamento do material e o aparecimento de rachaduras. Entretanto, a camada seguinte preenche estas rachaduras, formando uma estrutura estável. Um ponto a se considerar é a elevada produção de poeira em função do ressecamento do solo.

A inclinação obtida na disposição dos rejeitos em pasta é superior a requerida para os espessados e, sendo assim, a área para a disposição de um mesmo volume em pasta é menor do que a área para uma disposição em forma de espessados. Os altos custos operacionais associados com a espessura do rejeito e seu transporte, quando comparado a outros métodos, requerem onerosas bombas transportadoras para a descarga da pasta. No entanto, bombas centrífugas podem ser utilizadas dependendo da propriedade reológica do rejeito (principalmente as tensões de escoamento).

Um dos pontos mais relevantes para a análise da disposição em pasta é que o rejeito precisa apresentar características adequadas para a formação da pasta (reologia), sendo fundamental que apresente, no mínimo, 15% de material com granulometria abaixo de 0,020 mm. O alto risco de não se atingir a condição de pasta dos espessadores requer altos níveis de gerenciamento diário para manter a consistência correta e, assim, garantir o teor de sólidos necessário. Caso o espessador não atinja a condição de projeto de concentração de sólidos, têm-se problemas na estocagem e a inclinação da praia pode não ser atingida. Além disto, o balanço de água da instalação industrial pode ser afetado. A operação de espessadores de pasta é bastante delicada e dependente de características especiais da alimentação.

A disposição do rejeito em pasta é uma tecnologia mais recente e pouco difundida no Brasil. Estudos internacionais sobre o assunto mostram que essa tecnologia possui algumas vantagens em relação aos outros métodos de disposição do rejeito, especialmente quando localizada em regiões desérticas, porém por ser uma tecnologia nova, ainda não há nenhum exemplo de disposição de rejeito em pasta, em superfície, aqui no Brasil. O uso de pasta para disposição em minas subterrâneas (para

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
22/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

incrementar a estabilidade de escavações) é a mais comum e há exemplo do seu uso no Brasil (Mineração Caraíba – Jaguarari - BA).

A Figura 6.1.1.2.1 ilustra uma comparação de disposição entre rejeito comum e pasta.

Pela Figura 6.1.1.2.1, a disposição em pasta permite a formação de praias de rejeito mais íngremes resultando nas vantagens listadas a seguir:

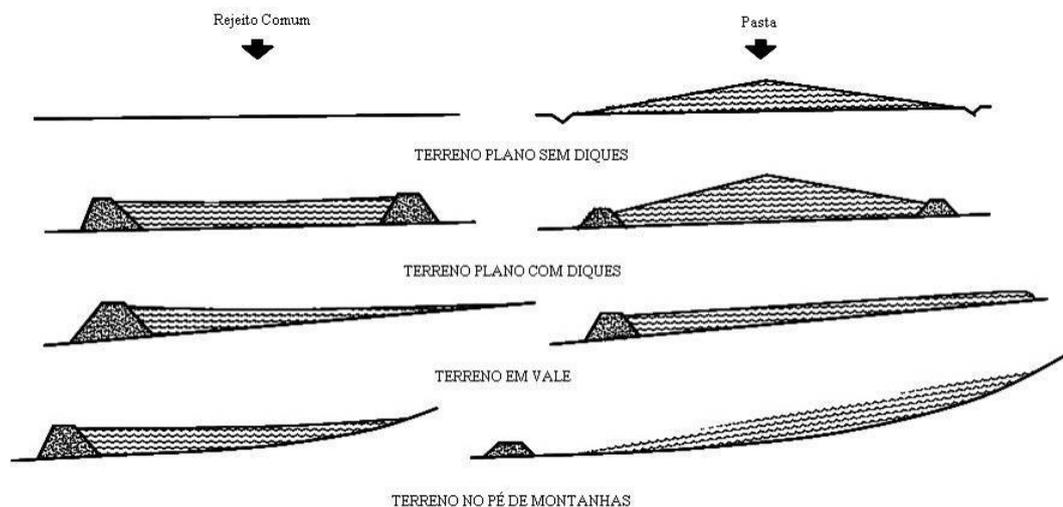


Figura 6.1.1.2.1 – Geometrias de Disposição de Rejeito

- Aumento da capacidade do reservatório;
- Dependendo da consistência da pasta, a barragem de contenção pode ser reduzida em muito ou até mesmo eliminada, exceto para manutenção do escoamento superficial no perímetro do depósito;
- O risco de falha do sistema é bastante reduzido, pois caso isto ocorra, este não possui água suficiente para haver escoamento superficial de sólidos;
- A água recirculada na planta de beneficiamento é reduzida, pois é necessária uma menor quantidade de água para o bombeamento da pasta;
- Por não possuir água livre significativa, a liberação de água no depósito é mínima ou não existe.

Por outro lado, a implantação e operação, de disposição de rejeitos em pasta são bastante complexas pelas seguintes razões:

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 23/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- O rejeito precisa apresentar características adequadas para a formação da pasta (reologia), especialmente que tenha no mínimo 15% de material abaixo de 0,020 mm;
- É necessário implantar uma planta de pasta (usina) com espessadores capazes de produzir altas concentrações de sólidos, de alto custo;
- É necessária a adoção de bomba de deslocamento positivo para o bombeamento da pasta, cuja instalação e operação são bastante dispendiosas;
- O comportamento da pasta disposta em superfície em climas tropicais ainda não é bem conhecido e dominado.

A Figura 6.1.1.2.2 apresenta um exemplo de deposição de rejeito em pasta (paste) na Tanzânia.



Figura 6.1.1.2.2 – Deposição de rejeito em pasta – PASTE, Bulyanhulu Gold Mine, Tanzânia.

6.1.1.3 REJEITOS FILTRADOS

Estes rejeitos filtrados são transportados por caminhões e/ou correias transportadoras, depositados, espalhados e compactados para formar um depósito de rejeitos não saturados (DAVIES & RICE, 2001). Este tipo de disposição produz um depósito estável, que geralmente não requer contenção.

O teor de umidade típico (menor que 20%) é obtido através da combinação das pressões em seções verticais e horizontais de empilhamento e sistemas de filtração à vácuo (MARTIN, DAVIES et al. 2002). Em geral, se define uma umidade-alvo para as pilhas à seco como a máxima seca do Proctor Normal e nestas condições o grau de saturação varia em torno de 60% a 80%.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 24/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Os rejeitos, geralmente, são filtrados a partir de um sistema de pressão ou a vácuo, onde se deve analisar a sua granulometria e sua mineralogia. Em particular, altas porcentagens de partículas passantes pela peneira de #200 e minerais argilosos oleosos, como os betuminosos criam dificuldades na filtragem.

A maior questão associada à disposição dos rejeitos filtrados está relacionada ao transporte e compactação. A filtragem produz um rejeito geralmente acima da umidade ótima para compactação. Isto significa que deve haver um cuidado para se não compactar rejeitos “borrachudos”, ou seja, deve haver um controle de campo de compactação. Caso a mina tenha problemas com abalos sísmicos, uso de explosivos, e detonações, deve-se utilizar um maior grau de compactação na pilha. Por se tratar de um material que não está saturado, o material apresenta menores chances de desenvolvimento de pressões neutras, conseqüentemente levando a menores possibilidade de susceptibilidade a Liquefação.

Os altos custos operacionais associados às modernas tecnologias de filtração (energia, manutenção), além das dificuldades operacionais de disposição do rejeito filtrado em grandes escalas de produção durante a época chuvosa (com é o caso do Projeto Bloco 8) são pontos desfavoráveis ao uso desta tecnologia.

6.1.1.4 ESTUDO DE ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O DESAGUAMENTO DO REJEITO PARA O PROJETO BLOCO 8

Baseado nas técnicas de desaguamento apresentados nos itens 6.1.1.1 a 6.1.1.3, a SAM realizou um estudo comparativo para a disposição dos rejeitos do Projeto Bloco 8, considerando as técnicas empregadas em cada tipo de desaguamento de rejeitos e baseado nos teste de concentração mineral realizados em diversas instituições entre 2009 e 2014, mas principalmente na Fundação GORCEIX, onde se realizaram testes piloto no ano de 2013.

Ao longo de 18 anos de operação, serão alimentadas na usina 1,96 bilhão de toneladas de minério, com teor médio de 20% Fe. Durante o mesmo período serão removidas 198 milhões de toneladas de estéril e estocadas 221 milhões de toneladas de minério de baixo teor. Serão produzidas 492,5 milhões de toneladas de produto, com teor médio estimado de 66,26% Fe.

Serão produzidos em 18 anos 1,4693 Bt de rejeitos, ou seja, uma média anual de 81,63 Mtpa. Pela natureza do processo da usina, os rejeitos estarão classificados em três tipos:

- **Lamas:** correspondendo a 9,3% do rejeito total, com granulometria muito fina, compostas principalmente de quartzo e mica, com pequena quantidade de hematita fina;
- **Rejeito grosso:** correspondente a 13,9% do rejeito total, material previsto para uso na construção de barragens, composto majoritariamente de quartzo, com cerca de 5% de muscovita, 5% de hematita e 0,5% de apatita; e
- **Rejeito fino:** correspondente a 76,8% do rejeito total, com cerca de 80% de quartzo, 10% de muscovita, 5% de hematita e 1,5% de apatita.

A granulometria dos rejeitos da produção do Projeto Bloco 8 são apresentadas na Figura 6.1.1.4.1.

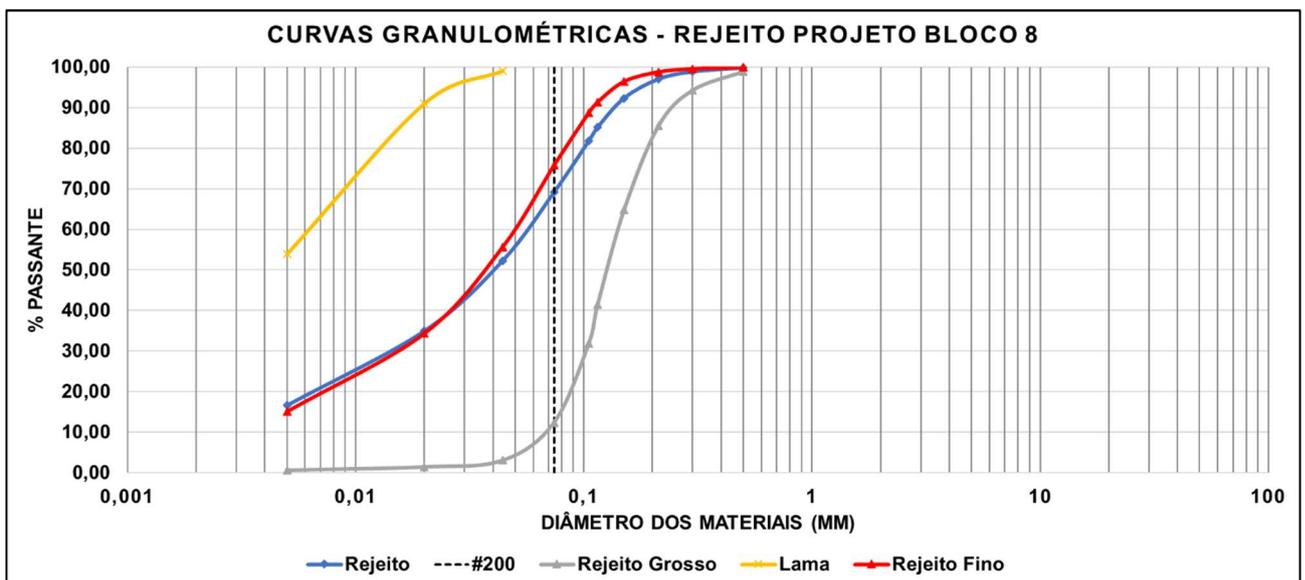


Figura 6.1.1.4.1 – Curva granulométrica dos rejeitos do Projeto Bloco 8 – SAM Metais

Para o desenvolvimento dos estudos comparativos, foi considerado a elaboração de 4 alternativas de tecnologias para o desaguamento dos rejeitos, conforme listado a seguir:

- Espressores de Alta Densidade, conforme dimensionamento suportado por extensa campanha de testes em escala de bancada e piloto;
- Espressores convencionais, operando com performance semelhante aos que atualmente operam no quadrilátero ferrífero;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 26/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- C. Espessadores de pasta. Não foram feitos testes para produção de pasta e é possível que esta alternativa não seja viável tecnicamente, mas no sentido de explorar a possibilidade, adotou-se condições medianas para avaliar esta hipótese;
- D. Filtragem e empilhamento de rejeitos. Também não foram feitos testes de filtragem de rejeito, mas estimamos condições críveis baseadas no conhecimento corrente para avaliar a viabilidade desta alternativa. Considerou-se, neste caso, espessadores de pasta para a lama e filtragem dos demais rejeitos, semelhante ao que se tem estudado atualmente em outros projetos.

Para os estudos desenvolvidos pela SAM para a avaliação das técnicas de desaguamento dos rejeitos, foram consideradas as seguintes premissas:

- A capacidade de produção é de 27,5 Mtpa, com teor alvo de 66,5% Fe;
- O desaguamento da planta operará em regime de 8.059 h/ano, equivalente a uma eficiência de 92%, que resulta nas seguintes taxas horárias médias ao longo do período de cada tipo de rejeito conforme apresentado na Tabela 6.1.1.4.1;

Tabela 6.1.1.4.1 – Taxa de produção horárias médias

Tipo de Rejeito	Taxa de produção média (t/h)
Rejeito Grosso	1.410,90
Rejeito Fino	7.780,70
Lama	937,10

- O fator de projeto adotado para dimensionamento de equipamentos nesta seção da planta é 1,2;
- Taxa de espessamento para lamas: 0,08 t/h/m²;
- Taxa de espessamento para rejeito fino: 0,60 t/h/m²;
- O rejeito grosso é formado por *underflow* de ciclones;
- A percentagem de sólidos em peso do *underflow* dos espessadores convencionais de rejeitos foi adotada como Cw = 50% e dos espessadores convencionais de lamas como Cx = 20%.

Baseados nas premissas apresentadas, dados de literatura e na experiência da SAM em engenharia industrial do processo de beneficiamento deste minério, foi elaborado o estudo comparativo entre as 4 alternativas apresentadas no início do presente item.

Para a avaliação das tecnologias de desaguamento, os estudos basearam-se no dimensionamento dos equipamentos para cada uma das alternativas, custos de implantação (CAPEX) e despesas de

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 27/194</p>
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>

operação (OPEX), levando em consideração ainda os custos relativos à disposição dos rejeitos. O estudo comparativo em termos de implantação e operação dos processos

Os estudos desempenhados pela SAM para o comparativo entre as estruturas são apresentados no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-08” referente aos estudos tecnológicos, elaborados conjuntamente pela WALM e pela SAM.

Com base nos estudos apresentados pela SAM, considerando as despesas de implantação com a aquisição dos equipamentos mecânicos, materiais, montagem, etc. para cada alternativa, foi elaborado a planilha de custos de CAPEX Industrial. Como custo inicial do empreendimento, foi ainda realizado a estimativa inicial dos custos para as estruturas de disposição denominado como CAPEX Disposição, conforme apresenta a Tabela 6.1.1.4.2.

Para a avaliação dos custos operacionais de cada uma das alternativas, o estudo elaborado pela SAM contemplou a avaliação dos consumos básicos para a operação, em função de cada tipo de tecnologia empregada. Desta forma, foram avaliados custos relativos a consumo de energia elétrica, reagentes, peças e partes, mão de obra, serviços e outros custos associados, compondo o OPEX Industrial. Além disto, para a composição dos custos a SAM realizou a estimativa dos custos referentes à disposição dos rejeitos, considerando o tipo de tecnologia a ser empregada em cada uma das alternativas estudadas, compondo o OPEX de Disposição.

Com base nestas informações foi elaborado a Tabela 6.1.1.4.3, que resume os custos referente a operação do Projeto Bloco 8, sendo o mesmo referente ao custo por tonelada de rejeito depositado no empreendimento.

Analisando os custos de implantação do empreendimento apresentados na Tabela 6.1.1.4.2., verifica-se que os custos de implantação para as tecnologias de Espessadores de Alta Densidade (Alternativa A) e Convencionais (Alternativa B), considerando a implantação das estruturas de disposição dos rejeitos, apresentam custos de implantação similares. Para o Espessador em Pasta, o custo do desaguamento e disposição é da ordem de 13 vezes superiores aos custos relativos à implantação das alternativas A e B. Já o custo de implantação do processo de filtragem, transporte e disposição dos rejeitos supera em aproximadamente 7,5 vezes os custos das Alternativas A e B.

Em termos de custos operacionais, verifica-se que a Alternativa A é a que apresenta os menos custos em termos dos valores de disposição dos rejeitos. Em função do custo para os Espessadores de Alta

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 28/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Densidade o custo operacional da utilização da técnica dos Espessadores Convencionais é da ordem de 8% superior. Já em termos do desaguamento e disposição dos rejeitos pelas técnicas de Espessamento em Pasta e por Filtragem os custos superam a alternativa A em aproximadamente 5 e 11 vezes.

Cabe ressaltar que os custos adotados para a Alternativa D para a condição operacional são extremamente otimistas em relação as etapas de projeto, podendo ser superiores aos adotados no estudo realizado pela SAM, mostrando que esta alternativa, mesmo em um cenário otimista de custos é a que apresenta os maiores custos operacionais.

Para uma avaliação completa em termos de custos, foi realizado o estudo de VPL (Valor Presente Líquido) para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, considerando uma taxa de desconto de 15%.

Tabela 6.1.1.4.2 – Tabela de CAPEX Simplificado para as Alternativas de Desaguamento dos Rejeitos

CAPEX Simplificado US\$				
Alternativas	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
Obras civis	<u>194.600.234,06</u>	<u>194.600.234,06</u>	<u>2.566.578.820,88</u>	<u>433.377.529,02</u>
Equipamentos mecânicos	<u>45.414.290,33</u>	<u>45.414.290,33</u>	<u>598.968.219,58</u>	<u>619.110.755,74</u>
Materiais	<u>31.790.003,23</u>	<u>31.790.003,23</u>	<u>419.277.753,70</u>	<u>433.377.529,02</u>
Montagem	<u>26.794.431,29</u>	<u>26.794.431,29</u>	<u>353.391.249,55</u>	<u>365.275.345,89</u>
Outros	<u>2.270.714,52</u>	<u>2.270.714,52</u>	<u>29.948.410,98</u>	<u>30.955.537,79</u>
Custos Indiretos	<u>3.451.486,06</u>	<u>3.451.486,06</u>	<u>45.521.584,69</u>	<u>47.052.417,44</u>
Custos Gerais	<u>46.640.476,17</u>	<u>46.640.476,17</u>	<u>615.140.361,50</u>	<u>635.826.746,15</u>
CAPEX INDUSTRIAL	<u>350.961.635,66</u>	<u>350.961.635,66</u>	<u>4.628.826.400,88</u>	<u>2.564.975.861,03</u>
Equipamentos móveis espalhamento & compactação	<u>2.800.000,00</u>	<u>2.800.000,00</u>	<u>2.800.000,00</u>	<u>80.920.000,00</u>
Estruturas iniciais	<u>3.550.404,00</u>	<u>3.550.404,00</u>	<u>3.550.404,00</u>	<u>3.550.404,00</u>
CAPEX DISPOSIÇÃO	<u>6.350.404,00</u>	<u>6.350.404,00</u>	<u>6.350.404,00</u>	<u>84.470.404,00</u>
CAPEX REJEITOS	<u>357.312.039,66</u>	<u>357.312.039,66</u>	<u>4.635.176.804,88</u>	<u>2.649.446.265,03</u>

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
29/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06**Tabela 6.1.1.4.3 – Tabela de OPEX Simplificado para as Alternativas de Desaguamento**

CAPEX Simplificado US\$				
Alternativas	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
Energia elétrica	0,09	0,13	1,07	0,27
Reagentes	0,23	0,23	0,45	0,02
Peças & partes	0,04	0,04	0,27	0,69
Mão de obra	0,00	0,01	0,05	0,01
Serviços	0,00	0,00	0,01	0,00
Outros	0,04	0,04	0,19	0,10
OPEX INDUSTRIAL	0,40	0,44	2,04	1,09
Carregamento				1,03
Transporte				1,24
Espalhamento	0,06	0,06	0,06	1,28
Compactação	0,04	0,04	0,04	0,79
Manutenção e operação das barragens	0,00	0,00	0,00	0,00
OPEX DISPOSIÇÃO	0,11	0,11	0,11	4,34
OPEX REJEITOS	0,50	0,54	2,15	5,43

Tabela 6.1.1.4.4 – Cálculo do VPL para o estudo de Alternativas de Desaguamento para o Projeto Bloco 8

Dados	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
VPL 18 ano @ 15% a.a. - MUS\$	571,96	589,52	5.554,90	4.972,90

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 30/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

6.1.1.5 SELEÇÃO DA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O DESAGUAMENTO DO REJEITO PARA O PROJETO BLOCO 8

Os métodos de disposição abrangidos neste tópico se diferenciam basicamente em relação ao teor de sólidos que existe em cada metodologia. A Figura 6.1.1.5.1 ilustra a diferença de consistência, forma, tensão de escoamento ou bombeamento, comportamento e teor de sólidos para cada um destes materiais (rejeito em polpa, espessado, pasta e filtrado) (PATERSON, 2018).

Analisando criticamente as alternativas tecnológicas de desaguamento e disposição dos rejeitos elaborado pela SAM para o Projeto Bloco 8, verifica-se que a técnica mais atrativa corresponde utilização do desaguamento a partir de Espessadores de Alta Densidade, que apresentam os custos mais baixos em relação aos investimentos, operação e retorno para o empreendedor. A utilização dos Espessadores de Alta Densidade é justificada em relação ao Convencional, que apresenta custos próximos, por apresentar maior recuperação de água na planta. Vale ressaltar que a recuperação de água na planta do Projeto Bloco 8 é de 95%, reduzindo a demanda de água nova para o empreendimento. Estará dentre as operações de mais alta recuperação de água na indústria de minério de ferro.

Salienta-se que além dos custos elevados, em relação ao Espessador de Alta Densidade o espessamento em pasta para o Projeto Bloco 8 não seria aplicável devido as propriedades do rejeito (rejeitos grossos, finos e lama), que provavelmente não atenderiam ao processo.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 31/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

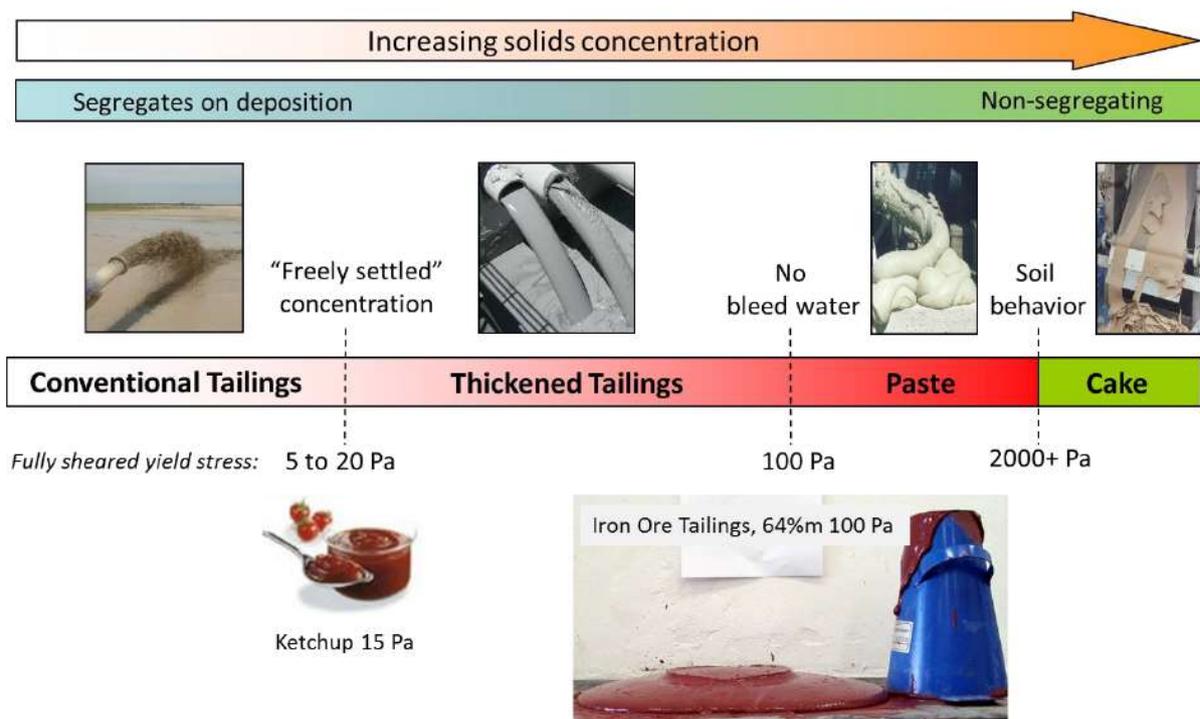


Figura 6.1.1.5.1 – Diferença de textura, consistência, teor de sólidos e tensão de escoamento ou bombeamento entre rejeito em polpa, espessado, pasta e filtrado (Fonte: Paterson, 2018 – Paste 2018).

Em relação a Filtragem, as principais desvantagens para a sua utilização no Projeto Bloco 8, seriam os custos extremamente elevados no período de operação, viabilidade de Plantas de Filtragem para atendimento a elevada demanda de geração dos rejeitos e disposição dos rejeitos na estação seca, onde seriam necessárias grandes áreas de secagem ou para cobertura de estoques para atendimento durante a estação chuvosa da região.

Cabe ainda ressaltar que a adoção das técnicas de Pasta e/ou Filtragem para o Projeto Bloco 8, considerando a sua grande escala de geração de rejeitos, inviabilizariam o empreendimento devido aos elevados custos de implantação e operação.

6.1.2 TECNOLOGIA CONSTRUTIVA

6.1.2.1 DISPOSIÇÃO DE REJEITOS EM BARRAGENS

As barragens convencionais, construídas com aterro compactado podem ser alteadas com material proveniente de jazida de empréstimo e o método de alteamento poderiam ser de três tipos: por montante, por linha de centro e por jusante.

A Figura 6.1.2.1.1 apresenta seções típicas desses três tipos de alteamento e a Tabela 6.1.2.1.1 apresenta uma comparação desses tipos de barragem com relação a barragem feita em etapa única, conforme Vick (1983).

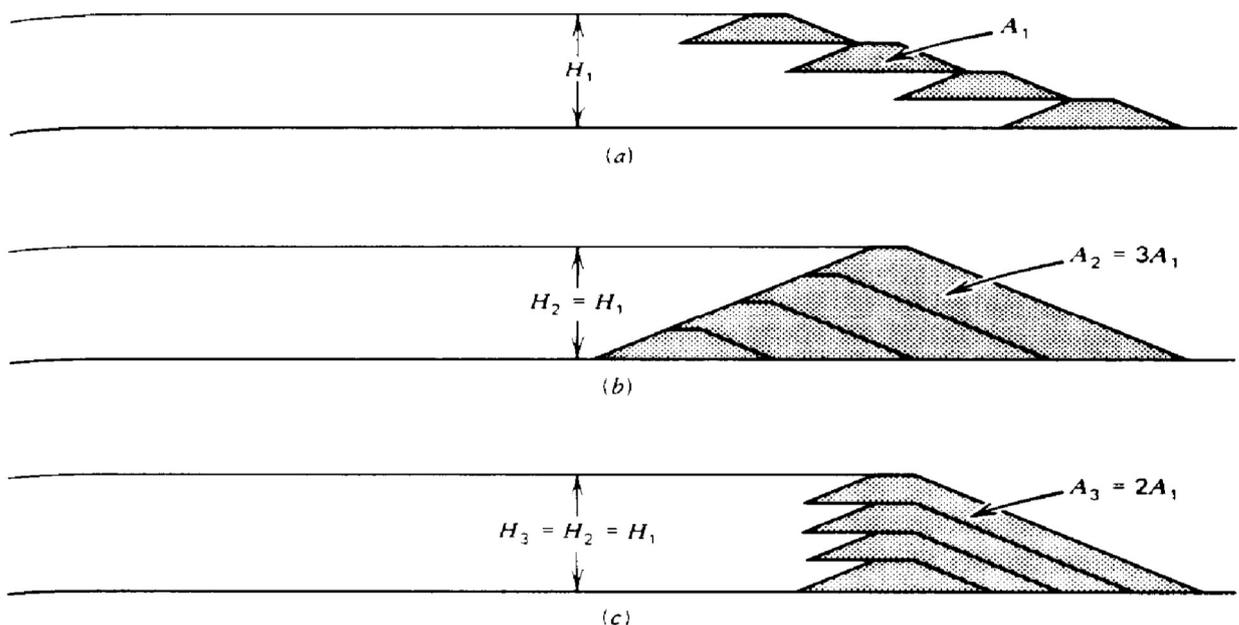


Figura 6.1.2.1.1 – Formas de alteamento de barragem: (a) alteamento por montante, (b) alteamento por jusante ou barragem única, e (c) alteamento por linha de centro – Fonte: Vick (1983)

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 33/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 6.1.2.1.1 – Aspectos técnicos referentes à barragem construída em etapa única e referentes às barragens construídas em etapas, segundo o método de alteamento.

Características	Barragem única (retenção de água)	Barragem construída em etapas		
		Alteamento por montante	Alteamento por linha de centro	Alteamento por jusante
Propriedades do rejeito lançado	Adequado para qualquer tipo de rejeito	O rejeito total deve apresentar no mínimo 60% de areia. Baixo teor de sólidos para a segregação granulométrica	Areias ou lamas com baixa plasticidade	Adequado para qualquer tipo de rejeito
Disposição requerida	Adequado para qualquer procedimento de disposição	Disposição periférica, com necessidade de controlar a formação da praia	Disposição periférica a partir do comprimento mínimo de praia requerido	Varia conforme o projeto
Retenção e acúmulo de água	Adequado	Não adequado para estocar volumes significativos de água	Não recomendada para estocagem permanente, mas pode ser projetada para estocagem e inundação temporária	Adequado
Resistência a sismos	Adequada	Baixa em áreas de alta sismicidade	Aceitável	Adequado
Restrições quanto à taxa de alteamento	Não aplicável	Desejável que seja de 4,5 a 9,0 m por ano. Acima de 15 m por ano pode ser perigoso	Restrições de altura podem ser aplicáveis para alteamentos individuais	Não há
Requisitos para preenchimento do maciço	Solo natural de jazida de empréstimo	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso
Custo relativo do maciço	Alto	Baixo	Alto	Moderado
Uso de núcleo argiloso de baixa permeabilidade	Possível	Não é possível	Possível (central)	Possível (inclinado)

Na Tabela 6.1.2.1.2 são apresentadas as vantagens e desvantagens dos três tipos de barragens de rejeitos segundo o método de alteamento.

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 34/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 6.1.2.1.2 – Vantagens e desvantagens dos três tipos de barragens de rejeitos

	Método por montante	Método por jusante	Método por linha de centro
Método construtivo	<ul style="list-style-type: none"> • Método mais antigo e o mais empregado. • Construção de dique inicial e os diques do alteamento periféricos com material de empréstimo, estéreis da lavra ou com “<i>underflow</i>” de ciclonagem. • Lançamento a partir da crista por ciclonagem ou “spigots”. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de dique inicial impermeável e barragem de pé. • Separação dos rejeitos na crista do dique por meio de hidrociclones. • Dreno interno e impermeabilização a montante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variação do método de jusante.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo. • Maior velocidade de alteamento. • Utilizado em lugares onde há limitantes de área. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior segurança. • Compactação de todo o corpo da barragem. • Pode-se misturar os estéreis da lavra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variação do volume de “<i>underflow</i>” necessário com relação ao método de jusante.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa segurança devido à linha freática próxima ao talude de jusante, susceptibilidade de liquefação, possibilidade de “<i>piping</i>”. • Método de licenciamento ambiental inviável atualmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de grandes quantidades de “<i>underflow</i>” (problemas nas primeiras etapas). • Deslocamento do talude de jusante (proteção superficial só no final da construção). 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de sistemas de drenagem eficientes e sistemas de contenção a jusante.

Uma barragem convencional construída em única etapa apresenta a mesma geometria daquela que é feita em etapas, com um dique de partida e alteamentos sucessivos por jusante. Logo, esse tipo de alteamento é o mais utilizado para o caso de barragens convencionais em aterro compactado, as quais serão posteriormente alteadas. Além disso, é o alteamento por jusante é o tipo de alteamento que, além de preservar a geometria inicial do maciço, é o mais seguro, pois o aterro não está assentado sobre o material presente no reservatório (rejeitos), o qual geralmente possui baixa capacidade de suporte. No entanto, o volume de aterro envolvido é maior que as outras formas de alteamento.

Já para as outras duas outras formas de alteamento de uma barragem, método de montante e por linha de centro, é necessário que o reservatório não seja formado apenas por água, mas também por material sólido próximo ao talude de montante, neste caso o próprio rejeito segregado. Nessas duas formas de alteamento, o rejeito é lançado por espigotes no reservatório a partir da crista da barragem, em que o rejeito grosso, de maior densidade, fica depositado próximo à barragem, enquanto a água e a lama (rejeito fino) migram para o fundo do reservatório. Alternativamente, além de se fazer o alteamento da barragem com solo de jazida de empréstimo, a barragem de rejeitos pode ser alteada

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 35/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

por montante ou linha de centro com o próprio rejeito, desde que o mesmo apresente propriedades geotécnicas favoráveis para isso.

As barragens alteadas com rejeitos ciclados são estruturas semipermeáveis construídas em parte com o próprio material a ser armazenado (rejeito). Essas barragens são utilizadas para a contenção de efluentes sólidos, de forma permanente e de efluentes líquidos por tempo determinado. Nesta alternativa de disposição se executa um dique inicial em solo compactado (dique de partida), sobre o qual se deposita a parcela mais grossa (*underflow*) dos rejeitos ciclados. Em suma, é uma forma de alteamento de barragem de rejeitos, em que o material que irá compor o maciço é o próprio rejeito.

Assim, as barragens com alteamentos de rejeitos ciclados são construídas da seguinte forma:

- A polpa (sólidos + água) proveniente da usina é transportada, sob pressão, através de tubulação revestida, até a crista do barramento onde estão dispostos os ciclones. Em operações de grande volume, como em minério de ferro, ou nas operações de cobre no Chile, por razões de custo, pode haver preferência por ciclagem na própria usina e transporte do rejeito já ciclado;
- Os ciclones, por centrifugação, separam a parcela grossa (*underflow*) da parcela fina (*overflow*), da polpa;
- O *underflow* é utilizado no alteamento do maciço da barragem, enquanto o *overflow* é direcionado ao reservatório;
- Após ser descarregado no talude da barragem o rejeito é espalhado em camadas sucessivas e paralelas com o auxílio de tratores e compactado com o auxílio de rolo compactador liso vibratório, ao longo do comprimento do talude promovendo o alteamento da crista da barragem, como pode ser observado na Figura 6.1.2.1.2;
- O talude de jusante é responsável pela estabilidade da barragem e o talude de montante pela estanqueidade. O talude de montante confunde-se com o rejeito armazenado no reservatório, formando a “praia”.

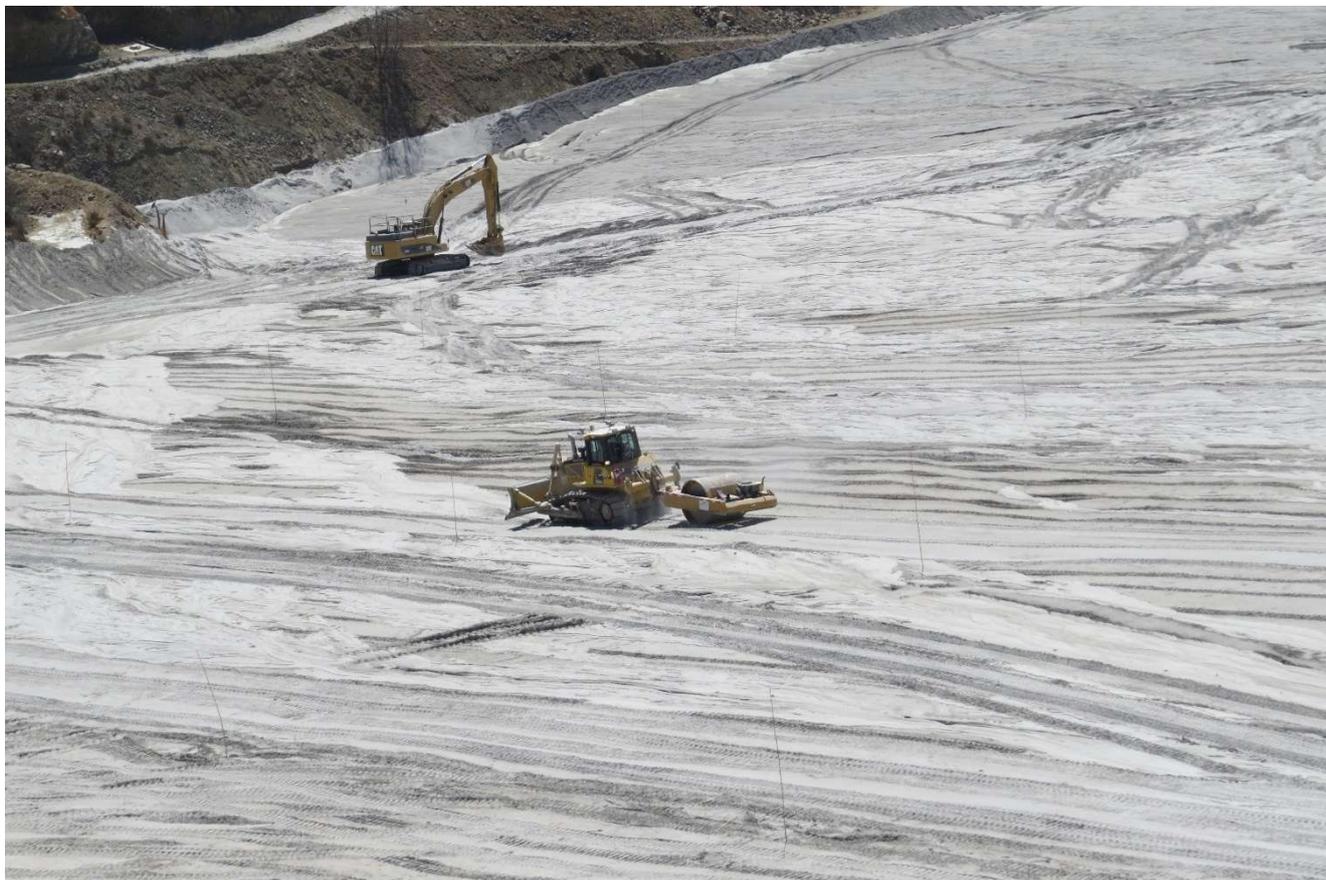


Figura 6.1.2.1.2 – Compactação do rejeito grosso para alteamento do talude de jusante.

A grande vantagem desse tipo de disposição é que o rejeito é aproveitado na constituição do maciço, reduzindo-se assim significativamente a demanda de material de empréstimo. Isso torna o empreendimento mais atraente, tanto do ponto de vista financeiro, quanto ambiental, pois a área alagada e impactada tende a ser menor que as barragens convencionais com aterro compactado. No entanto, esse tipo de disposição deve obedecer a alguns requisitos que podem se constituir em desvantagens, tais como:

- (i) Maior controle ambiental quanto a geração de poeira;
- (ii) Não é aplicável para o armazenamento e acúmulo de água;
- (iii) A operação e a gestão deste tipo de barragem são mais especializadas, demandando assim maior custo operacional de supervisão e controle;
- (iv) Apresenta baixa resistência a eventos sísmicos, uma vez que o rejeito é um material lançado e no estado fofo;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 37/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- (v) O rejeito deve apresentar textura mais grosseira, ou seja, a granulometria do rejeito deve ser predominantemente arenosa, de forma que permita separar o material fino do grosso.

Esta alternativa é mais aplicável para barragens feitas em encosta ou em vales mais abertos, que demandam maior volume de material para a construção do maciço.

Para a disposição de rejeitos em polpa no reservatório de uma barragem, o rejeito apresenta, geralmente, teor de sólidos entre 35 e 40 %, para garantir fluidez ao material, e a inclinação da tubulação para a disposição é da ordem de 1 %. Quando o rejeito atinge o nível d'água presente no reservatório, o rejeito começa a segregar de forma diferente, pois a inclinação do mergulho do material pode variar de 3 a 7 %, conforme o peso específico dos sólidos, a composição granulométrica, a mineralogia, entre outros aspectos físico-químicos. Assim, o rejeito vai formando uma praia, com acúmulo de rejeito grosso próximo ao ponto de lançamento e o rejeito mais fino e a água migra para as partes mais distantes deste ponto, como mostra a Tabela 6.1.2.1.2.

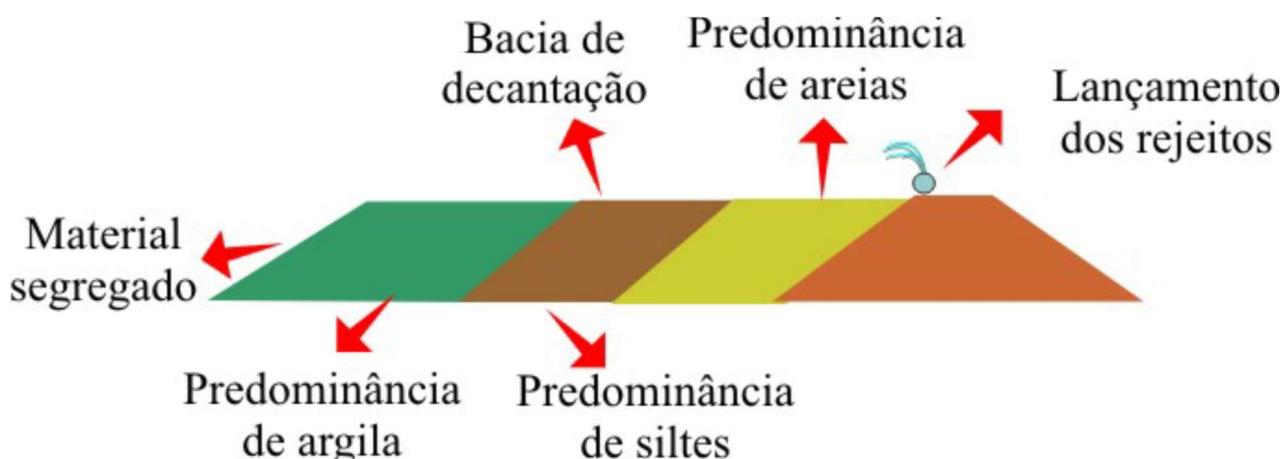


Figura 6.1.2.1.3 – Modelo de disposição de rejeitos no reservatório de barragens e formação de praia.

A escolha do ponto de disposição de rejeitos em uma barragem é função de:

- (i) Posição da planta de beneficiamento;
- (ii) Quantidade de água que se deseja recuperar dos rejeitos;
- (iii) Tipo de alteamento a ser adotado.

PROJETO CONCEITUAL
MINA

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
38/194

ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

Para as três formas de alteamento de uma barragem é possível acumular água para recirculação da planta de beneficiamento. Então, os outros dois fatores serão mais determinantes para a escolha da alternativa.

Se o barramento é próximo da planta de beneficiamento e o volume requerido para a construção do maciço é muito alto, as opções de alteamento da barragem por montante ou por linha de centro podem ser mais atrativas, pois o rejeito pode ser bombeado para o local e assim, formar a barragem.

Por outro lado, se o barramento está mais distante da planta de beneficiamento, pode-se dispor o rejeito na porção do reservatório mais distante do barramento, podendo a disposição, em função da topografia, ser feita por bombeamento ou por gravidade. Com isso, a água vai sendo acumulada próxima ao maciço (barramento), onde deverá ser instalada a bomba para captação de água para a planta.

A Figura 6.1.2.1.4 e a Figura 6.1.2.1.5 apresentam o modelo de uma barragem alteada por jusante e com lançamento do rejeito no fundo do reservatório.



Figura 6.1.2.1.4 – Barragem de rejeitos alteada por jusante e com lançamento dos rejeitos no fundo do reservatório.

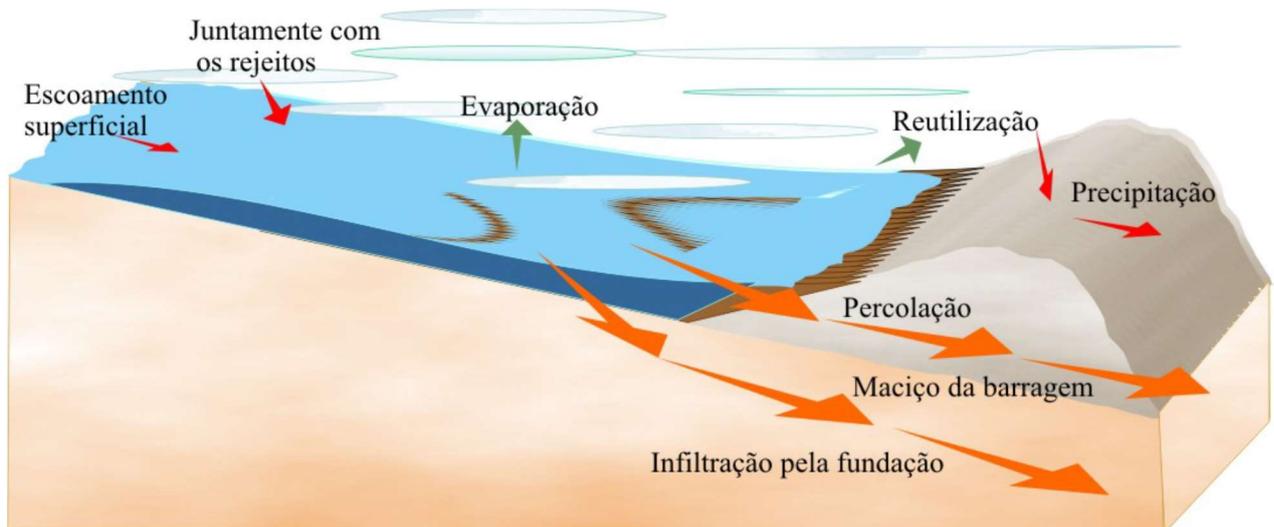


Figura 6.1.2.1.5 – Balanço hídrico de uma barragem com lançamento de rejeitos no fundo do reservatório.

Já para situações em que o reservatório da barragem é estreito e longo, uma opção para que seja possível a captação da água liberada pelo rejeito, para recirculação para a planta, caso opte-se em dispor o rejeito no fundo do reservatório, seria a construção de várias barragens em cascata, como mostra a Figura 6.1.2.1.6.

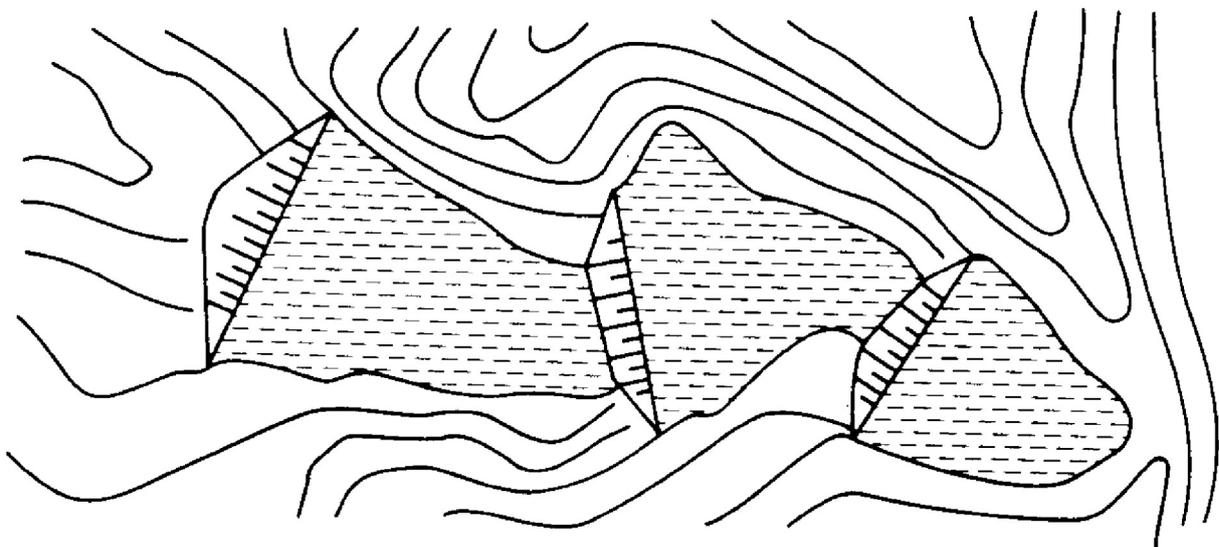


Figura 6.1.2.1.6 – Barragens construídas em vale, em cascata (VICK, 1983).

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 40/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

A disposição de rejeito em um ponto extremo do reservatório da barragem e a captação de água em outro ponto extremo, ou seja, no local em que há segregação de rejeito mais fino e água, é a melhor forma de otimizar a recuperação de água em uma barragem de rejeitos. Portanto, se o lançamento do rejeito é feito no fundo do reservatório, o melhor ponto de captação é próximo a barragem. Já para o caso de o rejeito ser lançado na crista da barragem, recomenda-se que a captação seja feita no fundo do reservatório.

6.1.2.2 EMPILHAMENTO DRENADO OU ATERRO HIDRÁULICO

O empilhamento drenado ou aterro hidráulico é uma forma de disposição similar ao alteamento de uma barragem pelo método de montante, conforme apresentado na Figura 6.1.2.1.1, porém o material que compõe o dique de alteamento é o próprio rejeito.

Recomenda-se esse tipo de disposição ou quando o rejeito é praticamente grosso (granulometria arenosa), ou quando na própria usina de beneficiamento se faz a separação do rejeito em lama (fino) do rejeito grosso, e os rejeitos são dispostos em locais diferentes, ou seja, o rejeito fino é lançado para uma barragem convencional, por exemplo, e o rejeito grosso é utilizado para a formação da pilha drenada de rejeitos.

É uma forma adequada e apropriada de disposição para barragens em encosta ou em vales abertos, que demandam grande volume de material para a sua construção, porém dependerá muito do tipo de rejeito que será gerado, pois se exige que a granulometria do rejeito seja grossa e uniforme, ou seja, menores quantidades de finos são requeridas e que redundem em um material de rápida drenabilidade.

O aterro hidráulico é utilizado quando os rejeitos são ciclados para produzir frações de areia separadas da lama. Em função da baixa permeabilidade, a lama é disposta e geralmente armazenada em uma superfície plana da mina. As frações granulares são bombeadas hidráulicamente e misturadas com aglomerantes, quando necessário. Com a consolidação da areia, o excesso de água é expulso, ou filtrado e drenado.

Para esta técnica, é necessária a construção de um dreno de fundo em toda a extensão do reservatório, o qual irá receber a água percolada pelo rejeito lançado, que será conectado com o dreno de fundo do dique de partida e, assim, liberada para a drenagem natural. Já a drenagem

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 41/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

superficial é feita na forma de canaletas de berma e descidas d'água, mas somente após o talude de jusante estar na configuração final. Além disso, é necessária a construção de uma estrutura de contenção na base da pilha para ser um dispositivo de segurança e um *start-up* (aterro compactado convencional – com filtro), com disposição a montante de rejeito com características possíveis de empilhamento.

Não é aplicável ao rejeito do Projeto Bloco 8.

6.1.2.3 EMPILHAMENTO À SECO

Os rejeitos empilhados à seco são aqueles que foram desaguados a ponto de não serem considerados mais saturados. Dessa maneira a técnica envolve outros métodos de análise, pois se trata de um material que pode desenvolver poropressões negativas (sucção) e comportamentos geotécnicos diferentes do que os rejeitos saturados. Além disso, os métodos de transporte são alternativos (correia ou caminhão) e é necessário um sistema de filtragem.

O empilhamento seco também é mais fácil de fechar e reabilitar, requerendo um esforço menor em comparação com outras opções de armazenamento de rejeitos, podendo ser utilizado em ambientes agressivos (por exemplo, terreno ondulado e íngreme) e gerar melhor imagem ambiental (DAVIES & RICE, 2001). Taxas mais elevadas de alteamento podem ser alcançadas devido ao alto estado de adensamento dos rejeitos dispostos quando comparado com disposição convencional.

O empilhamento a seco pode ser usado em áreas onde a reservação da água é crítica e toda a água não reaproveitada pode comprometer o desempenho da planta. É adequado para áreas de alta atividade sísmica e a reabilitação progressiva da área é possível, diluindo o custo do descomissionamento ao longo de um período maior quando comparado com instalações de armazenamento convencionais.

O empilhamento a seco só é realmente indicado para as operações de baixa frequência (atualmente em torno de 20.000 TPD – toneladas por dia), devido aos custos de equipamentos e gestão operacional de uma grande planta de filtração. Também são necessários sistemas de desvio a montante para evitar a inundação da instalação do empilhamento e o gerenciamento da superfície de drenagem para evitar acumulação de água e facilitar sua remoção (precipitação de chuva), evitando a formação de lagos e erosão da pilha através de canais de escoamento superficial. Nesta

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 42/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

tecnologia, não há nenhuma opção para armazenar a água dentro de uma instalação do empilhamento.

Entretanto, esse tipo de disposição de rejeitos é facilmente recomendado para regiões áridas, em que a precipitação anual é baixa e a disponibilidade de água para processo é baixa, necessitando assim de maior reaproveitamento e recuperação da água utilizada no processo de beneficiamento. Em regiões que não sejam áridas, mesmo com estação chuvosa reduzida, mas com possibilidade de chuvas significativas neste período, a operação de espalhamento e compactação do material filtrado pode se tornar construtivamente inviável.

Não é aplicável ao rejeito do Projeto Bloco 8.

6.1.2.4 TECNOLOGIA CONSTRUTIVA SELECIONADA PARA O PROJETO BLOCO 8

Analisando criticamente as alternativas construtivas apresentadas, direcionadas para as necessidades do Projeto Bloco 8, verifica-se que as técnicas mais atrativas correspondem a barragens de rejeito construídas pela metodologia de Linha de Centro, Construção de maciços com o próprio rejeito, no caso o rejeito grosso, que para o presente estudo será produzido na própria Unidade de Beneficiamento do Minério através de estações de ciclones, e utilização da disposição hidráulica convencional.

A opção pela construção de barragens construídas em etapas, considerando a metodologia de linha de centro, visa atender aos grandes volumes de materiais a serem gerados nos 18 anos de produção do Projeto Bloco 8, reduzindo os volumes totais das barragens de rejeito, com conseqüente redução das áreas de ocupação pelas mesmas, e evitar grandes avanços em relação as áreas disponíveis para a construção das estruturas no córrego Lamarão e Mundo Novo.

Além disto, para o caso específico da estrutura projetada para o córrego Mundo Novo (Barragem 2), a utilização desta metodologia otimizará a ocupação do córrego com a locação do eixo da estrutura em condição favorável, respeitando o limite da cavidade existentes na região.

Como o Projeto Bloco 8 apresenta grandes volumes de rejeitos envolvidos para os 18 anos de operação e a Planta Industrial projetada pela SAM apresenta em seus processos a separação dos rejeitos, visando a recuperação de água, os rejeitos gerados poderiam ser utilizados como material de construção. O rejeito a ser utilizado como material de construção deverá apresentar percentagem

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 43/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

de finos (material de fração silte e argila) inferior a 20% e permeabilidade compatível para que tenha drenabilidade adequada.

A partir das informações disponibilizadas pela SAM para os rejeitos grossos, finos e lama gerados no processo, verificou-se que o rejeito grosso apresenta propriedades adequadas, sendo correspondente a 14% do volume total a ser gerado nos 18 anos de operação.

Deste modo, a utilização do rejeito grosso oriundo do Processo Industrial nas condições apresentadas, apresenta grande vantagem para o estudo, por permitir a redução dos volumes de reservatório para as barragens, implicando em redução de áreas impactadas. Isto, deve-se ao fato que de que parte do volume que seria direcionado ao reservatório da barragem (acumulação) será direcionado para o maciço da estrutura (construção), implicando na redução direta do volume de acumulação. Esta metodologia é a mais adequada para a Barragem 1, uma vez que a mesma será responsável por acumulação de 75% do total dos rejeitos produzidos nos 18 anos de operação.

6.2 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE VIABILIDADE LOCACIONAL

6.2.1 ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS

Os estudos que definiram as estruturas para o Plano Diretor apresentadas no documento “BLC8-2010-M-0001_R00”, foram realizados inicialmente a partir do estudo de viabilidade Locacional, considerando os estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA) elaborado pela Brandt Meio Ambiente em junho de 2012 e os estudos desenvolvidos para o Projeto Bloco 8 em 2013 em nível conceitual.

Para a revisão dos estudos do Projeto Bloco 8, foi realizado a revisão dos estudos de viabilidade locacional existentes, de modo a validar as áreas do estudo e/ou identificar novos alvos passíveis de serem utilizados para a disposição do estéril e do rejeito, conforme apresentado no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”.

Os estudos apresentados no documento supracitado levaram em consideração a área levantada no EIA/RIMA de 2012 protocolado no IBAMA, que considerava a implantação de estruturas de disposição de estéril e rejeitos na área atual do Projeto Bloco 8, considerando a ocupação da drenagem do córrego Mundo Novo, cabeceira de drenagem do córrego Lamarão e área das atividades de exploração (cava), conforme apresentado na Figura 6.2.1.1.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 44/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

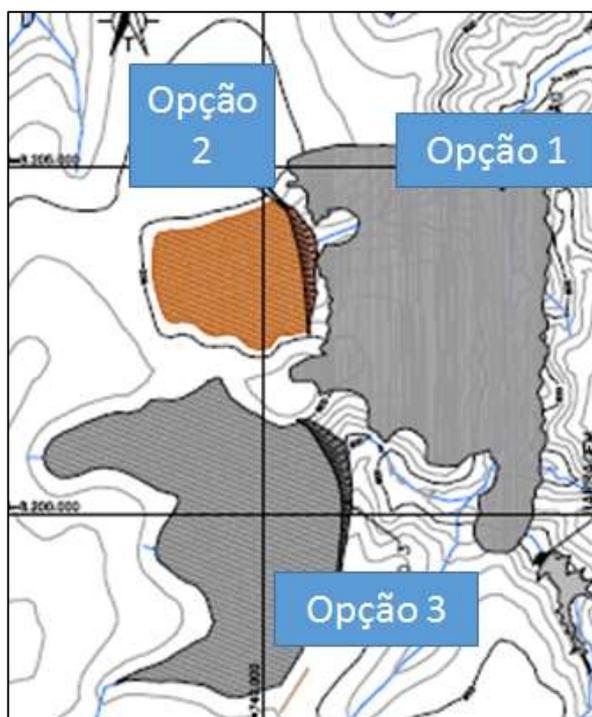


Figura 6.2.1.1 – Regiões inseridas na Área do Estudo Ambiental

Além desta área, para os estudos realizados buscou-se reavaliar as áreas estudadas no projeto conceitual elaborado pela SAM em 2013, que considerou os estudos de vales e platôs existentes em um raio de 30 Km em relação a cava do empreendimento.

De acordo com o estudo realizado, foram identificadas 15 alternativas para a ocupação, sendo 10 Vales para implantação de barragens de rejeitos e 5 (cinco) Platôs para a disposição de estéril e rejeitos em forma de aterro (pilha de estéril e/ou rejeitos).

A Figura 6.2.1.2 apresenta as áreas identificadas no limite de 30 Km em relação a cava do Projeto Bloco 8.

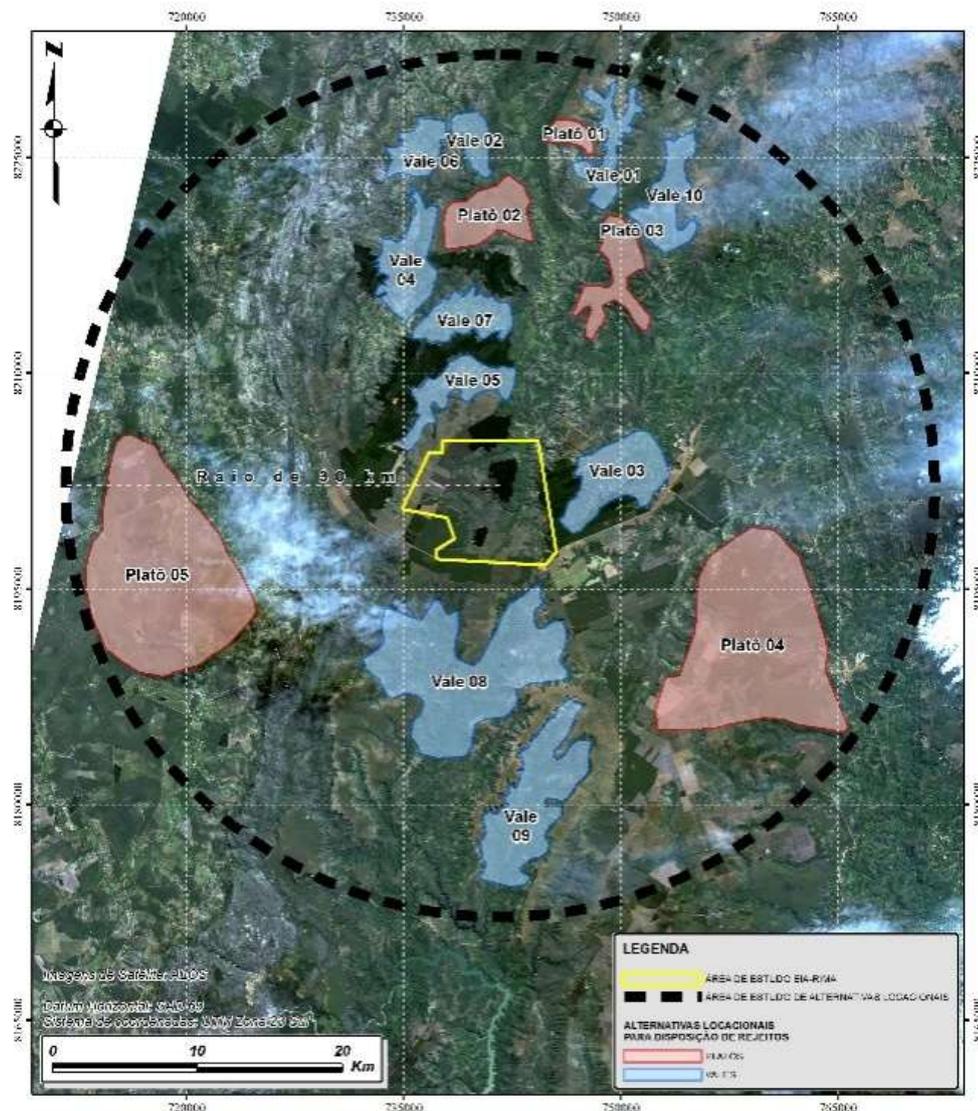


Figura 6.2.1.2 – Vale e platôs identificados no raio de 30 km em relação ao empreendimento para os estudos de viabilidade locacional.

Para os estudos realizados em 2013, as áreas apresentadas na Figura 6.2.1.2 foram inspecionadas a partir de visita de campo, sendo na oportunidade avaliado as suas condições topográficas e características locais de modo a verificar a potencialidade de utilização destas 15 áreas.

Complementarmente, foi realizado a coletas de dados a partir de estudos preliminares, baseados em imagens de satélite, utilizando o *software* Google Earth e bases topográficas disponíveis para a região. Com base nestas informações foi realizado os estudos preliminares para a estimativa da capacidade de acumulação de cada uma destas áreas em função das características dos vales e dos

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 46/194
			WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

platôs da região. A Tabela 6.2.1.1 e Tabela 6.2.1.2 apresentam as áreas e os volumes disponíveis para os platôs e vales, obtidos através das topografias disponibilizadas pela SAM para a caracterização das regiões.

Tabela 6.2.1.1 – Área aproximada dos platôs mapeados

Platôs	Área Aproximada (km²)
Platô 01	7.480,00
Platô 02	24.440,00
Platô 03	28.900,00
Platô 04	147.240,00
Platô 05	150.310,00

Tabela 6.2.1.2 – Áreas e Volumes dos vales mapeados

Vales	Área Aproximada (km²)	Altura média (km)	Volume Potencial Aprox. (Mm³)
VALE 01	28,21	0,061	1.720,81
VALE 02	11,07	0,102	1.129,14
VALE 03	40,19	0,080	3.215,20
VALE 04	37,31	0,143	5.335,33
VALE 05	29,74	0,100	2.974,00
VALE 06	20,04	0,115	2.304,60
VALE 07	26,75	0,170	4.547,50
VALE 08	128,63	0,10	12.863,00
VALE 09	79,70	0,185	14.744,50
VALE 10	32,78	0,110	3.605,80

Nos estudos desenvolvidos para esta etapa do projeto, em relação as áreas estudadas no EIA/RIMA de 2012 e no estudo de 2013, não foram identificados novos alvos potenciais para a disposição de estéril e/ou rejeitos.

Para atendimento ao novo plano de produção desenvolvido pela SAM, representado pelo documento “MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02”, foram validadas as capacidades de armazenamento pleno dos platôs e dos talwegues dos alvos listados na Tabela 6.2.1.1 e Tabela 6.2.1.2, com o objetivo de atender as novas premissas de projeto.

Outro ponto importante a ser listado para os estudos locacionais, é a possível utilização de outros talwegues de drenagem dentro da área não contemplada nos estudos de EIA/RIMA de 2012, não compreendidos nas etapas dos estudos desenvolvidos em 2013, nos quais se enquadra a drenagem denominada como córrego Batalha, paralela ao córrego Lamarão e que apresenta potencial de ocupação.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
47/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

Como critério de avaliação das áreas, foi verificado os direitos de pesquisa minerária existente dentro dos limites do raio de 30 Km em relação ao empreendimento, incluindo os direitos de pesquisa da própria SAM. Para tal, foi realizado a consulta das áreas de direito minerário junto ao cadastro do DNPM (consulta via SIGMINE - <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>), sobrepondo as áreas alvos do projeto dentro do limite de 30km, conforme apresentado na Figura 6.2.1.3.

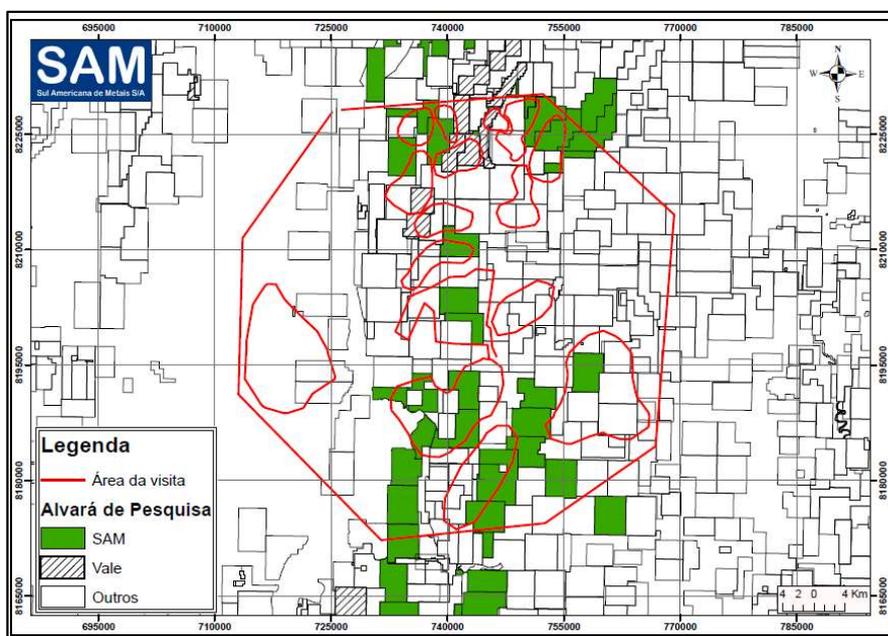


Figura 6.2.1.3 – Regiões de direito minerários requeridos na área estudada.

Avaliando a Figura 6.2.1.3 verifica-se que a maioria dos vales e platôs mapeados se encontram em áreas com licença de pesquisa. Além disto, salienta-se que grande parte destas áreas também se encontram sob plantações de pinus e eucaliptos com organizações já bem estruturadas e instaladas, levando a três áreas possíveis de ocupação.

As áreas definidas para o estudo de viabilidade locacional para o presente estudo, consideram a área delimitada nos estudos de EIA/RIMA de 2012, o Platô 5 e o Vale 3. A Tabela 6.2.1.3 apresenta as áreas foco do estudo de viabilidade locacional para o Projeto Bloco 8.

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 48/194
			WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

Tabela 6.2.1.3 – Áreas foco dos estudos de viabilidade Locacional

Origem	Áreas	Localização em relação ao Limite do Empreendimento
EIA/RIMA 2012	Cava	Interna
	Área a oeste da Cava (Mundo Novo)	Interna
	Área a sudoeste da Cava (Lamarão)	Interna
Estudos 2013	Vale 3	Externa
	Platô 5	Externa

Para subsidiar a decisão na escolha das áreas a serem estudadas para o Projeto Bloco 8, foi realizado o estudo comparativo de ocupação das 5 áreas listadas na Tabela 6.2.1.3, considerando os estudos conceituais realizados pela SAM em 2013 para o Projeto Bloco 8, conforme documento “MINA_VRP002-1010-O-RE-03-08”.

Os estudos desenvolvidos buscaram a elaboração de arranjos geométricos para a disposição do estéril e do rejeito, objetivando a máxima capacidade de armazenamento dentro dos limites das áreas, obedecendo as restrições de estabilidade dos materiais, interferências e condições topográficas locais.

Segundo o documento “MINA_VRP002-1010-O-RE-03-08” as opções avaliadas consideraram diferentes formas para a disposição de rejeitos e estéril, sendo as Opções 1, 2 e 3 correspondentes a ocupação da área do estudo do EIA/RIMA de 2012 na região da cava, córrego Mundo Novo e Córrego Lamarão, respectivamente. Já as Opções 4 e 5 correspondem aos estudos realizados para a ocupação do Vale 3 e do Platô 5, respectivamente.

A seguir são resumidas as alternativas desenvolvidas no estudo de 2013:

- Opção 1 (1A a 1E): disposição na cava através de lançamento de rejeitos em reservatório, rejeitos acondicionados em tubos de geotêxtil de alta resistência (Bag’s) e rejeitos acondicionados em diques de terra armada (Sistema Terramesh);
- Opção 2: disposição em área a oeste da cava (Mundo Novo) através do lançamento de rejeitos em reservatório;
- Opção 3 (3A e 3B): disposição em área a sudoeste da cava através do lançamento de rejeitos em reservatório e rejeitos acondicionados em tubos de geotêxtil de alta resistência (Bag’s);

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 49/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- Opção 4: disposição em vale, em área externa à Área do Estudo Ambiental, através do lançamento de rejeitos em reservatório;
- Opção 5: disposição em platô, em área externa à Área do Estudo Ambiental, através da disposição de rejeitos desaguados e empilhados.

Importante ressaltar que a utilização dos estudos realizados em 2013, foi de suma importância para a escolha das áreas a serem utilizadas para a disposição do estéril e dos rejeitos gerados para o Projeto Bloco 8, uma vez que, auxiliaram na avaliação dos possíveis impactos ambientais e/ou econômicos gerados pela disposição dos materiais, considerando a revisão do plano de produção apresentado no documento “MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02”. Os detalhes dos estudos elaborados pela SAM em 2013 encontram-se no documento “MINA_VRP002-1010-O-RE-03-08”.

Baseado no novo plano de produção e avaliando os estudos realizado em 2013 foi verificado dentre os arranjos geométricos, as condições que melhor atenderiam ao projeto. Para as áreas estudadas no EIA/RIMA de 2012 (Opções 1, 2 e 3), foi necessário a composição dos arranjos para atendimento aos volumes, sendo verificado que o melhor cenário para o estudo é formado pela composição das Opções 1C, 2 e 3A. Já os arranjos desenvolvidos para o Vale 3 e Platô 5, apresentam capacidade individual para atender todo o volume requerido pela SAM, sendo representados pelas Opções 4 e 5 respectivamente. A Figura 6.2.1.4 apresenta as áreas selecionadas no estudo desenvolvido em 2013.

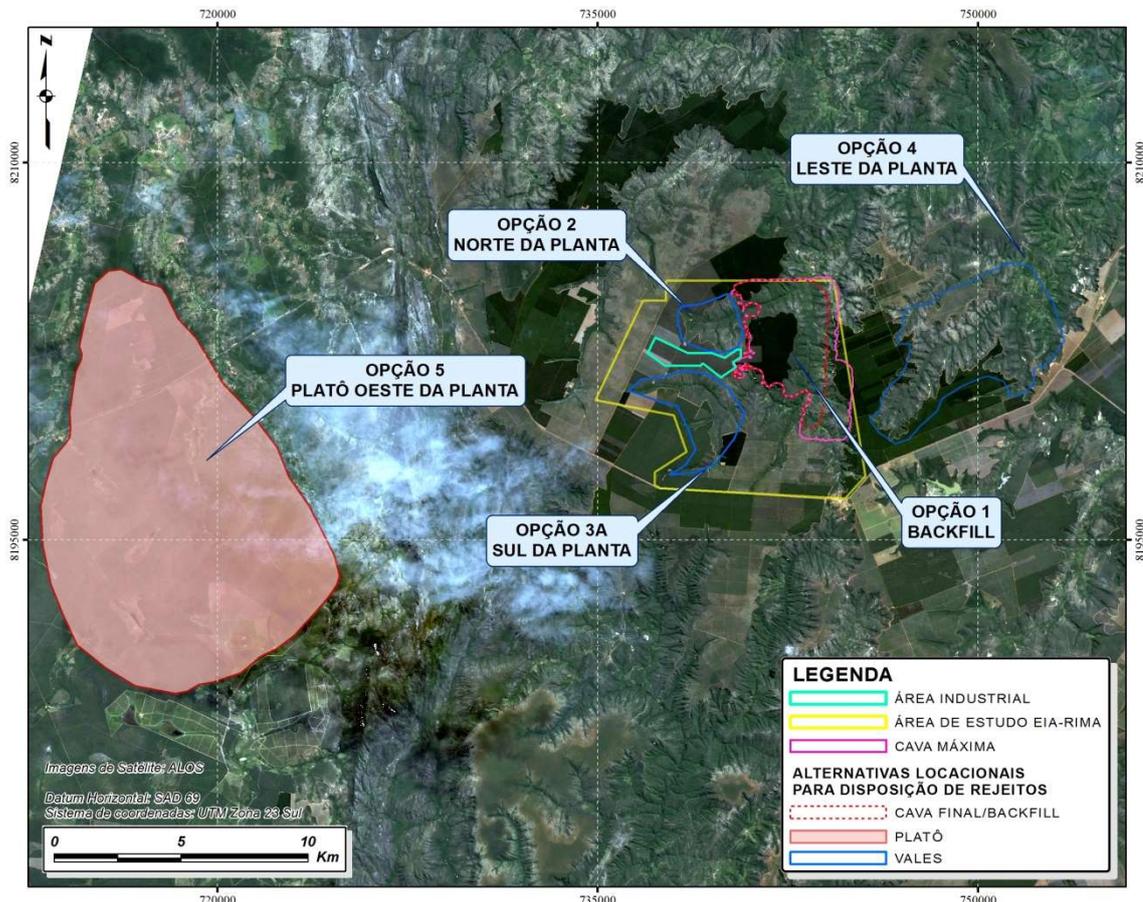


Figura 6.2.1.4 – Áreas selecionadas para o estudo de viabilidade locacional no estudo realizado em 2013 (Fonte: Documento MINA_VRP002-1010-O-RE-03, WALM 2013)

Como critério final para a escolha das alternativas desenvolvidas no estudo realizado em 2013 para a disposição de estéril e rejeito do Projeto Bloco 8, foi considerado o estudo econômico desenvolvido para os estudos realizados em 2013 pela SAM, apresentado nos documentos “MINA_VRP002-1010-O-RE-03-08” e “MINA_VRP002-1010-O-RE-11-02” sendo os dados atualizados para custos atualizados das atividades de construção das estruturas e para os custos de bombeamento, foram considerados os estudos realizados pela SAM, conforme o documento “CAPEX OPEX bombeamento_R1”.

Além disto, para que fosse possível a comparação dos custos em termos da redução da operação de 29 (vinte e nove) anos (2013) para 18 (dezoito) anos (2018), os valores foram ponderados, de forma a demonstrar os custos preliminares para as opções estudadas.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 51/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Ressalta-se que os valores são estimados e não tem caráter de custos totais reais de implantação e operação, porém, foram utilizados como critério comparativo entre as Opções estudadas nos estudos de 2013.

Para a estimativa de cálculo, foram tomados para o estudo os quantitativos referentes aos seguintes itens:

- Aterro;
- Área de Supressão/Desmatamento;
- Custos de disposição;
- Bombeamento;
- Sistema Extravasor das estruturas; e
- Materiais especiais.

Para a elaboração do comparativo em termos de custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX) para as Opções estudadas em 2013, ajustadas a atualização o Plano de Produção (ver “MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02”), foi considerado a elaboração de cenários, equivalente a disposição total dos volumes para atendimento aos 18 anos de operação do Projeto Bloco 8.

Desta forma, os cenários de estudo são:

- **Cenário 1:** Estruturas projetadas para a área dos estudos do EIA/RIMA de 2012, formado pelas Opções 1C, 2 e 3A;
- **Cenário 2:** Constituído pela ocupação do Vale 4, representado pela Opção 4 nos estudos desenvolvidos em 2013;
- **Cenário 3:** Formado pelo empilhamento de estéril e rejeitos na região do Platô 5,

Em função dos estudos realizados no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”, foi realizado o estudo de viabilidade econômica, baseado no atendimento as condições de 18 anos e com a atualização dos custos, sendo o custo final de CAPEX e OPEX para o Projeto Bloco 8, resumidos na Tabela 6.2.1.4.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 52/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 6.2.1.4 – Custo de CAPEX e OPEX por tonelada de produto e rejeito

Resumo	Cenários Econômicos do Estudo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
CAPEX US\$/tpa (produto)	4,89	10,46	118,79
OPEX US\$/t (produto)	0,71	0,72	11,26
CAPEX US\$/tpa (rejeito)	1,68	3,58	40,69
OPEX US\$/t (rejeito)	0,24	0,25	3,86

Para uma avaliação completa em termos de custos, foi realizado o estudo de VPL (Valor Presente Líquido) para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, considerando uma taxa de desconto de 10%, conforme apresenta a Tabela 6.2.1.5.

Tabela 6.2.1.5 - Cálculo do VPL para o estudo de Viabilidade Locacional

Dados	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VPL ano 18 @ 10% a.a. - US\$	295,64	449,60	4.973,06

A partir dos estudos econômicos realizados verifica-se em termos econômicos que o cenário constituído pelas estruturas na área do estudo do EIA/RIMA de 2012 (Cenário 1) é a que apresenta a melhor composição de custos de CAPEX e OPEX.

O Cenário 2 (Opção 4) que considerou a construção de um único barramento na região do Vale 3 a leste do Projeto Bloco 8, apresenta custos de investimento que são mais que o dobro do Cenário 1 (Estruturas projetadas na área do EIA/RIMA de 2012). Além disto, a área está localizada distante da Unidade de Beneficiamento, em área que necessitaria de novas avaliações e estudos de impacto ambiental, não sendo viável para esta etapa do projeto.

O Cenário 3 (Opção 5) que considera a disposição do estéril e do rejeito através de aterros convencionais (pilha de estéril e rejeito), verifica-se os maiores custos, ocasionados pelos altos custos do processo de desaguamento do rejeito (rejeito desaguado e/ou espessado) e as dificuldades operacionais de transporte. Os custos construtivos da Opção 5, bem como o custo de bombeamento dos rejeitos para a região do Platô 5 (distante cerca de 25 km a oeste da planta de beneficiamento – a oeste da Serra do Espinhaço), inviabilizariam economicamente o projeto. Além disto, o estudo concluiu que a distância da Pilha de Estéril e Rejeitos com relação à área do estudo ambiental do EIA/RIMA de 2012 também a inviabiliza ambientalmente, à medida que os impactos seriam muito maiores que os atuais.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 53/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

A partir dos estudos de viabilidade locacional realizados para o Projeto Bloco 8, considerando os estudos geométricos de disposição e o estudo de viabilidade econômica, pode-se concluir que:

- De todos os alvos estudados nos estudos realizados em 2013 pela WALM e nos novos estudos realizado em 2018, os estudos de viabilidade locacional não identificaram novas áreas (Platôs e Vales) para a disposição do rejeito e do estéril, fora da área dos estudos de EIA/RIMA de 2012 (raio de 30km em relação ao empreendimento);
- Dentre todos os platôs e vales avaliados no limite do Projeto Bloco 8, o Vale 3 e o Platô 5 foram as regiões que não apresentam interferências em relação a áreas de estudos de exploração minerária e/ou regiões economicamente ativas com exploração de Pinus e Eucaliptos, sendo estas regiões mantidas como foco dos estudos de viabilidade locacional;
- As áreas denominadas como Opção 1, 2 e 3 localizadas dentro dos limites dos estudos de EIA/RIMA de 2012 são áreas potenciais de ocupação para a disposição do estéril e rejeitos para o presente estudo, sendo ainda considerado a ocupação de outras drenagens na região do Projeto Bloco 8, tais como do córrego Batalha paralelo ao córrego Lamarão, que apresenta potencial para a disposição de rejeitos;
- Para os alvos selecionados para o estudo de viabilidade locacional (Opção 1, 2, 3, 4 e 5), buscou-se de forma comparativa, avaliar os estudos realizados 2013, com ponderações para as condições do projeto a ser realizado em 2018 e com a atualização econômica;
- Os estudos de viabilidade econômica realizados mostram que a Opção 4 (Barragem de rejeitos no vale a leste do empreendimento) poderá ser utilizada em alguma eventualidade;
- Estes estudos demonstram que a Opção 5 (Platô localizado a Oeste do empreendimento a 25 Km) não apresenta viabilidade econômica e ambiental devido aos elevados custos de bombeamento e por apresentar grandes impactos em relação as opções de ocupação na área do projeto;
- Dentre as opções estudadas, a composição das Opções 1, 2 e 3 (Opção 1C, Opção 2 e Opção 3A) foi a que apresentou a melhor composição em termos de viabilidade técnica, financeira e ambiental;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 54/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Desta forma, em função dos estudos apresentados no presente item, conclui-se que a área estudada inicialmente nos estudos e EIA/RIMA de 2012. Cenário 1, é a que melhor atende as condições de uso e ocupação em relação as áreas estudadas, com menores impactos ambientais e menores custos de implantação.

Para mais detalhes a respeito deste estudo, consultar o documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”.

6.2.2 ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Baseado nos estudos de viabilidade locacional apresentados no item 6.2.1, verificou-se que a área estudada no EIA/RIMA de 2012 é a que melhor atender as condições de disposição do estéril e dos rejeitos e conseqüentemente será a área adotada para a implantação das barragens de água.

6.3 ESTUDO DE ALTERNATIVAS DAS ESTRUTURAS

O presente item apresenta o estudo de alternativas desenvolvido para as estruturas de armazenamento de água, rejeitos e estéril, conforme apresentado nos itens 6.3.1 e 6.3.2. Já o item 6.3.4 apresenta as conclusões sobre a escolha das alternativas em função das melhores condições para o Projeto Bloco 8.

6.3.1 ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

O presente item apresenta os estudos de alternativas para as Barragens de armazenamento de água do Projeto Bloco 8, constituídas pelas estruturas denominadas Barragem Industrial (abastecimento da Planta Industrial) e Barragem do Vale (abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas).

As barragens de água concentram-se na porção sudeste da cava do empreendimento, na região denominada como córrego do Vale. Ressalta-se que para as barragens de armazenamento de água do empreendimento, foram desenvolvidas 3 (três) alternativas de uso e ocupação da área, avaliando a sua capacidade de armazenamento,

Os itens 6.3.1.1 a 6.3.1.3 e 6.3.1.4 a 6.3.1.6 apresentam as alternativas desenvolvidas para as Barragens Industriais e do Vale, respectivamente.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 55/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

6.3.1.1 BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 para a Barragem Industrial consiste na mesma concepção da estrutura projetada nos estudos realizados em 2013 para o Projeto Bloco 8, que considera a construção do barramento na região do córrego do Vale com crista na EL. 860,00 m, e mesmo eixo proposto para o barramento.

Em relação aos arranjos geométricos elaborados em 2013, devido as novas diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), as dimensões das bermas da estrutura foram alteradas para 6,00 m (geometria adotada para o presente estudo), para atendimento à critérios de construção dos dispositivos de drenagem superficial, instalação de instrumentos e garantia do acesso para os equipamentos de manutenção.

A barragem deverá ser construída em etapa única com os materiais oriundos das escavações obrigatórias para a implantação do barramento, bem como de áreas de empréstimo no interior do reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade).

A concepção desta barragem consiste na utilização de parte do volume do reservatório para o armazenamento de água para o abastecimento urbano (comunidade do Vale das Cancelas). Desta forma, foi considerado a construção de um barramento na porção sudeste do reservatório da Barragem Industrial com crista na mesma elevação, com o objetivo de separar as águas de origem industriais que deverão apresentar como fonte principal as águas liberadas do rejeito das águas de abastecimento urbano que deverão contemplar a utilização das recargas naturais da bacia de drenagem e de bombeamentos das fontes de captação do projeto (Barragem de Vacaria e/ou Irapé) para o abastecimento urbano. Ressalta-se que o barramento de separação entre as águas industriais e de abastecimento urbano é denominada como Barragem do Vale.

A barragem na EL. 860,00 m apresenta altura total de 83,00 metros, volume de maciço em solo compactado de 2,60 Mm³ e reservatório adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m) de 17,26Mm³.

6.3.1.2 BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 2

A alternativa 2, baseia-se na otimização da alternativa 1, desconsiderando a utilização da porção sudeste do reservatório para a separação de água de uso industrial e águas de abastecimento da comunidade Vale das Cancelas.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 56/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Desta forma a barragem seria formado por um reservatório único contemplando todo a bacia do córrego do Vale. A geometria adotada para a barragem é a mesma apresentada no início do item 6.3.1 e consiste na construção da barragem em etapa única com utilização dos materiais oriundos das escavações obrigatórias para a implantação do barramento, bem como de áreas de empréstimo no interior do reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade).

A Barragem para o abastecimento urbano deverá ser posicionada fora da área do estudo, implicando em um estudo adicional para o atendimento as demandas de abastecimento da comunidade Vale das Cancelas.

A barragem na sua concepção final apresenta altura máxima de 83,00 metros, volume de maciço em solo compactado de 2,60 Mm³ e reservatório adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m) de 19,32 Mm³.

6.3.1.3 BARRAGEM INDUSTRIAL – ALTERNATIVA 3

A Alternativa 3 para a Barragem Industrial consiste na máxima utilização do córrego do Vale para a construção da estrutura de abastecimento da Planta Industrial do empreendimento. Para tal, foi considerado como limitante para a concepção do barramento o limite da cava máxima matemática do empreendimento para o posicionamento da estrutura.

Como premissa para a elaboração desta geometria, foi considerado a adoção de um bordo de segurança de 200,00 metros em relação a esta área com o objetivo de evitar impactos futuros com a área em eventual utilização desta região para o empreendimento.

Para o posicionamento do eixo deste barramento, buscou-se a compatibilização com a estrutura responsável pelo abastecimento urbano, denominada como “Barragem do Vale” que deveria ser implantada em uma das cabeceiras de drenagem do córrego do Vale. Como premissa para a definição da cota de crista da Barragem Industrial, considerou-se ainda que o reservatório da barragem, não impacte diretamente com o maciço da Barragem do Vale.

A partir destas premissas, a crista da estrutura está localizada na EL. 825,00 m. Assim como para os demais maciços das alternativas 1 e 2, foi considerado que o maciço da estrutura deverá ser executado com materiais de escavação obrigatória da região e/ou de áreas de empréstimo do

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 57/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade), sendo que para a cota da crista o volume de maciço será de 1,22 Mm³

A barragem apresenta nesta configura altura máxima de 55,00 metros e reservatório adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 823,00 m) de 10,49 Mm³.

6.3.1.4 BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 para a barragem de abastecimento do Vale das Cancelas, considera a mesma concepção dos estudos realizados em 2013 para o Projeto Bloco 8, onde foi previsto a construção de um barramento de separação do reservatório da Barragem Industrial (ver item 6.3.1.1) para restringir o contato entre a água gerada pelo processo industrial de produção do Minério de Ferro e da água a ser utilizada para o consumo humano.

O barramento foi posicionado estrategicamente na porção sudeste do reservatório da Barragem Industrial, sendo considerado para tal, cota da crista idêntica à da barragem Industrial – Alternativa 1, equivalente a EL. 860,00 m.

Para o presente estudo de alternativas, foi considerado que este barramento deverá ser implantado em etapa anterior a construção da Barragem Industrial e/ou concomitante, com o objetivo de evitar interferências e/ou construção de estrutura provisórias de contenção. A Barragem do Vale – Alternativa 1 será construída em etapa única com material oriundo das escavações obrigatória e/ou de áreas de empréstimo no reservatório (desde que os mesmos apresentem características adequadas).

A partir destas premissas, foi desenvolvido o arranjo geométrico para a Alternativa 1, baseado nos estudos realizados em 2013. Ressalta-se que a geometria da barragem foi alterada com o objetivo de atender as recomendações da NBR 13.028 (ABNT, 2017) que recomenda a implantação de bermas com largura suficiente para a implantação dos dispositivos de drenagem superficial, instrumentação e para trânsito de equipamentos de manutenção. Desta forma, em relação ao estudo realizado em 2013, a berma foi aumentada para 6,00 metros para atendimento aos requisitos do projeto.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 58/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

A Barragem do Vale para a Alternativa 1, encontra-se na EL. 860,00 m e apresenta altura máxima de 83,00 metros, volume de maciço de 0,38 Mm³ e capacidade de 0,64 Mm³, considerando o reservatório com borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m).

6.3.1.5 BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 para a Barragem do Vale consiste na construção de um barramento independente para o atendimento da demanda hídrica da Comunidade Vale das Cancelas. Para tal, foi considerado a ocupação da cabeceira do vale a nordeste do arranjo previsto para a Barragem Industrial nos estudos realizado em 2013, na região do córrego do Vale.

Optou-se pela utilização deste vale, por sua capacidade de armazenamento, superior à dos estudos realizados em 2013 e representado pela Alternativa 1 do item 6.3.1.4, e por apresentar condições de segurança superiores as obtidas para o arranjo apresentado.

Como a Barragem deverá apresentar capacidade compatível para o abastecimento da Comunidade Vale das Cancelas, optou-se pela maximização da ocupação do vale proposto, sendo adotado crista na EL. 860,00 m para a Barragem do Vale – Alternativa 2.

Foi considerado que a estrutura deverá ser implantada em etapa única e que os materiais de empréstimo para o barramento deverão ser originados das escavações obrigatórias para a implantação da estrutura e/ou de áreas de empréstimo localizadas no próprio reservatório da estrutura (desde que comprovada a sua viabilidade).

A Barragem do Vale – Alternativa 2 apresenta crista na El. 860,00 m, altura total de 65,00 metros, volume de maciço de 0,70Mm³ e capacidade total de armazenamento de 1,64Mm³.

6.3.1.6 BARRAGEM DO VALE – ALTERNATIVA 3

A Alternativa 3 dos estudos para o barramento para a contenção de água para o abastecimento urbano, considera a premissa de ocupação de grande parte do vale do córrego do Vale com o reservatório da Barragem Industrial, considerando como limite a Barragem Industrial – Alternativa 3, apresentada no item 6.3.1.3 do presente documento. Desta forma, a Barragem do Vale deverá ser construída em regiões de cabeceira da drenagem do córrego. Dentro os talvegues com a maior capacidade de acumulação, verificou-se que a região sudeste do córrego é a que apresentava a maior capacidade de armazenamento. Ressalta-se que a área a sudeste do córrego equivale a

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 59/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

mesma drenagem estudada para a Barragem do Vale – Alternativa 1. Além disto, foi adotado como premissa base para esta alternativa, que a Barragem do Vale – Alternativa 3, não deverá apresentar quaisquer saturações devido a sobre-elevação do reservatório da Barragem Industrial – Alternativa 3 a jusante. Assim, o eixo foi ajustado na porção sudeste da área disponível de maneira a propiciar a maior capacidade de armazenamento, dentro dos limites.

Para atendimento as condições apresentadas, a Barragem do Vale – Alternativa 3 foi limitada com a crista na EL. 870,00 m. Além disto, foi considerado que a barragem seria construída em etapa única e que os materiais de empréstimo para estas barragens serão obtidos das escavações obrigatórias para a construção da estrutura e de áreas de empréstimo na área do reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade).

A Barragem do Vale – Alternativa 3 na EL.870,00 m apresenta altura máxima de 45,00 metros, volume de maciço de 0,28Mm³ e capacidade de acumulação de 0,50Mm³. As alternativas estudadas são apresentadas nas Tabela 6.3.1.6.1 e Tabela 6.3.1.6.2.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
60/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Tabela 6.3.1.6.1 – Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem do Vale

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
Vale	1	50,00	26.679,82	383.000,00	51.606,65	640.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- Eixo da Barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e Mineroduto SAM;- A alternativa apresenta menor área impactada entre os estudos para o abastecimento urbano.	<ul style="list-style-type: none">- Opção apresenta baixo volume de acumulação para o abastecimento urbano;- A alternativa apresenta a pior relação entre o volume de maciço e volume de reservatório;- A barragem operando nesta condição implica em riscos operacionais para a SAM, uma vez que a estrutura irá operar como um dique de separação entre a água industrial e água de abastecimento urbano, apresentando variações de nível a montante e a jusante que podem implicar em elevadas gerações de pressões neutras na estrutura podendo levar a ruptura por erosão regressiva (piping) para este tipo de estrutura construída em solo;- Risco de ruptura da barragem, em caso de rebaixamento rápido do reservatório da Barragem Industrial;- Risco de ruptura da barragem em caso de colapso da Barragem Industrial a jusante.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
61/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
	2	65,00	35.039,67	700.000,00	86.549,87	1.640.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- Eixo da Barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e Mineroduto SAM;- O barramento encontra-se localizado em talvegue paralelo ao previsto para a construção da Barragem Industrial, operando independente desta estrutura;- A alternativa é a que apresenta a melhor relação entre volume de maciço e volume de reservatório para as barragens de abastecimento do projeto da SAM;- A Barragem nesta configuração é a que apresenta a maior capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas para o abastecimento da Comunidade de Vale das Cancelas;- Não apresenta interferência com outras estruturas a montante e/ou a jusante.	

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
62/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
	3	45,00	19.172,36	280.000,00	44.088,14	500.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- A alternativa é a que apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório para as barragens de abastecimento do projeto da SAM;	<ul style="list-style-type: none">- Opção apresenta baixo volume de acumulação para o abastecimento urbano;- A alternativa apresenta a menor capacidade de acumulação do reservatório para a demanda de abastecimento urbano;- Risco de ruptura da barragem, em caso de rebaixamento rápido do reservatório da Barragem Industrial;- Risco de ruptura da barragem a jusante devido ao efeito de ruptura em cascata para a Barragem Industrial localizada imediatamente à jusante.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
63/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Tabela 6.3.1.6.2 – Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem Industrial

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
Industrial	1	83,00	11.360,57	2.660.000,00	728.589,43	17.260.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- Eixo da Barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e Mineroduto SAM;- Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório;- Apresenta boa capacidade de acumulação para água de reuso na Planta Industrial do Projeto Bloco 8.	<ul style="list-style-type: none">- Apresenta um dique de separação entre o reservatório para uso industrial que irá operar sobre variação de nível nos taludes de jusante e montante, condição não apropriada para a operação de maciços em solo compactado, pois as elevadas gerações de pressões neutras nos taludes dos barramentos poderão levar ao colapso da estrutura;- Implica em baixa capacidade de volume de água para o abastecimento urbano na Barragem do Vale;- Risco de ruptura da barragem, devido ao efeito de ruptura em cascata caso ocorra o colapso da Barragem do Vale localizada na porção sudeste do reservatório.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
64/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
	2	83,00	11.360,57	2.660.000,00	783.398,97	19.320.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- Eixo da Barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e Mineroduto SAM;- Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório;- Apresenta a maior capacidade de acumulação para a água de reuso na Planta Industrial do Projeto Bloco 8;- Não apresenta estruturas de contenção intermediária no reservatório;- Não apresenta restrição para a Barragem do Vale;- Não apresenta riscos de ruptura em cascata devido a existência de barramentos a montante da estrutura.	

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
65/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
	3	55,00	74.711,67	1.220.000,00	606.092,69	10.495.000,00	<ul style="list-style-type: none">- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);- Eixo da Barragem localizado no limite de ocupação para o córrego do Vale respeitando as interferências existentes;- Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório.	<ul style="list-style-type: none">- Exige realocação dos estudos para o eixo do mineroduto e da linha adutora de água das Barragens de Irapé e Vacaria;- Apresenta menor capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas;- Implica na redução da área disponível para a construção da Barragem do Vale para o abastecimento urbano;- Risco de ruptura da barragem, devido ao efeito de ruptura em cascata caso ocorra o colapso da Barragem do Vale localizada a montante do reservatório.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 66/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

6.3.2 ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS

O presente item apresenta o estudo de alternativas para as estruturas de disposição de estéril e do rejeito a ser gerado nos 18 Anos de Operação do projeto Bloco 8, sendo considerado para tal o Plano de Produção desenvolvido pela SAM (conforme item 4.0) e os estudos de viabilidade locacional realizados pela WALM no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”.

Nos estudos de viabilidade locacional realizados para o Projeto Bloco 8, foi considerada a avaliação de diversas áreas localizadas próximas ao empreendimento, limitando-se a um raio de 30 km em relação a cava do projeto. Nos estudos foram analisados os vales e platôs com potencial para a construção de barragens e/ou empilhamentos. Estas áreas foram analisadas em termos do seu uso e ocupação, considerando os estudos conceituais realizados pela WALM em 2013, sendo complementados por estudos de viabilidade econômica realizado pela WALM/SAM para as novas premissas do estudo.

A partir dos estudos apresentados no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”, concluiu-se que as áreas avaliadas referentes à área de ocupação da cava do Projeto Bloco 8 “*Backfilling*” (Opção 1), do córrego Mundo Novo (Opção 2) e do córrego Lamarão (Opção 3), foram as que melhor atenderiam aos critérios técnicos, econômicos e ambientais.

A Figura 6.3.2.1 apresenta a localização das áreas definidas no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 67/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

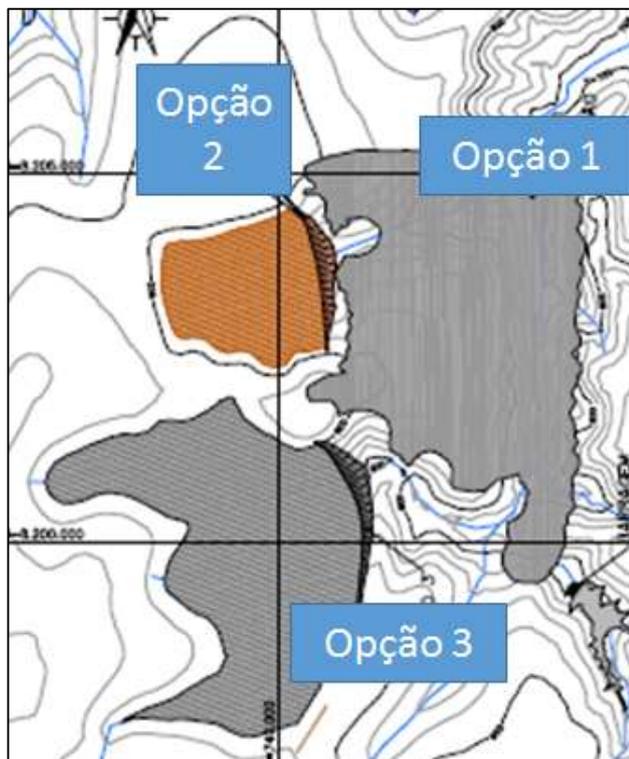


Figura 6.3.2.1 – Arranjo geral das áreas foco dos estudos de EIA/RIMA de 2012, definidas para a disposição de estéril e rejeitos na área do Bloco 8.

O item 6.3.2.1 apresenta os estudos de alternativas para as Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8. Já o item 6.3.2.2 apresenta os estudos para o *Backfill* e o item 6.3.3 apresenta os estudos de alternativas realizados para a Estrutura Ambiental de Contenção para o projeto.

6.3.2.1 BARRAGENS DE REJEITOS

Para os estudos de concepção dos barramentos, foi realizada a avaliação dos melhores eixos de construção, considerando-se as características topográficas locais, interferências existentes e metodologia adotada para o maciço inicial e alteamentos.

6.3.2.1.1 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 de disposição dos rejeitos para o Projeto Bloco 8, considera a disposição do rejeito gerado ao longo dos 18 anos de operação do empreendimento consiste na ocupação das drenagens do córrego Lamarão e Mundo Novo com barragens em solo compactado.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 68/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Para a região, optou-se pela máxima ocupação do vale do córrego Lamarão, com a construção de um barramento construído em etapas até a cota referente ao “espigão” entre a drenagem dos córregos Lamarão e Batalha. A cota máxima do “espigão” é equivalente a EL. 915,00 m sendo a Barragem 1, apresentando cota máxima na EL. 914,00 m.

A Barragem 1 seria construída em etapas com maciço inicial na EL. 870,00 m. Nesta configuração, o maciço inicial da Barragem 1 apresenta volume total de construção de 8,63Mm³ de aterro em estéril, materiais de escavação obrigatória e/ou de áreas de empréstimo na área do reservatório e altura máxima de 98,00 metros. A Barragem 1 seria alteada com o rejeito grosso (*underflow*) obtido no processo de beneficiamento do minério, devido aos elevados volumes requeridos no empreendimento, sendo a barragem alteada em etapas (recrescimento diário), considerando a metodologia de linha de centro, com o lançamento do material de forma hidráulica no talude de jusante do maciço inicial da Barragem 1, com o teor de sólidos informado pela SAM.

Neste processo o rejeito grosso é lançado em faixas (“painéis”) de 200,00 m sobre o talude de jusante através de espigotes posicionados estrategicamente sobre a crista da barragem, e distanciados entre si de 2,00 a 5,00 m. A ocupação de cada painel de 200,00 metros é realizada a partir do lançamento hidráulico do rejeito grosso até que se obtenha camadas de aproximadamente 0,50 m. A partir deste ponto é interrompido o lançamento do rejeito neste painel com o fechamento dos espigotes e dar-se-á início da ocupação de um novo painel de 200,00 m. Ao término do lançamento da camada de 0,50 m no painel, o material recém lançado sofrerá redução de umidade (processo de desaguardamento), devido a permeabilidade adequada do rejeito, até que seja possível o tráfego de equipamentos. Ao se atingir tal condição é realizado a regularização da camada do rejeito de modo a propiciar a compactação adequada do material no painel de 200,00 m. A compactação da camada do rejeito grosso será realizada por um rolo rebocado liso de modo a atingir grau de compactação de 95% do Proctor Normal. O processo é contínuo ao longo do eixo da barragem, com ocupações dos painéis de 200,00 metros.

Para a Barragem 1, o alteamento da estrutura até a EL. 914,00 m deverá consumir um volume total de rejeito grosso de 19,00 Mm³. Além da barragem alteada em rejeito grosso, nesta configuração, seria necessário a construção de uma sela topográfica na região sudeste do reservatório, denominado com Dique D em solo compactado.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 69/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

A barragem na sua condição final apresenta altura final de 142,00 m capacidade total de armazenamento de 435,86 Mm³. Ressalta-se que o volume do reservatório considera a ocupação completa do reservatório desprezando o efeito do adensamento e/ou geometria das praias de lançamento.

Ao término das operações de lançamento do rejeito no reservatório da Barragem 1, após o adensamento do reservatório, para o aumento da capacidade de acumulação na região, optou-se pela construção de um empilhamento sobre o reservatório. Nesta condição considera-se que o material a ser depositado no reservatório seria o estéril gerado nas operações de lavra e o rejeito a ser depositado na região seria obtido a partir de processo de desaguentos (processo de espessamento e/ou filtragem).

Ressalta-se que para esta alternativa, deverá ser avaliada em etapas futuras as condições de adensamento, fundação e recalques no reservatório para a construção do empilhamento, podendo ser necessários obras de reforço e/ou aceleração dos recalques de forma a permitir a execução do empilhamento dentro das boas práticas de engenharia.

Para a Barragem 2 a ser construída no córrego Mundo Novo, foi considerado a construção de um barramento em etapa única em solo compactado, podendo ser constituído por estéril, materiais das escavações obrigatórias e/ou de materiais de empréstimo da área do reservatório.

A Barragem 2 foi concebida com maciço na EL. 900,00 m, apresenta altura total de 115,70 m e tem capacidade total de armazenamento de 162,50 Mm³. Para atendimento as condições estabelecidas no estudo, foi considerado a implantação de um barramento para atendimento ao volume de descarga da planta, conforme solicitação da SAM. O barramento está localizado na porção sul do reservatório, atendendo ao volume de 500.000,00 m³ para a descarga da planta.

6.3.2.1.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 para as Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8 consiste na proposição da construção de barragens de rejeito nas regiões dos córregos Lamarão e Mundo Novo considerando o atendimento do volume total de rejeitos a serem gerados nos 18 anos de operação e barragens construídas em etapas.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 70/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Nesta alternativa, optou-se pela máxima ocupação da região do córrego Lamarão, sobrepondo as cotas máximas em terreno natural, desconsiderando quaisquer empilhamentos sobre o reservatório da barragem, com disposição dos rejeitos de forma hidráulica ao longo dos anos de operação. Assim, a Barragem 1 proposta para a Alternativa 2 irá contemplar a ocupação do vale adjacente ao Lamarão, denominado como córrego Batalha com o objetivo de maximizar o volume de acumulação. Como os volumes de rejeito requeridos para o Projeto Bloco 8 são elevados, para a máxima acumulação de material nesta região, optou-se pela sobreposição das cotas máximas em terreno natural, com implantação de uma barragem para a conformação da ombreira esquerda da estrutura na região sul/sudoeste da estrutura.

Para tal, a partir das análises da topografia dos vales dos córregos Lamarão e Batalha, verificou-se que a cota máxima da crista da barragem seria referente a EL. 935,00 m. Como a região do córrego do Batalha na sua margem direita apresenta cota máxima topográfica na EL. 910,00 m, será necessária a construção de um barramento nesta região.

Esta barragem deverá ter duas funções específicas para a estrutura. Operar como sela topográfica para a região sul/sudoeste, evitando que o material estocado atinja a BR 251 e a drenagem do córrego do Vale onde encontra-se a Barragem Industrial, a ser considerada nos estudos. A segunda função do barramento será de criar o aterro de fechamento para a ombreira esquerda da barragem na cota de projeto. Por se tratar de um barramento de grande importância para o empreendimento, este barramento deverá ser constituído por aterro em solo compactado, sendo construído em estéril, material oriundo das escavações obrigatórias na área do reservatório e/ou de materiais de empréstimo na área do reservatório.

O eixo do maciço principal da Barragem 1 se encontra na direção noroeste/sudeste de modo a conduzir os fluxos percolados pelo barramento para a drenagem da calha do córrego Lamarão. A Barragem deverá ser construída em etapas considerando maciço inicial em estéril e/ou em solo com materiais obtidos das escavações obrigatórias e/ou materiais de empréstimo na área do reservatório, em cota conveniente para o armazenamento dos rejeitos gerados ao longo dos anos. Os alteamentos serão realizados considerando a utilização do rejeito grosso como material de construção, com o lançamento hidráulico do mesmo, considerando a mesma metodologia apresentada para a construção do alteamento da Barragem 1 – Alternativa 1.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 71/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

A partir de uma análise previa da topografia disponibilizada pela SAM para os estudos, foi definido que a barragem inicial em solo compactado deverá ser implantada na EL. 890,00 m, fazendo com que a estrutura apresente altura total de 119,00 metros, volume de aterro compactado de 18,95 Mm³ e capacidade total de acumulação de 262,60 Mm³.

A partir desta elevação o alteamento da barragem dar-se-á com a disposição simultânea de rejeito grosso no talude de jusante (com geometria compatível com o teor de sólidos do lançamento do rejeito), considerando a metodologia de linha de centro e rejeitos grossos, finos e lama na região do reservatório. Para o presente estudo, foi considerado que a cota da crista da barragem equivale a EL. 935,00 m, levando a uma barragem com altura máxima de 159,00 m. Para o alteamento da barragem ao longo dos anos de operação, será necessário um volume de rejeito grosso para a construção de 46,45Mm³, com o barramento apresentando capacidade total de armazenamento de 900,00 Mm³.

Para a Barragem 2 no córrego Mundo Novo, a Alternativa 2 consiste na implantação do barramento construído em etapas, considerando a construção de maciço inicial e alteamentos em solo compactado pela metodologia de linha de centro.

Com o intuito de maximizar o volume de armazenamento na região do córrego Mundo Novo, foi considerado a cota máxima do barramento na EL. 915,00 m, por limitações da topografia na região norte do empreendimento (limite do empreendimento e exigência de sela topográfica para não transpor a drenagem do córrego Mundo Novo), além do atendimento aos platôs da Unidade de Beneficiamento do Projeto Bloco 8, bem como respeitar as cotas dos pontos de lançamento dos rejeitos grossos, finos e da lama gerados no processo de produção do Minério de Ferro.

Após a avaliação das características topográfica do córrego Mundo Novo com a avaliação previa da curva Cota x Volume da região, verificou-se que a cota do maciço inicial para a região seria equivalente a EL. 890,00 m, fazendo com que a barragem apresente altura total de 107,00 m, volume total de maciço de 17,15 Mm³, e reservatório com capacidade de acumulação de 123,40 Mm³.

A barragem seria alteada em etapas com o próprio estéril e/ou materiais de empréstimo considerando 2 (duas) etapas de crescimento para a estrutura. A primeira considera o alteamento de 15,00 m do maciço inicial pela metodologia de linha de centro, com a crista da barragem alterada da EL. 890,00 m para a EL. 905,00 m, fazendo com que a Barragem 2 apresente 122,00 metros de altura final. Para o alteamento seriam necessários 5,00Mm³ de solo para a construção desta etapa, sendo que o

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 72/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

reservatório apresentaria um aumento de sua capacidade em 55,35 Mm³, fazendo com que a barragem apresente capacidade de acumulação total de 178,75 Mm³.

A segunda etapa do alteamento faria com que o maciço final da estrutura atinja a cota final prevista para a Barragem 2 na EL. 915,00 m, implicando em um ganho de volume de 39,60 Mm³ de reservatório. Para a construção do último alteamento seria necessário um volume total de 4,30 Mm³ de material, sendo a altura final do barramento igual a 132,00 metros. A capacidade total de armazenamento da Barragem 2 será de 218,35 Mm³.

As alternativas estudadas para as Barragens 1 e 2 são apresentadas nas Tabela 6.3.2.1 e Tabela 6.3.2.2

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
73/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Tabela 6.3.2.1 – Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem 1

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
1	1	185,00		657.630.000,00(*)		1.065.860.000,00	- A Barragem nesta configuração é a que apresenta a maior capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas.	- Risco de ruptura devido a construção do empilhamento sobre rejeito de baixa resistência
	2	159,00	1.898.242,93	65.400.000,00	19.151.150,52	900.000.000,00	- Máxima ocupação a região do córrego Lamarão, sobrepondo as cotas máximas em terreno natural, desconsiderando quaisquer empilhamentos sobre o reservatório da barragem, com disposição dos rejeitos de forma hidráulica ao longo dos anos de operação; - Esta alternativa irá contemplar a ocupação do vale adjacente ao Lamarão, denominado como córrego Batalha com o objetivo de maximizar o volume de acumulação	

(*) Nota: Observa-se que 630,00 Mm³ é referente ao empilhamento sobre o reservatório



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
74/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Tabela 6.3.2.2 – Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem 2

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m ²)	Volume de Maciço (m ³)	Área Reservatório (m ²)	Volume de Reservatório (m ³)	Vantagens	Desvantagens
2	1	115,70				162.500.000,00	- Barragem construída em uma única etapa em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);	- Menor volume de acumulação
	2	132,00	694.089,87	26.450.000,00	5.581.184,41	218.350.000,00	- Barragem inicial em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem); - Alteamentos por linha de centro construídos com aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem);	

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 75/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

6.3.2.2 BACKFILL

De modo a reduzir os impactos ambientais na área do Projeto Bloco 8, bem como iniciar as obras de reabilitação de áreas antropizadas das atividades minerárias, optou-se pela disposição do estéril nas áreas exauridas da cava do Projeto Bloco 8.

Este tipo de disposição é denominado como “*Backfill*”, por ocupar áreas já impactadas pela atividade de mineração, não sendo necessária a ocupação de novas áreas no entorno do empreendimento (redução de impacto ambiental). A disposição do estéril no interior da cava, apresenta ainda, a vantagem de auxiliar no descomissionamento das áreas exauridas da cava com o fechamento parcial da estrutura.

Para o início dos estudos, a WALM avaliou cuidadosamente o sequenciamento de lavra anual apresentado pela SAM para os 18 anos de operação do empreendimento, bem como as demais interferências na região da cava. Verificou-se que a sequência de operação não permitirá disposição para as frentes de lavra a partir do final do ANO 14, em que a cava sofrerá frequentes rebaixamentos até a configuração final do ANO 18. Desta maneira, os arranjos geométricos do presente estudo foram baseados na Cava do ANO 14.

A partir do arranjo geométrico da cava matemática para o Ano 14, foram considerados os estudos para a disposição do estéril para o Projeto Bloco 8. Como a disposição na área da cava apresenta um grande ganho ambiental, por evitar a ocupação de regiões de vegetação nativa, para os estudos do *Backfill*, optou-se por alternativas que contemplem a disposição hidráulica de rejeitos.

Optou-se pela manutenção do trecho de disposição hidráulica do rejeito em cota inferior à da cava do Projeto Bloco 8. Segundo 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 usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, onde uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 76/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

- d) 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.

O Artigo 2 da Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 no item II descrito a seguir, define o termo Barragem de Mineração.

- **“II. Barragens de Mineração:** barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais;”

Assim, o *Backfill* não se enquadra como barragem.

6.3.3 ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO

6.3.3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os Serviços Multidisciplinares realizados em 2018 englobaram, dentre outros estudos, a ruptura hipotética para as barragens do Projeto Bloco 8, em que foram verificados diversos cenários relativos à propagação da onda de ruptura. Os cenários mais críticos encontrados se tratavam dos eventos ocorridos na Barragem 1 na sua configuração inicial (crista na EL. 890,00 m) e final (crista na EL. 935,00 m).

O estudo de ruptura, realizado à época, apresentado no documento MINA_BLC8007-1010-G-RE-15_R03, demonstrou que a propagação da onda de ruptura ocasionaria o rompimento em cascata da Barragem de Rio Vacarias, a jusante do empreendimento.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 77/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Observando o estágio final da capacidade de armazenamento da Barragem 1 – Inicial (final do Ano 7) e a cava na condição de exploração do Ano 7, constatou-se que as manchas de ruptura se estenderam por 347 km, atingindo o rio Jequitinhonha. O critério de parada da onda foi determinado quando a vazão da propagação dela se tornou inferior à vazão do curso d'água para um período de retorno de 2 anos.

Por outro lado, ao se considerar a estrutura de disposição de rejeitos e a cava na sua configuração final de ocupação (Ano 18 de operação) e a cava na conformação final do Ano 18, para os mesmos critérios de estudo da Barragem 1 – Inicial, a onda do rompimento da Barragem 1 – Final se propagou por uma distância de 399 km.

Com base nos estudos realizados em 2018, devido à extensão da envoltória máxima de inundação da Barragem 1, para os cenários inicial e final, evidenciada pelo rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacarias, foi elaborado um novo estudo, objetivando a redução dos impactos de um possível rompimento da Barragem 1.

A solução mais adequada para evitar o rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacarias e, conseqüentemente, reduzir os impactos de uma eventual ruptura das barragens do Projeto Bloco 8 foi a implantação da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC) no córrego Lamarão, impedindo que o material proveniente do rompimento alcançasse a Barragem do Rio Vacarias e quaisquer comunidades.

6.3.3.2 ALTERNATIVAS PARA O EIXO DA EAC

Baseado nas informações do projeto conceitual da Barragem 1, Backfill e das cavas a serem consideradas para o Projeto Bloco 8, foi realizado um estudo preliminar, visando a definição dos possíveis eixos a serem considerados para a contenção. Como premissa básica, foram estudados eixos para a implantação da estrutura de contenção, posicionados ao longo do curso d'água do córrego Lamarão, no trecho compreendido entre a cava e a região da Barragem do Rio Vacaria.

Buscou-se pela topografia as melhores opções de eixo, considerando o nível atual de detalhamento da topografia do empreendimento, condição dos talvegues, presença de espigões e impactos em drenagens adjacentes.

PROJETO CONCEITUAL
MINA

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
78/194

ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

Com base nestes dois critérios, foram definidos 2 (dois) eixos para a estrutura de contenção. O Eixo 1, localizado a 10,70 km da Barragem 1 (distância medida em relação ao curso d'água), com um afastamento maior em relação à cava do empreendimento e em uma região do córrego Lamarão menos sinuosa, apresentando boas características de implantação. Em contrapartida, o Eixo 2 se encontra recuado em 1,20 km do Eixo 1 (a 9,50 km do eixo da Barragem 1), em zonas de talvegues, mais sinuosos, porém mais encaixado que a encontrada para o Eixo 1. Além disso, situa-se dentro do limite do empreendimento em área já estudada pela SAM.

A utilização deste eixo a montante visou a redução do impacto ambiental na região do córrego Lamarão, dentro dos limites da Área Diretamente Afetada do Projeto Bloco 8. A Figura 6.3.3.1 e a Figura 6.3.3.2 apresentam os eixos estudados para os dois eixos considerando a configuração do Projeto Bloco 8 nos 7 e 18, respectivamente.

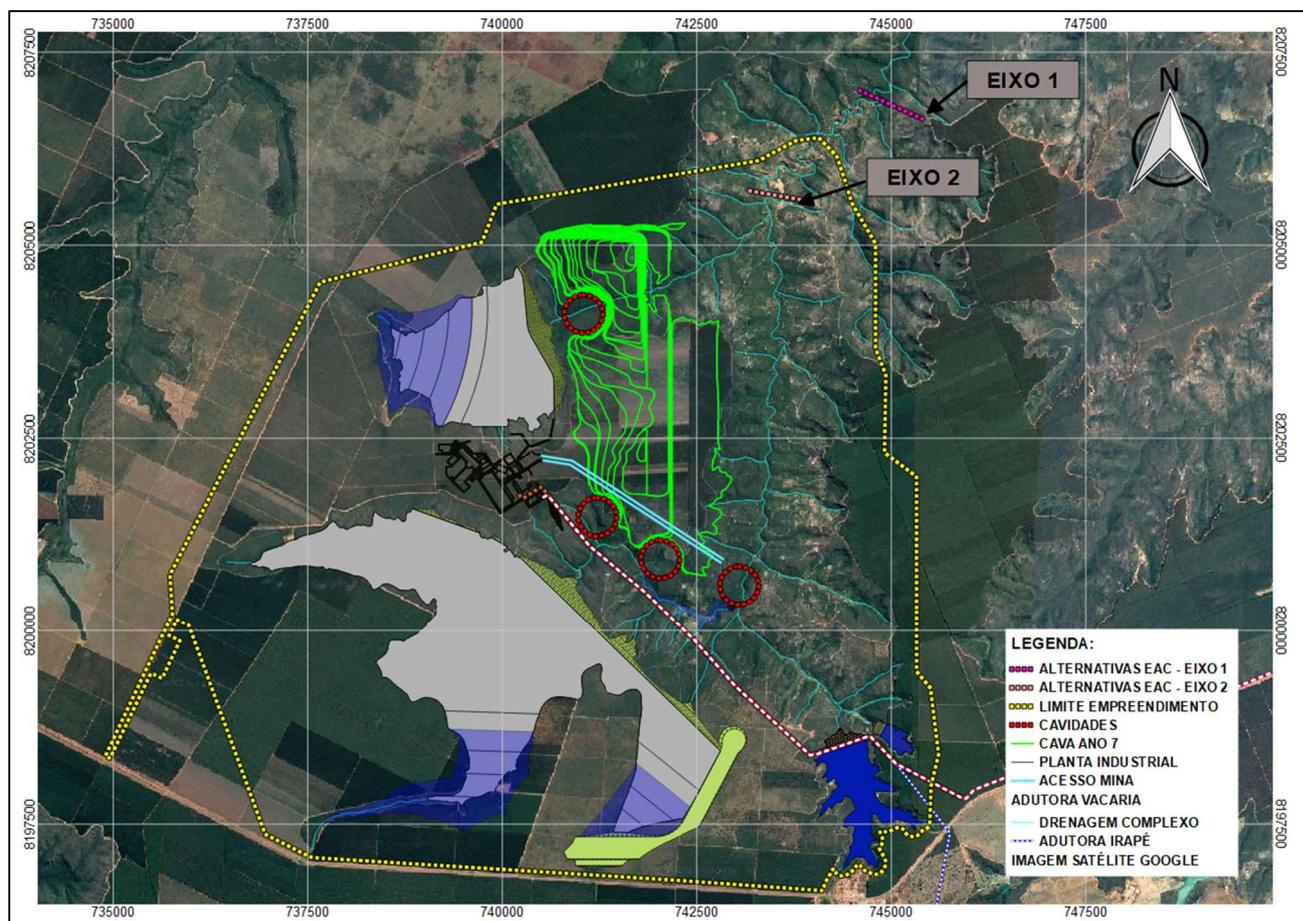


Figura 6.3.3.1 – Posição dos eixos estudados para a estrutura de contenção – Ano 7.

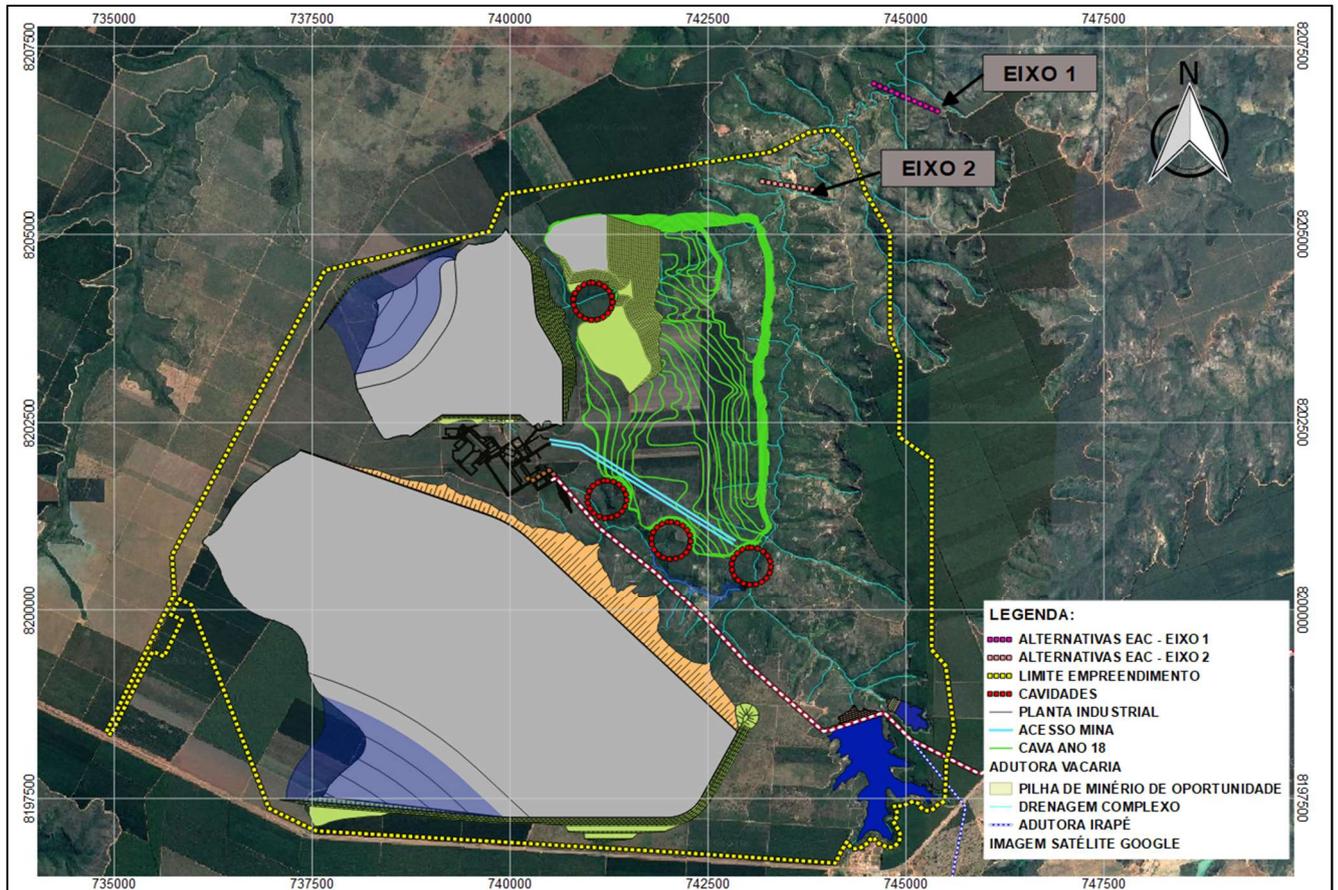


Figura 6.3.3.2 – Posição dos eixos estudados para a estrutura de contenção – Ano 18.

Com base nestes eixos, entre os anos de 2018 e 2019, foram desenvolvidos os estudos preliminares de ruptura para a definição das cotas máximas de rejeito oriundas de cenários de rompimento hipotético da Barragem 1, na sua condição inicial e final. Esses estudos foram desenvolvidos considerando as diretrizes da Portaria DNPM nº 70.389/2017 (legislação vigente à época).

De acordo com os resultados dos estudos elaborados em 2018/2019, a cota máxima dos rejeitos para o volume mobilizado na Barragem 1, no cenário mais crítico (barragem final), implicou na elevação máxima do reservatório até a EL. 743,90 m, tendo sido admitida a cota da soleira do sistema extravasor da EAC na EL.745,00m, e a cota da crista na EL. 750,00m.

Entretanto, tendo em vista as novas diretrizes estabelecidas pela Resolução da Agência Nacional de Mineração (ANM) nº32/2020, fez-se necessária a revisão dos estudos de ruptura supracitados e, conseqüentemente, a reavaliação da Estrutura Ambiental de Contenção.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 80/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Os resultados obtidos na atualização dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1 desenvolvidos em 2021, visando o atendimento da ANM nº32/2020, implicaram na necessidade de alteamento da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC) prevista nos estudos elaborados em 2019 e, por consequência, no redimensionamento das estruturas auxiliares tais como sistema extravasor de emergência e Dique de Proteção da Cava, tendo em vista que o volume de rejeitos mobilizados foi da ordem de 38% superior ao volume admitido no estudo anterior (desenvolvido entre os anos de 2018 e 2019), passando de 365.225.861,25 m³ para 587.371.696,75 m³.

Diante do exposto, no presente documento é apresentada a concepção atual da Estrutura Ambiental de Controle admitida no Projeto Bloco 8 (item 0), considerando os resultados obtidos na revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1. Ressalta-se que, nesta atualização, foi preservado o eixo original da EAC projetada em 2019, por esse ter sido selecionado como a melhor alternativa, levando-se em consideração os critérios ambientais e sociais, conforme avaliação apresentada no item 6.3.4.5.

6.3.4 ALTERNATIVAS MAIS VIÁVEIS PARA O PROJETO BLOCO 8

Os itens 6.3.1 a 6.3.4.5 apresentam as justificativas para as alternativas mais viáveis para o Projeto Bloco 8.

6.3.4.1 CONCLUSÃO E JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA SELECIONADA PARA AS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

A partir das tabelas anteriores, verifica-se que a alternativa 2 propostas para as Barragens Industrial e do Vale é a que melhor atende as condições para as demandas de água para o abastecimento da Planta Industrial do Projeto Bloco 8 e para o abastecimento de água para a comunidade Vale das Cancelas.

Para a Barragem do Vale, a Alternativa 2 é a mais indicada para atender as necessidades do Projeto. Em relação aos estudos realizados em 2013, a barragem foi posicionada em talvegue paralelo a Barragem Industrial, evitando a operação simultânea de bombeamento para as duas barragens de forma conjunta.

Para a Barragem Industrial, a Alternativa 2 apresenta a máxima capacidade de volume de armazenamento para a ocupação do córrego do Vale, correspondente as necessidades operacionais

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>	
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 81/194</p>	
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>	

do Projeto Bloco 8. O volume total armazenado no barramento, equivale ao abastecimento da Planta Industrial de aproximadamente 6 (seis) meses de produção, segundo informações da SAM.

Desta maneira, o barramento nesta configuração apresenta ainda uma condicionante hídrica para o projeto, uma vez que poderá, após a realização dos estudos de balanço hídrico integrado, implicar em redução das vazões requeridas de bombeamento das estruturas de Vacaria e Irapé. Além disso, a barragem não apresenta interferências diretas com estruturas de barramento a montante e/ou a jusante, implicando em maior segurança geotécnica.

6.3.4.2 CONCLUSÃO E JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA SELECIONADA PARA A BARRAGEM 1

Para a Barragem 1, a alternativa 2 é a que melhor atende o Projeto do Bloco 8, pois atende ao volume requerido pela SAM para atendimento a geração dos rejeitos, sem apresentar risco de ruptura como a alternativa 1, que devido a construção do empilhamento sobre rejeito de baixa resistência apresenta elevado risco de ruptura. Além disto, a alternativa 2 utiliza parte do rejeito a ser gerado nos 18 anos de operação do empreendimento, para a composição das etapas de alteamento com a utilização do rejeito grosso, reduzindo o volume total de reservatório para a barragem, reduzindo o impacto nas áreas do entorno da barragem, com menor área ocupada e redução da altura útil da Barragem, em se tratando das magnitudes dos volumes de rejeito do Projeto Bloco 8. A barragem apresenta ainda a vantagem em seu sistema de construção com a construção da barragem em camadas compactadas, levando a uma maior estabilidade geotécnica em relação as barragens convencionais construídas com o rejeito como material de construção. Para a etapa do projeto a SAM considerou ainda que a Barragem 1 apresente filtro vertical no alteamento com o próprio rejeito, pela metodologia de linha de centro, impondo uma maior segurança em relação a barragens construídas pela mesma metodologia.

6.3.4.3 CONCLUSÃO E JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA SELECIONADA PARA A BARRAGEM 2

Para a Barragem 2, a alternativa 2 é a que melhor atende o Projeto do Bloco 8 por apresentar maior volume de acumulação, em relação as estruturas estudadas. Além disto, a alternativa 2 permite a construção em etapas da estrutura, ao potencializando a utilização do estéril como material de construção em todas as fases do empreendimento, auxiliando na redução de material a ser depositado em pilhas de estéril.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 82/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

6.3.4.4 CONCLUSÃO E JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA SELECIONADA PARA O *BACKFILL*

Para a disposição do estéril e rejeitos no *Backfill*, devido às limitações da área da cava do Projeto Bloco 8, que apresentará a Pilha de Minério de Oportunidade, Centrais de britagem, Correia Transporta e rampa de acesso principal entre a Planta Industrial e a cava na sua porção sudoeste/sul, impossibilitou a elaboração de um estudo de alternativas de disposição para o Projeto Bloco 8.

Desta maneira, para o estudo de alternativas foi limitado a ocupação das paredes leste e norte da cava (arranjo 18 anos), disponível para a disposição do estéril e do rejeito para o Projeto Bloco 8. Para subsidiar os estudos de ocupação na região, a WALM avaliou o sequenciamento da Cava, com a seleção do melhor uso e ocupação da cava para a disposição do estéril e rejeitos.

A partir da análise do sequenciamento da exploração e baseado na disposição do estéril a partir do ANO 2, quando será iniciado a geração de materiais para a disposição em pilhas, verifica-se que o limite de ocupação das áreas da cava é restringido pela cava no final do ANO 14. Cabe ressaltar que a lavra do Projeto Bloco 8 é realizada no sentido Oeste/Leste do empreendimento com avanços em profundidade em cada ano de exploração. A avaliação realizada nos estudos desenvolvidos pela WALM, demonstra que a partir do ANO 14, os avanços de lavra na cava do Projeto Bloco 8 apresentam o aprofundamento sucessivos em uma mesma região da cava, sem a liberação de novas áreas de disposição, impossibilitando novas ocupações até o final das explorações no ANO 18.

Definido o ano base para a ocupação da cava, dentro das interferências existentes, foi desenvolvido o arranjo geométrico para o *Backfill*, respeitando ainda uma zona segura em relação as paredes da cava no final do ANO 14 de 90,00 m, de modo a permitir o acesso as frentes de lavra no sentido da exploração, implantação dos *sumps* operacionais e como zona de segurança em relação as detonações na área da cava.

6.3.4.5 CONCLUSÃO E JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA SELECIONADA PARA A EAC

Comparando os dois cenários estudados, verifica-se que os Eixos 1 e 2 atendem à condição de retenção total dos materiais mobilizados por uma eventual ruptura da Barragem 1. Para ambos os cenários, o colapso desta estrutura na sua condição final levaria às maiores elevações do rejeito, associados à configuração da cava (Ano 18). A diferença entre a elevação máxima encontrada entre as duas configurações é da ordem de 16 m, sendo que o Eixo 2 estaria em uma cota mais baixa.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 83/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Em relação à área impactada, o Eixo 1 apresenta maior impacto no córrego Lamarão, englobando ainda áreas não estudadas pela SAM para os estudos de EIA/RIMA. Além disto, o reservatório do Eixo 1 apresentaria uma maior zona de benfeitorias atingidas, o que é uma desvantagem em relação ao Eixo 2.

Portanto, a fim de reduzir o impacto ambiental e o número de benfeitorias atingidas em relação à mancha de ruptura, foi considerado para os estudos a utilização do Eixo 2.

7.0 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

As características do empreendimento apresentadas nesse item são referentes ao Plano Diretor e estruturas definidas, a partir da seleção das alternativas tecnológicas e locacionais apresentadas anteriormente.

7.1 PLANO DIRETOR DO PROJETO E CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS

O Plano Diretor do empreendimento a ser licenciado está apresentado na Figura 7.1.1, considerando-se a vida útil de 18 anos do Projeto Bloco 8

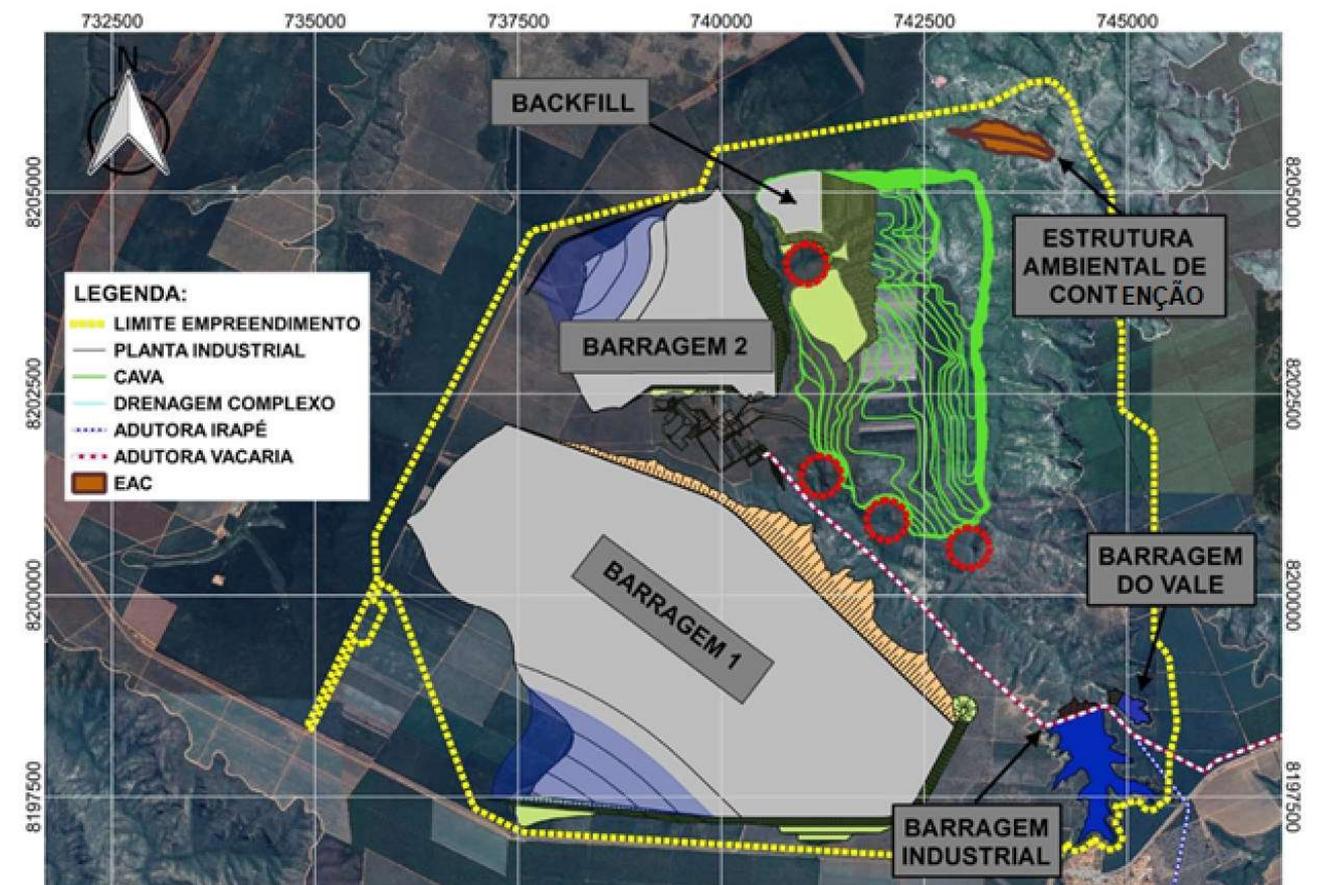


Figura 7.1.1 – Arranjo Geral Projeto Bloco 8 – Final do Ano 18 de Operação

As estruturas de disposição de rejeitos, estéréis e armazenamento de água, que integram o plano diretor, estão apresentadas na Tabela 7.1.1, a seguir, com as respectivas áreas de ocupação, ao final do 18º ano de operação do empreendimento:

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
85/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06**Tabela 7.1.1 – Áreas das Estruturas do Projeto Bloco 8 para o Ano 18**

Estrutura	Área (m²)
Dique da Barragem1 (em rejeito)	1.567.523
Dique da Barragem 1 (em solo)	799.100
Praia da Barragem 1	2.628.007
Barragem do Vale	23.132
Barragem Industrial	71.950
<i>Backfill</i>	634.882
	1.416.561
	458.580
Dique da Barragem 2 (em solo)	615.356
Dique da Barragem 2 (em solo)	165.741
Dique da Barragem2 (em solo)	45.913
Praia da Barragem 2	1.026.573
Estrutura Ambiental de Contenção	308.761,21

7.1.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

O presente item apresenta as principais características das barragens de armazenamento de água do Projeto Bloco 8, denominadas Barragem Industrial (abastecimento da Planta Industrial) e Barragem do Vale (abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas).

7.1.1.1 BARRAGEM DO VALE

A Barragem do Vale consiste em um barramento independente para o atendimento da demanda hídrica da Comunidade Vale das Cancelas. Abaixo apresenta-se a ficha técnica da Barragem do Vale com as informações da mesma.

Para mais informações sobre o projeto conceitual da Barragem do Vale, consultar documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-29".

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 86/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 7.1.1.1 – Ficha técnica da Barragem do Vale.

Barragem do Vale	
Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	860,00
Elevação Base (m)	795,00
Altura Máxima (m)	65,00
Largura de Crista (m)	10,00
Comprimento de Crista (m)	184,00
Taludes locais (H:V)	2,0 H : 1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6 H : 1,0 V
Área de Maciço (m ²)	35.039,67
Volume total Maciço (m ³)	700.000,00
Cota do nível d'água operacional (m)	858,00
Área de espelho d'água (m ²)	86.549,87
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da soleira na El. 858,00 m	1.640.000,00
Vazão de Projeto Sistema Extravasor– TR 10.000 anos (m ³ /s)	5,2
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	859,0
Borda Livre Resultante (m)	1,00

7.1.1.1.1 MACIÇO

A Barragem do Vale será construída em uma única etapa, sendo o maciço homogêneo, constituído de estéril compactado. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 860,0 m, com 10,0 m de largura e 184,0 m de comprimento; altura máxima de 65,0 m; inclinação do talude de jusante de 2,6 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

7.1.1.1.2 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E INTERNA

O sistema de drenagem superficial proposto para a Barragem do Vale tem como 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

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 87/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

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.

O sistema de drenagem da barragem será composto por um 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 desague é constituído por um dreno de pé em enrocamento localizado na base do talvegue natural.

7.1.1.1.3 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.

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 88/194
			WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

7.1.1.1.4 MONITORAMENTO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. A tabela a seguir apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

Tabela 7.1.1.2 – Tipos de instrumentos de monitoramento e respectivas funções

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	07	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões 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.

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

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334/2010, complementada pela Lei 14.066/2020, 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.

Após análise das características da Barragem do Vale, a mesma foi classificada da seguinte forma:

Tabela 7.1.1.3 – 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
Dano Potencial Associado (DPA)	7
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Baixo
Classe	E

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 89/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.1.2 BARRAGEM INDUSTRIAL

A Barragem Industrial é formada por um reservatório único contemplando toda a bacia do córrego do Vale. Na ficha técnica abaixo consta as informações do arranjo geral da barragem.

Para mais informações sobre o projeto conceitual da Barragem Industrial, consultar documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-30".

Tabela 7.1.1.4 – Ficha técnica da Barragem Industrial.

Barragem Industrial	
Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	860,00
Elevação Base (m)	777,00
Altura Máxima (m)	83,00
Largura de Crista (m)	10,00
Comprimento de Crista (m)	672,00
Talude locais (H:V)	2,0 H : 1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6 H : 1,0 V
Área de Maciço (m ²)	11.360,57
Volume total Maciço (m ³)	2.660.000,00
Cota do nível d'água operacional (m)	858,00
Área de espelho d'água (m ²)	783.387
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da soleira na El. 858,00 m	19.322.109
Vazão de Projeto Sistema Extravasor– TR 10.000 anos (m ³ /s)	59,31
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	858,95
Borda Livre Resultante (m)	1,05

7.1.1.2.1 MACIÇO

A Barragem Industrial será construída em uma única etapa, sendo o maciço homogêneo, constituído de estéril compactado. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 860,0 m, com 10,0 m de largura e 672,0 m de comprimento; altura máxima de 83,0 m; inclinação do talude de jusante de 2,6 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

7.1.1.2.2 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E INTERNA

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial da Barragem Industrial e conduzi-las, de forma ordenada, até o curso de água, de forma

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 90/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

a proteger os taludes e bermas do maciço, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas da barragem, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes das bancadas da barragem até os canais periféricos. Essas estruturas foram projetadas em seção retangular revestidas em concreto, com inclinação longitudinal mínima de 0,5%;
- 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, com seção retangular, em concreto armado 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;
- Proteção em enrocamento da interface de uma porção do maciço com o terreno natural, onde não foi previsto um canal periférico. Essa proteção foi constituída por um tapete de enrocamento numa faixa de aproximadamente 1,0 m do barramento, com espessura média de 0,50 m, visando proteger a face do maciço do escoamento superficial oriundo da drenagem superficial do terreno natural, de maneira a minimizar o surgimento de processos erosivos.

O sistema de drenagem da barragem será composto por um filtro vertical em areia com espessura de 1,00 m, tapetes drenantes de ombreira em areia com espessura de 0,90 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 desague 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 MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 91/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.1.2.3 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem Industrial foi concebido 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, sendo composto pelos seguintes elementos:

- Canal de aproximação do tipo “*side channel*”, visando a redução da seção geométrica do longo do sistema extravasor. O canal lateral será concebido em seção trapezoidal, taludes 1V:2H, com base menor de 40 metros de largura, altura de 2,0 metros, tendo sua soleira na El. 858,00m;
- Canal do vertedouro: concebido em concreto armado, com geometria retangular, e declividade longitudinal nula em seu trecho inicial, e de 0,75% no seu trecho final. O canal do vertedouro receberá as contribuições vertidas pelo canal lateral. Essa estrutura foi concebida com seção retangular, em concreto armado, com 9,0 metros de base e altura variando de 5,0 m (trecho inicial) para 3,0 metros;
- Canal do rápido: concebido em concreto armado, com geometria retangular, tendo seu fundo constituído por degraus onde a topografia possui altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água. O canal do rápido foi concebido com seção retangular, em concreto armado, com 9,0 metros de base e altura de 2,0 metros;
- Bacia de dissipação: concebida em concreto, 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.

7.1.1.2.4 MONITORAMENTO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. A Tabela 7.1.1.5 a seguir apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 92/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 7.1.1.5 – Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções.

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	08	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões desenvolvidos ao longo da fundação.
INA	08	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	08	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

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

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334/2010, complementada pela Lei 14.066/2020, 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.

Após análise das características da Barragem Industrial, a mesma foi classificada da seguinte forma:

Tabela 7.1.1.6 – Resumo da Classificação da Barragem Industrial.

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	10
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	18
Dano Potencial Associado (DPA)	8
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Médio
Classe	C

7.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS

O presente item apresenta as principais características das Barragens 1 e 2, bem como do sistema de disposição *Backfill*.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 93/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.2.1 BARRAGEM 1

A Barragem 1 consiste na construção da barragem de rejeitos na região do córrego Lamarão considerando o atendimento do volume total de rejeitos a serem gerados nos 18 anos de operação.

A barragem será construída em etapas, sendo inicialmente construído um Dique de Partida, maciço alteado com rejeito grosso e o Dique de sela na ombreira esquerda, este com objetivo de fechar o reservatório do sistema.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta barragem, assim como o arranjo geral e as seções típicas da estrutura inicial e final.

Para mais informações sobre o projeto conceitual da Barragem 1, consultar documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-31".

Tabela 7.1.2.1 – Ficha técnica da Barragem 1

Estrutura	Inicial	Final
Elevação Crista (m)	890,00	935,00
Elevação Base (m)	776,00	770,00
Altura Máxima (m)	119,00	165,00
Largura de Crista (m)	10,00	10,00
Comprimento de Crista (m)	4.763,11	6.827,66
Talude locais (H:V)	2,0 H:1,0 V	2,0 H:1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00	10,00
Largura de bermas (m)	6,00	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	3,5 H:1,0 V	3,5 H:1,0 V
Área de Maciço (m ²)	730.006,88	1.898.242,93
Volume total Maciço (m ³)	18.950.000	65.400.000
Cota do nível d'água operacional (m)	887,00	932,00
Área de espelho d'água (m ²)	2.196.120	2.161.192
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da soleira	235.348.761	869.176.106
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da crista	262.603.131	927.474.822
Vazão de Projeto Sistema Extravasor – TR 10.000 anos (m ³ /s)	43,94	42,53
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	887,74	933,71
Borda Livre Resultante (m)	1,26	1,29

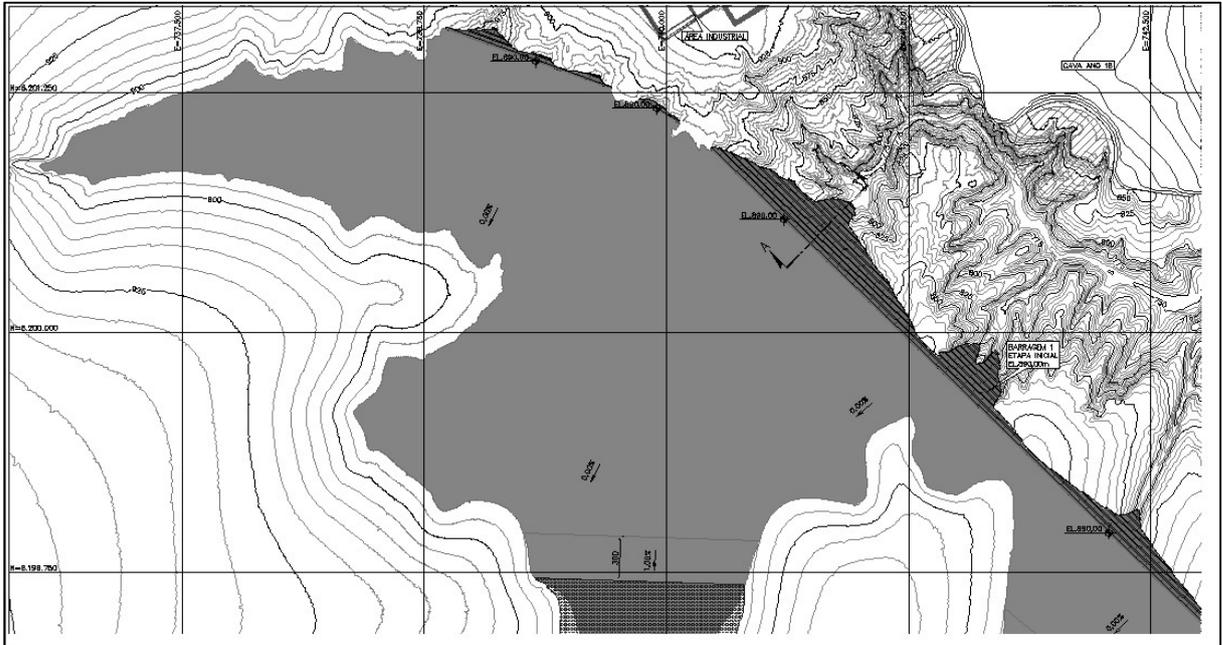


Figura 7.1.2.1 - Arranjo geral do Dique de Partida

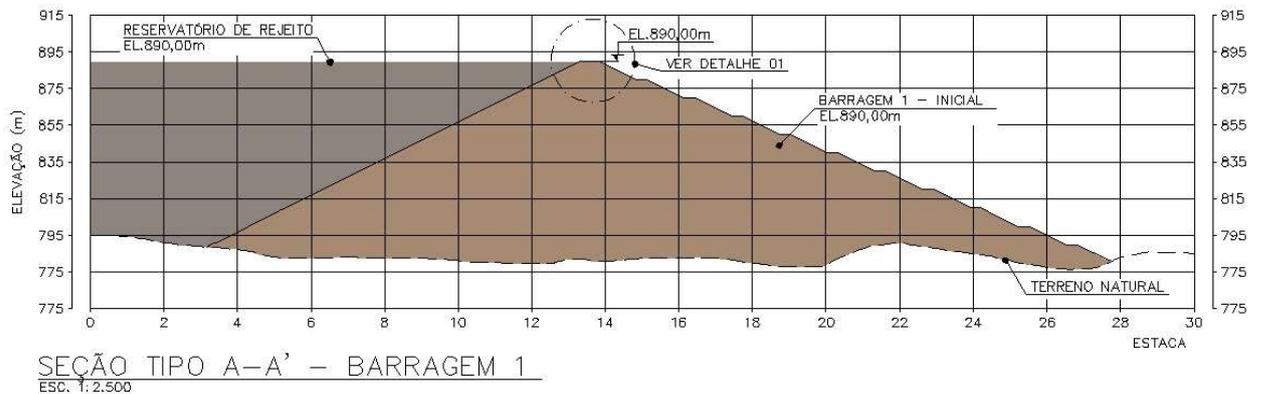


Figura 7.1.2.2 – Seção do Dique de Partida

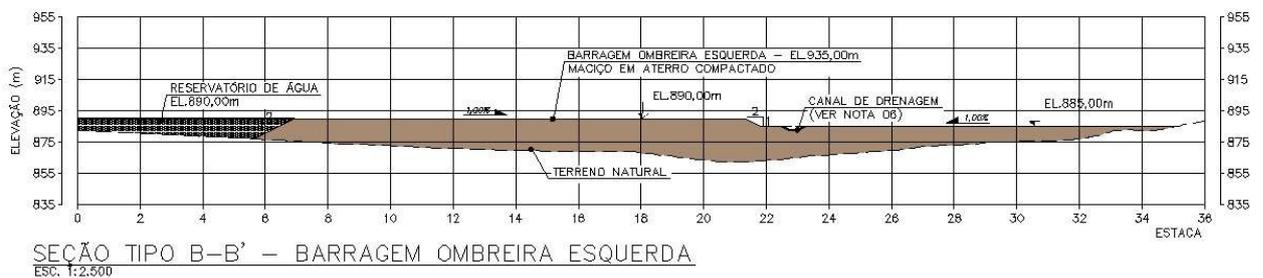


Figura 7.1.2.3 – Seção Ombreira Esquerda

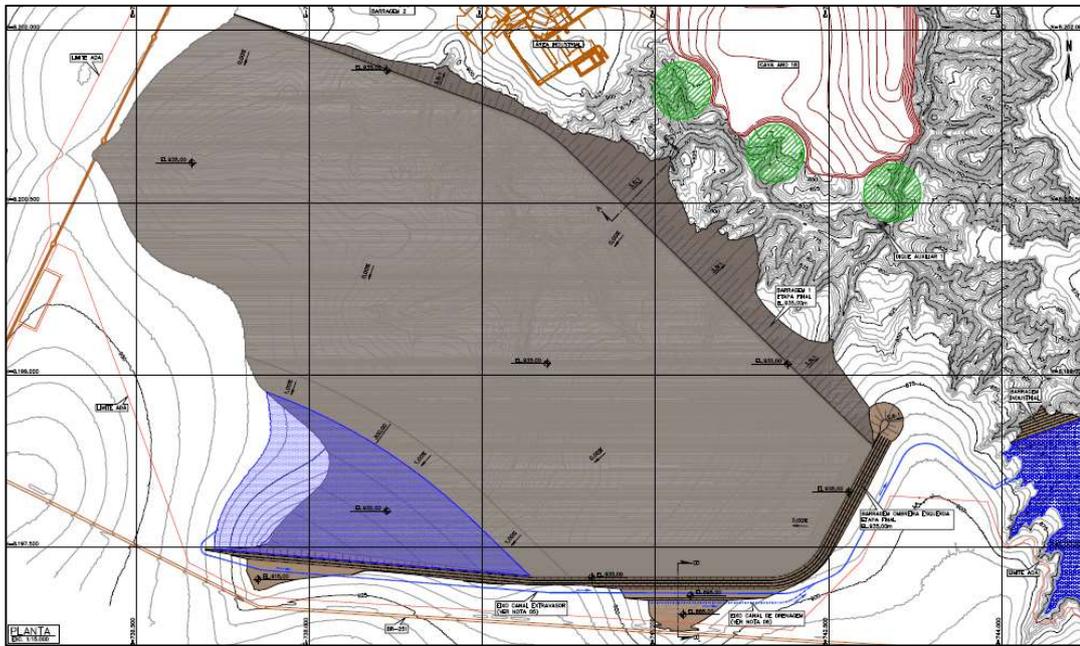


Figura 7.1.2.4 – Arranjo Geral Final da Barragem 1

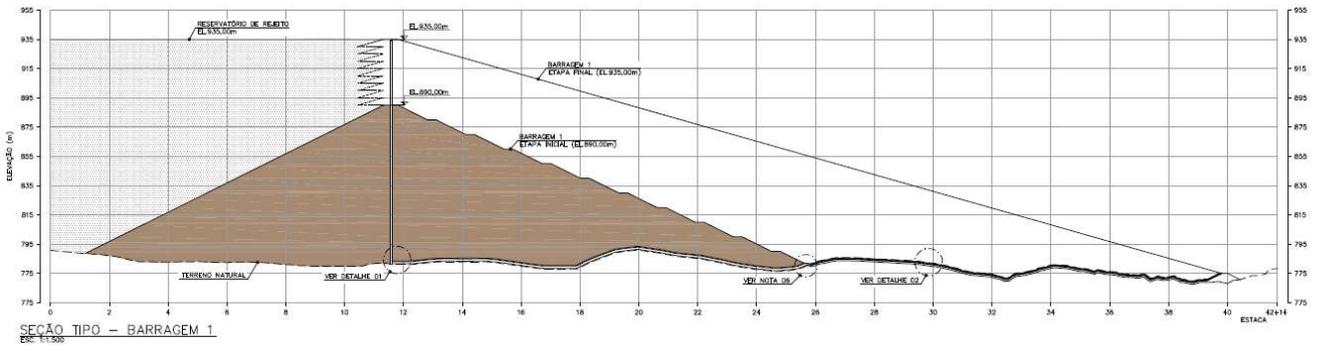


Figura 7.1.2.5 – Seção do Barramento Final

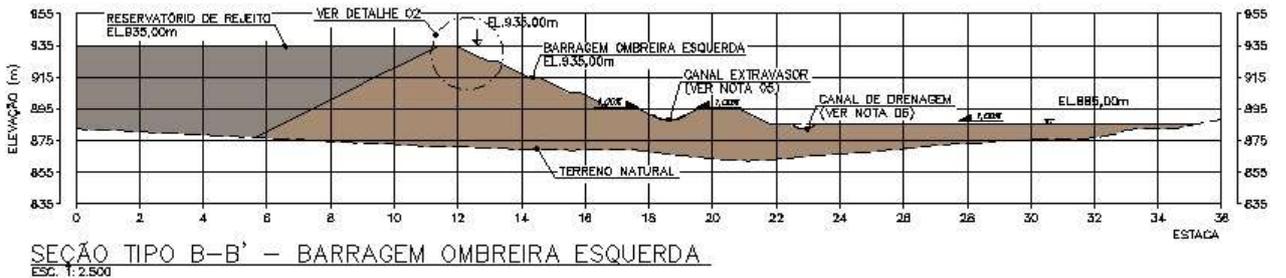


Figura 7.1.2.6 – Seção Ombreira Esquerda final

A fim de captar a água do sistema de drenagem interna e recirculá-la para a planta/processo, foi projetado um dique auxiliar galgável em enrocamento com o núcleo argiloso a jusante da Barragem 1. O dimensionamento levou em consideração a crista do Dique na El. 760,00 m com o volume disponível para amortecimento das cheias de 232.877 m³ com sistema de bombeamento com capacidade de 3.500,00 m³/h.

A Figura 7.1.2.7 apresenta o arranjo geral e a Figura 7.1.2.8 apresenta a seção típica.

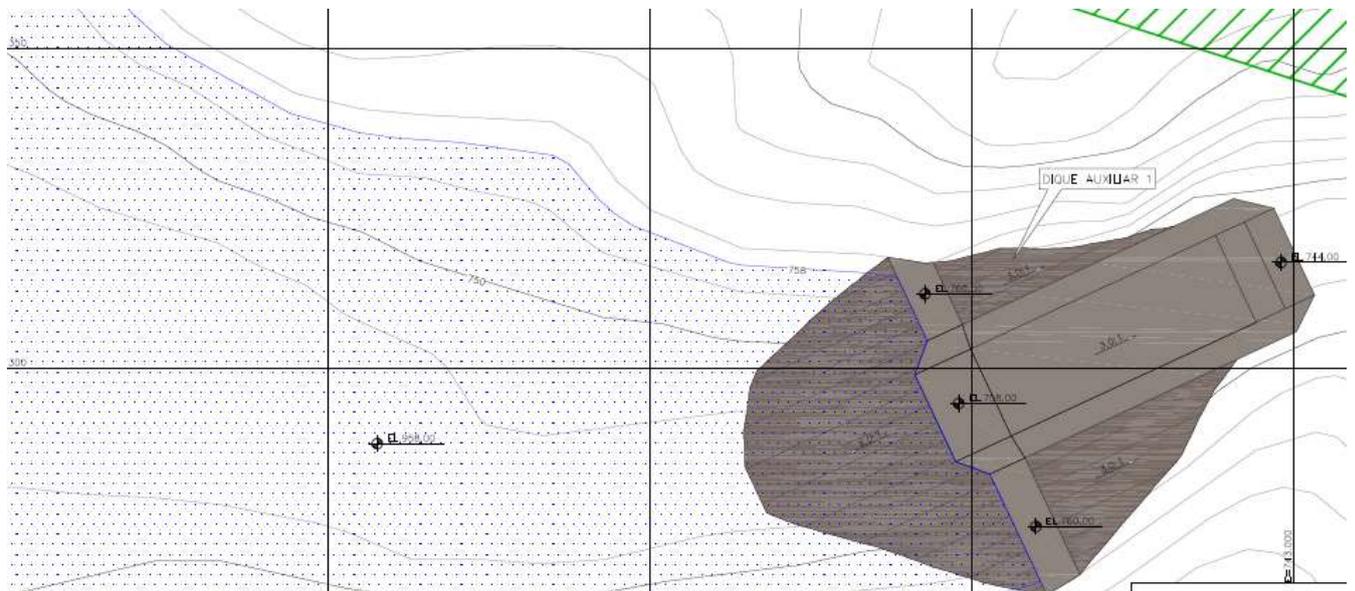


Figura 7.1.2.7 – Arranjo geral – Dique Auxiliar 1.

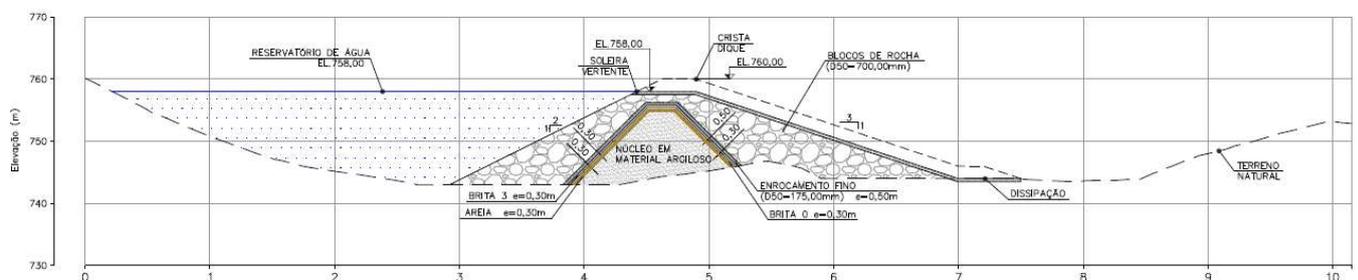


Figura 7.1.2.8 - Seção típica – Dique Auxiliar 1.

 SAM Sul Americana de Metais S/A	 Walm Engenharia	PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 97/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.2.1.1 CONCEITO CONSTRUTIVO DA ESTRUTURA

A construção de uma barragem de rejeitos por linha de centro representa basicamente uma variação do método de jusante em que os alteamentos da barragem são realizados mantendo-se inalterada a posição original do eixo da construção. O primeiro alteamento é executado lançando-se o aterro sobre o limite montante da praia e o talude de jusante do maciço do dique de partida, com os alteamentos subsequentes devendo ser condicionados à manutenção deste eixo original, ao longo de toda a vida útil do empreendimento.

Em contrapartida ao método de jusante, o método de alteamento por linha de centro apresenta maior facilidade construtiva e a exigência de volumes relativamente menores de material no processo de construção da barragem. Por meio deste método de alteamento, é possível o controle eficaz da linha de saturação e do processo de fluxo através do maciço da barragem, potencializado quando se decide estender nos alteamentos o filtro septo vertical implantado no dique de partida, que se configura uma variante do método clássico de alteamento de linha de centro para este objetivo.

A Figura 7.1.2.9 apresenta uma seção ilustrativa de uma barragem alteada pela metodologia de linha de centro com extensão do filtro septo nos alteamentos.

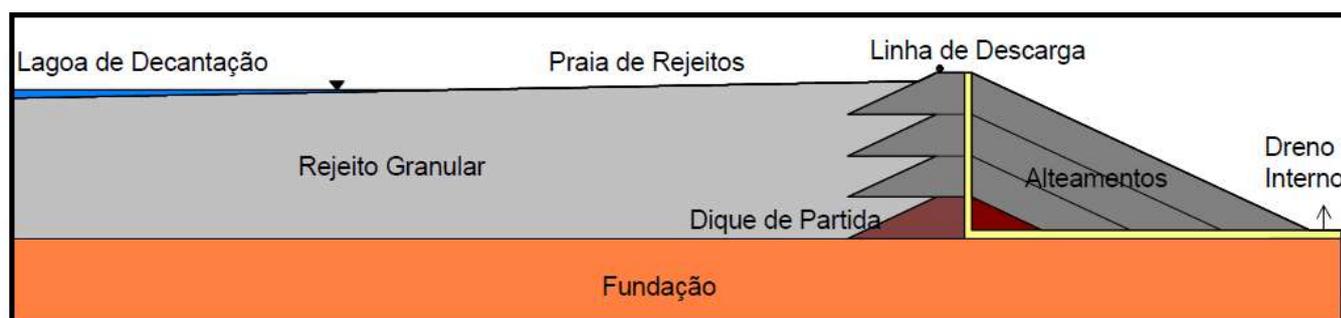


Figura 7.1.2.9 – Metodologia de barragem de rejeitos alteada pela linha de centro.

O maciço alteado com rejeito utiliza um rejeito grosso ou a fração grossa para construção do alteamento da barragem pelo método de linha de centro. O método clássico de alteamento requer as seguintes características construtivas (Mittal and Morgenstern, 1977; Barrera e Valenzuela, 2003; Barrera et al, 2011; Valenzuela, 2015):

- Construção de um dique de partida, que é uma barragem de solo ou enrocamento convencional;

PROJETO CONCEITUAL
MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
98/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

- Transporte do rejeito em forma de polpa, até a crista do barramento. No caso de o rejeito apresentar as características granulométricas e de permeabilidade adequadas ele será utilizado diretamente na construção do alteamento do maciço, caso contrário, deverá ser ciclonado sendo a fração grossa (*underflow*) utilizada para construção do alteamento e a fração fina (*overflow*) lançada no reservatório;
- O rejeito a ser utilizado como material de construção deverá apresentar as seguintes características: coeficiente de permeabilidade $k \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s e teor de finos passantes na # nº 200 (0,075 mm) $\leq 20\%$. Estas características são fundamentais para que a água utilizada no transporte do rejeito escoe rapidamente permitindo as operações de espalhamento e compactação;
- Após ser descarregado no talude da barragem o rejeito é espalhado em camadas sucessivas e paralelas com o auxílio de tratores e compactado com o auxílio de rolo compactador liso vibratório, ao longo do comprimento do talude promovendo o alteamento da crista da barragem, como pode ser observado na Figura 7.1.2.10;



Figura 7.1.2.10 – Compactação do rejeito grosso para alteamento do talude de jusante.

- Adoção de um sistema robusto de drenagem interna capaz de escoar rapidamente a água descarregada com o rejeito, a água percolada pela fundação e, água de precipitações, de forma a evitar a saturação do talude, consistindo de filtro septo vertical de areia média e tapete

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 99/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

drenante tipo sanduiche (núcleo de pedrisco / brita e camadas superiores e inferiores de areia média);

- Talude de jusante com inclinação máxima 3,5 a 3,0H:1,0V para permitir a compactação na direção do talude;
- Nível d'água afastado da crista da barragem formando uma ampla praia de rejeitos (maior que 400,0 m dependendo da situação), para controle da superfície freática no interior do maciço;
- Controle tecnológico sistemático do rejeito utilizado como material de construção (granulometria e conteúdo de finos), da compactação do talude de jusante e geometria geral da barragem;
- Equipe especializada em operação e monitoramento.

7.1.2.1.2 MACIÇO

O maciço da Barragem 1 será constituída por um dique de partida em estéril compactado e alteamentos em rejeito grosso por linha de centro. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 935,0 m, com 10,0 m de largura e 6.827,66 m de comprimento; altura máxima de 159,0 m; inclinação do talude de jusante de 3,5 H : 1,0 V.

7.1.2.1.3 ANÁLISE DE LIQUEFAÇÃO

A Liquefação ocorre por solicitação estática ou dinâmica de maciço poroso parcial ou totalmente saturado, no qual, por baixa permeabilidade e compactação, a carga passa a ser suportada pela fração líquida produzindo levitação dos sólidos e, desta forma, a massa toda passa a se comportar por período de tempo limitado como um líquido.

No projeto conceitual da Barragem 1 (MINA_BLC8007-1010-G-RE-31) foi realizada análise de liquefação estática da Barragem 1, embasada pelos estudos de retro análise desenvolvidos por Olson (2001). Vale mencionar que essa metodologia foi baseada na avaliação da liquefação e na retroanálise de 33 casos históricos de ruptura por liquefação, por meio de correlações entre as razões de resistência ao cisalhamento de pico e liquefeita. Os resultados da análise visando verificar a susceptibilidade da Barragem 1 ao processo de ruptura por liquefação podem ser visualizados na Figura 7.1.2.11, onde foi obtido o Fator de Segurança (FS) de 2,16.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Estéril	■	19	12	28	
Fundação	■	21	15	30	
Rejeito Grosso	■	21	13	35	
Rejeito	■	23	10	33	
Filtro	■	20	0	35	
Tapete	■	22	0	36	
Rejeito Saturado	■	23			0.2

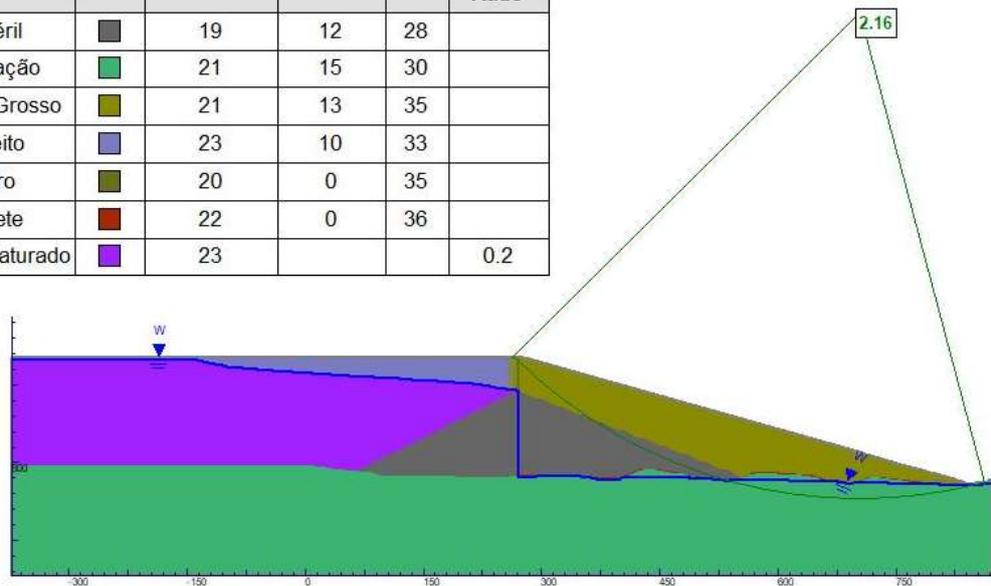


Figura 7.1.2.11 - Análise de Liquefação preliminar - $S_u^{(pico)}/\sigma'_{vo}$ igual a 0,2 – FS= 2,16

O critério de verificação de segurança contra a liquefação estática, isto é, os fatores de segurança mínimos (FS) que devem ser alcançados para que seja garantida a estabilidade do material caracterizado como susceptível à liquefação, não está normatizado, nem em normas internacionais e tampouco na norma brasileira de projeto de barragens de mineração (ABNT NBR 13028: 2017). Esta norma, em sua última revisão, emitida em 2017, deixou a critério do projetista o estabelecimento dos fatores de segurança mínimos.

Na ausência de normatização, estes fatores mínimos devem ser estabelecidos com base nas boas práticas de engenharia e nas referências bibliográficas existentes sobre o assunto. Na literatura internacional, foram encontradas as seguintes recomendações:

- Chapman et al. (2015) reporta o fator de segurança mínimo para a análise para a condição de resistência não-drenada de pico de $FS \geq 1,5$;
- Martin et al. (2002) reporta o fator de segurança mínimo para a condição de resistência não-drenada de pico de $FS \geq 1,5$.

A prática brasileira, ainda não documentada em artigos de congresso e periódicos, tem sido a de considerar $FS \geq 1,3$ para os parâmetros de resistência não-drenada de pico.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 101/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Diante do exposto e considerando o resultado da análise apresentada na Figura 7.1.2.11, pode-se concluir que a Barragem 1 não é susceptível ao processo de ruptura por liquefação. O fator de segurança obtido de 2,16 é muito superior aos valores recomendados nas referências bibliográficas internacionais existentes e também ao valor praticado no Brasil.

Seguem abaixo alguns pontos relevantes acerca da concepção admitida para a Barragem 1 que corroboram com a não susceptibilidade desta estrutura ao processo de ruptura por liquefação:

- a) O conceito de armazenamento de rejeito adotado para a Barragem 1, a partir de um barramento alteado pelo método de linha de centro com um filtro-septo vertical, associado à manutenção de uma extensa praia de rejeito a montante (com extensão superior a 400 m), vai de encontro às boas práticas de engenharia, resultando no controle do nível freático, impedindo que comportamentos adversos possam se concretizar.
- b) A disposição e compactação controlada dos rejeitos grossos para a construção do espaldar de jusante, associado ao lançamento de rejeito grosso conjuntamente com rejeito fino (material silto-arenoso) a montante, resulta na otimização da seção transversal da estrutura. Esta otimização permite que preocupação quanto à instabilidade do talude de jusante do barramento construído com os próprios rejeitos por liquefação estática passa a ser excluída conceitualmente, na medida em que o material a ser lançado e que configurará o talude de jusante do barramento terá construção compactada e controlada, resultando em material com comportamento dilatante, e não saturado, na medida em que o filtro-septo interceptará e conduzirá adequada e controladamente para fora desta região as infiltrações geradas pela existência do reservatório gerado pela deposição das lamas e rejeitos finos.

Em síntese, a Barragem 1 não é susceptível à liquefação, devido ao fato de que o talude de jusante desta estrutura apresentar-se não saturado e compactado.

Ainda, vale mencionar que de um modo geral, as barragens do Projeto Bloco 8 foram concebidas visando eliminar o risco de liquefação, tendo como principais as seguintes providências:

- **Durante a construção e operação**, os materiais serão **periodicamente testados** para confirmação de adequação ao projetado;
- A premissa construtiva é garantir **permeabilidade** adequada aos materiais construtivos de modo a evitar risco de liquefação;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 102/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- Também a construção será inspecionada, camada a camada, similarmente ao que se faz em aterros de alta responsabilidade como por exemplo barragens hidrelétricas. Esta inspeção garantirá que foi atingido o requisito especificado de **compactação** em cada camada;
- A **equipe responsável** pela construção e pela operação será totalmente independente da equipe responsável pela produção. A equipe responsável pelo sistema de rejeitos terá autoridade sobre os materiais e métodos construtivos e, a qualquer tempo, em se verificando inadequação que possa mesmo que remotamente por em risco as barragens, terá autonomia de delegação para interromper a operação até que se solucione os problemas identificados, a despeito de quaisquer prejuízos de produção e financeiros que possam ocorrer;
- Além do cuidado já previsto de utilização de materiais de construção com drenagem e compactação adequados, está também prevista a construção de um **filtro septo** ao longo de todo o corpo da barragem, que eliminará rapidamente qualquer infiltração que pudesse migrar para o talude de jusante, parte mais solicitada da barragem;
- A **filosofia de projeto** é a adoção das melhores práticas para construções deste tipo, priorizando-se a **segurança**. Neste momento, tem-se um projeto conceitual. Quaisquer melhorias tecnológicas que possam surgir para melhoria do desenho destas obras serão avaliadas e incorporadas se aplicáveis, seja em instrumentação, automação, tecnologia de materiais, etc.

7.1.2.1.4 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E INTERNA

O sistema de drenagem superficial da Barragem 1 tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial sobre o talude de jusante e crista do maciço da Barragem 1 e conduzi-las, de forma ordenada, até os pontos de descarga no terreno natural, 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 das bancadas da barragem até as descidas de água e/ou aos canais periféricos;
- Descidas de água sobre os taludes, responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;
- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas, descidas de água e áreas

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 103/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

adjacentes, descartando-os juntos as bacias de dissipação. Os canais periféricos 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;
- *Sump 01*, concebido imediatamente a jusante dos canais periféricos CP-01 e CP-02, com a função de armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas sob o maciço e drenagem interna que não são passíveis de serem retiradas por gravidade, para serem, posteriormente, bombeadas para o Dique Auxiliar 1;
- *Sump 02*, a ser implantado a jusante dos canais periféricos CP-09 e CP-10, visando armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas sob o maciço e drenagem interna e, em seguida bombeá-las para o reservatório do Dique Auxiliar 1, visando evitar o aporte dessas águas na cavidade existente imediatamente a jusante.

O arranjo geral do sistema de drenagem superficial da Barragem 1 (etapa final) está apresentado no desenho “WBH28-17-SAM-DWG-0073”.

Para garantir que não haja a saturação e desestabilização do maciço de jusante da barragem, foi prevista a implantação do sistema de drenagem interna composto por um filtro vertical e tapete drenante e no fundo do talvegue à jusante da barragem um dreno de fundo, cuja função será de receber uma parcela de água liberada pelo rejeito grosso, a água percolada pela estrutura e, por fim, a água de precipitação pluviométrica incidente sobre o maciço.

7.1.2.1.5 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem 1 foi concebido 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. Tanto para a etapa inicial, quanto para a etapa final, essa estrutura foi concebida em colchão reno, com seção transversal, com base de 9,0 metros, altura de 3,0 metros e taludes 1V:2H, tendo a sua soleira na etapa inicial e final nas cotas 887,00 m e 932,00 m, respectivamente.

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 104/194
			WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

O sistema extravasor foi dimensionado para a vazão decorrente da chuva de 10.000 anos de período de retorno, considerando uma borda livre mínima de 1,0 m, conforme recomendação constante na publicação “Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração”, (PINHEIRO, 2011).

O sistema extravasor de emergência do Dique Auxiliar 1 foi concebido 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 do barramento, sendo composto pelos seguintes elementos:

- Trecho 1: soleira vertente concebida em geometria trapezoidal, com base menor de 15,0 metros, altura de 2,00 m, taludes laterais de 2,0(H): 1,0(V), revestida em enrocamento arrumado, com diâmetro dos blocos D50 de 50 cm;
- Trecho 2: canal do rápido, sendo o próprio corpo do maciço do dique, revestido em enrocamento arrumado com D50 de 50 cm, declividade longitudinal de 3,0(H): 1,0(V) e transversal de 2,0 (H): 1,0(V);
- Trecho 3: bacia de dissipação para redução do potencial erosivo das vazões vertidas, revestida em enrocamento arrumado D50 de 50 cm.

7.1.2.1.6 MONITORAMENTO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. A Tabela 7.1.2.2 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

Tabela 7.1.2.2 – Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções.

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	63	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Piezômetro Elétrico	18	Maciço	Maciço da barragem, para conhecer e avaliar as poropressões desenvolvidas devido ao desenvolvimento da barragem
MNA	65	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	67	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 105/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

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

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334/2010, complementada pela Lei 14.066/2020, 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.

Após análise das características da Barragem 1 e a revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1, a classificação dela foi feita conforme apresenta a Tabela 7.1.2.3:

Tabela 7.1.2.3 – Resumo da Classificação da Barragem 1.

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	15
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	23
Dano Potencial Associado (DPA)	16
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Classe	B

7.1.2.2 BARRAGEM 2

A Barragem 2 consiste na implantação do barramento construído em etapas, considerando a construção do maciço inicial e alteamentos em solo compactado pela metodologia de linha de centro.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta barragem, assim como os arranjos da estrutura para a etapa inicial e final.

Para mais informações sobre o projeto conceitual da Barragem 2, consultar documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-32”.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
106/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

Tabela 7.1.2.4 – Ficha técnica Barragem 2

Estrutura	Inicial	Final
Elevação Crista (m)	890,00	915,00
Elevação Base (m)	783,00	782,00
Altura Máxima (m)	107,00	133,00
Largura de Crista (m)	10,00	10,00
Comprimento de Crista (m)	3.791,25	4.485,76
Talude locais (H:V)	2,0 H:1,0 V	2,0 H:1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00	10,00
Largura de bermas (m)	6,00	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	3,5 H:1,0 V	3,5 H:1,0 V
Área de Maciço (m ²)	497.756,64	493.195,12
Volume total Maciço (m ³)	17.150.000	26.450.000
Cota do nível d'água operacional (m)	888,00	913,00
Área de espelho d'água (m ²)	3.168.626	5.459.582
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da soleira	116.924.991	221.577.298
Volume do Reservatório (m ³) – Até a cota da crista	123.404.484	232.721.245
Vazão de Projeto Sistema Extravasor – TR 10.000 anos (m ³ /s)	10,92	10,94
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	888,94	913,94
Borda Livre Resultante (m)	1,06	1,06

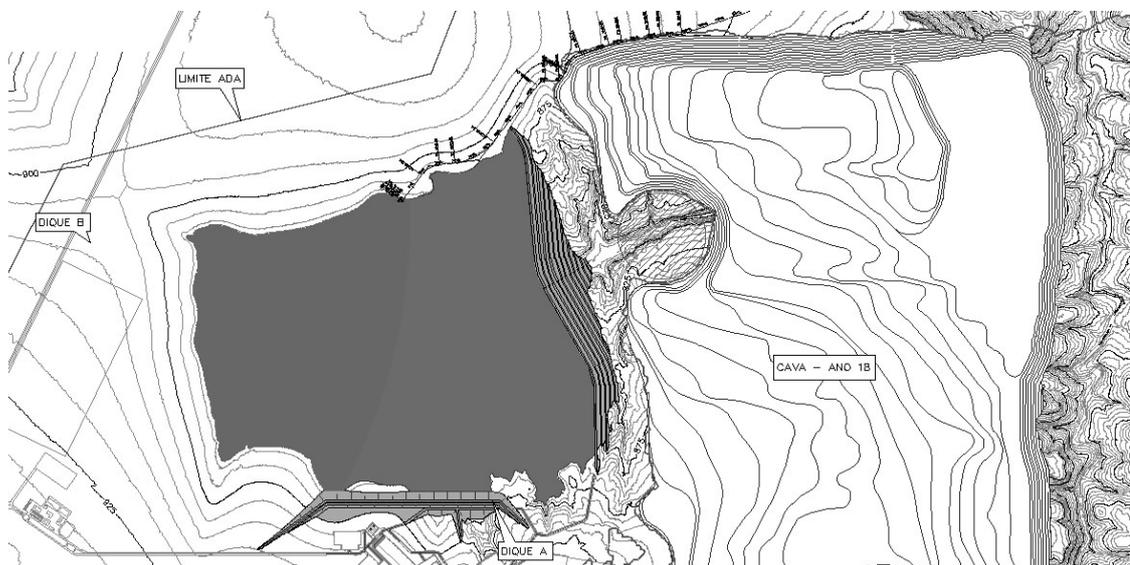


Figura 7.1.2.12 – Arranjo geral – Barragem 2 – Etapa Inicial.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
107/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

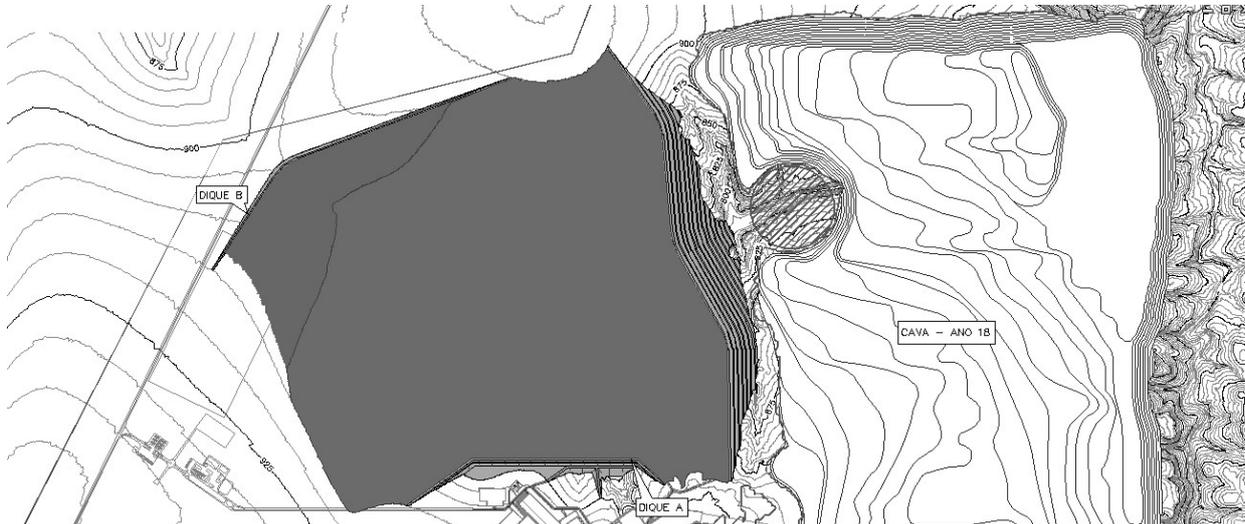


Figura 7.1.2.13 – Arranjo geral – Barragem 2 – Etapa Final.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 108/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.1.2.2.1 CONCEITO CONSTRUTIVO DA ESTRUTURA

O conceito construtivo aplicado à Barragem 2 é idêntico ao definido para a Barragem 1 o qual preconiza a construção de uma barragem sequenciada por meio do alteamento da estrutura a partir de aterros de rejeitos alteados por linha de centro, conforme detalhado no item 7.1.2.1.1.

7.1.2.2.2 MACIÇO

O maciço da Barragem 2 será constituída por um dique de partida em estéril compactado e alteamento em estéril por linha de centro. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 915,0 m, com 10,0 m de largura e 4.485,76 m de comprimento; altura máxima de 132,0 m; inclinação do talude de jusante de 3,5 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

7.1.2.2.3 ANÁLISE DE LIQUEFAÇÃO

No projeto conceitual da Barragem 2 (MINA_BLC8007-1010-G-RE-32) foi realizada análise de liquefação estática da Barragem 2, embasada pelos estudos de retro análise desenvolvidos por Olson (2001). Vale mencionar que essa metodologia foi baseada na avaliação da liquefação e na retroanálise de 33 casos históricos de ruptura por liquefação, por meio de correlações entre as razões de resistência ao cisalhamento de pico e liquefeita. Os resultados da análise visando verificar a susceptibilidade da Barragem 2 ao processo de ruptura por liquefação podem ser visualizados na Figura 7.1.2.14, onde foi obtido o Fator de Segurança (FS) de 1,53.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Vertical Strength Ratio
Estéril	■	19	12	28	
Fundação	■	21	15	30	
Rejeito	■	23	10	33	
Filtro	■	20	0	35	
Tapete	■	22	0	36	
Rejeito Saturado	■	23			0.2

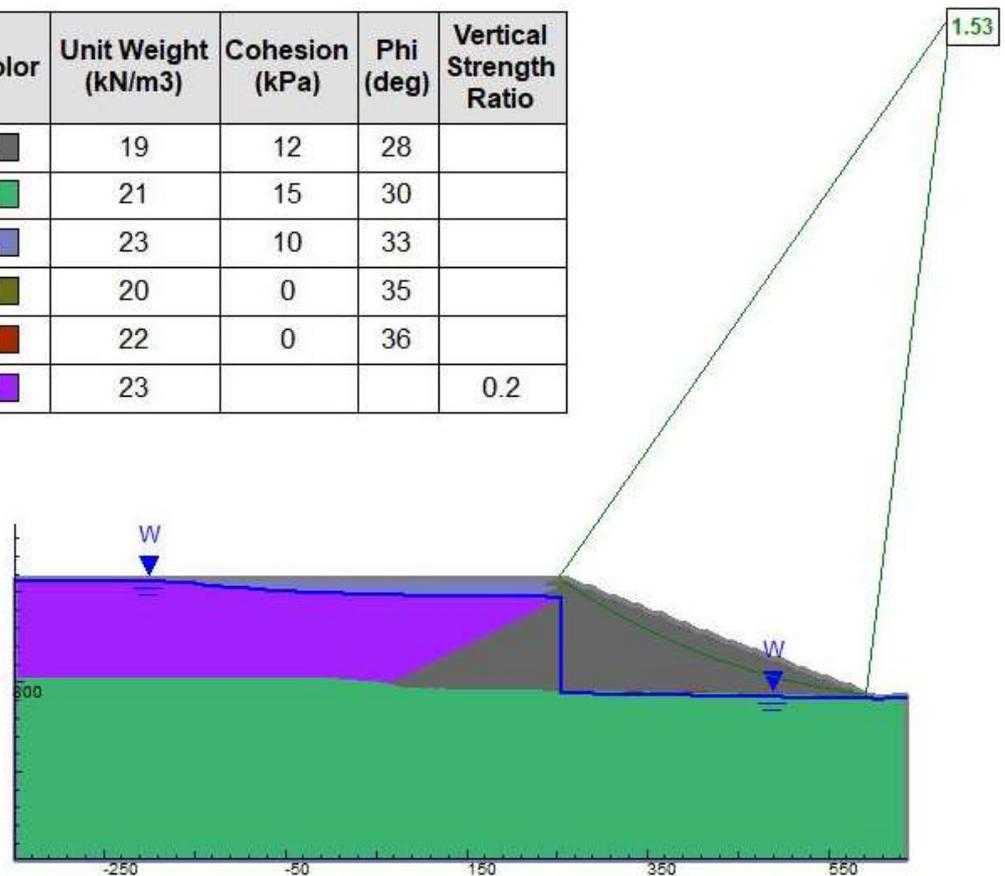


Figura 7.1.2.14 - Análise de Liquefação preliminar - $S_u^{(pico)}/\sigma'_{vo}$ igual a 0,2 – FS= 1,53

O critério de verificação de segurança contra a liquefação estática, isto é, os fatores de segurança mínimos (FS) que devem ser alcançados para que seja garantida a estabilidade do material caracterizado como susceptível à liquefação, não está normatizado, nem em normas internacionais e tampouco na norma brasileira de projeto de barragens de mineração (ABNT NBR 13028: 2017). Esta norma, em sua última revisão, emitida em 2017, deixou a critério do projetista o estabelecimento dos fatores de segurança mínimos.

Na ausência de normatização, estes fatores mínimos devem ser estabelecidos com base nas boas práticas de engenharia e nas referências bibliográficas existentes sobre o assunto. Na literatura internacional, foram encontradas as seguintes recomendações:

- c) Chapman et al. (2015) reporta o fator de segurança mínimo para a análise para a condição de resistência não-drenada de pico de $FS \geq 1,5$;
- d) Martin et al. (2002) reporta o fator de segurança mínimo para a condição de resistência não-drenada de pico de $FS \geq 1,5$.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 110/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

A prática brasileira, ainda não documentada em artigos de congresso e periódicos, tem sido a de considerar $FS \geq 1,3$ para os parâmetros de resistência não-drenada de pico.

Diante do exposto e considerando o resultado da análise apresentada na Figura 7.1.2.14, pode-se concluir que a Barragem 2 não é susceptível ao processo de ruptura por liquefação. O fator de segurança obtido de 1,53 é superior aos valores recomendados nas referências bibliográficas internacionais existentes e também ao valor praticado no Brasil.

Seguem abaixo alguns pontos relevantes acerca da concepção admitida para a Barragem 2 que corroboram com a não susceptibilidade desta estrutura ao processo de ruptura por liquefação:

- c) O conceito de armazenamento de rejeito adotado para a Barragem 2, a partir de um barramento alteado pelo método de linha de centro com um filtro-septo vertical, associado à manutenção de uma extensa praia de rejeito a montante (com extensão superior a 400 m), vai de encontro às boas práticas de engenharia, resultando no controle do nível freático, impedindo que comportamentos adversos possam se concretizar.
- d) A disposição e compactação controlada dos rejeitos grossos para a construção do espaldar de jusante, associado ao lançamento de rejeito grosso conjuntamente com rejeito fino (material silto-arenoso) a montante, resulta na otimização da seção transversal da estrutura. Esta otimização permite que preocupação quanto à instabilidade do talude de jusante do barramento construído com os próprios rejeitos por liquefação estática passa a ser excluída conceitualmente, na medida em que o material a ser lançado e que configurará o talude de jusante do barramento terá construção compactada e controlada, resultando em material com comportamento dilatante, e não saturado, na medida em que o filtro-septo interceptará e conduzirá adequada e controladamente para fora desta região as infiltrações geradas pela existência do reservatório gerado pela deposição das lamas e rejeitos finos.

Em síntese, a Barragem 2 não é susceptível à liquefação, devido ao fato de que o talude de jusante desta estrutura apresentar-se não saturado e compactado.

Ainda, vale mencionar que de um modo geral, as barragens do Projeto Bloco 8 foram concebidas visando eliminar o risco de liquefação, tendo como principais as seguintes providências:

- **Durante a construção e operação**, os materiais serão **periodicamente testados** para confirmação de adequação ao projetado;

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 111/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- A premissa construtiva é garantir **permeabilidade** adequada aos materiais construtivos de modo a evitar risco de liquefação;
- Também a construção será inspecionada, camada a camada, similarmente ao que se faz em aterros de alta responsabilidade como por exemplo barragens hidrelétricas. Esta inspeção garantirá que foi atingido o requisito especificado de **compactação** em cada camada;
- A **equipe responsável** pela construção e pela operação será totalmente independente da equipe responsável pela produção. A equipe responsável pelo sistema de rejeitos terá autoridade sobre os materiais e métodos construtivos e, a qualquer tempo, em se verificando inadequação que possa mesmo que remotamente por em risco as barragens, terá autonomia de delegação para interromper a operação até que se solucione os problemas identificados, a despeito de quaisquer prejuízos de produção e financeiros que possam ocorrer;
- Além do cuidado já previsto de utilização de materiais de construção com drenagem e compactação adequados, está também prevista a construção de um **filtro septo** ao longo de todo o corpo da barragem, que eliminará rapidamente qualquer infiltração que pudesse migrar para o talude de jusante, parte mais solicitada da barragem;
- A **filosofia de projeto** é a adoção das melhores práticas para construções deste tipo, priorizando-se a **segurança**. Neste momento, tem-se um projeto conceitual. Quaisquer melhorias tecnológicas que possam surgir para melhoria do desenho destas obras serão avaliadas e incorporadas se aplicáveis, seja em instrumentação, automação, tecnologia de materiais, etc.

7.1.2.2.4 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E INTERNA

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial sobre o talude de jusante e crista do maciço da Barragem 2 e conduzi-las, de forma ordenada, até o *sump* localizado a jusante, 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 das bancadas da barragem até as descidas de água e/ou aos canais periféricos;
- Descidas de água sobre os taludes, responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 112/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas, descidas de água e áreas adjacentes, descartando-os juntos aos *sumps*. Os canais periféricos 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;
- *Sumps*, concebidos com a função de contenção de sedimentos. Vale ressaltar que o *SUMP-03*, localizado no talvegue a jusante da barragem, receberá toda a contribuição da drenagem superficial da barragem, a qual deverá ser bombeada para que não atinja a cavidade existente logo a jusante.

O arranjo geral do sistema de drenagem superficial da Barragem 2 (etapa final) está apresentado no desenho “MINA_BLC8007-1010-O-80”.

O sistema de drenagem interna do maciço principal da Barragem 2, do Dique Industrial e de Sela é composto por um filtro vertical e tapete drenante no fundo do talvegue.

7.1.2.2.5 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem 2, para as fases inicial e final, foi concebido 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 do barramento.

Destaca-se que o sistema extravasor foi previsto em concreto com seção trapezoidal. O extravasor da fase final é conectado ao vertedouro da etapa inicial, conforme pode ser visualizado nos desenhos “MINA_BLC8007-1010-O-81” e “MINA_BLC8007-1010-O-82” de Arranjo Geral das fases.

7.1.2.2.6 MONITORAMENTO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. A tabela a seguir apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 113/194
			WA05520000-1-GT-MDE-0001		Revisão 06

Tabela 7.1.2.5 – Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	32	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões desenvolvidos ao longo da fundação.
MNA	31	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	34	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

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

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334/2010, complementada pela Lei 14.066/2020, 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.

Após análise das características da Barragem 2, a mesma foi classificada da seguinte forma:

Tabela 7.1.2.6 – Resumo da Classificação da Barragem 2

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	15
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	23
Dano Potencial Associado (DPA)	16
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Classe	B

7.1.2.3 BACKFILL

O *Backfill*, além do estéril, deverá apresentar para as etapas finais de operação área disponível para disposição de rejeitos. Para esta condição, a disposição do estéril na área da cava deverá manter áreas apropriadas para a disposição de rejeitos, considerando lançamento hidráulico.

Como se trata de uma fase inicial de projeto e os volumes de estéril variam ao longo do tempo, para esta etapa dos estudos, foi considerado apenas o arranjo final da estrutura. O sequenciamento desta

 SAM Sul Americana de Metais S/A	 Walm Engenharia	PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 114/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

estrutura deverá ser realizado nas próximas fases do estudo, considerando todas as interferências do projeto e com base no refinamento dos estudos das Barragens de Rejeitos que podem reduzir e/ou amentar as demandas de estéril, implicando diretamente na geometria do *Backfill*.

Neste contexto, a disposição em estéril deverá ocupar toda a porção oeste/nordeste da cava, sendo considerado a separação da estrutura em duas pilhas de meia encosta na EL. 775,00 m, equivalente a região que intercepta a drenagem do córrego Mundo Novo, a montante da Cava no trecho compreendido entre a Barragem 2 e o bordo da cava. Nesta região foi necessária à restrição do aterro de modo a compatibilizar a drenagem do trecho e a cava do Projeto Bloco 8, onde o trecho remanescente do córrego Mundo Novo deverá ser desviado pela drenagem superficial do *Backfill*.

Além dos itens citados, o *Backfill* deverá apresentar sistema de drenagem superficial constituídos por canaletas de bermas, descidas hidráulicas, canais periféricos e dispositivos de dissipação, para atendimento as estações chuvosas, evitando a formação de processos erosivos na face dos taludes e bermas durante os períodos de operação. Além disto, foi previsto a construção de um *Sump* no interior da cava para atendimento aos fluxos e sedimentos gerados na região.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta estrutura, assim como o arranjo geral e a seção típica. Para mais informações sobre o projeto conceitual do *Backfill*, consultar documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-33".

Tabela 7.1.2.7 – Ficha técnica *Backfill*

Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	865,00
Elevação Base (m)	642,50
Altura Máxima (m)	225,50
Largura de Crista (m)	20,00
Comprimento de Crista (m)	1.547,73
Talude locais (H:V)	2:1
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6:1
Borda livre reservatório (m)	1,50
Cota do nível d'água operacional (m)	863,50
Área de Ocupação (m ²)	2.008.858,00
Volume total de Disposição de Estéril (Mm ³)	125,00
Volume total do Reservatório (Mm ³)	19,46
Área total de espelho D'água (m ²)	428.930,04

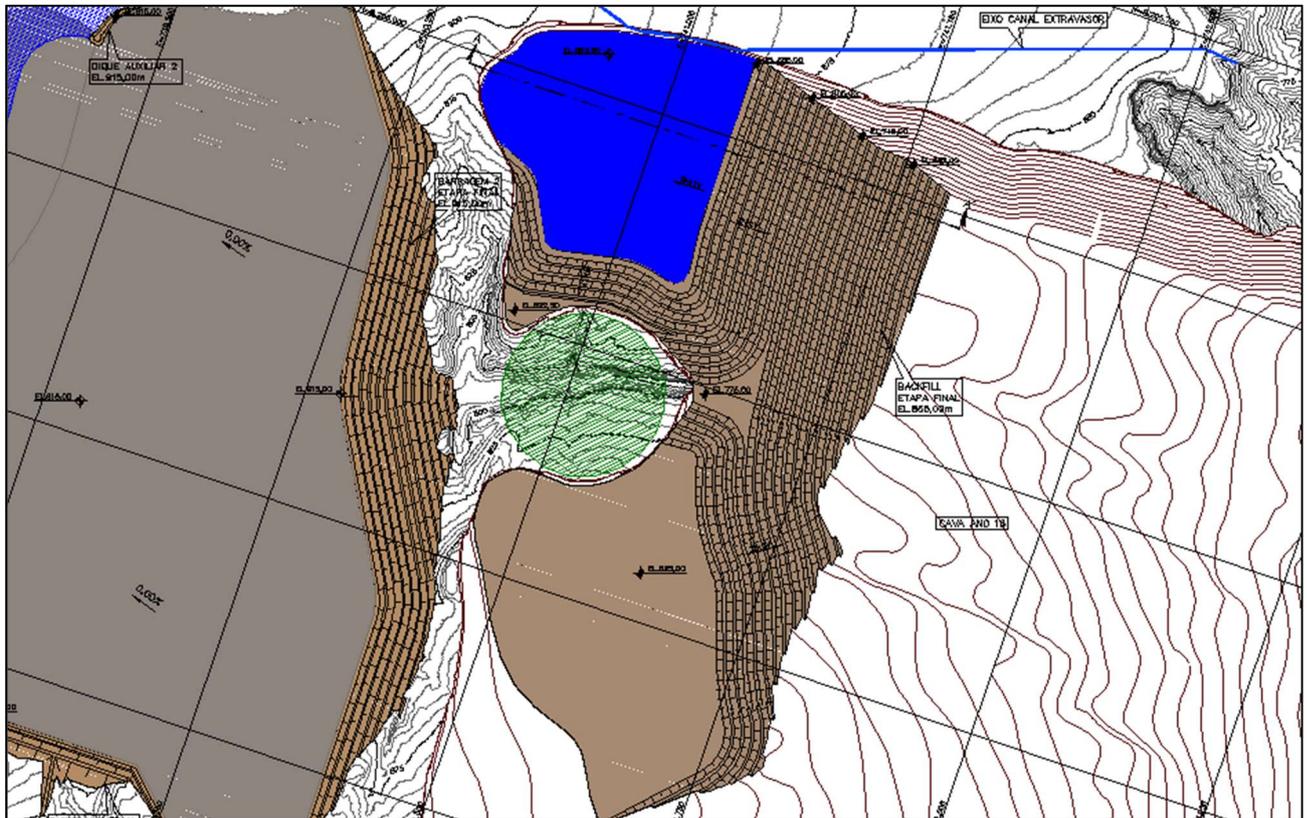


Figura 7.1.2.15 – Arranjo Geral do *Backfill* – Projeto Bloco 8.

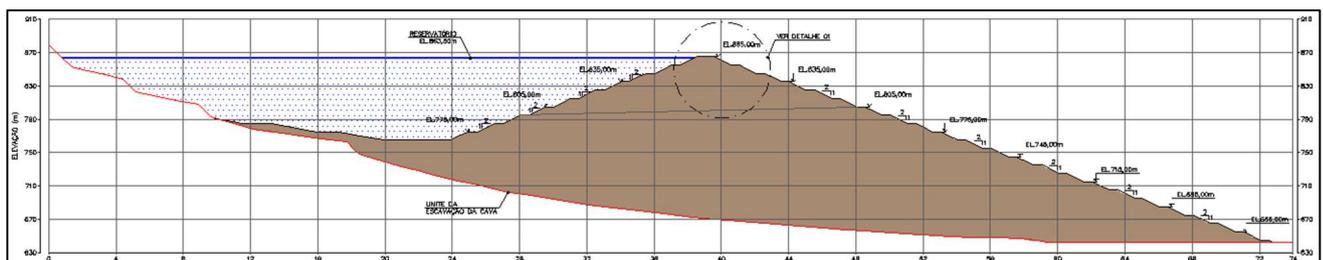


Figura 7.1.2.16 – Seção típica do *Backfill* – Projeto Bloco 8.

7.1.2.3.1 MACIÇO

O maciço do *Backfill* é constituído basicamente de estéril. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 865,0 m, com 20,0 m de largura e 1.547,73 m de comprimento; altura máxima de 225,50 m; inclinação do talude de jusante de 2,6H : 1V com bermas de 6,0 m de largura.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 116/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.1.2.3.2 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E INTERNA

O sistema de drenagem do *Backfill* foi concebido com o objetivo de coletar as águas provenientes da precipitação direta incidente sobre a área do *Backfill* e entorno. Essas águas serão conduzidas, de forma ordenada, até ao *sump* estrategicamente posicionado no fundo da cava, de modo a evitar o desenvolvimento de processos erosivos. São elementos deste sistema:

- Drenagem sobre as bermas que deverão funcionar como canais, conduzindo os escoamentos provenientes do *Backfill* até as descidas de água e/ou canais periféricos;
- Descidas de Água (DC), responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;
- Leiras de proteção de solo compactado, com altura mínima de 0,50 m e taludes 1V:2H, visando o direcionamento das drenagens incidentes sobre o platô do *Backfill* para o canal periférico, evitando a fuga de água e ocorrência de processos erosivos na face dos taludes de jusante e;
- *Sump*, estrutura escavada em solo localizado no fundo da cava, com a finalidade de conter os sedimentos que, por ventura, sejam gerados durante as operações de lavra e armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas no *Backfill*, para serem posteriormente bombeadas para a sua reutilização no processo de beneficiamento do minério.

Para garantir que não haja a saturação e desestabilização da região da disposição do estéril na região leste do *Backfill*, foi prevista a implantação do sistema de drenagem interna cuja função é receber os escoamentos provenientes do desaguamento subterrâneo (recarga natural) e contribuições oriundas da infiltração através do material da pilha. Como o estéril será depositado no interior da cava do Projeto Bloco 8, assente em rocha, será desprezada a parcela de contribuição pelo desaguamento subterrâneo.

Para o trecho em estéril foi considerado a implantação de tapetes drenantes na região da fundação e ombreiras de modo a conduzir os fluxos percolados pelo maciço em estéril. A opção da adoção de drenagem interna somente com tapetes drenantes nestas regiões, visa possibilitar a SAM na disposição do estéril de maneira convencional na região do maciço de suporte da sela topográfica na região norte/noroeste, considerando compactação com o tráfego de equipamentos. Desta forma, despreza-se a utilização de filtros verticais que exigiriam obras civis para a sua construção, reduzindo despesas operacionais e mantendo a produtividade das operações de disposição do estéril para os 18 anos de operação.

 SAM Sul Americana de Metais S/A	 Walm Engenharia	PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 117/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.1.2.3.3 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor do reservatório formado pelo *Backfill* foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o extravasor da Barragem 2, garantindo a segurança hidráulica da estrutura. Destaca-se que o sistema extravasor foi previsto em concreto com seção trapezoidal.

O vertedouro do reservatório do *Backfill* apresenta as seguintes dimensões:

Tabela 7.1.2.8 – Extravasor do reservatório do *Backfill*.

Geometria	Trapezoidal
Base menor (m)	1,00
Taludes (H:V)	2,00
Altura (m)	1,50

7.1.2.3.4 MONITORAMENTO

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. A tabela a seguir apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

Tabela 7.1.2.9 – Tipos de instrumentos de monitoramento e suas respectivas funções

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	18	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões desenvolvidos ao longo da fundação.
MNA	27	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	27	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.
Medidor de Vazão	2	Saída dos dispositivos de drenagem interna	Conhecimento da vazão percolada e posição dos níveis freáticas na região destinada exclusivamente a disposição do estéril

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 118/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.1.3 CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO

Para a concepção da Estrutura Ambiental de Contenção – EAC, foi considerada a disponibilidade dos materiais na área do Projeto Bloco 8, constituído por solos de matriz argilosa, argilo-siltosa e/ou de áreas de empréstimo no entorno, principalmente do estéril gerado na abertura de lavra e de blocos e rocha a serem gerados na lapa da cava do Projeto Bloco 8 e/ou de jazidas de empréstimo para a concepção da Barragem de água do Rio Vacaria ou jazidas de empréstimo para agregados de concreto em fase de análise pela SAM Metais.

Com base nos materiais disponibilizados, o maciço da EAC será constituído em seção mista, com taludes de montante e jusante em enrocamento e núcleo impermeável em solo compactado considerando material de matriz argilosa.

Para atendimento às condições de compatibilização entre os materiais do núcleo e de face externa, foi proposto a utilização de transição geotécnica formada por areia, brita 0, brita 3 e pedra de mão.

Por se tratar de uma estrutura concebida com o intuito de conter a ruptura hipotética da Barragem 1, a mesma não deverá apresentar formação de reservatório permanente a montante do maciço.

A EAC será construída em uma seção do córrego Lamarão, interceptando o fluxo natural da região. Porém, não deverá apresentar reservatório permanente e, por isso, será necessário implantar dispositivos de drenagem para permitir a passagem do fluxo natural do córrego. Dessa forma, para permitir que a vazão do córrego Lamarão não seja interrompida, foi previsto um túnel para que a EAC se encontre vazia na maior parte da sua vida operacional. Para o túnel, foi considerado que o maciço na região deve apresentar características de material Classe IV e, a princípio, o revestimento dele deve ser em concreto. Como para esta configuração poderá ocorrer a sobrelevação temporária do nível d'água na região da EAC, deve ser verificada a cota máxima do remanso, de modo a evitar caminhamento de fluxos para a cava, com conseqüente danos à drenagem da região;

Em caso de interferência na região, será implantada uma estrutura de barramento dos fluxos na região com o intuito de evitar o vertimento dos fluxos para a cava do Projeto Bloco 8.

Para um eventual rompimento da Barragem 1, o Túnel deverá ser dotado de sistema de comportas com acionamento automático, que deverão barrar o fluxo natural do córrego Lamarão, garantindo a retenção do material mobilizado; e

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 119/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Em caso de um possível rompimento, onde a EAC onde se torna uma estrutura operacional do empreendimento, foi considerado ainda a implantação de um sistema extravasor para atendimento as condições operacionais da EAC, considerando as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), para evitar seu próprio rompimento.

Com base na definição do eixo e das geometrias propostas, da base topográfica disponibilizada pela SAM para o desenvolvimento do presente trabalho e dos estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, é apresentada a ficha técnica na Tabela 7.1.3.1. Para mais informações do projeto, consultar documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-38" e desenho "MINA_BLC8007-1010-O-0130".

Tabela 7.1.3.1 – Ficha técnica da EAC.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
PARÂMETROS GEOMÉTRICOS	DADOS
Elevação Crista (m)	779,00
Altura Máxima (m)	94,00
Largura de Crista (m)	10,00
Comprimento de Crista (m)	1.336,70
Taludes de Jusante e de Montante (H:V)	2,000:1,00
Área de Maciço (m ²)	308.761,21
Volume total Maciço (m ³)	8.425.320,84
Volume de enrocamento (m ³)	4.401.006,68
Volume de solo argiloso (m ³)	3.649.029,94
Volume da transição (m ³) – Areia, brita 0, brita 3 e pedra-de-mão	237.247,25
Volume de areia (m ³)	49.702,01
Volume de brita 0 (m ³)	47.780,66
Volume de brita 3 (m ³)	51.870,84
Volume de pedra-de-mão (m ³)	87.893,74
Cota do nível d'água operacional (m) – Soleira do Extravasor	776,00
Capacidade do Reservatório (m ³) – Até a Soleira EL. 776,00 m	172.811.376,86
Volume Total do Reservatório (m ³) – Até a Crista EL. 779,00 m	190.398.965,44

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 120/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.1.3.1 MACIÇO

A estrutura de contenção será construída de modo contínuo ao longo dos anos de operação, com materiais oriundos das frentes de lavra da cava e/ou de jazidas de empréstimo da região. Como a Barragem 1 na configuração do seu maciço inicial será constituída por maciço em solo compactado (construído em etapa única), e deverá apresentar baixo volume de armazenamento no primeiro ano de atividade (18,95 Mm³ no final do Ano 3), a execução do maciço da EAC foi prevista até a EL.725,00m, executado entre os anos 2 e 3 de operação, sendo o seu alteamento de forma progressiva, à medida da evolução da construção da Barragem 1. Recomenda-se, entretanto, que essa estrutura esteja concluída até o final do Ano 07 de operação, quando dará início ao alteamento da Barragem 1 considerando a utilização do rejeito grosso como material de construção (alteamentos sucessivos).

As principais características geométricas do maciço no trecho em enrocamento são:

- Crista na EL. 779,00 m, com 10,00 m de largura e 1.336,70 m de comprimento;
- Altura máxima de 94,00 m;
- Inclinação do talude de jusante e montante de 2,00 H :1,00 V sem bermas.

Para o material em matriz argilosa as principais características geométricas são:

- Crista na EL. 778,00 com largura de 4,00 m; e
- Taludes com inclinação de 1,00 H :1,00 V, de modo a receber as transições entre a matriz solo/enrocamento.

Para evitar o carreamento de partículas que resultariam em processos erosivos do núcleo argiloso, foi considerada a adoção de transições geotécnicas no contato solo/enrocamento. Para tanto, estas serão compostas por areia, brita 0, brita 3 e pedra de mão, respectivamente.

Para mais detalhes referentes à EAC, ver documento “MINA_BLC8007-1010-O-0131”.

7.1.3.2 SISTEMA DE DESVIO DO CÓRREGO LAMARÃO

A Estrutura Ambiental de Contenção tem o caráter de impedir um possível impacto gerado pela cheia de ruptura hipotética da Barragem 1 e o seu reservatório deve apresentar volume disponível para amortecimento. Assim, a estrutura deverá apresentar condição suficiente para isto, permitindo a passagem do fluxo do córrego Lamarão. Para tal, é necessária a implantação de um sistema de desvio na região para a permanência da vazão do curso do Lamarão nesta região.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 121/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Para o estudo, foram abordadas duas alternativas para implantar os dispositivos de desvio do curso d'água, contemplando a construção da EAC, a saber:

- Adoção de uma galeria dupla passando pelo interior do maciço da EAC;
- Utilização de túnel na margem esquerda da estrutura. Em ambos os casos, os critérios admitidos foram iguais: não deverá se formar o reservatório a montante da estrutura e, para o controle de cheias, avaliou-se eventos pluviométricos extremos (tempos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos).

Por conta das fragilidades que envolve construir uma galeria por um maciço composto por solo, onde as características topográficas locais, que exigiriam obras de terraplenagem com a realização de aterros compactados, que implicariam em dificuldades construtivas e operacionais, optou-se pela utilização de túnel para esta primeira etapa do estudo. Cabe destacar que além das vantagens construtivas, o túnel seria utilizado ainda como estrutura de sistema de desvio para as obras de implantação da EAC, sendo um outro ponto favorável. Por não haver ainda sondagens na região, previstas para a próxima fase de projeto / licenciamento, foi considerado que o túnel apresentará laje de revestimento em concreto armado de 0,50 m.

O túnel deverá apresentar seção de emboque a montante da EAC em seção mista, constituída por trecho retangular de 6,00 m x 3,00 m e complementada por seção semi-circular com raio de 3,00 m. O desemboque será realizado em seção regular dotada de comporta, que será programada para fechar automaticamente em caso de uma eventual ruptura da Barragem 1. Cabe destacar que o controle dos fluxos desta comporta será realizado a jusante.

Para o túnel de restituição ver documento MINA_BLC8007-1010-O-0132.

7.1.3.3 SISTEMA EXTRAVASOR

No cenário de rompimento da Barragem 1, as comportas do túnel de desvio deverão ser fechadas para não permitir a passagem do rejeito para jusante da estrutura. Este cenário se caracteriza pela formação de um novo reservatório e, conseqüentemente, necessita de um sistema extravasor de forma a conduzir ordenadamente as vazões defluentes do reservatório até o talvegue natural (curso d'água do córrego Lamarão), garantindo a segurança hidráulica do maciço. Para atendimento ao cenário de trânsito de cheias, foram consideradas as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que definem um período de retorno para a definição da passagem de cheias na estrutura.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 122/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Baseado nos estudos de ruptura hipotética e nos critérios da NBR 13.028 (ABNT, 2017), foi considerado a adoção de período de retorno de 10.000 anos para o extravasor da EAC. Os estudos hidráulicos demonstraram que para atendimento a este cenário, o sistema concebido na ombreira esquerda do maciço é composto por vertedor em concreto armado de seção trapezoidal com as seguintes características:

- Taludes Laterais: 1,00V:1,00H
- Dimensões: 25,00 m de largura (base menor) x 3,00 m de altura;
- Cota da soleira: 776,00 m.

Para mais detalhes do sistema extravasor da EAC, ver documento MINA_BLC8007-1010-O-0133.

7.1.3.4 DIQUE AUXILIAR DE PROTEÇÃO DA CAVA

Em uma análise do trânsito de cheias com período de retorno de 10.000 anos, constatou-se que a sobrelevação máxima do túnel é de 9,64 m, alcançando a cota 695,64 m do córrego Lamarão à montante da EAC. Isso implicaria em formação de um pequeno reservatório temporário no córrego Mundo Novo, por efeito de remanso, que por consequência, elevaria o nível d'água em cota suficiente para o transbordo na cava do Projeto Bloco 8. Este transbordo, mesmo que temporário, poderia acarretar em danos as estruturas de drenagem previstas para a cava, sendo necessário a adoção de medidas de proteção.

Desse modo, no intuito de evitar este problema, foi proposto a construção de um dique de proteção próximo ao limite da cava do Projeto Bloco 8 no braço de drenagem do córrego Mundo Novo. Esta estrutura será formada por solo compactado, com material advindo das frentes de lavra da cava. A Tabela 7.1.3.2 abaixo mostra a ficha técnica deste dique.

Tabela 7.1.3.2 – Ficha técnica do dique auxiliar de proteção da cava.

Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	700,00
Altura Máxima (m)	10,0
Largura de Crista (m)	5,00
Comprimento de Crista (m)	32,83
Taludes de Jusante e Montante (H:V)	2,00:1,00
Área de Maciço (m ²)	911,04
Volume total Maciço em solo compactado (m ³)	3103,06

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 123/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Para maiores detalhes do Dique Auxiliar da Cava, ver documento MINA_BLC8007-1010-O-0134.

7.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO

Nesse item é apresentada uma descrição das atividades referentes à implantação das estruturas apresentadas anteriormente, as quais compõem o Plano Diretor de Estruturas de Disposição de Rejeitos, de Estéreis e de Armazenamento de Água e da Estrutura Ambiental de Contenção do Projeto Bloco 8.

7.2.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

a) Barragem do Vale:

Para o empreendimento, as barragens de rejeito ocuparão parte das drenagens naturais dos córregos Batalha, Lamarão e Mundo Novo.

No início da fase de enchimento da Barragem 1, a captação atual que abastece o Vale das Cancelas, situada no córrego Batalha, terá de ser relocada. Assim, como medida preventiva para suprimento de água dessa comunidade, a SAM planeja a construção da Barragem do Vale na fase inicial do Projeto Bloco 8, permitindo longo período para seu enchimento pela água de chuva. A Barragem do Vale permite o abastecimento integral de água do Vale das Cancelas. Foi considerado o crescimento populacional da comunidade, com um possível acréscimo de até 10.000 habitantes.

A SAM decidiu que a construção da Barragem do Vale iniciará concomitantemente às primeiras atividades de implantação do Projeto Bloco 8. Isto permitirá vários anos de enchimento natural antes que sua função seja imprescindível, dando mais flexibilidade à gestão do suprimento de água do Vale das Cancelas. Além disso, já há entendimento inicial da SAM com a Copanor que é a empresa distribuidora de água da região, no sentido de que sempre que a água de chuva não for suficiente para enchimento do reservatório, seu suprimento será complementado com água oriunda da captação, seja no Irapé ou no Vacaria, conforme os estudos de Disponibilidade Hídrica Integrada do empreendimento.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 124/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Ressalta-se que a Barragem do Vale será construída com material oriundo das áreas de empréstimo na área do próprio reservatório e/ou de materiais de escavação obrigatórias na região.

b) Barragem Industrial

Devido a necessidade da transposição do córrego Lamarão para o início das atividades de produção e escoamento do minério a Barragem Industrial deverá estar concluída ao final das atividades da pré-produção. O tempo estimado de construção da Barragem Industrial é de 2 anos, considerando a utilização de estéril da lavra, material de empréstimo na área do reservatório e/ou oriundo das escavações obrigatórias na região.

Assim a construção da Barragem Industrial será realizada entre os Anos -2 e -1 em conjunto com as atividades de implantação da Barragem do Vale e Planta Industrial.

Para mais informações sobre os estudos das barragens de acumulação de água desenvolvidos pela WALM para o presente projeto, podem ser consultados os documentos “MINA_BLC8007-1010-G-RE-29”, “MINA_BLC8007-1010-G-RE-30” e “MINA_BLC8007-1010-G-RE-07”, que tratam dos estudos conceituais das Barragens do Vale e Industrial e dos Estudos de Disponibilidade Hídrica Integrada para o Projeto Bloco 8.

7.2.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS

Para atendimento aos volumes de rejeito a serem depositados nas Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8, verifica-se que tanto a Barragem 1, quanto a Barragem 2 não apresentam capacidade individual para atender a todo o volume a ser gerado para os 18 anos de produção. Desta forma, para os estudos de disposição foi considerada a disposição dos rejeitos simultaneamente nas duas barragens de rejeitos, sendo levado em consideração para o estudo, o tempo de construção de cada uma das barragens em função de suas particularidades, volumes de estéril da etapa de pré-produção e o volume de material a ser gerado nas escavações na região da Planta Industrial para a implantação das barragens iniciais, diques de sela e estruturas auxiliares.

Por se tratar de um estudo conceitual baseado em informações preliminares de curvas Cota x Volume para os reservatórios e maciços das barragens 1 e 2, e aferição dos parâmetros geotécnicos dos

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 125/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

rejeitos, foi apresentado o cenário mais adequado em termos do atendimento às premissas e aos requisitos técnicos apresentados item 4.0. As alterações técnicas posteriores podem implicar em ajustes no desenho das estruturas, mas não afetarão sua viabilidade, para a qual os conceitos estão firmemente estabelecidos.

Os estudos demonstram que nas distribuições dos rejeitos grossos, finos e lama entre as Barragens 1 e 2, a Barragem 2 iniciará as atividades do Projeto Bloco 8 na configuração do maciço inicial na EL. 890,00 m, construído com o estéril da pré-produção, escavações obrigatórias e material oriundo das obras de terraplenagem da Planta Industrial, realizadas no início da implantação do empreendimento. Para atendimento aos estudos de Balanço Hídrico (ver documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-07”) para a estrutura, foi considerado que a mesma esteja concluída antes do início da estação chuvosa deste ano, referente ao final do mês de setembro do ano da pré-produção, de modo a permitir 3 meses de enchimento até o início das operações no ANO 1.

Nesta etapa será ainda construído a estrutura de contenção das descargas da Planta de Beneficiamento do Projeto Bloco 8 na porção sul do reservatório da Barragem 2. A estrutura deverá apresentar dupla função operacional, permitindo a utilização de duas baias no ponto mais baixo da Planta de Beneficiamento (cota mínima próximo a EL. 900,00 m), com dois reservatórios para armazenar 0,50 Mm³ na EL. 900,00 m. Além disto, a estrutura será responsável por conformar a sela topográfica na porção sul do reservatório da Barragem 2, para atendimento as etapas dos alteamentos da estrutura. O barramento foi definido no presente estudo como “Dique Industrial” e deverá apresentar cota final da EL. 915,00 m e deverá ser construído em etapa única, com previsão de execução entre os Anos -1 e Pré Produção.

Conforme informado pela SAM, as estruturas iniciais do empreendimento deverão ser construídas em até 3 anos antes do início da exploração do minério (ANO -2, ANO -1 e Pré-Produção), sendo considerado a construção das barragens de água (Barragem Industrial e do Vale) com os materiais de áreas de empréstimo da região e a implantação da Barragem 2 e Dique Industrial com o estéril gerado pelas atividades de pré-produção, somado aos volumes disponíveis das escavações nos platôs da Planta Industrial. Nesta fase serão ainda implantados os extravasores das estruturas. Para o início das operações no ANO 1 as adutoras de água (Irapé e/ou Vacaria) deverão estar concluídas.

Para o início das operações do Projeto Bloco 8, as seguintes estruturas deverão estar concluídas:

- Planta Industrial;
- Barragem do Rio Vacaria;
- Barragem do Vale;
- Barragem Industrial;
- Adutora de água;
- Limpeza da área das explorações da cava do Projeto Bloco 8 na pré-produção;
- Maciço Inicial da Barragem 2 na EL. 890,00 m;
- Maciço do Dique Industrial na EL. 915,00 m.

A Figura 7.2.2.1 apresenta o arranjo geral do Projeto Bloco 8 com as estruturas do empreendimento no final do ano da pré-produção.

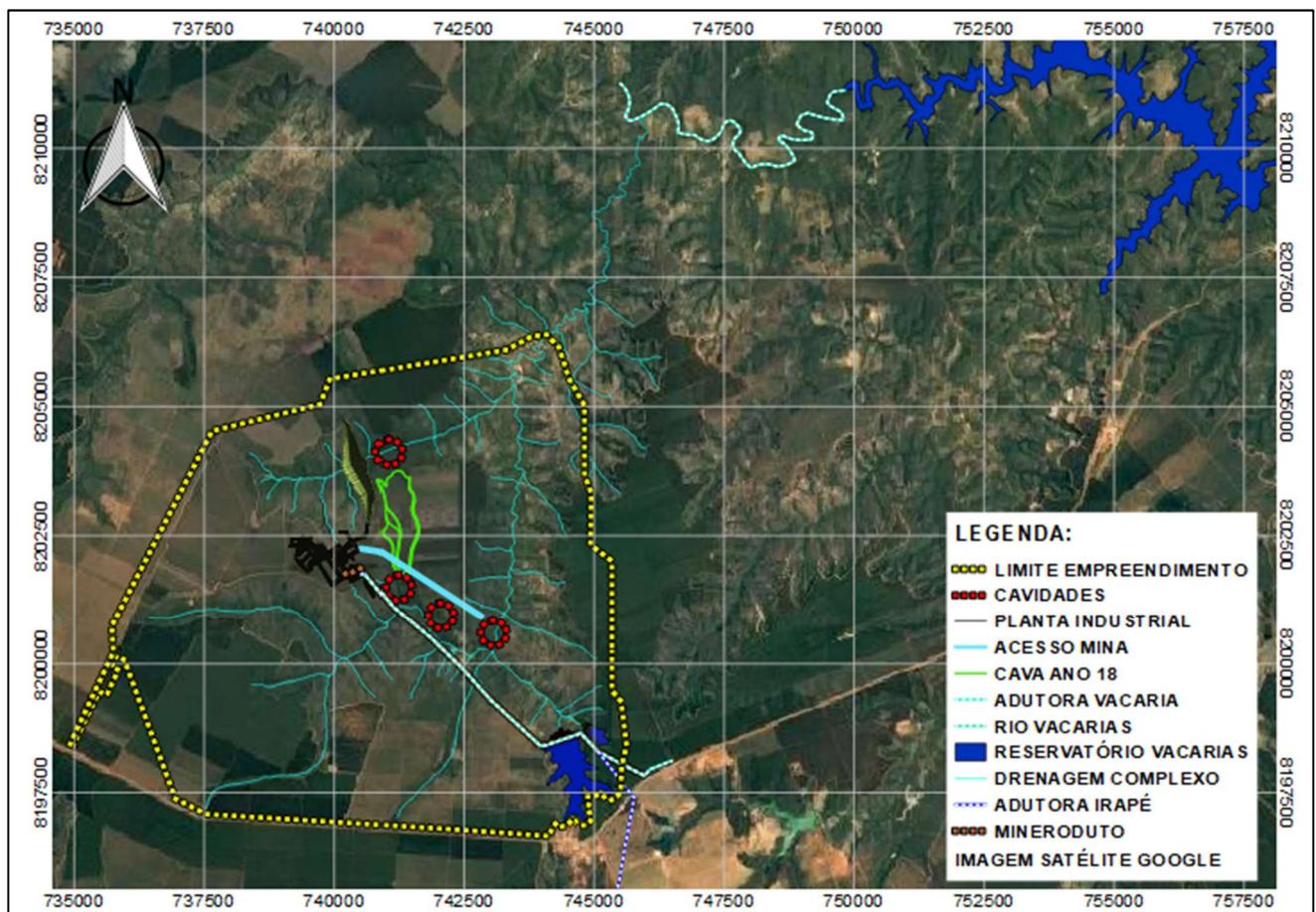


Figura 7.2.2.1 – Arranjo Geral do Projeto Bloco 8 – Final das atividades de pré-produção

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 127/194</p>
	<p>WA05520000-1-GT-MDE-0001</p>	<p>Revisão 06</p>

Para mais informações sobre os estudos das disposições dos rejeitos nas Barragens 1 e 2 consultar os documentos “MINA_BLC8007-1010-G-RE-31”, “MINA_BLC8007-1010-G-RE-32” e “MINA_BLC8007-1010-G-RE-07” do presente estudo referentes ao estudo conceitual da Barragem 1, Barragem 2 e Estudos de Disponibilidade Hídrica Integrada para o Projeto Bloco 8, respectivamente. Vale ressaltar que as Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8 atendem integralmente aos volumes de rejeitos solicitados pela SAM para os estudos de disposição para os 18 anos do empreendimento.

7.2.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO

a) EAC:

A EAC foi concebida para atender ao rompimento hipotético da Barragem 1 do Projeto Bloco 8, evitando a propagação da onda de ruptura ao longo do córrego Lamarão, Barragem do Rio Vacaria e demais cursos d’água a jusante, tais como o rio Jequitinhonha e evitando o atingimento de quaisquer comunidades.

Nos estudos realizados em 2018, considerando o Plano de Disposição dos Rejeitos nas Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8, o rejeito será disposto entre os anos 1 e 2, somente na Barragem 2. A partir do Ano 3, a Barragem 1 entrará em operação para auxiliar a disposição simultânea nas Barragens 1 e 2 do empreendimento, considerando as proporções apresentadas nos estudos da Barragem 1, conforme item 7.2.4 do documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-31”, em que o maciço deverá atender o volume gerado no empreendimento até o final do Ano 7 de operação.

Desta forma, espera-se que a EAC entre em operação no início das atividades da Barragem 1 de modo a atender aos possíveis cenários de rompimento da estrutura. Como a Barragem 1 na configuração do seu maciço inicial será constituída por maciço em solo compactado (construído em etapa única), e deverá apresentar baixo volume de armazenamento no primeiro ano de atividade (18,95 Mm³ no final do Ano 3), a construção do maciço da EAC foi prevista considerando um Dique de Partida na EL. 750,00 m, executado entre os anos 2 e 3 de operação, sendo o seu alteamento realizado de forma progressiva, à medida da evolução da construção da Barragem 1. Recomenda-se, entretanto, que essa estrutura esteja concluída até o final do Ano 07 de operação, quando dará início ao alteamento da Barragem 1 considerando a utilização do rejeito grosso como material de construção (alteamentos sucessivos).

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 128/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Assim, para a verificação do sequenciamento e da disponibilidade de material para a sua utilização, foi avaliada a curva de geração do estéril do Projeto Bloco 8, baseada nos estudos elaborados para o Backfill, conforme apresenta o documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-33.

O balanço de massas feito indica que para o Ano 2 há disponibilidade de material que poderá ser utilizado para a construção do Dique de Partida da EAC até a EL. 750,00m. Para o Ano 3, verifica-se que no balanço considerando a implantação das barragens 1 e 2, estariam disponíveis 14,51Mm³ de estéril (solo), em que 2,23Mm³ poderiam ser empregados para completar a construção da EAC até a sua configuração final, com crista na EL. 779,00 m.

Ressalta-se, ainda, que o estéril do Projeto Bloco 8 é constituído preferencialmente por solos, onde segundo os estudos iniciais realizados, indicam que o material tem potencial para atendimento à construção de barramento. Quanto ao enrocamento, o qual pode ser oriundo de regiões de empréstimo localizadas na área do empreendimento, a SAM deve produzi-lo entre os Anos 2 e 7 de operação do empreendimento.

Demais informações acerca dos materiais disponíveis para implantação da EAC podem ser encontradas no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-38”

7.2.4 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA CONSTRUTIVA PARA CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DAS BARRAGENS E DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO

a) Desmatamento, Destocamento e Raspagem

Os serviços para implantação das barragens serão iniciados pela remoção de todo o material de origem vegetal, incluindo a supressão de vegetação e destocamento, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito.

Por supressão de vegetação, entende-se a derrubada e a remoção de todas as árvores, arbustos, capoeiras e macegas existentes na área e, por destocamento, a remoção dos tocos e raízes, e por raspagem, entende-se a remoção de toda a capa de solo superficial com presença de matéria orgânica com espessura de até 50 cm.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 129/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

Os materiais provenientes da supressão de vegetação serão estocados. A sua destinação final será realizada em conformidade com as legislações ambientais vigentes e as devidas autorizações dos órgãos ambientais. Cabe destacar que a camada de solo vegetal (*topsoil*) poderá ser armazenado em área apropriada, na área do empreendimento, e posteriormente utilizado para proteção vegetal de taludes e/ou aterros.

b) Preparo das Fundações

Toda a superfície final de fundação deverá ser protegida contra danos provocados por erosão e intemperismo ou decorrentes do tráfego de equipamentos, até que os materiais previstos no projeto (solos, filtros e transições) sejam lançados.

Surgências de água deverão ser drenadas para fora da área de trabalho, através de valetas, drenos especiais ou poços. Quando necessário, os drenos e poços com brita, após sua utilização, serão injetados por meio de argamassa de cimento e areia.

Taludes negativos ou muito íngremes, que não permitam a colocação correta de aterros, deverão ser regularizados.

Nas operações para o preparo de fundações de aterros, além do desmatamento, destocamento e raspagem, deverá ser efetuada a remoção de materiais moles.

A superfície final de fundação deverá ser protegida contra danos provocados por erosão e intemperismo, ou decorrentes do tráfego de equipamentos, até que os materiais previstos sejam lançados.

c) Construção dos Maciços das Barragens com Solo

Os maciços em solo compactado das Barragens de água do Córrego do Vale, da barragem de água Industrial, dos diques de partida das Barragens 1 e 2, alteamentos da Barragem 2 e núcleo impermeável da EAC deverão ser executados de acordo com a geometria e dimensões das zonas indicadas no projeto para os diversos tipos de materiais.

As atividades de construção do maciço compactado incluem:

- Lançamento, espalhamento, homogeneização e compactação de materiais terrosos nas zonas da barragem;
- Lançamento e compactação de filtros e transições;

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 130/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

- Controle de qualidade dos serviços acima;
- Serviços de instrumentação da barragem.

- **Materiais de Construção**

Os materiais a serem utilizados na construção dos aterros deverão ser obtidos das escavações em estéril da mina, complementado por escavações das áreas de empréstimo de materiais terrosos nos reservatórios das barragens, de jazidas de areia, de estoques e/ou de pedreiras e deverão atender a todos os requisitos destas especificações. Estes materiais poderão ser naturais ou processados, de acordo com o projeto.

Os materiais pétreos para composição do enrocamento poderão ser oriundos da fração rochosa da base das atividades da lavra ou de outras áreas de empréstimo localizadas na área do empreendimento, jazidas de empréstimo na área da Barragem de água do Rio Vacaria ou das jazidas de agregados para concreto a ser utilizado no Projeto Bloco 8.

Materiais com características insatisfatórias, como raízes, grama ou outros materiais orgânicos perecíveis ou prejudiciais aos aterros, não poderão ser utilizados.

Materiais impróprios, quando indevidamente lançados nos aterros, deverão ser removidos e substituídos.

- **Transições e Filtros**

Os materiais de transição e filtros para as barragens e a EAC serão obtidos de jazidas de areias e de britagem de rochas e deverão ser constituídos de partículas duras e duráveis e apresentar aspecto limpo, ausência de raízes, fragmentos de madeira ou matéria orgânica.

A areia a ser utilizada poderá ser natural ou composta por material obtidos em areais próximos ao empreendimento ou a partir do processo de britagem de rochas em centrais de britagem a serem consideradas para a produção de agregados de concreto e que deverão ser ajustadas para a produção de areia artificial para este fim.

Os filtros e transições deverão ser lançados em camadas e compactados com rolos compactadores vibratórios.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 131/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

O controle de qualidade dos materiais dos filtros será feito através de coleta de amostras na jazida/pilha de estoque e nas camadas depois da compactação, e da realização de ensaios de granulometria sobre estas amostras. Os resultados dos ensaios deverão se enquadrar dentro dos limites estabelecidos nas especificações e/ou projeto.

- **Materiais Terrosos**

O material do núcleo das barragens de água e de rejeito e da EAC deverão vir do estéril e de áreas de empréstimo devidamente investigadas.

Os solos lançados na praça de compactação deverão estar isentos de detritos vegetais, matéria orgânica ou outros materiais deletérios. Caso, por descuido estes materiais sejam lançados na praça de compactação, os mesmos deverão ser retirados e lançados em bota-fora.

Os aterros deverão ser executados conforme indicado no projeto, constituído por solos compactados com grau de compactação maior ou igual que 95%, relativamente ao Ensaio Proctor Normal (NBR 7182 da ABNT).

Antes do lançamento de cada camada deverá ser prevista a escarificação e o umedecimento da superfície para garantir aderência adequada entre as camadas.

- **Materiais Pétreos**

O enrocamento que reveste o núcleo argiloso da EAC e do Dique Auxiliar da Barragem 1, deverá vir de áreas de empréstimo devidamente investigadas.

O enrocamento a ser utilizado para a construção destas estruturas deverão apresentar resistência adequada, isento de materiais contaminantes (metais pesados e/ou com potencial ácido), origem em rochas não cárstica, não apresentar processo de ciclagem, isenta de folheações e planos de rupturas preferenciais de modo a manter a sua integridade física e química ao longo dos anos de operação do empreendimento.

Na praça de lançamento deverão estar isentos de detritos vegetais, matéria orgânica ou outros materiais deletérios. Caso, por descuido estes materiais sejam lançados na praça de compactação, eles devem ser retirados e lançados em bota-fora.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 132/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Os aterros deverão ser executados conforme indicado no projeto, constituído por blocos molhados para ampliar a capacidade de embricamento deles e melhor acomodação no maciço a fim de que se possa fazer a compactação adequada.

- **Equipamentos de Compactação de Materiais Terrosos**

Os equipamentos de compactação serão constituídos de rolos com patas, do tipo “tamping” ou pé-de-carneiro, pneumáticos, lisos vibratórios e soquetes mecânicos de operação manual.

Deverão ser utilizados equipamentos em número suficiente para que seja mantida uma produção uniforme e contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos.

- **Equipamentos de Compactação/imbricamento de Materiais Pétreos**

Cada camada de enrocamento deverá ser compactada por equipamentos de esteira sem vibração com peso estático de no mínimo 10 tf. A velocidade máxima dos equipamentos deverá ser ajustada consoante o desempenho e a eficiência da compactação.

A quantidade de equipamentos utilizados deve ser suficiente para se manter uma produção uniforme e contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos.

- **Equipamentos para a Compactação de Filtros e Transições**

Para a compactação dos enrocamentos e transições, deverão ser utilizados rolos de cilindro liso, constituído por um único cilindro vibratório, rebocados por tratores de esteira ou autopropelidos.

Os tambores deverão ser de aço e providos de acessórios, de modo a evitar o acúmulo de material na sua superfície durante a operação de compactação.

Os rolos deverão ser operados a uma velocidade que não exceda 3,0 km/hora

- **Compactadores Manuais**

Os compactadores mecânicos manuais serão utilizados para a compactação de materiais em áreas inacessíveis a outros tipos de compactadores, junto a paredes ou muros de concreto e em locais de instalação de instrumentação.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 133/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

- **Execução dos Aterros**

Os aterros deverão ser construídos conforme os alinhamentos, greides e seções transversais indicados nos desenhos.

As superfícies dos aterros de solo, durante e após a execução, deverão ser mantidas sempre com declividade tal que permita uma rápida drenagem das águas pluviais.

O lançamento de todos os materiais será de acordo com os alinhamentos, greides, dimensões e declividades indicadas no projeto.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que difira substancialmente, em características geotécnicas, do material circundante.

No caso de ocorrência de camadas que apresentem superfícies internas de laminação, as mesmas deverão ser revolvidas, tratadas e recompactadas, antes do lançamento de outra camada.

Quando necessário, a camada já compactada deverá ser levemente escarificada com grade de disco antes do lançamento da camada sobrejacente, de maneira a se obter boa ligação entre as camadas sucessivas.

O material impermeável deverá ser lançado e espalhado de modo a se obterem camadas de 25 (vinte) a 30 (vinte e cinco) centímetros de espessura de material não compactado, incluindo-se o material solto remanescente da camada anterior. Estes valores deverão ser confirmados em pista experimental específica.

A espessura das camadas de lançamento poderá variar em função dos equipamentos de compactação a serem usados e dos graus de compactação obtidos em aterros experimentais ou no corpo do aterro.

Em áreas onde for necessária a compactação manual, o solo deverá ser lançado e espalhado em camadas que não excedam a 10 cm de material solto.

Deverão ser tomados cuidados especiais na execução das zonas de filtro e transição (areia e brita). Todo cuidado deverá ser tomado para evitar a contaminação dos materiais destas zonas com outros

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 134/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

materiais do aterro, durante os períodos de chuva. Todos os materiais das áreas que forem contaminadas serão removidos.

O lançamento dos filtros e transições será concomitante à subida dos aterros adjacentes.

Os materiais das zonas de filtros e transições deverão ser lançados em camadas horizontais com espessura de 40 (quarenta) centímetros antes da compactação.

Em áreas confinadas, onde não for possível a utilização de equipamentos convencionais, serão usados compactadores mecânicos leves. Neste caso a espessura da camada não deverá ultrapassar 15 (quinze) centímetros.

O controle de qualidade através de ensaios de granulometria e permeabilidade dos materiais será efetuado em amostras recolhidas nas camadas antes e/ou depois da compactação.

d) Construção dos Alteamentos da Barragem 1 com Rejeito

Os alteamentos da Barragem 1 deverá ser executado com rejeito grosso ciclonado. A operação de ciclonação é executada na usina, de onde o *underflow* é conduzido ao local de aplicação.

As atividades de construção incluem:

- Lançamento e espalhamento na crista e talude de jusante da barragem;
- Compactação;
- Controle de qualidade dos serviços acima;

Os materiais a serem utilizados na construção dos alteamentos deverão ser obtidos da ciclonação do rejeito grosso para o maciço e em areais ou depósitos de areia artificial e pedreiras para os filtros e transições.

O controle de qualidade dos materiais será feito através de coleta de amostras nas camadas depois da compactação, e da realização de ensaios de granulometria sobre estas amostras. Os resultados dos ensaios deverão se enquadrar dentro dos limites estabelecidos nas especificações e/ou projeto. Para a compactação dos rejeitos, deverão ser utilizados rolos de cilindro liso, constituído por um único cilindro vibratório, rebocados por tratores de esteira ou autopropelidos.

Os tambores deverão ser de aço e providos de acessórios, de modo a evitar o acúmulo de material na sua superfície durante a operação de compactação.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 135/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

O controle de qualidade através de ensaios de granulometria e permeabilidade dos materiais será efetuado em amostras recolhidas nas camadas antes e/ou depois da compactação.

O método construtivo e controle de qualidade para os filtros e transições serão os mesmos preconizados para as barragens e alteamentos em solo compactado.

7.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO

Nesse item é apresentada uma descrição das atividades referentes à operação das estruturas apresentadas anteriormente, as quais compõem o Plano Diretor de Estruturas de Disposição de Rejeitos, de Estéreis e de Armazenamento de Água do projeto Bloco 8.

7.3.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Para atendimento aos regimes hidrológicos, o enchimento da Barragem Industrial será realizado entre as atividades da pré-produção e ANOS 1 e 2 de operação, com o início das operações no ANO 3.

A partir dos estudos realizados verificou-se que a Barragem Industrial deverá iniciar suas operações no início do ANO 3, de modo a atender ao vertimento da Barragem 1, no início da sua operação.

A Barragem do córrego do Vale deverá ser construída no ANO-2 de operação e estará disponível para atendimento da comunidade do Vale das Cancelas no início de operação do empreendimento, ou seja, no início do ANO 1. Atualmente essa população é abastecida por uma captação no córrego Batalha, também afluente da margem direita do córrego Lamarão, que deverá ser extinguida no início de Implantação da Barragem de Rejeitos 1, no Ano 3 de Operação, restando, ainda, uma folga operacional de, no mínimo, 2 anos, dando tranquilidade e conforto para a comunidade durante a alteração da fonte de suprimento de água. Ressalta-se que a Barragem do córrego do Vale permite o abastecimento integral de água da comunidade do Vale das Cancelas, e até mesmo seu crescimento populacional, considerando-se uma possível expansão até 10.000 habitantes, como dito anteriormente.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 136/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

7.3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITOS

7.3.2.1 BARRAGENS 1 E 2

Para os estudos, foram elaborados diversos cenários de disposição, considerando o Plano de Produção apresentado na Tabela 4.6.

Foram avaliados os cenários das barragens operando isoladamente até a sua exaustão, simulando as condições para a Barragem 1 operando desde o início, Barragem 2 operando desde o início e consolidando os tempos de vida útil das estruturas até a sua exaustão.

Além disto, foram elaborados cenários considerando a disposição de toda Lama na Barragem 2 e disposição dos rejeitos grossos e finos na Barragem 1, com as estruturas operando simultaneamente. Os cenários onde foram consideradas as barragens 1 e 2 recebendo os volumes de rejeito grosso, fino e lama, em proporções adequadas, levou em conta as capacidades de armazenamento de cada estrutura e o início das operações de cada uma das estruturas na linha do tempo.

Assim, o cenário que apresentou a melhor composição para atendimento ao volume total de rejeitos a serem dispostos ao longo dos 18 anos do Projeto Bloco 8 consiste em:

- A Barragem 2 iniciando as operações no início das atividades do Projeto Bloco 8 (ANO 1), na cota referente ao maciço inicial na EL. 890,00 m (construído em estéril compactado obtido nas atividades da pré-produção, volumes gerados pelas obras de terraplenagem na Planta Industrial e em materiais oriundos das escavações obrigatórias na região);
- A Barragem 1 deverá atender a disposição integral do volume de rejeito grosso, fino e lama nos ANOS 1 e 2 da operação;
- Barragem 1 inicia suas operações no início do ANO 3, considerando a construção do maciço inicial na EL. 890,00 m (construído em estéril compactado e/ou em materiais oriundos das escavações obrigatórias na região);
- Para o Plano de Produção apresentado na Tabela 4.6, foi necessária a redistribuição dos volumes anuais para atendimento as condições operacionais da Barragem 2 e Barragem 1, respectivamente;
- A proporcionalidade anual do volume total de rejeito grosso, fino e lama a serem depositados ano a ano nas Barragem 1 e 2 é apresentada na Tabela 7.3.2.1 e Tabela 7.3.2.2.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
137/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão
06

Tabela 7.3.2.1 – Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 1

Ano	Barragem 1		
	% Disposição Rejeito Grosso	% Disposição Rejeito Fino	% Disposição Lama
1			
2			
3	85%	90%	30%
4	85%	90%	30%
5	85%	90%	30%
6	85%	90%	30%
7	85%	90%	30%
8	85%	90%	30%
9	85%	90%	30%
10	85%	90%	30%
11	85%	90%	30%
12	85%	90%	30%
13	100%	95%	30%
14	100%	100%	100%
15	100%	100%	100%
16	100%	100%	100%
17	100%	100%	100%
18	100%	100%	100%

Tabela 7.3.2.2 – Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 2

Ano	Barragem 2		
	% Disposição Rejeito Grosso	% Disposição Rejeito Fino	% Disposição Lama
1	100%	100%	100%
2	100%	100%	100%
3	15%	10%	70%
4	15%	10%	70%
5	15%	10%	70%
6	15%	10%	70%
7	15%	10%	70%
8	15%	10%	70%
9	15%	10%	70%
10	15%	10%	70%
11	15%	10%	70%
12	15%	10%	70%
13	0%	5%	70%
14			
15			
16			
17			
18			

A Barragem 2 será responsável por atender a todo o volume gerado nos ANOS 1 e 2 da operação e deverá passar por obras de alteamento pela metodologia de linha de centro em duas fases. Os estudos conceituais preveem a primeira etapa do alteamento de 15,00 metros considerando a

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 138/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

construção da barragem com o estéril gerado na exploração da cava do Projeto Bloco 8, utilizando a metodologia de linha de centro, levando a estrutura para a EL. 905,00 m. A segunda etapa do alteamento prevê o alteamento por linha de centro da estrutura em 10,00 metros, considerando a utilização do estéril como material de construção, levando a crista para a cota final da estrutura na EL. 915,00 m. Conforme já citado, decidiu-se adotar a extensão do filtro septo vertical nos alteamentos até a crista final para melhoria das condições de segurança.

Conforme demonstram os estudos de ocupação do reservatório, apresentados no item 7.2.4 do documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-32”, verifica-se que em função do Plano de Produção direcionado para a Barragem 2, o primeiro alteamento da Barragem 2 deverá estar concluído no final do ANO 2 de operação de modo a permitir a disposição contínua do rejeito na estrutura. A segunda etapa de alteamento da Barragem 2 deverá estar concluída no final do ANO 9 da operação. Ressalta-se que nesta etapa deverá ser implantado além do alteamento a sela topográfica na porção norte do reservatório da Barragem 2, denominado como “Dique de Sela” na EL. 915,00 m, considerando a utilização do estéril do ANO 9 para a sua construção, devido ao baixo volume do maciço com consequente baixo tempo de construção.

Na configuração final da barragem na EL. 915,00 m, a disposição dos rejeitos na Barragem 2 será realizada até o final do ANO 13 da operação do Projeto Bloco 8, quando é atingida a capacidade máxima de acumulação da estrutura. A partir do ANO 14, a SAM poderá iniciar as atividades de descomissionamento da estrutura.

Cabe ressaltar que as etapas de alteamento da Barragem 2, considerando a metodologia construtiva da linha de centro com o próprio estéril deverão utilizar os estéreis dos seguintes anos de operação:

- Primeiro Alteamento: Consumo de parte da produção do estéril dos ANOS 1 e 2, considerando dois anos de construção;
- Segundo Alteamento: Consumo de parte da produção do estéril dos ANOS 7 e 8 considerando dois anos de construção.

A partir dos estudos de disposição dos rejeitos de forma hidráulica nas Barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8, verifica-se que a Barragem 1 só iniciará suas atividades no início do ANO 3 do empreendimento, pois os volumes iniciais para a construção do maciço inicial na EL. 890,00 m, bem como para a construção da barragem da ombreira direita seriam muito superiores aos previstos para a construção das estruturas da Barragem 2.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 139/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Para o presente estudo, foi considerado o início das atividades de construção da Barragem 1 entre os ANOS 1 e 2 da operação, considerando a utilização do estéril gerado nas atividades da lavra do Projeto Bloco 8, escavações obrigatórias na área de implantação da barragem e áreas de empréstimo no reservatório da estrutura. A partir do ANO 3 de operação a Barragem 1 irá receber parte dos rejeitos gerados na Planta Industrial do Projeto Bloco 8, devendo operar até o final do ANO 7, sem a necessidade de obras de alteamento.

A partir do início do ANO 8 da operação a Barragem 1, obrigatoriamente deverá ser alteada considerando a utilização do rejeito grosso “*underflow*” do processo industrial que apresenta características adequadas para este tipo de operação. Nesta etapa, para atendimento as condições operacionais desta metodologia, o Dique Auxiliar 1 deverá estar concluído de modo a permitir a coleta e armazenamento da água liberada do rejeito grosso, considerado para a construção da Barragem 1, bem como dos dispositivos de drenagem interna.

Ressalta-se que para a Barragem 1, não foi considerado tempo de enchimento para a barragem inicial, antes do início das disposições de rejeito na estrutura, conforme demonstra os estudos de Balanço Hídrico para a estrutura apresentadas nos documentos “MINA_BLC8007-1010-G-RE-31” e “MINA_BLC8007-1010-G-RE-07”.

O Alteamento da Barragem 1 deverá ser realizado pela metodologia de linha de centro, considerando o lançamento hidráulico do rejeito grosso pela crista no teor de sólidos do processo industrial, definido com de 65% ($T_s=65\%$), levando a inclinações globais dos taludes na razão de 3,50H : 1,00V, conforme apresentado nos desenhos de projeto, devido as tensões de escoamento do material. A Barragem 1 deverá ser alteada continuamente pela metodologia de Linha de centro com a utilização do rejeito grosso em via hidráulica, ente os ANOS 8 e 18, de modo a atender a produção dos 18 anos de produção do Projeto Bloco 8. Ressalta-se que a partir do ANO 14 toda a disposição do rejeito (grosso, fino e lama) será realizada exclusivamente na Barragem 1 que foi projetada para atendimento aos volumes requeridos.

Conforme já citado, decidiu-se adotar duas providencias adicionais, relativamente a metodologia tradicional deste tipo de formação da barragem, que seria a extensão do filtro septo vertical nos alteamentos até a crista final e a compactação do rejeito grosso no talude de jusante.

Nas metodologias convencionais o filtro septo vertical não apresenta prolongamento, sendo elemento do maciço inicial. Cabe destacar que o prolongamento do filtro septo vertical, visa garantir o controle

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 140/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

da percolação no maciço principal da estrutura, mesmo que durante as operações, os ranges de permeabilidade esperados pela segregação do rejeito no reservatório, não atinjam as condições previstas.

Em relação a compactação dos rejeitos, o controle tecnológico por camadas tem o objetivo de atender as condições de segurança geotécnicas previstas em projeto, evitando formação de zonas com comportamento contrátil no maciço em rejeito grosso. Com o controle da disposição em camadas uniformes, atividades de compactação e o controle tecnológico, o rejeito apresentará comportamento dilatante, eliminado o risco de mobilização de instabilizações por mobilização de condições não drenadas, garantindo a estabilidade física da estrutura por cisalhamento e liquefação.

Ressalta-se ainda que o crescimento da barragem a partir do alteamento com o rejeito grosso é diário, devido ao tipo de metodologia adotada para o alteamento (linha de centro com o próprio rejeito grosso gerado no processo industrial). Para a garantia da segurança geotécnica da estrutura, recomenda-se a disposição dos rejeitos para o maciço e para o reservatórios nas proporções descritas na Tabela 7.3.2.1 e Tabela 7.3.2.2, e considerando as taxas de crescimento anual da Barragem 1 (entre os ANOS 8 e 18) nos valores apresentados no item 7.2.4 do documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-31”, de modo a atender aos limites estabelecidos para condições não drenadas (liquefação) para as regiões críticas do barramento (região da praia que será o alicerce para os alteamentos por linha de centro da Barragem 1.

A partir do exposto, para a Barragem 1 conclui-se que:

- O maciço inicial da Barragem 1 deverá estar concluído no início do ANO 3 de operação do empreendimento;
- A construção do maciço inicial da Barragem 1 deverá ser construído preferencialmente em estéril, considerando a utilização dos materiais dos ANOS 1 e 2 da operação;
- O maciço da Barragem da Ombreira Direita da Barragem 1 deverá ser construído por materiais de empréstimo da área do reservatório e/ou por materiais oriundos das escavações obrigatórias do empreendimento;
- O maciço inicial da Barragem 1 na EL. 890,00 m atenderá aos volumes de produção dos rejeitos do Anos 3 ao 7;
- As já citadas providencias adicionais de segurança torna a estrutura bastante segura, no aspecto de estabilidade.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 141/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.3.2.2 BACKFILL

Para os estudos, de modo a reduzir os impactos ambientais na área do Projeto Bloco 8, bem como iniciar as obras de reabilitação de áreas antropizadas das atividades minerárias, optou-se pela disposição do estéril nas áreas exauridas da cava do Projeto Bloco 8.

Este tipo de disposição é denominado como “Sequenciamento Verde” e/ ou “*Backfilling*”, por ocupar áreas já impactadas pela atividade de mineração, reduzindo o impacto ambiental, por evitar a ocupação de novas áreas no entorno do empreendimento e auxiliando na etapa de descomissionamento das áreas exauridas da cava com o fechamento da estrutura. Ressalta-se que para os estudos, a SAM considerou a ocupação de parte da cava do Projeto Bloco 8, com a Pilha de Minério de Oportunidades, considerando a redução dos impactos ambientais na área do projeto, assim como a disposição em “*Backfill*”.

Por questões ambientais, para o *Backfill* foi considerado a elaboração de um arranjo geométrico que atenda aos volumes de estéril a serem depositados, e ainda contemple a disposição de parte dos rejeitos na etapa final das operações do empreendimento. Para tal, foi considerado que o mesmo receba apenas o rejeito grosso (*underflow*) oriundo da usina de beneficiamento, nos dois últimos anos de operação.

Assim, a disposição do estéril será iniciada no ANO 2 das operações do Projeto Bloco 8, considerando os volumes apresentados na Tabela 7.3.2.3, e tomando como base o limite da cava no final de cada ano de operação. Como o sequenciamento previsto para a lavra do empreendimento prevê o avanço de oeste para leste com o rebaixamento sucessivo das regiões, os estudos para a disposição do *Backfill* para a disposição do estéril tomaram como base a cava do ANO 14, pois após este ano a cava não permite áreas para a disposição do material na sequência do avanço. Cabe ressaltar que o volume total previsto na Tabela 7.3.2.3 é atendido integralmente pelo arranjo geométrico. Para o Projeto Bloco 8 o *Backfill* encerra suas operações no final do empreendimento previsto para o ANO 18 em conjunto com as demais estruturas do complexo.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 142/194
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06

Tabela 7.3.2.3 – Cálculo do Volume real de estéril a ser disposto no Projeto Bloco 8

Volumes de Estéril para Construção (m³)								
Ano de Operação	Plano de Produção Estéril	Volumes Barragem 1 (m³)		Volumes Barragem 2 (m³)		Estrutura Ambiental de Contenção (m³)		Volume de Disposição em Backfill (m³)
	Volume de Estéril Gerado Anualmente (Empolamento de 30%) m³	Requerido (Arranjos)	Construção	Requerido (Arranjos)	Construção	Requerido (Arranjos)	Construção	
0	11.377.437,50			19.700.778,79	11.377.437,50			0,00
1	16.702.562,50		13.702.562,50		3.000.000,00			0,00
2	8.698.625,00	18.955.967,79	5.253.405,29		2.020.828,39	3.044.677,00	1.214.929,00	209.462,32
3	14.512.875,00			5.020.828,39				14.512.875,00
4	14.859.812,50							14.859.812,50
5	7.847.125,00							7.847.125,00
6	14.798.875,00							14.798.875,00
7	15.192.937,50				2.000.000,00			13.192.937,50
8	4.996.875,00				2.600.141,84			2.396.733,16
9	4.337.937,50			4.600.141,84				4.337.937,50
10	8.798.562,50							8.798.562,50
11	4.524.000,00							4.524.000,00
12	4.110.437,50							4.110.437,50
13	7.910.500,00							7.910.500,00
14	4.368.000,00							4.368.000,00
15	3.208.562,50							3.208.562,50
16	3.176.875,00							3.176.875,00
17	4.762.062,50							4.762.062,50
18	6.933.875,00							6.933.875,00
Total (m³)								119.948.632,98

Para maiores detalhes a respeito dos estudos de disposição do estéril, consultar o documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-33” referente ao Projeto Conceitual do *Backfill*.

7.3.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DA ESTRUTURA AMBIENTAL DE CONTENÇÃO

A Estrutura Ambiental de Contenção - EAC não possui finalidade de reservação de água. Dessa forma, a partir do ano 3, quando a implantação já estiver finalizada e ela estiver operando, o fluxo natural dos córregos Lamarão e Novo Mundo deve passar pelo túnel de desvio localizado sob o maciço da estrutura. Para tanto, a comporta deve se manter aberta.

De toda forma, a comporta a jusante do túnel deve estar programada para fechar automaticamente em caso de eventual ruptura de alguma das barragens de rejeito. O fechamento da comporta deve impedir completamente que o fluxo do córrego passe pelo túnel e permitir a acumulação do rejeito a montante da EAC.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 143/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

7.4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE FECHAMENTO

No final do ANO 18, as estruturas atingirão as suas configurações finais de projeto. No ANO 19 poderão ser iniciadas as atividades de fechamento das estruturas, com exceção da Barragem 2 que poderá ser descomissionada a partir do ANO 14 e das barragens de água, que serão mantidas para uso futuro.

As atividades de fechamento das estruturas do Projeto Bloco 8 propostas pela WALM consistem basicamente de regularização dos reservatórios, somada à execução de canais no interior dos mesmos, para direcionamento correto do fluxo, interligando também as estruturas extravasoras existentes.

De acordo com as normas vigentes, uma barragem é descomissionada quando deixa de ser utilizada para os propósitos de capacitar a acumulação ou desvio de água (ou qualquer outra substância), ou quando for abandonada ou demolida. A descaracterização de uma barragem, com demolição parcial ou total das suas estruturas, deve ser comunicado à entidade fiscalizadora e implementado, de modo a garantir as necessárias exigências de segurança. O empreendedor deve promover a realização de um projeto de descomissionamento, apoiado em estudos detalhados da retirada de serviço da barragem, e incluindo as medidas necessárias para garantir as condições de segurança.

No caso de a barragem não ser totalmente removida pode ser adequado prosseguir o controle de segurança das estruturas que permanecem. Nestes casos, o projeto de descomissionamento deve incluir um plano para o controle de segurança das estruturas que permanecem, nomeadamente por intermédio de inspeções de segurança, indicando o seu tipo, periodicidade e forma de apresentação dos relatórios. No caso de ficarem instalados, nas estruturas que permanecem, instrumentos em condições operacionais, a utilização desses instrumentos e a forma da sua utilização devem ser referidas no plano de controle de segurança dessas estruturas.

As atividades de descomissionamento visam estabelecer soluções com viabilidade ambiental, técnica e econômica e que atendam às exigências legais e demais condicionantes aplicáveis.

Esse projeto tem como objetivo manter as condições de segurança para o descomissionamento e propiciar uma atividade para os possíveis usos futuros. A este respeito, destaca-se que a definição do uso futuro definido no Plano de Fechamento do Projeto Bloco 8 prevê apenas a recuperação ambiental.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 144/194	
	WA05520000-1-GT-MDE-0001	Revisão 06	

As atividades de descomissionamento, em específico, devem atingir os requisitos de estabilidade física e química, que possibilitem a obtenção de condições para a descaracterização da barragem, em relação as suas operações, embora condicionada a possíveis restrições, para o seu uso futuro.

O projeto propõe a regularização do reservatório com solo/estéril de modo que ocorra a drenagem das águas pluviais em direção aos canais a serem implantados no interior do reservatório.

O aterro de regularização será compactado através do trânsito dos próprios equipamentos de terraplenagem. Observa-se que próximo a superfície, o material a ser utilizado deverá ser selecionado (material com granulometria fina) de modo a facilitar o plantio da hidrossemeadura.

Dessa forma, o maciço das estruturas será mantido, mas passará a operar como um aterro.

Com relação à condução da água proveniente da área de drenagem do reservatório, serão executados canais de condução, até interligar ao sistema extravasor das estruturas.

A partir da descaracterização do reservatório e execução dos canais, o atual sistema extravasor das barragens passará a operar como uma estrutura hidráulica de condução de drenagem superficial, como um canal periférico.

7.5 CRONOGRAMA GERAL DAS ATIVIDADES DO EMPREENDIMENTO

A partir do exposto nos itens 7.2 e 7.3 e das informações disponibilizadas pela SAM, foi elaborado o cronograma simplificado para a construção das estruturas do projeto, considerando que o empreendimento deverá iniciar as suas atividades de construção, 3 anos antes da sua operação. A Tabela 7.5.1 apresenta o cronograma das etapas de implantação e operação das estruturas do Projeto Bloco 8.

Ressalta-se que são apresentadas as estruturas que deverão receber o aporte de água das fontes externas do projeto (Vacaria – Em fase de projeto e Irapé – Estrutura que apresenta outorga de 6.200 m³/h), sendo os valores do aporte apresentados nos estudos referentes ao Balanço Hídrico.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO

MINA_BLC8007-1010-G-RE-09

Folha
145/194

WA05520000-1-GT-MDE-0001

Revisão 06

Tabela 7.5.1 – Cronograma Geral das Atividades do Projeto BLOCO 8 – SAM METAIS

Estruturas	Implantação do Empreendimento			Operação do Projeto Bloco 8																		
	ANO -2	ANO -1	Pré-Produção	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	
Barragem do Rio Vacaria	Red	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Planta Industrial	White	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Barragem do Vale	Red	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Barragem Industrial	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Adutora (Irapé e/ou Vacaria)	White	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Cava Projeto Bloco 8	White	White	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Barragem 1	White	White	White	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Estrutura Ambiental de Contenção	White	White	White	White	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red								
Barragem 2	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Backfill	White	White	White	White	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green								
Pilha de Baixo Teor	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White

Legenda:	
Construção	Red
Enchimento Natural	Blue
Enchimento com aporte (Vacaria e/ou Irapé)	Dark Blue
Pré-Operação	Yellow
Operação	Green

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 146/194</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0009</p>	<p>Revisão 06</p>

8.0 MEDIDAS DE SEGURANÇA E CONTROLE

O presente item apresenta os controles a serem empregados para a manutenção da segurança geotécnica, hidrológica e hidráulica pela SAM para os 18 anos do Projeto Bloco 8.

Em termos organizacionais, a estrutura prevista pela SAM para o Projeto Bloco 8 irá considerar a implantação de equipes multidisciplinares para atendimento as questões apresentadas a seguir:

- Administração;
- Produção;
- Lavra;
- Geotecnia;
- Manutenção;
- Engenharia
- Meio Ambiente; etc.

Esta estruturação deverá apresentar focos específicos em relação a operação do empreendimento, sendo que, para o presente item o enfoque será dado para a Gestão Integrada entre a gestão das barragens de água e rejeito do empreendimento com os controles dos seguintes itens:

- Engenharia de Projetos;
- Fiscalização das obras de construção dos Maciços Iniciais e etapas de alteamento com solo e/ou rejeito grosso;
- Construção das Barragens
- Construção da EAC – Estrutura Ambiental de Contenção;
- Controle tecnológico dos Rejeitos na Planta Industrial;
- Gestão dos Recursos Hídricos dos Reservatórios;
- Gestão da Disposição dos Rejeitos nos reservatórios e para material de construção
- Gestão da disposição do Estéril em *Backfill*;
- Monitoramento, Inspeção e Controle das Estruturas de disposição de Estéril e Rejeitos; e
- Manutenção e obras de recuperação.

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 147/194</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0009</p>	<p>Revisão 06</p>

A estruturação apresentada deverá ser englobada em um departamento específico da estrutura organizacional a ser implantado para o Projeto Bloco 8, sendo formada por equipes multidisciplinares de Engenharia (geotecnia, hidrologia, hidráulica, concreto, estruturas) Geologia e Técnicos, etc.

Para todas as etapas dos Projetos que antecedem as fases de operação para o empreendimento (projetos em nível conceitual, básico e detalhado), a SAM elaborou e/ou elaborará projetos de engenharia contemplando as melhores práticas de engenharia, que consideram as diretrizes, portarias e normas técnicas (Barragens de Rejeitos – NBR 13.028 (ABNT, 2017), Pilhas de Estéril – NBR 13.029 (ABNT, 2017), Estabilidade de Encostas – NBR 11.682 (ABNT, 2009), Portaria DNPM 70.389, DN COPAM Nº 87) vigentes, para balizar os estudos. O controle desta etapa dos estudos será realizado pela equipe de Engenharia de Projetos da SAM.

8.1 BARRAGENS DE ÁGUA E REJEITOS

Nas etapas de implantação, para a garantia de segurança das estruturas de disposição dos rejeitos e água do Projeto Bloco 8, a SAM irá realizar a contratação de empresas com expertise na implantação e construção de barragens de rejeitos, e irá realizar o acompanhamento a partir de sua equipe técnica. Durante as obras, para a garantia da boa qualidade das obras de limpeza de fundação, drenagem interna implantação dos maciços em solo compactado, drenagem superficial e sistema extravasor, a SAM contará com o auxílio de equipe de Fiscalização formado por técnicos da própria empresa e de terceirizadas para a certificação das obras.

Desta maneira, a SAM irá preservar as condições previstas em projeto, em toda a etapa de construção, garantindo a segurança geotécnica, hidrológica e hidráulica para as estruturas do Projeto Bloco 8. Cabe ressaltar que as Barragens do Córrego do Vale e Industrial (água) serão construídas em etapa única e as Barragens 1 e 2 (rejeito) e Estrutura Ambiental de Contenção serão construídas em etapas.

Para o projeto Bloco 8 é importante ressaltar que para as atividades de disposição do estéril e do rejeito para os 18 anos de operação deverão apresentar processos de controle tecnológico desde sua produção (para o caso dos rejeitos) até a sua disposição visando a segurança geotécnica e hidráulica das estruturas.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 148/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

Em termos da unidade de gestão dos rejeitos gerados na Planta Industrial, a SAM apresentará uma equipe especializada para o manejo dos recursos hídricos dos reservatórios das Barragens 1 e 2 (rejeitos) e Industrial (água) e para o controle dos rejeitos do processo industrial com a verificação das propriedades geotécnicas e hidráulicas do rejeito e disponibilidade hídrica para o empreendimento de modo a atender as necessidades do Projeto Bloco 8.

Para a gestão de águas dos reservatórios, a SAM apresentará na sua equipe de operações, profissionais especialistas para o manejo das águas nas Barragens 1, 2 e Barragem Industrial de modo a garantir as condições estabelecidas em projeto (ver estudo de Balanço Hídrico apresentado no documento "MINA_BLC8007-1010-G-RE-07), evitando a escassez hídrica para o empreendimento para os 18 Anos de operação.

Vale ressaltar que a água liberada pelos rejeitos depositados nas Barragens 1 e 2 fazem parte do sistema de recirculação de água para o processo de beneficiamento do minério na Planta Industrial, sendo a recuperação de água de 44 % em relação ao volume de polpa depositada nas estruturas.

Como medida de controle para a gestão de ocupação dos reservatórios das barragens de rejeito (disposição hidráulica no reservatório), e material de construção para a Barragem 1(alteamento com rejeito grosso), a SAM irá realizar a gestão integrada dos rejeitos desde sua geração até a disposição em reservatório

Para tal, o rejeito gerado no processo industrial (lama, grosso e fino) deverá apresentar uma equipe especializada para a operação dos Espessadores de Alta Densidade e Ciclones e controle tecnológico dos rejeitos gerados. Desta forma, a Planta Industrial deverá gerar o rejeito nas condições estabelecidas, de modo a auxiliar a equipe de operação na gestão dos reservatórios das Barragens 1 e 2, garantindo as propriedades de densidades secas, teor de sólidos de polpa, etc. Além disto, para o rejeito grosso a ser utilizado como material de construção para o alteamento da Barragem 1 a partir do ANO 8, o material gerado no processo industrial deverá apresentar características específicas (percentagem da fração Silte e Argila inferior a 20% e coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-3} cm/s) para a sua utilização como material de construção.

O controle será realizado a partir da realização de ensaios laboratoriais (em frequência a ser definida nas demais etapas de projeto), contemplando a caracterização dos rejeitos (ensaios de densidade

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 149/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

seca, limites de ATHERBERG, granulometria, compactação e ensaios de permeabilidade). Os ensaios deverão ser realizados em laboratórios com precedência técnicas a serem contratadas e/ou pela própria SAM, considerando a implantação de um laboratório de controle para o Projeto Bloco 8.

A partir dos resultados de controle tecnológicos do rejeito, as equipes de Processo e Gestão dos Reservatório deverão manter os ajustes necessários na Planta Industrial do Projeto Bloco 8 garantindo as condições requeridas para a disposição dos rejeitos de forma adequada, preservando as condições de segurança desenvolvidas nos estudos de engenharia, considerando as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Em termos operacionais, a SAM irá implantar o monitoramento geotécnico de todas as estruturas de disposição de estéril e rejeitos de modo a auxiliar na avaliação do desempenho ao longo dos 18 anos de operação. O monitoramento geotécnico será realizado através de inspeções periódicas, leituras da instrumentação geotécnica (marcos superficiais, indicadores de nível d'água e piezômetros), monitoramento das vazões dos dispositivos de drenagem superficial e interna e superficial e das vazões de vertimento nas barragens do empreendimento. Em todas as etapas de operação os níveis dos instrumentos deverão ser balizados a partir das cartas de riscos das estruturas de modo a subsidiar a SAM na avaliação do comportamento geotécnico das barragens.

Além disto, deverão ser previstas auditorias externas para o acompanhamento dos desempenhos das estruturas em todas as etapas do projeto.

Para as Barragens de Água e Rejeitos do Projeto Bloco 8, para as atividades de manutenção e operação, além das recomendações técnicas apresentadas nos Manuais de Operação das estruturas, a SAM irá atender as diretrizes estabelecidas nas legislações vigentes no país. Para o caso de estado de Minas Gerais, deverão ser atendidas as diretrizes da Deliberação Normativa COPAM Nº 87, de 17 de junho de 2005 e da Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Cabe destacar que para a etapa operacional, deverão ser consideradas as leis mais atuais vigentes à época, devendo ainda ser consideradas outras diretrizes pertinentes as estruturas de mineração.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 150/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009		Revisão 06

Desta forma, em função do Dano Potencial Associado de cada barragem do empreendimento, a SAM deverá atender as recomendações da Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Para mais informações consultar a portaria citada.

As atividades de monitoramento e inspeção das estruturas deverá ficar a cargo de equipe multidisciplinar formada por profissionais das áreas de geotecnia, hidrologia e hidráulica.

8.2 ESTRUTURA DE DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL

Para o Estéril a ser gerado nos 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, assim como para as Barragens de Rejeito a SAM realizará o controle de segurança desde o início dos projetos atendendo as condições estabelecidas na NBR 13.029 (ABNT, 2017) para todas as fases de projeto (Conceitual, Básico e Detalhado). Ressalta-se que o controle de segurança para a fase de projetos ficará a cargo da Engenharia de Projetos da SAM.

Nas etapas iniciais de implantação do empreendimento, o estéril gerado no Projeto Bloco 8 deverá ser utilizado como material de construção, para os maciços iniciais das barragens de rejeito. Na etapa do projeto conceitual realizado para o presente estudo, a partir de informações disponibilizadas pela SAM, verificou-se que o material gerado na abertura da lavra apresenta características adequadas para utilização na construção dos maciços iniciais das Barragem 1 e 2 do empreendimento e do núcleo da EAC. A SAM está realizando a campanha de ensaios laboratoriais para a utilização do material e os resultados obtidos nesta campanha, serão utilizados nas demais etapas do estudo para subsidiar os projetos de engenharia.

Para tal, comprovada a sua viabilidade para as etapas de implantação do Projeto Bloco 8, o estéril deverá apresentar o controle tecnológico, com a avaliação das características geotécnicas e hidráulicas. Este deverá ser realizado pelo Laboratório de campo durante as obras de implantação fazendo parte do controle tecnológico das barragens, sob responsabilidade da equipe de Fiscalização e Obras da SAM.

Para a disposição do estéril a partir do ANO 2 de operação, a SAM deverá realizar o controle da disposição, considerando o sequenciamento da cava do Projeto Bloco 8, respeitando os limites operacionais com as faixas de segurança na região da cava de modo a permitir as atividades de lavra e transporte dos materiais.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 151/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

Durante a implantação da estrutura com as obras dos dispositivos de drenagem interna, a SAM irá realizar a Fiscalização das atividades de implantação dos drenos com o controle dos greides (declividades) previstas em projeto, manutenção das seções hidráulicas e transições geotécnicas, dentro das faixas especificadas de modo a garantir a segurança geotécnica do *Backfill*.

Para a disposição do estéril a partir do ANO 2, a SAM irá garantir o controle topográfico da ocupação da cava, dentro dos limites e geometrias previstas em projeto, para cada ano de operação. Nesta fase a equipe de operação do *Backfill*, deverá realizar o monitoramento das estruturas, com a realização de inspeções e leitura dos instrumentos de modo a acompanhar a segurança da estrutura ao longo de sua implantação.

O monitoramento geotécnico será realizado através de inspeções periódicas, leituras da instrumentação geotécnica (marcos superficiais, indicadores de nível d'água e piezômetros), monitoramento das vazões dos dispositivos de drenagem superficial e interna e superficial. Em todas as etapas de operação os níveis dos instrumentos deverão ser balizados a partir da carta de risco de modo a subsidiar a SAM na avaliação do comportamento geotécnico das barragens.

Caberá ainda a equipe de operação o monitoramento geométrico do aterro em estéril, considerando o abatimento dos taludes definitivos para os ângulos previstos em projeto, implantação dos dispositivos de drenagem superficial, aplicação da cobertura vegetal e implantação da instrumentação geotécnica prevista para a estrutura, ao serem atingidas as cotas de projeto.

Cabe ressaltar que as atividades de monitoramento e inspeção do *Backfill* deverá ficar a cargo de equipe multidisciplinar formada por profissionais das áreas de geotecnia, hidrologia e hidráulica.

Para os dois últimos anos de operação do *Backfill*, haverá a disposição de rejeito grosso no reservatório formado entre as faces noroeste e norte da cava. Para esta região os cuidados de operação irão seguir os mesmos critérios apresentados para as Barragens 1 e 2.

Ressalta-se que durante as operações a SAM irá realizar auditorias externas na disposição em *Backfill* para a validação da sua estabilidade geotécnica, com a elaboração de laudos de segurança em periodicidade a ser definida em etapa futura.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 152/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

8.3 CONTROLE DE ATIVIDADES SÍSMICAS

Durante os estudos conceituais realizados para o Projeto Bloco 8, foram realizados estudos para a verificação dos efeitos do sismo natural na área do projeto, e os estudos relativos ao sismo desencadeados pelas detonações na área da lavra.

Os estudos desenvolvidos para o sismo natural e sismo desencadeado são apresentados nos documentos “MINA_BLC8007-1010-G-RE-34” e MINA_BLC8007-1010-G-RE-50, respectivamente.

Os itens a seguir apresentam as condições verificadas para os efeitos de sismo natural e sísmica induzida respectivamente e os controles a serem empregados para as etapas operacionais.

8.3.1 SISMO NATURAL

Para o sismo natural na área do empreendimento, foi elaborado 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.

Os estudos de sismo natural desenvolvidos no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-34”, compreendeu a avaliação dos dados existentes e 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 de interesse, oriundos de eventos locais e regionais.

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

- A sismicidade ocorre em uma área grande e que o local de interesse esteja longe das bordas da área sísmica considerada;
- 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").

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 153/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

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

A partir da definição do sismo natural na área do Projeto Bloco 8, nas etapas de projeto, a SAM já incorporou nos estudos conceituais a avaliação das análises pseudo-estáticas para as Barragens do Vale, Barragem Industrial, Barragem 1, Barragem 2 e *Backfill*, de modo a avaliar a estabilidade geotécnica destas estruturas, conforme apresenta os documentos “MINA_BLC8007-1010-G-RE-29” a “MINA_BLC8007-1010-G-RE-33”.

Os resultados obtidos para as análises pseudo-estática mostram que as estruturas projetadas para o Projeto Bloco 8 na etapa conceitual apresentam fatores de segurança satisfatórios em relação ao sismo natural, considerando os requisitos da NBR 13.028 (ABNT, 2017) e NBR 13.029 (ABNT, 2017).

Durante as fases operacionais, a SAM deverá realizar o monitoramento sísmológico do Bloco 8, com a instalação de sismógrafos em pontos estratégicos do projeto de modo a avaliar as condições de sismo natural. O monitoramento sísmográfico do empreendimento ficará a cargo da equipe de monitoramento das estruturas, apresentado no sistema de gestão, devendo ser realizado pela equipe de geologia.

Ressalta-se que a periodicidade de controle deverá ser definida nas demais etapas dos estudos para o Projeto Bloco 8.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 154/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009		Revisão 06

8.3.2 SISMO DESENCADEADO

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 as estruturas de disposição de estéril, rejeitos e unidades civis na área do Projeto Bloco 8. 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 conforme apresenta o documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-50”

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, determinou-se um modelo de projeção sismográfica para um cenário similar ao do Projeto Bloco 8, sendo representado pela Equação 8.3.2.1.

$$V_{p\text{máx}} = 600 \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,113} \quad \text{Equação 8.3.2.1}$$

Onde:

V_p= Velocidade de partícula máxima em mm/s;

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

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

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 155/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

faixa de distâncias. A Tabela 8.3.2.1 abaixo apresenta os limites máximos de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência recomendados pela NBR 9653 (ABNT,2005).

Tabela 8.3.2.1– 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
15 a 40 Hz	Acima de 20 mm/s, aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

Durante as operações do Projeto Bloco 8, a SAM deverá realizar o acompanhamento das velocidades de partículas, baseadas na equação apresentada, devendo tomar como limite para o sismo desencadeado pelas detonações, valores inferiores a 25 mm/s ($V_{p,máx} = 25\text{mm/s}$), 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 tal, durante a fase operacional, a SAM realizara a integração entre as equipes de lavra e controle das barragens de rejeito de modo a atender tal critério. Deste modo, a equipe de detonação da lavra deverá compatibilizar os Planos de Fogo de maneira a atender aos requisitos inicialmente apresentados, com a regulagem da carga por esperas e/ou por retardo das detonações.

Assim, as equipes de detonação da lavra e a equipe de operação da SAM irão basear os fogos em zonas próximas as barragens de rejeitos e *Backfill* para atendimento a tal critério. O monitoramento deverá ser realizado por equipe multidisciplinar formada por Engenheiro de Minas, Geotécnico e Geólogo de modo a atender as necessidades de monitoramento.

Assim como para a sismicidade natural a equipe de operação das barragens da SAM irá realizar o monitoramento ostensivo dos sismos desencadeados pela detonação na área das Barragens 1 e 2, Barragem Industrial e do Vale e do *Backfill*, com a avaliação da segurança geotécnica das estruturas, baseadas em análises pseudo-estáticas de modo a garantir a segurança geotécnicas destas estruturas em todas as etapas de operação do empreendimento.

Ressalta-se que a periodicidade de controle deverá ser definida nas demais etapas dos estudos para o Projeto Bloco 8.

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 156/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.0 ESTUDOS DE DAMBREAK

Neste capítulo são apresentados os estudos de ruptura hipotética das barragens de água (Industrial e córrego do Vale) e rejeitos (Barragens 1 e 2) previstas no complexo minerário do Projeto Bloco 8, bem como da Barragem de água do rio Vacaria. Os principais objetivos destes estudos consistiram em:

- Caracterizar a área de estudo com a apresentação da região a jusante da barragem;
- Definir os cenários de ruptura hipotética;
- Determinar os hidrogramas de ruptura;
- Apresentar a propagação dos hidrogramas defluentes ao longo da região a jusante;
- Apresentar o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis a jusante das barragens.

9.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA

Entre os anos de 2018 e 2019 a WALM desenvolveu os estudos de ruptura hipotética das barragens de água e rejeito de modo a avaliar a sua extensão, bem como para verificar as Zonas de Auto Salvamento, Zona de Salvamento Secundário, as projeções de mancha e tempos de deslocamento dos fluxos de modo a subsidiar a avaliação dos impactos das estruturas do complexo em relação as áreas a jusante do Projeto Bloco 8. Os estudos foram desenvolvidos considerando as diretrizes da Portaria DNPM N° 70.389 de 17 de maio de 2017 que complementou a Lei 12.334 de setembro de 2010 e os principais resultados estão apresentados a seguir:

9.1.1 ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA REALIZADOS EM 2018

Os Serviços Multidisciplinares realizados em 2018 englobaram, dentre outros estudos, a ruptura hipotética para as barragens do Projeto Bloco 8, incluindo as barragens de rejeitos 1 e 2, barragens de água do Vale e Industrial e barragem de água do rio Vacaria. As principais premissas, critérios e metodologias adotados neste estudo, bem como os resultados obtidos estão sintetizados nos subitens a seguir.

9.1.1.1 INFORMAÇÕES BÁSICAS

A topografia utilizada no estudo foi definida por curvas de nível, obtidas por meio de aerolevanteamento por perfilhamento a laser (ALS - *Airborne LASER Scanning*), fornecido pela SAM na porção da planta, em resolução de metro a metro, complementada por MDE (Modelo Digital de Elevação) elaborado a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Foram determinados dois MDTs (Modelo Digital de Terreno) com cinco metros de resolução distintos, o primeiro apresentando a cava no ano 7 e o segundo apresentando a cava no ano 18. A figura a seguir ilustra um dos MDTs utilizado no estudo.

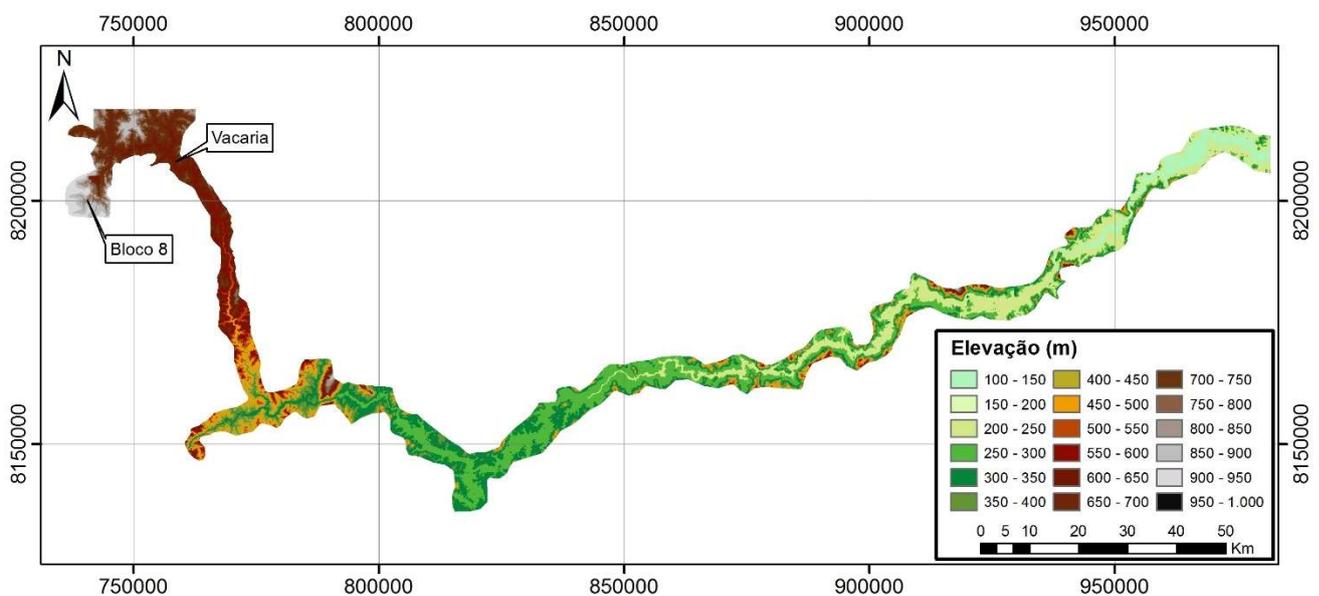


Figura 9.1.1.1 – Ilustração do MDT utilizado no estudo

9.1.1.2 RESERVATÓRIOS DAS BARRAGENS

Os croquis a seguir ilustram os reservatórios considerados no estudo de ruptura hipotética para cada uma das barragens.

Barragem 1:

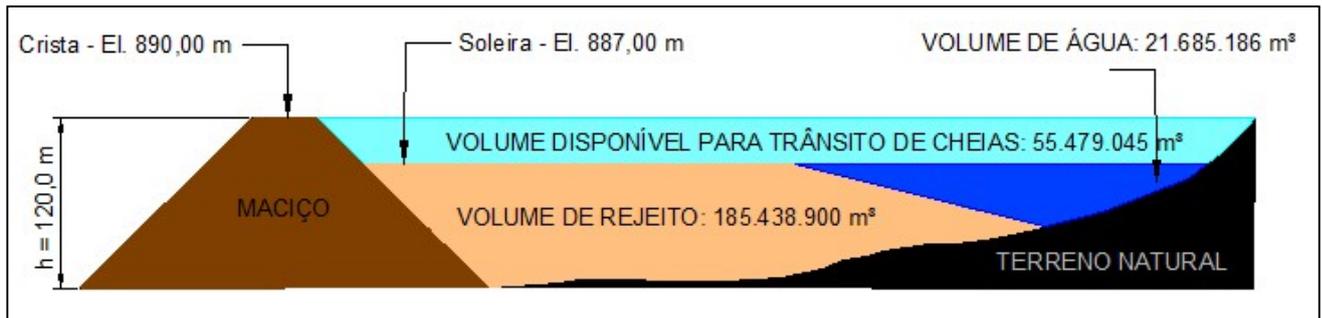


Figura 9.1.1.2 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala).

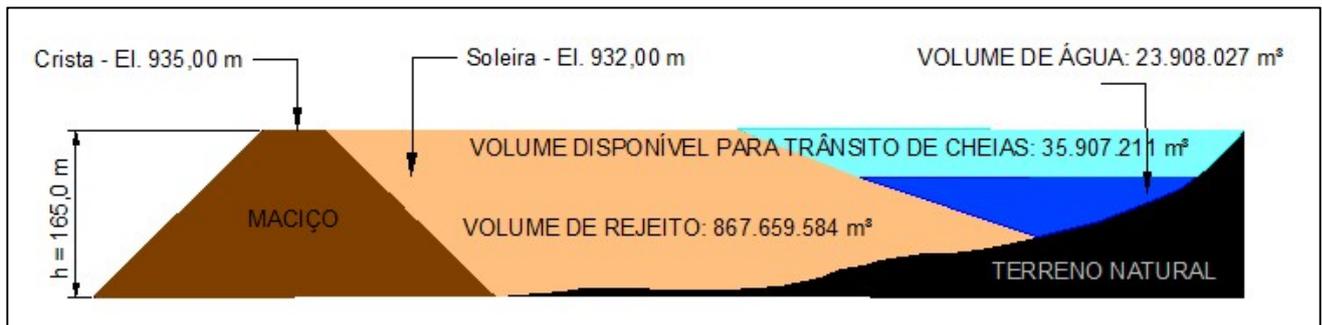


Figura 9.1.1.3 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala).

Barragem 2:

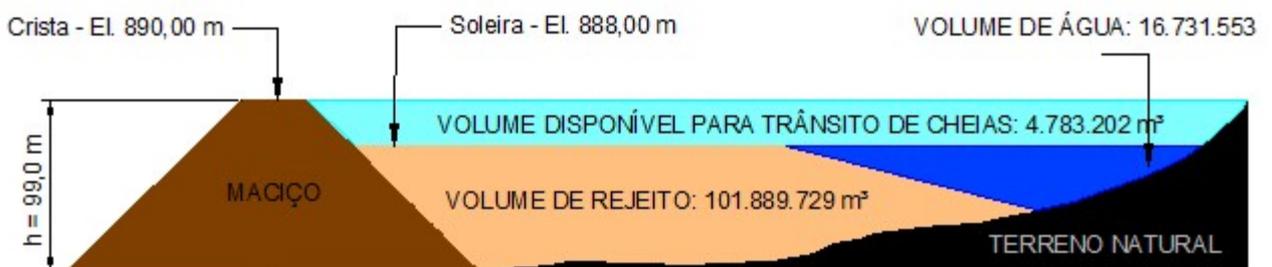


Figura 9.1.1.4 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala).

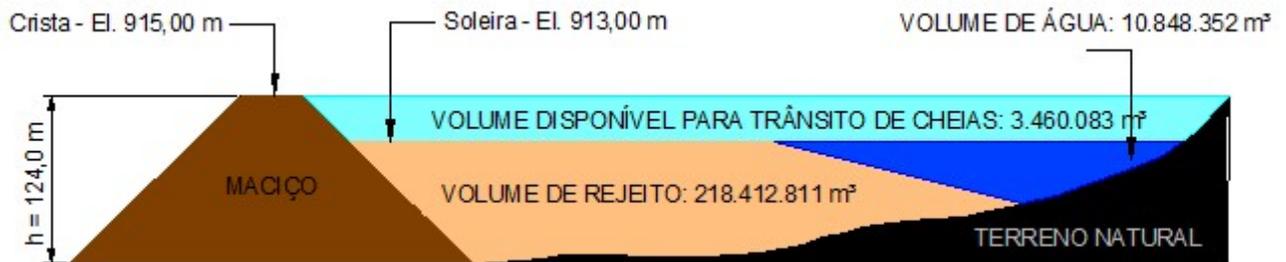


Figura 9.1.1.5 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala).

Barragem do Rio Vacaria:

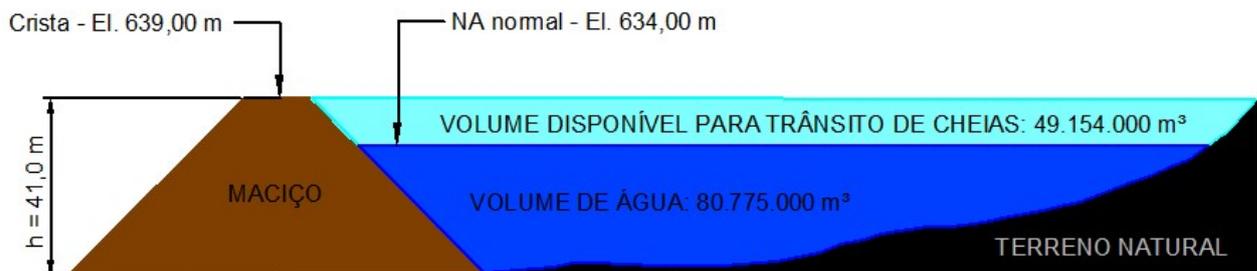


Figura 9.1.1.6 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório (sem escala).

9.1.1.3 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

Para a determinação do cenário de simulação, foi adotada a metodologia de estudo de ruptura simplificado, como recomendado no documento “*Dam Safety Guidelines – Dam Break Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification*”, elaborado pelo *Washington State Department of Ecology* em julho de 1992 e posteriormente revisado em outubro de 2007.

Dessa forma os cenários determinados para a ruptura hipotética foram:

- **CENÁRIO INICIAL** – Ruptura do dique inicial (somente para Barragens 1 e 2), considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal desta etapa no momento da ruptura e a configuração da cava referente ao final do ano 7;
- **CENÁRIO FINAL** – Ruptura das barragens no estado final (somente para Barragens 1 e 2) ou no coroamento de crista (demais barragens), considerando o nível de água do reservatório

 SAM Sul Americana de Metais S/A	 Walm Engenharia	PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 160/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

fixado no NA normal no momento da ruptura e a configuração final da cava referente ao ano 18.

9.1.1.4 HIPÓTESE DE RUPTURA

A definição da hipótese de ruptura foi realizada com base na verificação da possibilidade de falha por instabilização das estruturas.

9.1.1.5 DEFINIÇÃO DO VOLUME MOBILIZADO

Para as Barragens de rejeitos 1 e 2, Para determinação do volume de rejeito escoado pela Barragens de Rejeitos 1 e 2, foi adotada a correlação entre o volume total do reservatório (V_t) e o volume expelido do reservatório (V_f), apresentado por RICO et al. (2008) descrita pela equação empírica a saber:

$$V_f = 0,354 \times V_t^{1,01} \quad \text{Equação 9.1.1.1}$$

O volume total do hidrograma de ruptura das barragens para os diferentes cenários de análise será composto pelas parcelas apresentadas na Figura 9.1.1.7. Já para as Barragem Industrial, e do Vale e Vacaria, o hidrograma de ruptura é composto por 100% da água do reservatório.

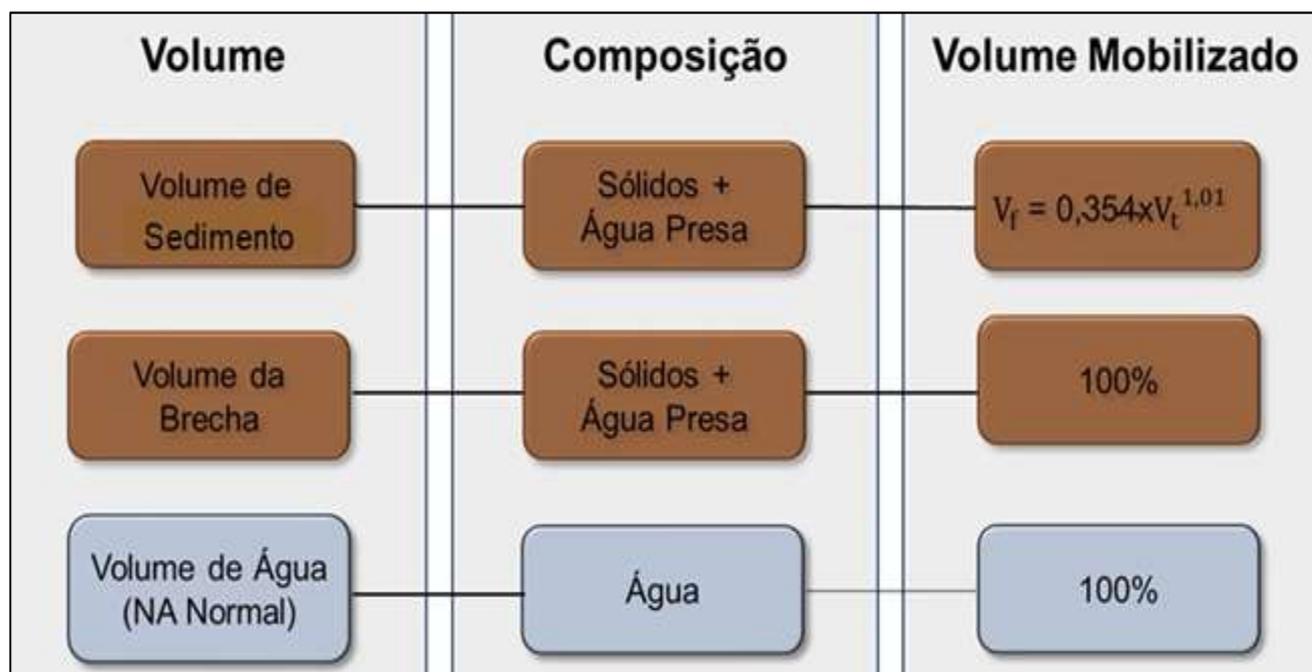


Figura 9.1.1.7 – Composição do hidrograma de ruptura em termos de volume.

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 161/194</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0009</p>	<p>Revisão 06</p>

9.1.1.6 CONDIÇÕES INICIAIS E DE CONTORNO

Para a simulação do cenário de simulação foi considerada como condição de contorno de montante o hidrograma de ruptura das barragens e como condição de contorno de jusante foi utilizada a profundidade normal referente à declividade do trecho final.

9.1.1.7 DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE PARADA

Para a Barragem 1:

Para os estudos realizados para as barragens de rejeitos 1 e 2 e para as barragens de água do Vale e Industrial foi considerado como critério de parada a capacidade de amortecimento do reservatório da Barragem do Rio Vacaria, considerando o hidrograma da vazão afluente, sem que ocorra o seu galgamento ou, caso ocasionasse o rompimento, o critério de parada foi determinado quando a vazão da propagação se tornou inferior à vazão do curso de água com TR 2 anos.

Para a Barragem 2:

Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na cava da planta da SAM, assim caso a cava tivesse capacidade de reter o hidrograma de ruptura afluente sem o seu transbordamento a mancha de inundação cessaria na cava. No caso em que ocorresse o transbordamento da cava, foi avaliado a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na barragem de Vacaria. Dessa forma, caso o sistema de vertimento desta tivesse capacidade de escoar o hidrograma de ruptura afluente sem o seu galgamento, a mancha de inundação cessaria no reservatório da Barragem do Rio Vacaria.

Para a Barragem Industrial e a Barragem do Vale:

O critério de parada da onda de ruptura da barragem Industrial adotado foi a capacidade de amortecimento do reservatório da Barragem do Rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento desta.

Para a Barragem Vacaria:

Para o estudo de ruptura hipotética da Barragem Vacaria, Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a seção em que a vazão do hidrograma de ruptura propagado fosse menor que a vazão com TR de 2 anos do rio Jequitinhonha.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 162/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

9.1.1.8 ZONA DE AUTOSALVAMENTO

De acordo com a Portaria no 70.389/2017 do DNPM, a zona de autossalvamento é definida como a região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. De acordo com os critérios da Portaria, a zona de autossalvamento pode ser definida como a maior entre as distâncias atingidas pela mancha hipotética de ruptura da barragem: 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros.

9.1.1.9 MODELO MATEMÁTICO COMPUTACIONAL

Para a propagação de cheias de ruptura (tempo x espaço) e consequente definição de áreas potencialmente inundáveis, utilizou-se o software HEC-RAS (*River Analysis System*), em sua versão 5.0.5, desenvolvido pelo HEC-USACE (*Hydrologic Engineering Center – U. S. Army Corps of Engineers*), o qual efetua cálculos de progressão bidimensional do escoamento. Sendo assim, esse software é capaz de determinar as elevações de nível de água e descarga em locais específicos ao longo de um curso de água, baseado na solução das equações de Saint-Venant.

Como dados básicos para o funcionamento do modelo, foi considerada a base topográfica, assim como os hidrogramas calculados.

Em inundações rápidas, como no caso da ruptura de barragens, a velocidade da frente da onda pode ser suficientemente elevada para provocar danos às pessoas, arrastar edificações e estruturas de construção reforçadas. Os principais parâmetros para se classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico, dado em m^2/s , ilustrando o grau de perigo de uma cheia.

$$\text{Risco Hidrodinâmico} = H \times V$$

Equação 9.1.1.2

9.1.1.10 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

Nas figuras abaixo são apresentados os parâmetros das brechas para os cenários simulados para as barragens.

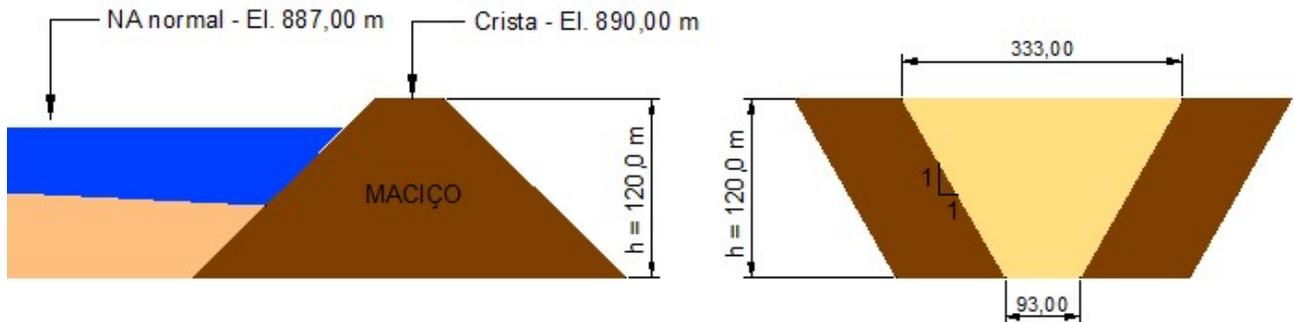


Figura 9.1.1.8 – Croqui da brecha – Barragem 1 – Cenário inicial

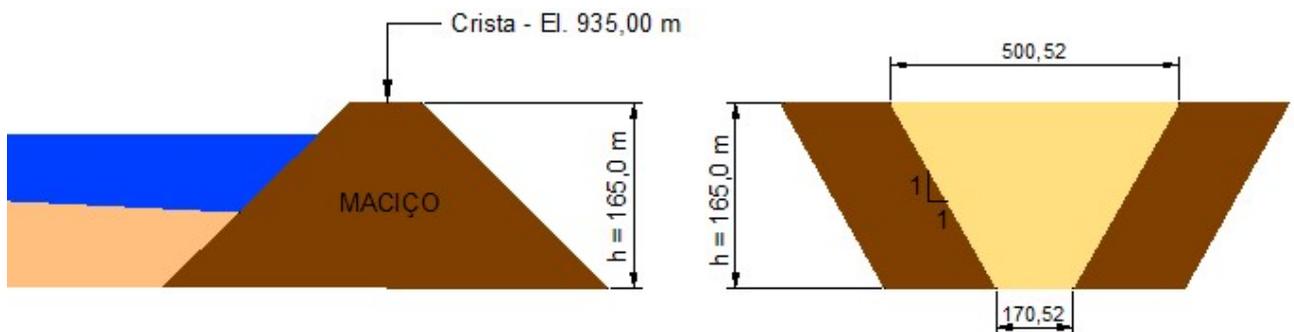


Figura 9.1.1.9 – Croqui da brecha – Barragem 1 – Cenário final

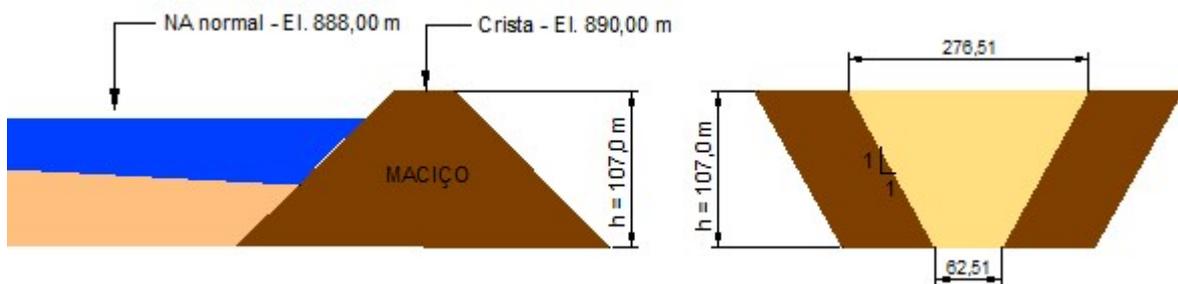


Figura 9.1.1.10 – Croqui da brecha – Barragem 2 – Cenário inicial

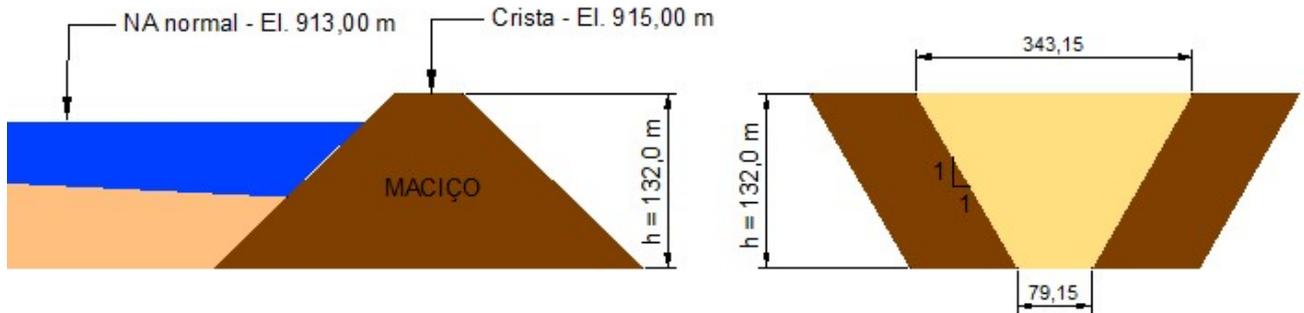


Figura 9.1.1.11 – Croqui da brecha – Barragem 2 – Cenário final

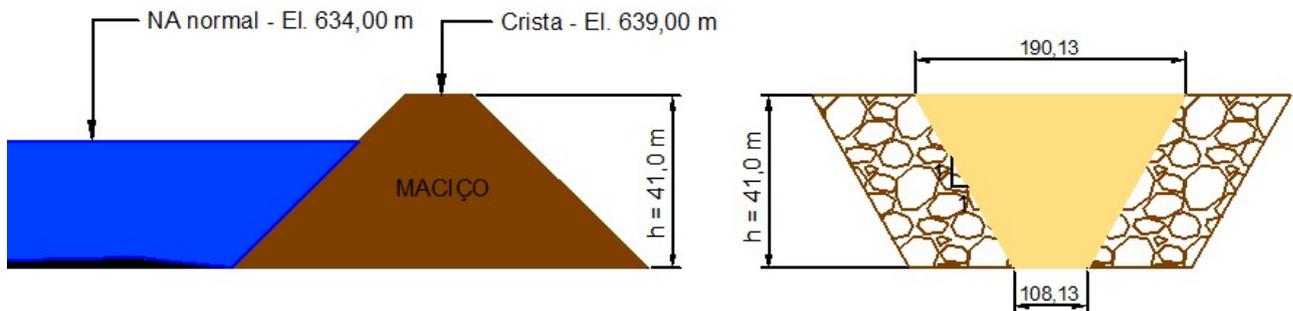


Figura 9.1.1.12 – Croqui da brecha – Vacaria

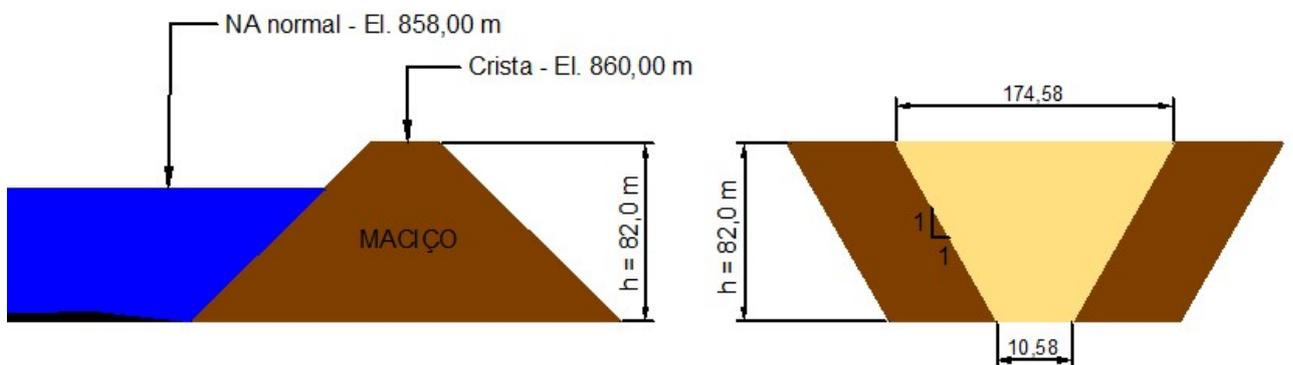


Figura 9.1.1.13 – Croqui da brecha – Barragem Industrial

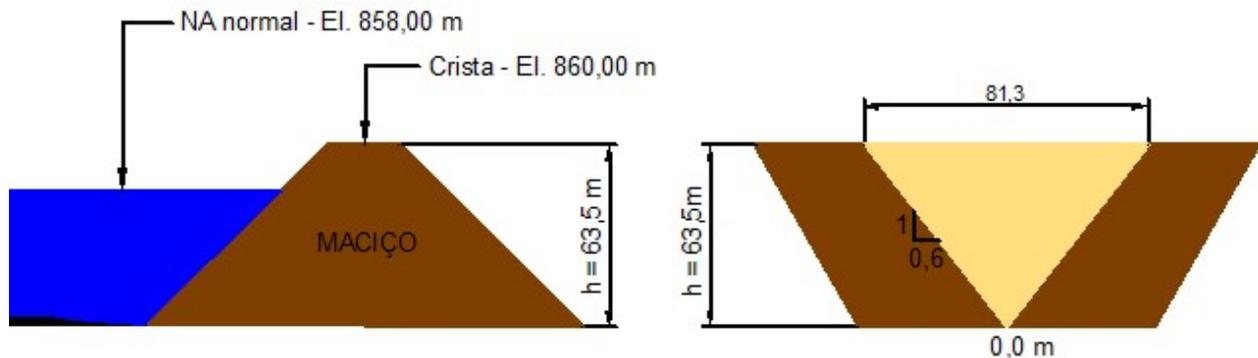


Figura 9.1.1.14 – Croqui da brecha – Barragem do Vale

Para obtenção dos hidrogramas defluentes das rupturas hipotéticas foram realizadas a simulação das rupturas no *software* HEC-HMS.

Os hidrogramas resultantes dessas simulações bem como os hidrogramas afluentes ao reservatório da Barragem do Rio Vacaria mostraram que:

- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da Barragem 1, é de 106.578,1 m³/s para o cenário inicial e de 265.841,0 m³/s para o cenário final. A vazão de pico afluente ao reservatório da barragem Vacaria para os cenários inicial e final são, respectivamente, 12.355,57 m³/s e 17.263,19 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da Barragem 2, é de 67.623,6 m³/s para o cenário inicial e de 98.318,00 m³/s para o cenário final. A vazão de pico afluente ao reservatório da Barragem do Rio Vacaria para o cenário inicial é 6.917,5 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura isolada da Barragem do Rio Vacaria, é de 35.680,80 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da Barragem Industrial, é de 32.692 m³/s. A vazão de pico afluente ao reservatório da Barragem do Rio Vacaria é 1.809,8 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da barragem do Vale, é de 4.561 m³/s. A vazão de pico afluente ao reservatório da Barragem do Rio Vacaria é 42,5 m³/s.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 166/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.1.1.11 RESULTADOS DO ESTUDO DE DAM BREAK (2018)

- De acordo com a propagação dos hidrogramas de ruptura da Barragem 1 pelo vale a jusante, tanto para o cenário inicial, quanto para o cenário final, verificou-se que houve rompimento por galgamento da Barragem do rio Vacaria, localizada 41 km a jusante da Barragem 1;
- Na avaliação da propagação do hidrograma de ruptura da Barragem 1 pelo vale a jusante, considerando a Barragem do rio Vacaria rompendo em cascata, verificou-se que no Cenário Final a mancha se propaga por aproximadamente 399 km a jusante da barragem e no Cenário Inicial aproximadamente 347 km;
- Foi verificado que a cava é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura da Barragem 2 no cenário final, mas não é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura do cenário inicial. Para o cenário inicial, foi verificado que o volume de trânsito de cheias da Barragem do rio Vacaria é capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da Barragem 2, sem o galgamento da mesma;
- Foi verificado, para a Barragem do rio Vacaria considerando apenas o seu rompimento que, pelo critério de parada adotado, que a capacidade de amortecimento do hidrograma de ruptura ao longo do rio Jequitinhonha até que a vazão seja menor que a vazão com TR de 2 anos do rio Jequitinhonha, se deu a cerca de 191 km;
- Foi verificado, para as barragens de água Industrial e do Vale que, as ondas de ruptura das barragens são amortecidas pelo reservatório da Barragem do Rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento da mesma.

9.1.1.12 DESCRIÇÃO RESUMIDA DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

Na Barragem 1:

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos (BR-341, BR-251, BR-367, BR-116 e MG-342, MG_105), pontes, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura do cenário

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 167/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

inicial. Além desses pontos, quatro pequenos aglomerados urbanos são parcialmente atingidos. São eles, Coronel Murta, localizado na MG-342, Itinga, localizado na MG-367, Itaobim, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116 e Jequitinhonha, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116. No Cenário final, além dos acessos e aglomerados urbanos já citados, a Cidade Almenara, localizada na MG-367, é atingida.

Na Barragem 2:

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios, algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava são atingidas pela onda do hidrograma de ruptura.

Na Barragem do Rio Vacaria:

Na ruptura isolada desta barragem, os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos (BR-341, BR-251, BR-367, BR-116 e MG-342, MG_105), pontes, travessias e benfeitorias isoladas são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura. Além desses pontos, dois pequenos aglomerados urbanos são parcialmente atingidos. São eles, Coronel Murta, localizado na MG-342, e Itinga, localizado na MG-367, Itaobim, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116.

Na Barragem Industrial e na Barragem do Vale:

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios, algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidas pela onda do hidrograma de ruptura.

9.1.1.13 MAPAS DE INUNDAÇÃO

Como resultado dos estudos de *Dam Break* desenvolvidos em 2018, foram gerados mapas contendo as envoltórias máximas de inundação para os cenários simulados. A lista de todos os mapas produzidos, com seus respectivos títulos e numerações, encontra-se na tabela a seguir.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 168/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Tabela 9.1.1.1 – Relação de Mapas Gerados para os Estudos de Dam Break (2018)

Numeração SAM	Titulo	
MINA_BLC8007-1010-O-89	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO VALE ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/01
MINA_BLC8007-1010-O-90	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM INDUSTRIAL ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/01
MINA_BLC8007-1010-O-91	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/06
MINA_BLC8007-1010-O-92	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 02/06
MINA_BLC8007-1010-O-93	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 03/06
MINA_BLC8007-1010-O-94	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 04/06
MINA_BLC8007-1010-O-95	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 05/06

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 169/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Numeração SAM	Título	
MINA_BLC8007-1010-O-96	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 06/06
MINA_BLC8007-1010-O-97	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/07
MINA_BLC8007-1010-O-98	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 02/07
MINA_BLC8007-1010-O-99	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 03/07
MINA_BLC8007-1010-O-100	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 04/07
MINA_BLC8007-1010-O-101	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 05/07
MINA_BLC8007-1010-O-102	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 06/07

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 170/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Numeração SAM	Titulo	
MINA_BLC8007-1010-O-103	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 07/07
MINA_BLC8007-1010-O-104	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 2 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/01
MINA_BLC8007-1010-O-105	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 2 - EL.915,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/01
MINA_BLC8007-1010-O-106	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO RIO VACARIA ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 01/04
MINA_BLC8007-1010-O-107	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO RIO VACARIA ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 02/04
MINA_BLC8007-1010-O-108	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO RIO VACARIA ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 03/04
MINA_BLC8007-1010-O-109	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM DO RIO VACARIA ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO - FL 04/04

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 171/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.1.2 ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA REALIZADOS EM 2019 (CONSIDERANDO A IMPLANTAÇÃO DA EAC)

Com base nos estudos realizados em 2018, devido à extensão da envoltória máxima de inundação da Barragem 1, para os cenários inicial e final, evidenciada pelo rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacarias, foi elaborado um novo estudo, objetivando a redução dos impactos de um possível rompimento da Barragem 1 e, que, conseqüentemente, englobaria os impactos ocasionados pela ruptura das demais barragens do Projeto Bloco 8.

A solução mais adequada para evitar o rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacarias e, conseqüentemente, reduzir os impactos de uma eventual ruptura das barragens do Projeto Bloco 8 foi a implantação da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC) no córrego Lamarão. Essa estrutura foi concebida para conter todo volume mobilizado oriundo de um possível rompimento das barragens do complexo minerário (barragens de rejeito 1 e 2 e barragens de água Industrial e do Córrego do Vale) do Projeto Bloco 8 dentro da futura área da empresa.

Cabe destacar que a revisão dos estudos de Dam Break elaborados em 2019, considerando a implantação da EAC, concentrou-se em verificar os impactos do rompimento apenas para Barragem 1, por se tratar da estrutura identificada como mais danosa.

Para as análises de Dam Break da Barragem 1, foi considerado o cenário de ruptura considerando o nível de água NA normal e modo de falha por instabilização, para os cenários inicial, rompimento do dique inicial, cuja cota da crista encontra-se na El. 890,0 m e final, rompimento da barragem de fechamento com crista na El. 935,0 m, a saber:

- **CENÁRIO INICIAL** – Ruptura do dique inicial (crista na El. 890,0 m), considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal (El. 887,0 m) no momento da ruptura e a configuração da cava referente ao final do ano 7.

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 172/194</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0009</p>	<p>Revisão 06</p>

- **CENÁRIO FINAL** – Ruptura da barragem no estado final (crista na El. 935,0 m), considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal (El. 932,0 m) no momento da ruptura e a configuração final da cava referente ao ano 18 mais o Backfill.

Para os dois cenários foi considerado que a Estrutura Ambiental de Contenção já estaria construída, com crista na elevação 750,0 m.

De acordo com os resultados apresentados nos estudos de Dam Break, podem ser elencadas as seguintes constatações:

- O volume do reservatório da EAC foi capaz de conter o hidrograma defluente da ruptura hipotética da Barragem 1 nos dois cenários, sem que haja o galgamento da mesma e sem que o extravasor de emergência seja demandado. Portanto, a EAC salvaguarda a barragem Rio Vacaria, assim como demais ocupações a jusante de seu eixo. Nenhuma comunidade seria atingida;
- Na avaliação da propagação do hidrograma de ruptura da Barragem 1 pelo vale a jusante, verificou-se que no Cenário Final a mancha se propaga por aproximadamente 9,5 km (em relação ao talvegue principal), dentro da futura área do empreendimento, pelo córrego Lamarão, onde se localiza a Estrutura Ambiental de Contenção (EAC), onde todo o volume mobilizado ficou retido em seu reservatório;
- Foi verificado que a cava é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura da Barragem 2 (rejeito) no cenário final (ano 18), mas não é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura do cenário inicial (ano 7). Entretanto, como a EAC está a jusante da Barragem 2 e a capacidade em volume de armazenamento da estrutura de contenção é suficiente para conter o volume remanescente da ruptura da Barragem 2 no cenário inicial, conclui-se que todo volume mobilizado ficará retido nesta estrutura de contenção;
- Foi verificado para as barragens de água Industrial e do Córrego do Vale que, devido aos baixos volumes mobilizados destas estruturas e a alta capacidade volumétrica de armazenamento da estrutura de contenção a EAC, esta será capaz de retê-los.
- Como resultado dos estudos de Dam Break, foram gerados mapas contendo as envoltórias máximas de inundação para os cenários simulados. Os mapas apresentados na Tabela

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 173/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.1.2.1, substituem os mapas elaborados anteriormente para Barragem 1 constantes na Tabela 9.1.1.1 (documentos “MINA_BLC8007-1010-O-91” a “MINA_BLC8007-1010-O-103”).

Tabela 9.1.2.1 – Relação de Mapas Gerados para os Estudos de Dam Break (2019)

Numeração SAM	Titulo	
MINA_BLC8007-1010-O-91	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.890,00m (ETAPA INICIAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – Folha Única
MINA_BLC8007-1010-O-97	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	BARRAGEM 1 - EL.935,00m (ETAPA FINAL) ESTUDO DE CENÁRIOS (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO – Folha Única

9.2 ATUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA (ANO 2021)

Após o colapso da Barragem B1 em Brumadinho, foi publicada a Resolução N° 32 de 11 de maio de 2020 que estabeleceu novas diretrizes para os estudos de Ruptura Hipotética de Barragens de Rejeitos, alterando diretrizes estabelecidos na Portaria DNPM N° 70.389. Deste modo, fez-se necessária a revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1 do Projeto Bloco 8, visando o atendimento da referida resolução. As principais mudanças em relação aos estudos de ruptura hipotética realizados nos anos de 2018 e 2019 estão sintetizadas a seguir:

- A propagação da onda de ruptura hipotética foi realizada considerando as características do rejeito existente no reservatório da Barragem 1, admitindo o escoamento não-newtoniano. Para tanto, foram calculados as tensões de escoamento e a viscosidade do fluido em função da concentração volumétrica obtida para a mistura de água, rejeitos mobilizados e o volume desprendido do barramento durante a evolução da brecha. Nos estudos anteriores o escoamento foi admitido como um fluido newtoniano (água), não sendo considerada a sua viscosidade e a tensão do escoamento;
- Tendo em vista que o deslocamento da frente de onda foi realizado contemplando a influência dos rejeitos, para a simulação da propagação da onda de ruptura hipotética foi utilizado o

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 174/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009		Revisão 06

modelo matemático computacional RiverFlow2D, uma vez que esse software permite a variação dos parâmetros supracitados a partir do cálculo da variação da concentração volumétrica que ocorre à medida que fluidos em diferentes concentrações se misturam. Vale mencionar o modelo bidimensional do HEC-RAS, na versão utilizada nos estudos anteriores não era capaz de simular escoamentos do tipo não-newtonianos;

- Na atualização dos estudos, tendo em vista a magnitude da extensão do barramento, a definição da superfície final de ruptura foi realizada considerando a formação de cunha de elipsoidal partindo da fundação do barramento no ponto crítico e seguindo a declividade 1%, considerada como o ângulo estável dos rejeitos pós ruptura, conforme metodologia proposta por BLIGHT, obtendo uma estimativa mais realística dos volumes passíveis de mobilização. No estudo de ruptura desenvolvido nos anos de 2018 e 2019 foi utilizada a metodologia proposta por (FROEHLICH, 2016), que apesar de bastante difundida, não considera os efeitos de erodibilidade do maciço de acordo com os parâmetros geotécnicos da estrutura;
- Por fim, outra adequação dos estudos foi a definição do cenário considerado como de maior dano. No estudo anterior foi considerado o rompimento por instabilização do maciço, com o nível de água na soleira do sistema extravasor da Barragem 1 na EL. 932,00m (NA normal). Na revisão dos estudos, foi realizado um estudo específico para a identificação do cenário de maior dano, tendo sido admitida a hipótese de ruptura por galgamento, considerando o NA coincidente com a crista da Barragem 1, ou seja, na EL. 935,00m, maximizando os valores dos volumes mobilizados obtidos.

Os resultados obtidos na atualização dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1 desenvolvidos em 2021, considerando as alterações supracitadas, implicaram na necessidade de alteamento da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC) prevista nos estudos elaborados em 2019, tendo em vista que o volume de rejeitos mobilizados foi da ordem de 38% superior ao volume admitido no estudo anterior (desenvolvido entre os anos de 2018 e 2019), passando de 365.225.861,25 m³ para 587.371.696,75 m³. Para tanto, na revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1 elaborados em 2021, visando garantir que toda a onda de ruptura ficasse contida em seu reservatório, a Estrutura Ambiental de Contenção foi definida com crista na EL.779,00 m.

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 175/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Diante do exposto, nos itens subsequentes são apresentadas as principais premissas, critérios bem como as metodologias adotadas na revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem de Rejeitos 1 desenvolvidos no ano de 2021.

Maiores detalhes sobre a revisão dos estudos de Dam Break da Barragem 1 podem ser observados no relatório “MINA_BLC8007-1010-G-RE-37” e nos desenhos “MINA_BLC8007-1010-O-0119” a “MINA_BLC8007-1010-O-0123”.

9.2.1 INFORMAÇÕES BÁSICAS

Na revisão dos estudos de ruptura hipotética para a Barragem 1, tendo em vista o atendimento da Resolução da ANM 32/02, foi elaborado novo Modelo Digital de Terreno (MDT), elaborado a partir curvas de nível, obtidas por meio de aerolevantamento por perfilhamento a laser (ALS – *Airborne LASER Scanning*), fornecidas pela SAM no arquivo “VRP-2010-O-0001”, apresentando equidistância de 1 metro e datum SAD 69 23S (Figura 9.2.1.1).

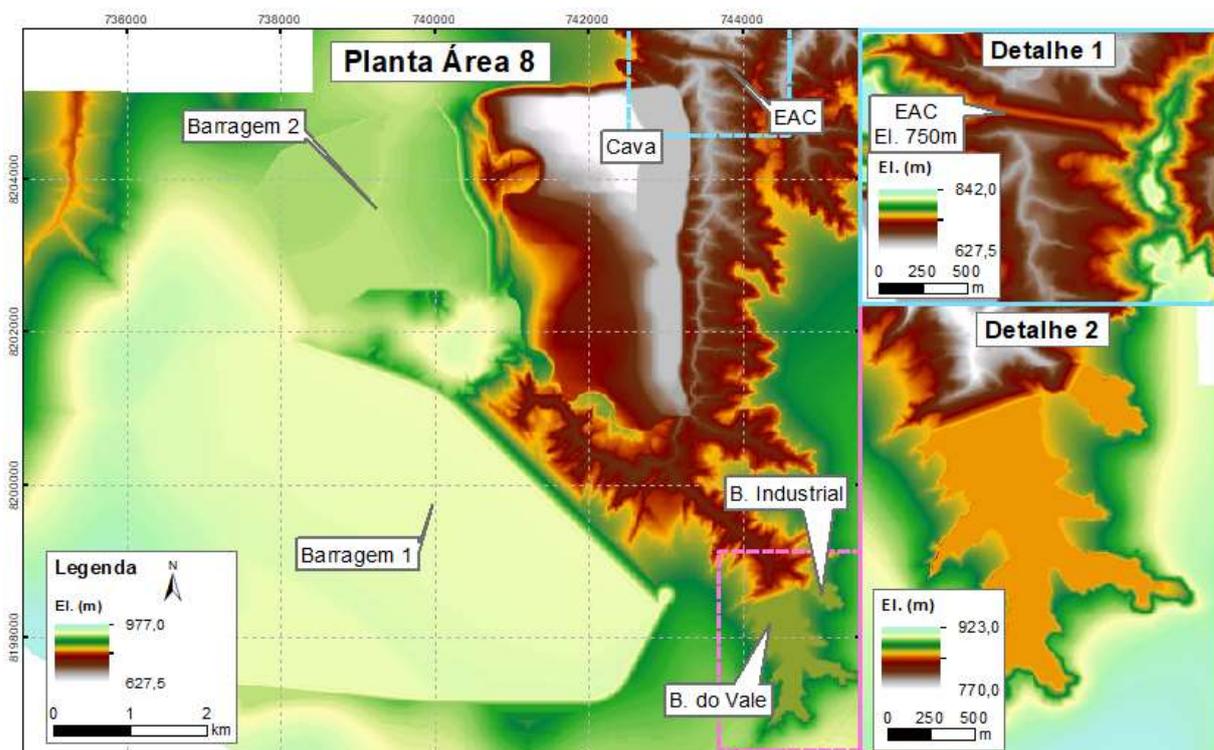


Figura 9.2.1.1 – Ilustração do MDT utilizado na revisão dos Estudos de Ruptura Hipotética da Barragem 1

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 176/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.2.2 RESERVATÓRIO DA BARRAGEM

Os croqui a seguir ilustra o reservatório considerado na atualização do estudo de ruptura hipotética para a Barragem 1.

Barragem 1:



Figura 9.2.2.1 – Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala).

9.2.3 SÍNTESE METODOLÓGICA

A metodologia utilizada para os estudos pode ser resumida em quatro etapas, a saber:

- Definição dos parâmetros da brecha;
- Determinação do hidrograma de ruptura;
- Propagação da onda de ruptura;
- Mapeamento de áreas potencialmente inundáveis.

9.2.4 CENÁRIO DE SIMULAÇÃO

Para a definição do cenário de simulação, procurou-se avaliar o cenário crítico de ruptura hipotética da Barragem 1 em termos temporais e locais e chegou-se à conclusão que este se daria no ano 18 de operação e com ponto de ruptura localizado na porção do barramento principal de maior altura. Adicionalmente, foi verificado o mecanismo de ruptura potencialmente mais danoso para o vale a jusante, dentre os mais prováveis de ocorrência, sendo definido pelo modo de falha por galgamento, conforme apresentado no relatório “MINA_BLC8007-1010-G-RE-36”.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 177/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

- CENÁRIO CRÍTICO** - Ruptura da barragem no estado final (somente para Barragem 1). No documento MINA_BLC8007-1010-G-RE-36, foi identificado que o cenário mais crítico de rompimento da Barragem 1 corresponde a configuração da cava referente ao ano 17 e o maciço com o ponto de ruptura na seção de maior altura, considerando o modo de falha por galgamento.

Conforme já mencionado, o estudo da Barragem 1, cenário mais crítico, foi avaliado considerando a EAC na El. 779,00m, a fim de conter todo o sedimento gerado a montante da estrutura, evitando o atingimento de quaisquer comunidades e o rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacaria.

Cabe destacar que na atualização dos estudos de Dam Break elaborados em 2021, considerando a implantação da EAC, concentrou-se em verificar os impactos do rompimento apenas para Barragem 1, por se tratar da estrutura identificada como mais danosa.

Ressalta-se que os cenários para as barragens de água do Córrego do Vale e Industrial e a Barragem 2, de rejeitos, consideram a mancha proveniente do *Dam Break* sem a Estrutura Ambiental de Contenção (estudos desenvolvidos em 2018), uma vez que foram estruturados antes da proposição de tal estrutura de contenção. Entretanto, tais cenários apresentam volume de material mobilizado inferior ao cenário crítico estudado com a Barragem 1, o que evidencia que, a partir da EAC, em caso de qualquer rompimento dessas estruturas, todo material fica retido em tal estrutura.

9.2.5 HIDROGRAMA DE RUPTURA

9.2.5.1 HIPÓTESES DE RUPTURA E MODO DE FALHA

A definição da hipótese de ruptura da Barragem 1 foi realizada considerando o modo de falha por galgamento, visando obter um cenário de maior dano.

9.2.5.2 DEFINIÇÃO DO VOLUME DE MATERIAL MOBILIZADO

O volume de rejeito mobilizado pela ruptura hipotética da Barragem 1 foi obtido a partir da construção de cunha elíptica partindo da elevação da fundação no respectivo ponto e seguindo uma declividade considerada para o ângulo de repouso dos rejeitos. Ressalta-se que, uma vez que não estão

				PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO			MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 178/194
			WBH28-17-SAM-RTE-0009		Revisão 06

disponíveis estudos reológicos para melhor embasar a definição do ângulo de repouso, assumiu-se o valor conservador de 1%. O volume de água livre e rejeito mobilizado estão apresentados na Tabela 9.2.5.1.

Tabela 9.2.5.1– Volumes Mobilizados nos Reservatórios.

Fração	Estruturas		
	Barragem 1	B. Industrial	B. do Vale
Água livre	31.590.563,37	19.322.109,58	1.639.739,60
Rejeitos	544.223.821,52	-	-
Total mobilizado	575.814.384,89		
Percentual mob.	61,8%	100%	100%

9.2.6 PROGAGAÇÃO DO HIDROGRAMA

9.2.6.1 DESCRIÇÃO DO TRECHO DE PROPAGAÇÃO

A área a jusante da Barragem 1 delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo córrego Lamarão por, aproximadamente, 9,5 km de curso de água, sendo limitada pela Estrutura Ambiental de Contenção, projetada para a contenção da onda de ruptura na região do empreendimento.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha do curso d'água, além de áreas antropizadas. Ao longo do trecho modelado algumas benfeitorias isoladas (que serão relocadas em função do empreendimento mediante processo de negociação fundiária), além da cava da planta da SAM, são atingidas pela onda do hidrograma de ruptura.

9.2.6.2 CONDIÇÕES INICIAIS E DE CONTORNO

Para a simulação do cenário de simulação foi considerada como condição de contorno de montante o hidrograma de ruptura das barragens e como condição de contorno de jusante foi utilizada a profundidade normal referente à declividade do trecho final.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 179/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

9.2.6.3 DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE PARADA

Como critério de parada a contenção na Estrutura Ambiental de Contenção – EAC, onde a mesma foi projetada para atendimento ao cenário da Barragem 1 na sua configuração final, que apresenta o cenário mais crítico em relação aos estudos de ruptura hipotética realizados para o Projeto Bloco 8. Desta forma, todo o material mobilizado seria contido no reservatório a ser formado pela EAC, considerando o córrego Lamarão e a cava.

9.2.6.4 ZONA DE AUTOSALVAMENTO

De acordo com a Lei 14.066/2020 que altera a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB (Lei 12.334/2010), a zona de autossalvamento (ZAS) é um trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme o mapa de inundação.

De acordo com os critérios da Portaria nº 70.389/2017 do DNPM a zona de autossalvamento pode ser definida como a maior entre as distâncias atingidas pela mancha hipotética de ruptura da barragem: 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros.

Tento em vista que a EAC se encontra à uma distância inferior a 10 km do barramento no ponto de ruptura, definiu-se como Zona de Autossalvamento (ZAS) toda a área atingida pelo rompimento da Barragem 1. Cabe destacar que também a revisão dos estudos de dam break aqui apresentada, concentrou-se em verificar os impactos do rompimento apenas para Barragem 1, por se tratar da estrutura identificada como mais danosa, estando as manchas de inundação das demais barragens do complexo minerário (Barragem de rejeitos 2 e Barragens de água Industrial e do Córrego do Vale) contidas nesse cenário.

9.2.6.5 ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA

A Lei 14.066/2020 define como zona de segurança secundária (ZSS) o trecho constante no mapa de inundação não definido pela ZAS.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 180/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

Tendo em vista que a Estrutura Ambiental de Contenção foi concebida para suportar todo o volume mobilizado no caso de uma eventual ruptura da Barragem 1, a zona de segurança secundária ficou inserida dentro da Área Diretamente Afetada pelo Empreendimento.

9.2.6.6 MODELO MATEMÁTICO COMPUTACIONAL

A simulação da propagação da onda de ruptura hipotética foi realizada com o auxílio do modelo RiverFlow2D, admitindo o escoamento do tipo não-newtoniano. Para tanto, foram calculados as tensões de escoamento e a viscosidade do fluido em função da concentração volumétrica obtida para a mistura de água livre, rejeitos mobilizados e o volume desprendido do barramento durante a evolução da brecha. No item subsequente serão apresentados os valores considerados para tais variáveis.

O modelo Riverflow permite também a variação dos parâmetros supracitados a partir do cálculo da variação da concentração volumétrica que ocorre à medida que fluidos em diferentes concentrações se misturam. Cabe ressaltar que o modelo desenvolvido assumiu uma configuração de leito rígida, ou seja, não é considerada a possibilidade de erosão do leito à medida em que o escoamento se propaga. Como dados básicos para o funcionamento dos modelos, foi considerada a base topográfica, assim como os hidrogramas calculados.

Em inundações rápidas, como no caso da ruptura de barragens, a velocidade da frente da onda pode ser suficientemente elevada para provocar danos às pessoas, arrastar edificações e estruturas de construção reforçadas. Os principais parâmetros para se classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico, dado em m²/s, ilustrando o grau de perigo de uma cheia.

Risco Hidrodinâmico = H x V

9.2.7 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

9.2.7.1 SEÇÕES TRANSVERSAIS DE REFERÊNCIA

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 181/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Foram traçadas seções transversais representativas a jusante das estruturas para detalhamento dos resultados obtidos na modelagem hidráulica.

9.2.7.2 PARÂMETROS DE INUNDAÇÃO MAPEADOS

Visando subsidiar o Plano de Ação Emergencial, foram ilustrados nos desenhos MINA_BLC8007-1010-O-0119 a MINA_BLC8007-1010-O-0123, os mapas de inundação provenientes das modelagens hidráulicas da onda de ruptura, os quais contêm dados de envoltória máxima atingida da Barragem 1.

9.2.8 RESULTADOS

9.2.8.1 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

Na figuras abaixo são apresentados os parâmetros das brechas para os cenários simulados para as barragens.

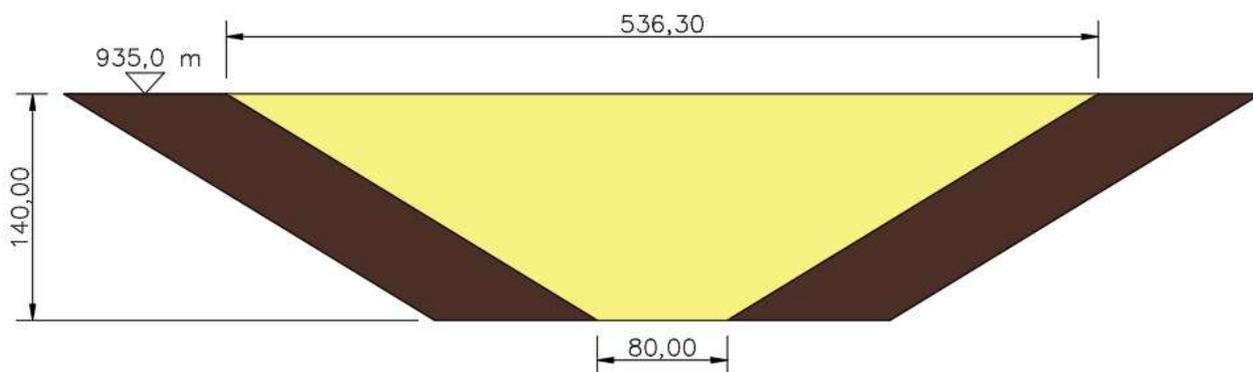


Figura 9.2.8.1 – Croqui da brecha – Barragem 1 – Cenário Final

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>	 <p>Walm Engenharia</p>	<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-09</p>	<p>Folha 182/194</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0009</p>	<p>Revisão 06</p>

Tendo em vista a magnitude da extensão do barramento, o volume de material mobilizado foi definido considerando a formação de cunha de ruptura elipsoidal partindo da fundação do barramento no ponto crítico e seguindo a declividade 1%, considerada como o ângulo estável dos rejeitos pós ruptura, conforme metodologia proposta por (BLIGHT, 2010). Definido o volume mobilizado e considerando-se as características geotécnicas dos materiais componentes do maciço da Barragem 1 no ponto de ruptura, foi gerado um hidrograma de ruptura hipotética, utilizando o modelo de erodibilidade do maciço, tendo como gatilho o processo de galgamento.

- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da Barragem 1, é de 662.575,26 m³/s para o cenário final. Como toda a onda de rejeito é contida pela EAC, não há contribuição de vazão afluente ao reservatório da Barragem do Rio Vacaria.

9.2.8.2 PROPAGAÇÃO DO HDROGRAMA

Os resultados obtidos na revisão dos estudos mostraram que a onda de ruptura inicialmente alcança a EAC com aproximadamente 18 min, atingindo a elevação máxima de 775,38 m, nesse caso em cerca de 1 h e 3 min após o início do evento de ruptura. Vale mencionar que nos estudos elaborados pela WALM em 2019, a cota máxima dos rejeitos para o volume mobilizado na Barragem 1, implicou na elevação máxima do reservatório da EAC até a EL. 743,90 m, ou seja, quase 32 metros inferior a elevação atingida pelos rejeitos com a atualização dos estudos.

9.2.8.3 REQUISITOS DO CRITÉRIO DE PARADA

Uma vez que o volume do reservatório da Estrutura Ambiental de Contenção é capaz de conter todo o volume proveniente da ruptura hipotética da Barragem 1 no cenário mais crítico, sem que haja o galgamento da EAC e sem que o extravasor de emergência seja demandado, o fim do mapeamento de inundação se deu na seção do eixo da EAC (9,5 km a jusante da Barragem 1). Portanto a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como sendo a região entre a Barragem 1 e a EAC.

9.2.8.4 DESCRIÇÃO RESUMIDA DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

A área a jusante da Barragem 1 e a montante da EAC delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) se insere na porção norte do estado de Minas Gerais e abrange uma extensão de

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 183/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

aproximadamente 9,5 km. Aproximadamente 1 km a jusante da Barragem 1 encontra-se a cava da planta da SAM, a qual apresenta ocupação de área até a elevação 775,38 m (considerando a cenário crítico da Barragem 1, no cenário final).

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha do rio, além de áreas antropizadas. O curso de água no percurso da mancha de inundação é o córrego Lamarão. Destaca-se ainda que nesse trecho não foi observado nenhuma comunidade ou aglomerado urbano. Contudo, ao longo do córrego Lamarão existem algumas benfeitorias isoladas, que, em função do empreendimento, serão relocadas mediante o processo de negociação fundiária.

Vale ressaltar que não foram trabalhados critérios associados à qualidade das águas, especificamente a representação de eventuais plumas de turbidez e contaminação ao longo dos corpos hídricos considerados, tendo em vista que todo o volume mobilizado ficou retido a montante da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC). Essa estrutura foi concebida com um sistema de comporta que será programada para fechar automaticamente em caso de uma eventual ruptura da Barragem 1.

9.2.8.5 MAPAS DE INUNDAÇÃO

Como resultado dos estudos de *Dam Break*, foram gerados mapas contendo as envoltórias máximas de inundação para os cenários simulados.

A lista de todos os mapas produzidos, com seus respectivos títulos e numerações, encontra-se na tabela a seguir.

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 184/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Tabela 9.2.8.1 – Relação de Mapas Gerados para os Estudos de *Dam Break* (2021)

Numeração SAM	Numeração WALM	Titulo	
MINA_BLC8007-1010-O-0119	WA055200000-1-RH-DES-0001	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA – REVISÃO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA	RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM 1 (DAM BREAK) MAPA DE ENVOLTÓRIA MÁXIMA DE INUNDAÇÃO
MINA_BLC8007-1010-O-0120	WA05520000-1-RH-DES-0002	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - REVISÃO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA	RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM 1 (DAM BREAK) MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS
MINA_BLC8007-1010-O-0121	WA05520000-1-RH-DES-0003	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - REVISÃO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA	RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM 1 (DAM BREAK) MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO
MINA_BLC8007-1010-O-0122	WA05520000-1-RH-DES-0004	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - REVISÃO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA	RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM 1 (DAM BREAK) MAPA DE TEMPO DE CHEGADA DA FRENTE DE ONDA
MINA_BLC8007-1010-O-0123	WA05520000-1-RH-DES-0005	PROJETO CONCEITUAL - MINA - ENGENHARIA - REVISÃO ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA	RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM 1 (DAM BREAK) MAPA DE TEMPO PARA MÁXIMA INUNDAÇÃO

9.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL

Conforme a Portaria ANM nº 70.389/2017 e a Lei 14.066/2020, a classificação de barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura de barragens.

Estes impactos são identificados com base nos estudos de ruptura hipotética e verificados por meio dos parâmetros de avaliação tais como volume do reservatório, a existência de população a jusante, existência de área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica,



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 185/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

classificação dos resíduos conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), existência de instalações residenciais, agrícolas, industriais, etc., conforme apresentados nas Tabela 9.3.1.

Tabela 9.3.1 – Matriz de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado

Volume Total do Reservatório	Existência de População a Jusante	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconômico
MUITO PEQUENO	INEXISTENTE	INSIGNIFICANTE	INEXISTENTE
≤ 500 mil m ³	(não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem)	(área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT)	(não existe quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem)
(1)	(0)	(0)	(0)
PEQUENO	POUCO FREQUENTE	POUCO SIGNIFICATIVO	BAIXO
500 mil a 5 milhões m ³	(não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local)	(área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT)	(Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômica e cultural na área afetada a jusante da barragem)
(2)	(3)	(2)	(1)
MEDIO	FREQUENTE	SIGNIFICATIVO	MEDIO
5 milhões a 25 milhões m ³	(não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas)	(área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT)	(existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômica e cultural na área afetada a jusante da barragem)
(3)	(5)	(6)	(3)
GRANDE	EXISTENTE	MUITO SIGNIFICATIVO	ALTO
25 milhões a 50 milhões m ³	(existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas)	(barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT)	(existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômica e cultural na área afetada a jusante da barragem)
(4)	(10)	(8)	(5)
MUITO GRANDE	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO	-
≥ 50 milhões m ³		(barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT)	
(5)		(10)	
RESULTADO DA AVALIAÇÃO		Σ DPA =	

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 186/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Com base no somatório dos pontos obtidos na Tabela 9.3.1, é realizada a classificação por DPA alto, médio ou baixo, conforme valores apresentados na Tabela 9.3.2 .

Tabela 9.3.2 – Faixas de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO – DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	
Classificação	DPA
ALTO	≥ 13
MÉDIO	$7 < DPA < 13$
BAIXO	≤ 7
CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS	

A classificação quanto à categoria de dano potencial associado às barragens do Bloco 8 foi realizada, inicialmente, com base nas manchas de inundação resultantes dos estudos de ruptura hipotética desenvolvidos em 2018, sem considerar a Estrutura Ambiental de Contenção, uma vez que esses estudos foram elaborados em data anterior a sua proposição.

Desta maneira, na revisão dos estudos de ruptura hipotética desenvolvidos em 2021, fez-se necessária a atualização da classificação do DPA das barragens do Bloco 8, considerando a atuação da Estrutura de Contenção Ambiental. Cabe ressaltar que a EAC foi concebida com a finalidade de reduzir os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelo rompimento das barragens do complexo minerário do Projeto Bloco 8, sendo capaz de conter todo o volume mobilizado proveniente de um possível rompimento dessas estruturas dentro da futura área prevista para o empreendimento. Vale ainda ressaltar que a empresa utilizará operações autônomas e automatizadas nas frentes de lavra.

Na Tabela 9.3.3 é apresentada a classificação das barragens do Bloco 8 obtida pelos estudos de ruptura hipotética anteriores e a classificação do DPA atualizada, considerando a proposição da Estrutura Ambiental de Contenção.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 187/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

Tabela 9.3.3 – Classificação das Barragens do Complexo Minerário do Projeto Bloco 8 quanto ao Dano Potencial Associado

DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA) – CLASSIFICAÇÃO REALIZADA EM 2018				
Item Avaliado (Tabela 9.1.3)	Barragem de Rejeitos 1	Barragem de Rejeitos 2	Barragem de Água Industrial	Barragem de Água do Córrego do Vale
Volume Total do Reservatório	5	5	3	2
Existência de População a Jusante	10	5	3	3
Impacto Ambiental	6	2	2	2
Impacto Socioeconômico	1	1	1	1
Pontuação Total (DPA)	22	13	9	8
Classificação (DPA)	ALTO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO
DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA) – CLASSIFICAÇÃO REALIZADA EM 2021 (ATUAÇÃO EAC)				
Item Avaliado (Tabela 9.1.3)	Barragem de Rejeitos 1	Barragem de Rejeitos 2	Barragem Industrial	Barragem de Água do Córrego do Vale
Volume Total do Reservatório	5	5	3	2
Existência de População a Jusante	5	5	3	3
Impacto Ambiental	6	6	2	2
Impacto Socioeconômico	0	0	0	0
Pontuação Total (DPA)	16	16	8	7
Classificação (DPA)	ALTO	ALTO	MÉDIO	BAIXO

Como pode ser observado na Tabela 9.3.3, na atualização dos estudos de ruptura em 2021, a Barragem do Córrego do Vale teve a sua classificação alterada, passando de DPA Médio para DPA Baixo. As demais estruturas mantiveram a mesma classificação, apesar da redução do somatório dos pontos, em virtude da atuação da EAC e do uso de operações autônomas nas frentes de lavra.

Ressalta-se que a pontuação do DPA da Barragem de Rejeitos 2 teve um pequeno aumento quando da atualização da classificação considerando os estudos de Dam Break desenvolvidos em 2021, tendo em vista a existência de uma cavidade imediatamente a jusante do seu maciço, não observada quando da classificação inicial do DPA considerando os estudos de ruptura anteriores, elaborados em 2018.

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 188/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

9.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA

Os estudos de ruptura hipotética tiveram como foco a determinação do contorno de propagação da onda de ruptura, com a delimitação das áreas potencialmente inundáveis a jusante, de acordo com as premissas, critérios e metodologias.

No presente documento, os cenários para as barragens de água do Córrego do Vale e Industrial e a Barragem 2, de rejeitos, consideram a mancha proveniente do *Dam Break* sem a Estrutura Ambiental de Contenção, uma vez que foram estruturados antes da proposição de tal estrutura de contenção. Todavia, tais cenários apresentam volume de material mobilizado inferior ao cenário crítico estudado com a Barragem 1, o que evidencia que, a partir da EAC, em caso de qualquer rompimento dessas estruturas, todo material fica retido em tal estrutura.

Por sua vez, na atualização do estudo de ruptura da Barragem 1 desenvolvido em 2021, para o cenário mais crítico, foi considerado a EAC na El. 779,00m, a fim de conter todo o sedimento gerado a montante da estrutura, evitando o atingimento de quaisquer comunidades e o rompimento em cascata da Barragem do Rio Vacaria.

Segue abaixo considerações para cada barragem.

Barragem 1:

A área a jusante da Barragem 1 delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética é definida pelo vale do córrego Lamarão até a seção definida para implantação da EAC.

Foi verificado que o volume do reservatório da Estrutura Ambiental de Contenção é capaz de conter o hidrograma defluente da ruptura hipotética da Barragem 1 no cenário mais crítico, sem que haja o galgamento da estrutura e sem que o extravasor de emergência seja demandado. Portanto, a EAC salvaguarda a barragem do Rio Vacaria, assim como demais ocupações a jusante de seu eixo.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios, algumas benfeitorias isoladas (que serão relocadas mediante processo de negociação fundiária) e a cava da planta da SAM são atingidas pela onda do hidrograma de ruptura.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 189/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

Vale mencionar que no estudo de rompimento da Barragem 1, considerou-se, de forma conservadora a mobilização total das barragens de água do Córrego do Vale e Industrial uma vez que a onda de ruptura atinge a fundação das mesmas.

Barragem 2:

A área a jusante da Barragem 2 delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética é definida pelo vale do córrego Mundo Novo e pelo rio Vacaria e foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na cava da planta da SAM, assim caso a cava tivesse capacidade de reter o hidrograma de ruptura afluente sem o seu transbordamento a mancha de inundação cessaria na cava. No caso em que ocorresse o transbordamento da cava, foi avaliado a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na Barragem do Rio Vacaria.

Os estudos de ruptura hipotética da Barragem 2 foram realizados anteriormente à projeção da EAC, ou seja, sem considerar a estrutura de contenção dos rejeitos. Nesses estudos, elaborados em 2018, foi verificado que a cava é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura da Barragem 2 no cenário final, mas não é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura do cenário inicial. Para o cenário inicial, foi verificado que o volume de trânsito de cheias da Barragem do Rio Vacaria é capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da Barragem 2.

Os trechos inundados seriam caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

Entretanto, com a implantação da Estrutura Ambiental de Contenção, localizada a jusante da Barragem 2 e, tendo em vista que a capacidade em volume de armazenamento da estrutura de contenção é suficiente para conter o volume remanescente da ruptura da Barragem 2 no cenário inicial, conclui-se que todo volume mobilizado ficará retido nesta estrutura de contenção.

Barragem de água Industrial:

A área a jusante da Barragem Industrial delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética foi definida pelo vale do rio Vacaria, e foi verificado que o volume de trânsito de cheias da

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09		Folha 190/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009		Revisão 06

Barragem do Rio Vacaria seria capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da Barragem Industrial.

Os trechos inundados seriam caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura. Cabe salientar que os estudos de ruptura hipotética da Barragem Industrial foram realizados anteriormente à projeção da EAC, ou seja, sem considerar a estrutura de contenção dos rejeitos. Entretanto, com a atualização dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1, desenvolvidos em 2021, admitiu-se que o rompimento da Barragem 1 ocasionaria a ruptura em cascata da Barragem Industrial e do córrego do Vale. Desta maneira, pode-se concluir que todo o volume mobilizado pela ruptura apenas da Barragem Industrial ficará retido no reservatório da EAC.

Barragem de água do Vale:

A área a jusante da Barragem do Vale delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética foi definida pelo vale do rio Vacaria e o critério de parada da onda de ruptura da Barragem do Vale adotado foi a capacidade de amortecimento do reservatório da Barragem do Rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento da mesma.

Os trechos inundados foram caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

Assim como para a Barragem Industrial, cabe salientar que os estudos de ruptura hipotética da Barragem do córrego do Vale foram realizados anteriormente à projeção da EAC, ou seja, sem considerar a estrutura de contenção dos rejeitos. E, da mesma forma, como a revisão dos estudos de ruptura hipotética da Barragem 1 consideraram a ruptura em cascata da Barragem Industrial e do córrego do Vale, pode-se concluir que todo o volume mobilizado pela ruptura apenas da Barragem do córrego do Vale ficará retido no reservatório da EAC.

Barragem de água do Rio Vacaria:

A área a jusante da Barragem do Rio Vacaria delimitada para o desenvolvimento do estudo de ruptura hipotética é definida pelo vale do rio Vacaria e pelo rio Jequitinhonha, e o critério de parada adotado

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 191/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

foi a capacidade de amortecimento do hidrograma de ruptura ao longo do rio Jequitinhonha até que a vazão seja menor que a vazão com TR de 2 anos do rio Jequitinhonha, que se deu a cerca de 119 km a jusante desta barragem.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos, pontes, travessias e benfeitorias isoladas são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura. Além desses pontos, os aglomerados urbanos Coronel Murta e Itinga são parcialmente atingidos

Cabe enfatizar que a Barragem de água do rio Vacaria será construída em enrocamento com núcleo argiloso e etapa única, minimizando os riscos de uma eventual ruptura dessa estrutura.

Recomenda-se nas fases futuras do projeto, quando do desenvolvimento da engenharia básica que os estudos de ruptura hipotética das barragens do Bloco 8 sejam aprofundados considerando outros cenários, com vistas sempre a minimizar riscos e impactos que poderão ser ocasionados.

Não foram trabalhados critérios associados à qualidade das águas, especificamente a representação de eventuais plumas de turbidez e contaminação ao longo dos corpos hídricos considerados, tendo em vista que todo o volume mobilizado pelas barragens ficou retido a montante da Estrutura Ambiental de Contenção (EAC). Essa estrutura foi concebida com um sistema de comporta que será programada para fechar automaticamente em caso de uma eventual ruptura da Barragem 1.

Cabe destacar que o Estudo de Ruptura Hipotética de Barragens está sujeito a incertezas e limitação, como por exemplo o dimensionamento e tempo de abertura da brecha, definição do volume escoado para jusante, determinação do coeficiente de rugosidade do terreno, dentre outras.

 Sul Americana de Metais S/A		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 192/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

10.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse Memorial de Caracterização do Projeto Bloco 8 apresenta as informações dos estudos realizados pela WALM, bem como o Plano Diretor referente às estruturas de disposição de estéreis e rejeitos e de armazenamento de água, concebidos para o Projeto Bloco 8, conforme Plano de Produção da SAM e premissas técnicas e de engenharia acordadas entre SAM e WALM, estando em conformidade com o nível conceitual aderente ao status do empreendimento.

Ressalta-se que todas as estruturas apresentadas neste documento estão em conformidade com as normas de segurança vigentes, atendendo a todos os critérios estabelecidos.

Esse documento tem como finalidade subsidiar a SAM e a empresa responsável pelo EIA, na elaboração da Caracterização do Empreendimento objeto do EIA / RIMA.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 193/194
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06

11.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13028: Mineração - Elaboração E Apresentação De Projeto De Barragens Para Disposição De Rejeitos, Contenção De Sedimentos E Reservação De Água – Rio de Janeiro, 2017.

Lei nº 14.066/2020 – altera a Lei Federal sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Lei nº 12.334/2010 – Lei Federal sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Resolução nº 32/2020 da ANM – Altera a Portaria nº 70.839/2017 do DNPM e dá outras providências.

Portaria nº 70.389/2017 do DNPM – Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.

LEI Nº 3.676/2016. Dispõe sobre o licenciamento ambiental e a fiscalização de barragens no Estado de Minas Gerais.

FOURIE, A.B. (2012). Perceived and realised benefits of paste and thickened tailings for surface deposition. ACG – Australian Centre for Geomechanics – Proceedings of the 15th International Seminar on Paste and Thickened Tailings – Paste 2012. Sun City, South Africa.

BLIGHT G. (2010) Geotechnical Engineering for Mine Waste Storage Facilities. Taylor & Francis Group, London, UK. 641p.

		PROJETO BLOCO 8	
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MEMORIAL DE CARACTERIZAÇÃO	MINA_BLC8007-1010-G-RE-09	Folha 194/194	
	WBH28-17-SAM-RTE-0009	Revisão 06	

ICOLD and UNEP. Bulletin 121: Tailings Dams - Risk of Dangerous Occurrences, Lessons learnt from practical experiences. Paris, 2001;

PATERSON & COOKE (2018). Test Work for Engineering Desing. Paste and Thickened Tailings Short Course – Paste 2018.

THERIAULT J.A.; FROSTIAK J.; WELCH D. Surface Disposal of Past Tailings at the Bulyanhulu Gold Mine, Tanzania. PROCEEDINGS OF SUDBURY MINING AND ENVIRONMENT CONFERENCE. EDS G. SPIERS, P. BECKETT, H. CONROY, 2003;

WATSON, A. H., CORSER, P. G., GARCES PARDO, E. E., LOPEZ CHRISTIAN, T. E., VANDEKEYBUS. J. (2010). A comparison of alternative tailings disposal methods – the promises and realities. ACG – Australian Centre for Geomechanics – Mine Waste 2010. Perth, Australia.

VALENZUELA, L. (2015). Tailings Dams and Hydraulic Fills-The 2015 Casagrande Lecture, XV Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Buenos Aires, 2015.