	BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 2/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	4
2.0	OBJETIVO	4
3.0	LOCALIZAÇÃO	4
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	6
5.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	10
5.1	MACIÇO	12
5.2	SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA	19
5.3	SISTEMA EXTRAVASOR	20
6.0	INSPEÇÃO DETALHADA DA BARRAGEM E DE SUAS ESTRUTURAS ASSOCIADAS	30
6.1	CONSIDERAÇÕES REFERENTES AOS RESULTADOS DAS INSPEÇÕES REGULARES ANTERIORES (INSPEÇÕES DE ROTINA – EQUIPE INTERNA)	30
6.2	CONSIDERAÇÕES REFERENTES AOS RESULTADOS DOS RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES REGULARES ANTERIORES (INSPEÇÕES ANUAIS – AUDITORES EXTERNOS)	32
6.3	REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (RPSB) – INSPEÇÃO BVP ENGENHARIA (2018)	42
7.0	REAVALIAÇÃO DOS PROJETOS EXISTENTES	53
7.1	FUNDAÇÃO, ESCAVAÇÕES E TRATAMENTOS	53
7.2	ARRANJO GEOMÉTRICO DO MACIÇO E MATERIAIS CONSTRUTIVOS	79
7.3	SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA	80
7.4	SISTEMA EXTRAVASOR	80
7.5	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DO MACIÇO	86
7.6	ANÁLISES DE ESTABILIDADE	86
8.0	REAVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO	98

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 3/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

8.1	ESTUDO DA RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM	105
9.0	REAVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, TESTES, INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO	107
10.0	PLANO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO – PAEBM	108
11.0	REVISÃO DOS RELATÓRIOS DAS REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGEM ANTERIORES	111
12.0	ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO	112
13.0	ANÁLISES DE ESTABILIDADE DA SITUAÇÃO ATUAL (RPSB – 2018)	116
13.1	SEÇÕES DE ANÁLISE DE ESTABILIDADE	116
13.2	METODOLOGIA	119
13.3	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA	119
13.4	CENÁRIOS ESTUDADOS	121
13.5	RESULTADO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE	121
13.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES DE ESTABILIDADES - RPSB	135
14.0	RECOMENDAÇÕES FINAIS	136
15.0	DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE (DCE) E ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)	137
	APÊNDICE I – FICHA DE INSPEÇÃO	138

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 4/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

1.0 INTRODUÇÃO

Compete a Agência Nacional de Mineral – ANM, no âmbito de suas atribuições, fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra para o aproveitamento mineral e a segurança das barragens destinadas à disposição de rejeitos resultantes destas atividades. No presente Relatório de Segurança serão atendidas as diretrizes normativas estabelecidas na Portaria DNPM Nº 70.389 de 17 de maio de 2017 para elaboração da Revisão Periódica de Segurança de Barragem – RPSB, em consonância com a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.

Logo, em atendimento aos requisitos legais supracitados, a BVP Engenharia, por meio da proposta PP-BVP-040.10-18-00 foi contratada pela Salobo Metais para elaboração da Revisão Periódica de Segurança da Barragem de Rejeitos do Mirim.

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem consiste em um estudo cujo objetivo é diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, considerando: o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização de dados hidrológicos, as alterações das condições a montante e a jusante do empreendimento. São indicadas, ainda, as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança.

O presente documento apresentará o Relatório da Revisão Periódica de Segurança (RPSB) da Barragem de Rejeitos do Mirim, situada na Mina do Salobo, PA.

Ressalta-se que, atualmente, a barragem possui crista na elevação 245,0 m e que as obras de alteamento (no momento interrompidas em função do período chuvoso) elevarão a crista até a cota 255,0 m.



Conforme preconizado na Portaria DNPM Nº 70.389, o presente documento visa substituir a RPSB anterior da Barragem de Rejeitos do Mirim (arquivo nº RL-9002SA-G-00008), elaborada pela BVP em junho de 2018, para a barragem na elevação 235,0 m, uma vez que houve o alteamento de 10 metros da estrutura. Desta forma, ficou acordado com a Salobo Metais que neste documento será apresentado o RPSB da Barragem em questão para a EI. 245,0 m.

2.0 OBJETIVO

Este relatório tem como principal objetivo apresentar a Revisão Periódica de Segurança da Barragem de Rejeitos do Mirim na EI. 245,0 m à luz da portaria do DNPM Nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

3.0 LOCALIZAÇÃO

A área do empreendimento do Projeto Salobo está, integralmente, localizada na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, no Município de Marabá, Pará, conforme Figura 3-1.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 5/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

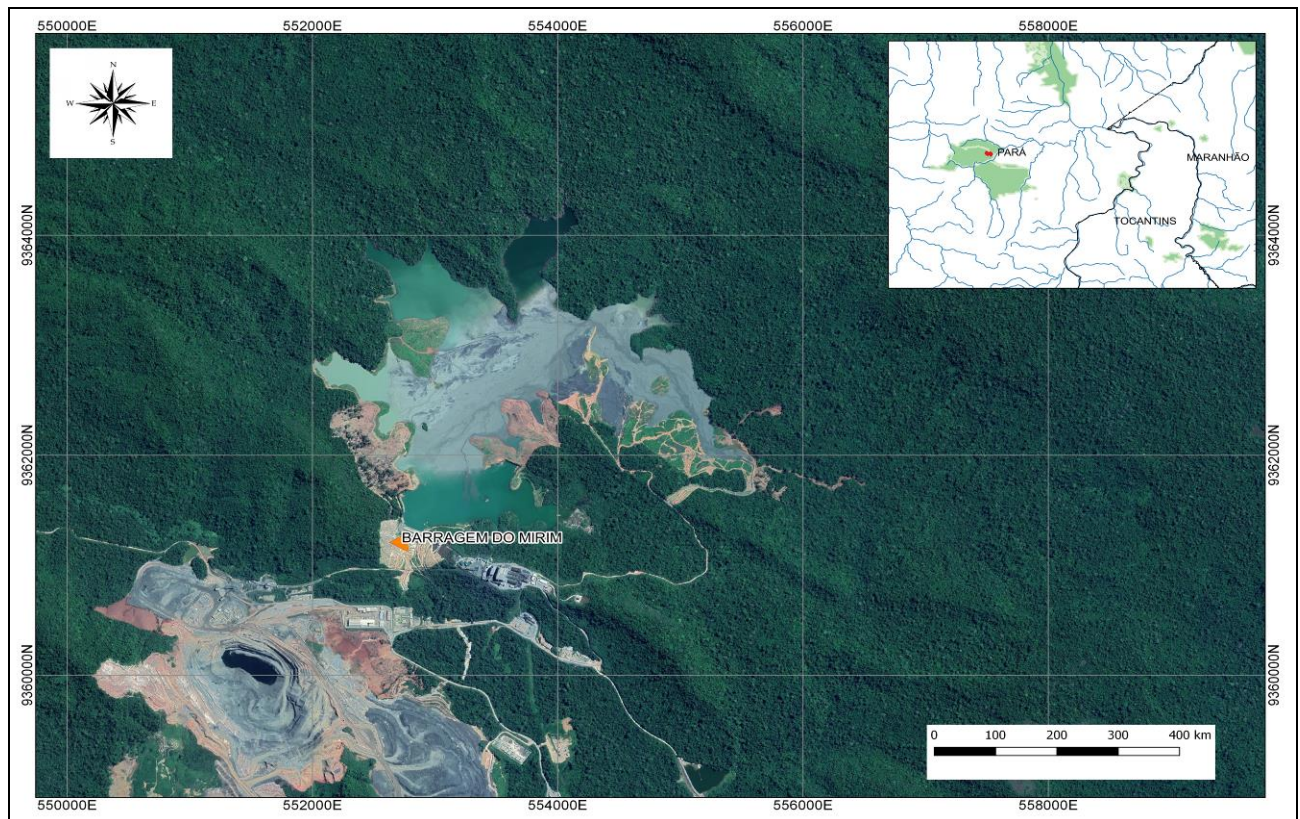


Figura 3-1: Localização geral da Barragem do Mirim.
Fonte: RL-9002SA-G-00018 (BVP, 2018)

O acesso à área pode ser realizado por via aérea até o aeroporto Regional de Marabá (PA) ou até o Aeroporto de Carajás, próximo ao Núcleo Urbano de Carajás, através de voos regulares e diários.

A partir de Marabá, o acesso é feito por via terrestre, pela BR-158 / PA-150, em direção ao sul, por cerca de 100 km até o entroncamento com a PA-275, no Município de Eldorado dos Carajás, seguindo em direção ao oeste, passando por Curionópolis, até a cidade de Parauapebas.

Em Parauapebas toma-se a estrada pavimentada no sentido ao Núcleo Urbano de Carajás (cerca de 25 km), seguindo a rodovia por aproximadamente 83 km até a área do projeto.

A alternativa por avião pelo aeroporto de Carajás é completada por via terrestre, tomando-se a PA-275 no sentido Núcleo Urbano de Carajás, tomando o mesmo percurso descrito na alternativa anterior.

A Barragem de Rejeitos encontra-se localizada a aproximadamente 500 m do Igarapé Salobo, considerando o estreitamento da bacia do Igarapé Mirim e a cerca de 650 m da Usina. Como supracitado, a referida estrutura possui a finalidade de contenção dos rejeitos provenientes do processo de beneficiamento do minério de cobre do projeto Salobo e também fornecer água bruta para alimentar a planta de beneficiamento.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 6/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos de referência listados a seguir foram utilizados e/ou são aplicáveis para a elaboração deste documento.

NÚMERO VALE	DESCRIÇÃO	ELABORAÇÃO
RL-9002SA-G-00008	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Revisão Periódica de Segurança de Barragens Relatório Técnico	BVP - 2018
MD-9002-B-2041	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos - Fase 1 Memorial Descritivo - Volume I	BVP - 2008
9002-C-2021	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos - Fase 1 Sistema Extravasor Arranjo Geral Planta e Seção A-A'	BVP - 2008
MD-9002SA-G-00001	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Alteamentos 1, 2 e 3 Memorial Descritivo	BVP – 2016
9002SA-X-70526	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Revisão Alteamentos Cotas de Crista 245 e 255 Instrumentação - Alteamento 2 Planta e Detalhes	BVP – 2018
9002SA-X-70527	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Revisão Alteamentos Cotas de Crista 245 e 255 Instrumentação - Alteamento 2 Seções	BVP – 2018
9002SA-X-70317	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim 2ª Etapa de Alteamento da Barragem de Rejeitos Sistema Extravasor - Alteamento 1 Planta e Perfil FI.01/02	BVP – 2016

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 7/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

NÚMERO VALE	DESCRIÇÃO	ELABORAÇÃO
9002SA-X-70318	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos Sistema Extravasador - Alçamento 1 Planta e Perfil FI.02/02	BVP - 2016
9002SA-X-70319	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos Sistema Extravasador - Alçamento 2	BVP – 2016
9002SA-X-70352	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos Sistema Extravasador - Alçamento 3	BVP – 2016
MD-9002SA-G-00001	Projeto Salobo Barragem de Rejeitos do Mirim Adequação Projeto Executivo Barragem Salobo El. 235 m - Memorial Descritivo	BVP – 2017
MC-9002SA-G-00001	Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim Geotecnia, Hidrologia, Hidráulica e Estrutural Memória de Cálculo	BVP – 2017
MC-9002SA-G-00002	Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim 2ª Etapa de Alçamento da Barragem de Rejeitos Memória Cálculo da Drenagem Interna	BVP – 2018
9002SA-X-70488	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Sistema Extravasador Planta, Perfil e Seções Típicas	BVP – 2017
9002SA-X-70489	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Sistema Extravasador Planta, Perfil e Seção Típica	BVP – 2017
MC-9002SA-X-70023	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Alteração do Sistema Extravasador -El. 245 m Memória de Cálculo – Hidrologia / Hidráulica	BVP – 2018

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 8/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

NÚMERO VALE	DESCRIÇÃO	ELABORAÇÃO
9002SA-X-70715	Projeto Executivo Barragem Rejeito do Mirim Revisão do Extravasador Alçamento Cota de Crista 245 Sistema Extravasador Planta e Perfil	BVP – 2018
RL-9002SA-X-70082	Avaliação da Operação Barragem Rejeito do Mirim Relatório Técnico	BVP - 2018
RL-9002SA-X-70003	Projeto Conceitual Barragem de Rejeitos do Mirim Concepção - Relatório Técnico	BVP - 2015
MD-9002SA-X-70000	Projeto Conceitual Barragem de Rejeitos do Mirim 2ª Etapa de Alçamento - Memorial Descritivo	BVP - 2016
MD- 9002-B-21217	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos Reforço da Fase 1 - Memorial Descritivo Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim	BVP - 2010
9002SA-X-70499	Revisão Alçamentos Cotas de Crista 245 e 255 Arranjo Geométrico do Maciço Barragem - Alçamento 2 - Planta	BVP - 2018
9002SA-X-70495 9002SA-X-70496 9002SA-X-70497 9002SA-X-70498 9002SA-X-70499 9002SA-X-70500	Projeto Executivo Barragem Salobo - ATO e As Built Desenhos de NAP - Seções	BVP - 2018
9002SA-X-70501	Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim Revisão Alçamentos cotas de crista 245 e 255 - Arranjo Geométrico do Maciço Barragem - Alçamento 2 - Planta e Seções	BVP - 2018
RL-9002-X-21223	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos Reforço da Fase 1 - Memorando Técnico	BVP - 2013
RL-9002-X-20024	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos - Fase 1 Avaliação de Segurança da Barragem de Rejeitos	BVP - 2012
9002SA-X-70497	Projeto Executivo Barragem Salobo - ATO e As Built Desenhos de NAP - Seções 03/06	BVP - 2018

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 9/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

NÚMERO VALE	DESCRIÇÃO	ELABORAÇÃO
9002-B-21201	Projeto Detalhado - Barragem de Rejeitos Reforço da Fase 1 - Drenagem interna - Planta, seções e detalhes	BVP - 2012
RL- 9002-X-21224	Projeto Detalhado Barragem de Rejeitos - Fase 1 Memorial Descritivo – Dique de Partida e Reforço	BVP - 2012
9002SA-X-70070	Relatório Técnico de Dam Break	Tractebel - 2018
GSTVAL0001-1-GT- RET-0045	Laudo Técnico de Segurança – ano 2011 Barragem de Rejeitos – Projeto Salobo Sistema Norte	Geoestável - 2011
RD-384-RL-37446-00	Auditoria de Segurança – fase v – 2014 Relatório Técnico de Auditoria Barragens e Diques	Pimenta de Ávila - 2014
RL-9002SA-G-70002	Relatório de Inspeção Regular/2015	Pimenta de Ávila - 2015
RL-9002SA-X-20000	Relatório de Inspeção Regular/Laudo Técnico da Barragem de Rejeitos do Salobo	Walm - 2016
RL-9002SA-X-70046	Relatório de Inspeção de Segurança Regular e Laudo Técnico	BVP - 2017
RL-9002SA-G-00005	Inspeção de Segurança Regular Relatório Técnico – 1º Semestre de 2018	BVP - 2018
RL-9002SA-G-00016	Inspeção de Segurança Regular Relatório Técnico – 2º Semestre de 2018	BVP - 2018
MO-9002SA-G-00001	Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim Rev Manual de Operação e Carta de Risco – El. 235, 245 e 255 Manual de Operação	BVP - 2018
RL-9002SA-X-70076	Projeto Executivo Barragem de Rejeitos do Mirim Rev Manual de Operação e Carta de Risco – El. 235, 245 e 255 Carta de Risco	BVP - 2018
RL9002-SA-G-00004	Projeto Conceitual da Barragem de Rejeitos do Mirim Alteamento da Barragem Avaliação da Estabilidade dos Taludes Naturais	BVP - 2018

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 10/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

5.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A barragem foi projetada para ser construída em fases de alteamento pelo método de jusante, sendo a primeira fase com crista na elevação 220 m (dique de partida) e a última fase prevista para a elevação 285 m.

A BVP elaborou projeto executivo e acompanhou a obra da primeira etapa da barragem (El. 220,0 m), sendo concluída em 2010. Entretanto, por questões construtivas que culminaram em anomalias e fator de segurança abaixo do preconizado pelas normas, foi implantado um reforço da barragem na elevação 220,0 m no ano de 2012, cujo projeto executivo foi elaborado pela BVP Engenharia.

Atualmente a BVP Engenharia vem acompanhando também a implantação da segunda etapa dos alteamentos referentes às elevações: 235,0 m / 245,0 m / 255,0 m. O projeto executivo desta segunda etapa também foi elaborado pela BVP sendo apresentado no memorial descritivo MD-9002SA-G-00001. Na presente data, a barragem encontra-se com crista na elevação 245 m e reservatório na elevação aproximada de 225,57 m (lido no dia 30 de novembro de 2018).

As empresas que estão participando da implantação das obras de alteamento para a elevação 255,0 m e as respectivas responsabilidades são:

- BVP ENGENHARIA
 - Elaboração do projeto executivo, acompanhamento técnico da obra (ATO), validação dos desenhos de AS BUILT;
- CONSTRUTORA ÁPIA
 - Execução das atividades referentes à obra (escavação, tratamento de fundação com regularizações e aterro);
- SALOBO METAIS
 - Orientações executivas e supervisão das obras;
- GEOMINAS
 - Investigações geotécnicas de campo e ensaios de laboratório;
- CONCREMAT
 - Locação das obras e levantamentos topográficos durante obras e levantamento final da Barragem de Rejeitos Mirim;
- VALLUM ENGENHARIA
 - Tratamento de Fundação com aplicação de Injeções de Cimento.

As características técnicas da Barragem de Rejeitos do Mirim podem ser visualizadas na Tabela 5-1 a seguir.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE	PÁGINA	
	RL-9002SA-X-70079	11/138	
	Nº (CONTRATADA)	REV.	
	18040-010A-1-GT-RT-0001	C	

Tabela 5-1: Ficha Técnica da Barragem de Rejeitos do Mirim – El. 245,00 m
Fonte: RL-9002SA-G-00008 (BVP, 2018) atualizado

IDENTIFICAÇÃO	
Salobo Metais	
LOCALIZAÇÃO	
Município: Marabá - PA Curso d' Água: Igarapé Mirim Coordenadas UTM SAD'69 Fuso 22M, E: 553.177 m; N: 9.360.883 m	
Representante Legal / CREA	Fernando Marino / CREA 44162/D
Responsável Técnico / CREA	Cleiber Moreira Rezende / CREA 91259/D
DADOS GERAIS – Barragem na EL. 245,00 m	
Finalidade	Armazenamento de Rejeitos
Histórico de Empresas Projetistas	2004 (SBC Engenharia) – Projeto Conceitual do Dique de Partida na elevação 220,0 m (Etapa 1) 2010 (BVP Engenharia) – Projeto Executivo do Dique de Partida na elevação 220,0 m (Etapa 1); 2012 (BVP Engenharia) – Projeto Executivo do Reforço da Barragem; 2017 (BVP Engenharia) – Projeto Executivo do Alçamento por Jusante da Etapa 2 com 3 fases distintas, a saber: El. 235,0 m; 245,0 m e 255,0 m feitas com material de enrocamento e implantação de novo Sistema de Drenagem Interna, bem como sistema extravasor.
Construção/ Etapa	Alçamento por jusante na El. 245,0m / Etapa 2
Cota da Crista do Maciço (m)	245,0
Altura Máxima (m)	65,0
Comprimento da Crista (m)	287,0
Área do Reservatório - El. 245,0m (m ²)	7.618.173
Volume do Reservatório (m ³)	173.643.000
Tipo de Seção	Barragem de enrocamento com núcleo argiloso, apoiada sobre talude jusante da barragem da Etapa 1
Drenagem Interna	Filtros e transições no contato do enrocamento de jusante com o núcleo argiloso e a fundação
Área da Bacia de Contribuição (km ²)	34,0
Cheia de Projeto	1.000 anos, duração crítica de 24 horas
Vazão Afluente Máxima (m ³ /s)	149,77
Vazão (Defluente) de Projeto (m ³ /s)	1,86
NA Máximo Normal = Soleira do Extravasor (m)	243,0
NA Máximo Maximorum (m)	243,88
Borda Livre Remanescente (m)	1,12
Estrutura vertente	Projeto do vertedouro de superfície composto por canal de adução sem revestimento, tubo PEAD e canal de concreto convencional

A seguir (Tabela 5-2) é mostrada a ficha técnica da Barragem de Rejeitos do Mirim, Etapa 2 (El. 245,0 m), que acabou de ser concluída.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE	PÁGINA	
	RL-9002SA-X-70079	12/138	
	Nº (CONTRATADA)	REV.	
	18040-010A-1-GT-RT-0001	C	

Tabela 5-2: Ficha Técnica Maciço 245,00 m
Fonte: Desenho 9002SA-X-70499 (BVP, 2018)

Ficha Técnica – Maciço 245	
Elevação da Crista (m)	245,00
Comprimento da Crista (m)	287,00
Largura da Crista (m)	60,00
Largura Mínima da Berma (m)	5,00
Altura Máxima das Bancadas (m)	17,50
Inclinação do Talude de Montante	1,0V:2,0H
Inclinação do Talude de Jusante (entre bermas)	1,0V:1,45H
Altura Máxima Final (m)	65,00
Volume Total do Maciço (m ³)	1.059.566,00

A seguir é apresentado um breve histórico das características técnicas construtivas desta estrutura.

5.1 MACIÇO

O projeto conceitual desenvolvido pela SBC Consultoria em 2004 previa a implantação da barragem em três etapas, conforme detalhes a seguir (RL-9002-X-21223 da BVP).

- Etapa 1: Maciço de partida zoneado, com crista na El. 220,0 m, altura máxima de 37;
- Etapa 2: alteamento de 35 m, com crista na El. 255,0 m, altura máxima de 70 m;
- Etapa 3: alteamento de 30 m, com crista na El. 285,0 m, altura máxima de 100 m.

A Figura 5-1 apresenta o maciço final projetado contemplando as três etapas construtivas.

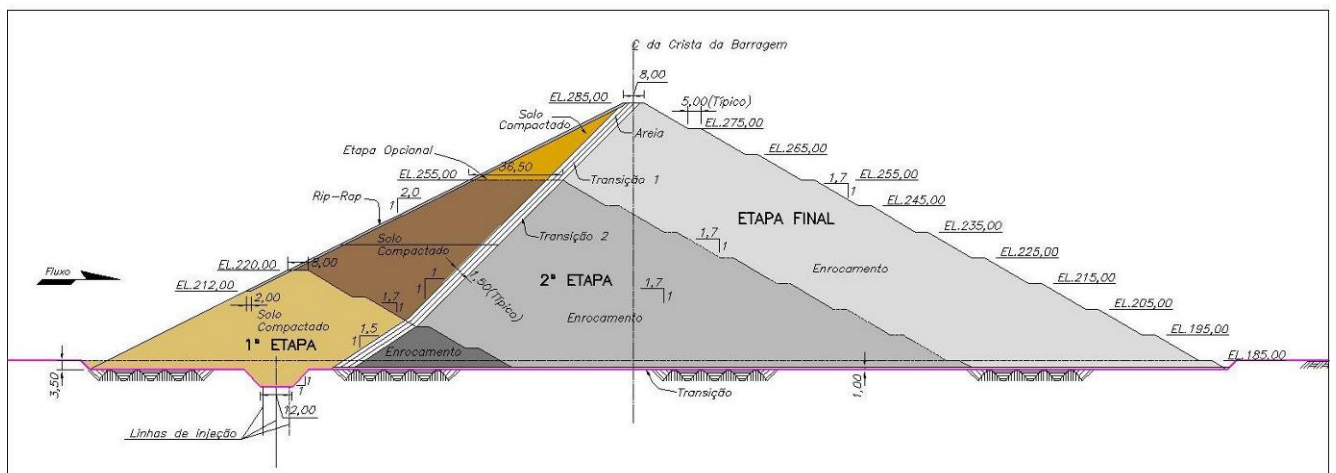




Figura 5-1: Projeto da Barragem de Rejeito – Seção Típica
Fonte: RL-9002-X-21223, BVP Engenharia (2013)

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 13/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Como pode ser visto na Figura 5-1, o projeto previa na interface entre o solo compactado e o enrocamento uma camada de areia e duas camadas de transição. O talude de montante deveria possuir uma inclinação de 1,0V:2,0H e o talude de jusante deveria possuir a inclinação de 1,0V:1,7H e bermas a cada dez metros, com largura de cinco metros.



A execução da primeira etapa ficou a cargo da Construtora OAS, a fiscalização foi feita pela Concremat Engenharia e o acompanhamento técnico da obra (ATO) foi feito pela projetista, atualmente BVP Engenharia.

Conforme descrito no relatório “Avaliação de Segurança da Barragem de Rejeitos” elaborado pela BVP em 2012 de número RL-9002-X-20024, apesar de ser previsto um maciço zoneado, com talude de montante composto por aterro compactado e espaldar de jusante composto por enrocamento, no decorrer da obra para execução da primeira etapa houve problemas no fornecimento dos agregados, tanto nos volumes quanto na qualidade. O volume dos agregados disponibilizados diariamente nos estoques não eram suficientes para acompanhar a construção de todo o sistema de drenagem interna e espaldar de jusante. Com relação à qualidade dos agregados, depois de várias inspeções da equipe de ATO-BVP nos depósitos, foram solicitados ensaios de laboratório para caracterização dos materiais, conforme especificado no projeto. Depois da execução dos ensaios, foi constatado que os agregados não atendiam a faixa granulométrica especificada no projeto executivo, o que comprometeria totalmente a eficiência da drenagem interna.

Devido às novas condições de campo apresentadas no decorrer da obra, foi feita uma revisão da seção típica da Barragem de Rejeitos, sendo implantada uma seção do tipo homogênea em solo compactado, utilizando-se solos de composição argilosa, do tipo CL e ML, segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS).

A seguir são listados os principais desvios na execução da obra, conforme apresentado neste último documento supracitado, elaborado pela BVP:

- Modificação do projeto da ensecadeira de montante, passando de uma seção homogênea em solo compactado para uma seção mista com solo argiloso no talude de montante e random de quartzito no talude de jusante. Todas essas mudanças foram necessárias para atender as características dos materiais existentes no local. Vale ressaltar também que a construção da ensecadeira, aconteceu durante o período chuvoso, dificultado a limpeza da fundação e a construção do núcleo argiloso;
- Surgência no pé do talude de jusante da ensecadeira de montante. Foram alocadas bombas para controle da vazão percolada e, visto que essas não foram suficientes para a vazão que passava pela ensecadeira, havendo o represamento entre a ensecadeira e a barragem em construção, foi construído um dreno de pé com filtro invertido no pé do talude da ensecadeira e um aterro de reforço no espaldar de montante da barragem;
- Mudança da seção mista de projeto da barragem para seção homogênea em solo compactado conforme supracitado. Ressalta-se que já havia sido executado parte do filtro e espaldar de jusante em granulometria diferente da especificada em projeto.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 14/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Esse trecho construído não pode ser removido, visto que havia acúmulo de água a montante da barragem, que geraria alto gradiente hidráulico no pé do maciço terroso após remoção do material granular assentado e por isso foi decidido conjuntamente entre a Salobo Metais, OAS, Concremat e BVP pela não remoção desse material;

- Não foi feita a regularização e suavização dos taludes de escavações junto às ombreiras conforme projetado;
- Modificação da inclinação do talude de montante da barragem de 1V:2H para 1V:1,5H a partir da elevação 203 m;
- Falhas de compactação do aterro, havendo o lançamento e compactação de camadas de 0,50 m, quando o recomendado no projeto era de até 0,20 m;
- Descontinuidades do tapete drenante nas ombreiras.

Da Figura 5-2 à Figura 5-5 são mostrados os registros de algumas das falhas descritas.



Figura 5-2: Surgência na enseadeira, com acúmulo de água a montante da barragem
Fonte: RL-9002-X-20024 (BVP, 2012)



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 15/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Figura 5-3: Talude verticalizado não atendendo a recomendação de inclinação de projeto
Fonte: RL-9002-X-20024 (BVP, 2012)



Figura 5-4: Excesso de altura da camada compactada
Fonte: RL-9002-X-20024 (BVP, 2012)





		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 16/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Figura 5-5: Descida de água com degraus inclinados
Fonte: RL-9002-X-20024 (BVP, 2012)

Em função dos desvios identificados e informados pela BVP Engenharia no decorrer da obra, além da identificação de surgências e trincas na estrutura, foi recomendada a elaboração de ensaios de campo e laboratório para subsidiarem a avaliação da estrutura e verificar se a mesma estaria atendendo aos requisitos da legislação vigente.

No trabalho desenvolvido pela BVP Engenharia (RL-9002-X-20024) foram analisados os resultados de ensaios de campo e laboratório, leituras de instrumentos e elaborados modelos para o desenvolvimento de análises de estabilidade. Como resultado dessas análises constatou-se que a barragem não atendia os requisitos da norma ABNT NBR 13.028, sendo recomendado então um reforço na estrutura. Atendendo à recomendação, a Salobo Metais contratou a BVP Engenharia que desenvolveu o projeto de reforço conforme mostrado na Figura 5-6.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 17/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

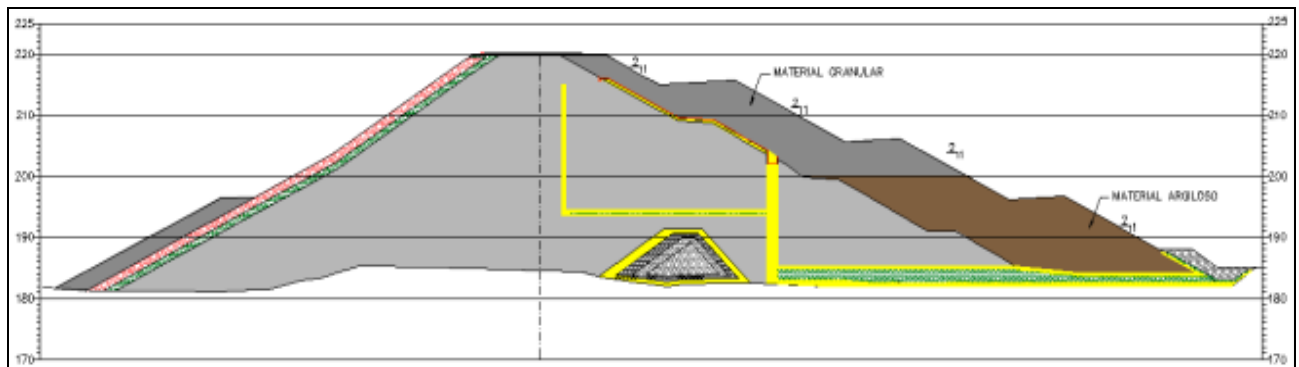


Figura 5-6: Projeto do reforço – Estaca 3+10,00
Fonte: RL 9002-X-20024, BVP Engenharia (2012)

O projeto do reforço foi desenvolvido pela BVP Engenharia em 2012, prevendo o uso de material argiloso até a elevação 200,0 m e com material misto de solo com pedregulhos até a crista existente na elevação 220,0 m. A inclinação dos taludes era de 1V:2H, com bermas com largura de cinco metros.

O projeto do reforço foi implantado, sendo que foi utilizado material composto por pedregulhos e pequenos blocos de quartzito com alto percentual de finos no reforço, diferentemente do que é apresentado na Figura 5-6, em que a parte inferior era composta por material argiloso compactado.

Atualmente a Barragem de Rejeitos se encontra em obras para alteamento, sendo construída uma nova barragem a jusante da atual, com sistema de drenagem interna totalmente independente desta, conforme mostrado na Figura 5-7.

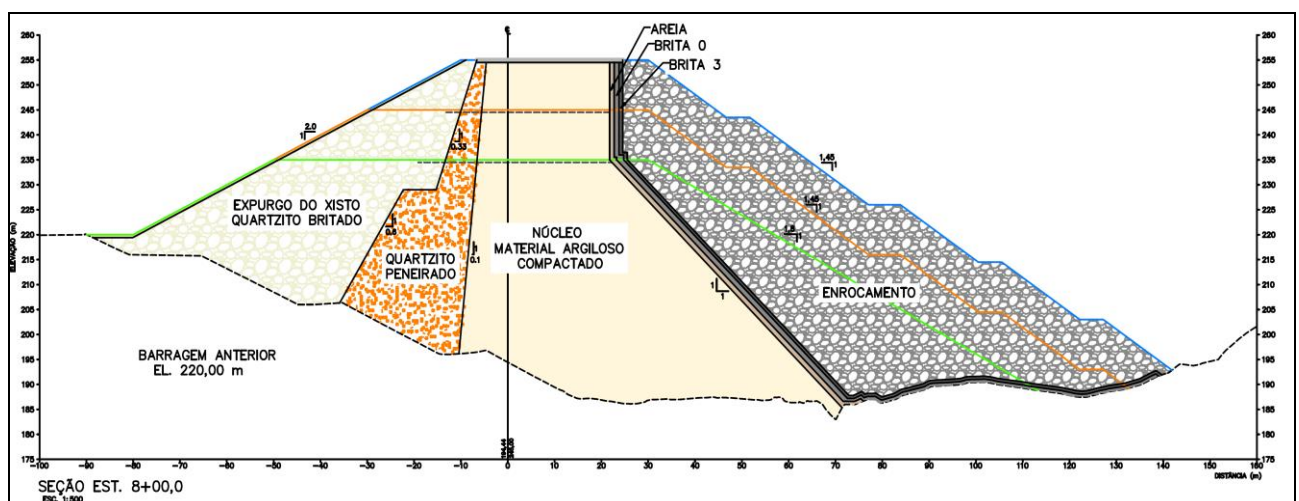




Figura 5-7: Projeto executivo da Barragem Mirim na elevação 255,0 m
Fonte: Desenho nº 9002SA-X-70497, BVP Engenharia (2018)

O projeto de alteamento que está sendo implantado está descrito no documento elaborado pela BVP e apresentado no documento MD-9002SA-G-00001_Rev-2 (março de 2017). Após elaboração deste documento foram realizadas algumas pequenas modificações na

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 18/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

geometria do maciço que são as mostradas na Figura 5-7, mostrada anteriormente. Desta forma, tem-se uma Barragem até a elevação 255,0 m com talude de montante com inclinação de 2,0H:1,0V e os taludes de jusante com inclinação final de 1,45H:1,0V entre bermas.

Como pode ser observado na figura anterior, o espaldar de montante do maciço da barragem foi proposto em blocos de quartzito moderadamente britado ou expurgo de xisto que transicionam com o quartzito peneirado, provenientes da mina.

Na região central da barragem foi projetado um núcleo argiloso, composto por solo compactado, assentado sobre saprolito e quartzito intemperizado de fundação, exceto por reduzida parcela assentada sobre o reforço da etapa anterior. O espaldar de jusante será formado por enrocamento também disponível como estéril da mina, tendo sido definidas 3 camadas de transição, compostos por areia, brita 0 e brita 3, entre o núcleo e o maciço de enrocamento.

Foi proposta também uma camada drenante entre a fundação e o enrocamento, à jusante da região do núcleo, com o objetivo de impedir o carreamento de finos das fraturas no quartzito intemperizado da fundação. O enrocamento definido para a região de jusante do núcleo, nas primeiras camadas até aproximadamente 20 m de altura, deve ser composto por blocos de material limpo e selecionado.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-9002SA-X-70079		PÁGINA 19/138
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001		REV. C

5.2 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

Conforme descrito anteriormente, foi necessária a modificação da seção do projeto na elevação 220,0 m em função da indisponibilidade de material para a composição dos filtros e enrocamento de jusante. Em consequência da modificação da seção, também foi necessária a modificação e adequação da drenagem interna do maciço.

A drenagem interna do projeto inicial foi concebida com um filtro de areia e transições no contato da argila compactada, enrocamento e base do espaldar de jusante. Em função dos problemas construtivos, o projeto da drenagem interna foi modificado para um filtro vertical em areia até a elevação 215,00 m, que é conectado a um tapete drenante tipo sanduíche composto por núcleo em brita e envolto por camadas de areia. Nas regiões de maior altura o tapete drenante se conecta a outro filtro vertical em areia com topo na elevação 202,0 m, que recebe também a contribuição de um filtro criado no contato do maciço existente cujo reforço se conecta a outro tapete drenante horizontal também do tipo sanduíche. Este último faz seu lançamento em um dreno de pé composto por pedra de mão e transições, que se estende por todo o leito do rio e parcialmente nas ombreiras. Um detalhe da drenagem interna existente é mostrado na Figura 5-8.

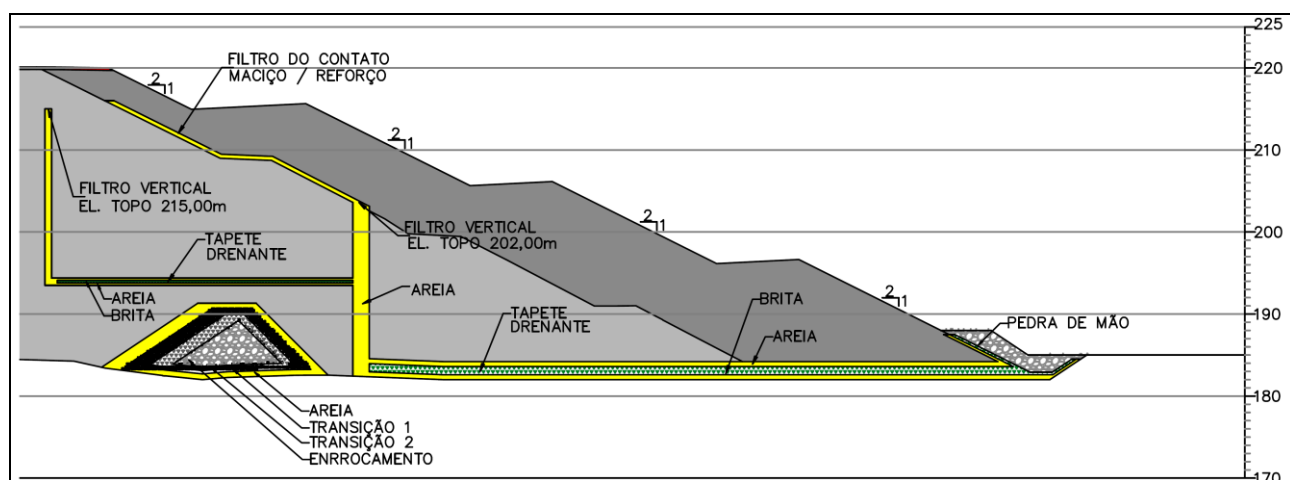


Figura 5-8: Seção típica do sistema de drenagem interna existente
Fonte: Desenho nº 9002-B-21201, BVP (2012), modificado

Segundo considerações apresentadas na memória de cálculo (MD-9002SA-X-70000) do projeto conceitual da 2ª Etapa de Alçamento, o sistema de drenagem do alçamento proposto para a Barragem de Rejeito de Salobo terá, à montante do núcleo central, transição com estéril de quartzito tratado por peneiramento e acrescido de parcela do material britado, levando-se em consideração as oscilações operativas do reservatório. A jusante também foi definido sistema de drenagem e transição com três camadas, incluindo o filtro de areia. Foi proposta também uma camada drenante entre a fundação e o enrocamento, a jusante da região do núcleo, com o objetivo de impedir o carreamento de finos das fraturas no quartzito intemperizado da fundação.

Essas considerações foram consolidadas, resultando nos filtros e transições já apresentados na Figura 5-7.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 20/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

5.3 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem do Mirim foi projetado conforme suas características de alteamento. O primeiro projeto elaborado pela BVP Engenharia é MD-9002-B-2041, cuja última revisão é de 20/04/10, elaborado para a barragem com a crista na elevação 220,0 m. Nele, o dimensionamento da estrutura apresenta soleira na elevação 215,0 m, largura de 2,5 m e altura de 3,0 m, suportando a vazão decamilenar, com borda livre de 2,0 m. A Tabela 5-3 apresenta as características hidráulicas do dimensionamento.

**Tabela 5-3: Resumo do dimensionamento do vertedor na elevação 220,0 m.
Fonte: MD-9002-B-2041**

TR	P (mm) Duração 12 h	Vazão Máxima Afluente (m ³ /s)	Vazão Máxima Efluente (m ³ /s)	NA max. (m)
2,2	92,7	72	2,5	215,7
100	164,2	230	8,0	216,8
1000	204,4	353	13,0	217,4
10.000	244,5	490	18,0	218,0

A seguir a Figura 5-9 representa o sistema extravasor projetado, planta e seção. O sistema possui um canal de aproximação com declividade nula, um trecho com declividade igual a 0,5%, composto por 32 m de galeria, ultrapassando a barragem, e outros 26 m em canal aberto até o início de um canal rápido seguido de uma descida d'água por aproximadamente 135 m, até o início da bacia de dissipação.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 21/138	
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C	

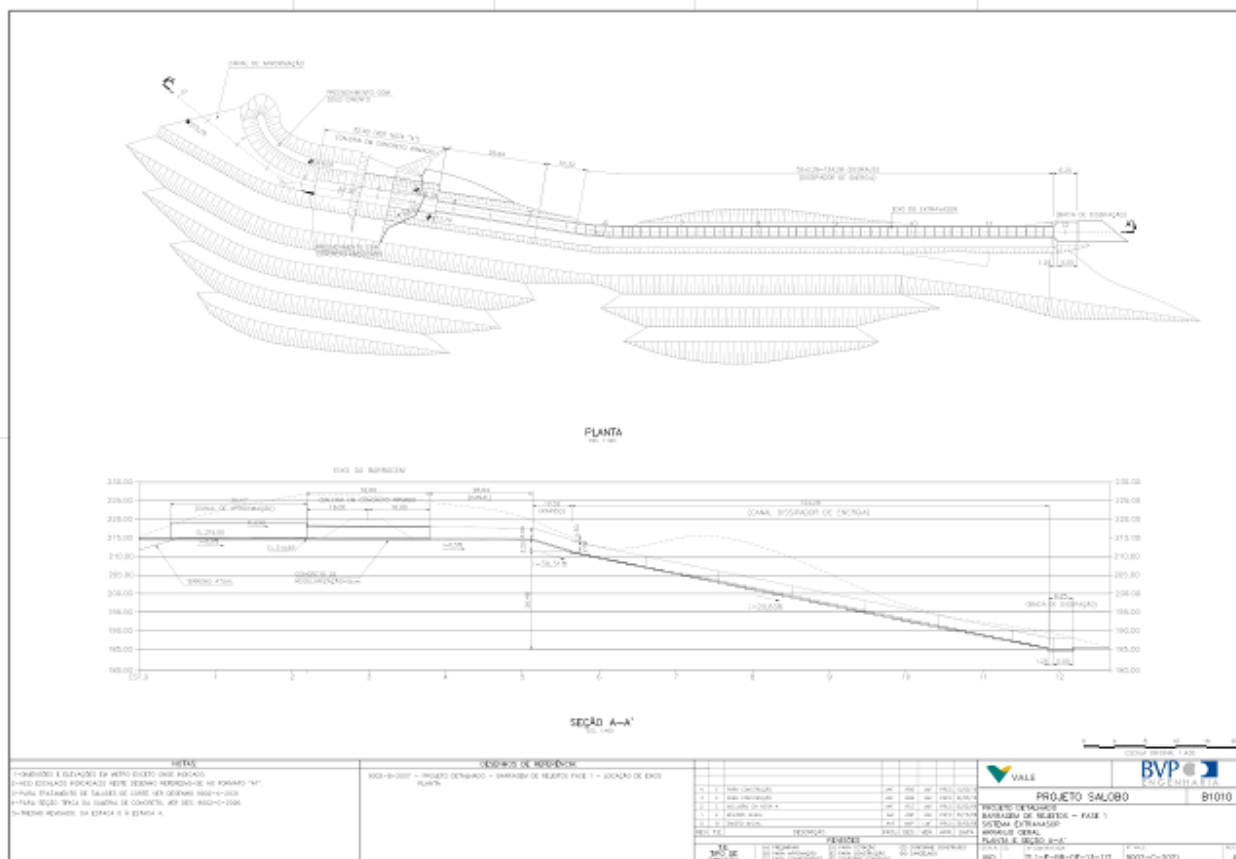




Figura 5-9: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 220,0 m. Reprodução do documento 9002-C-2021.

Esse extravasor foi desativado quando do início das obras de alteamento, cujo projeto foi elaborado novamente pela BVP Engenharia. As etapas de alteamento 235,0 m, 245,0 m e 255,0 m tiveram seu sistema extravasor dimensionado no documento MD-9002SA-G-00001. Nesse documento houve uma atualização dos quantis de chuva calculados para a área do barramento. A Tabela 5-4 apresenta as características do dimensionamento realizado.

Tabela 5-4: Síntese dos resultados do trânsito das cheias de projeto (TR 10.000 anos)
Fonte: MD-9002SA-G-00001

Etapa de Alteamento	1	2	3
Duração Crítica (horas)	24	24	24
Altura da Chuva Crítica (mm)	328	328	328
Vazão Máxima Afluente (m ³ /s)	158	162	166
Vazão Máxima Efluente (m ³ /s)	10,5	5,52	4,34
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	232,00	242,00	252,00
Largura Efetiva do Emboque do Vertedouro (m)	3,00	3,00	2,00
Altura Efetiva do Emboque do Vertedouro (m)	3,00	3,00	3,00
Elevação da Crista da Barragem (m)	235,00	245,00	255,00
NA Máximo <i>Maximorum</i> (m)	233,57	243,34	253,15
Borda Livre Mínima (m)	1,43	1,66	1,85

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
		BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-9002SA-X-70079 Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001

A seguir apresenta-se planta e seção do extravasor projetado na para a elevação 235,0 m. As Figura 5-10 e Figura 5-11 são reproduções dos documentos 9002SA-X-70317 e 9002SA-X-70318.

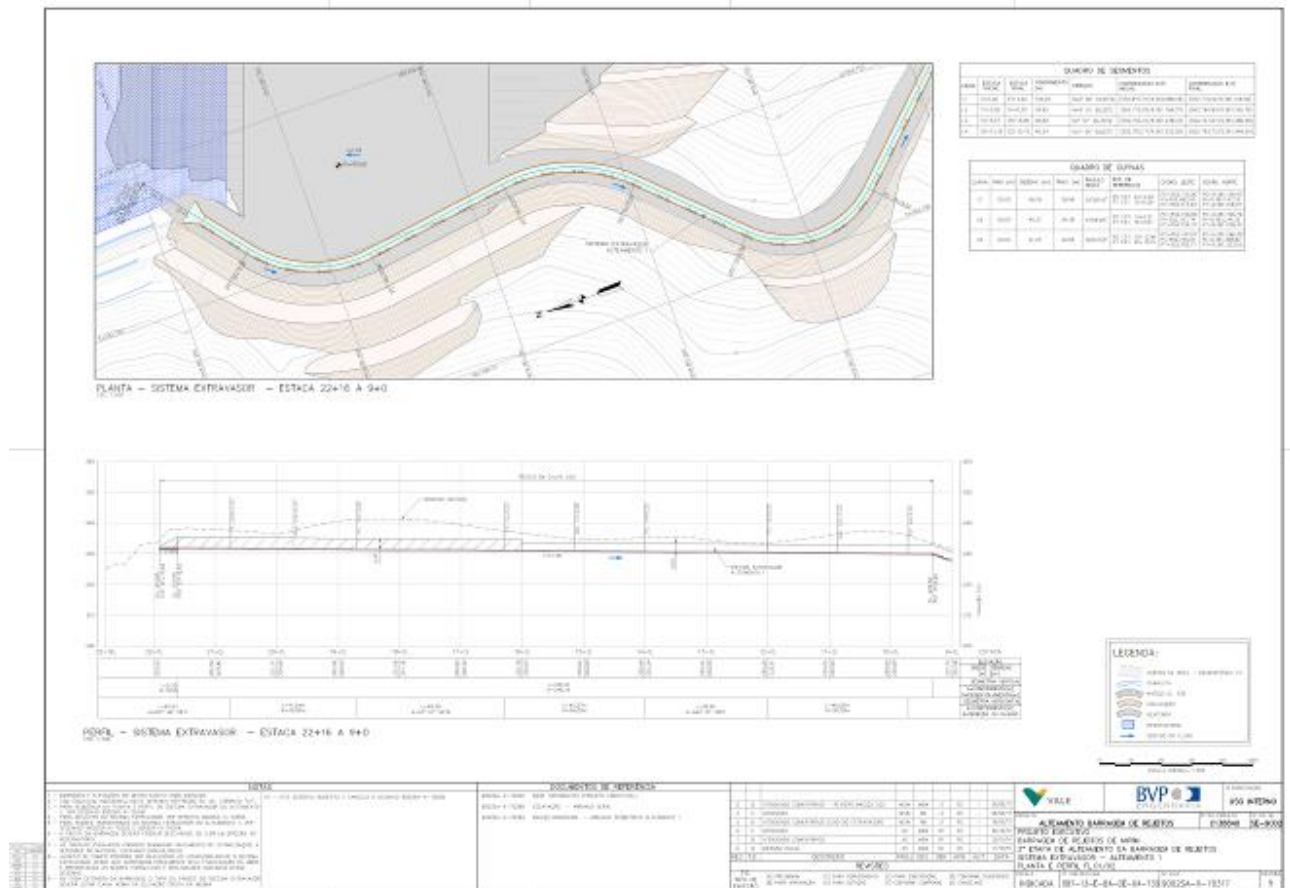


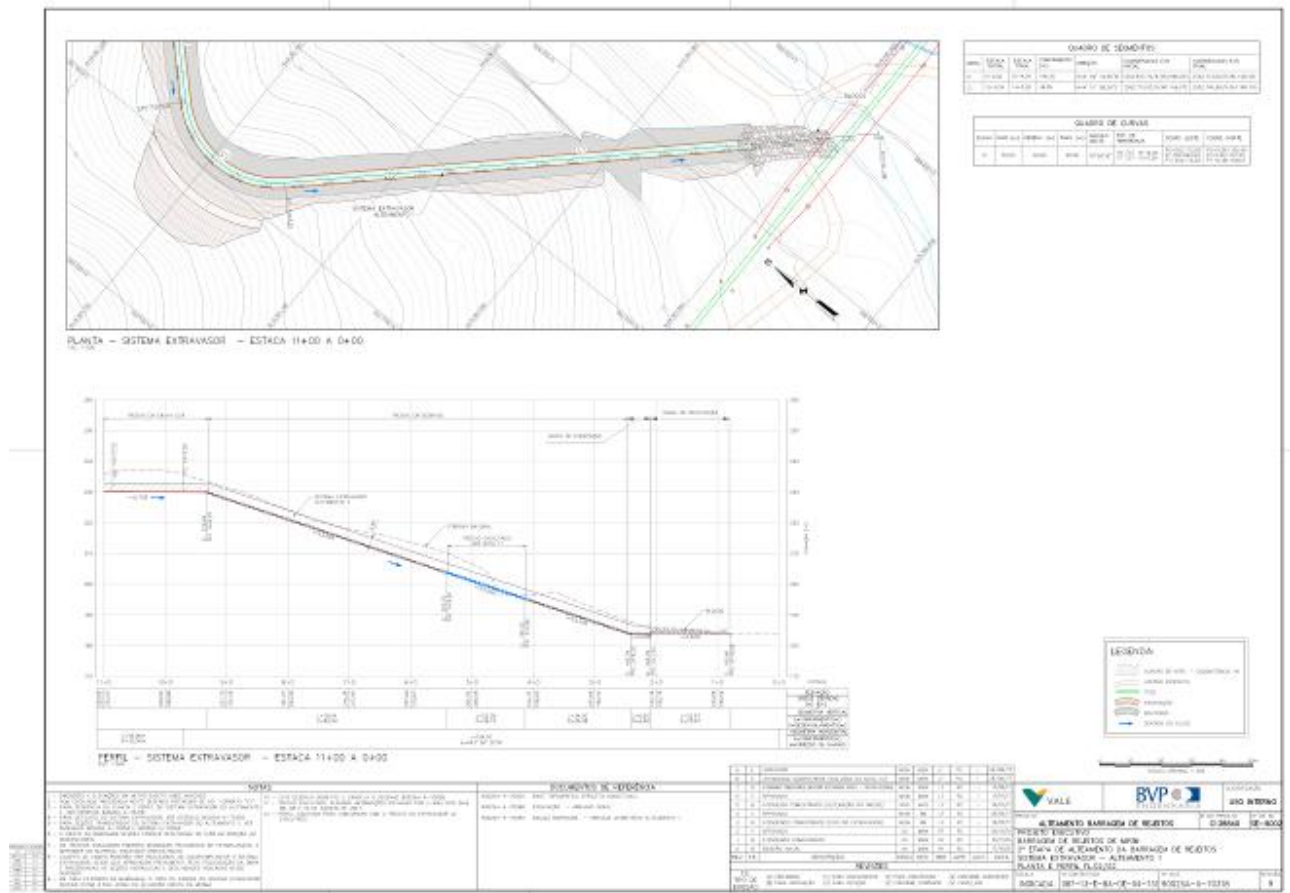


Figura 5-10: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 235,0 m. Reprodução do documento 9002SA-X-70317.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 23/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



**Figura 5-11: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 235,0 m.
 Reprodução do documento 9002SA-X-70318.**

O trecho representado na Figura 5-11 foi projetado para ser aproveitado durante todas as etapas de alteamento, até a elevação 255,0 m. A seguir a Figura 5-12 ilustra o trecho previsto para alteração, cuja conexão se dá na estaca 16+0 do projeto 9002SA-X-70318.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº VALE
RL-9002SA-X-70079
Nº (CONTRATADA)
18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA
24/138
REV.
C

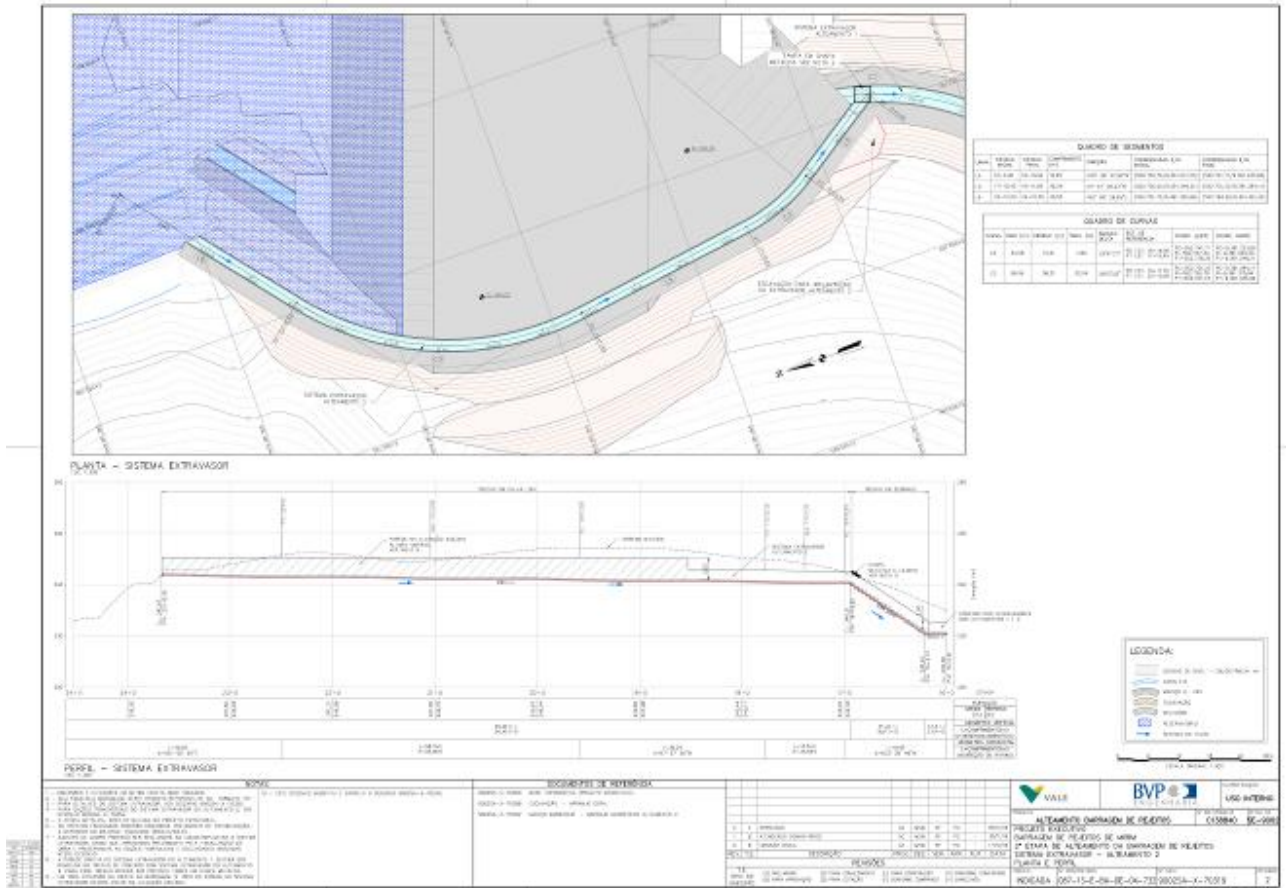
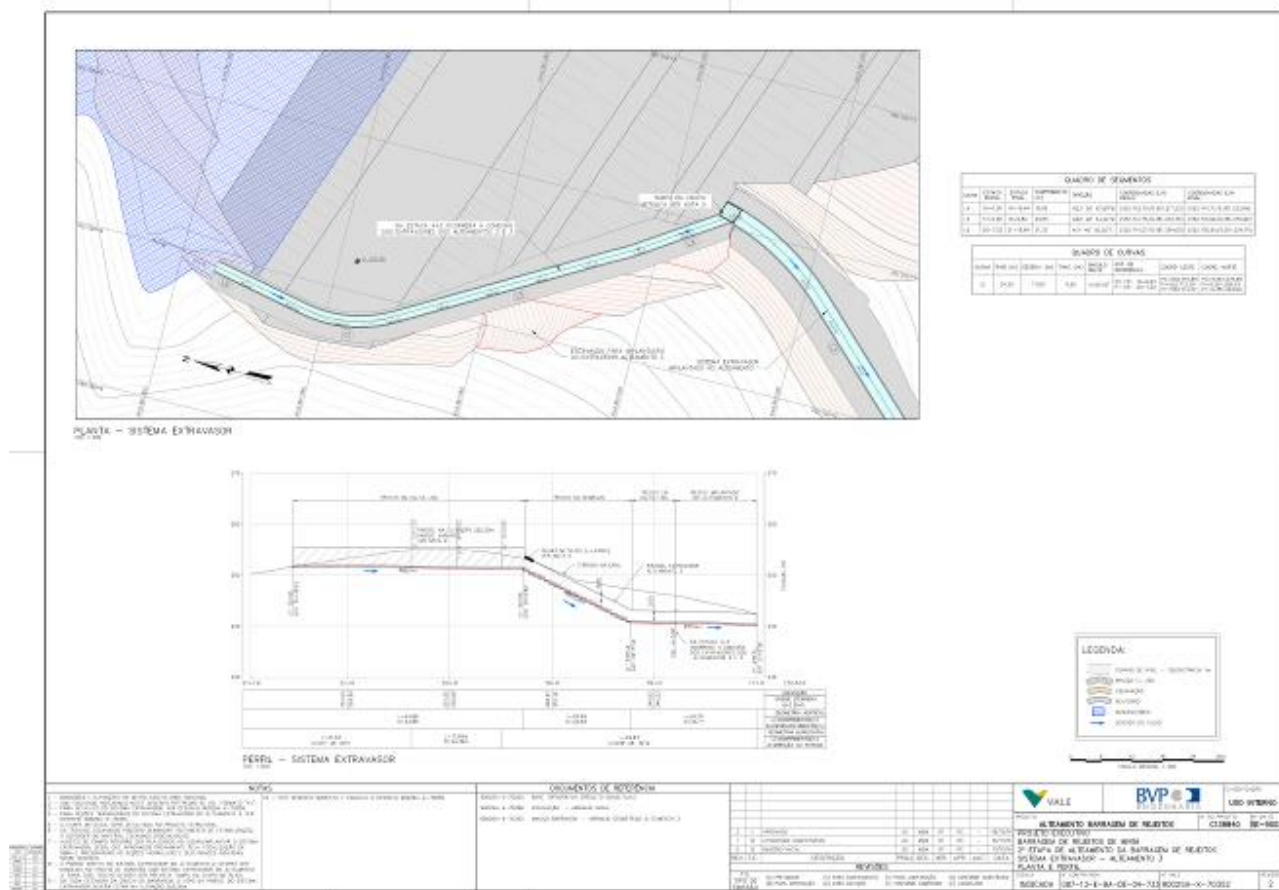


Figura 5-12: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 245,0 m.
Reprodução do documento 9002SA-X-70319.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE	PÁGINA	
	RL-9002SA-X-70079	25/138	
	Nº (CONTRATADA)	REV.	
	18040-010A-1-GT-RT-0001	C	





**Figura 5-13: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 255,0 m.
 Reprodução do documento 9002SA-X-70352.**

Devido ao ritmo das obras, que não atingiu a elevação 235,0 m ao final de 2017 conforme previsto, a BVP Engenharia foi novamente contratada para elaboração de um projeto de sistema extravasor provisório, cuja soleira seria em cota menor que a elevação 232,0 m apresentada na Tabela 5-4.

O documento MD-9002SA-G-00001, de outubro de 2017, apresenta o dimensionamento de um novo extravasor, considerando a soleira na elevação 223,0 m e vazões com período de retorno diferentes daquelas utilizadas até então. De acordo com o documento, “O dimensionamento do sistema extravasor da barragem foi efetuado por meio de cálculos hidrológicos e hidráulicos, considerando chuvas milenares e uma borda livre mínima de 20% para as cheias correspondentes às chuvas com TR de 1.000 anos, de acordo com a norma NBR 13028 (período de operação)”.

**Tabela 5-5: Síntese dos resultados do trânsito das cheias de projeto.
 Fonte: MD-9002SA-G-00001**

Tempo de Retorno (TR)	1.000	500
Duração Crítica (horas)	24	24
Altura da Chuva Crítica (mm)	268	249
Vazão Máxima Afluente - mesma duração da máxima efluente (m ³ /s)	117,2	104,9

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 26/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Tempo de Retorno (TR)	1.000	500
Vazão Máxima Efluente (m ³ /s)	3,87	3,21
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	223,00	223,00
Largura Efetiva do Emboque do Vertedouro (m)	1,50	1,50
Altura Efetiva do Emboque do Vertedouro (m)	1,50	1,50
Elevação da Crista da Barragem (m)	224,50	224,50
NA Máximo <i>Maximorum</i> (m)	224,12	224,01
Borda Livre Mínima (m)	0,38	0,49

A seguir apresentam-se planta, seções típicas e perfil longitudinal do extravasor projetado.

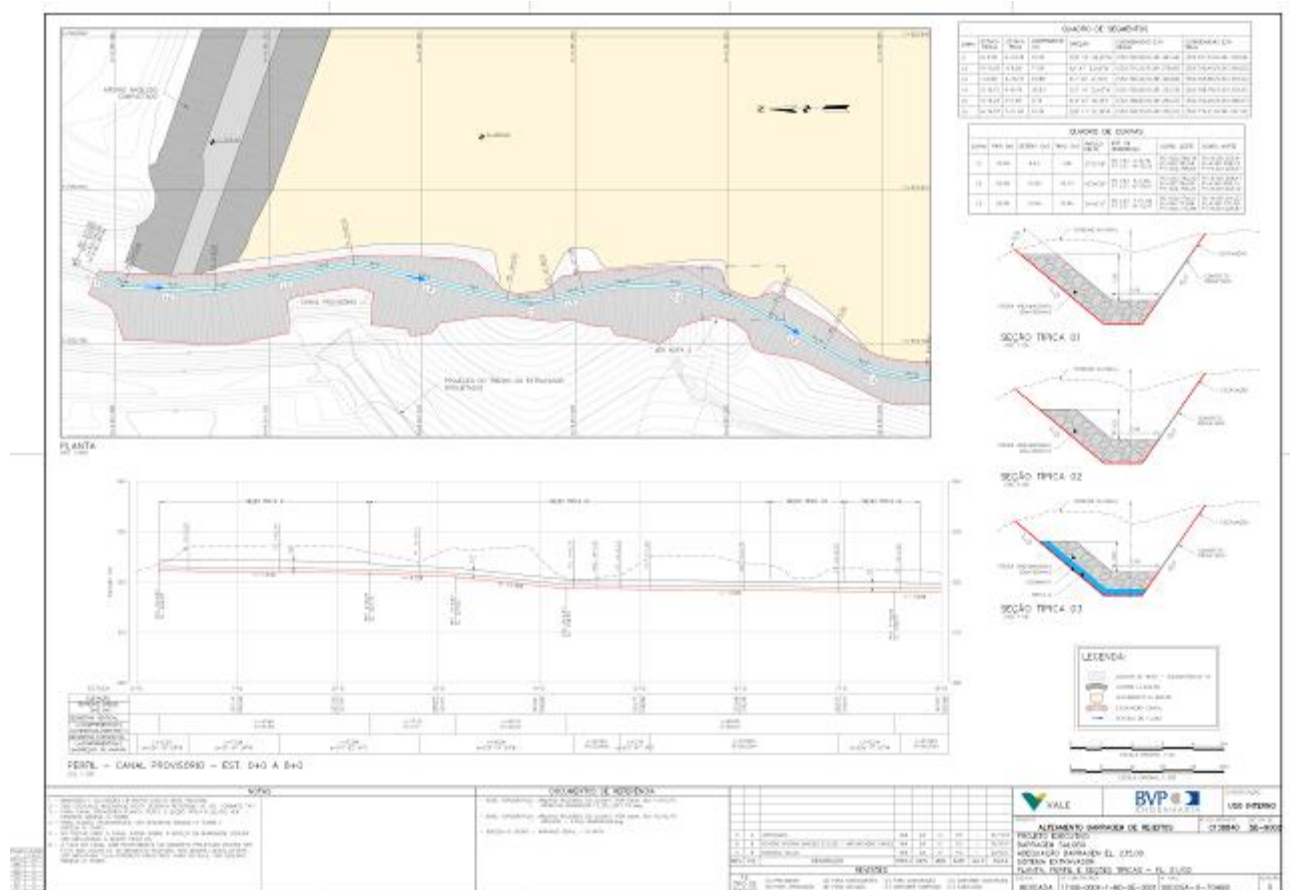


Figura 5-14: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 225,0 m.
Reprodução do documento 9002SA-X-70488.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 27/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

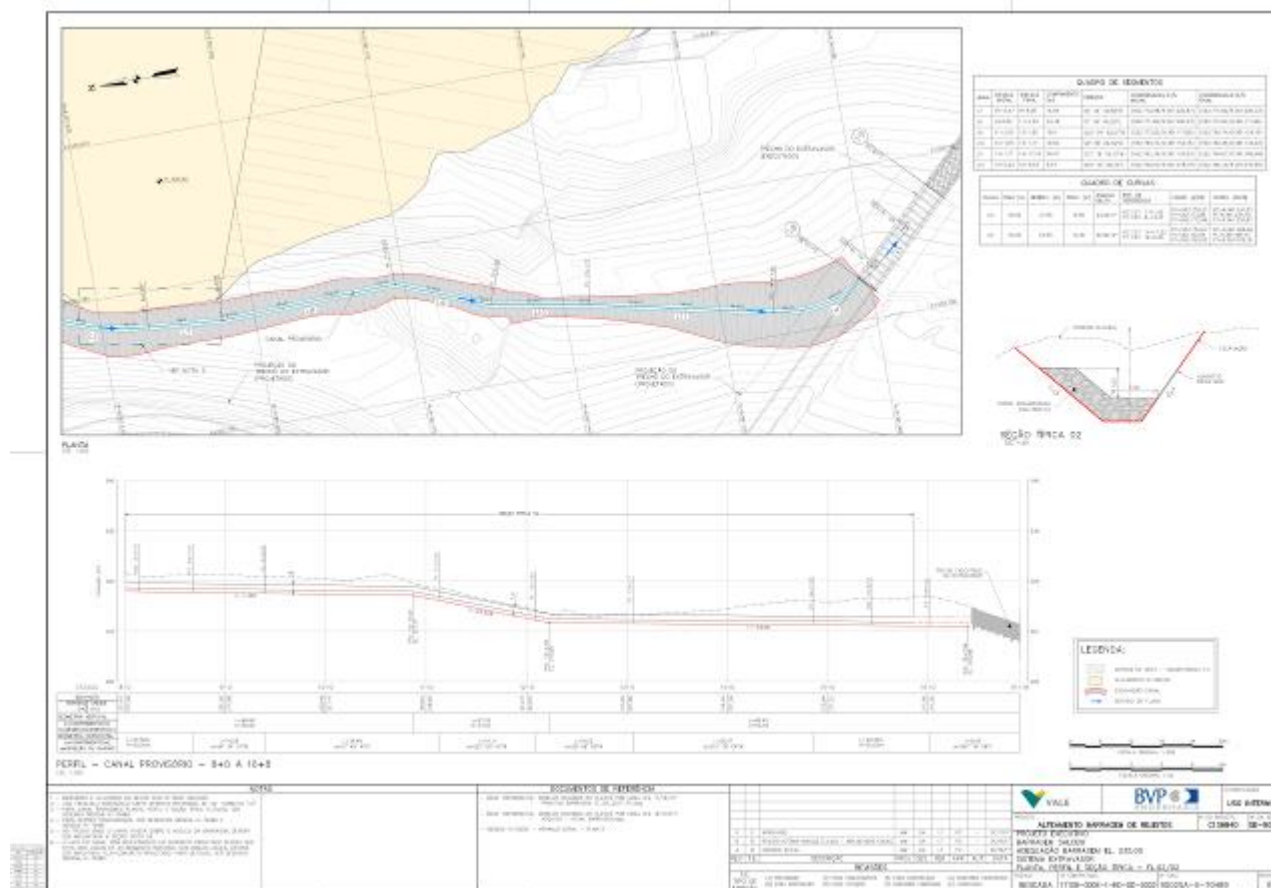


Figura 5-15: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 225,0 m. Reprodução do documento 9002SA-X-70489.

É possível verificar que a seção típica do canal deixou de ser retangular, como apresentado nos projetos anteriores, e passou a ser trapezoidal, com inclinações e revestimentos diferentes nas paredes laterais.

O projeto previa a conexão do canal na descida d'água implantada de acordo com o projeto 9002SA-X-70318.

Da mesma forma, com a retomada das obras de alteamento, esse sistema extravasor foi desativado.

Ao final de 2018, a BVP Engenharia elaborou novo projeto, considerando a elevação do maciço na cota 245,0 m, de caráter provisório. O documento MC-9002SA-X-70023 apresenta os dimensionamentos hidrológicos e hidráulicos. A seguir, a Tabela 5-6 mostra os resultados obtidos nos estudos, considerando-se o período de retorno de 1.000 anos.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE	PÁGINA	
	RL-9002SA-X-70079	28/138	
	Nº (CONTRATADA)	REV.	
	18040-010A-1-GT-RT-0001	C	

Tabela 5-6: Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Barragem de Rejeitos do Mirim.
Fonte: MC-9002SA-X-70023

Parâmetro	Resultado
TR (anos)	1.000
Duração Crítica	24 h
Precipitação de Projeto (mm)	268
Vazão Máxima Afluente (m ³ /s)	149,77
Vazão de Projeto (m ³ /s)	1,86
NA Máximo <i>Maximorum</i> (m)	243,88
Elevação da Soleira do Vertedouro (m)	243,00
Elevação da Crista da Barragem (m)	245,00
Volume de Amortecimento (1000 m ³)	130.188,4
Borda Livre (m)	1,12

O documento 9002SA-X-70715 apresenta a planta e perfil longitudinal do extravasor. A Figura 5-16 ilustra a configuração projetada.

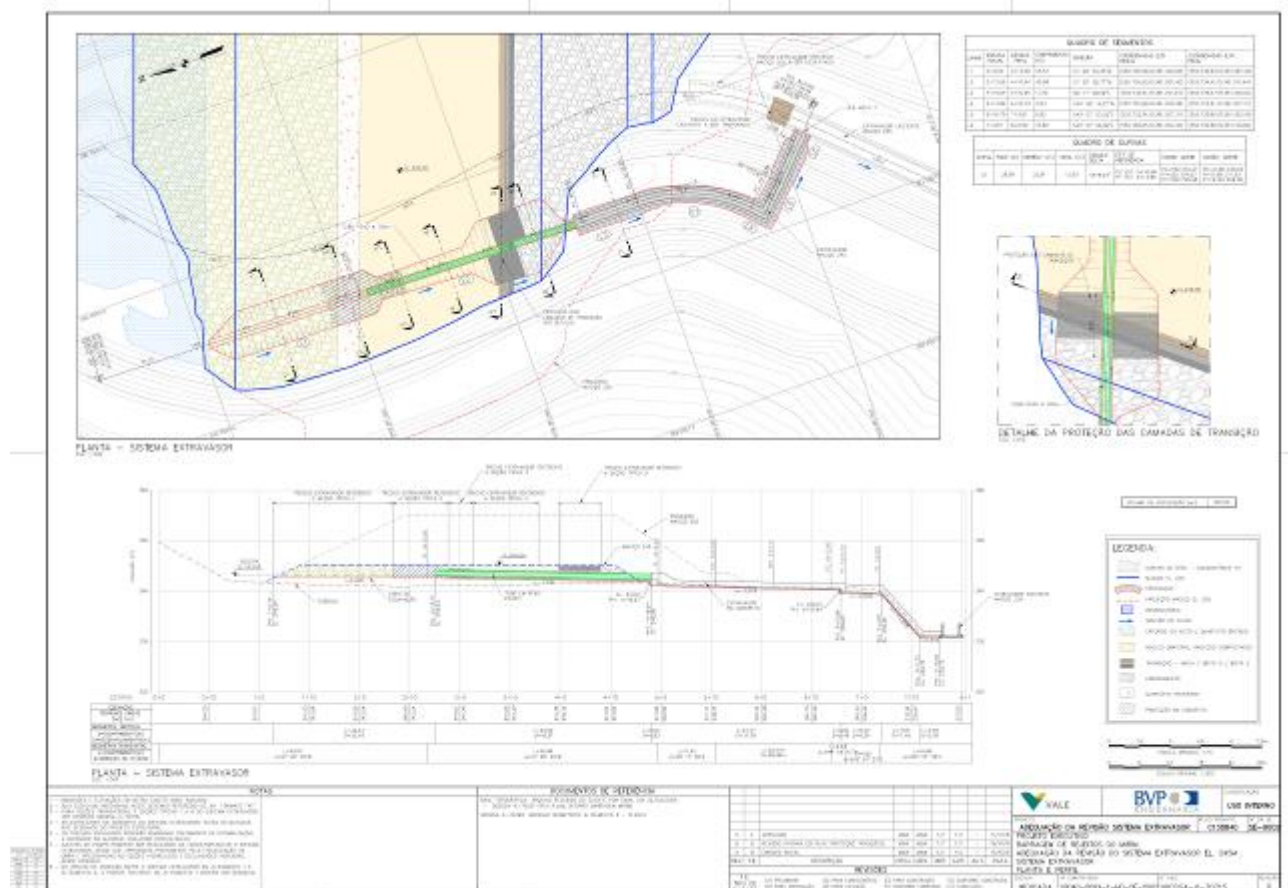


Figura 5-16: Planta e perfil longitudinal do extravasor da elevação 245,0 m.
Reprodução do documento 9002SA-X-70715.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 29/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

O projeto elaborado previa a implantação de um tubo, tipo PEAD, para transpor o maciço, devendo ser retirado antes da retomada das obras de alteamento subsequente.

Apesar das diversas configurações já definidas para o sistema extravasor da barragem do Mirim, em todas elas sempre houve pertinência com o que reza a NRB 13.028/17. A Tabela 5-7 mostra o trecho da norma que trata das recomendações de dimensionamento. A alteração do período de retorno considerado para os projetos se baseia na condição operacional do reservatório.



Tabela 5-7: Tempo mínimo a ser considerado para dimensionamento do vertedor.
Fonte: NBR 13.028/17

Consequências ou dano potencial	Período de retorno de projeto (período operacional)	Período de retorno de projeto (período de fechamento)
Baixa	200 anos a 500 anos	10000 anos ou PMP
Média	500 anos a 1000 anos	10000 anos ou PMP
Alta	1000 anos a PMP	10000 anos ou PMP

Além disso, a mesma norma recomenda a manutenção de uma borda livre com intuito de manter uma proteção extra em caso de formação de ondas no lago. Em todos os projetos, respeitou-se essa recomendação.

Ao final de 2018, a pedido da VALE, a BVP Engenharia realizou um estudo do comportamento do reservatório considerando-se as chuvas previstas para a região, o nível atual do reservatório e a elevação da crista da barragem. Tais informações são apresentadas no documento RL-9002SA-X-70082. Nele é indicado que enquanto a crista da barragem estiver na elevação 246,0 m, o reservatório tem capacidade de absorver um cheia decamilenar durante um período chuvoso, já que o mesmo se encontrava com NA na elevação 225,3 m.

O documento indica também que, no caso do NA atingir a elevação 238,0 m as obras do sistema extravasor devem ser iniciadas imediatamente, para evitar o possível galgamento da barragem.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 30/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

6.0 INSPEÇÃO DETALHADA DA BARRAGEM E DE SUAS ESTRUTURAS ASSOCIADAS

De acordo com o Art. 13, da Seção I (Estrutura e do Conteúdo Mínimo) do Capítulo III da portaria 70.389 de 17 de maio de 2017 do DNPM, na ocasião da elaboração da RPSB, deve ser feito o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção.

Logo, as considerações referentes aos resultados de todos os relatórios de inspeções disponibilizados para análise pela Salobo Metais foram agrupadas de acordo com os tipos das inspeções, conforme lista-se a seguir e detalha-se nos subitens subsequentes:

- Inspeções de Rotina realizadas pela equipe interna da Salobo Metais;
- Inspeções Regulares Anuais, realizadas por auditores externos;
- Inspeções Detalhadas das RPSBs, realizada por auditores externos.

6.1 CONSIDERAÇÕES REFERENTES AOS RESULTADOS DAS INSPEÇÕES REGULARES ANTERIORES (INSPEÇÕES DE ROTINA – EQUIPE INTERNA)

Foram disponibilizados pela Salobo Metais os registros das inspeções de rotina (quinzenais) realizadas pela equipe interna, no período compreendido de julho de 2017 a outubro de 2018. Não foram analisadas as fichas de inspeção anteriores a esta data, pois essas foram compiladas nos Relatórios de Inspeção Regular elaborados anteriormente e que serão analisados no item 6.2 a seguir. Desta forma, adotou-se como premissa a análise dos registros de inspeção dos últimos 16 meses, ou seja, desde o início da construção da Etapa 2 da Barragem de Rejeitos do Mirim.

Além disso, sabe-se que a obra de alteamento da Etapa 2 iniciou-se em março de 2017, portanto, as fichas anteriores apresentavam informações referentes à antiga estrutura (Barragem na elevação 220,0 m), sendo que o projeto do alteamento que está em execução é independente e tem o intuito inclusive corrigir fragilidades daquela estrutura.

Importante ressaltar que, a partir do dia 15/01/17, a equipe interna da Salobo Metais iniciou o preenchimento do Extrato da Inspeção Regular Quinzenal no SIGBM (Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração), acessado por meio do site eletrônico do DNPM.

Sendo assim, foi realizada uma análise das informações contidas nas fichas de inspeção e um breve resumo, com as informações consideradas mais relevantes. As pontuações do estado de conservação da Barragem de Rejeitos obtidas nessas inspeções estão apresentadas na Tabela 6-1.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 31/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Tabela 6-1: Estado de Conservação – Barragem de Rejeitos do Mirim

ESTADO DE CONSERVAÇÃO (EC) – BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM					
DATA	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos taludes / Paramentos	EC (máximo)
11/07/2017	0	0	0	0	0
24/07/2017	0	0	0	0	0
09/08/2017	3	0	0	2	3
28/08/2017	3	0	0	2	3
11/09/2017	3	0	0	0	3
28/09/2017	3	0	0	2	3
06/10/2017	3	0	0	0	3
26/10/2017	3	0	0	0	3
11/11/2017	3	0	0	0	3
22/11/2017	3	0	0	0	3
07/12/2017	3	0	0	0	3
27/12/2017	3	0	0	0	3
02/01/2018	3	0	0	0	3
17/01/2018	3	0	0	0	3
02/02/2018	3	0	0	0	3
16/02/2018	0	0	0	0	0
01/03/2018	0	0	0	0	0
16/03/2018	0	0	0	0	0
02/04/2018	0	0	0	0	0
16/04/2018	0	0	0	0	0
02/05/2018	0	0	0	0	0
16/05/2018	0	0	0	0	0
01/06/2018	0	0	0	0	0
19/06/2018	0	0	0	0	0
04/07/2018	0	0	0	0	0
17/07/2018	0	0	0	0	0
01/08/2018	0	0	0	0	0
22/08/2018	0	0	0	0	0
03/09/2018	0	0	0	0	0
18/09/2018	0	0	0	0	0
03/10/2018	0	0	0	0	0
17/10/2018	0	0	0	0	0

Durante o período de agosto de 2017 a fevereiro de 2018 são atribuídos 3 pontos no item “Confiabilidade das estruturas extravasoras”, em função do extravasor da Barragem antiga (220,0 m) estar obstruído pelas obras de alteamento e ainda não ter sido implantado um novo sistema. Para este período sem extravasor, foram usadas bombas de caráter emergencial.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 32/138	
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C	

Em fevereiro de 2018 foi concluída a obra do extravasor da elevação 229 m e, a partir desta data, não houve nenhuma outra pontuação desse item.

Algumas fichas de inspeção descrevem a presença de surgências na fundação, região da ombreira direita, que foram classificadas pela Salobo Metais como “Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem”, por existir desde a concepção do projeto. Essa percolação foi controlada com o avanço da obra de alteamento, através da utilização de poços de alívio e atualmente não se observam mais surgências, pois foram devidamente tratadas.

Conforme mostrado na Tabela 6-1 e formulários de inspeção periódica, a maior pontuação registrada resulta em um total de 5 pontos em alguns meses devido à anomalia no extravasor (pontuação 3) e aos taludes que ainda estavam com revestimento vegetal mas que, por ocasião das obras, havia rastro de esteira de trator no mesmo (pontuação 2).

São feitas observações ao longo das fichas de inspeção a respeito da degradação dos instrumentos presentes na barragem (El. 220,0 m) em função das obras de alteamento.


As anomalias apresentadas anteriormente são decorrentes do início da obra de alteamento, tendo sido tratadas, o que se reflete nas últimas avaliações feitas (ver Tabela 6-1), onde o somatório da pontuação é 0 a partir do dia 16/02/2018.

6.2 CONSIDERAÇÕES REFERENTES AOS RESULTADOS DOS RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES REGULARES ANTERIORES (INSPEÇÕES ANUAIS – AUDITORES EXTERNOS)

A seguir são mostradas as Inspeções Regulares das Barragens realizadas na Barragem de Rejeitos do Mirim, contendo as observações de auditores externos responsáveis por suas execuções. A Tabela 6-2 identifica as datas de elaboração dos relatórios de tais inspeções, fornecidos pela Salobo Metais assim como o número do documento e a identificação da empresa contratada para a elaboração.

Tabela 6-2: Inspeções Segurança Regulares realizadas na Barragem de Rejeitos do Mirim

Etapas da Barragem	Ano	Identificação do Relatório	Empresa Responsável
1ª Etapa El. 220,0 m	2011	GSTVAL0001-1-GT-RET-0045	Geoestável
	2014	RD-384-RL-37446-00	Pimenta de Ávila
	2015	RL-9002SA-G-70002	Pimenta de Ávila
	2016	RL-9002SA-X-20000	Walm Engenharia
	2017	RL-9002SA-X-70046	BVP Engenharia
2ª Etapa/1ª Fase El. 235,0 m	2018 (1º Semestre)	RL-9002SA-G-00005	BVP Engenharia
	2018 (2º Semestre)	RL-9002SA-G-00016	BVP Engenharia

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 33/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

6.2.1 Considerações feitas nas Inspeções de Segurança Regular

A seguir serão apresentadas as observações mais relevantes a partir das constatações feitas nas Inspeções de Campo contidas nos relatórios disponibilizados para análises.

Vale enfatizar que, por se tratar da RPSB, será mostrado a seguir todo o histórico em relação às considerações das auditorias, porém deve-se ressaltar que a Etapa 2 da Barragem tem o intuito de reparar as anomalias apresentadas no Dique de Partida (El. 220,0 m).

1ª Etapa – El. 220,0 m

6.2.1.1 Inspeção de Segurança Regular realizada em 2011 (Geoestável)

A inspeção foi realizada em 26/07/11 onde foram apontadas algumas anomalias, a saber:

- A largura da crista da barragem aproximada é de 13 m, diferente daquela de projeto de 8 m;
- A seção da barragem vista em campo é diferente daquela apresentada nos projetos, na medida em que todo o maciço aparentemente foi construído em solo e a superfície do talude de jusante encontrava-se vegetada. Na seção da barragem apresentada em projeto, o talude de jusante era formado por solo e enrocamento. Em todas as bermas, notou-se a presença de material solto complementando a berma. Na berma superior (El. 210 m), o nível da canaleta é inferior ao da berma e o acabamento não se apresentava adequado;
- Próximo à ombreira direita existe uma adequação, executada em enrocamento, do tipo filtro invertido para drenar a água que infiltra pela ombreira;
- No reservatório foi notada a existência de taludes subverticais à negativos na região de empréstimo. O material na região é argiloso e haviam processos erosivos instalados devido a drenagem superficial e há indícios de instabilizações como trincas e rupturas;
- Presença de troncos de árvores no reservatório;
- O sistema extravasor estava implantado na ombreira direita. O emboque foi protegido com concreto projetado, existe um pequeno processo erosivo implantado no canto do concreto projetado numa elevação mais inferior, porém a BVP e Concremat disseram que o mesmo será adequado após a passagem da tubulação de recalque para o britador. Foram observados vários blocos de rocha na superfície do extravasor, os quais devem ser removidos.

O documento da Geoestável concluiu que, do ponto de vista da segurança hidrológica / hidráulica a barragem está em condições adequadas de segurança. Em relação à avaliação geotécnica, as análises de estabilidade elaboradas durante o projeto indicam a

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 34/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

condição estável da barragem. Porém, os desenhos de “As Built” não apresentam algumas modificações observadas na inspeção e não foram realizadas análises de estabilidade para a condição de como construído. Além disto, a campanha de investigação no maciço demonstrou que o material do aterro não possui resistência adequada. Por estas razões não foi possível avaliar a condição de estabilidade geotécnica da barragem naquele ano.

6.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular realizada em 2014 (Pimenta de Ávila)

No ano de 2014, a Pimenta de Ávila fez o relatório de auditoria de algumas estruturas presentes na Mina do Salobo, dentre elas a Barragem de Rejeitos Mirim. A visita foi realizada nos dias 29 e 30/05/14 pela equipe da Pimenta de Ávila, acompanhados pela Salobo Metais, sendo que as observações feitas nesta data foram:

- Crista da barragem com 20,0 m de largura, sem problemas aparentes;
- Talude de montante revestido com enrocamento, com presença de vegetação herbácea e arbustiva baixa e média ao longo de toda superfície;
- Descidas laterais da drenagem superficial localmente obstruída por vegetação;
- Berma da elevação 195,0 m com caimento da drenagem superficial para o centro do maciço, gerando acúmulo de água;
- Excesso de vegetação no contato com o maciço (Ombreira Direita e Ombreira Esquerda);
- Ombreira direita com surgências na altura da berma de elevação 195,0 m. Observação recorrente da última auditoria;
- Talude do acesso ao dreno de pé escorregou, junto ao final da descida d’água do lado esquerdo, causando obstrução no canal de restituição do dreno de fundo;
- O medidor de vazão do dreno de pé está afogado, devido à obstrução do canal, não sendo possível fazer leituras da vazão;
- Na berma de elevação 205,0 m a mangueira da instrumentação está exposta sujeita a intempéries;
- Não há como analisar as leituras recebidas dos instrumentos, por que na relação só consta a altura da coluna d’água faltando as cotas de instalação e de alerta na maioria dos instrumentos;
- Há leitura dos medidores de recalque magnéticos até a data de 21/02/2011. O mesmo ocorre com os piezômetros de corda vibrante com leituras até 07/10/2010;
- Canal de adução parcialmente obstruído por tronco e sedimentos oriundos da erosão na margem direita do reservatório. Observação recorrente da última auditoria;
- Talude originado da escavação do vertedouro protegido por concreto projetado, nas bermas há vegetação arbustiva alta ao longo de todo o corte. A canaleta está trincada em vários pontos permitindo a infiltração de água no maciço;

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 35/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

- Canaleta no pé do corte, ao lado do vertedouro, parcialmente obstruída por vegetação e solo;
- Refluxo no final da bacia de dissipação está causando erosão no lado esquerdo do vertedouro;
- No final do canal de restituição, do lado esquerdo, há uma grande erosão provocada pela falta de proteção.

Com base nas anomalias apontadas acima e no histórico da barragem, desde os problemas construtivos ao reforço executado, não foi evidenciada a segurança geotécnica da estrutura e foram feitas recomendações, as quais são mostradas na Tabela 6-3 a diante.

6.2.1.3 Inspeção de Segurança Regular realizada em 2015 (Pimenta de Ávila)

A visita para subsidiar o relatório de inspeção regular foi realizada em 22/05/15 pela equipe da Pimenta de Ávila Consultoria e Salobo Metais, onde foram traçados os seguintes comentários:

- O sistema de drenagem está com boa manutenção apresentando-se limpo e isento de vegetação. A água efluente do sistema de drenagem encontra-se limpa;
- O dreno instalado na ombreira direita no local da surgência observada após o enchimento do reservatório e prolongado na construção do aterro de reforço encontra-se funcionando adequadamente;
- Apenas uma surgência foi observada na ombreira direita, a jusante da barragem e logo abaixo da estrutura da calha do vertedouro, na rocha de apoio da calha e não suscita preocupação, sendo consequência normal da presença da calha com fluxo vertente;
- Não se observam sinais de recalques do maciço do aterro de reforço;
- As deformações observáveis na vegetação da superfície do talude de jusante são devido à saturação pela chuva da camada superficial solta não removida após a compactação.

De maneira geral, durante a inspeção de campo não foram observados indícios de instabilidade no barramento e estruturas associadas.

Neste relatório de 2015 é descrito também que em 2014 concluiu-se que não foram observados indícios que demonstrassem que a estrutura se encontrava em condições insatisfatórias de segurança, o que foi também constatado em 2015, conforme supracitado e concordando com as análises de estabilidade realizadas pela BVP no projeto do reforço da estrutura.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 36/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Desta forma, foram feitas recomendações para manutenção do estado de estabilidade, conforme mostrado na Tabela 6-3.

6.2.1.4 Inspeção de Segurança Regular realizada em 2016 (Walm Engenharia)

A visita para subsidiar o relatório de inspeção regular foi realizada em 05/08/16 pela equipe da Walm e Salobo Metais. A seguir são descritas algumas observações apontando anomalias feitas pela Walm durante a inspeção:

- Foi verificada a presença de solo solto, galhos de árvores e blocos de rocha nas margens do canal rápido em degraus do sistema extravasor, que podem obstruí-lo;
- No contato do aterro com as ombreiras até a EI. 205,0 m há drenos devido à surgências que apareceram;
- Na bacia de amortecimento do fluxo percolado (saída do sistema de drenagem interna – dreno de pé) há colóides (ocre);
- Presença de blocos de rocha que desmoronam na bacia de dissipação;
- Há uma surgência no pé da barragem, no contato do aterro com a ombreira direita. Segundo relatos da Salobo Metais, essa surgência começa na EI.190,00 m e deságua na canaleta (descida) da ombreira direita. Essa surgência hoje está sendo controlada e monitorada visualmente, mas inicialmente era feito o controle do fluxo e medição da vazão (proveniente de recarga). Possivelmente esta surgência esteja associada a um fluxo d'água natural que deságua na canaleta de drenagem superficial;
- Próximo da ombreira direita e da surgência verificou-se que a canaleta se encontra obstruída, com vegetação no pé.

Apesar das observações listadas acima, neste relatório de auditoria foram realizadas análises de estabilidade e avaliação da percolação no maciço de forma a justificar o nível de atenção de alguns instrumentos, mas atestou-se a estabilidade física do maciço, assim como a hidráulica e foram feitas recomendações, conforme mostrado na Tabela 6-3.

6.2.1.5 Inspeção de Segurança Regular realizada em 2017 (BVP Engenharia)

De acordo com a Inspeção realizada pela BVP Engenharia em 28/07/17, de maneira geral a estrutura apresentava boas condições de conservação, não foi verificado nenhum tipo de anomalia que necessitasse de intervenções imediatas.

Porém ressalta-se que, na data da visita, a barragem se encontrava no início das obras de alteamento, portanto foi avaliada a Barragem na elevação 220,0 m, além de algumas estruturas que estavam fora de operação momentânea devido ao alteamento.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 37/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Mesmo sem anomalias que carecessem de atuação imediata, foram feitas 3 recomendações, que são mostradas na Tabela 6-3.

Uma das recomendações foi para implantação de um extravasor de emergência dimensionado para o tempo de retorno de 1.000 anos, em complementação ao sistema de bombeamento.

As demais recomendações foram feitas com intuito de reforçar sobre a necessidade de elaborar documentos de *as built*, assim como manter sistema de monitoramento e inspeções, durante as obras de alteamento para avaliação da segurança da barragem.

2ª Etapa – El. 235,0 m

6.2.1.6 Inspeção de Segurança Regular do 1º Semestre de 2018 (BVP Engenharia)

Na época da visita de inspeção realizada pela equipe técnica da BVP em março de 2018 estavam ocorrendo obras de alteamento da Barragem, portanto quase não foram identificadas anomalias, uma vez que estavam em processo construtivo e já tinham, com o decorrer da obra, sido corrigidas as anomalias apontadas na antiga estrutura (220,0 m).

A única anomalia identificada foi em relação a alguns pontos com rupturas de taludes dos acessos.

Desta forma, as recomendações são para reparos dessas anomalias que não impactam diretamente na segurança da Barragem. No item 6.2.2 são mostradas também as recomendações que tiveram o intuito de reforçar algumas ações importantes, a saber: elaboração de arquivos pós-construtivos (*AS BUILT*), manutenção do programa de inspeção e monitoramento, assim como manter os trabalhos de limpeza e manutenção das estruturas ao longo do tempo, do maciço atual, mesmo enquanto estiverem sendo realizadas as obras de alteamento.

6.2.1.7 Inspeção de Segurança Regular do 2º Semestre de 2018 (BVP Engenharia)

A Barragem ainda se encontrava em processo de alteamento para a El. 235,0 m na ocasião da visita de inspeção realizada pela equipe técnica da BVP em agosto de 2018. Foram observadas pequenas anomalias, que não comprometem a estabilidade da estrutura, mas que foram indicadas para manter o bom desempenho da barragem.

Observou-se uma umidade na ombreira direita, porém que já vem sendo reparada e acompanhada. Foi comentado que esta umidade está aparentemente relacionada ao Milonito existente no local, material que possui baixa permeabilidade e que intercepta o fluxo de escoamento natural da ombreira e acaba gerando a umidade neste local.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 38/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Foram observadas outras anomalias, que no geral, são em função da dinâmica da obra, como, por exemplo, a ausência de drenagem superficial nos taludes adjacentes à barragem, sendo que muitos desses taludes funcionavam como acesso provisório da obra. Além disso notou-se também que era necessário realizar um reaterro na lateral do canal extravasor para coletar e dar destinação correta para as águas superficiais.

As anomalias observadas no momento da visita geraram recomendações que são mostradas no item 6.2.2, na sequência.

6.2.2 Recomendações das Inspeções Regulares Anuais (Recomendado vs. Executado)

A partir das análises dos relatórios elaborados pelos auditores externos, a BVP compilou as recomendações, reunindo todas em uma tabela de ações apresentada a seguir.

Ressalta-se que, até a auditoria do ano de 2017 eram apresentadas recomendações pertinentes à barragem 1ª Etapa, ou seja, até a elevação 220,0 m. Como a Etapa 2 da Barragem foi concebida considerando-se as anomalias que existiam no Dique de Partida, sanando-as, as recomendações presentes nos documentos a partir de 2018 tratam da mesma estrutura e, portanto, possuem uma sequência mais lógica, representando condições da estrutura atualmente em operação.

Tabela 6-3: Informações relevantes dos relatórios de Inspeção de Segurança Regular na Barragem de Rejeitos do Mirim

Ano / Empresa	Principais Recomendações	Status
2011 Geoestável	Completar o "As Built" indicando todas modificações ocorridas durante a construção do maciço, textos, desenhos, fotografias, ensaios, etc.	Atendido
	Realizar novos ensaios geotécnicos, a fim de se obter os parâmetros de resistência dos materiais da barragem e realizar novas análises de estabilidade na condição atual.	Atendido
	Adequar acabamento da berma de EL.210,00 m.	Atendido
	Tratar processos erosivos instalados nos taludes da área de empréstimo do reservatório.	Atendido
	Remover troncos do reservatório.	Atendido
	Adequar processo erosivo nas proximidades do extravasor.	Atendido
	Limpar o extravasor.	Atendido
	Dar continuidade às leituras e análises periódicas dos indicadores de nível d'água em associação com os níveis de atenção e alerta.	Rotineiro
	Dar continuidade as inspeções periódicas, com registro e análise das informações coletadas.	Rotineiro
2014 Pimenta de Ávila	Realizar ensaios de laboratório para verificação dos parâmetros geotécnicos adotados para o aterro do reforço.	Atendido
	Atualizar as leituras dos medidores de recalque magnéticos e piezômetros de corda vibrante.	Atendido
	Corrigir a declividade da drenagem superficial da berma da elevação 195,0m.	Atendido
	Desobstruir canal de restituição na saída do dreno de pé.	Atendido
	Adequar a tabela de leitura dos instrumentos.	Atendido

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 39/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Ano / Empresa	Principais Recomendações	Status
	Desobstruir canal de adução do vertedouro.	Atendido
	Corrigir as erosões no final da bacia de dissipação e no final do canal de restituição.	Atendido
2015 Pimenta de Ávila	O monitoramento deve ser objeto de um plano de ação e que a equipe de operação tenha preparado um documento com todos os procedimentos contidos em um manual de operação, abrangendo os itens de inspeção periódica, leituras e interpretação da instrumentação.	Atendido
	Revisão da carta de risco da barragem, principalmente no que concerne aos limites de atenção estabelecidos para os instrumentos instalados próximos do tapete drenante, os quais apresentam-se com níveis rigorosos.	Atendido
2016 Walm Engenharia	Verificação hidráulica de todos os trechos que compõem o sistema extravasor da barragem.	Atendido
	Remoção de troncos de madeira próximos ao emboque do vertedouro para evitar obstrução do mesmo.	Não se aplica (barragem em obras)
	Limpeza de material solto (solo e pedregulho) as margens do sistema extravasor, de forma a evitar o carreamento para o interior das estruturas.	Não se aplica (barragem em obras)
	Desobstrução do canal periférico direito próximo da bacia de dissipação.	Não se aplica (barragem em obras)
	Instalar novos instrumentos de monitoramento da poropressão (piezômetros e indicadores de nível d'água) na porção do talude de jusante central e abaixo da El. 215,00 m.	Atendido
	Realizar ensaios de laboratório para verificação dos parâmetros geotécnicos adotados para o aterro do reforço.	Atendido
	Inserir na planilha de monitoramento da poropressão da barragem as leituras dos piezômetros de corda vibrante.	Atendido
	Consolidar os documentos da barragem em um único estudo mais atualizado, uma vez que a concepção geotécnica e as análises efetuadas nos projetos conceitual, básico e detalhado da barragem de partida estão diferentes daquelas adotadas no projeto de reforço.	Atendido
	Dar continuidade: (i) ao monitoramento sistemático da instrumentação e realização de análises de estabilidade; (ii) aos serviços de inspeção e manutenção periódica na Barragem de Rejeitos do Mirim, incluindo poda e capina do talude de jusante quando a vegetação está alta; (iii) ao serviço de inspeção periódica e remoção de formigueiros e cupinzeiros presentes na estrutura; (iv) realização de levantamento topobatimétricos periódicos no reservatório da estrutura, para avaliar a taxa de assoreamento do mesmo; e (v) revegetação das áreas onde a proteção vegetal encontra-se falha, insuficiente ou, até mesmo, inexistente.	Atendido
	2017 BVP Engenharia	A BVP recomenda a implantação de um extravasor de emergência dimensionado para o tempo de retorno de 1.000 anos, em complementação ao sistema de bombeamento.
A Auditoria 2017 vem corroborar a importância da disponibilização/elaboração dos relatórios "As built" e "As is" das estruturas contendo todas as informações atualizadas das estruturas, contemplando todas as fases de alteamento quando houver, incluindo, além do levantamento das características geométricas da estrutura, plantas e seções instrumentadas atualizadas e sistema de drenagem interna.		Rotineiro (Ainda em fase de alteamento e serão feitos os arquivos de <i>as built</i>)

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 40/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Ano / Empresa	Principais Recomendações	Status
	Os instrumentos que apresentam leituras constantes por longos períodos ou secos devem passar por teste de vida para que seja verificado se ainda encontram-se operacionais. Picos de leituras, de maneira mais acentuada, devem ser verificados e correlacionados com algum acontecimento, caso haja. De modo a manter a segurança da barragem recomenda-se dar continuidade do programa de inspeção e monitoramento, bem como os trabalhos de limpeza e manutenção das estruturas ao longo do tempo, do maciço atual, enquanto são realizadas as obras de alteamento.	Rotineiro (Mantêm-se esta recomendação, uma vez que a barragem ainda se encontra com obras de alteamento e a recomendação se aplica a etapa atual)
2018 1º Sem. BVP Engenharia	A Auditoria 2017 vem corroborar a importância da disponibilização/elaboração dos relatórios “As built” e “As is” das estruturas contendo todas as informações atualizadas das estruturas, contemplando todas as fases de alteamento quando houver, incluindo, além do levantamento das características geométricas da estrutura, plantas e seções instrumentadas atualizadas e sistema de drenagem interna.	Rotineiro (Ainda em fase de alteamento e serão feitos os arquivos de <i>as built</i>)
	Os instrumentos que apresentam leituras constantes por longos períodos ou secos devem passar por teste de vida para que seja verificado se ainda encontram-se operacionais. Picos de leituras, de maneira mais acentuada, devem ser verificados e correlacionados com algum acontecimento, caso haja. De modo a manter a segurança da barragem recomenda-se dar continuidade ao programa de inspeção e monitoramento, bem como os trabalhos de limpeza e manutenção das estruturas ao longo do tempo, do maciço atual, enquanto são realizadas as obras de alteamento.	Rotineiro (Mantêm-se esta recomendação, uma vez que a barragem ainda se encontra com obras de alteamento e a recomendação se aplica a etapa atual)
2018 2º Sem. BVP Engenharia	Realização de testes de bombeamento periódicos (mensais), com registro do correto funcionamento do sistema de bombas emergenciais, medição da vazão bombeada, da transposição do recalque a qual foi instalado e integridade dos equipamentos eletromecânicos.	Não se aplica (O sistema de bombeamento foi desativado após início das obras do vertedor)
	Atender ao limite inferior estabelecido na especificação técnica do expurgo de xisto/quartzito britado.	Rotineiro (Deve-se manter essa recomendação enquanto estiver ocorrendo a obra de alteamento)
	Instalar todos os instrumentos conforme projeto e realizar leituras para que, desta forma, possa ser avaliado o comportamento da estrutura, com base em todos os instrumentos.	Rotineiro (Mantêm-se esta recomendação, uma vez que a barragem ainda se encontra com obras de alteamento e a recomendação se aplica a etapa atual)
	Manter a observação da eventual evolução da umidade na ombreira direita e, caso ocorra surgência, avaliar procedimento de contenção eventual de erosão ou apenas medir a vazão que acabará por ser captada no enrocamento, sem resultar na elevação do nível de água no espaldar de jusante.	Atendido

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 41/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Ano / Empresa	Principais Recomendações	Status
	Implantação de um extravasor de emergência dimensionado para o tempo de retorno de, pelo menos, 1.000 anos, em substituição ao sistema de bombeamento conforme indicado no documento RL-9002SA-X-70082.	Em andamento
	Reaterro lateral e implantação de sistema de drenagem superficial para coletar e dar destinação correta à água ao longo do canal extravasor definitivo.	Em andamento
	Elaborar um projeto de drenagem superficial para os taludes adjacentes à barragem (jusante e na direção da crista), pois estão com processos erosivos. Implementar a solução estudada.	Em programação (Projeto elaborado e implantação a ser executada)

6.2.3 Evolução do Fator de Segurança

A evolução do fator de segurança referente a uma potencial ruptura de deslizamento do espaldar de jusante, para o cenário de condição normal do nível de água encontra-se apresentada na Tabela 6-4.

Tabela 6-4: Histórico de Fatores de Segurança com base nas auditorias realizadas

Barragem Etapa 2 (EI. 220,0 m)					
Anos	FS				
	1+10,00	2+10,00	3+10,00 (seção de maior altura)	5+10,00	7+0,00
2011 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
2014 ⁽²⁾	-	-	1,80	-	-
2015 ⁽²⁾	-	-	1,80	-	-
2016	-	-	1,89	2,76	-
2017	2,55	2,10	1,83	2,36	1,81
Barragem Etapa 2 – Alçamento da 1ª Fase (EI. 235,0 m)					
Anos	FS				
	Est. 4+00	Est. 6+00	Est. 7+12	Est. 9+00	Est. 12+00
2018/1 ^o ⁽³⁾	-	-	-	1,62	-
2018/2 ^o ⁽³⁾	-	-	-	1,82	-

(1) Segundo a Geoestável não foram realizadas análises de estabilidade, pois os desenhos de “As Built” disponibilizados, não apresentam algumas modificações observadas na inspeção.

(2) Segundo a Pimenta de Ávila não foram realizadas novas análises de estabilidade, pois as observações de campo concordam com as análises de estabilidade feitas pela BVP, apresentadas no relatório MD-9002-B-21217.

(3) No relatório de 2018 em função do alçamento, houve uma mudança no eixo que desencadeou uma modificação do estaqueamento. Desta forma, a seção de maior altura passou a ser a Estaca 9+0,00.

O fator de segurança indicado por norma vigente para condição normal da barragem é de, no mínimo 1,50, portanto, os valores indicados na tabela anterior atendem a esta exigência, para o período de 2014 a 2018.

Vale lembrar que em 2012 foi realizado um reforço no Dique de Partida (EI.220,0 m), pois anteriormente esta não estava com fator de segurança satisfatório. Os fatores de segurança de 2014 e 2015, que estão iguais, são em função das análises de estabilidade realizadas

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 42/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

para o projeto do reforço e que foram referenciadas nos relatórios de inspeção elaborados pela Pimenta de Ávila.

Outra questão relevante é que a abordagem da análise de estabilidade realizada pelos auditores é fundamentada no método de equilíbrio limite, o qual assume que o maciço tem um comportamento de material rígido e que não se deforma na ocasião da ruptura.

6.3 REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (RPSB) – INSPEÇÃO BVP ENGENHARIA (2018)

Foi realizada uma visita técnica à Barragem de Rejeitos do Mirim pela equipe técnica da BVP Engenharia e da Salobo Metais ocorrida no dia 07 de novembro de 2018 com objetivo de subsidiar a elaboração deste documento (RPSB).

A visita de campo foi realizada pelo hidrotécnico Felipe Teixeira e pela geotécnica Stefânia Moreira Alves, da BVP, acompanhados pelo Eng. Raimundo Nonato e o Geólogo Luciano Stasiak, ATOs da BVP, além da equipe da VALE, João Paulo Rodrigues da Costa e Camila Lebron. A ficha de inspeção preenchida durante a vistoria é apresentada no Apêndice I deste relatório.

Os principais pontos inspecionados foram: a) acessos à estrutura; b) taludes de montante expostos; c) talude de jusante; d) crista, ombreiras direita e esquerda; e) região de jusante da barragem; f) reservatório; g) extravasor; h) drenagem superficial e; i) instrumentação.

De maneira geral, durante a inspeção de campo, a estrutura apresentava boas condições de conservação, não sendo verificado nenhum tipo de anomalia que necessitasse de intervenções imediatas. A seguir, na Foto 6-1 e Foto 6-2, são mostradas imagens do bom estado da estrutura. Cabe ressaltar que a barragem se encontra em obras de alteamento e, portanto, sujeita a mudanças. Desta forma, esse relatório apresenta uma avaliação da Barragem na data supracitada.

Para algumas estruturas, tais como as ombreiras direita e esquerda, além da instrumentação, houve algumas observações durante a visita que são apresentadas a seguir.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

43/138

REV.



C



Foto 6-1: Vista geral da barragem



Foto 6-2: Vista de jusante da barragem

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 44/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

6.3.1 Ombreiras Direita e Esquerda

Foram observadas algumas erosões na ombreira direita desde a região do reservatório até a direção do talude de jusante, conforme mostrado na Foto 6-3 à Foto 6-5 a seguir.



Foto 6-3: Vista geral da crista da Barragem e da ombreira direita



Foto 6-4: Erosões na obreira direita, a montante da barragem



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 45/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 6-5: Erosões na direção do talude de jusante

Algumas dessas erosões já estavam sendo tratadas com aplicação de concreto projetado (ver Foto 6-4) e outras com implantação de sistema de drenagem superficial para evitar que haja a progressão da erosão. Ainda assim, algumas permanecem sem previsão de tratamento, como as mostradas na Foto 6-5. Esses pontos onde ainda não foram feitos tratamentos são trechos que estão fora do offset da Barragem na El. 255,0 m e trata-se de trechos que ainda passarão por escavação e tratamento para implantação do maciço na 3ª Etapa de implantação da Barragem de Rejeitos do Mirim, até a El. 285,0 m. Segundo informado pela Vale estes pontos serão pauta das próximas reuniões de interface para definir cronograma de tratamento dessas erosões.

Na data da visita foi observada também uma erosão na região de contato do talude de montante da barragem com a ombreira esquerda.

Essa erosão ocorreu devido ao traçado de um acesso construído provisoriamente para a obra que acabou por direcionar o fluxo concentrado do escoamento superficial proveniente da ombreira esquerda no ponto de contato entre o maciço da barragem e o terreno escavado, o que acabou provocando essa erosão, conforme pode ser visto na Foto 6-6 e Foto 6-7. Desta forma, após a ocorrência dessa erosão, iniciou-se uma obra de reconformação do acesso, modificando o caimento do acesso e refazendo-o de forma a direcionar as águas superficiais para que não ocorra mais nenhum evento desse tipo.

A parte atingida pela barragem (talude de montante da ombreira esquerda) passará por recuperação sob supervisão da BVP e seguindo procedimentos previstos no projeto executivo e especificações técnicas.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

46/138

REV.



C



Foto 6-6: Modificação do acesso provisório com o devido caimento do acesso para que as águas pluviais sejam corretamente direcionadas



Foto 6-7: Recomposição da erosão na barragem no encontro com a ombreira esquerda

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 47/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Na Foto 6-8 a seguir mostra-se o estado da erosão um dia após a ocorrência da chuva que a provocou (16-10-18).



Foto 6-8: Erosão no contato da ombreira esquerda com o espaldar de montante do barramento (Foto do dia 16-10-18)

Diante dessas erosões observadas, recomenda-se fazer o correto direcionamento das águas pluviais. Nota-se que muitas dessas erosões, principalmente na ombreira esquerda, já estão sendo tratadas ou não impactam na segurança da barragem.

6.3.2 Instrumentação

A Salobo Metais informou que alguns instrumentos não podem ser lidos devido à dificuldade em acessá-los. A Foto 6-9 ilustra a posição de 2 instrumentos que se enquadram nesta situação.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 48/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 6-9: Indicação de instrumentos de difícil acesso para realização de leituras

Outra observação é que no dia da visita estava em andamento a campanha de perfuração para a instalação de 14 piezômetros no maciço argiloso projetados para a elevação 245,0 m. Estavam também realizando testes de vida nos instrumentos já instalados, para verificação da condição deles após as atividades de alteamento da barragem realizados em 2018.

6.3.3 Sistema extravasor

Durante a visita foi possível observar a situação atual do sistema extravasor projetado, que contava com parte da descida d'água já executada (Foto 6-10 e Foto 6-11). Além disso, o projeto MC-9002SA-X-70023 indica o uso de tubos de PEAD de 1,2 m de diâmetro, os quais já encontravam-se posicionados na região próxima de onde devem ser instalados (Foto 6-12).



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

49/138

REV.

C



Foto 6-10: Vista para jusante do sistema extravasor. Destaque para a escada hidráulica em implantação, que deságua no trecho do extravasor existente



Foto 6-11: Vista para montante do sistema extravasor. Destaque para a escada hidráulica em implantação, que deságua no trecho do extravasor existente



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 50/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 6-12: Tubulação de PEAD posicionada próximo ao traçado do vertedor projetado

Pode-se observar, através da Foto 6-13, também que o trecho no entorno do canal extravasor definitivo está completamente reaterado, possibilitando o escoamento das águas pluviais para dentro do canal e condução até a bacia de dissipação implantada. A Foto 6-13 mostra também a implantação de um aterro sobre o canal extravasor, com um tubo no fundo, funcionando como um bueiro, para possibilitar a transposição das águas sob esse aterro.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 51/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 6-13: Trecho do extravasor existente, obstruído pelo aterro do acesso. Detalhe do tubo implantado, funcionando como bueiro para permitir a passagem de pequenos volumes de água

É importante salientar que o canal extravasor deve estar completamente desimpedido para que funcione em plena capacidade, sendo recomendável a retirada do aterro e tubos durante a época chuvosa.

A seguir a Foto 6-14 apresenta uma vista geral da ombreira direita da barragem, onde é o caminhamento do vertedor projetado.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

52/138

REV.

C



Foto 6-14: Vista da ombreira direita, talude de jusante, da barragem do Mirim. Destaque para o sistema extravasor, existente e em implantação

No entorno da descida d'água e bacia de dissipação, ocorrem obras de reaterro, ainda não finalizadas, Foto 6-15.



Foto 6-15: Vista frontal da descida d'água, com parte do reaterro lateral executado

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 53/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

7.0 REAVALIAÇÃO DOS PROJETOS EXISTENTES

A Barragem de Rejeitos do Mirim se encontra atualmente em obra, com a execução da primeira etapa de alteamento. A seguir, a Tabela 7-1 apresenta um quadro resumo das etapas construtivas dessa barragem, assim como as empresas responsáveis por projetá-las.

Tabela 7-1- Histórico Construtivo da Barragem de Rejeitos do Mirim

Etapas	Ano	Elevação da Crista (m) Projeto	Configuração Geométrica Executada	Empresa Projetista
1	2010	Dique Partida na elevação 220,0 m	(1ª Etapa) Dique de Partida Solo Compactado	BVP Engenharia
	2012	Reforço da Barragem sem alteração da elevação da crista	Reforço realizado com solo compactado	
2	2017 (início)	1ª Fase do Alteamento na elevação 235,0 m	(2ª Etapa em 3 Fases) Alteamento à jusante com material de enrocamento e núcleo argiloso	
	2018	2ª Fase do Alteamento na elevação 245,0 m		
	Futura	3ª Fase do Alteamento na elevação 255,0 m		

A seguir é feita uma reavaliação dos projetos elaborados pela BVP até a fase do projeto executivo do alteamento na elevação 245,0 m.

Ressalta-se que no item 5.0 deste documento foi apresentado um breve histórico da estrutura. Portanto, com objetivo de simplificar este item, só será reavaliado o projeto da segunda etapa do alteamento até a elevação 245,0 m e, quando for necessário, a reavaliação de todo o projeto, desde o Dique de Partida. Isso é devido à barragem se encontrar na segunda etapa de alteamentos, a qual é independente do dique de partida e reforço realizados. Desta forma, entende-se que alguns componentes da barragem, como é o caso do sistema de drenagem interna, não carecem de reavaliação de projeto, uma vez que o atual sistema de drenagem interna não é interligado ao anterior, podendo inclusive servir como redundância caso o sistema de drenagem anterior não esteja funcionando corretamente.

7.1 FUNDAÇÃO, ESCAVAÇÕES E TRATAMENTOS

Conforme já descrito, a construção da Barragem de Rejeitos do Mirim se dará em três etapas com a etapa 2 dividida em 3 fases, e a avaliação dos projetos de fundação, escavação e tratamentos seguirá a mesma subdivisão.

Este capítulo apresenta as sínteses dos projetos de escavação e dos tratamentos de fundação executados para as etapas já executadas, sendo estas apresentadas separadamente para cada estrutura.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 54/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

7.1.1 Etapa 1 - Barragem de Elevação 220,0m (2010)

Escavação:

De acordo com o documento MD-9002-B-2041 - Projeto Detalhado - Barragem de Rejeitos - Fase 1 - Memorial Descritivo - Volume I – Setembro/2008 (emissão original), elaborado pela BVP Engenharia, a compilação de todas as investigações geológico-geotécnicas desenvolvidas para esta estrutura estão sintetizadas no desenho 9002-W-2002, apresentando planta de localização da área da barragem e localização das 16 seções geológico-geotécnicas de trabalho. Os desenhos 9002-W-2003, 9002-W-2004, 9002-W-2104, 9002-W-2105, 9002-W-2114 e 9002-W-2115 apresentam as seções geológico-geotécnicas com os perfis de sondagem simplificados (BVP/2008).

Os registros citados anteriormente mostram que a área de implantação da primeira fase da Barragem do Mirim era composta predominantemente por solo coluvionar e solo residual de quartzito, ambos os horizontes apresentando pequena espessura (2 e 4 m). Há registros de trechos localizados onde o solo residual atingia 15 m de espessura. De forma geral, o perfil geomecânico da área mostrou variações na profundidade do topo rochoso, mas que de forma geral apresenta um horizonte de rocha alterada imediatamente abaixo do horizonte de solo, sendo esta, em geral, branda a muito branda, com resistência típica estimada inferior à faixa de 5-10 MPa, localmente abaixo de 1 MPa.


O projeto de escavação para a implantação da barragem na elevação 220,0 m, previa a remoção de todo o material solto ou fofo até atingir o solo residual competente ($N \geq 8$). Inclui-se a remoção localizada da camada de aluvio na zona de montante do *cut-off*, assim como a escavação mecanizada até a exposição da rocha decomposta com remoção de blocos e materiais soltos, incoerentes de cavidades e canais na zona de Jusante do *cut-off*.

Tratamentos da Fundação:

A primeira barragem foi implantada sobre quartzito com variados graus de alteração e resistência.

O mapeamento das superfícies da fundação do barramento apresentou as seguintes características:

- Basicamente toda a extensão da área de assentamento da Barragem de Rejeito estava encaixada em maciços rochosos de quartzito, como única exceção, a região da zona de montante coberta por solo residual.
- A zona de montante estava parcialmente encaixada em maciços rochosos muito alterados, extremamente fraturados apresentando consistência baixa. Nota-se, entretanto que, as superfícies da fundação deste setor, próximas ao eixo da barragem, apresentavam maciços rochosos com melhores parâmetros geomecânicos, passando a exibir corpos medianamente alterados, muito fraturados com consistência média envolvendo núcleos rochosos caracterizados por maciço pouco alterado, medianamente fraturado com consistência alta (Figura 7-1).

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 55/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

- As zonas de *cut-off*, de jusante e do sistema extravasor foram caracterizadas pela presença de maciços rochosos medianamente alterados, muito fraturados de consistência média e núcleos rochosos pouco alterados apresentado grau de fraturamento mediano e consistência alta.

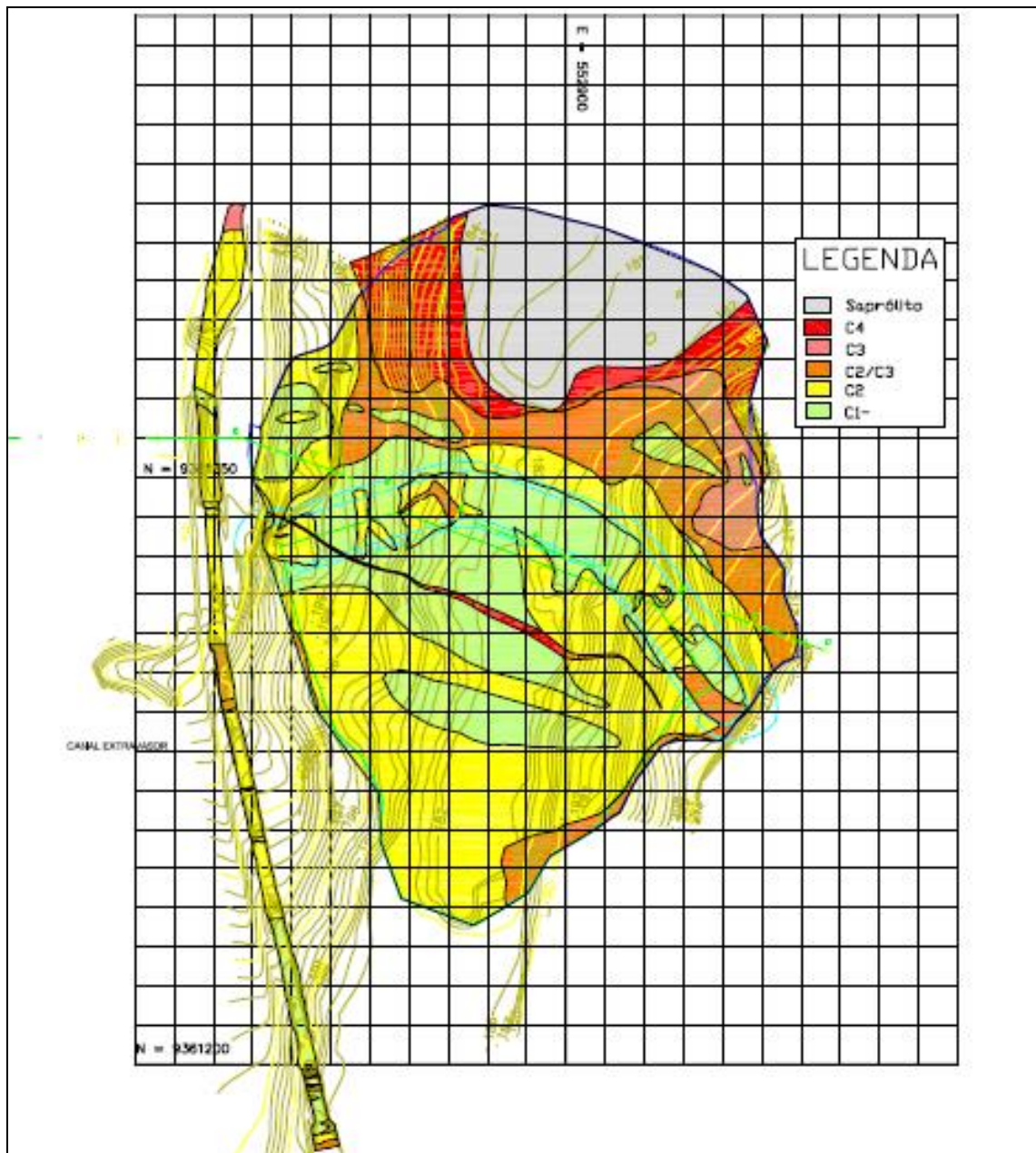


Figura 7-1: Mapa geológico-geotécnico da fundação da Barragem do Mirim, para a fase da cota 220. Mapa elaborado pela BVP.

O tratamento da fundação dessa barragem consistiu, na região do Sistema Extravasor, no estabelecimento e locação de 65 pontos para implantação de chumbadores com o intuito de ancorar blocos instáveis associados ao mecanismo de ruptura em cunha. Após a execução

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 56/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

da implantação dos chumbadores foi executado no maciço rochoso o tratamento com concreto projetado reforçado com fibras (Foto 7-1).



Foto 7-1: Tratamento de concreto projetado com fibras nos maciços rochosos presentes nos taludes de corte do sistema extravasor.

O tratamento da superfície do *cut off* por sua vez, removeu todas as protuberâncias negativas e foi executada a camada de concreto com 0,30 m de espessura, formando uma “laje” sobre o maciço rochoso. Posteriormente a essas regularizações, iniciaram-se o tratamento da zona de impermeabilização da barragem através das injeções de calda de cimento, com profundidade da ordem de 35 m, no maciço rochoso (Foto 7-2).



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 57/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-2: Injeções da calda de cimento no maciço rochoso da zona de *cut-off*, executadas sobre laje de concreto de 0,30 m de espessura.

Os principais tratamentos efetuados na superfície da zona de montante foram:

- Regularização do ângulo de corte da fundação para um ângulo de inclinação favorável à compactação (Foto 7-3);
- Remoção de saliências e eliminação de taludes negativos na fundação rochosa (Foto 7-4);
- Tratamento com concreto de regularização nas cavidades (Foto 7-5 A);
- Fraturas ou fendas abertas na fundação foram preenchidas com argamassa varrida (*slush grouting*) (Foto 7-5 B);
- Pequenas fendas foram preenchidas com calda de cimento.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

58/138

REV.

C



Foto 7-3: Regularização do ângulo de inclinação do maciço rochoso.



Foto 7-4: Remoção de saliências no maciço rochoso da zona de montante.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 59/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-5: (A) Tratamento das cavidades com concreto regularização. (B) Regularização de fendas e fraturas abertas com preenchimento de argamassa.

Na zona de Jusante, basicamente, à medida que a regularização foi executada na fundação foi o realizado o tratamento do ângulo de inclinação do maciço rochoso nas ombreiras.



Foto 7-6: Regularização do ângulo de inclinação do maciço rochoso nas ombreiras da região de jusante

Ainda a cortina de injeções, executada a partir do fundo do *cut-off*, foi composta por três linhas, cada uma formada de furos primários, espaçados de 12 m e furos secundários em posição intermediária aos primeiros. Na linha central, mais profunda, foram efetuados furos terciários, posicionados entre cada furo primário e secundário, com espaçamento final na linha de 3 m e ainda de furos quaternários, com espaçamento resultante de 1,5 m.

Resumidamente, após o tratamento da fundação, efetuado para a implantação da barragem na elevação 220,0 m, praticamente toda a barragem ficou assentada sobre maciço rochoso

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 60/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

de quartzito medianamente alterado e consistente (A3, C3), com exceção de parte do espaldar de montante que foi assentado sobre solo saprolítico.

7.1.1.1 Reforço da Barragem de Elevação 220,0 m (2012)

Durante a implantação da obra, a equipe de ATO da BVP Engenharia observou algumas “não conformidades” na execução do aterro compactado. Essas notificações geraram grande desconforto para a projetista, que exigiu investigações de campo e laboratório, cujos resultados foram utilizados na avaliação das condições do empreendimento.

A partir dessa avaliação, a BVP Engenharia recomendou a implantação do Reforço na Barragem de Rejeitos, para assegurar o bom desempenho da estrutura até o próximo alteamento e evitar que o período chuvoso seguinte agravasse ainda mais as condições presentes.

O projeto de reforço (RL-9002-X-Rev_A) constou de um alargamento da crista da barragem em 7,5 metros, em solo compactado, com talude de inclinação 1V:2H e bermas nas elevações 215, 205 e 195 metros. No contato, entre o aterro existente e aterro de reforço, foi implantado um dreno de areia entre as elevações 202 a 216 metros (Foto 7-7), além da continuidade do tapete tipo sanduíche no leito do rio até a elevação 195 metros.

O talude de jusante foi protegido com manta vegetal projetada (MVP) e um sistema de drenagem superficial constituído por canaletas de concreto nas bermas e descidas periféricas em concreto para direcionar as águas pluviais e evitar a ocorrência de erosão superficial (Foto 7-8). Sobre a crista da barragem foi projetado o lançamento de uma camada de bica corrida.



Foto 7-7: Lançamento da camada de areia

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 61/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-8: Continuação da implantação do canal periférico DA-02

7.1.2 Etapa 2 – Barragem de elevação 255

Esta é a etapa atualmente em execução, tendo sido concluída a Fase 2 (elevação 245) ao longo do ano de 2018. Em relação à fundação, esta Etapa é parcialmente independente da primeira, uma vez que tem seu núcleo assentado em parte do espaldar de jusante do Dique de Partida com o reforço.

7.1.2.1 Etapa 2 Fase 1 - Barragem na cota 235,00 m (2017/2018)

A área de escavação e limpeza de fundação da implantação do alteamento da Barragem do Mirim para a elevação 235,0 m foi setorizada para representar melhor os critérios definidos para os diferentes trechos da fundação, a partir de 5 setores como mostra o projeto 9002SA-X-70287, reproduzido na figura abaixo.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

62/138

REV.

C

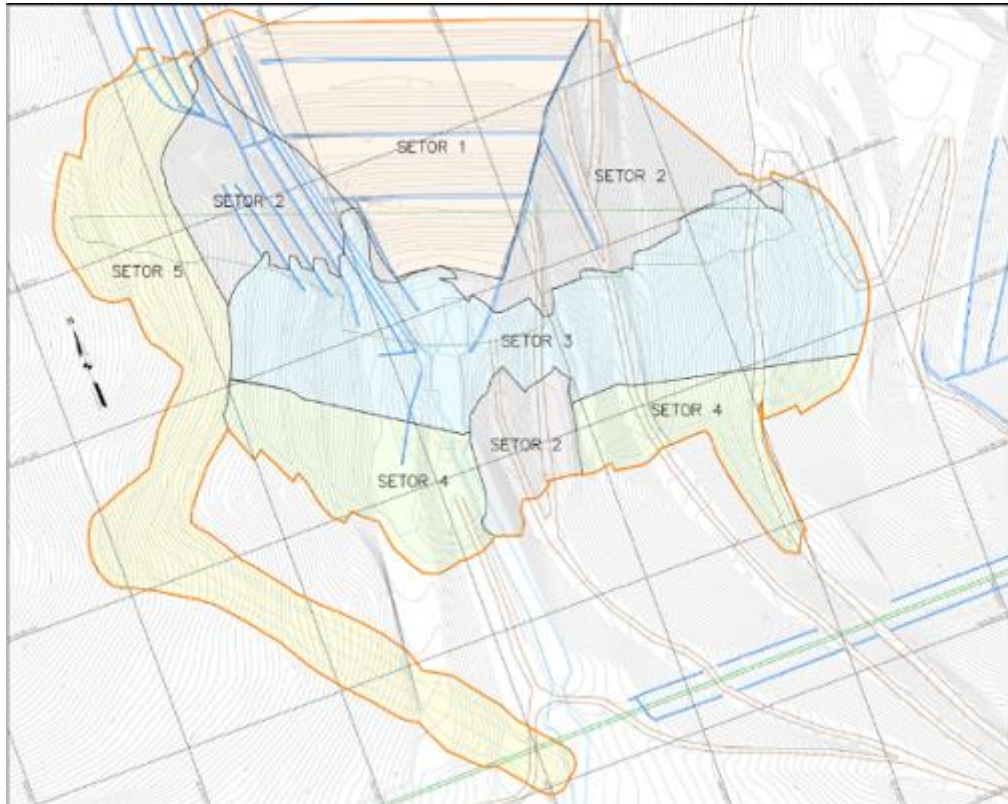


Foto 7-9: Setorização da fundação para limpeza e escavação (9002SA-X-70287)

Nessa setorização também foram considerados os diferentes critérios para o tratamento de fundação, por cada setor, como será mostrado adiante.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 63/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Tabela 7-2: Critérios para Escavação da Fundação (9002SA-X-70287)

SETOR	CRITÉRIOS DE ESCAVAÇÃO	MATERIAL DA FUNDAÇÃO	TRATAMENTOS PROPOSTOS
1	Remoção de todo o material orgânico, mole, solto, saturado e / ou desagregado com com valores de SPT menores que 8 golpes.	Maciço da barragem existente	Não existe
2	Remoção de todo o material orgânico, mole, solto, saturado e / ou desagregado com com valores de SPT menores que 8 golpes. Para esse setor os taludes de concreto projetado deverão ser mantido com esse tratamento.	Saprolito de Quartzito duro (R1) ou quartzito medianamente alterado e muito fraturado (A3-R2/3, F4).	Tratamento superficial de fundação conforme projeto 90002SA-X-70294
3	Escavação de acordo com o projeto 90002SA-X-70292 . A escavação e limpeza deverão ser executadas de forma a conformar a superfície de fundação sobre o topo de rocha competente bem como de rocha de resistência branda.	Saprolito de Quartzito duro (R1) ou quartzito medianamente alterado e muito fraturado (A3-R2/3, F4).	Tratamento superficial de fundação conforme projeto 90002SA-X-70294 e Injeções conforme projeto 90002SA-X-70295.
4	Escavação de acordo com o projeto 90002SA-X-70292 . A escavação e limpeza deverão ser executadas de forma a conformar a superfície de fundação sobre o topo de rocha competente.	Quartzito medianamente alterado e muito fraturado (A3-R2/3, F4).	Tratamento superficial de fundação de acordo com o projeto 90002SA-X-70294.
5	Escavação obrigatória de acordo com o projeto 90002SA-X-70292.	Solo, Saprolito de Quartzito duro (R1) ou quartzito medianamente alterado e muito fraturado (A3-R2/3, F4).	Tratamento de taludes de acordo com o projeto 90002SA-X-70297.

De forma geral, a escavação foi executada com o objetivo de remover os materiais que não atendessem os critérios mínimos de resistência e de qualidade para a fundação, tendo sido escavados em sua totalidade os horizontes de colúvio, bem como o solo residual e saprolítico.

As fotos que seguem mostram os diferentes estágios da escavação desde seu início até a fase de limpeza e lançamento de materiais do aterro e mostram a retirada de solo e colúvios que recobriam a fundação, e a escavação de trechos de rocha de baixa resistência ou de ângulo desfavorável à implantação do aterro, especialmente na região do núcleo.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

64/138

REV.

C



Foto 7-10: Início da escavação da fundação da barragem na região do fundo do vale



Foto 7-11: Aterro na elevação 181 m



Foto 7-12: Vista geral montante-jusante da limpeza e tratamento das ombreiras e avanço do aterro



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 65/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-13: Vista da ombreira direita para a esquerda dos maciços com a limpeza já finalizada, EL. 228,40m

Condição da Fundação e Tratamentos Executados:

A área de fundação de implantação do alteamento da Barragem do Mirim constitui-se predominantemente de um quartzito branco a amarelado, levemente alterado, de resistência variando de média a alta (A2, R3/4) e fraturamento moderado a baixo (F2/F3 – Foto 7-14 e Foto 7-15). De forma localizada, o quartzito pode apresentar-se mais alterado e fraturado (A3, R3, F3/4), na maioria das vezes bordejando os horizontes de saprolito de milonito, e com grau de fraturamento mais acentuado (Foto 7-16).

Na porção intermediária e superior da ombreira direita, região que também constitui a fundação do extravasor, o quartzito apresenta maior grau de alteração, resistência levemente inferior à maioria da fundação, porém com grau de fraturamento mais elevado. Trata-se de um maciço muito alterado, pouco resistente e com fraturamento alto (A4, R2+, F4).



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

66/138

REV.

C



Foto 7-14: Vista de Montante para jusante da fundação da Barragem com as ombreias de quartzito (A4, R2+, F4).



Foto 7-15: Quartzito pouco alterado, resistente, medianamente fraturado da região do núcleo, no fundo do vale (A2, R4, F3)



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

67/138

REV.



C



Foto 7-16: Vista geral do quartzito medianamente resistente/alterado e muito fraturado da ombreira direita.



Foto 7-17: Detalhe do quartzito medianamente resistente (A3, R3) da região do núcleo da barragem. Ao lado do martelo furo preenchido com calda de cimento após injeção.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 68/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

As descontinuidades do quartzito são compostas praticamente por 3 a 4 famílias de fraturas que ocorrem predominantemente pouco alteradas a oxidadas, fechadas e sem preenchimento nos horizontes de rocha profunda mais competente. Já nos trechos superficiais do maciço, onde predomina rocha medianamente a muito alterada, as descontinuidades podem apresentar preenchimento de espessura variada, porém com paredes rugosas a onduladas. Localmente ocorrem fraturas sub-horizontais com as mesmas condições descritas anteriormente.

Ocorrem, intercaladas ao quartzito, faixas de milonito de direção NE-SW, constituindo um saprolito de resistência extremamente branda a muito branda superior (R0 a R1+), que ocasionalmente apresenta uma borda de alteração hidrotermal, na forma saprolito de pegmatito. As Fotos que seguem mostram as feições miloníticas mais marcantes da fundação da barragem (Foto 7-18 à Foto 7-20).



Foto 7-18: Vista da ombreira direita da fundação da Barragem do Mirim, de faixas de milonitos subverticais cortando do quartzito resistente e pouco alterado



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 69/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-19: Detalhe do milonito da ombreira direita, mostrado na foto anterior



Foto 7-20: Recuo de um dos taludes da fundação da barragem, mostrando o contraste entre a resistência do quartzito e do saprolito de milonito, cujo material mais brando foi removido até a condição de suporte prevista em projeto

A Figura 7-2 traz o mapa geológico geotécnico da fundação da barragem, realizado durante o acompanhamento de obra, pelos profissionais da BVP.

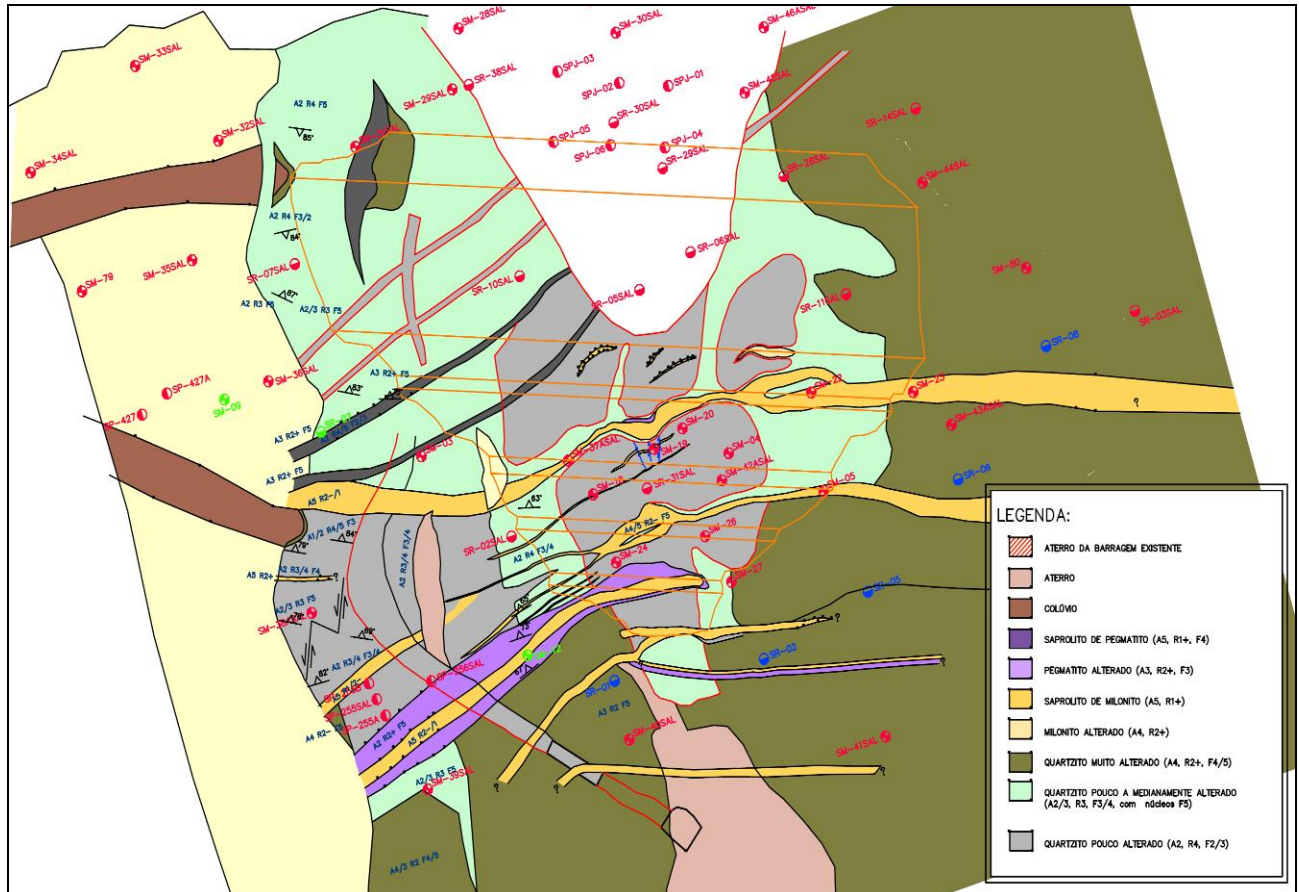


Figura 7-2: Mapa geológico-geotécnico da fundação da Barragem do Mirim, no seu alteamento para a elevação 245,0 m

Durante o período de execução da obra, as limpezas e tratamentos da fundação foram realizados na região do vale de forma continuada, compreendendo principalmente a remoção dos materiais soltos e não consolidados remanescentes das escavações obrigatórias, conforme preconizado na ET-9002SA-G-00001, no item 8.6 – Tratamento de Fundações Solos e Rochas, e o tratamento superficial para a correção de situações como irregularidades no terreno, maciço muito fraturado, ângulos desfavoráveis à execução do aterro, surgência de água na fundação dentre outras. Tais tratamentos foram apresentados no desenho 9002SA-X-70294.

As fotos a seguir ilustram a execução da preparação da fundação por meio de escavações e de tratamentos superficiais e profundos.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

71/138

REV.

C



Foto 7-21: Trecho de fundação do aterro de enrocamento recebendo tratamento em areia com objetivo de criar uma transição entre o material de fundação e demais materiais do aterro



Foto 7-22: Trecho de fundação da laje de injeção após remoção de material de baixa resistência. A direita observa-se poço de bombeamento para o controle das surgências de água na fundação da barragem.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

72/138

REV.

C



Foto 7-23: Remoção de material de baixa resistência na fundação do núcleo argiloso



Foto 7-24: Tratamento com concreto dental e *slush grouting*, região da ombreira direita



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM
PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

73/138

REV.

C



Foto 7-25: Correção nos ângulos dos taludes na ombreira direita

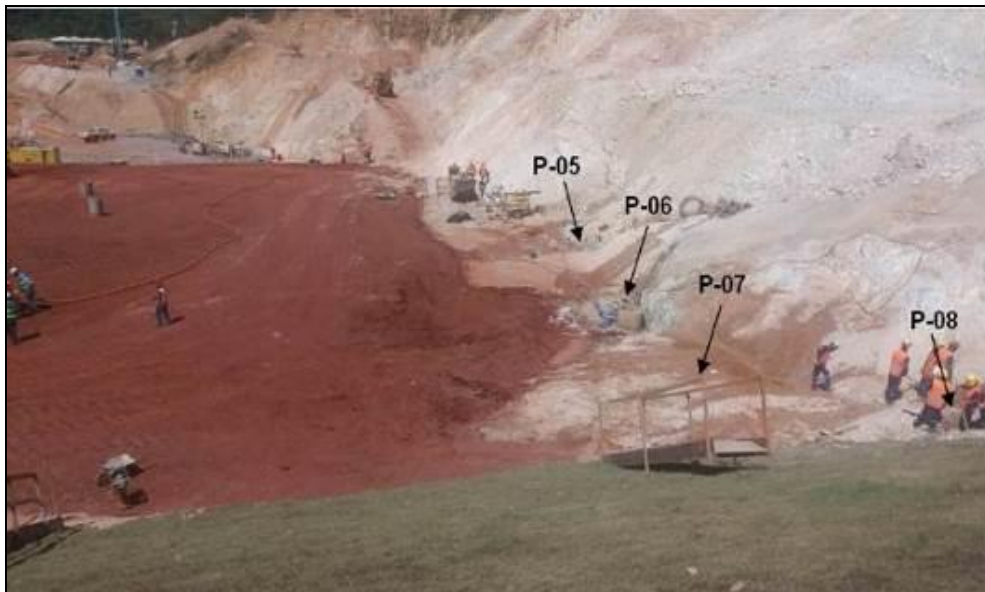


Foto 7-26: Execução de poços de alívio, junto à ombreira direita visando permitir a execução do aterro



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
BARRAGEM DE REJEITOS DE MIRIM PROJETO EXECUTIVO SALOBO EI.245,00 m REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 74/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-27: Vista montante para jusante dos tratamentos nas ombreiras na região do núcleo, registrado no dia 25/08/17

Ainda como tratamento de fundação da barragem, foi executada uma cortina para impermeabilização da fundação, conforme desenho de projeto numero 9002SA-X-70482_Rev-B. As injeções avançaram para as duas ombreiras até a elevação 223,0m, como mostra a Figura 7-3.

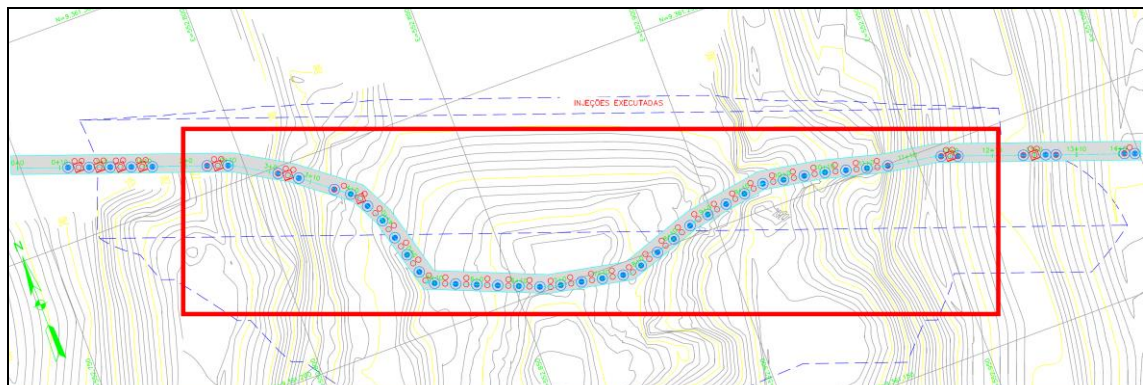


Figura 7-3: Trecho da cortina de injeções executados no período de 21/10 a 20/11/2017
 Fonte: 9002SA-X-70482 (BVP, 2017)

A maioria dos furos têm mostrado uma mesma tendência de absorção, em geral baixa (< 50 kg/sólidos/m) e, de forma localizada, trechos de maior absorção. Apesar disso, todos os furos secundários, seja da linha central ou de montante, têm bom fechamento da cortina, uma vez que não apresentaram trechos com absorção superior a 50 kg/sólidos/m.

As Figura 7-4 e Figura 7-5 mostram os perfis de injeção com os valores de absorção de calda por metro de furo injetado nas linhas principal e secundária de montante.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

75/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

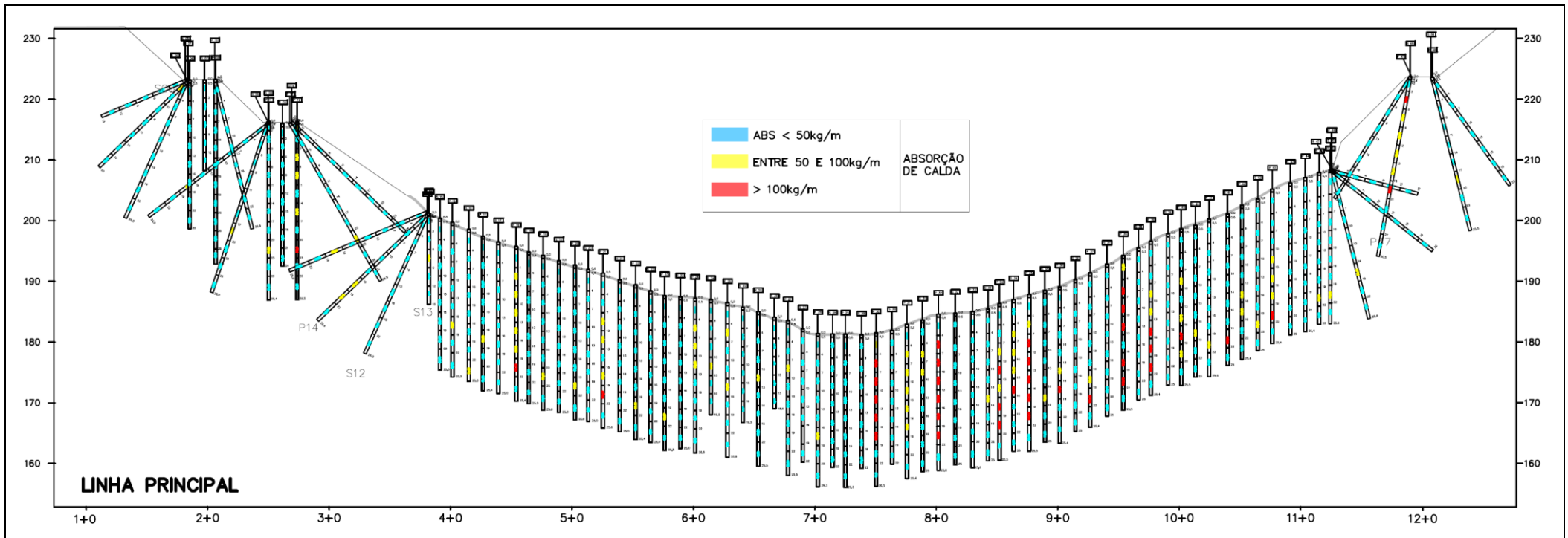


Figura 7-4: Perfis de injeção da linha principal com os valores de absorção de calda por trecho. As maiores absorções são mostradas em vermelho.
Fonte: 9002SA-X-70482 (BVP, 2017)



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

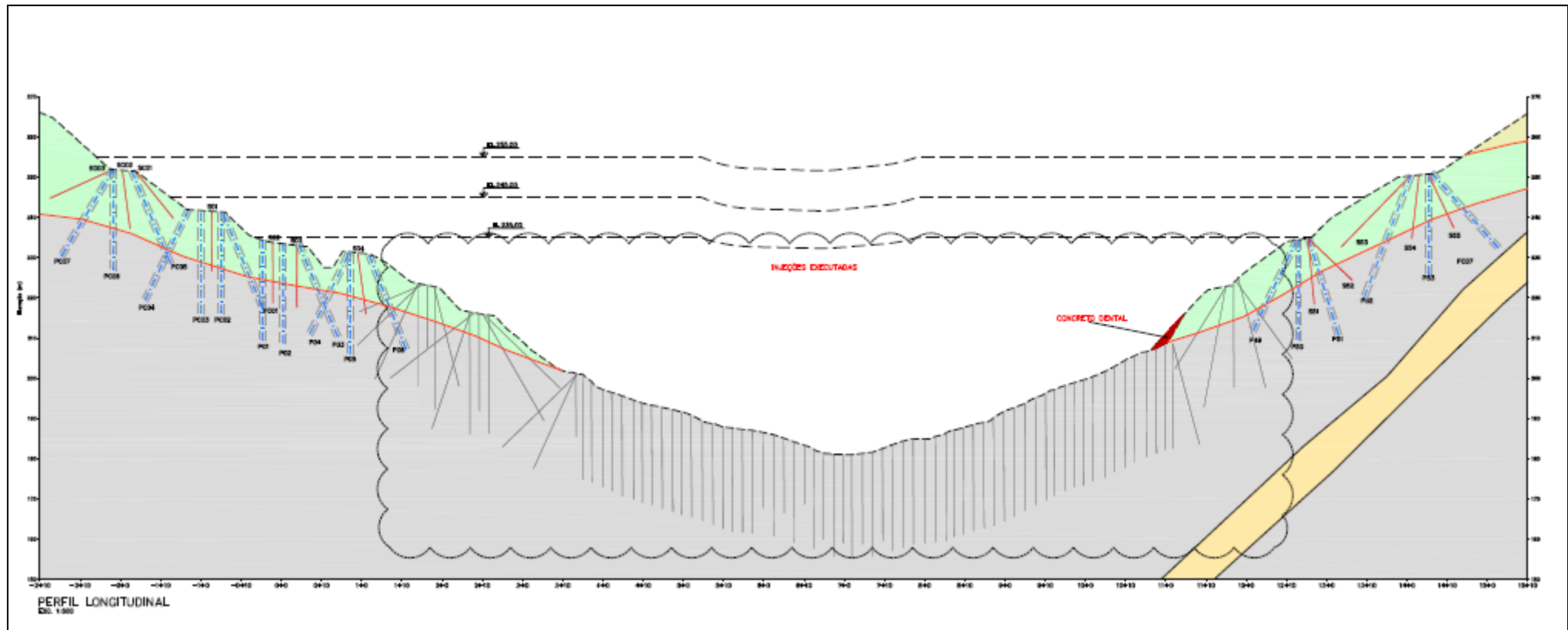
18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

76/138

REV.

C



**Figura 7-5: Seção típica com a extensão das injeções, considerando o cenário geológico-geotécnico interpretado na fase do projeto executivo.
Fonte: 9002SA-X-70482 (BVP, 2017)**

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 77/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Conforme apresentado, foram tomados os devidos cuidados em relação à escavação e tratamentos de fundação exigidos pelo tipo de fundação encontrado, principalmente em relação à retirada de materiais que não apresentavam resistência condizente com os requisitos de projeto, correção de ângulos de taludes, aplicação de *slush grouting* em trechos em rocha resistente, porém, de alto faturamento, e demais tratamentos que se fizeram necessários.

7.1.2.2 Etapa 2 Fase 2 - Barragem na cota 245,00 m (2018)

O Projeto Executivo deste ciclo de construção da barragem é a continuidade da Fase anterior, e todos os procedimentos de escavação e tratamentos previstos e já descritos na Fase 1 foram mantidos sem alterações, tendo sido igualmente aplicados na obra durante a execução das atividades construtivas.

Esta fase se diferencia da primeira principalmente por se tratar de fundação em ombreira e não em fundo de vale, não sendo prevista a ocorrência de solos aluvionares, surgências de maior porte e alterações mais intensas nos quartzitos.

Ao longo do avanço das escavações foram verificados principalmente quartzitos com alteração moderada (A2/A3), moderadamente resistente, via de regra entre R2+ a R4, e fraturamento alto (F4 a F5).

Em ambas as ombreiras foram encontradas porções com saprolito de milonito, com constituição silto argiloso com areia, extremamente alterados e com baixa resistência, evidenciando a continuidade dos corpos mapeados e tratados na fase anterior. Nestas porções as escavações foram intensificadas removendo o material com qualidade inferior ao especificado para o suporte como fundação.



Foto 7-28: Escavação para remoção de solos com resistência menor que a prevista em projeto para o suporte da fundação.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 78/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-29: Limpeza da fundação com jato de ar comprimido na região do núcleo argiloso



Foto 7-30: Ombreira liberada para o lançamento do aterro argiloso após a execução de escavação, limpeza manual e com ar comprimido e tratamento com slush grout e concreto dental

Dentro desta fase construtiva, deu-se continuidade aos furos de injeção da cortina de impermeabilização da fundação (projeto 9002SA-X-70482).

Seguindo a tendência que já vinha sendo observada na Fase anterior, a maioria dos furos tem mostrado tendência de baixa absorção (< 50 kg/sólidos/m). A cortina foi concluída até a elevação 243,0 m em ambas as ombreiras.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 79/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



Foto 7-31: Execução de furo para injeção de calda de cimento sob pressão ao longo do eixo da cortina impermeabilizante

7.2 ARRANJO GEOMÉTRICO DO MACIÇO E MATERIAIS CONSTRUTIVOS

O projeto do alteamento da Barragem de Rejeitos do Mirim é apresentado nos relatórios MD-9002SA-G-00001 e MC-9002SA-G-00001.

De forma simplificada, a geometria apresentada neste projeto para o alteamento na elevação 245,0 m é: talude de montante com inclinação 2H:1V e jusante com inclinação de 1.4H:1V formado por taludes de enrocamento, transições e núcleo argiloso.

Esse arranjo de projeto com os materiais adotados foi estudado de forma a atender aos fatores de segurança preconizados na norma vigente (NBR 13.028/2017). A seguir são apresentadas algumas modificações feitas atualmente, na fase de implantação.

Não são observados pontos de atenção no projeto geométrico e em relação aos materiais construtivos, pois estão sendo empregadas configurações usuais, conforme as boas práticas, além de terem sido estudadas as compatibilidades entre esses materiais, que será abordado no item 7.3 na sequência. O alteamento é para jusante, ou seja, usando a metodologia mais segura, além do enrocamento conferir grande resistência à estrutura.

7.2.1 Alterações de obra

Foram feitas algumas modificações durante a execução do alteamento que são apresentadas nos desenhos 9002SA-X-70495 ao 9002SA-X-70501 e na Figura 5-7 do presente documento.

A seguir são listadas as principais alterações:

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 80/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

- Inclinação do talude de jusante na seção de alteamento da 235,0 m, passando para 1.8H:1V global;
- Substituição da transição única pelo quartzito peneirado com espessura e geometria diferentes;
- Alteração na seção do núcleo argiloso com consequente reposicionamento das transições;
- Aumento da espessura das transições até a cota 235,0 m.

No item 12.0 deste relatório serão apresentadas análises de estabilidade contemplando essas pequenas modificações realizadas nas seções, assim como parâmetros de resistência mais atualizados, com base em ensaios realizados para controle tecnológico da obra de alteamento.

7.3 SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA

Como supracitado, o sistema de drenagem interna do alteamento que vem sendo construído não tem conexão com o anterior (dique de partida na cota 220,0 m), portanto neste item só será abordada a reavaliação da drenagem interna da segunda etapa de alteamento até a elevação 245,0 m.

Do núcleo para os taludes de enrocamento nos espaldares de montante e de jusante têm-se transições que, segundo apresentado no relatório MC-9002SA-G-00001, atendem aos critérios de filtro.

7.3.1 Alterações de obra

Devido a carência de jazida do material indicado inicialmente, foi necessário realizar uma alteração no sistema de drenagem interno, substituindo a transição única por quartzito peneirado entre o núcleo e o material do espaldar de montante (expurgo de xisto ou quartzito britado).

Foram verificados novamente os critérios de filtro, essencialmente o critério de não colmatação, que se faz mais necessário neste caso, obtendo-se o resultado de atendimento ao critério de projeto. Essa verificação é mostrada no relatório de número MC-9002SA-G-00002.

7.4 SISTEMA EXTRAVASOR

Neste item são apresentadas as considerações a respeito dos estudos hidrológicos e hidráulicos das estruturas componentes da Barragem de Rejeitos do Mirim. Foram realizadas as verificações dos critérios e das metodologias adotados, dos dimensionamentos realizados e dos resultados encontrados, tendo em vista: a) atualização dos dados

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 81/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

hidrológicos; b) as alterações das condições a montante e a jusante do barramento, e; c) os critérios de projeto atualmente aplicáveis.

Com a finalização das obras previstas para o ano de 2018, a BVP Engenharia foi contratada para realizar uma avaliação da operação do reservatório da barragem do Mirim sem a implantação do sistema vertedor (doc. RL-9002SA-X-70082). Esse documento conclui que o risco de elevação do NA do reservatório acima da cota 238,0 m durante o período chuvoso 2018-2019 é muito pouco provável. Independente dessa condição, nessa RPSB o sistema extravasor será reavaliado, considerando-se as características do projeto, e que ainda não foi completamente implantado até a data de elaboração desse documento.

É premissa de projeto para a Barragem do Mirim o não vertimento das águas a partir de seu reservatório. Contudo, como medida de garantir a segurança hidráulica da estrutura, foi projetado um vertedouro de emergência, localizado junto à ombreira direita da barragem. Dessa forma, o sistema extravasor será solicitado apenas em decorrência de eventos extremos de precipitação. Na época da visita o extravasor encontrava-se parcialmente implantado.

O projeto do sistema extravasor para a configuração atual da barragem foi desenvolvido pela empresa BVP Engenharia no ano de 2016 e revisado no ano de 2018, no escopo do Projeto Executivo de Alçamento da Barragem do Mirim até a elevação 255,00 m e da Revisão do Projeto do Sistema Extravasor, conforme relatórios finais (documento MC-9002SA-G-00001 e MC-9002SA-X-70023). A revisão do projeto teve o intuito de readequar as dimensões do extravasor, considerando o caráter temporário de operação, utilizando-se das vazões com período de retorno de 1.000 anos, e não 10.000 como anteriormente. Esse será o projeto avaliado nesse documento.

De acordo com o projeto da BVP o vertedouro possui o emboque e canal de aproximação em seção trapezoidal, com 1,5 m de base e inclinação de talude igual a 1,5H:1,0V. Após o enrocamento de montante, o fluxo d'água segue através de um tubo de PEAD com diâmetro de 1,2 m, atravessando todo o núcleo argiloso da barragem até o lançamento em um canal retangular em concreto convencional, por onde segue até a escada hidráulica. Quando da visita em campo, as obras da escada hidráulica estavam em execução, além do provisionamento da tubulação de PEAD na crista do maciço.

Os critérios aplicados no desenvolvimento dos projetos estão em conformidade com as normas vigentes. Conforme preconizado na Norma ABNT/NBR 13.028:2017 (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água), as barragens classificadas com dano potencial alto deverão apresentar para cheia de projeto, a adoção de tempo de retorno de 1.000 anos para o período de operação da barragem e 10.000 anos ou PMP, para o período de fechamento. Com relação à borda livre, a mesma norma recomenda a manutenção de borda livre acima do nível d'água máximo *maximorum*, responsável por evitar a possibilidade de galgamento pelo efeito de ondas que se formam no reservatório. Além disso, existe uma recomendação do ICOLD para a manutenção de uma borda livre mínima de 1,0 m, que é contemplada no projeto, conforme será apresentado a diante.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS	Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 82/138	
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C	

Na presente RPSB foram revistos os estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos das estruturas componentes do sistema extravasor da barragem, de forma a atestar a segurança hidráulica para a condição atual da estrutura. As etapas desenvolvidas estão apresentadas nos subitens a seguir.

7.4.1 Estudos Hidrológicos

Apresenta-se a seguir a metodologia utilizada pela BVP, no escopo da revisão da série hidrológica da RPSB.

A Figura 7-6 apresenta a bacia de contribuição ao reservatório da Barragem do Mirim. Já a Tabela 7-3 apresenta variáveis decorrentes da caracterização física dessa bacia de contribuição.

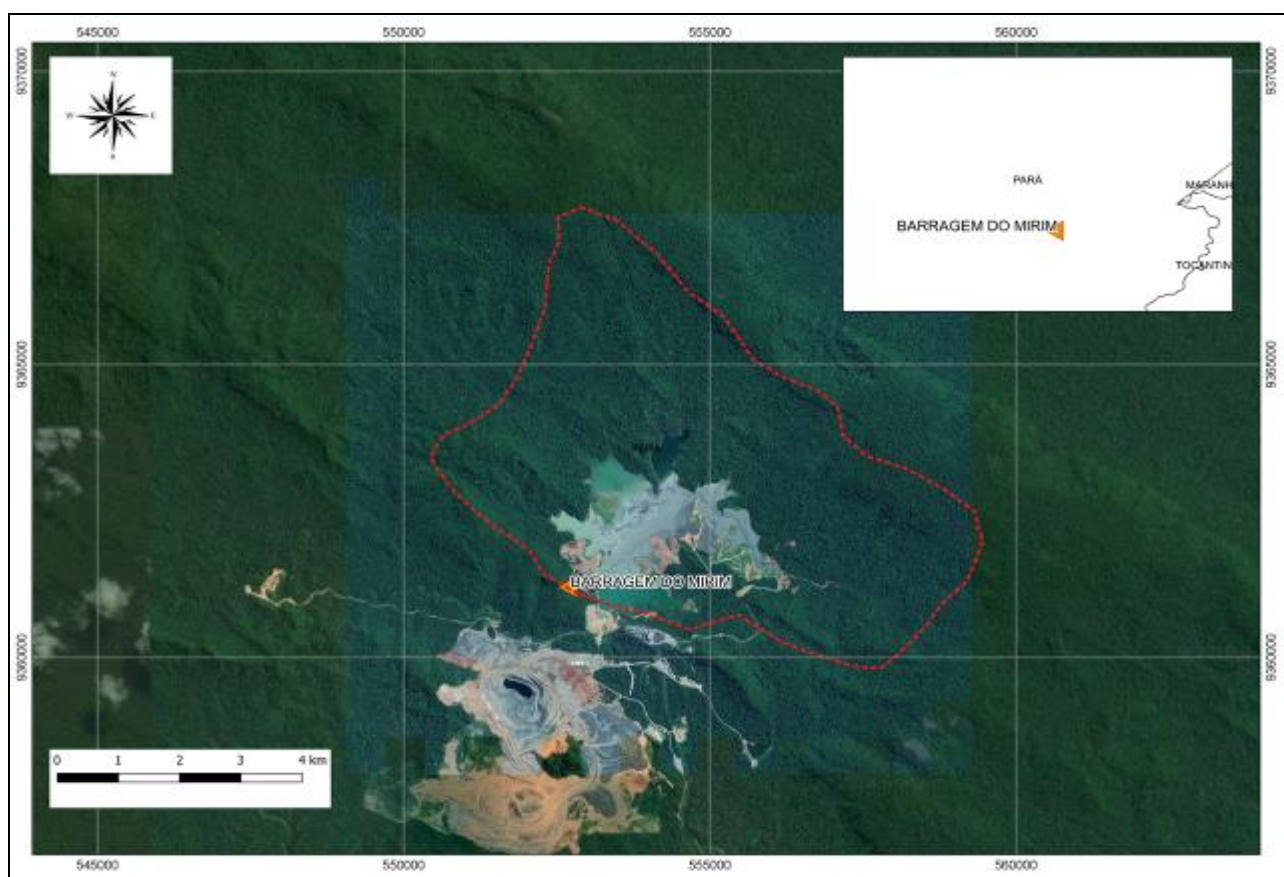


Figura 7-6: Bacia de contribuição da Barragem do Mirim (Fonte: Adaptado de Google Earth).

Tabela 7-3: Caracterização geomorfológica e parâmetros hidrológicos de modelagem para a Barragem do Mirim.

BARRAGEM DO MIRIM	BVP
Área de drenagem - AD (km ²)	34,0
Tempo de concentração - tc (min)	30,6
Coeficiente de armazenamento de Clark - R (h)	4,15
Lagtime - (min)	18,36

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS	Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 83/138	
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C	

BARRAGEM DO MIRIM	BVP
Número de Curva ponderado - CN (adimensional)	77,6
Abstração inicial - Ia (mm)	14,66

Tais dados coincidem com aqueles apresentados no documento MC-9002SA-X-70023.

A definição das chuvas de projeto adotadas na atualização dos estudos hidrológicos foi realizada a partir de estudos de chuvas intensas. Foram utilizados pela BVP dados de chuva de estações pluviométricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA, para a realização de análise de frequência local. Definiu-se a estação Serra dos Carajás (00650002), devido a extensão da série e consistência dos dados. Adicionalmente, a discretização das diversas durações foi realizada utilizando-se a publicação do Otto Pfafsteter, através da estação de Belém do Pará.

A seguir apresentam-se os resultados dos quantis de chuva definidos para o estudo do dimensionamento do vertedor.

Tabela 7-4: Alturas de chuva (mm) para a Barragem do Mirim.

Duração	Tempo retorno (anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
5 min	12,4	14,8	16,1	17,7	18,7	19,7	23,8	25,5	31,3
10 min	18,9	22,9	25,3	27,9	29,7	31,4	37,9	40,7	49,9
15 min	23,5	29,0	32,2	35,9	38,4	40,9	49,3	52,9	64,9
20 min	26,8	33,2	37,0	41,5	44,7	47,7	57,5	61,7	75,7
25 min	29,5	36,8	41,1	40,4	50,0	53,6	64,6	69,3	85,0
30 min	31,8	39,9	44,7	50,6	54,9	58,9	71,0	76,3	93,6
1 hora	42,1	54,5	62,6	72,4	79,6	86,5	104	112	137
2 horas	52,0	68,1	78,6	91,9	102	111	134	144	176
4 horas	62,6	82,5	95,8	113	125	138	166	179	219
6 horas	69,0	91,1	106	125	139	153	184	198	243
8 horas	73,8	97,5	113	134	149	164	198	212	261
10 horas	77,7	103	119	140	156	172	208	223	274
12 horas	81,0	107	124	146	163	179	216	232	284
14 horas	83,9	111	128	151	168	185	223	239	294
24 horas	95,2	125	145	170	188	207	249	268	328
2 dias	106	134	153	177	195	212	252	270	327
3 dias	131	158	175	197	214	230	268	284	338

7.4.2 Estudos Hidráulicos e Trânsito de Cheias

Conforme citado anteriormente, o vertedouro possui o emboque e canal de aproximação em seção trapezoidal, cuja soleira foi projetada para a elevação 243,0 m, com 1,5 m de base e inclinação de talude igual a 1,5H:1,0V, um tubo de PEAD com diâmetro de 1,2 m, um canal retangular em concreto convencional e uma escada hidráulica que se conecta ao trecho já



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

84/138

REV.

C

implantado do vertedor. Também já foi citado nesse documento que durante a visita técnica ao barramento o sistema extravasor estava com obras de implantação, porém não finalizado totalmente.

Para os estudos hidráulicos e de trânsito de cheias adotou-se como premissas as condições apresentadas em projeto. A seguir, são apresentados os resultados obtidos nos estudos desenvolvidos pela BVP nessa RPSB.

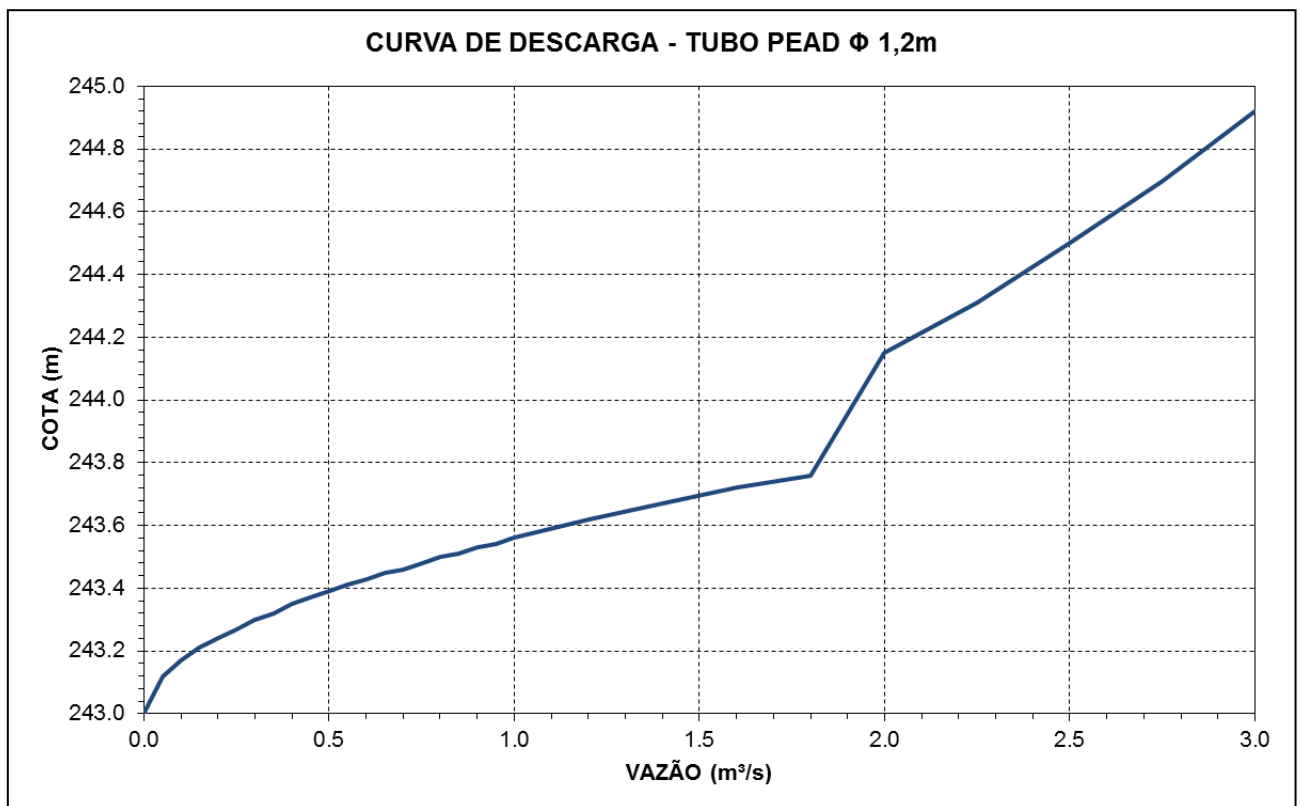


Figura 7-7: Curva de descarga elaborada pela BVP Engenharia para a Barragem do Mirim.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

85/138

REV.

C

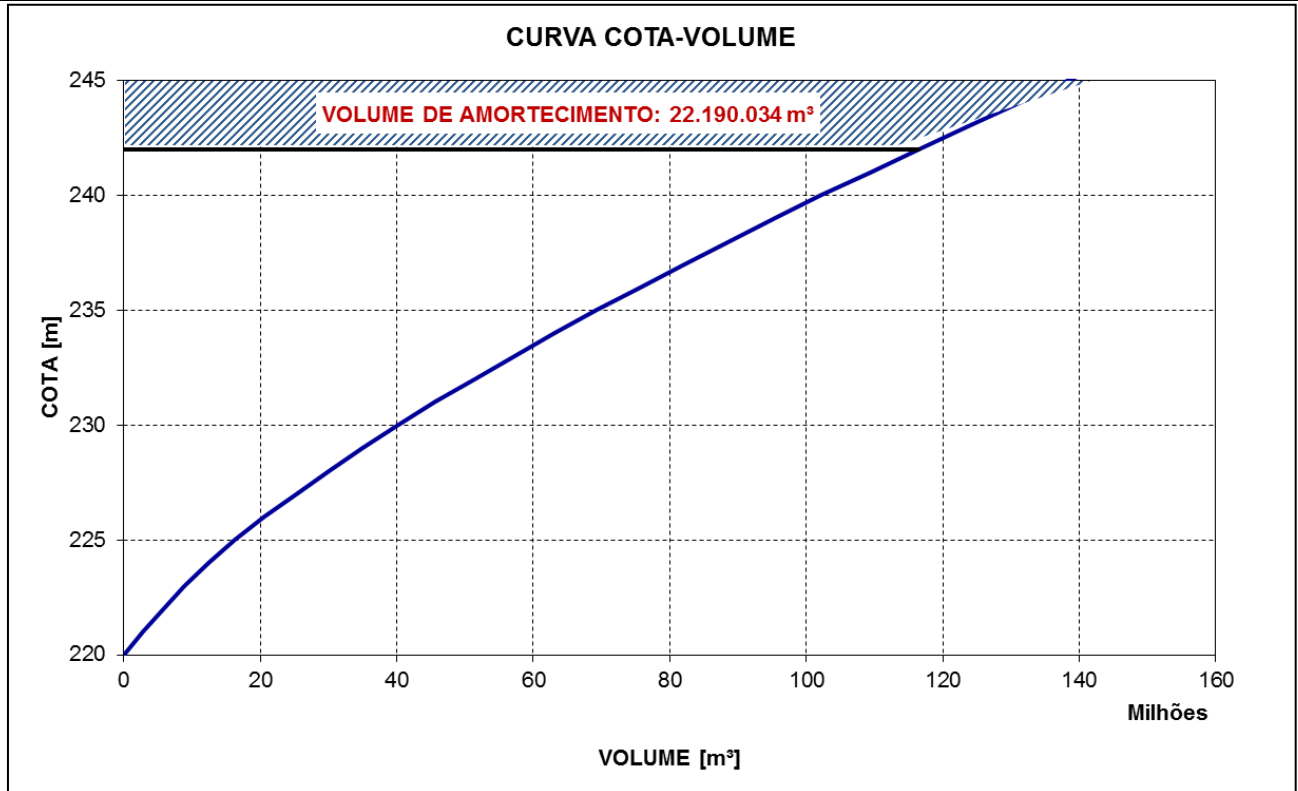


Figura 7-8: Curva cota x volume elaborada pela BVP Engenharia para a Barragem Do Mirim.

Tabela 7-5: Síntese dos resultados do trânsito da cheia do reservatório da Barragem do Mirim.

Barragem do Mirim	BVP
Tempo de Retorno (anos)	1.000
Duração Crítica (h)	24
Altura da Chuva Crítica (mm)	268
Elevação da Soleira do Extravador = NA Máximo Normal (m)	243,00
Elevação da Crista da Barragem (m)	245,00
Largura Efetiva do Emboque do Sistema Extravador (m)	1,50
Altura do Emboque do Sistema Extravador (m)	3,00
Volume do Hidrograma Afluente (1.000 m ³)	130.188,4
Vazão Máxima Afluente (m ³ /s)	149,77
Vazão Máxima Defluente (m ³ /s)	1,86
NA Máximo <i>Maximorum</i> (m)	243,88
Borda Livre Obtida (m)	1,12

A Figura 7-9 apresenta variáveis de cálculo, hidrogramas de projeto e elevação do reservatório para o trânsito da cheia de projeto referente a TR 1.000 anos, conforme dimensionamento realizado pela BVP Engenharia.

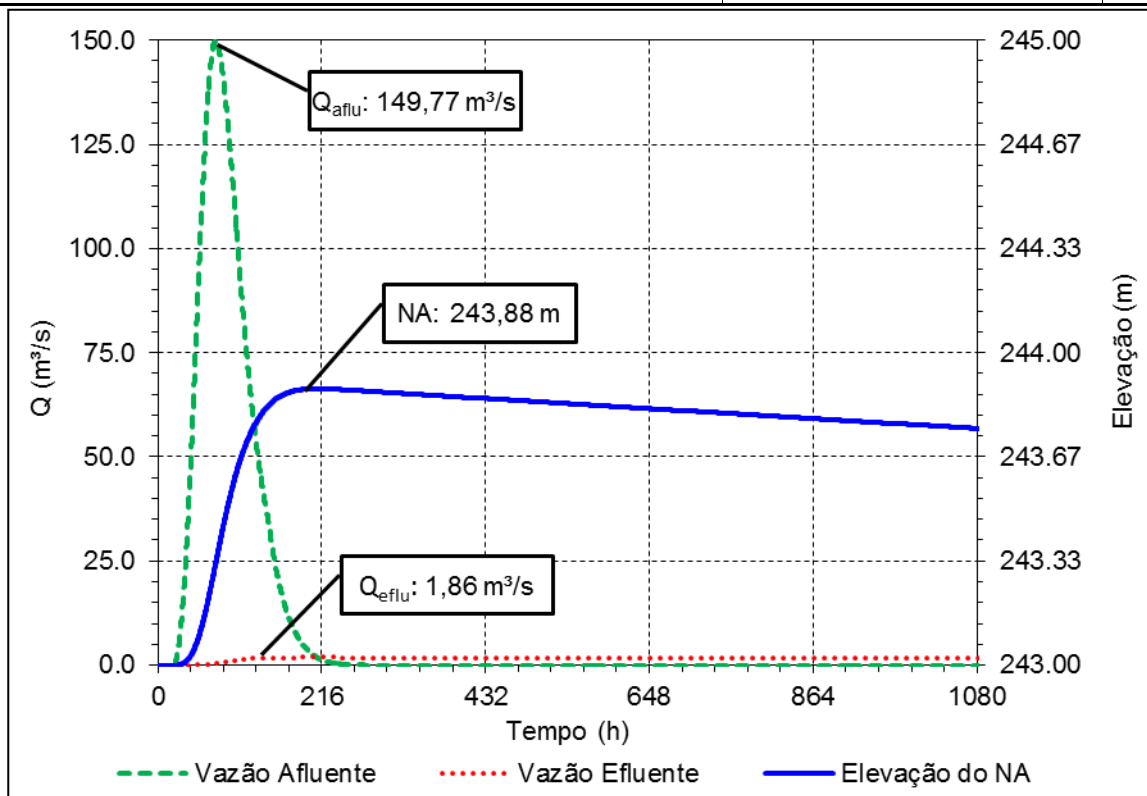


Figura 7-9: Trânsito da cheia de projeto pelo reservatório da Barragem Serra Grande empreendido pela BVP Engenharia – TR 10.000 anos.

Diante do exposto, pode-se atestar que o sistema extravasor da Barragem do Mirim está apto para conduzir em segurança as vazões de projeto, uma vez que seu sistema extravasor suporta a vazão de projeto, mantendo-se uma borda livre.

Conforme apresentado anteriormente, o projeto prevê um tubo com diâmetro de 1,2 m para escoar uma vazão de 1,86 m³/s, apresentando uma coluna d'água de 0,88 m e borda livre de 1,12 m. As condições apresentadas na Figura 7-9 são válidas sempre e quando o emboque do extravasor estiver desobstruído, uma vez que o tubo é indicado para trabalhar como canal. Portanto é imprescindível que sejam removidos do lago quaisquer tipo de material que possam obstruir, parcial ou totalmente, o emboque projetado.

7.5 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DO MACIÇO

Por se tratar de um barramento de enrocamento com núcleo impermeável, não é prevista a instalação de dispositivos de drenagem superficial no maciço, uma vez que toda a precipitação infiltra no maciço e escoar pela drenagem interna ou diretamente para o vale de jusante.

A drenagem da crista deverá ser implantada ao final da Fase 3 do alteamento (El. 255,0 m), conforme previsto em projeto.

7.6 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 87/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

7.6.1 BVP ENGENHARIA (2010) - Projeto Executivo Barragem na El. 220,0 m

Conforme apresentado no relatório MD-9002-B-2041, as análises de estabilidade realizadas na ocasião da elaboração do Projeto Executivo do Dique de Partida da Barragem de Rejeitos do Mirim contemplaram cenários tanto para o período final de construção quanto para o período operacional de longo prazo e os critérios de aceitabilidade para tais períodos foram: $FS > 1,3$ e $FS > 1,5$, respectivamente.

Os parâmetros de resistência adotados encontram-se listados na tabela a seguir, sendo que para as solicitações impostas no final de construção, admitiu-se um fator RU de 0,20 para o solo compactado.

Tabela 7-6: Parâmetros adotados nas Análises de Estabilidade

Fonte: MD-9002-B-2041 - BVP (2008 – 2010)

Material	Peso Específico γ (KN/m ³)	Coesão c' (KN/m ²)	Ângulo de Atrito ϕ' (°)	RU*
Operação Normal				
Solo compactado	19	20	25	-
Enrocamento	21	0	35	-
Filtro	20	0	35	-
Transição 1	20	0	35	-
Transição 2	20	0	35	-
Cortina de injeção	24	50	40	-
Colúvio	18	10	20	-
Solo residual	18	15	25	-
Rocha alterada	22	100	35	-
Rocha medianamente resistente	24	150	35	-
Rocha resistente	24	200	40	-
Material	Peso Específico γ (KN/m ³)	Coesão c (KN/m ²)	Ângulo de Atrito ϕ (°)	RU*
Final de Construção				
Solo compactado	19	75	13	0,2

Foram realizadas as análises de estabilidade para os cenários supracitados e os fatores de segurança obtidos foram satisfatórios, atendendo aos critérios de segurança da estrutura.

A seguir são apresentados os resultados das análises consideradas mais críticas, sendo a análise do talude de montante na fase de construção (Figura 7-10) e do talude de jusante no final da construção (Figura 7-11).



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE
RL-9002SA-X-70079
Nº (CONTRATADA)
18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA
88/138
REV.
C

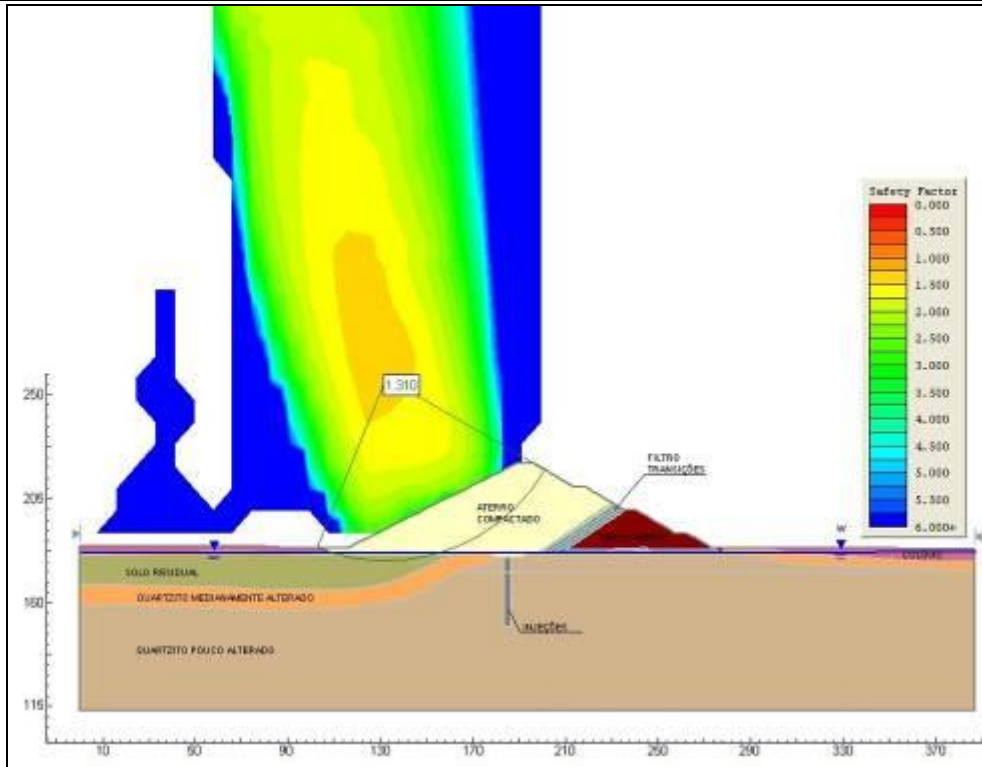


Figura 7-10: Fator de segurança do talude de montante no final de construção MD-9002-B-2041 - BVP (2008 – 2010)

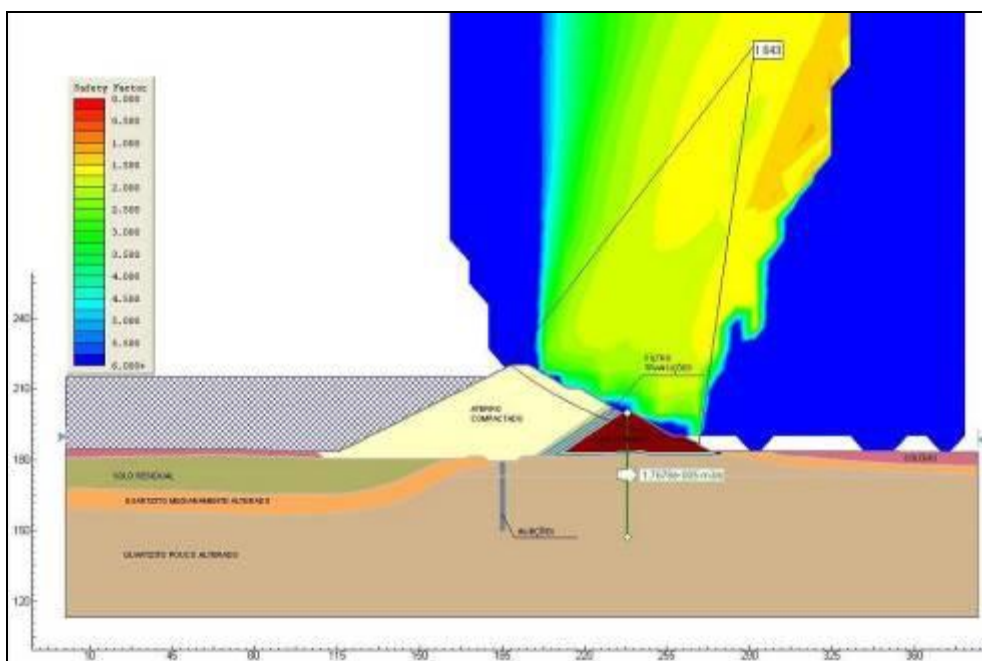


Figura 7-11: Fator de segurança do talude de jusante em condição permanente MD-9002-B-2041 - BVP (2008 – 2010)

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 89/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

7.6.2 BVP ENGENHARIA (2012) - Reforço Barragem



De acordo com o relatório MD- 9002-B-21217, a BVP avaliou o comportamento da Barragem de Rejeitos – Fase 1 (El. 220,0 m), utilizando-se das informações da instrumentação implantada, do monitoramento visual da estrutura, dos resultados das investigações de campo e laboratório, e de análises de estabilidade por equilíbrio limite do maciço compactado, constando que a estrutura não apresentava comportamento adequado. Desta forma, foram feitos estudos para implantação de um reforço.

As propriedades geomecânicas dos materiais de fundação tiveram pequenas modificações em relação às usadas no projeto original e, as propriedades dos materiais do aterro foram obtidas através de resultados dos ensaios de laboratório feitos na data da realização do reforço (2012). Os parâmetros do aterro de reforço foram definidos segundo experiência da BVP com materiais semelhantes e o nível de água do reservatório adotado foi o máximo *maximorum* (218,0 m). A seguir na Tabela 7-7 mostra os parâmetros adotados.

Tabela 7-7: Parâmetros adotados nas Análises de Estabilidade do Reforço
Fonte: MD- 9002-B-21217 (BVP, 2012)

Material	Peso Específico γ (KN/m ³)	c' (KN/m ²)	ϕ' (°)	c (KN/m ²)	ϕ (°)
Aterro de Reforço	19	2,5	33	-	-
Maciço	19	18	24,8	-	-
Camadas mal compactadas	19	7	24,1	8	11,9
Areia	20	0	35	-	-
Brita	20	0	35	-	-
Enrocamento	21	0	35	-	-
Solo residual	18	15	25	-	-
Rocha extremamente alterada	21	30	35	-	-
Rocha alterada	22	60	35	-	-
Rocha medianamente alterada	24	150	40	-	-
Rocha sã	24	200	45	-	-

Os resultados, em termos de parâmetros efetivos e totais são mostrados na Figura 7-12 e na Figura 7-13, respectivamente.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 90/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

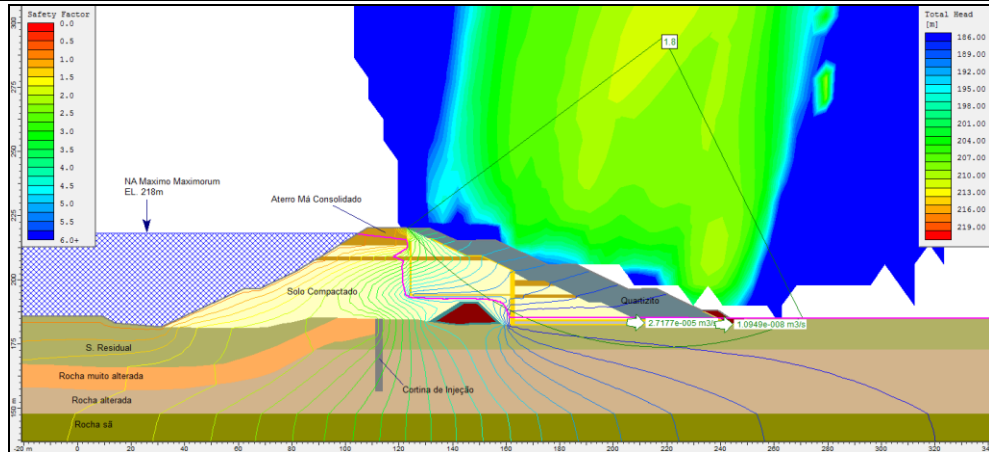


Figura 7-12: Avaliação do reforço considerando parâmetros efetivos
Fonte: MD- 9002-B-21217 (BVP,2012)

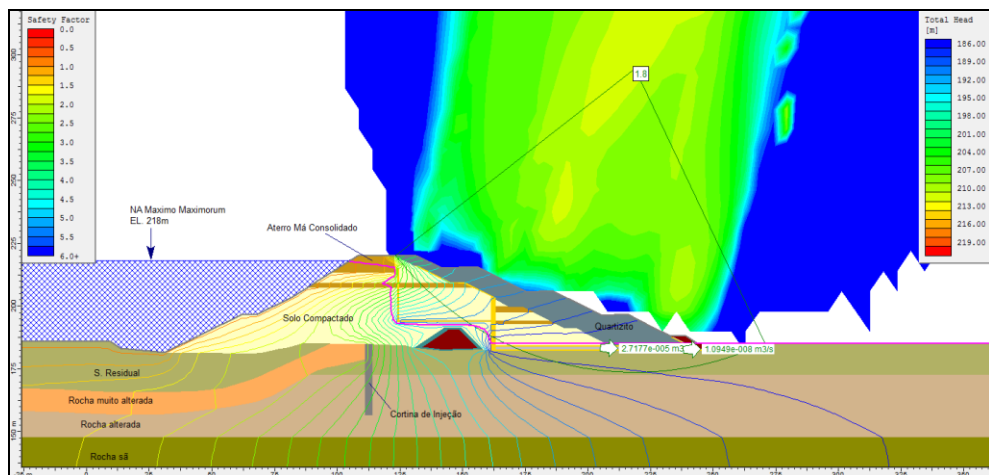


Figura 7-13: Avaliação do reforço considerando parâmetros totais em camadas má consolidadas
Fonte: MD- 9002-B-21217 (BVP,2012)

Os fatores de segurança encontrados estão acima dos preconizados por norma. Foram considerados dois cenários diferentes, sendo que nos dois o nível de água do reservatório é crítico, ou seja, mais conservador.

Segundo consta no memorial descritivo deste reforço, o projeto foi realizado visando atingir fatores de segurança da ordem de 2, justificável pela dificuldade de se modelar condições de uma ruptura progressiva, por exemplo, aliado às incertezas construtivas relativas à drenagem interna e em função das surgências observadas no talude de jusante e no contado aterro/ombreiras, além das trincas já identificadas na barragem.

7.6.3 BVP ENGENHARIA (2016) - Projeto Executivo do Alçamento da Barragem - Etapa 2 dividida em 3 Fases (El. 235,0, 245,0 e 255,0 m)

O relatório emitido MC-9002SA-G-00001 pela BVP em novembro de 2016, relativo ao Projeto Executivo do Alçamento para a 2ª Etapa até a El. 255,0 m apresenta os parâmetros adotados, relacionados na Tabela 7-8.


		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS	Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 91/138	
	Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C	

Tabela 7-8: Parâmetros adotados nas Análises de Estabilidade
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

Material	Cor	Parâmetros de Resistência				
		γ (kN/m ³)	Coesão c' (kPa)	Ângulo atrito ϕ' (°)	k (m/s)	k2 / k1
Areia		20	0	35	1x10 ⁻⁴	1
Blocos de Quartzito, moderadamente alterado com finos		19	5	35	5x10 ⁻⁵	0,1
Brita		20	0	35	4x10 ⁻²	1
Camadas Mal Compactadas		19	7	22	5,56x10 ⁻⁶	0,25
Enrocamento *		21	-	-	5x10 ⁻²	1
Maciço Existente		19	23	24,9	5,56x10 ⁻⁶	0,25
Núcleo (Solo Compactado)		19	26,3	29,6	1x10 ⁻⁷	0,1
Quartzito medianamente alterado, fraturado (R2-R3)		24	500	40	5x10 ⁻⁶	1
Quartzito muito alterado, resistência branda (R1+)		22	60	35	5x10 ⁻⁵	1
Quartzito são, pouco alterado		24	2000	50	1x10 ⁻⁶	1
Reforço (Blocos de Quartzito com Finos)		19	5	35	5x10 ⁻⁵	0,1
Solo Saprolítico de Quartzito		18	15	35	1x10 ⁻⁶	1
Transição		20	0	35	1x10 ⁻³	1

*Para o enrocamento foi utilizada uma função.

Conforme descrito no relatório supracitado, os parâmetros de resistência geotécnicos adotados nas análises foram adaptados, tendo como base os parâmetros utilizados nos projetos anteriores da Barragem de Rejeitos, tais como Viabilidade (RE-SL-28-1106_R3 – 2004); Básico (MD-9002-B-2041_R-02 – 2008); Reforço do Maciço (RL-9002-X-21224 – 2012); além de dados de ensaios Cross Hole (RL-2000-W-2009_R-Ad) e conhecimento da equipe técnica sobre os materiais disponíveis na mina e que serão utilizados como fundação e empréstimo para a construção do novo maciço.

Ressalta-se que para determinação dos parâmetros do material do núcleo foram considerados os resultados de ensaio disponibilizados pelo laboratório, referentes à pesquisa das potenciais áreas de empréstimo.

Da Figura 7-14 à Figura 7-25 são apresentados os resultados de análises de estabilidade realizadas para a seção assumida como típica, de maior altura do maciço, contemplando a geometria prevista para o Alçamento na El. 235,0 m e 245,0 m. Foram realizadas análises de diferentes cenários (final de construção, operação e condição crítica com o nível de água máximo *maximorum*), atendendo aos fatores de segurança preconizados para essas diferentes condições, conforme estabelecido por norma NBR 13028/2006, que era vigente na data de realização desses estudos.

As considerações assumidas em relação em nível de água de reservatório foram as seguintes:

- Barragem na El. 235,00 m: para o final de construção foi usado 215,00 m, para a operação normal 232,00 m e para condição crítica o nível de 233,57 m.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

92/138

REV.

C

- Barragem na El. 245,00 m: para o final de construção foi usado 232,00m, para a operação normal 242,00 m e para condição crítica o nível de 243,34 m.

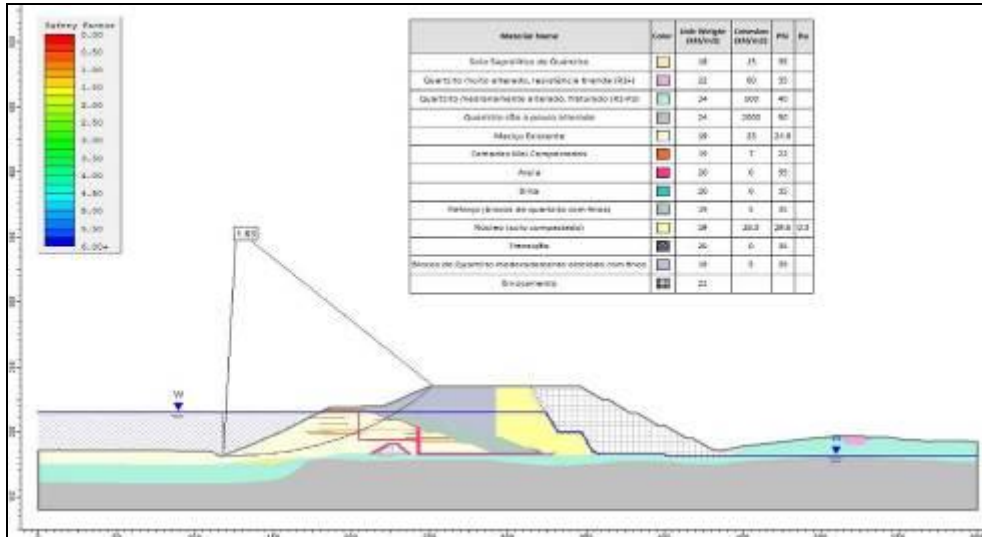


Figura 7-14: Final de construção (El. 235,00m) – Talude de Montante – F.Smin = 1,63
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

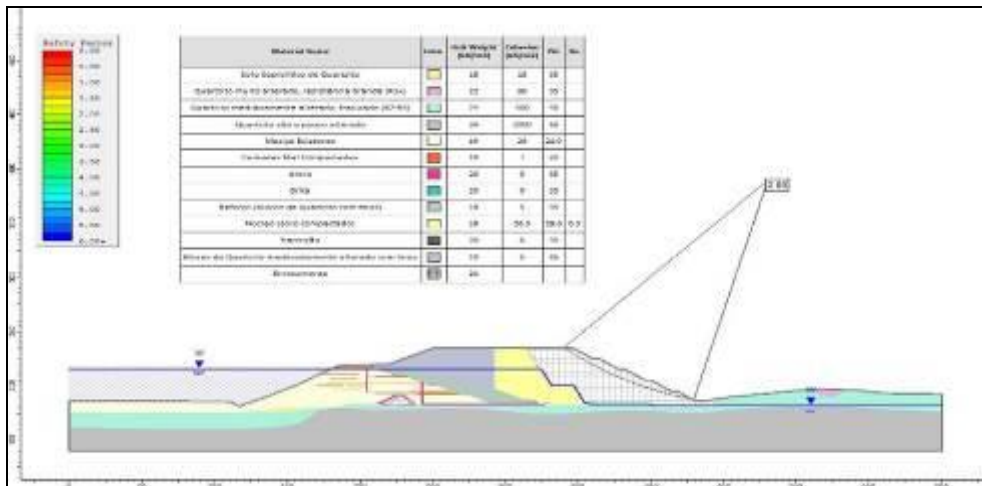


Figura 7-15: Final de construção (El. 235,00m) – Talude de Jusante – F.Smin = 2,00
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

93/138

REV.

C

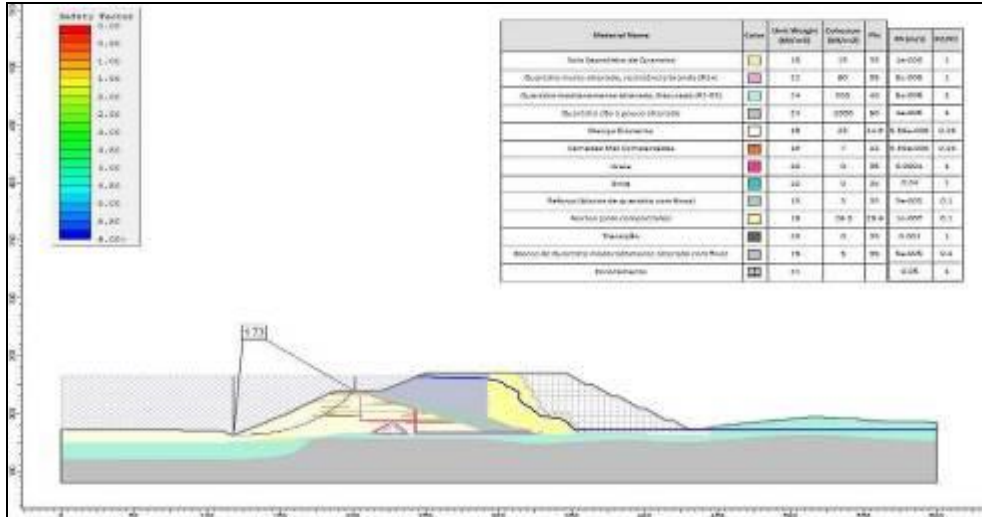


Figura 7-16: Operação Normal (El. 235,00m) – Talude de Montante – F.Smin = 1,73
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

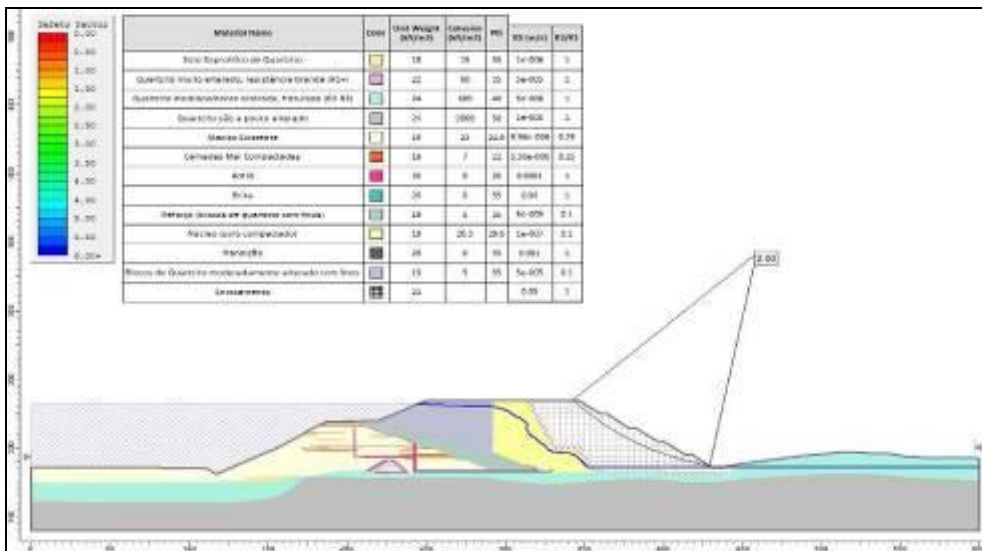


Figura 7-17: Operação Normal (El. 235,00m) – Talude de Jusante – F.Smin = 2,00
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE
RL-9002SA-X-70079
Nº (CONTRATADA)
18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA
94/138
REV.
C

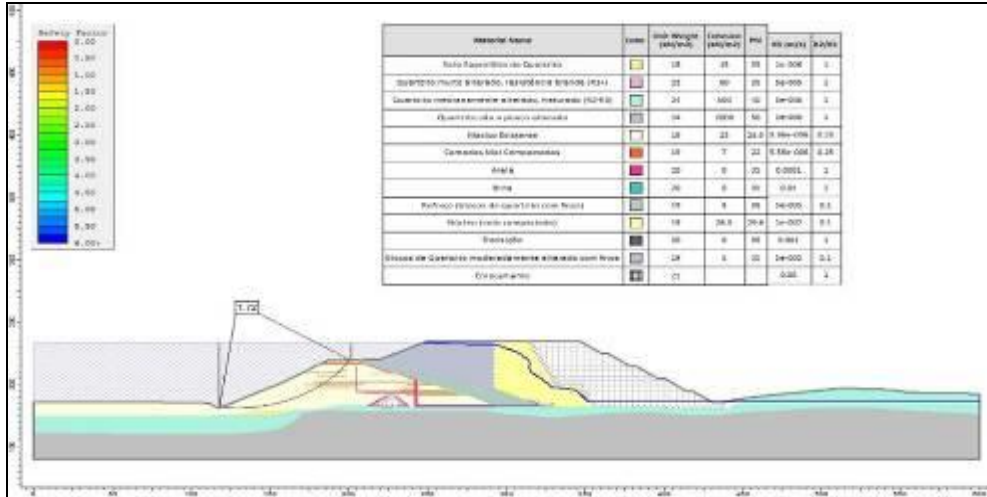


Figura 7-18: Condição Crítica (El. 235,00m) – Talude de Montante – F.Smin = 1,72
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

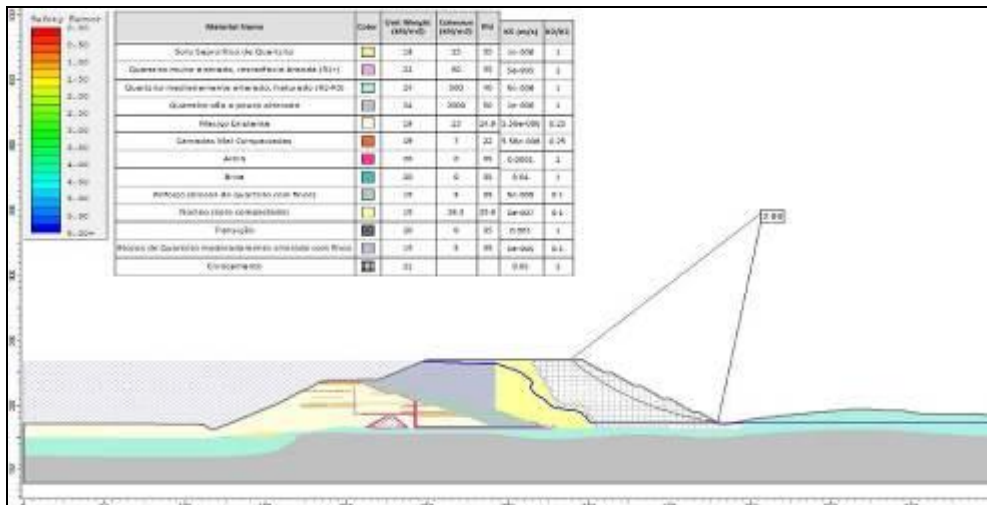


Figura 7-19: Condição Crítica (El. 235,00m) – Talude de Jusante – F.Smin = 2,00
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

95/138

REV.

C

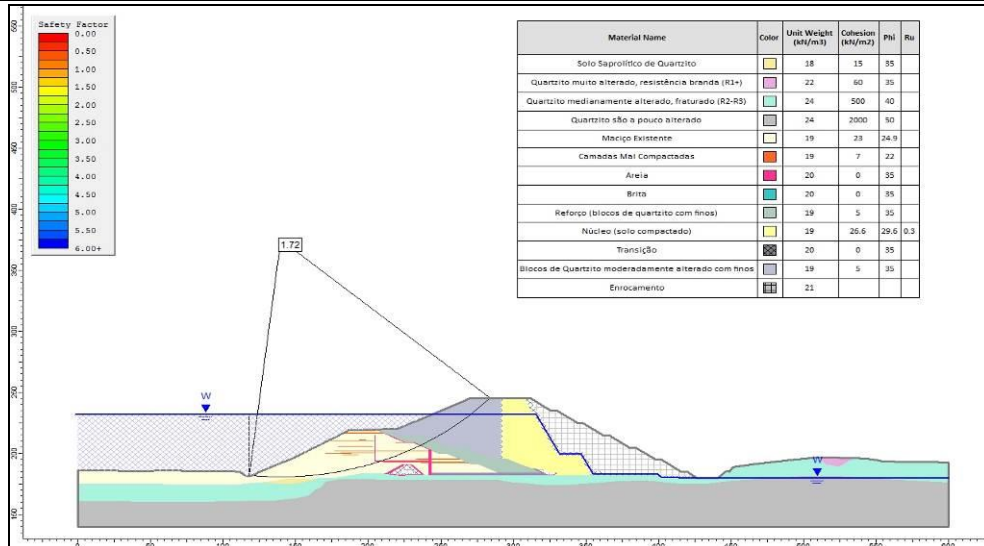


Figura 7-20: Final de construção (El. 245,00m) – Talude de Montante – $F.S_{min} = 1,72$
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

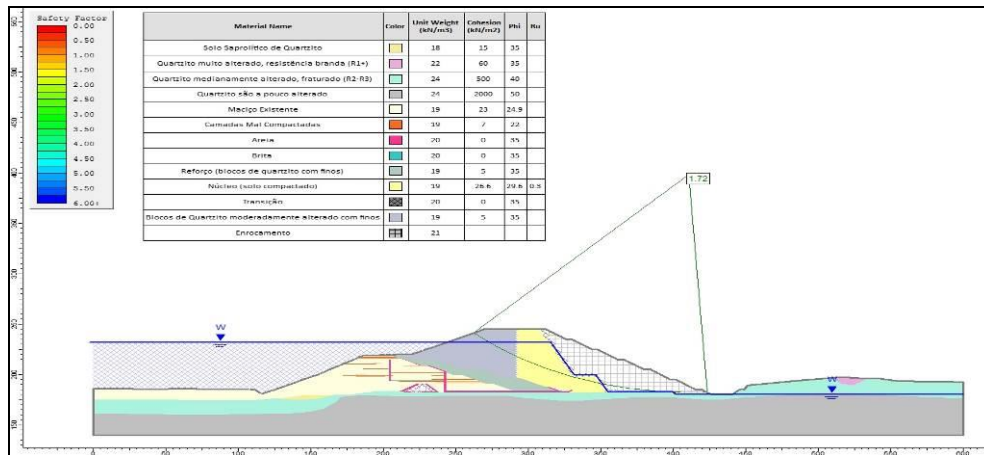


Figura 7-21: Final de construção (El. 245,00m) – Talude de Jusante – $F.S_{min} = 1,72$
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

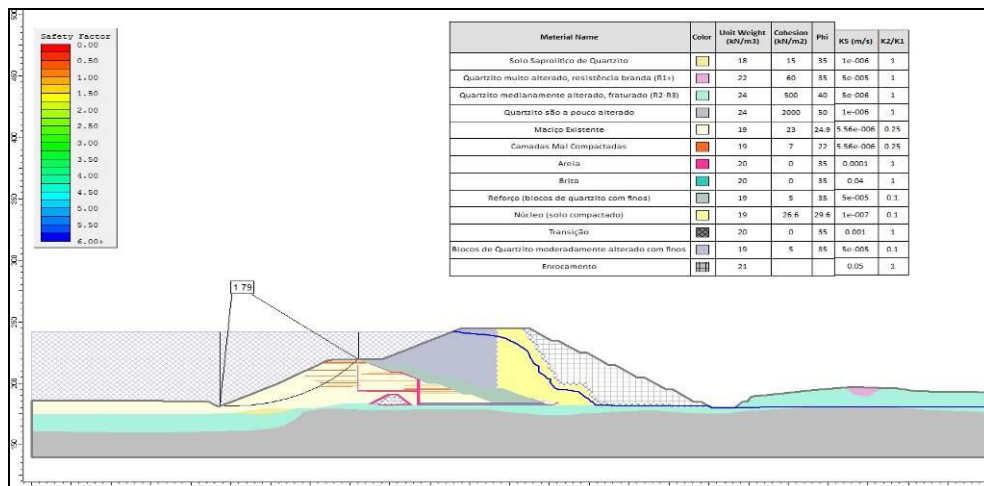


Figura 7-22: Operação Normal (El. 245,00m) – Talude de Montante – $F.S_{min} = 1,79$
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

96/138

REV.

C

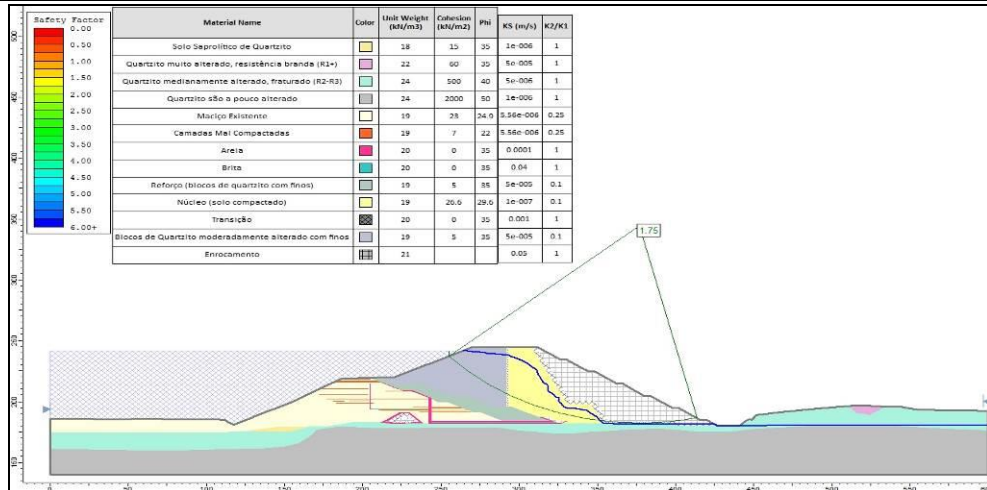


Figura 7-23: Operação Normal (El. 245,00m) – Talude de Jusante – F.S_{min} = 1,75
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

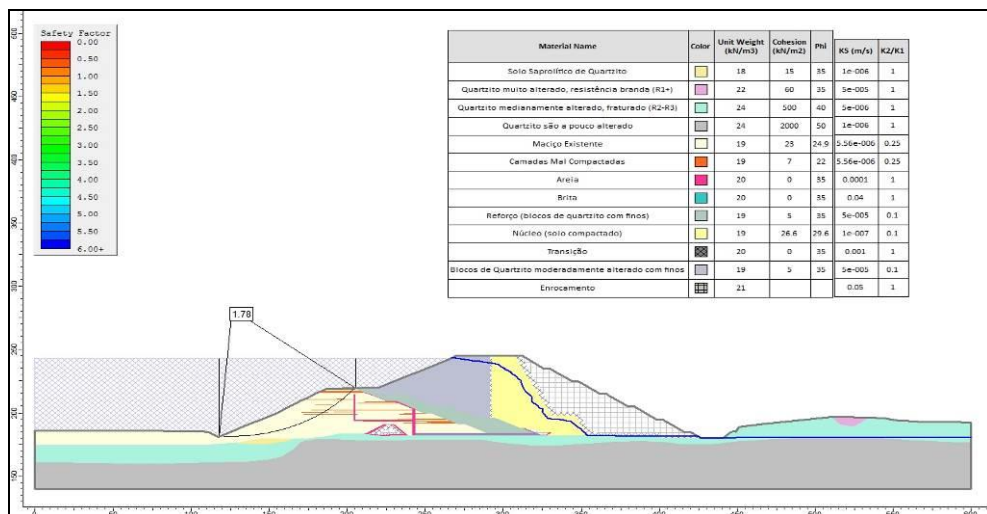


Figura 7-24: Condição Crítica (El. 245,00m) – Talude de Montante – F.S_{min} = 1,78
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

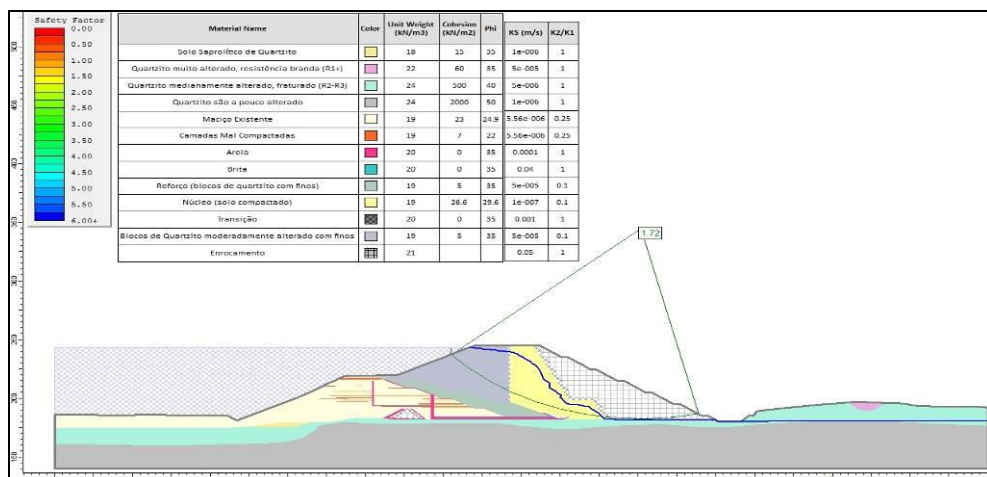






Figura 7-25: Condição Crítica (El. 245,00m) – Talude de Jusante – F.S_{min} = 1,72
Fonte: Projeto Executivo MC-9002SA-G-00001 (BVP, 2016)

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 97/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

7.6.4 Considerações da BVP em relação às Análises de Estabilidade por Equilíbrio Limite

Observa-se que à medida que foram sendo desenvolvidos os projetos, os ensaios dos materiais foram realizados, possibilitando a atualização dos parâmetros, assim como tornar as análises mais assertivas. Portanto não foram identificadas fraquezas neste sentido. Em relação às análises de estabilidade apresentadas, todas elas atendem às normas vigentes no momento, considerando cenários construtivos e operacionais, além de situações críticas, com nível do reservatório no nível máximo *maximorum*.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 98/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

8.0 REAVALIAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO

De acordo com a portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017, a Barragem de Rejeitos do Mirim possui Classe B, com Dano potencial associado alto e categoria de risco baixo.

A Tabela 8-1 apresenta a classificação da Barragem e as tabelas subsequentes apresentam os resultados dos enquadramentos das categorias apresentadas nas matrizes propostas nos Anexos da referida Portaria. Vale ressaltar que a reavaliação mostrada a seguir foi feita para a barragem na elevação 245,00 m.



		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 99/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Tabela 8-1: Classificação de Barragens para Mineração
Fonte: Portaria nº 70.389 (ANM)

NOME DA BARRAGEM: Barragem de Rejeitos do Mirim
DATA DA CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO: 18/09/2018

1 - CATEGORIA DE RISCO		PONTOS
1.1	Características Técnicas (CT)	13
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	0

PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS	13
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO	BAIXO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 60 ou $EC^*=10(*)$
	MÉDIO	37 a 65
	BAIXO	≤ 37

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

NOME EMPREENDEDOR: Salobo Metais S.A.
CLASSIFICAÇÃO PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO

2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)		PONTOS
2.1	Volume total do reservatório	5
2.2	Existência de População a Jusante	10
2.3	Impacto Ambiental	6
2.4	Impacto Sócio-Econômico	3

PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)	24
CLASSIFICAÇÃO DE DANO	Alto

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 13
	MÉDIO	$13 < DPA < 7$
	BAIXO	≤ 7

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO	B
--------------------------------	----------

Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado			
CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

100/138

REV.

C

**Tabela 8-2: Tabela de Características Técnicas
Fonte: Portaria nº 70.389 (ANM)**

1.1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT				
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa Única ou Dique de Partida (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
15m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milenar (2)	Jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto. (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (4)	200 ≤ Comprimento ≤ 600m (2)	TR = 500 anos (5)	Linha de Centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto. (6)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou Desconhecida/ Estudo não confiável (10)	Montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = ∑ (a até e):				13

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 101/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Tabela 8-3: Matriz de Classificação quanto à categoria de risco- Estado de Conservação
Fonte: Portaria nº 70.389 (ANM)

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



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

102/138

REV.

C

**Tabela 8-4: Matriz de Classificação quanto à categoria de risco- Plano de Segurança da Barragem
Fonte: Portaria nº 70.389 (ANM)**

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)				
1.3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (i)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (i)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (k)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (l)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e Operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto como está (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto conceitual (8)				Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	
PS = \sum (h até l)			0	

**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010****REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001



PÁGINA

103/138

REV.

C**Tabela 8-5: Matriz de Classificação quanto ao dano potencial associado – DPA
Fonte: Portaria nº 70.389 (ANM)**

QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (RESÍDUOS E REJEITOS)			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
MUITO PEQUENO $< = 500$ mil m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (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) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 500 mil a 5 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (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) (2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (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) (5)	SIGNIFICATIVO (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) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m ³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
Muito Grande $> = 50$ milhões m ³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	-
DPA= \sum (a até d)		24	

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 104/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Por se tratar de uma estrutura que apresenta Dano Potencial Associado (DPA) Alto, a Portaria DNPM Nº 70.389, de 17 de Maio de 2017 apresenta as seguintes exigências:

§ 2º Para as barragens de mineração classificadas com DPA alto, existência de população a jusante com pontuação 10 e características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, o empreendedor é obrigado a manter monitoramento com acompanhamento em tempo integral adequado à complexidade da estrutura, sendo de sua responsabilidade a definição da tecnologia, dos instrumentos e dos processos de monitoramento.

§ 3º As informações advindas do sistema de monitoramento, devem estar disponíveis para as equipes ou sistemas das Defesas Civas estaduais e federais e do DNPM, sendo que para as barragens de mineração com DPA alto, estas devem manter vídeo-monitoramento 24 horas por dia de sua estrutura devendo esta ser armazenada pelo empreendedor pelo prazo mínimo de noventa dias.

Desta forma, a Salobo Metais está em fase de elaboração de um projeto para implantação um sistema de monitoramento por vídeos com funcionamento de 24 horas/dia conforme exigido pelo DNPM.

Conforme exigências da Portaria do DNPM, também há a necessidade de elaborar uma nova RPSB, com prazo de seis meses contados da conclusão da modificação, após realização de modificações na estrutura, como alteamentos. O presente documento tem a finalidade de atender essa necessidade.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 105/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

8.1 ESTUDO DA RUPTURA HIPOTÉTICA DA BARRAGEM DE REJEITOS DO MIRIM

Segundo Portaria DNPM nº 70.389 de 17 de maio de 2017, os mapas de inundação devem abranger a distância mínima correspondente a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou extensão de 10 km, prevalecendo o de maior valor para determinação das Zonas de Autossalvamento (ZAS).

Ainda de acordo com a mesma portaria, o mapa de inundação deverá ser detalhado para o caso de barragens que se enquadrem com alto ou médio Dano Potencial Associado (DPA). Para isso, devem ser seguidas as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira constantes do Decreto nº 89.817/84, que determina a escala apropriada e nível de detalhamento para a base topográfica de representação da área afetada.

Os estudos de ruptura hipotética (“Dam Break”) da Barragem do Mirim, foram desenvolvidos pela Tractebel Engie em novembro de 2018. O documento VALE.RT-DB-RSA-101-03.18, apresenta a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

Conforme citado no referido documento, “O Estudo de Inundação é subsídio para a elaboração do Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM) e também como ferramenta para identificação, avaliação e quantificação dos danos associados à barragem em caso de ruptura”.

O mesmo documento apresenta um capítulo específico (Capítulo 5.0) para indicar as limitações técnicas dos estudos de “Dam Break”, de tal forma que alguns dos parâmetros utilizados no estudo foram definidos conjuntamente com a Salobo Metais, como por exemplo o volume de material mobilizado na ruptura e a propagação do material com características de água limpa, desconsiderando o efeito da presença do rejeito (sólidos) no volume que irá se propagar a jusante. A definição conjunta desses parâmetros se justifica, segundo o Relatório de Ruptura Hipotética, já que o estudo de rupturas em barragens ainda é bastante incipiente, com muitas incertezas, sendo uma ciência em desenvolvimento.

A seguir faz-se um comentário sobre cada um dos critérios definidos para o estudo de ruptura de barragem.

- **Volume de material mobilizado:** definiu-se 35% do volume de sólidos armazenado no reservatório, acrescido do volume da brecha de ruptura. Também se somou a esses valores o volume de água livre no reservatório além do volume de água armazenado entre a soleira do vertedor e o NA max. maximorum;
- **Tempo de formação da brecha:** Utilizou-se metodologia consagrada, sendo que os valores encontrados foram superiores a 1 hora.
- **Comportamento aquoso do volume desprendido:** O relatório indica que essa foi uma premissa definida juntamente com a Salobo Metais, justificando que a caracterização do escoamento hiperconcentrado depende de parâmetros reológicos de elevada complexidade, sendo que há a dificuldade adicional de se definirem os

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 106/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

respectivos parâmetros de resistência associados a esse tipo de escoamento. Normalmente realiza-se um cálculo de concentração volumétrica de sólidos para subsidiar essa definição, dependendo da faixa de valor de Cv encontrada, conforme Tabela 8-6 a seguir:

Tabela 8-6: Caracterização do escoamento em função da concentração de sólidos

Fonte: XXXXX

Características do escoamento	Concentração volumétrica - Cv	Descrição do escoamento
Escorregamento	0,53 a 0,90	Não há escoamento
	0,50 a 0,53	Deformações internas e movimento lento devido às tensões
<i>Mudflow</i>	0,48 a 0,50	Escoamento evidente, apesar de lento; Deformações plásticas sem espraiamento sobre as superfícies adjacentes.
	0,45 a 0,48	Início de espraiamentos, apesar da atuação de forças coesivas.
<i>Mud flood</i>	0,40 a 0,45	Mistura-se com facilidade; Apresenta fluidez na deformação alastrando-se sobre superfícies horizontais; Durante movimento a superfície do fluido apresenta considerável declividade; Aparecimento de ondas com dissipação rápida.
	0,35 a 0,40	Acentuada sedimentação; Alastra-se quase por completo sobre superfícies horizontais; Identificação de duas fases (fase líquida aparece); Ondas se propagam por distâncias consideráveis.
	0,30 a 0,35	Separação de água na superfície; Ondas propagam-se com facilidade; Decantação de partículas granulares.
	0,20 a 0,30	Ação de ondas distinta; Superfície fluida; Todas as partículas foram decantadas.
Escoamento aquoso	< 0,20	Inundação provocada por propagação de onda no estado líquido com de carga de sedimentos suspensos.

O valor calculado depende diretamente da densidade do sólido e da porcentagem de sólidos em relação ao volume total de material que se definiu como mobilizado.

A priori não é possível afirmar que essa diferença produza resultados significativamente diferentes, uma vez que tais cálculos não são apresentados no relatório de *Dam Break*. É corriqueiro utilizar-se de metodologia diferenciada, ao menos realizando uma correção no valor do coeficiente de Manning adotado para os diversos tipos de cobertura do terreno, porém vale o registro que diante das muitas variáveis que compõem o estudo de propagação da onda de ruptura, juntamente com a limitação da modelagem que desconsidera os efeitos de erosão e carregamento de materiais do vale por onde a onda se propaga, pode-se entender que a adoção dessa premissa tenha efeito pouco significativo, principalmente em se tratando de um volume de propagação tão elevado.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 107/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Pode-se dizer que o escoamento aquoso proporciona escoamentos com velocidades mais elevadas e, conseqüentemente, lâminas d'água menores. Por outro lado, o efeito das velocidades maiores implica em cotas maiores da mancha de inundação e comprimento menor.

Por fim, recomenda-se que os limites definidos na modelagem da mancha de inundação, considerando escoamento puramente aquoso ou não, seja apenas uma orientação, que precisa ter uma análise extra quando se trata de avaliação de efeitos nos limites. Ou seja, é importante considerar uma faixa além dos limites definidos na simulação que precisa de atenção em caso de ruptura.

O estudo considerou também o efeito da ruptura em cascata da barragem do Mirim e da barragem de Finos II, conforme preconiza a portaria do DNPM nº 70.389/17.

9.0 REAVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, TESTES, INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO

O presente item objetiva atender inciso II do Art. 13 da portaria 70.389 de 17 de maio de 2017 do DNPM, que diz o seguinte:

Art. 13. A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança, compreendendo, para tanto:

(...)

II. O exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor.

(...)

Portanto, neste item será avaliado o Manual de Operação (MO-9002SA-G-00001) elaborado pela BVP para a Barragem até a elevação 255,0 m.

Entende-se que o Manual de Operação apresenta os principais procedimentos que devem ser adotados para manutenção da segurança da estrutura, a saber:

- Plano de Inspeção, que apresenta orientações gerais sobre o que deve ser observado em uma inspeção;
- Apresenta modelos de fichas de inspeção regular e especial, bem como classificação do Estado de Conservação;
- Nível do profissional a fazer as diferentes atividades, por exemplo, em relação à inspeção especial em nível alerta onde deve ser realizada por especialista da área afetada pela anomalia constatada, em conjunto com membro da equipe técnica responsável pela equipe local de Operação e Monitoramento;
- Periodicidade para realização das inspeções, assim como os relatórios rotineiros, que apresentam registros fotográficos e demais itens indicados no manual;

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 108/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

- Carta de Risco, que compõe este tipo de documento. No caso da Barragem de Rejeitos do Mirim sabe-se que a barragem é formada por um núcleo argiloso, enrocamento e materiais granulares (transições) no espaldar de montante e jusante. Sendo assim, não é possível estabelecer os níveis usuais (normal, alerta, atenção e emergência) de um manual de auscultação para esta estrutura. Não é possível simular uma situação crítica de operação apenas elevando a superfície freática, pois a porção de enrocamento do maciço possui parâmetros de permeabilidade que não possibilitam tal condição, ou seja, quando no material granular dissipa-se totalmente a poropressão. Para este tipo de estrutura, usualmente adota-se apenas um nível de referência, correspondente à situação de operação normal da barragem para nortear a avaliação das leituras do instrumento numa eventual anomalia de comportamento da estrutura, o que foi feito para a Barragem do Mirim e apresentado no relatório de Carta de Risco RL-9002SA-X-70076;
- Considerações sobre o plano de monitoramento e instrumentação, contemplando a frequência para as leituras dos instrumentos a depender do período construtivo;
- É descrito sobre a importância de constante calibração e manutenção dos instrumentos e apresentado um modelo de check list para os mesmos;
- No manual também é abordada a importância de uma estrutura organizacional eficiente, treinada e que envolva todos os níveis de profissionais contidos na operação, monitoramento e manutenção do empreendimento, além de contar periodicamente com o apoio de um engenheiro consultor, especialista em sistemas de disposição de rejeitos.



10.0 PLANO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO – PAEBM

O PAEBM (Plano de Emergência para Barragens de Mineração) da Barragem do Mirim, documento RL-9002SA-X-70080, foi elaborado em dezembro de 2018, ou seja, já preconizando as exigências da nova portaria do DNPM, 70389/17. O documento foi elaborado pela BVP Engenharia, assim como o esta RPSB.

As informações de contatos dos responsáveis, inclusive aqueles definidos como suplentes, estão claros no documento, informando-se os números de telefone de cada um. Também são apresentados os fluxogramas de notificação, bem como fichas de emergência para cada nível de alerta.

Com relação ao sistema de alerta, o documento não detalha tais informações, tampouco cita o documento que detalha as orientações nem especificação técnica, uma vez que a VALE informou que o sistema de monitoramento e de alerta está em implantação, sendo previsto o cumprimento do prazo legal de 16/06/2019.

A VALE disponibilizou o documento 9000SA-G-00001, que mostra a locação em planta das sirenes. A Figura 10-1 ilustra o projeto enviado.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 109/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

Em linhas gerais, o PAEBM é bastante completo, com informações diretas e objetivas, devendo-se atentar para a definição do sistema de alerta, incluindo-se no documento ou referenciando aquele que trata do tema.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

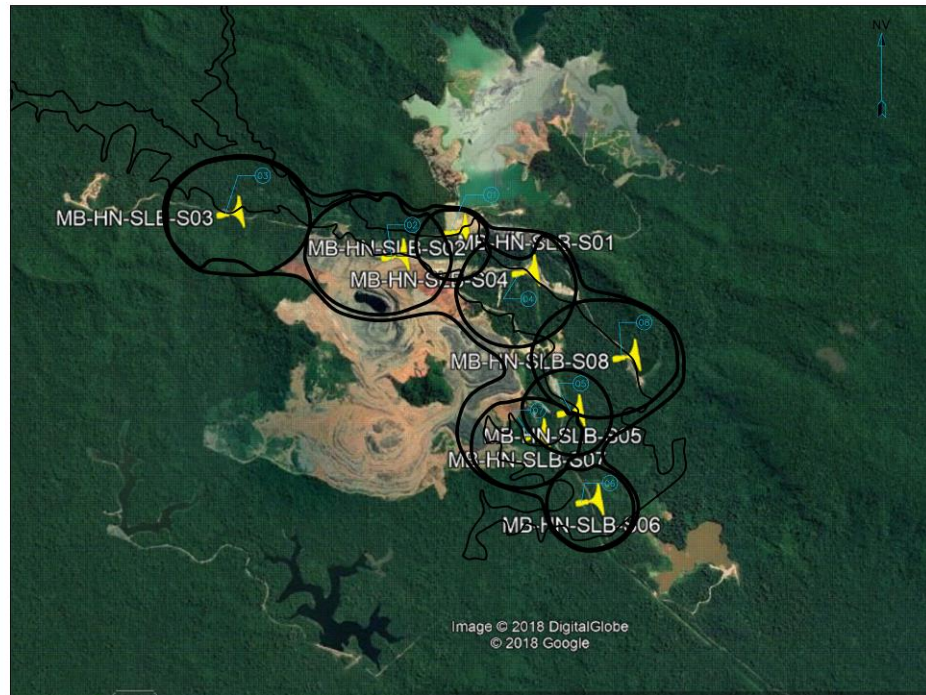
18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

110/138

REV.

C



LISTA DE EQUIPAMENTOS						
TAG	LATITUDE	LONGITUDE	EQUIPAMENTO (W)	TIPO DE MONTAGEM	AZIMUTE	RAIO SÔNORO MÉDIO
MB-HN-SLE-S03	25°48'50.18"S	50°21'36.40"W	3000W	"V"	132°	±1.050m
MB-HN-SLE-S02	25°47'50.20"S	50°21'34.50"W	3500W (1500/2400)	"V"	67/250°	±1.350m
MB-HN-SLE-S01	25°48'38.20"S	50°21'28.50"W	3500W	"V"	80°	±1.350m
MB-HN-SLE-S04	25°47'59.20"S	50°20'59.90"W	3500W (1500/1500)	"V"	194°/232°	±1.020m
MB-HN-SLE-S05	25°48'31.81"S	50°20'31.70"W	3500W (1200/1800)	"V"	220°/214°	±1.050m
MB-HN-SLE-S06	25°48'33.02"S	50°20'30.32"W	3500W (1500/1500)	"V"	162°/230°	±1.030m
MB-HN-SLE-S07	25°48'33.02"S	50°20'30.32"W	3500W (1500/1500)	"V"	162°/230°	±1.030m
MB-HN-SLE-S08	25°47'48.70"S	50°20'12.80"W	3500W (1800/1200)	"V"	238°/210°	±1.100m

PLANTA
S/S

NOTAS

- 01. INSTRUMENTO EM COLÍMETER, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 02. PARA RELATÓRIO DE ATIVIDADE, VER DOC. Nº RL-9002SA-G-0000.
- 03. PARA PLANOS DE REVISÃO, VER DOC. Nº RL-9002SA-G-0001.
- 04. PARA ARQUITETURA DE CONEXÃO, VER DOC. Nº 9002SA-G-0002.
- 05. PARA LETA DE CASO DOS EQUIPAMENTOS, VER DOC. Nº LA-9002SA-G-0003.
- 06. PARA DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO, VER DOC. Nº DI-9002SA-G-0004.
- 07. PARA LETA DE MATERIAIS, VER DOC. Nº LM-9002SA-G-0004.
- 08. ESTE PROJETO ESTÁ EM CONFORMIDADE COM A NORMATIVA DE DESEMPENHO E NÍVEL EQUIPADA, NA AMPLIAÇÃO.
- 09. RAIO SÔNORO MÉDIO REFERENTE AO ALCANCE ACÚSTICO DE 70dB DAS SIRENES.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

REV.	FE	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	PARA CONSTRUÇÃO	25	CAS	4.4	4.4	4.4	01/10/18
2	B	REVISÃO TÉCNICA	25	CAS	4.4	4.4	4.4	01/10/18

SISTEMA DE SINALIZAÇÃO SÔNORA E VISUAL
PROJETO DETALHADO
SISTEMA DE REJEITO E PROTEÇÃO AMBIENTAL
MINA DE SALOBO – SISTEMA DE ALARME DE EMERGÊNCIA
PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SIRENES
DESENHO

ESCALA: S/ ESC. Nº PROJETO: 00-11830117-G-001 Nº VIGIA: 90002SA-G-00001 REVISÃO: 0

Figura 10-1: Planta de locação das sirenes – Projeto da telemática

Fonte: XXXX

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 111/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

11.0 REVISÃO DOS RELATÓRIOS DAS REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGEM ANTERIORES

Até maio/17, estava em vigor a PORTARIA Nº 416, DE 03 DE SETEMBRO DE 2012, a qual preconizava que a periodicidade máxima para realização de uma RPSB era em função da classificação quanto ao Risco e ao Dano Potencial Associado, constante do Anexo I, sendo:

- I classe A: a cada 5 (cinco) anos;
- II classe B: a cada 5 (cinco) anos;
- III classe C: a cada 7 (sete) anos;
- IV classe D: a cada 10 (dez) anos; e
- V classe E: a cada 10 (dez) anos.

Essa mesma Portaria mencionava também que, sempre que ocorressem modificações estruturais, como alteamentos, ou modificações na classificação dos rejeitos depositados na barragem, o empreendedor ficaria obrigado a executar uma nova Revisão Periódica de Segurança de Barragem. Desta forma, a primeira RPSB da Barragem de Rejeitos do Mirim teria de ser realizada até o ano de 2019, quanto completaria 7 anos após o início da vigência da Portaria Nº 416, devido ao enquadramento da barragem na categoria C.

A partir da vigência da PORTARIA Nº 70.389, DE 17 DE MAIO DE 2017, houve uma alteração nessa interpretação, exigindo que todas as Barragens com Dano Potencial Associado (DPA) classificado como alto, como é o caso da Barragem de Rejeitos do Mirim, deveriam ter sua primeira RPSB elaborada num prazo de 6 meses. Também ocorreu uma retificação desse prazo, publicado no Diário Oficial da União, no dia 10/11/17, passando a ser de 12 meses.

Portanto, de acordo com a Legislação vigente, foi elaborado pela BVP Engenharia a primeira Revisão Periódica de Segurança de Barragens (RPSB) para a Barragem de Rejeitos do Mirim. Este referido documento tem a numeração RL-9002SA-G-00008 e foi emitido em maio de 2018, em conformidade com os requisitos legais.

A primeira versão do RPSB contemplou as avaliações feitas para a Barragem do Mirim com a crista até a elevação 235,0 m, o que representava a condição daquele momento. Como a barragem foi alteada para a cota 245,0 m, faz-se necessária a elaboração de uma nova RPSB para a estrutura. Desta forma, o presente documento visa atender às exigências do DNPM e sobrepõe a RPSB anterior, uma vez que o maciço foi alteado em 10 metros.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

112/138

REV.

C

12.0 ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO

A Barragem de Rejeitos do Mirim, conforme já descrito, está em processo de alteamento, portanto, os instrumentos estão também em fase de instalação. Os instrumentos da barragem na elevação 220,0 m foram afogados e não funcionam atualmente.

O projeto de instrumentação elaborado pela BVP para os alteamentos da barragem até a elevação 255,0 m contemplam piezômetros de Casagrande e elétricos, indicadores de nível de água nas ombreiras, medidores de recalque magnético, inclinômetros e marcos superficiais. Devido ao atual cenário de obras de alteamento da barragem, não foi possível realizar leituras em vários dos instrumentos. Desta forma, recomenda-se que sejam realizadas as leituras de todos os instrumentos já instalados e a realização da instalação de todos os instrumentos indicados para esta fase do alteamento.

O desenho 9002SA-X-70526 mostra o projeto com os instrumentos indicados para monitoramento da Barragem na elevação 245,0 m e na sequência (Figura 12-2 à Figura 12-7) são apresentadas as seções instrumentadas.

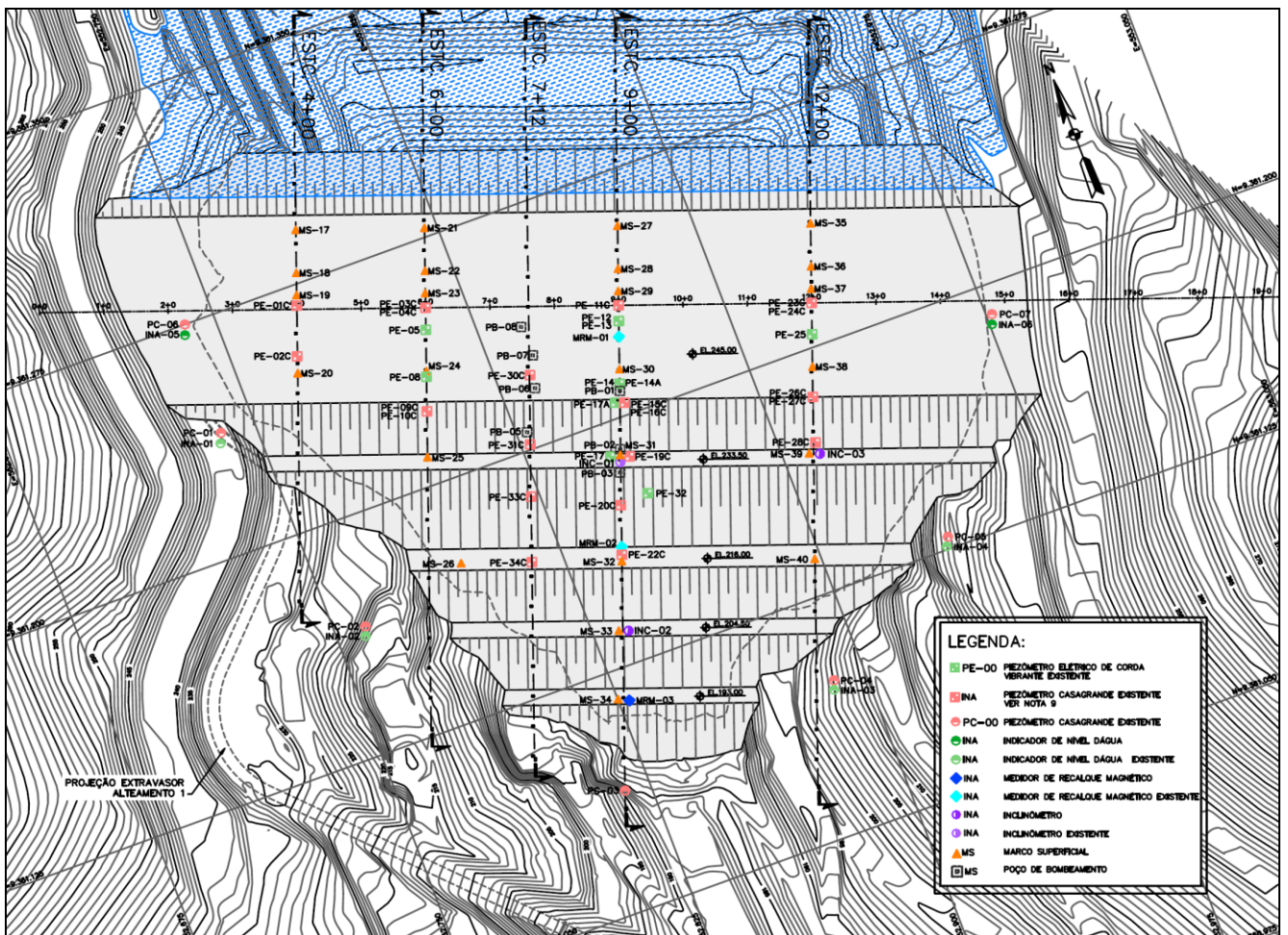


Figura 12-1: Plano de instrumentação (9002SA-X-70526)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

113/138

REV.

C

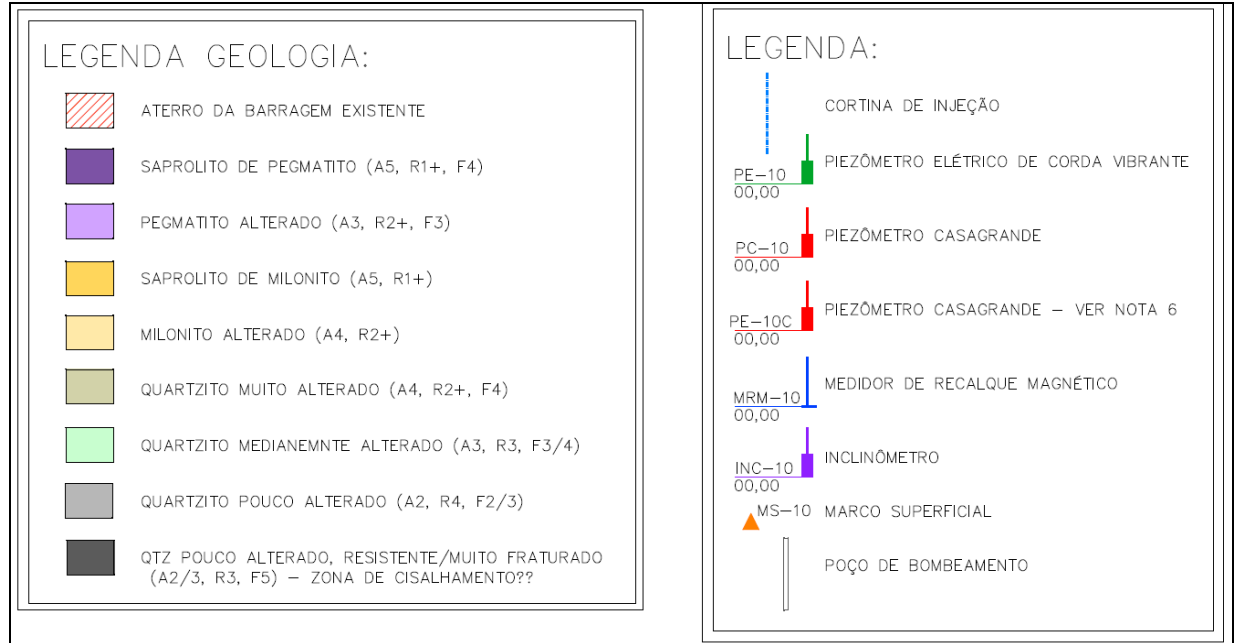


Figura 12-2: Legendas dos materiais de fundação e dos instrumentos (9002SA-X-70527)

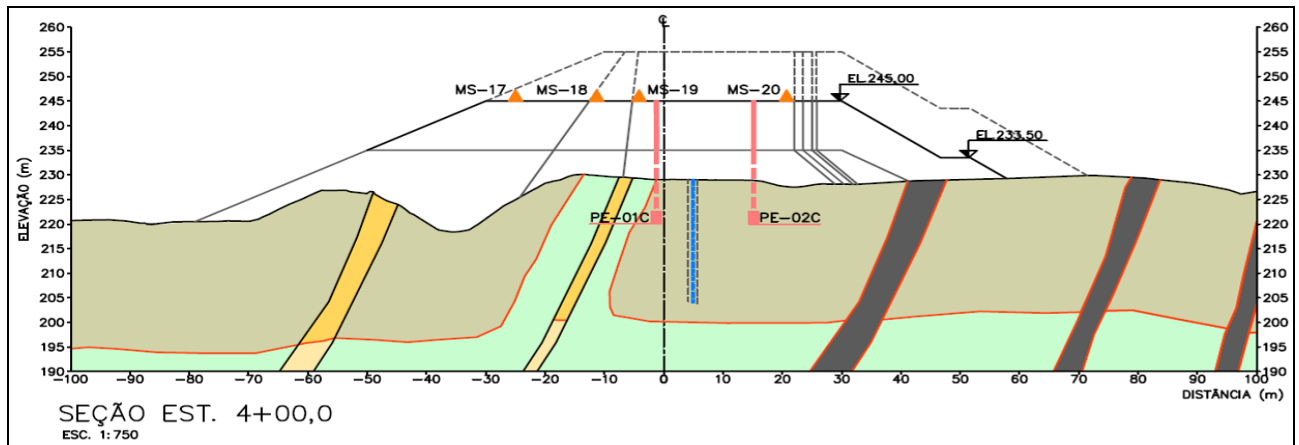


Figura 12-3: Seção 4+0,00 (9002SA-X-70527)

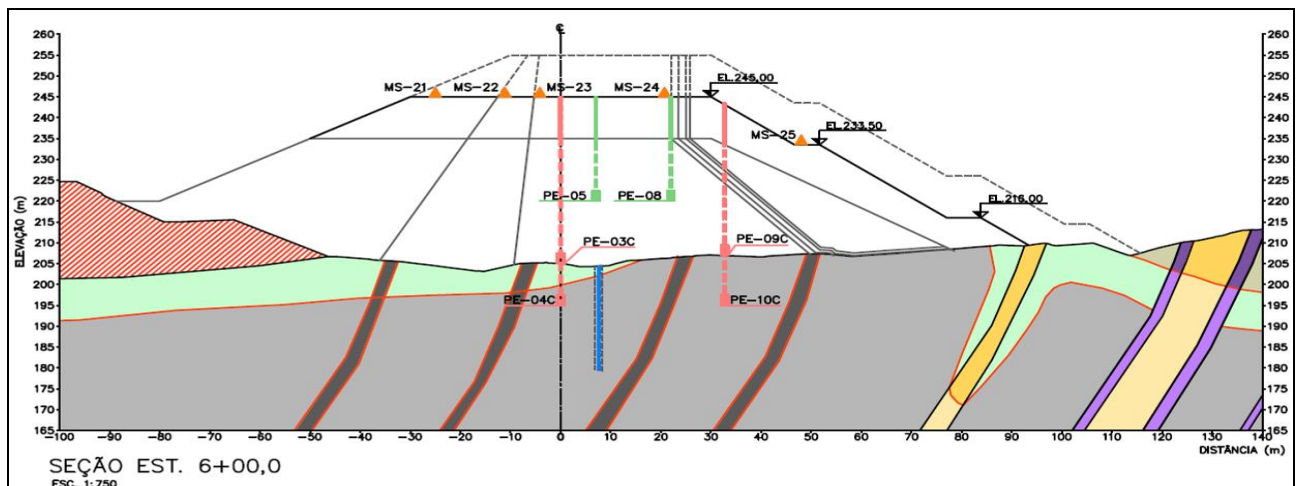


Figura 12-4: Seção 6+0,00 (9002SA-X-70527)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

114/138

REV.

C

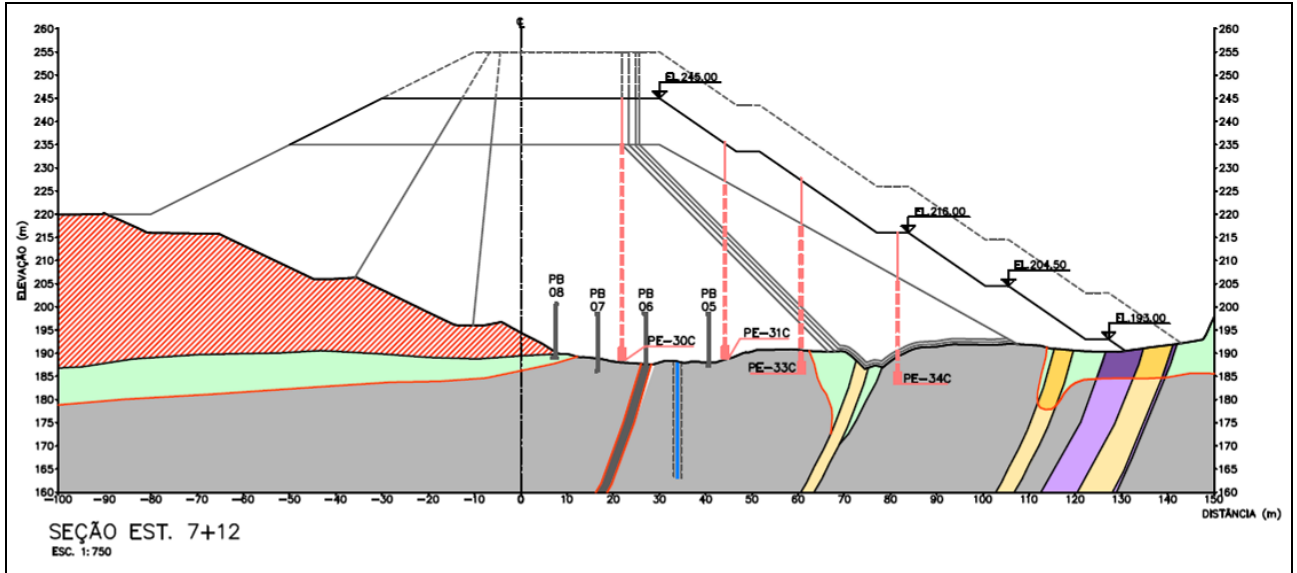


Figura 12-5: Seção 7+12,00 (9002SA-X-70527)

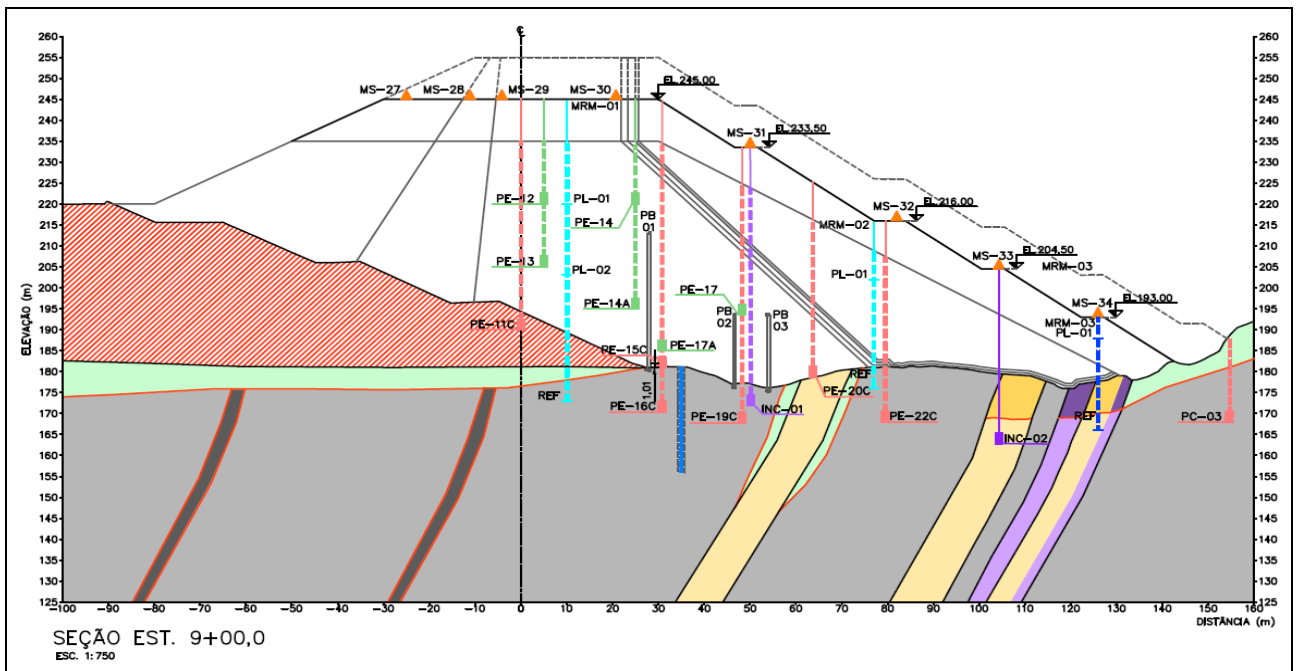


Figura 12-6: Seção 9+00,0 (9002SA-X-70527)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

115/138

REV.

C

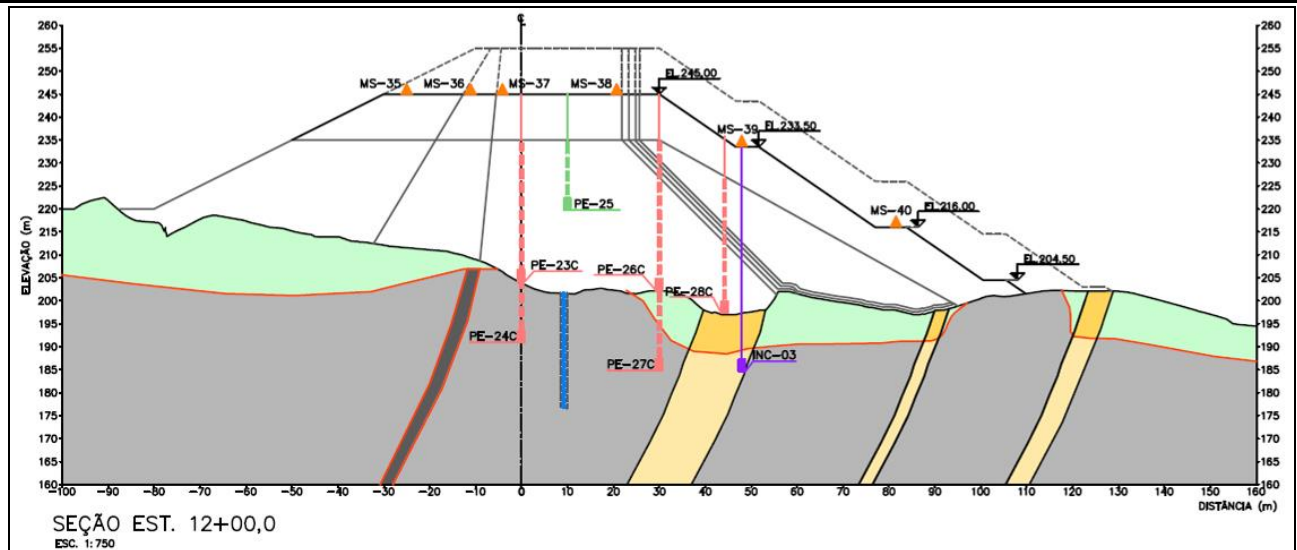


Figura 12-7: Seção 12+00,0 (9002SA-X-70527)

Para o momento não é possível proceder a uma avaliação do comportamento das leituras, assim como dos instrumentos, pois ainda não há informações suficientes que possibilitem avaliar a tendência do comportamento dessas leituras.

Reforça-se sobre a importância da realização das leituras periodicamente, da instalação de todos os instrumentos previstos nos projetos, mostrados anteriormente, e sobre a necessidade da elaboração de croquis de instalação.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 116/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

13.0 ANÁLISES DE ESTABILIDADE DA SITUAÇÃO ATUAL (RPSB – 2018)

Nos relatórios de inspeção regular (RISR) elaborados para o ano de 2018, com numerações RL-9002SA-G-00005 e RL-9002SA-G-00016 as informações recebidas de obra foram compiladas (controle tecnológico) de forma a considerar esses novos dados nas análises de estabilidade.

Nos relatórios supracitados são avaliados os materiais que estão sendo usados em obra, apresentando observações sobre a aderência ao especificado, assim como avaliação da compactação do núcleo da Barragem, com base nos ensaios de obra fornecidos pela Salobo Metais.

Portanto, as análises de estabilidade que serão apresentadas na sequência para a elevação 245,0 m contemplam todas essas últimas atualizações feitas para os parâmetros dos materiais.

Conforme apresentado no item anterior (12.0), a linha freática nas seções de análise de estabilidade será a mesma preconizada nos documentos de projeto, ou seja, traçando o nível freático percolando pelo sistema de drenagem interna da barragem.

Adotou-se essa premissa devido ao atual cenário da estrutura, onde a barragem e os instrumentos foram alteados recentemente. Consequentemente, as leituras ainda estão em fase inicial de monitoramento, não tendo uma quantidade de dados suficiente que represente o comportamento do nível de água no maciço.

13.1 SEÇÕES DE ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Como o AS BUILT da barragem não foi realizado, as seções tomadas como representativas para verificar a estabilidade global da Barragem de Rejeitos do Mirim são seções mais atualizadas, que contemplam algumas alterações construtivas realizadas e, portanto, diferem das apresentadas no projeto executivo. Além disso, foram disponibilizados alguns ensaios de controle tecnológico que possibilitaram a atualização de alguns parâmetros, como foi o caso do material do núcleo.

Em relação à instrumentação, a seguir na Figura 13-1 são mostradas as 5 seções de estudo em planta, juntamente com a locação da instrumentação já instalada. Nas seções (Figura 13-2 à Figura 13-6) também estão situados somente os instrumentos já implantados conforme consta nos boletins de instalação fornecidos pela Salobo Metais. A planta que mostra a instrumentação planejada completa para esta elevação da barragem (245,0 m) possui numeração 9002SA-X-70526.



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

117/138

REV.

C

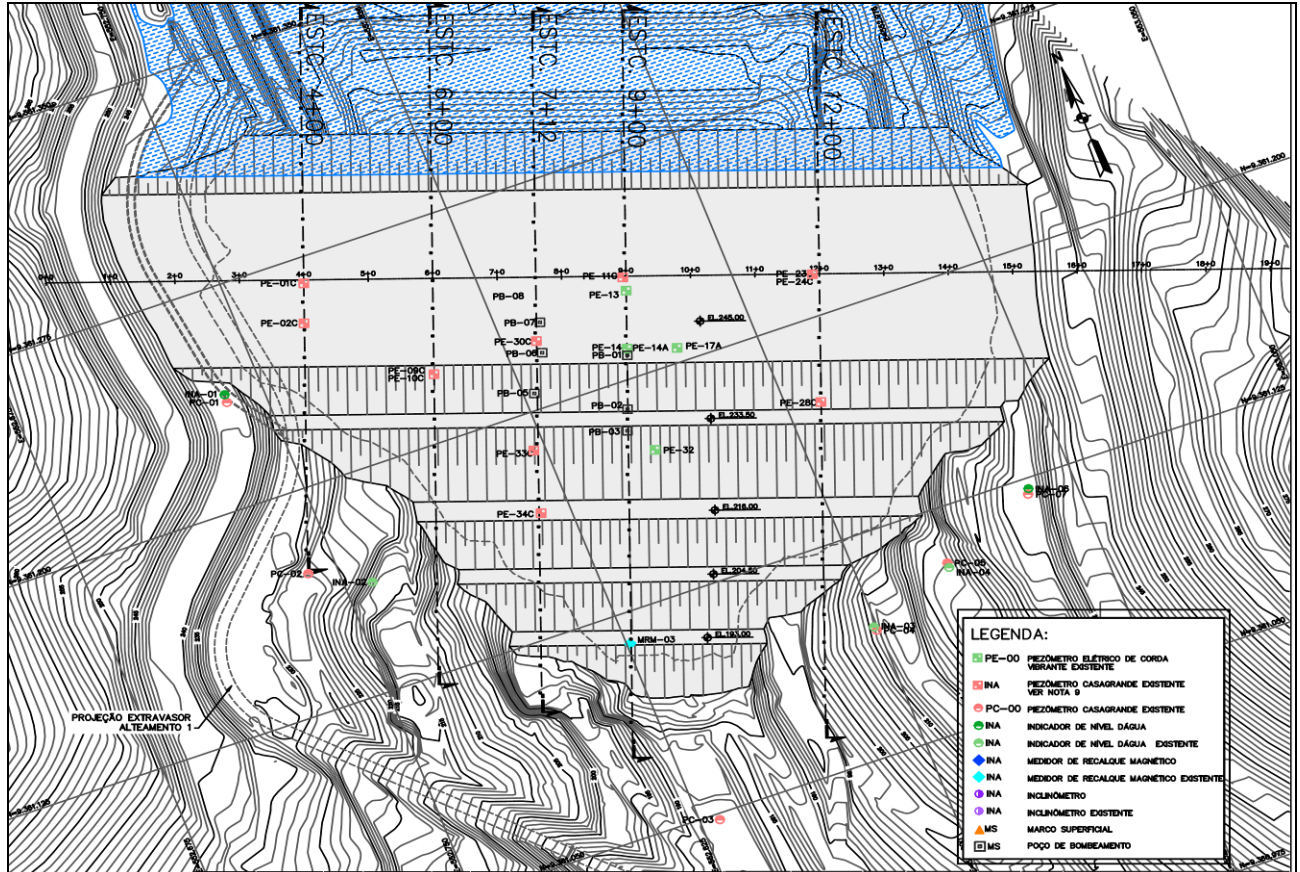


Figura 13-1: Planta de Locação das Seções de Análise e instrumentos já instalados
Fonte: 9002SA-X-70526 – modificado

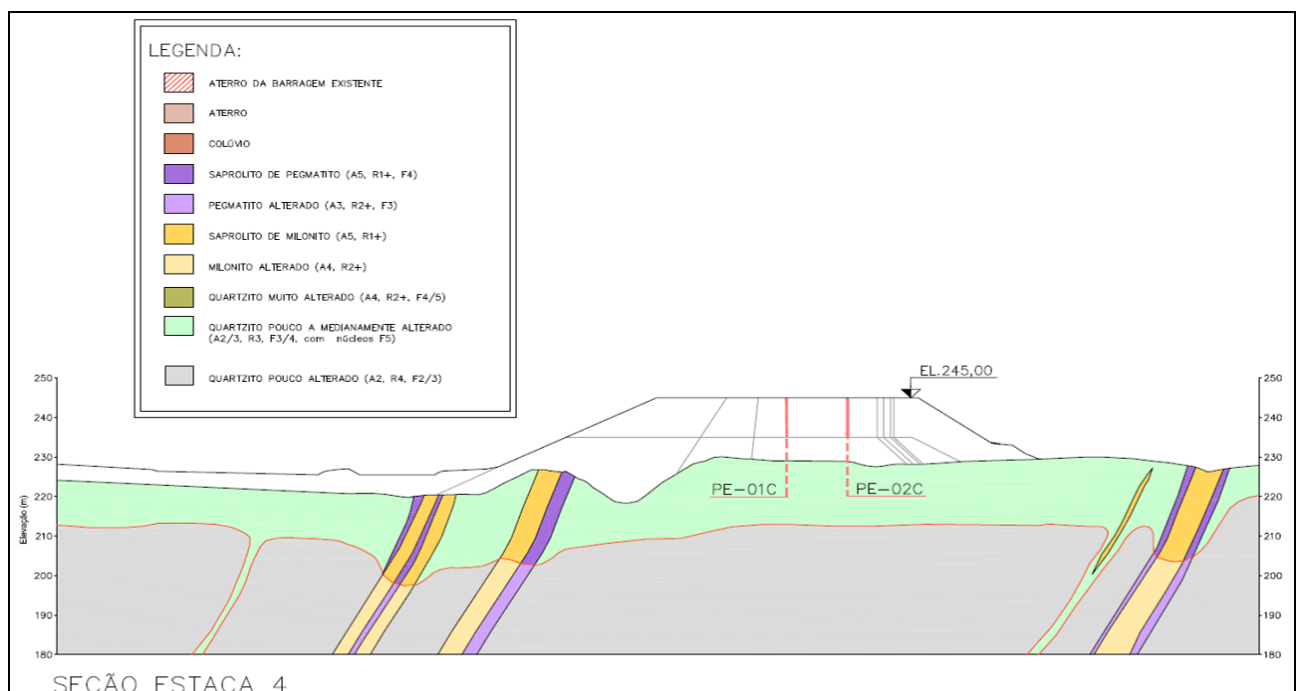


Figura 13-2: Seção 4+0,00
Fonte: 9002SA-X-70527 (BVP, 2018 – atualizado)



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

118/138

REV.

C

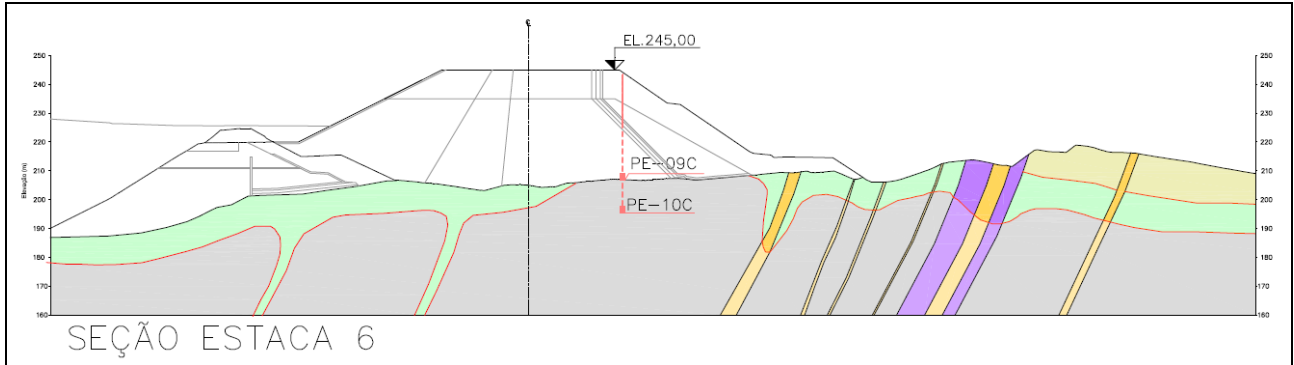


Figura 13-3: Seção 6+0,00

Fonte: 9002SA-X-70527 (BVP, 2018 – atualizado)

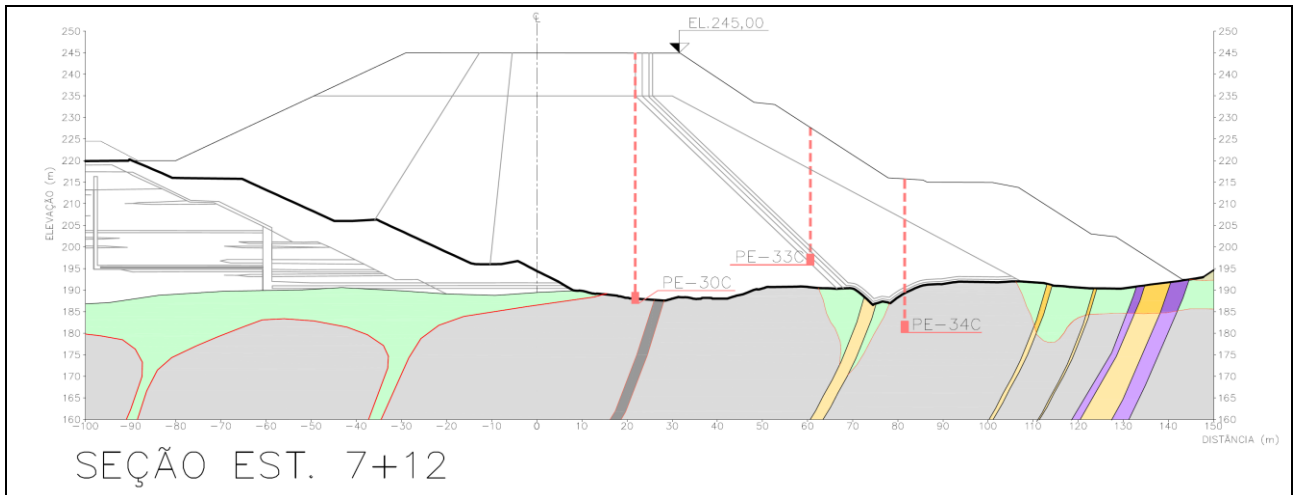


Figura 13-4: Seção 7+12,00

Fonte: 9002SA-X-70527 (BVP, 2018 – atualizado)

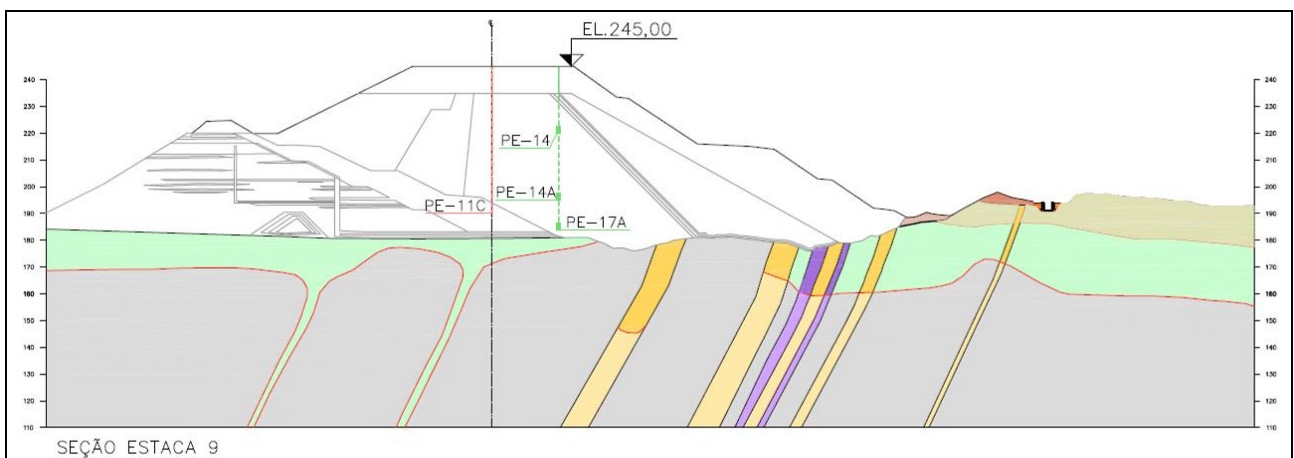


Figura 13-5: Seção 9+0,00

Fonte: 9002SA-X-70527 (BVP, 2018 – atualizado)

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS	Nº VALE	PÁGINA	
	RL-9002SA-X-70079	119/138	
	Nº (CONTRATADA)	REV.	
	18040-010A-1-GT-RT-0001	C	

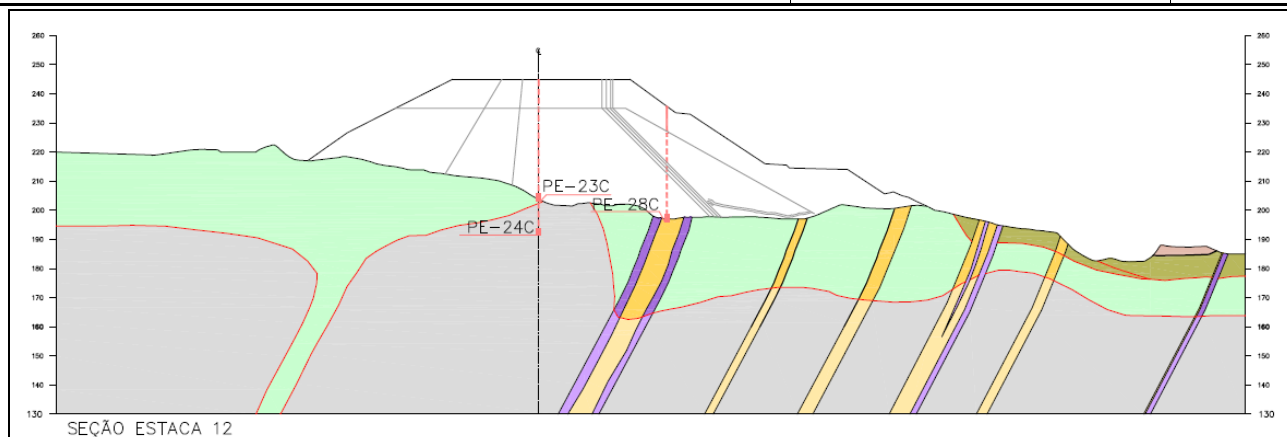


Figura 13-6: Seção 12+0,00
Fonte: 9002SA-X-70527 (BVP, 2018 – atualizado)

13.2 METODOLOGIA

Para as análises, utilizou-se o programa computacional Slide, da empresa canadense Rocscience, versão 2018. O Slide é um programa de análises bidimensionais de estabilidade de taludes que calcula o fator de segurança para rupturas circulares e não circulares através da teoria de Equilíbrio Limite.

O método de cálculo utilizado foi o GLE/Morgenstern-Price que, dentre os métodos incluídos no software, é um dos mais rigorosos que calcula os fatores de segurança a partir do equilíbrio de momentos e equilíbrio de forças horizontais.

Procedeu-se a busca das superfícies de ruptura críticas circulares e multiplanares, considerando a interceptação das mesmas pela fundação.

13.3 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA

Os parâmetros de resistência e peso específicos adotados nas análises de estabilidade são apresentados na sequência. A maioria dos parâmetros de permeabilidade adotados foram estimados em comparação com materiais semelhantes presentes na literatura, além do conhecimento da equipe BVP.

Tabela 13-1: Parâmetros adotados nas Análises de Estabilidade
Fonte: Memória de Cálculo do Projeto Executivo - MC-9002SA-G-00001 (2016/2017) e atualizações

Material	Cor	PESO ESPECÍFICO	RESISTÊNCIA		PERMEABILIDADE	
			Coesão	Ângulo de atrito	Coef.	Razão de Permab.
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ' (°)	k (m/s)
Núcleo (Solo Compactado)		19,00	19,00	31,00	1×10^{-7}	0,1
Maçço Existente		18,00	23,00	25,00	$5,56 \times 10^{-6}$	0,25
Areia		20,00	0,00	35,00	$5,3 \times 10^{-4}$	1



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

PÁGINA

120/138

REV.



C

Material	Cor	PESO ESPECÍFICO γ (kN/m ³)	RESISTÊNCIA		PERMEABILIDADE	
			Coesão	Ângulo de atrito	Coef.	Razão de Permab.
			c' (kPa)	Φ' (°)	k (m/s)	kv / kh
Brita 0		20,00	0,00	35,00	$3,5 \times 10^{-2}$	1
Brita 3		20,00	0,00	35,00	$4,5 \times 10^{-1}$	1
Transição		20,00	0,00	35,00	1×10^{-3}	1
Enrocamento (Xisto) (Fonte: Dissert. Irapé)		21,00	$\phi = 60 - \log(\sigma N)$		1	1
Expurgo de xisto ou Quartzito britado		20,00	$\phi = 55 - \log(\sigma N)$		$6,65 \times 10^{-5}$	1
Quartzito Peneirado		19,00	5,00	32,00	$6,65 \times 10^{-5}$	1
Solo Saprolítico		18,00	15,00	35,00	1×10^{-6}	1
Quartzito muito alterado, resistência branda (R1+)		22,00	45,00	32,00	5×10^{-6}	1
Quartzito medianamente alterado, fraturado (R2- R3)		23,00	58,00	43,00	5×10^{-6}	1
Quartzito são, pouco alterado		24,00	214,00	52,00	1×10^{-6}	1
Blocos de Quartzito, moderadamente alterado com finos		19,00	5,00	35,00	5×10^{-5}	0,1
Camadas Mal Compactadas		19,00	7,00	22,00	$5,56 \times 10^{-6}$	0,25
Reforço (Blocos de Quartzito com Finos)		19,00	5,00	35,00	5×10^{-5}	0,1
Saprolito de Pegmatito R1		22,00	45,00	32,00	1×10^{-6}	1
Quartzito R2/Pegmatito R2		22,00	48,00	33,00	1×10^{-6}	1
Milonito Alterado (R2)		22,00	37,00	28,00	2×10^{-7}	1
Saprolito de Milonito (R1)		21,00	30,00	25,00	2×10^{-7}	1

Para o enrocamento e o expurgo de xisto foram adotados ângulos de atrito Φ' como função da tensão normal (σ_n), conforme mostrado na Tabela 13-2 a seguir com base na teoria de LEPS (1970).

Tabela 13-2: Envoltórias de resistência utilizadas

σ_n (kPa)	Expurgo de Xisto			Enrocamento		
	Φ (°)	ϕ (rad)	τ (kPa)	Φ (°)	ϕ (rad)	τ (kPa)
6,9	49	0,86	7,97	54	0,94	9,54
13,8	47	0,82	14,81	52	0,91	17,68
34,5	44	0,77	33,59	49	0,86	40,02
68,9	42	0,74	62,33	47	0,82	74,23
137,9	40	0,7	115,81	45	0,79	138,01
344,7	37	0,65	262	42	0,74	312,97

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 121/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

σ_n (kPa)	Expurgo de Xisto			Enrocamento		
	$\Phi(^{\circ})$	$\varphi(\text{rad})$	τ (kPa)	$\Phi(^{\circ})$	$\varphi(\text{rad})$	τ (kPa)
689,5	35	0,61	485,13	40	0,7	581,24
1379	33	0,58	896,32	38	0,66	1078,29
3447,4	30	0,53	2009,46	35	0,62	2435,26

13.4 CENÁRIOS ESTUDADOS

As análises de estabilidade da situação atual da Barragem de Rejeitos do Mirim foram realizadas com o objetivo de determinar os fatores de segurança da condição atual da estrutura (2018 – 2ª Fase de alteamento na El. 245,00 m) para três cenários:

- O Cenário I, refere-se ao cenário de Longo Prazo, em que são considerados para todos os materiais, parâmetros de resistência determinados a partir das trajetórias das tensões efetivas e nível do reservatório normal na elevação 243,00 m. O fator de segurança (FS) mínimo nesta condição é 1,5;
- O Cenário II, refere-se ao cenário de Final de Construção em que o núcleo apresenta resistência não drenada. Portanto, foi usado um RU igual a 0,3 (igual ao adotado no projeto executivo) para simulação desta condição e para os demais materiais, por serem drenantes, foram considerados parâmetros efetivos. O nível do reservatório considerado neste cenário é o atual (225,57 m). Essa consideração é conservadora, devido aos fatores de segurança encontrados para o espaldar de montante da barragem serem menores nessa condição. O FS mínimo requerido neste caso é 1,3;
- O Cenário III, refere-se a um cenário operacional crítico, onde foi considerado o nível do reservatório no máximo *maximorum* (El. 243,88 m) e o mau desempenho da drenagem interna (areia, brita 0 e brita 3), portanto admitindo-se um FS mínimo de 1,3;
- Esses fatores de segurança mínimos apresentados acima estão conforme exigências da norma NBR 13.028/2017 e aplicáveis à referente estrutura.

13.5 RESULTADO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Da Figura 13-7 à Figura 13-27 são apresentados os resultados obtidos das análises e cenários supracitados.



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

122/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

13.5.1 Resultado das Análises de Estabilidade – Cenário I

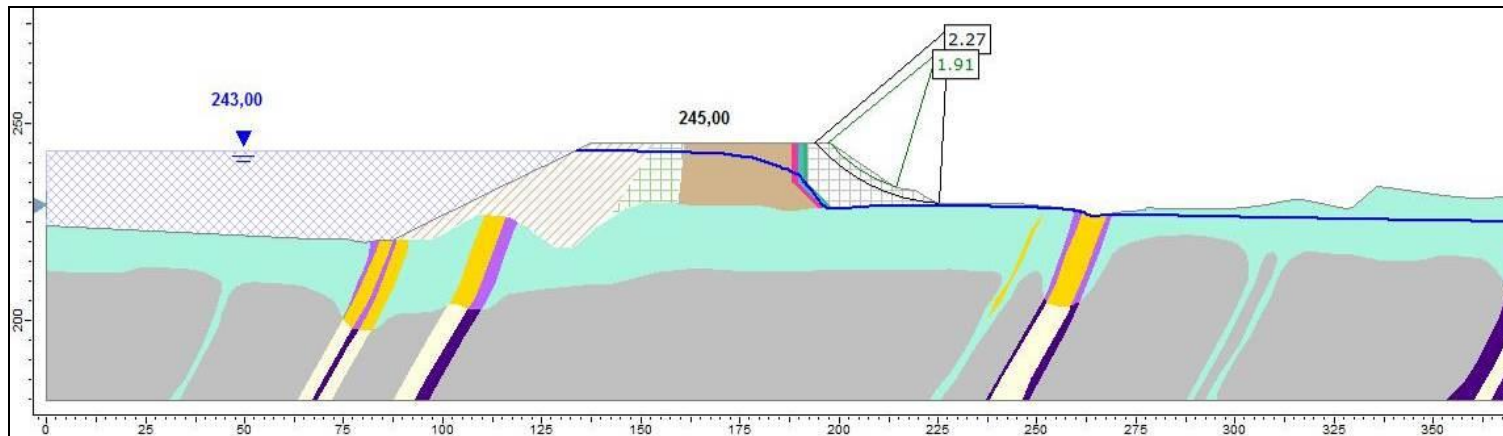


Figura 13-7 – Cenário I: Análise Estabilidade Seção 4+0,00

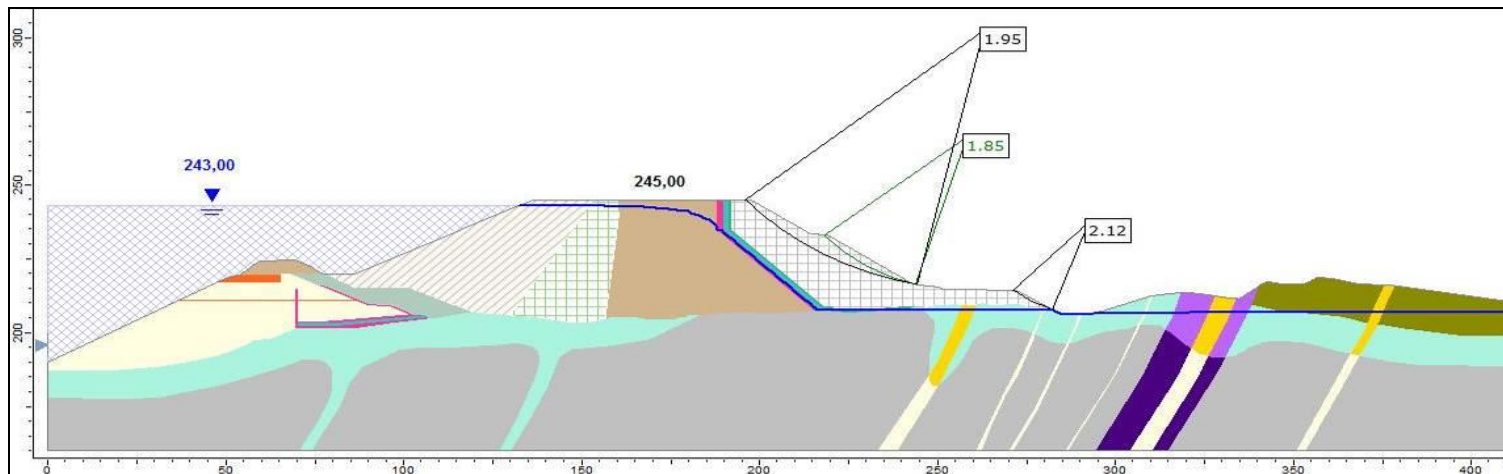


Figura 13-8: Cenário I: Análise Estabilidade Seção 6+0,00



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

123/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

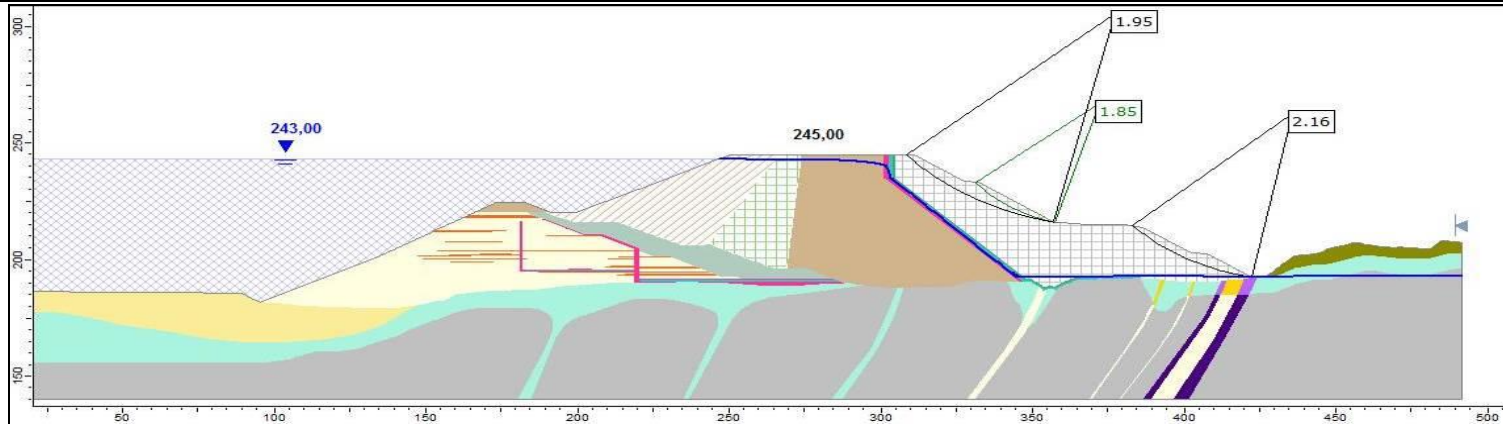


Figura 13-9: Cenário I: Análise Estabilidade Seção 7+12,00

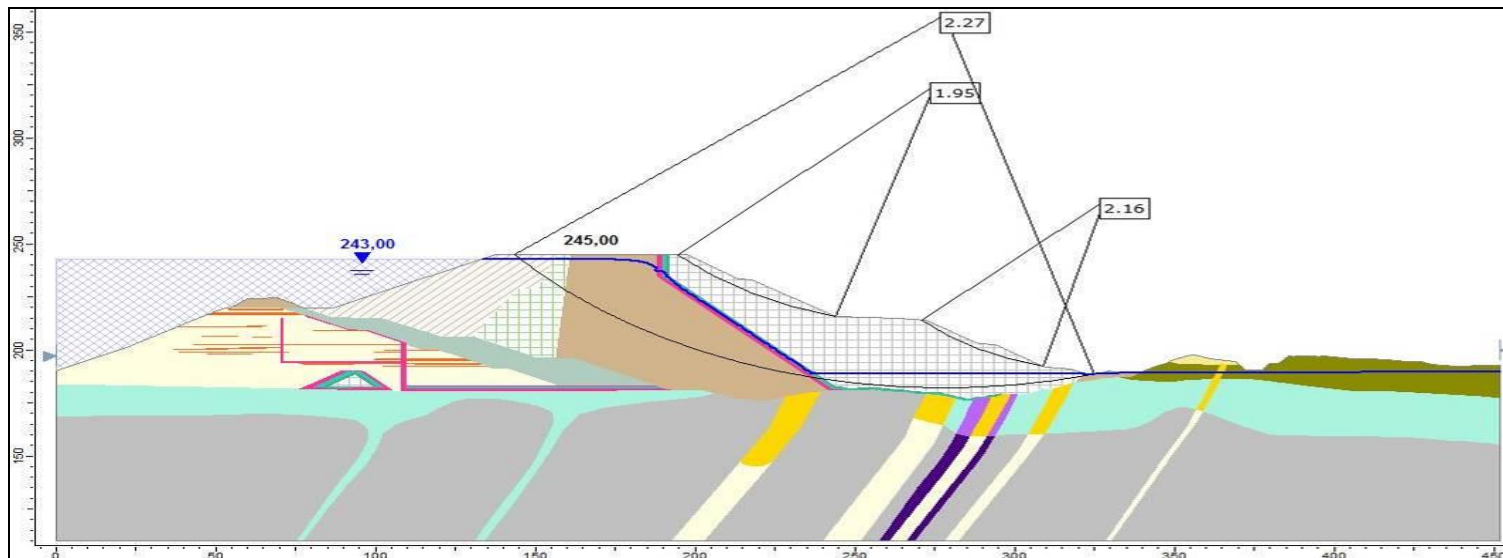


Figura 13-10: Cenário I: Análise Estabilidade Seção 9+0,00 – Superfície Circular



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

124/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

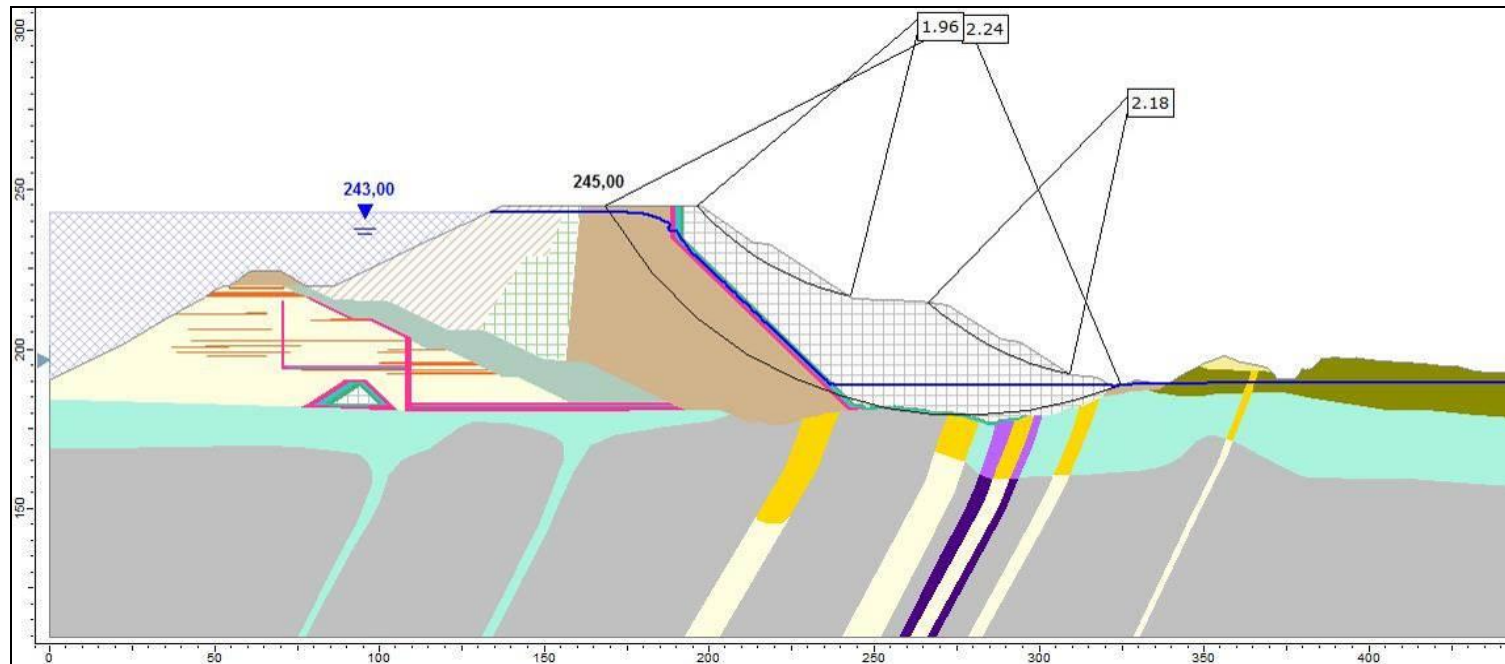


Figura 13-11: Cenário I: Análise Estabilidade Seção 9+0,00 – Superfície Multiplanar



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

125/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

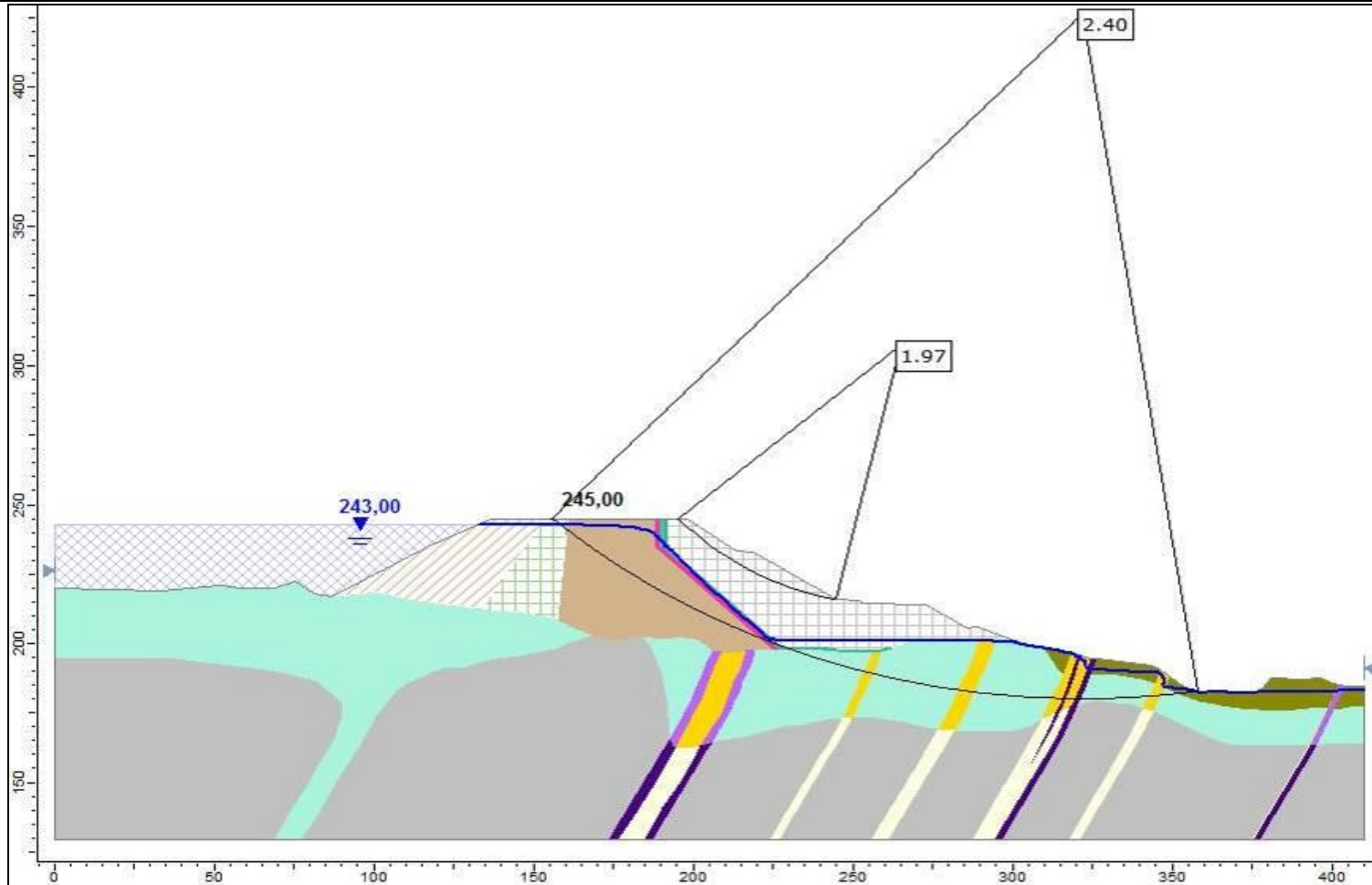


Figura 13-12: Cenário I: Análise Estabilidade Seção 12+0,00 – Superfície Circular



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

126/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

13.5.2 Resultado das Análises de Estabilidade – Cenário II

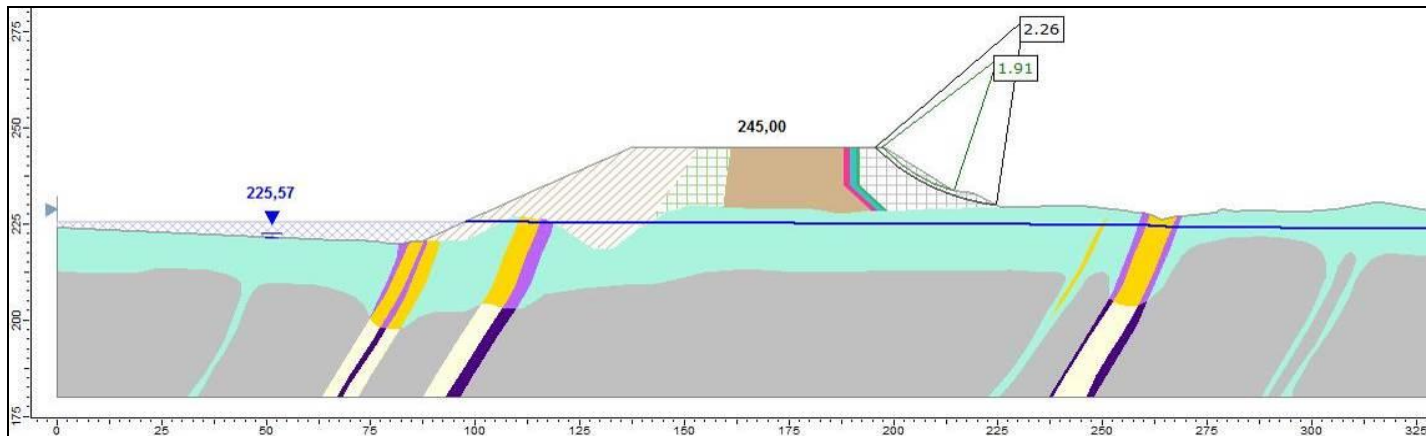


Figura 13-13: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 4+0,00 – Jusante

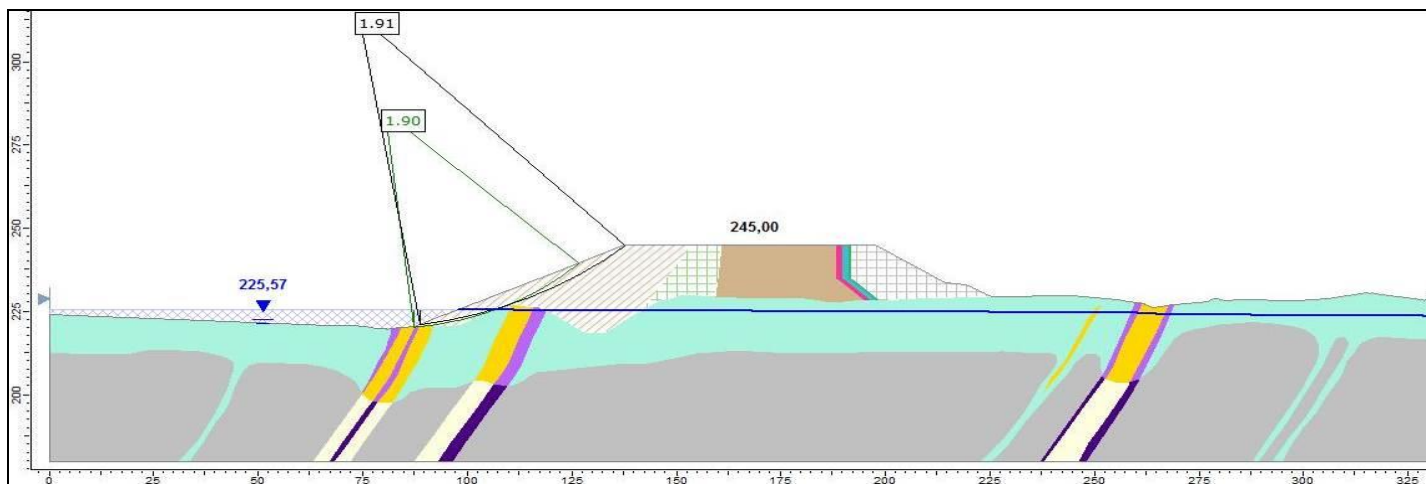


Figura 13-14: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 4+0,00 – Montante



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

127/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

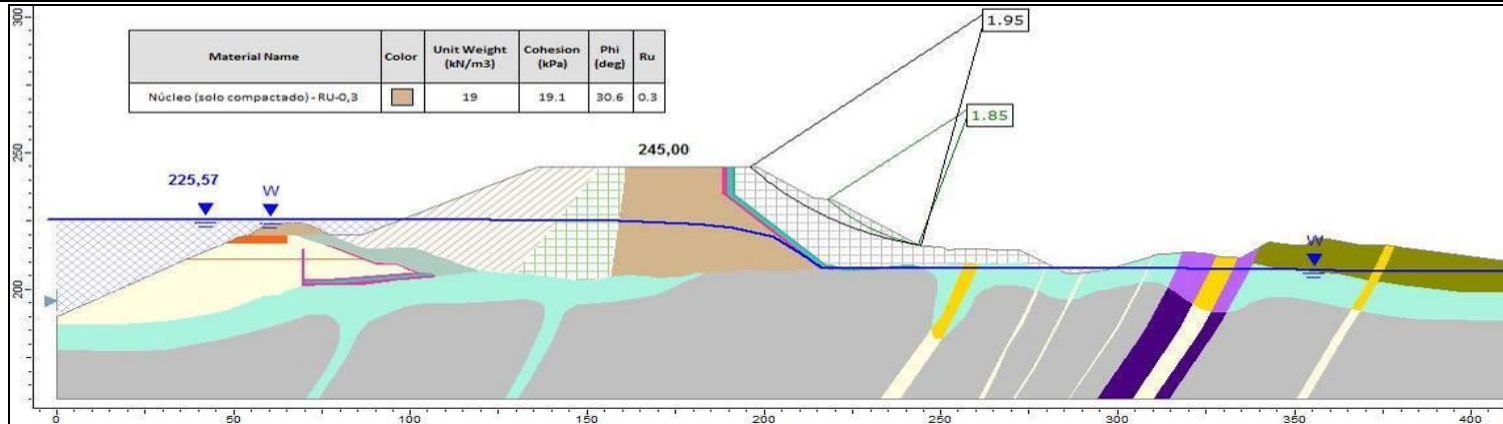


Figura 13-15: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 6+0,00 – Jusante

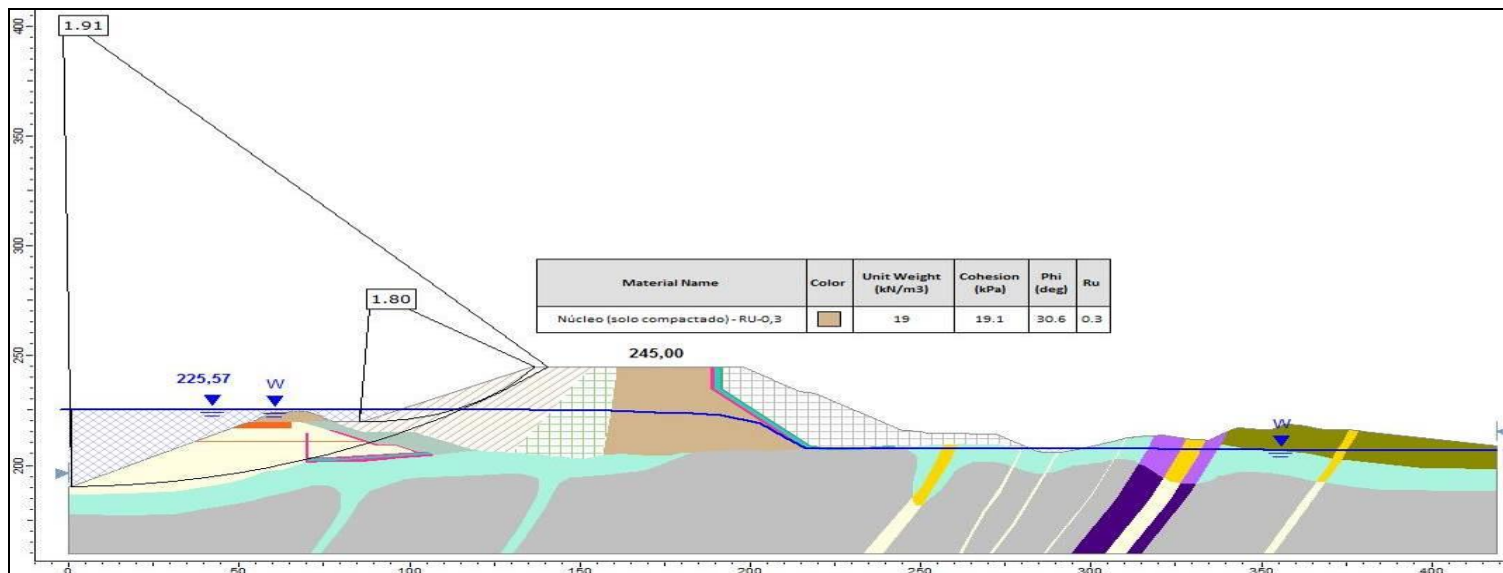


Figura 13-16: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 6+0,00 – Montante



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

128/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

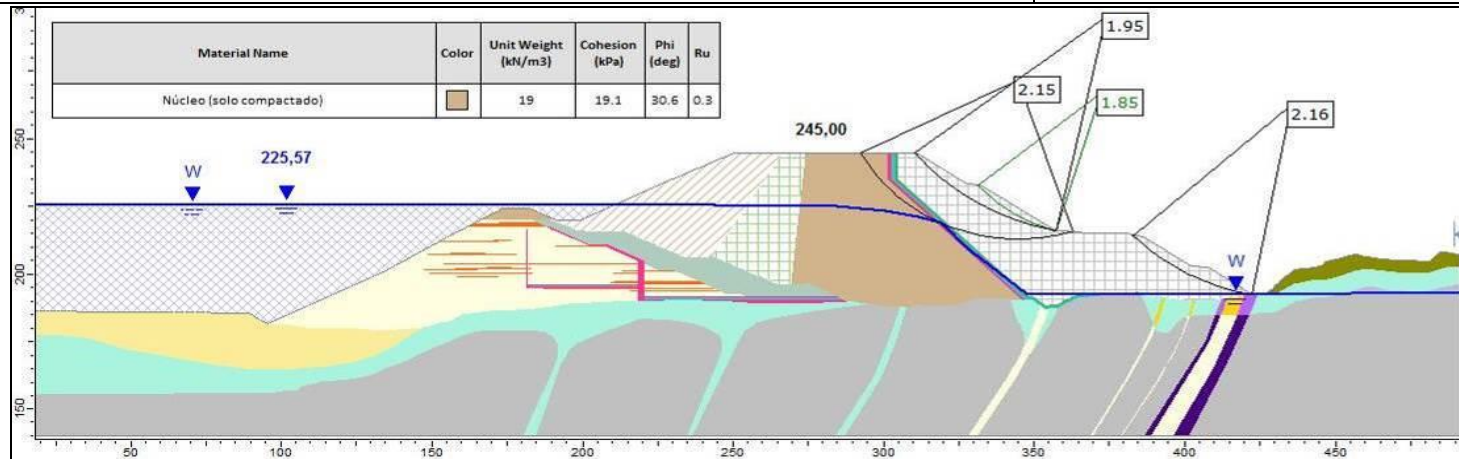


Figura 13-17: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 7+12,00 – Jusante

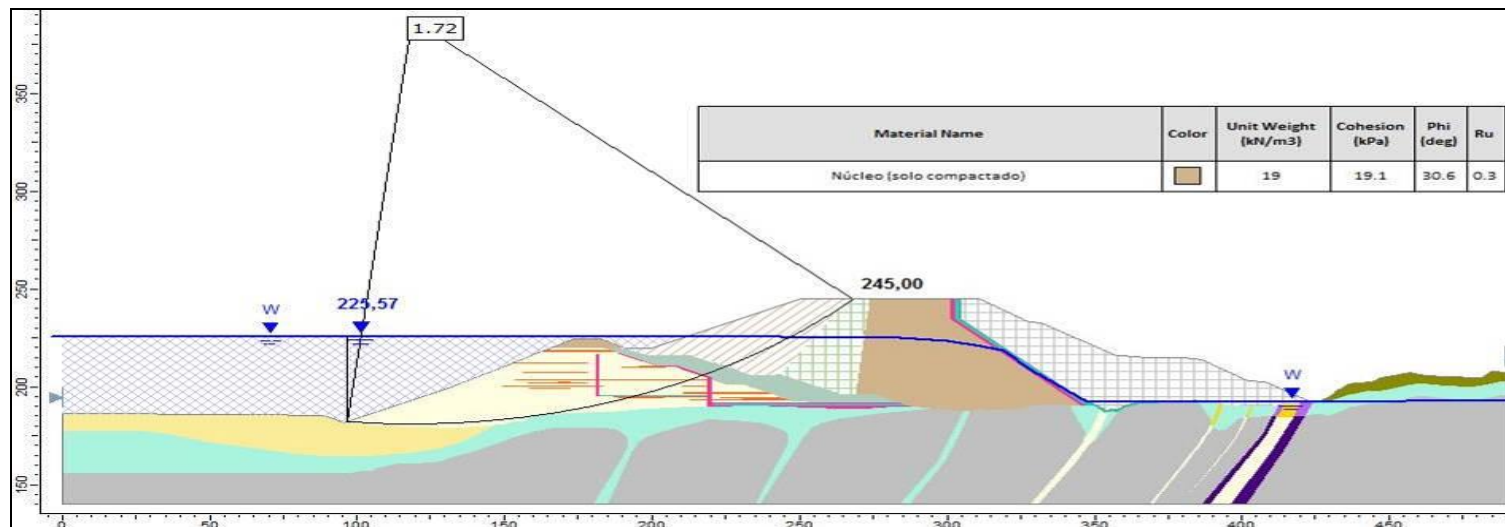


Figura 13-18: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 7+12,00 – Montante



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

129/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

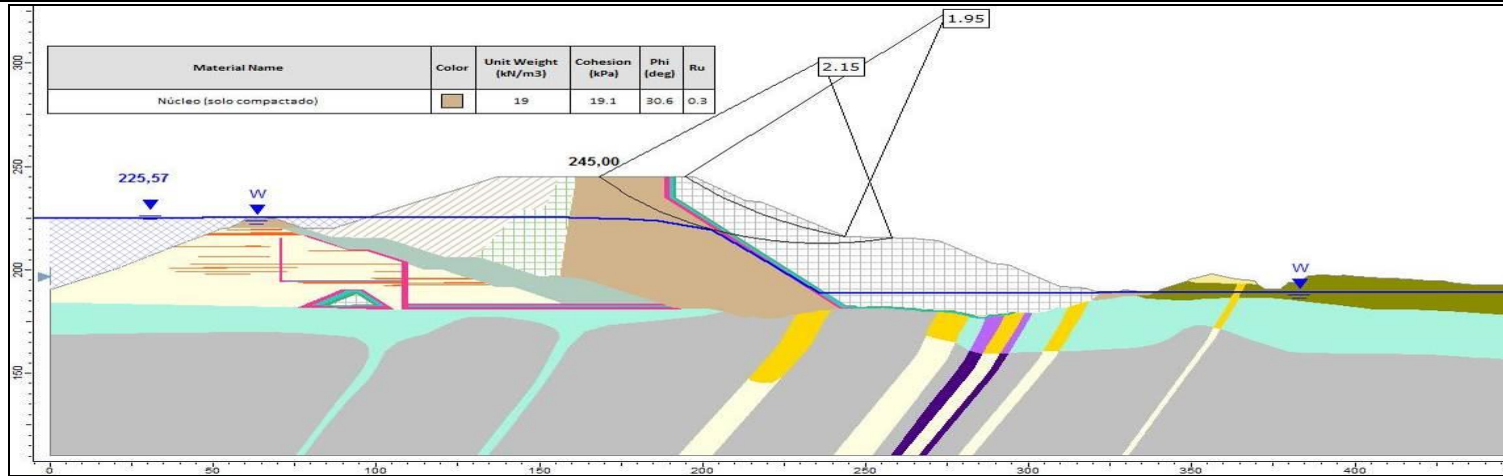


Figura 13-19: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 9+0,00 – Jusante

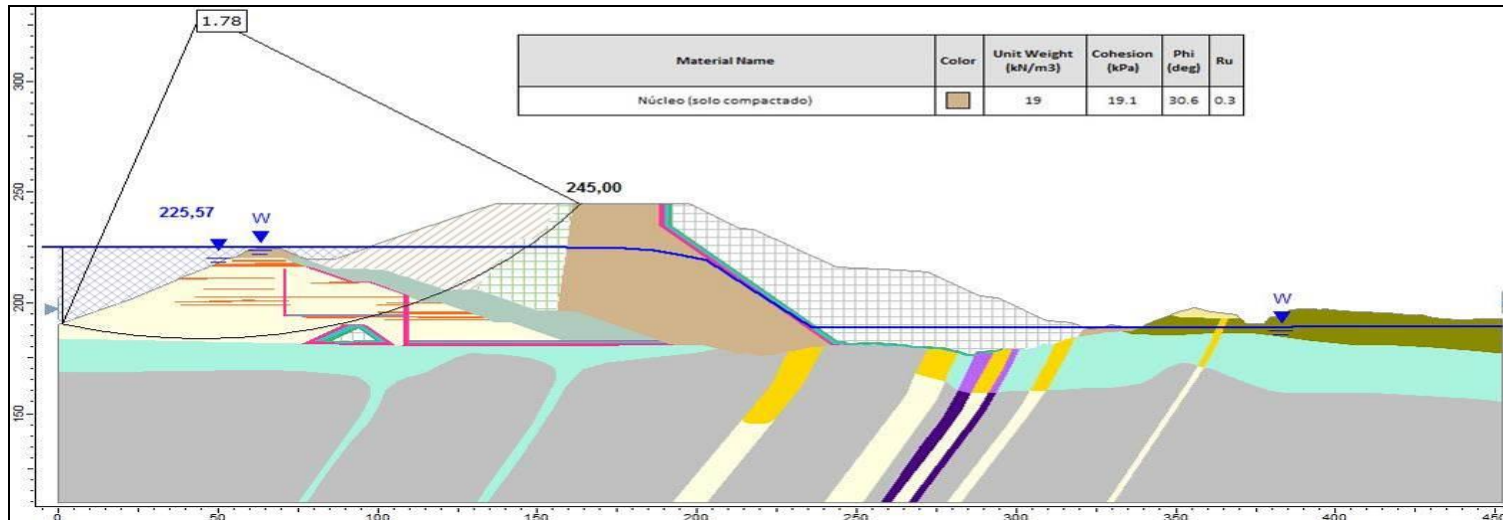


Figura 13-20: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 9+0,00 – Montante



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

130/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

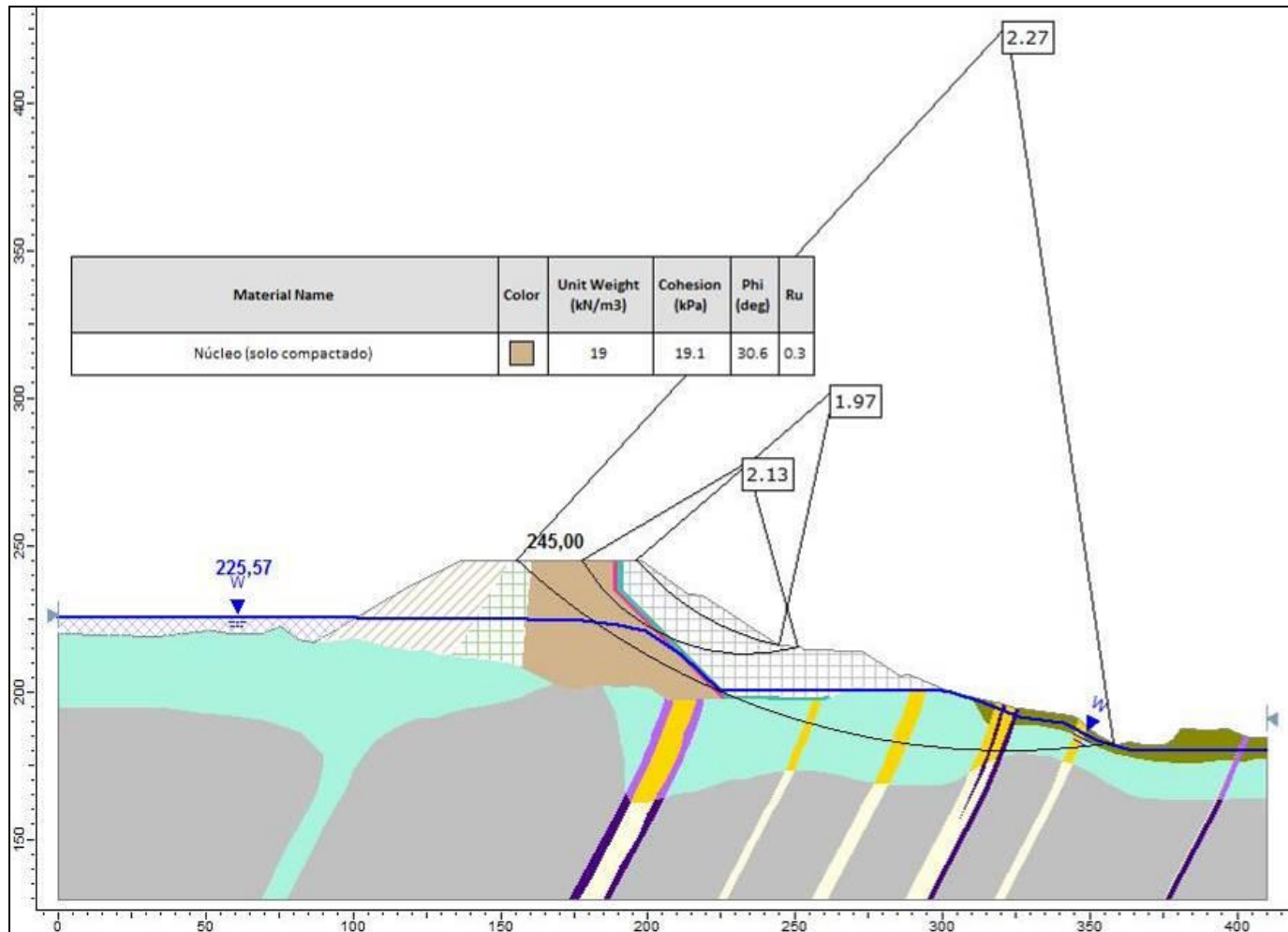


Figura 13-21: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 12+0,00 – Jusante



BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010

REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

131/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

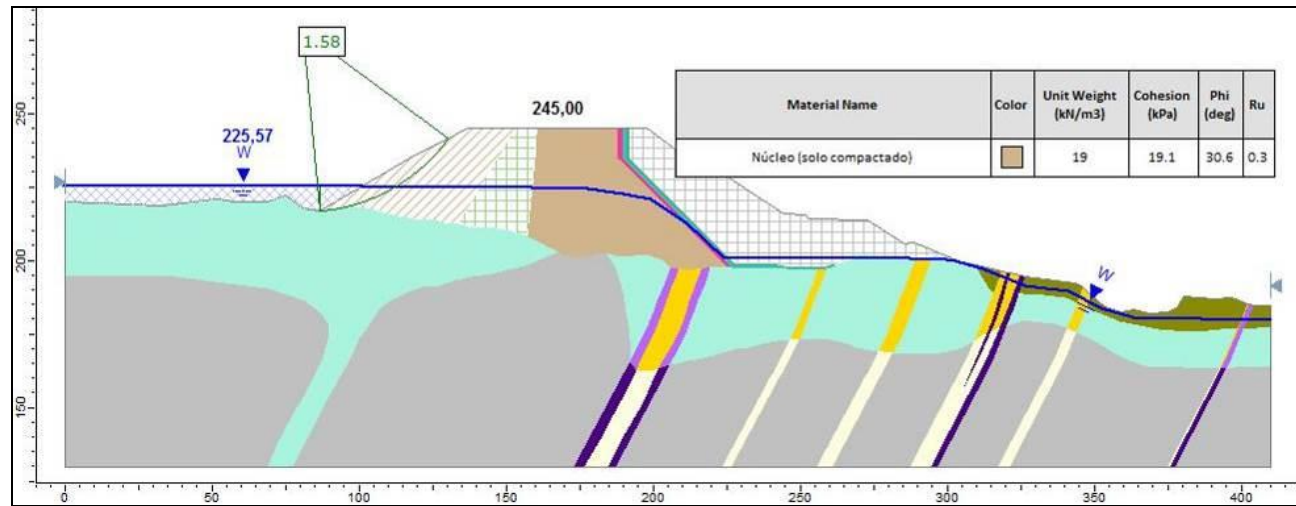


Figura 13-22: Cenário II - Análise Estabilidade Seção 12+0,00 – Montante



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

132/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

13.5.3 Resultado das Análises de Estabilidade – Cenário III

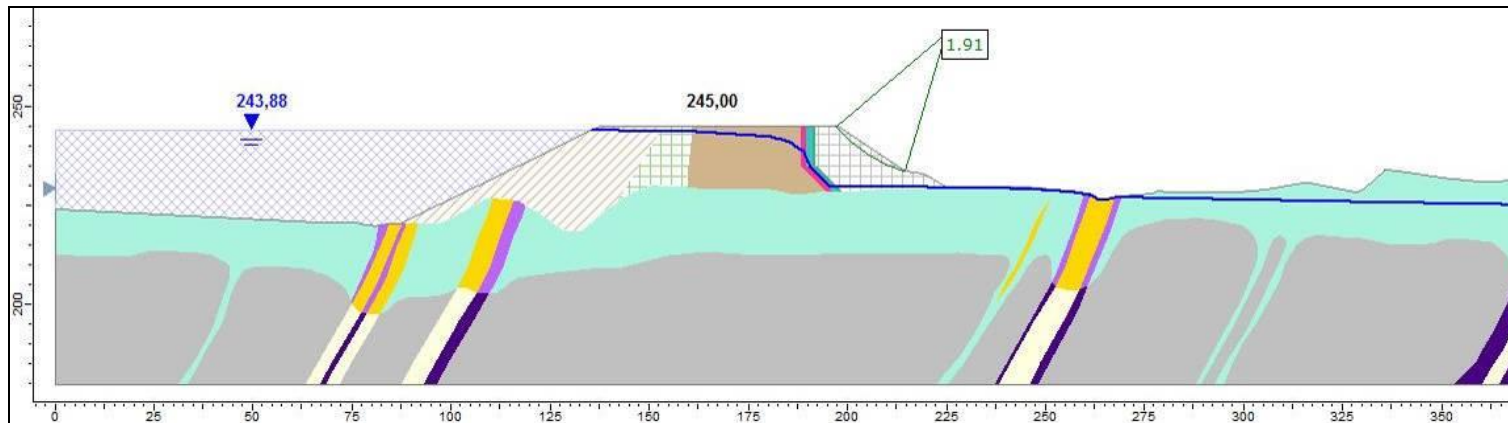


Figura 13-23: Cenário III - Análise Estabilidade Seção 4+0,00

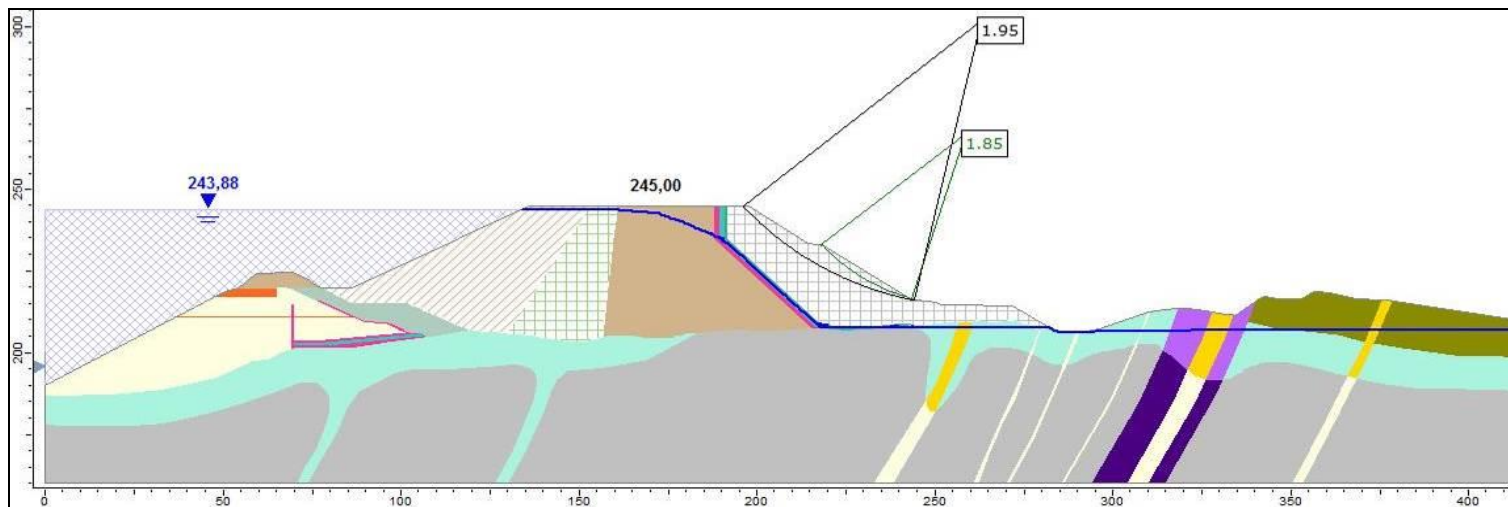


Figura 13-24: Cenário III - Análise Estabilidade Seção 6+0,00



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

133/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

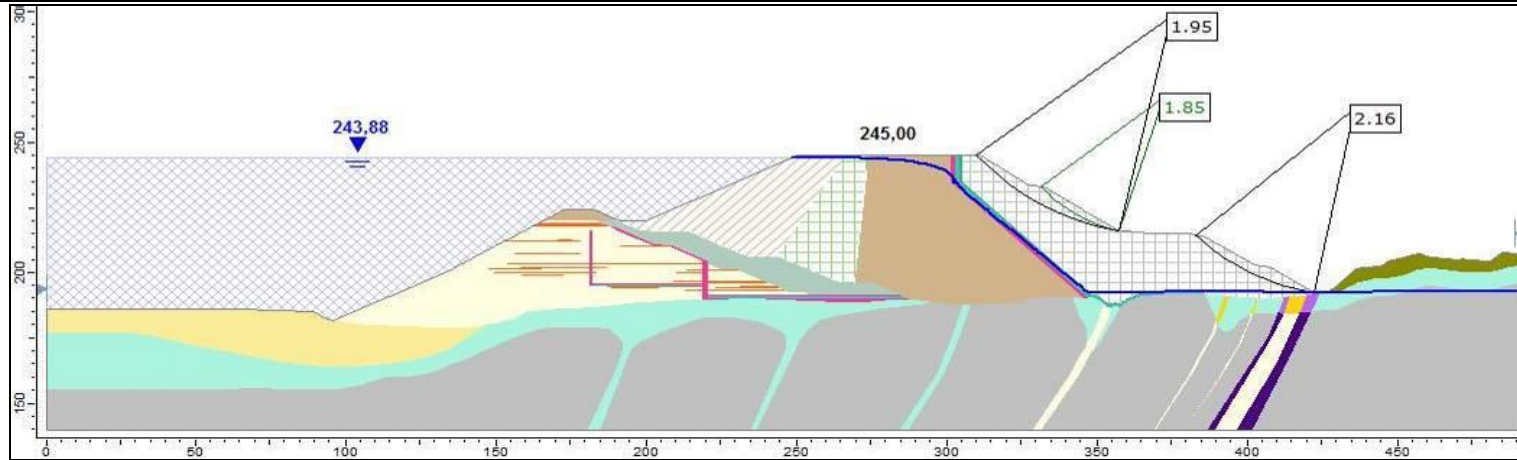


Figura 13-25: Cenário III - Análise Estabilidade Seção 7+12,00

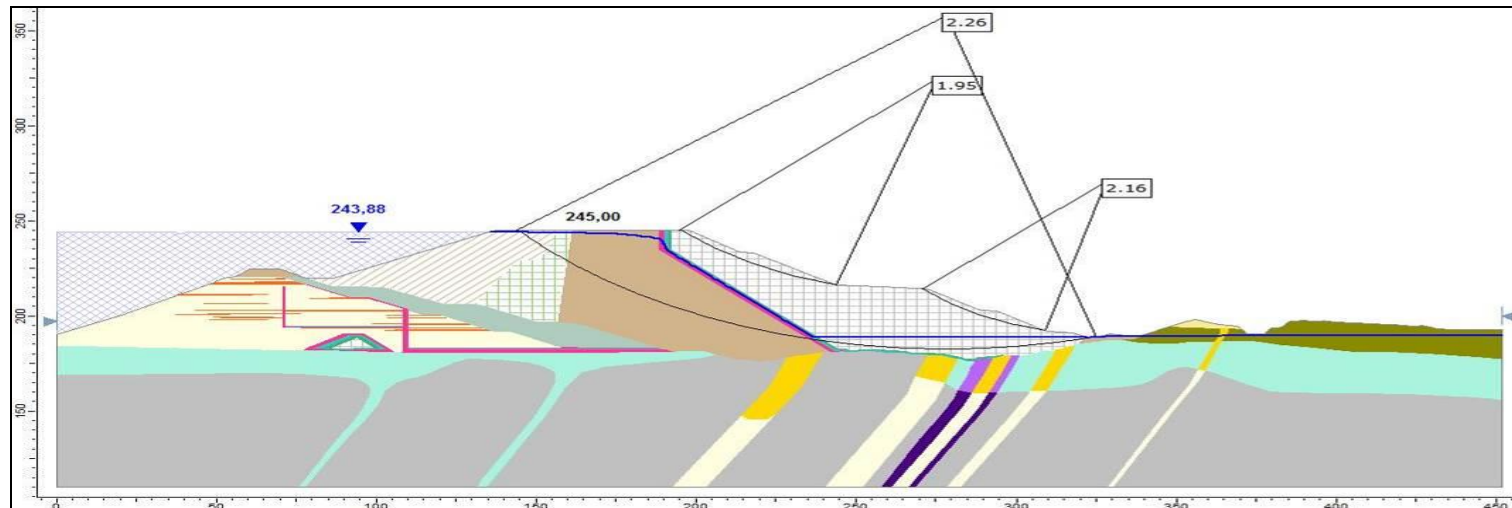


Figura 13-26: Cenário III - Análise Estabilidade Seção 9+0,00



**BARRAGEM DE REJEITOS
SALOBO B1010**

**REVISÃO PERIODICA DE SEGURANÇA
BARRAGEM SALOBO
ANÁLISES DE ESTABILIDADE
REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS**

Nº VALE

RL-9002SA-X-70079

PÁGINA

134/138

Nº (CONTRATADA)

18040-010A-1-GT-RT-0001

REV.

C

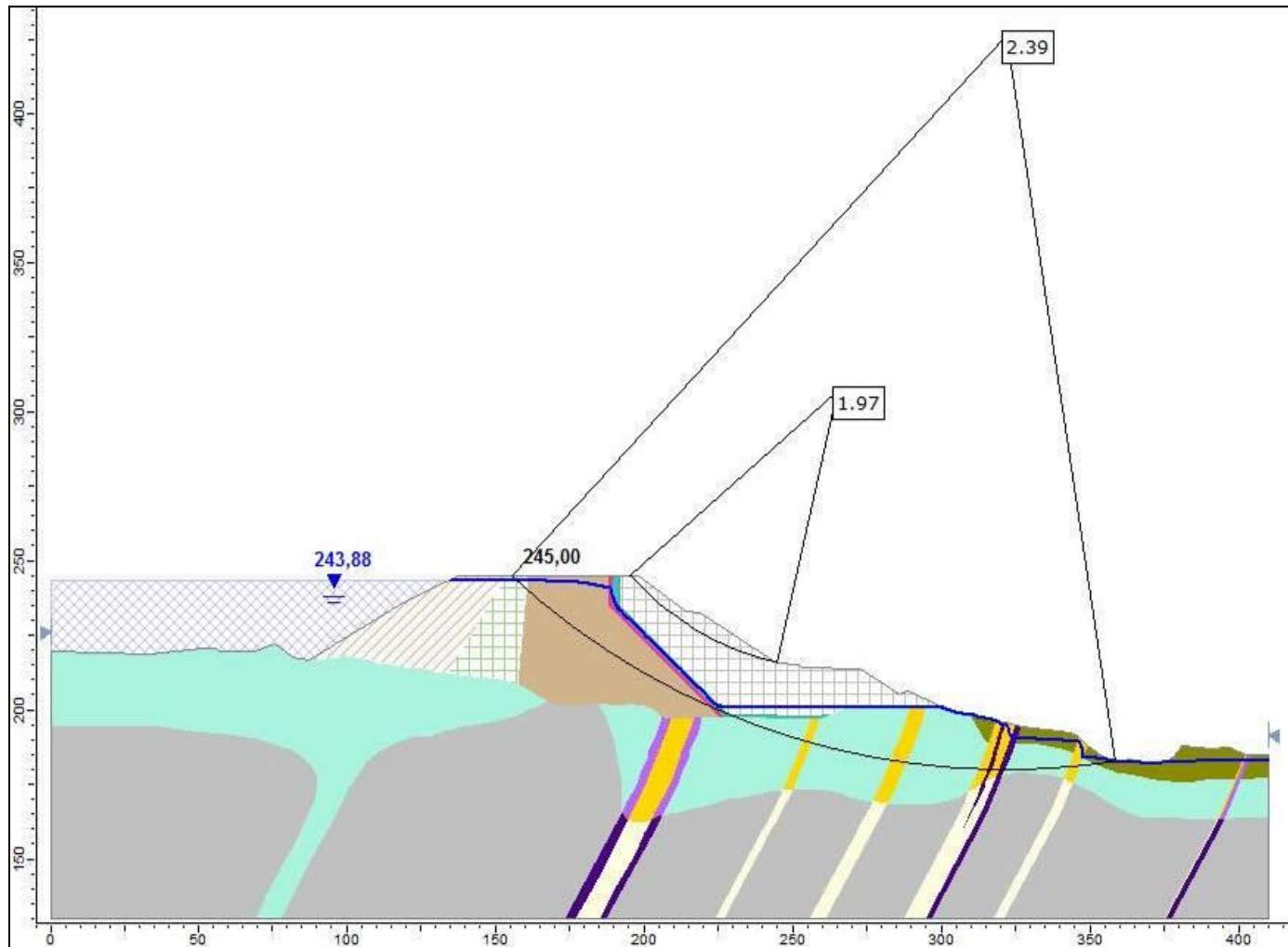


Figura 13-27: Cenário III - Análise Estabilidade Seção 12+0,00

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 135/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

13.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES DE ESTABILIDADES - RPSB

De posse dos resultados das simulações realizadas para os 3 cenários, a saber: longo prazo, final de construção ($R_u=0,3$ para o material do núcleo) e situação crítica com nível do reservatório no máximo *maximorum* e mau desempenho da drenagem interna (Ver Tabela 13-3), observa-se que todos os resultados para as diferentes seções da Barragem atendem aos fatores de segurança mínimos preconizados por norma vigente (NBR 13.028/2017).

Tabela 13-3: Resumo dos FS – Análises de Estabilidade RPSB

	Cenário I			Cenário II			Cenário III	
	FS mínimo	Circular	Multiplanar	FS mínimo	Circular		FS mínimo	Circular
					Jusante	Montante		
Seção 4+0,00	1,50	1,91	-	1,30	1,91	1,90	1,30	1,91
Seção 6+0,00		1,85	-		1,85	1,80		1,85
Seção 7+12,00		1,85	-		1,85	1,72		1,85
Seção 9+0,00 (seção de maior altura)		1,95	1,96		1,95	1,78		1,95
Seção 12+0,00		1,97	-		1,97	1,58		1,97

Como pode ser observado pela tabela mostrada acima, não foram apresentados todos os resultados das análises de estabilidade com buscas de superfícies multiplanares para todas as seções, pois, no geral, o fator de segurança encontrado foi o mesmo pelos dois métodos de busca, desta forma optou-se por apresentar somente o resultado da seção mais crítica, de maior altura (Seção 9+0,00).

Se compararmos os resultados encontrados para o atual cenário com os de projeto, nota-se que os fatores de segurança estão melhores, que se deu por alguns motivos, dentre eles a evolução do conhecimento dos parâmetros dos materiais devido a novos ensaios realizados. Outra modificação nas seções de análise é a geometria, pois como já foi implantada a base da barragem para o alteamento da 255,0, tem-se uma base mais alargada, o que contribui com a estabilidade.

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 136/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C



14.0 RECOMENDAÇÕES FINAIS

O presente documento apresentou o resultado da revisão periódica de segurança da Barragem de Rejeitos do Mirim, de propriedade da Salobo Metais, à luz da portaria do DNPM Nº 70.389, de 17 de maio de 2017, que englobou os seguintes itens:



- Avaliação das inspeções realizadas por equipe própria da mineradora até outubro de 2018, inspeções realizadas por auditores externos e inspeção realizada pela BVP Engenharia;
- Reavaliação dos projetos existentes de implantação e alteamentos até a El. 245,0 m;
- Reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado;
- Análise das condições de segurança hidráulica para o cenário atual da estrutura;
- Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, instrumentação e monitoramento;
- Reavaliação do PAEBM;
- Análises de estabilidade da situação atual e condição crítica (Ano 2018), e;
- Análise da Instrumentação.



Após a análise da documentação fornecida e de estudos para a realização da RPSB, é apresentado a seguir um resumo de todas as recomendações mencionadas nos itens anteriores do presente documento, a saber:

- Quanto às pendências existentes em relação às recomendações apresentadas pelos auditores externos na ocasião das ISR, cabe mencionar que, no geral, são recomendações que foram geradas devido à estrutura estar em obras. Além disso, foram feitas recomendações no intuito de reforçar a importância da elaboração de projetos de “As Built” e necessidade de realização de monitoramento conforme indicado no manual de operação da barragem. Essas recomendações ainda não tiveram tempo hábil para serem atendidas por completo, mas a equipe técnica da Salobo Metais já se encontra buscando meios para cumprir tais exigências;
- Deve-se manter os ensaios de controle tecnológico previstos para a atual obra de alteamento da Barragem de Rejeitos do Mirim, de forma a possibilitar a verificação da aderência ao especificado e a elaboração dos arquivos de “As Built”, assim como a atualização dos parâmetros geotécnicos e consequente aferição dos modelos de análise de estabilidade e percolação;
- Implantar os sistemas de alerta e monitoramento, conforme preconiza a legislação, dentro dos prazos estipulados.


		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 137/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

15.0 DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE (DCE) E ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

DCE	 DCE.pdf
ART	 ART.pdf

		BARRAGEM DE REJEITOS SALOBO B1010	
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA BARRAGEM SALOBO ANÁLISES DE ESTABILIDADE REVISÃO PERIÓDICA DE BARRAGENS		Nº VALE RL-9002SA-X-70079	PÁGINA 138/138
		Nº (CONTRATADA) 18040-010A-1-GT-RT-0001	REV. C

APÊNDICE I – FICHA DE INSPEÇÃO

Ficha de Inspeção do dia 07/11/2018 realizada pela BVP Engenharia Arquivo em pdf	 Ficha de Inspeção - 07-11-18.pdf
----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------