



GERMANO – GERAL
VALE DO SANTARÉM
CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4
RELATÓRIO TÉCNICO
“AS BUILT”

R E V I S Õ E S								
	2	APROVADO	G	12/05/17	RS	MD	SF	JCV
	1	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS	B	09/05/17	RS	MD	SF	JCV
	0	EMIÇÃO INICIAL	B	16/04/17	RS	MD	SF	JCV
	Nº	DESCRIÇÃO	T.E.	DATA	PREP.	VERIF	APROV	LIBER.

T.E – TIPOS DE EMISSÃO



A – Preliminar	C – P/ Conhecimento	E – P/ Construção	G – Conforme construído	L – Aprovado
B – P/ Aprovação	D – P/ Cotação	F – Conforme comprado	H – Cancelado	
Preparado RS	Verificado MD	Aprovado SF	Liberado JCV	Data 12/05/17
				O.S. -

 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA.	Nº PROJETISTA I.:	Rev.:	PÁGINA:
	WBH 76-16-SAMC-RTE-0007	2	1
		Nº SAMARCO: G002300-G-1RT012	
SAMARCO MINERAÇÃO S.A.			

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 2
---	--	--	---	-----------	----------------

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	10
2.0	LOCALIZAÇÃO	12
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	14
4.0	DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO DETALHADO DIQUE S4	22
4.1	CANAL DE DESVIO	22
4.2	ENSECADEIRA DE MONTANTE	24
4.3	ENSECADEIRA DE JUSANTE	26
4.4	OBRAS DE ESCAVAÇÃO E LIMPEZA DE FUNDAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4	29
4.5	DIQUE S4	30
5.0	ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA – ATO	38
5.1	CANAL DE DESVIO	39
5.2	ENSECADEIRA DE MONTANTE	42
5.3	ENSECADEIRA DE JUSANTE	44
5.4	LIMPEZA DA FUNDAÇÃO	47
5.5	TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO	51
5.6	ATERRO DE REGULARIZAÇÃO EM BLOCO COM FINOS ATÉ A EL. 689,40 M E ELEVACÃO DA COTA DO TAPETE DRENANTE CENTRAL	53



	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 3
---	---	--	---	-----------	----------------

5.7	DRENAGEM INTERNA	55
5.8	CONSTRUÇÃO DO MACIÇO DO DIQUE S4	59
6.0	ENSAIOS DE CONTROLE	73
7.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS PARA O DIQUE S4	84
7.1	ESTABILIDADE DOS TALUDES DE ESCAVAÇÃO DA FUNDAÇÃO E CANAL DE DESVIO	85
7.2	VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE GEOTÉCNICA DO DIQUE S4	92
7.3	VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA NO ATERRO EM BLOCO COM FINOS	96
7.4	VERIFICAÇÃO DAS TRANSIÇÕES	101
8.0	INSTRUMENTAÇÃO	106
9.0	DRENAGEM SUPERFICIAL	108
10.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
	ANEXO I – RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA	112
	ANEXO II – LIVRO DE REGISTRO DO ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA	113
	ANEXO III – ATAS DE REUNIÃO	114
	ANEXO IV – ENSAIOS LABORATORIAIS DE CONTROLE	115
	APÊNDICE I – RELATÓRIO DE LIBERAÇÃO DE FUNDAÇÃO	116
	APÊNDICE II – FOTOS	117
	APÊNDICE III – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE ÁREA DE EMPRESTIMO E MACIÇO DIQUE S4	137
	APÊNDICE IV – ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO	138

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 4
---	--	--	---	-----------	----------------

APÊNDICE V – ANÁLISES DE ESTABILIDADE **142**

APÊNDICE VI – DESENHOS **147**

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 5
---	---	--	------------------------------------	-----------	----------------

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
Figura 2.1 - Acesso principal a Unidade Operacional de Germano – SAMARCO MINERAÇÃO S.A.....		13
Figura 2.2 – Imagem aérea da Unidade de Germano (Fonte: Google Earth).....		14
Figura 4.1 – Seção típica do Canal de Desvio – Projeto Detalhado Dique S4.....		24
Figura 4.2 – Seção típica – Ensecadeira de Montante – Projeto Detalhado Dique S4.....		26
Figura 4.3 – Seção típica da Ensecadeira de Jusante desenvolvida em etapa de projeto – Período de Estiagem.		28
Figura 4.4 – Seção típica da Ensecadeira de Jusante desenvolvida em etapa de projeto – Estação Chuvosa.....		29
Figura 4.5 – Arranjo geral do Dique S4.		34
Figura 4.6 – Seção Típica do Dique S4 – Transversal.		36
Figura 4.7 – Seção Típica do Dique S4 – longitudinal.....		36
Figura 4.8 – Visão Geral do Dique S4 e reservatório da estrutura.		37
Figura 4.9 – Curva Cota x Área x Volume – Dique S4.....		38
Figura 5.1 – Fotos de implantação do Canal de Desvio – Sistema de Desvio do Dique S4.		41
Figura 5.2 – Fotos da Ensecadeira de Montante pós implantação– Sistema de Desvio do Dique S4.....		44
Figura 5.3 – Fotos da Ensecadeira de Jusante pós implantação– Sistema de Desvio do Dique S4.....		46
Figura 5.4 – Região do bloco de rocha na margem esquerda do córrego Santarém – Dique S4.		49
Figura 5.5 – Croqui esquemático com o cadastro dos afloramentos e surgências na região de escavação – Dique S4.....		50
Figura 5.6 – Aterro de regularização em Bloco com Finos e área não preenchida para a coleta e direcionamento das surgências existentes na área de construção do Dique S4.....		55
Figura 5.7 – Construção dos drenos auxiliares para a coleta e direcionamento das surgências existentes na região para a construção da drenagem interna do aterro em blocos com finos. .		56



	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 6
---	--	--	------------------------------------	-----------	----------------

Figura 5.8 – Ancoragem geotêxtil da face de jusante do aterro em bloco com finos.....	58
Figura 5.9 – Aterro de complementar da crista do zoneamento do Dique S4 em bloco com finos com brita 0.	61
Figura 5.10 – Configuração final da crista do aterro em bloco com finos, após o rebaixamento do aterro, com a trincheira de ancoragem implantada. Vista do talude de montante.	62
Figura 5.11 – Trincheira de ancoragem para a geotêxtil não tecido. Vista do talude de jusante.	63
Figura 5.12 – Implantação da ancoragem na região entre o contato do aterro em blocos com finos e a ombreira esquerda, na face de montante do talude.	64
Figura 5.13 – Alteração da seção do extravasor do Dique S4 com o rebaixamento da crista na região da ombreira direita.....	68
Figura 5.14 – Alteração no sistema de ancoragem da geocélula de PEAD utilizadas para a proteção da crista do aterro em bloco com finos.	69
Figura 6.1 – Curvas granulométricas para os materiais previstos para a construção do Dique S4, segundo o projeto detalhado.....	74
Figura 6.2 – Faixa granulométrica dos blocos com finos elaborada a partir dos dados disponibilizados pela SAMARCO no desenvolvimento do projeto de engenharia detalhada.	76
Figura 6.3 – Curvas granulométricas para os materiais ensaiados para as jazidas de empréstimo.	78
Figura 6.4 – Curvas granulométricas dos ensaios realizados no maciço do Dique S4, considerando a condição “ <i>in situ</i> ”.	79
Figura 7.1 – Perfil geológico-geotécnico da seção da Estaca 4+0,00 m do canal de desvio....	88
Figura 7.2 – Perfil geológico-geotécnico da seção da Estaca 4+0,00 m da escavação realizada para as obras de limpeza de fundação do Dique S4.	89
Figura 7.3 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem direita – Condição de Operação – FS=3,14.	90
Figura 7.4 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem Esquerda – Condição de Operação – FS= 1,78.	90
Figura 7.5 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem direita – Após a Desativação – FS=2,87.....	91





	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 7
---	--	--	------------------------------------	-----------	----------------

Figura 7.6 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem Esquerda – Após a Desativação – FS= 1,74.	91
Figura 7.7 – Estabilidade geotécnica do talude crítico de escavação na ombreira esquerda do Dique S4 – Estaca 4+0,00m – FS= 1,70.....	92
Figura 7.8 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 3 +0,00 m – Início das Operações. ...	95
Figura 7.9 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 3 +0,00 m – Final de Operação.	95
Figura 7.10 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 4 + 10,00 m – Ombreira Direita. ...	97
Figura 7.11 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 1+ 10,00 m – Ombreira Esquerda.	97
Figura 7.12 – Curva Granulométrica para a faixa representativa do bloco com finos, obtida a partir dos ensaios realizados para as amostras do material “in situ” utilizados na construção do Dique S4.	103
Figura 7.13 – Faixa Granulométrica corrigida para o bloco com finos.....	104
Figura 7.14 – Curvas granulométricas para os materiais de transição e maciço do Dique S4, pós verificação das transições.	105
Figura 9.1 – Obras de implantação dos dispositivos de drenagem superficial na região da ombreira direita (porção do canal de desvio).	110

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 8
---	--	--	---	-----------	----------------

ÍNDICE DE TABELAS

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
Tabela 3.1 – Documentos do projeto de engenharia detalhada do Dique S4 – Projeto WALM Engenharia (Dezembro de 2016).....		15
Tabela 3.2 – Documentos de referência relativos ao cadastro de construção do Dique S4.		19
Tabela 4.1 – Características geométricas do Canal de Desvio		23
Tabela 4.2 – Características Técnicas da Ensecadeira de Montante.		25
Tabela 4.3 – Características técnicas da Ensecadeira de jusante projetada para o período de estiagem.....		27
Tabela 4.4 – Características técnicas da Ensecadeira de jusante projetada para a estação chuvosa.		28
Tabela 4.5 – Ficha Técnica do Dique S4.....		35
Tabela 5.1 – Ficha Técnica Dique S4.....		72
Tabela 6.1 – Faixas granulométrica dos materiais de construção do Dique S4, definidos na etapa do projeto detalhado.....		74
Tabela 6.2 – Critério de aceitação para os coeficientes de permeabilidade dos materiais a serem utilizados no Dique S4, segundo os estudos realizados no projeto detalhado.		75
Tabela 6.3 – Faixa Granulométrica dos Blocos com Finos.....		75
Tabela 6.4 - Quadro resumo dos ensaios a serem realizados para o controle de qualidade para construção do Tapete Drenante do Dique S4.		77
Tabela 6.5 – Resultados obtidos para os materiais de construção do Dique S4 – Pátio de Agregados.....		81
Tabela 6.6 – Resultados obtidos para os materiais de construção do Dique S4 – Maciço Dique S4.....		82
Tabela 6.7 – Síntese dos resultados obtidos para a densidade in situ e permeabilidade dos materiais.		84
Tabela 7.1 – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.....		86
Tabela 7.2 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.....		86
Tabela 7.3 – Fator de Segurança Mínimo para o deslizamento.		86



	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 9
---	--	--	---	-----------	----------------

Tabela 7.4 – Parâmetros geotécnicos de resistência para os materiais de fundação na região do Dique S4.	89
Tabela 7.5 – Parâmetros geotécnicos e hidráulicos utilizados para as análises de percolação e estabilidade do Dique S4, considerando as condições de implantação.	94
Tabela 7.6 – Síntese dos resultados obtidos nas análises de estabilidade – Dique S4.	96
Tabela 7.7 – Vazões obtidas nas análises de percolação.	98
Tabela 7.8 – Cálculo para a compatibilização entre os comprimentos de entrada e saída dos tapetes de ombreira do Dique S4.	99
Tabela 7.9 – Determinação das vazões de dimensionamento para a verificação das espessuras dos tapetes do Dique S4.	99
Tabela 7.10 – Cálculo da espessura drenante dos tapetes de ombreira.	100
Tabela 7.11 – Cálculo da espessura de brita do tapete drenante central do aterro em bloco com finos.	101
Tabela 7.12 – Faixa granulométrica do bloco com finos utilizados para a construção do Dique S4.	103
Tabela 7.13 – Faixa granulométrica para os materiais de transição do Dique S4, pós verificação das transições.	106
Tabela 8.1 – Tipos de instrumentos, localização e função – Pilha Alegria Norte.	107
Tabela 8.2 – Quadro resumo da instrumentação do Dique S4.	107
Tabela 8.3 – Periodicidade para o Monitoramento da instrumentação do Dique S4.	108

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 10
---	--	--	---	-----------	-----------------

1.0 INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta o relatório “*AS BUILT*” ou “*COMO CONSTRUÍDO*” do Dique S4, localizado a jusante do povoado de Bento Rodrigues, distrito de Mariana, Minas Gerais, e da estrutura de contenção de sedimentos denominada “Dique S3”, de propriedade da SAMARCO Mineração S/A.

A estrutura foi concebida com o intuito principal de retenção da lama e dos rejeitos depositados ao longo da calha do córrego Santarém após a ruptura da Barragem de Fundão em novembro de 2015, contemplando especificamente a região compreendida entre o Dique S3 e a foz do córrego no rio Gualaxo do Norte. Auxilia também no controle de emissão de sólidos em suspensão para os cursos d’água a jusante.

Diante dos prazos requeridos para sua construção, o Dique S4 foi concebido a partir dos materiais disponíveis na Unidade de Germano e consiste em estrutura do tipo galgável com maciço em seção mista, sendo o núcleo da estrutura constituído por blocos com finos, pedra de mão e blocos métricos.

A obra de implantação do maciço do dique teve o acompanhamento técnico (ATO) contínuo por Engenheiro Geotécnico e Civil de níveis Médio e Sênior, respectivamente, da WALM Engenharia, a partir do dia 11/11/16, atendendo aos turnos de construção estabelecidos pela SAMARCO, até o fim das obras no dia 26/01/17. Ressalta-se que as obras de construção do sistema de desvio e início das atividades de limpeza da fundação foram realizadas pela SAMARCO antes da presença da equipe de ATO da WALM. Durante este período, houveram visitas da WALM para a liberação da fundação do Dique S4.

Durante o período de ATO as atividades realizadas foram registradas nos relatórios diários de obra (RDO) realizados pela empresa SKAVA MINAS e as alterações de projeto, indicadas no livro de registro de ATO, sob a autorização dos profissionais responsáveis pela obra da SAMARCO (proprietária), SKAVA MINAS (empresa executora) e pela WALM (Empresa responsável pelo controle e qualidade das obras).

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 11
---	--	--	---	-----------	-----------------

Além do acompanhamento técnico da obra, foi realizado o controle tecnológico dos materiais utilizados para a concepção do maciço.

Os agregados utilizados foram submetidos ao controle tecnológico nos Pátios de Estocagem, através da realização de ensaios de campo e de laboratório, considerando as especificações técnicas definidas pela WALM no projeto detalhado.

Desta forma, toda a liberação dos materiais (areia, brita 0, brita 3, pedra de mão e bloco com finos) para a construção do maciço do Dique S4, ficou a cargo da empresa CHAMMAS Engenharia, que realizou os ensaios para comprovação das características técnicas dos materiais. Alterações em relação às especificações do projeto detalhado foram submetidas ao ATO da obra, que julgou pertinente ou não a utilização de materiais fora das faixas especificadas, desde que não comprometessem a segurança ou integridade da estrutura.

A obra também contou com o acompanhamento e controle topográfico executado pela empresa NTZ Engenharia.

Para os geossintéticos utilizados na concepção do Dique S4 (geocélula, geotêxtil não tecido e geomembrana), o controle dos materiais ficou a cargo do fabricante e das empresas executoras contratadas pela SKAVA MINAS.

Para melhor entendimento, o presente documento foi itemizado da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução;
- Capítulo 2: Localização;
- Capítulo 3: Documentos de referência;
- Capítulo 4: Descrição geral do projeto detalhado do Dique S4;
- Capítulo 5: Acompanhamento técnico de obra – ATO;
- Capítulo 6: Ensaios de Controle;
- Capítulo 7: Estudos Geotécnicos para o Dique S4;
- Capítulo 8: Instrumentação;

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 12
---	--	--	---	-----------	-----------------

- Capítulo 9: Drenagem superficial;
- Capítulo 10: Considerações finais;
- Anexo I – Relatórios Diários de Obra;
- Anexo II – Livro de Registro do Acompanhamento Técnico de Obra;
- Anexo III – Atas de Reunião;
- Apêndice I – Relatório de Liberação de Fundação;
- Apêndice II – Registro Fotográfico;
- Apêndice III – Resultados dos Ensaios de Controle de Área de Empréstimo e Maciço Dique S4;
- Apêndice IV – Análises de Percolação;
- Apêndice V – Análises de Estabilidade; e
- Apêndice VI – Desenhos.

2.0 LOCALIZAÇÃO

O Dique S4 encontra-se a sudeste da Unidade Operacional de Germano, de propriedade da SAMARCO MINERAÇÃO S.A., próximo ao distrito de Bento Rodrigues que pertence ao município de Mariana, Minas Gerais.

O acesso à Unidade Operacional de Germano a partir de Belo Horizonte, capital do estado, é realizado através da rodovia BR-040 até o trevo da Lagoa dos Ingleses. A partir daí utiliza-se a BR-356 até a cidade de Mariana, por onde cruza o município, até o acesso principal à rodovia MG-129. A partir daí deve-se deslocar por aproximadamente 25 km até a portaria principal da Unidade.

O Acesso até o Dique S4 a partir da Unidade de Germano é realizado pela MG-129, sentido Barão de Cocais, por aproximadamente 12 km, sendo a partir daí utilizado o acesso vicinal a cidade de Santa Rita Durão. O trajeto até o Dique S4 a partir do município de Santa Rita Durão é feito por estrada rural (Estrada Real) por cerca de 10 km.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 13
---	--	--	---	-----------	-----------------

A Figura 2.1 mostra o acesso principal a Unidade de Germano a partir de Belo Horizonte, Minas Gerais, e a Figura 2.2 apresenta a imagem aérea da Unidade de Germano com a localização da região de implantação do Dique S4.

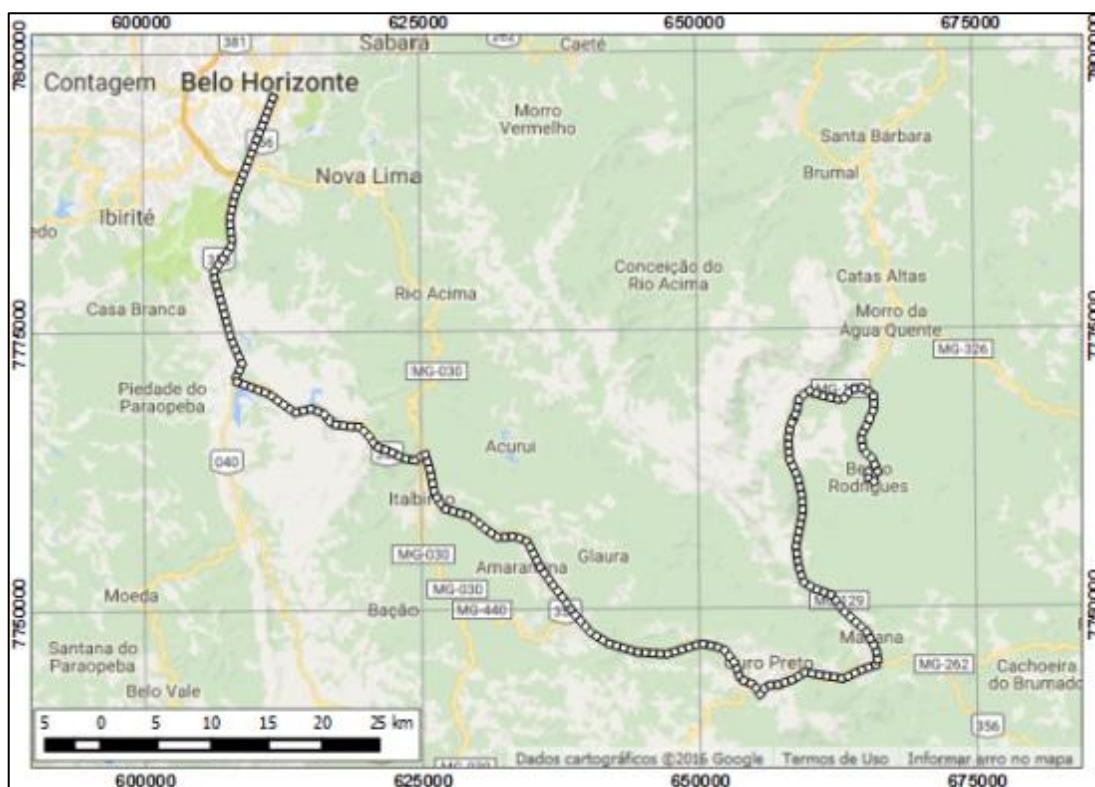


Figura 2.1 - Acesso principal a Unidade Operacional de Germano – SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 14
---	--	--	---	-----------	-----------------

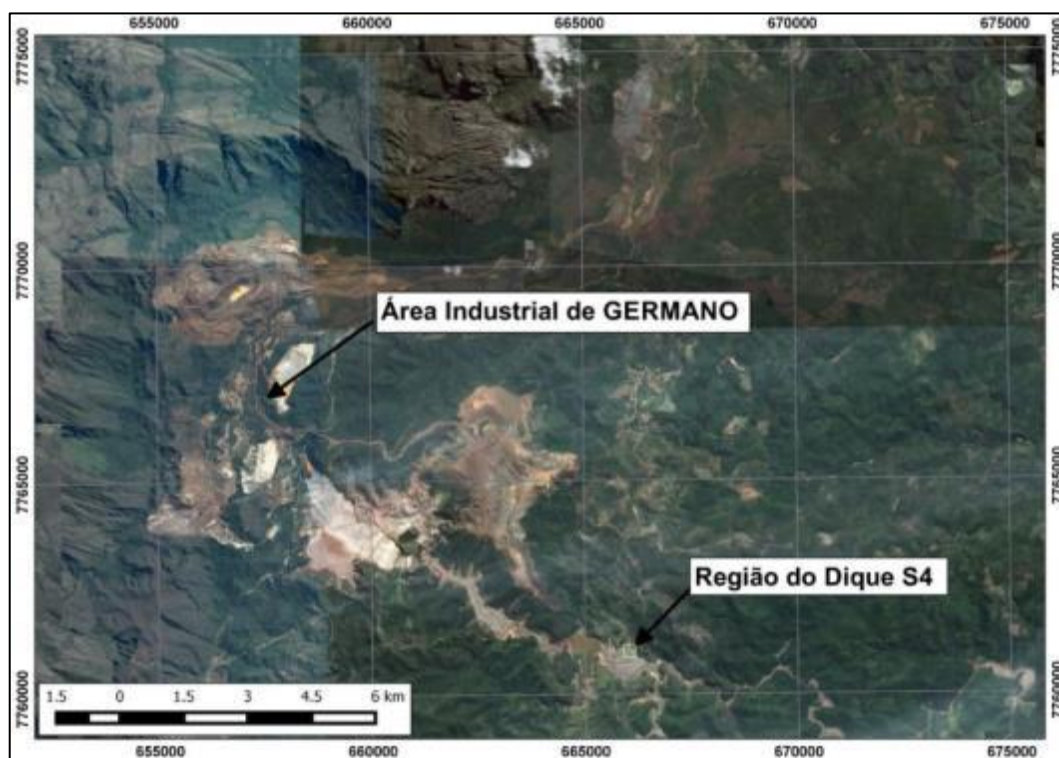


Figura 2.2 – Imagem aérea da Unidade de Germano (Fonte: Google Earth).

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

A relação dos documentos que subsidiaram a implantação do Dique S4 é apresentada na Tabela 3.1 e são referentes ao projeto em nível de engenharia detalhada desenvolvido pela WALM no ano de 2016.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 15
---	--	--	---	-----------	-----------------

Tabela 3.1 – Documentos do projeto de engenharia detalhada do Dique S4 – Projeto WALM Engenharia (Dezembro de 2016).

Documento	Título	Autor
G002344-C-1ET005	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-1PQ002	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 PLANILHA DE QUANTIDADES PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-O-100015	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ENSECADEIRA DE MONTANTE - ARRANJO E SEÇÃO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-O-100016	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ENSECADEIRA DE JUSANTE - PERIODO DE ESTIAGEM -ARRANJO E SEÇÃO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-O-100017	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ENSECADEIRA DE JUSANTE - PERIODO DE CHEIA - ARRANJO E SEÇÃO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100058	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - PLANTA PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100059	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES E DETALHES PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100060	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4	

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 16
---	--	--	---	-----------	-----------------

Documento	Título	Autor
	SISTEMA DE DESVIO - DRENAGEM SUPERFICIAL – PLANTA, PERFIL E DETALHES TÍPICOS PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100066	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESCAVAÇÃO DO DIQUE - PLANTA PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100067	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESCAVAÇÃO DO DIQUE - SEÇÕES E DETALHES - 1/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100068	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESCAVAÇÃO DO DIQUE - SEÇÕES E DETALHES - 2/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100069	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESCAVAÇÃO DO DIQUE - SEÇÕES E DETALHES - 3/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100070	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 MURO EXISTENTE - PROTEÇÃO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100071	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE DE PROTEÇÃO - CAPELA SÃO BENTO - PLANTA E SEÇÃO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C- 100072	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE DE PROTEÇÃO - CAPELA SÃO BENTO - DRENAGEM SUPERFICIAL - PLANTA - PERFIL E SEÇÕES PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002370-O- 100005	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA GEOTÉCNICA - PLANTA	WALM

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 17
---	---	--	---	-----------	-----------------

Documento	Título	Autor
	PROJETO EXECUTIVO	
G002370-O-100006	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA GEOTÉCNICA - SEÇÕES PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002341-C-100075	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - PLANTA DE FORMA E ARMAÇÃO 1/4 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100094	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - ARRANJO GERAL RESERVATÓRIO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100095	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM PLANTA LOCAÇÃO E PONTOS NOTÁVEIS PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100096	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 1/2 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100097	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 2/2 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100098	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DRENAGEM INTERNA PLANTA, DETALHES TÍPICOS E PONTOS NOTÁVEIS PROJETO EXECUTIVO	WALM

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 18
---	--	--	---	-----------	-----------------



Documento	Título	Autor
G002344-C-100099	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DETALHES FOLHA 1/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100100	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DETALHES FOLHA 2/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100101	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DETALHES FOLHA 3/3 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100102	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SEQUEÊNCIA CONSTRUTIVA FOLHA 1/2 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-100103	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SEQUEÊNCIA CONSTRUTIVA FOLHA 2/2 PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002300-O-1MD007	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 MEMORIAL DESCRITIVO PROJETO EXECUTIVO	WALM
G002344-C-1ET005	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA PROJETO EXECUTIVO	WALM

Para a elaboração dos documentos do projeto “*AS BUILT*” ou “Como Construído”, a SAMARCO disponibilizou as informações obtidas através dos levantamentos topográficos

cadastrais da obra realizados pela NTZ Engenharia, livro do ATO elaborados pela WALM, Relatórios Diários de Obra realizados pela SKAVA MINAS e Atas de reuniões com as alterações e modificações do projeto. Estas informações são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Documentos de referência relativos ao cadastro de construção do Dique S4.



Documento	Título	Autor
EMÁX_EMÍN_34 58-2214	ENSAIO EMÁX -EMÍN PARA A AREIA (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458 - DIQUE S4_R01	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA AREIA (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
PU_3458_DIQUE S4	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PULVERULENTO NA AMOSTRA DE AREIA (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
TU_3458-2267	TEOR DE ÚMIDADE NATURAL DA AREIA (PÁTIO DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
EMÁX_EMÍN_34 58- BRITA 0 - VALEMIX	ENSAIO EMÁX -EMÍN PARA A BRITA 0 - VALEMIX (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458 - BRITA 0 CONGONHAS - DIQUE S4_R01	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA BRITA 0 - CONGONHAS (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458 - BRITA 0 VALEMIX - DIQUE S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA BRITA 0 - VALEMIX (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
PU_3458- BRITA 0 - VALEMIX	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PULVERULENTO NA AMOSTRA DE BRITA 0 - VALEMIX (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
PU_3458-BRITA 0 - CONGONHAS	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PULVERULENTO NA AMOSTRA DE BRITA 0 - CONGONHAS (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458-BRITA 3 RAMOS - DIQUE S4_R01	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA BRITA 3 (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458 - PEDRA DE MÃO BELMONT - DIQUE S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA PEDRA DE MÃO (PÁTIOS DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458- PEDRA DE MÃO - DIQUE S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA PEDRA DE MÃO (MACIÇO DIQUE S4)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458_BRIT A 0 _DIQUE S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA BRITA 0 (MACIÇO DIQUE S4)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458_BRIT A 3 _DIQUE S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA BRITA 3 (MACIÇO DIQUE S4)	CHAMMAS ENGENHARIA
GPA_3458_DIQU E S4	ENSAIOS DE GRANULOMETRIA AREIA (MACIÇO DIQUE S4)	CHAMMAS ENGENHARIA
DE2_3458_DIQU E S4	ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA "IN SITU" E GRANULOMETRIA - BLOCO COM FINOS (MACIÇO DIQUE S4)	CHAMMAS ENGENHARIA

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 20
---	--	--	------------------------------------	-----------	-----------------

Documento	Título	Autor
KCC_3458_AREIA_DIQUE S4	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE AREIA (PÁTIO DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
KCC_3458_BRITA 0_DIQUE S4	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE BRITA 0 (PÁTIO DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
KINSITU_3458_B LOCO COM FINOS_DIQUE S4	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE BLOCO COM FINOS (PÁTIO DE AGREGADOS)	CHAMMAS ENGENHARIA
201701300950044 15 - LIVRO ATO CAMPO	LIVRO DE REGISTRO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA (ATO)	WALM ENGENHARIA
G002300-O-1RT055	CHECK LIST PARA LIBERAÇÃO DE FUNDAÇÃO	WALM ENGENHARIA
PF0055-G-SKV-DO0001_R-00	RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (23/09/16 - 30/09/16)	SKAVA MINAS
PF0055-G-SKV-DO0002_R-00	RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (01/10/16 - 31/10/16)	SKAVA MINAS
PF0055-G-SKV-DO0003_R-00	RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (01/11/16 - 30/11/16)	SKAVA MINAS
PF0055-G-SKV-DO0004_R-00	RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (01/12/16 - 31/12/16)	SKAVA MINAS
PF0055-G-SKV-DO0005_R-00	RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (01/01/17 - 31/01/17)	SKAVA MINAS
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-00	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-01	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-02	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-03	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-04	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 21
---	--	--	---	-----------	-----------------

Documento	Título	Autor
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-05	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-06	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-07	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-08	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00789_R-09	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 CANAL EXTRAVADOR E DIQUE PLANTA E SEÇÕES	NTZ ENGENHARIA
MDT	MODELOS DIGITAIS DE TERRENO - SUPERFÍCIES DE IMPLANTAÇÃO DIQUE S4 - LEVANTAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS REALIZADOS EM CAMPO	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00832	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 AS BUIT DE ESCAVAÇÃO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	NTZ ENGENHARIA
NTZ_GGEIP-GE_00833	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 AS BUIT DE DRENAGEM INTERNA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	NTZ Engenharia

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 22
---	--	--	---	-----------	-----------------

Documento	Título	Autor
NTZ_GGEIP-GE_00834	GERMANO - GERAL CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 AS BUIT DE BLOCOS LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	NTZ Engenharia

4.0 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO DETALHADO DIQUE S4

O projeto detalhado do Dique S4 foi desenvolvido pela WALM Engenharia entre os meses de julho e dezembro de 2016, com o intuito de conter a lama, rejeito oriundos do rompimento da Barragem de Fundão, pertencente à SAMARCO Mineração.

Os estudos elaborados pela WALM contemplaram o dique e as respectivas estruturas de desvio de forma a subsidiar as atividades de construção do maciço da estrutura.

A descrição do sistema de desvio é apresentada nos itens 4.1 a 4.3 do presente documento. Já os itens 4.4 e 4.5 apresentam a descrição geral das atividades previstas no projeto detalhado para a implantação do Dique S4.

4.1 CANAL DE DESVIO

O Canal de Desvio para as obras de implantação do Dique S4 foi construído na margem direita do córrego Santarém, englobando parte da ombreira direita do Dique S4, interligando o reservatório formado a partir da enseada de montante ao Rio Gualaxo do Norte.

O Canal foi implantado a partir da escavação em solo natural, formado por solos residuais e saprolíticos, representados por materiais de 1ª e 2ª Categoria. O emboque do canal encontra-se na EL. 694,00 m e foi projetado em seção trapezoidal com as dimensões apresentadas na Tabela 4.1.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 23
---	--	--	---	-----------	-----------------

Tabela 4.1 – Características geométricas do Canal de Desvio

Estrutura	Comprimento (m)	Seção	Taludes	Base menor (m)	Altura (m)	Declividade (%)
Canal de Desvio	188,85	Trapezoidal	1H:1V	4,67	3,50	1,00

Importante ressaltar que a geometria adotada para as obras de desvio, consideram o canal operando com seção plena (sem borda livre) e período de retorno de 25 anos (TR=25 anos).



Para a implantação do canal de desvio, foi necessária a intervenção no talude natural da margem direita, cuja topografia já se encontrava alterada devido à obras anteriores realizadas pela SAMARCO.

Os taludes de corte para a região do Canal de Desvio definidos no projeto detalhado, apresentam a seguinte configuração geométrica:

- Inclinação de 1,00H : 1,00V (45°);
- Desnível máximo entre bermas de 8,00 metros;
- Berma com largura de 3,00 metros; e
- Base de escavação com 5,00 metros de largura.

Devido às velocidades envolvidas no escoamento pela estrutura, foi previsto o revestimento do canal com blocos de rocha com diâmetro mínimo 200,00 mm (Enrocamento selecionado), espessura de 0,40 m e aplicados até a uma altura de 3,50 metros em relação ao fundo do canal de forma a garantir a integridade do mesmo.

A Figura 4.1 apresenta a seção típica para o canal de desvio elaborado no projeto detalhado do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 24
---	---	--	---	-----------	-----------------

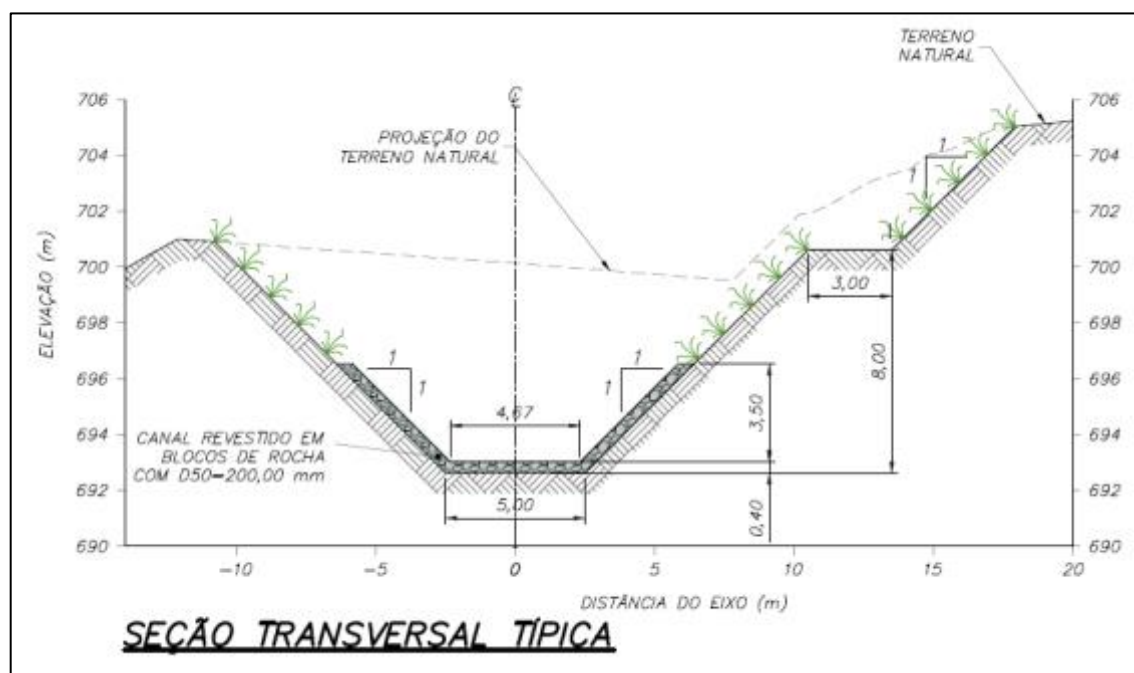


Figura 4.1 – Seção típica do Canal de Desvio – Projeto Detalhado Dique S4.

Na região do desemboque do Canal de Desvio foi proposto a implantação de uma bacia de dissipação constituída por blocos de rocha com diâmetros de 1.200 mm, instalada sobre a calha do Rio Gualaxo do Norte, com a função de regularizar o fluxo para o rio.

Para mais detalhes em relação ao Canal de Desvio, consultar os documentos “G002344-C-100058” e “G002344-C-100059” que apresenta a planta, perfil e seções de implantação.

4.2 ENSECADEIRA DE MONTANTE

A ensecadeira de montante do Dique S4, projetada para operar em conjunto com o Canal de Desvio, foi projetada de forma a conter o fluxo pelo córrego Santarém, sendo considerando para o maciço a utilização de mistura de solo e blocos compactados.

Nos estudos realizados pela WALM Engenharia em 2016 em nível de engenharia detalhada, a cota da crista da estrutura considerando o canal de desvio operando nas condições estabelecidas em projeto (TR=25 anos e canal operando em seção plena) deveria estar

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 25
---	--	--	---	-----------	-----------------

localizada na EL. 699,50 metros. A geometria adotada para o maciço da estrutura, segundo as informações do projeto detalhado, apresentava a seguinte configuração:

- Crista com largura de 5,00 metros;
- Taludes apresentando inclinação de 2,00H: 1,00 V;

Durante o desenvolvimento do projeto detalhado, foi verificado que a SAMARCO já havia iniciado obras preliminares para a construção da Ensecadeira de Montante. Para o desenvolvimento do projeto não foi disponibilizado o cadastro topográfico das obras iniciadas.

Desta forma, o projeto considerou o eixo baseado nas condições topográficas da base disponibilizada, sendo os ajustes necessários para a construção da ensecadeira aproveitando o eixo inicialmente implantado realizado em campo.

Além disto, como a ensecadeira iria apoiar-se sobre o rejeito e lama depositado na calha do córrego Santarém, foi prevista a realização de obras de reforço, caso necessário, com a construção de lastro em blocos de rocha. O lançamento destes blocos funcionaria como aterro de substituição para a expulsão do material mole, através da compactação dos blocos. Para o lastro, foi estimada uma camada final de blocos de 2,00 metros.

A Tabela 4.2 sintetiza as principais características técnicas da ensecadeira de montante projetada para o Dique S4. Já a Figura 4.2 apresenta a seção típica para a estrutura, considerando a seção de maior altura.

Tabela 4.2 – Características Técnicas da Ensecadeira de Montante.

Cota crista	699,50 m
Cota inferior	692,00 m
Taludes de Montante e Jusante	2,00 H: 1,00V
Largura de crista	5,00 m
Altura máxima	7,50 m
Volume Maciço	9.653,00 m³
Volume lastro	2.386,54 m³

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 26
---	---	--	---	-----------	-----------------

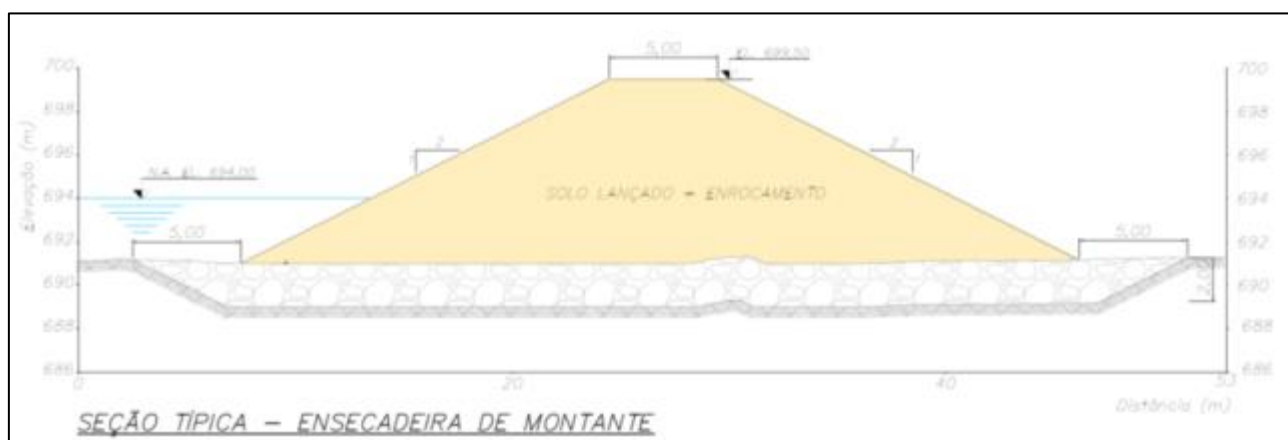


Figura 4.2 – Seção típica – Ensecadeira de Montante – Projeto Detalhado Dique S4.

Para mais informações, consultar os documentos “G002300-O-1MD007” e “G002344-O-100015”, que apresentam os dimensionamentos realizados para a ensecadeira de montante e os desenhos de planta e seção típica da estrutura.

4.3 ENSECADEIRA DE JUSANTE

Como o Dique S4 encontra-se na foz do córrego Santarém com o Rio Gualaxo do Norte, foi necessária a construção de uma ensecadeira a jusante das obras de limpeza de fundação e construção do maciço do Dique S4, de forma a evitar o remanso do rio para a praça de trabalho de construção da estrutura.

Como não se tinha certeza se o dique seria construído durante a estação seca ou chuvosa, o projeto contemplou o dimensionamento da ensecadeira para as duas condições. Foram definidas, então, as cotas mínimas para a crista da ensecadeira de jusante para as duas situações.

A Ensecadeira de Jusante foi projetada para ser construída com o material oriundo da mistura de solo e blocos compactados, mesmo material especificado para o aterro da Ensecadeira de Montante, com a seguinte geometria:

- Crista com largura de 5,00 metros;
- Taludes apresentando inclinação de 2,00H: 1,00 V;

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 27
---	--	--	---	-----------	-----------------

Assim como previsto para a Ensecadeira de Montante, foi previsto a implantação do reforço de fundação, caso necessário, com a aplicação de lastro em blocos de rocha.

Com o objetivo de aumentar o nível de segurança da ensecadeira de jusante frente a passagem de cheias ao longo do Rio Gualaxo do Norte, foi realizado o dimensionamento de um sistema de proteção adicional quanto à erosão do talude de jusante dessa estrutura. A proteção da face de jusante foi realizada por um aterro em pedra de mão, cobrindo toda a face do talude de jusante com espessura mínima de 2,00 metros.

A Tabela 4.3 e a Figura 4.3 apresentam as características geométricas para a Ensecadeira de Jusante proposta no projeto detalhado do Dique S4 para o período de estiagem.

Tabela 4.3 – Características técnicas da Ensecadeira de jusante projetada para o período de estiagem.

Cota crista	693,00 m
Cota inferior	691,00 m
Taludes de Montante e Jusante	2,00 H: 1,00V
Largura de crista	5,00 m
Altura máxima	2,00
Volume Maciço	611,00 m ³
Volume lastro	1.330,70 m ³
Volume de Proteção da face com blocos de 150 a200 mm	170,40 m ³

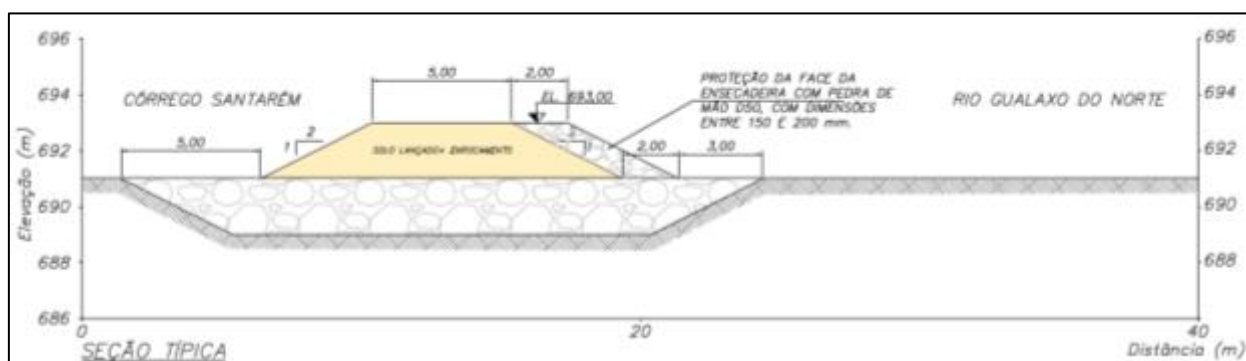




Figura 4.3 – Seção típica da Ensecadeira de Jusante desenvolvida em etapa de projeto – Período de Estiagem.

A Tabela 4.4 e a Figura 4.4 apresentam as principais características técnicas para a ensecadeira de jusante para o período chuvoso.

Tabela 4.4 – Características técnicas da Ensecadeira de jusante projetada para a estação chuvosa.

Cota crista	695,80 m
Cota inferior	691,00 m
Taludes de Montante e Jusante	2,00 H: 1,00V
Largura de crista	5,00 m
Altura máxima	4,80
Volume Maciço	3.265,00 m ³
Volume lastro	2.392,25 m ³
Volume de Proteção da face com blocos de 150 a200 mm	626,90 m ³

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 29
---	---	--	---	-----------	-----------------

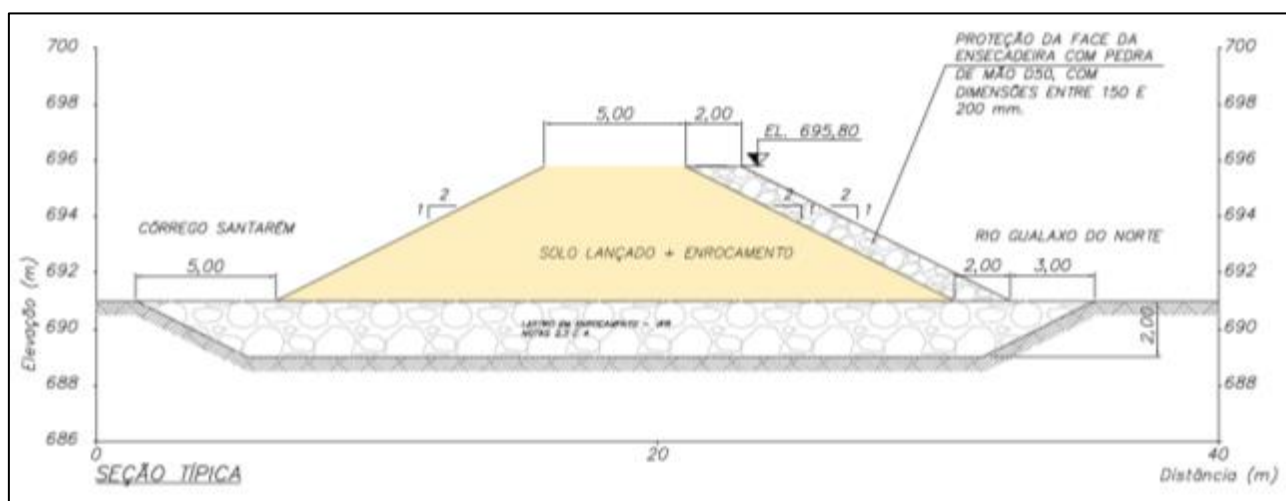


Figura 4.4 – Seção típica da Ensecadeira de Jusante desenvolvida em etapa de projeto – Estação Chuvosa.

Para maiores informações acerca dos estudos e dimensionamentos realizados para a Ensecadeira de Jusante, consultar o documento “G002300-O-1MD007”. Já para os desenhos de planta e seção típica da ensecadeira na condição de operação em estação seca e chuvosa, consultar os documentos “G002344-O-100016” e “G002344-O-100017”.

4.4 OBRAS DE ESCAVAÇÃO E LIMPEZA DE FUNDAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4

Para a elaboração do projeto detalhado do Dique S4, foi realizada campanha de investigação com o intuito de caracterizar a região de implantação do Dique S4, conforme apresentado no documento “G002300-O-1MD007”.

Os resultados obtidos na campanha de investigação realizada para a caracterização da fundação do Dique S4 mostraram que na calha do córrego Santarém, a camada superficial era formada por rejeito com espessura de 3,00 m seguido por seixos subarredondados (aluvião) até a profundidade de 5,00m. Posteriormente, estes materiais recobriam material competente formado por quartzito pouco alterado transgredindo para rocha sã.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 30
---	--	--	---	-----------	-----------------

Para o projeto detalhado, foi prevista a remoção de todo o material de baixa capacidade de suporte (rejeito, lama e material aluvionar) de forma a garantir a estabilidade geotécnica da estrutura.

Assim, o plano de escavação para a implantação do Dique S4 previa a execução de um platô no fundo da calha do córrego na EL. 687,00 m, sendo compatibiliza a escavação com as obras do sistema de desvio.

Na região do corpo do maciço do Dique S4, de forma a atender as condição de estabilidade, o projeto desenvolvido pela WALM previa taludes de escavação com inclinação de 2,00H : 1,00 V (26,56°) até a cota da crista (EL. 699,50 m). A partir desta elevação a conformação em terreno natural, os taludes apresentariam inclinação de 1,00H : 1,00V (45°). Para as demais regiões os taludes de corte, a partir da praça de trabalho na EL. 687,00 m, apresentaria inclinação de 1,00H : 1,00 V (45°), exceto na região de implantação da bacia de dissipação que foi previsto taludes mais íngremes (0,50H : 1,00V) de forma a garantir o encaixe e conformação da estrutura de dissipação.


Para mais detalhes a respeito das sondagens realizadas e do projeto de limpeza e escavação de fundação do Dique S4, consultar o relatório técnico do projeto detalhado apresentado no documento “G002300-O-1MD007” e os desenhos de planta e seção de implantação representados pelos documentos “G002344-C-100066” a “G002344-C-100069”.

4.5 DIQUE S4

O Dique S4 foi implantado pela SAMARCO, no período compreendido entre os meses de setembro de 2016 e janeiro de 2017, e consiste em um dique galgável em seção mista.

A estrutura foi projetada para atender as seguintes condições:

- Contenção dos rejeitos dispostos na região de Bento Rodrigues;

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 31
---	--	--	---	-----------	-----------------

- Tratamento adicional da água a ser descartada no rio Gualaxo do Norte, com melhoria nos níveis de turbidez;

De acordo com o projeto detalhado elaborado pela WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental apresentado no documento “G002300-O-1MD007”, o núcleo do Dique S4 é formado por seção mista, considerando o uso de Blocos com Finos, Pedra de Mão e blocos com diâmetros da ordem de 1,20 metros. Para a utilização destes materiais de forma conjunta para o núcleo da estrutura, foi necessário à adoção de transições geotécnicas e estruturas de impermeabilização de forma a atender as condições específicas de cada material, garantindo a segurança geotécnica da estrutura.

O material denominado “Bloco com Finos” foi obtido através da seleção dos materiais nas frentes de lavra das minas da região, sendo utilizado em obras correntes do Complexo de Germano, e foi utilizado na porção central do Dique S4. O aterro em Bloco com Finos contemplou um dique inicial no eixo da estrutura até a El. 697,30 m de forma a realizar a conformação inicial do núcleo da estrutura. O aterro apresenta as seguintes características geométricas:

- Taludes de Montante e Jusante com inclinação de 2,00H : 1,00V (26,56°) e;
- Largura de Crista com 7,43 metros.

Como o Bloco com Finos apresenta grande concentração de material em fração arenosa, optou-se pela proteção do material com a utilização de Geossintéticos. Para a face de montante foi considerado a proteção com aplicação de geomembrana de forma a impermeabilizar a região e evitar quaisquer caminhos de percolação pelo aterro em Bloco com Finos. A geomembrana prevista para o Dique S4 foi de polietileno de alta densidade e alto peso molecular, lisa, flexíveis e com espessura de 2,00 mm.

De forma a preservar a integridade da geomembrana, com o aumento da sua resistência ao puncionamento, foi considerada a utilização de um geotêxtil não tecido como proteção com gramatura igual ou superior a 500 g/m² (#500 g/m²).

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 32
---	---	--	---	-----------	-----------------

O sistema formado pelo geotêxtil/geomembrana foi ancorado na região do pé do talude de montante do Dique S4 e na crista do aterro em blocos com finos de forma a garantir a estabilidade para a operação da estrutura, apresentando dimensões de 0,60m x 1,00 m (base x altura). Estas trincheiras foram preenchidas com concreto de forma a fixar o conjunto proposto para a impermeabilização da região.

A impermeabilização da face do dique apresenta vantagens operacionais para a estrutura, com a formação de lago desde o início das operações do Dique S4, aumento da eficiência de sedimentação com redução da emissão de sólidos em suspensão para o rio Gualaxo do Norte.

A porção da crista do aterro em Blocos com Finos em contato com o vertedouro do Dique S4, foi protegida com o intuito de evitar a formação de caminhos preferenciais ao longo do maciço devido a passagem do fluxo. A proteção da crista será realizada a partir da construção de laje de concreto sobre o aterro.

A laje em concreto nesta região é formada por solução conjunta com utilização de geocélula preenchida com concreto, ancorada nas extremidades da crista do aterro em Bloco com Finos. A geocélula utilizada na proteção é de PEAD texturizada e Perfurada de 8” (200 mm) com densidade superior a 0,94 g/m³ e foi preenchida com concreto com F_{CK} superior a 15MPa.

Com a impermeabilização da face de montante e crista do aterro em Bloco com Finos, não são esperados fluxos no aterro. Para a face de jusante foi proposta a aplicação de um geotêxtil não tecido agulhado com a mesma gramatura utilizada para a proteção da geomembrana e que apresenta função de separação entre o aterro em Blocos com Finos e os materiais granulares a serem utilizados a partir deste aterro.

O talude de jusante do Dique S4 a partir do aterro em Bloco com Finos é formado pelo material denominado “Pedra de Mão”, e engloba o complemento da crista do dique em uma extensão de 6,25 metros recobrando toda a face de jusante do aterro em blocos com finos. O talude em Pedra de Mão a partir da crista apresenta inclinação de 2,00H : 1,00V (26,56°). O

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 33
---	--	--	---	-----------	-----------------

aterro após a El. 692,94 m apresenta talude com inclinação de 6,00H : 1,00V (9,46°) de forma a conformar parte do aterro ao canal rápido.

Na região da crista, como o material apresenta diâmetro inferior ao necessário para evitar o carregamento dos blocos, foi previsto a implantação de concreto ciclópico na crista da estrutura com espessura de 0,50 metros de forma a garantir a fixação dos blocos na região. Como a pedra de mão ficará em contato direto com a face de jusante do aterro em Blocos com Finos revestidos pelo geotêxtil, foi utilizado uma camada de transição geotécnica formada por brita 3 com espessura de 0,30 metros (durante a execução a espessura desta camada foi de 1,00 metro).

Acima da camada da pedra de mão, o maciço do Dique S4 será formado por blocos de rocha com diâmetro médio de 1,20 metros. Estes Blocos deverão compor o Canal Rápido e a Bacia de Dissipação do Dique S4.

Para o Dique S4 foi prevista ainda a implantação de um dispositivo de drenagem interna, na região do aterro em bloco com finos, com o intuito de coletar e direcionar os fluxos percolados na região das ombreiras e no fundo do talvegue do córrego Santarém.

O tapete na região das ombreiras será implantado a partir da El. 694,00 m e irá direcionar o fluxo para o tapete central que se encontra na El. 687,00 m. Desta forma os tapetes de ombreira deverão ser construídos em areia, com espessura de 0,30 m. Já o tapete central, é do tipo “sanduíche” formado por núcleo drenante em brita 0 com espessura de 0,70 metros (para o projeto foi executado com 0,80 m devido as alterações de projeto) envolto por camada de areia com espessura de 0,30 m.

Como o maciço em pedra de mão apresenta elevada permeabilidade, o tapete central previsto na região do aterro em Blocos com Finos será interrompido no contato entre o aterro e a porção do maciço em pedra de mão, com a construção de um dreno de pé formado pelo núcleo do tapete em brita 0 e pela sua respectiva transição para a pedra de mão formada por brita 3.

	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 34
---	--	--	---	-----------	-----------------

Para o fechamento do maciço do Dique S4 na porção do canal de desvio, foi previsto o preenchimento com blocos de rocha de 1.200,00 mm , sendo a impermeabilização da face de montante , obtida através da aplicação de concreto projetado sobre a face de forma a preencher os vazios dos blocos e vedar a estrutura neste ponto.

A Figura 4.5 apresenta o arranjo geral desenvolvido para o Dique S4.

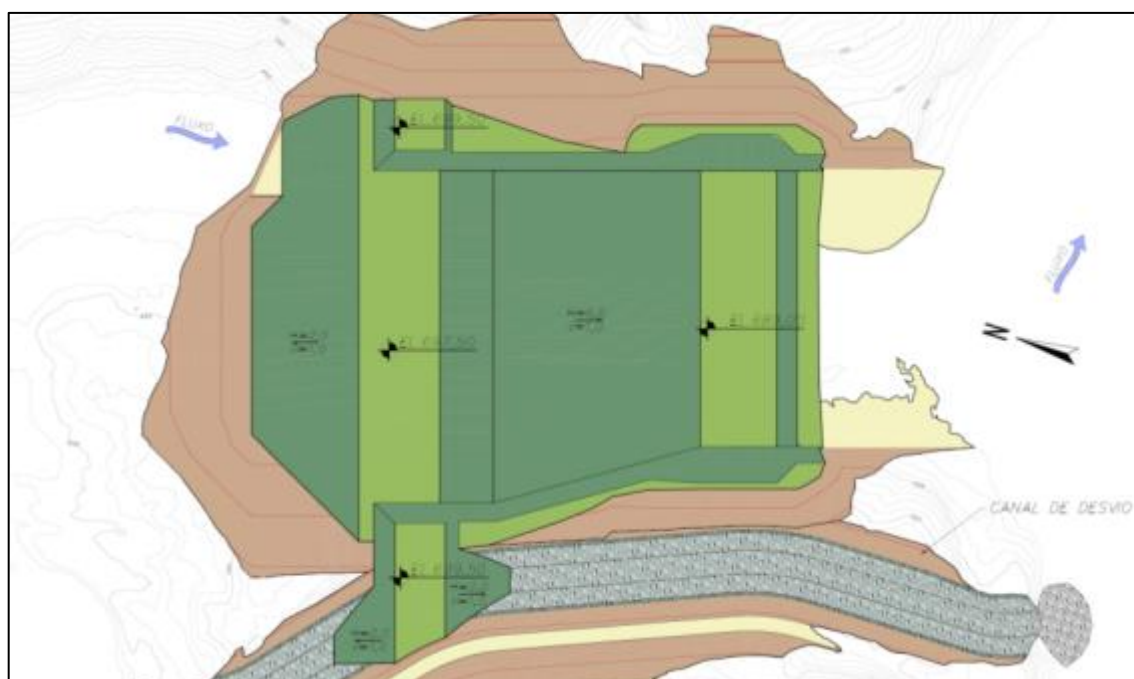


Figura 4.5 – Arranjo geral do Dique S4.

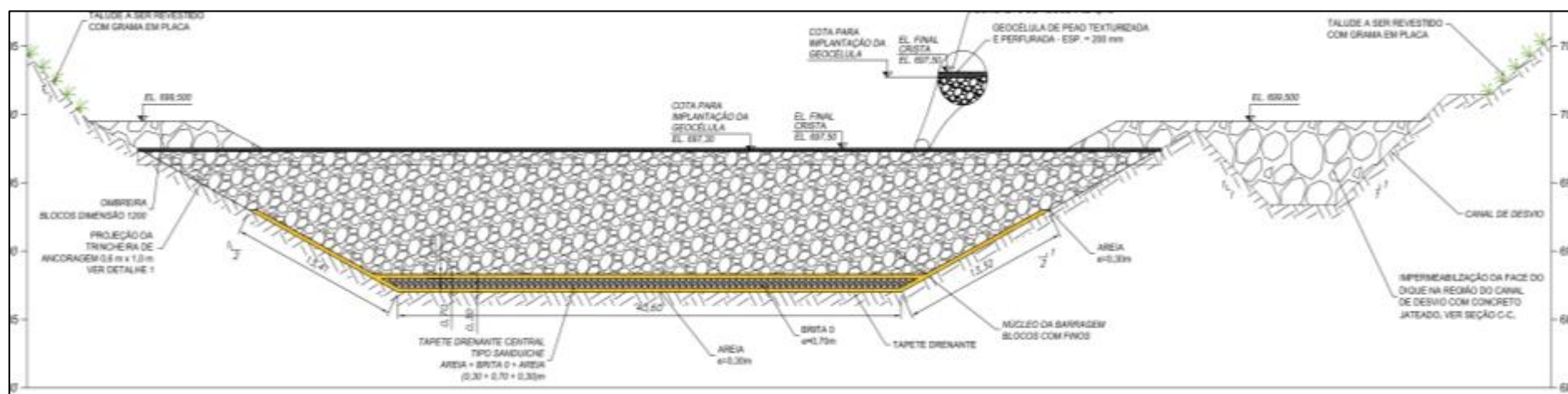
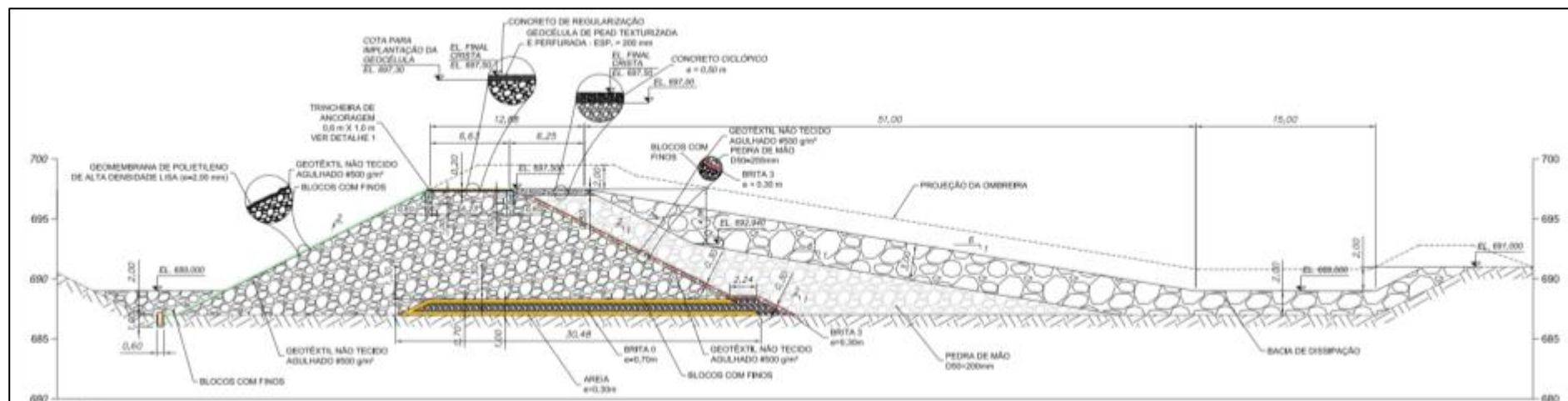
A seção transversal e a longitudinal do Dique S4 são apresentadas na Figura 4.6 e Figura 4.7 respectivamente.

A Tabela 4.5 apresenta a Ficha Técnica do Dique S4 considerando o zoneamento apresentado. Já a Figura 4.8 mostra a visão geral do Dique S4 e as área de alagação para o nível normal de operação (NA. 697,50 m) e crítico (NA. 699,50 m).

SAMARCO 	 WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 35
--	---	---	-----------	-----------------

Tabela 4.5 – Ficha Técnica do Dique S4.

Dique S4	
Altura máxima (m)	10,50
Inclinação do talude de montante	2,00 H: 1,00V
Inclinação do talude de jusante entre as elevações 699,50 e 697,50 metros e região do Canal de Desvio	2,00H : 1,00 V
Inclinação do Canal rápido	6,00H: 1,0V
Volume de blocos de 1.200,00 mm (m³)	11.344,00
Volume de blocos de Pedra de mão (m³)	7.935,00
Volume de blocos com finos (m³)	17.413,00
Volume de Brita 3 - Maciço (m³)	226,16
Volume de Brita 3 - Transição(m³)	69,00
Volume de Brita 0 (m³)	885,10
Volume de Areia (m³)	804,00
Concreto ciclópico (m³)	127,00
Concreto Jateado para impermeabilização da face de montante do Dique S4 na região do Canal Rápido (m²)	200,05
Geotêxtil não Tecido com gramatura de 500g/m² (m²)	2.740,00
Geomembrana de polietileno de alta densidade lisa e espessura de 2mm (m²)	2.024,00
Geocélula de PEAD Texturizada de 8" (m²)	551,10
Concreto FCK 15MPa (m³)	54,80
Elevação da Crista (m)	699,50
Largura da Crista (m)	10,00
Soleira do sistema extravasor (m)	697,50
Área total do maciço (m²)	8.836,31
Área alagada (m²)	332.620,77
Volume do Reservatório (m³)	1.006.317,78



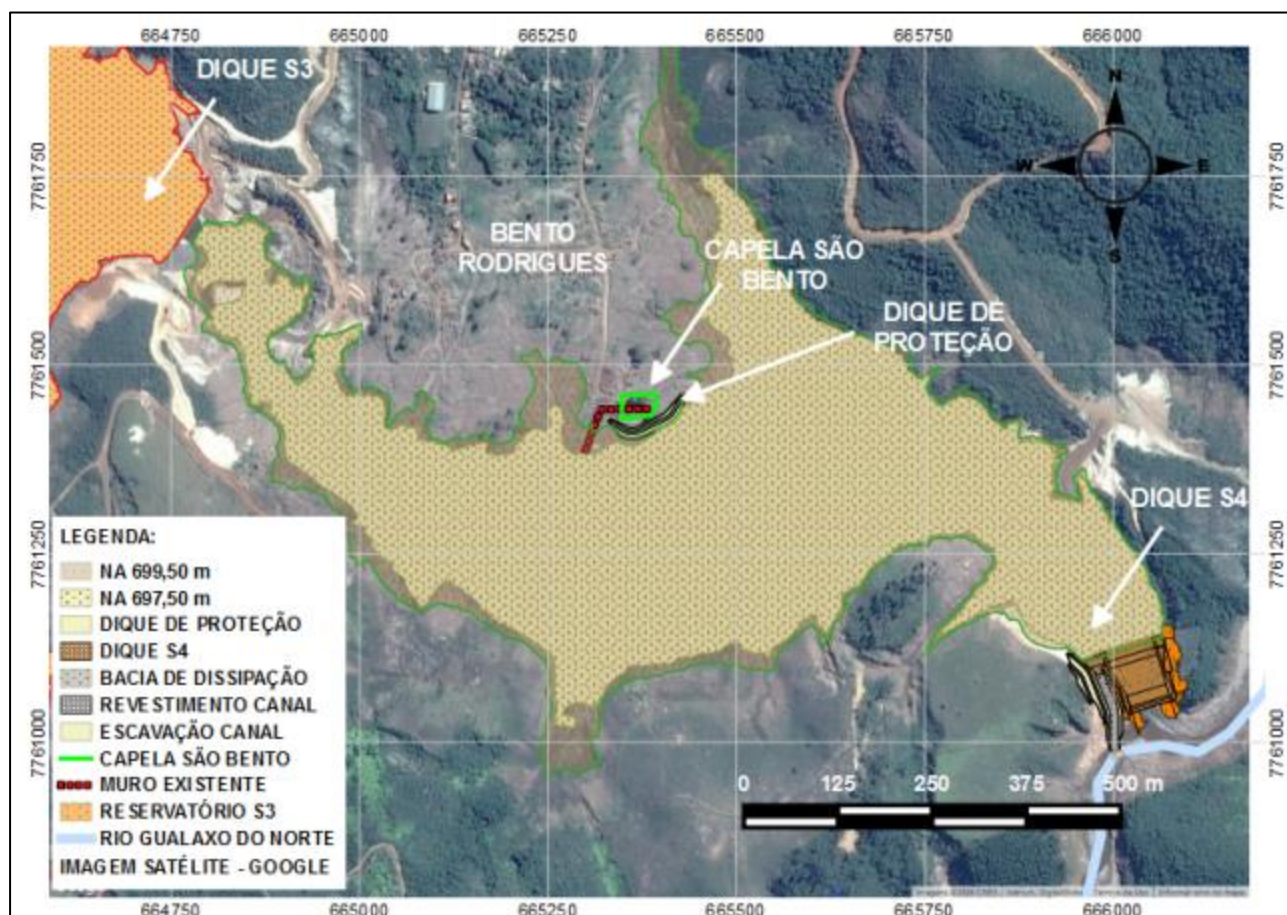


Figura 4.8 – Visão Geral do Dique S4 e reservatório da estrutura.

Conforme apresenta a ficha técnica da estrutura o Dique S4 na sua conformação final apresenta capacidade total de acumulação (Volume de acumulação + Volume de sedimentação) da ordem de 1,05Mm³, sendo a curva Cota x Área x Volume apresentada na Figura 4.9.

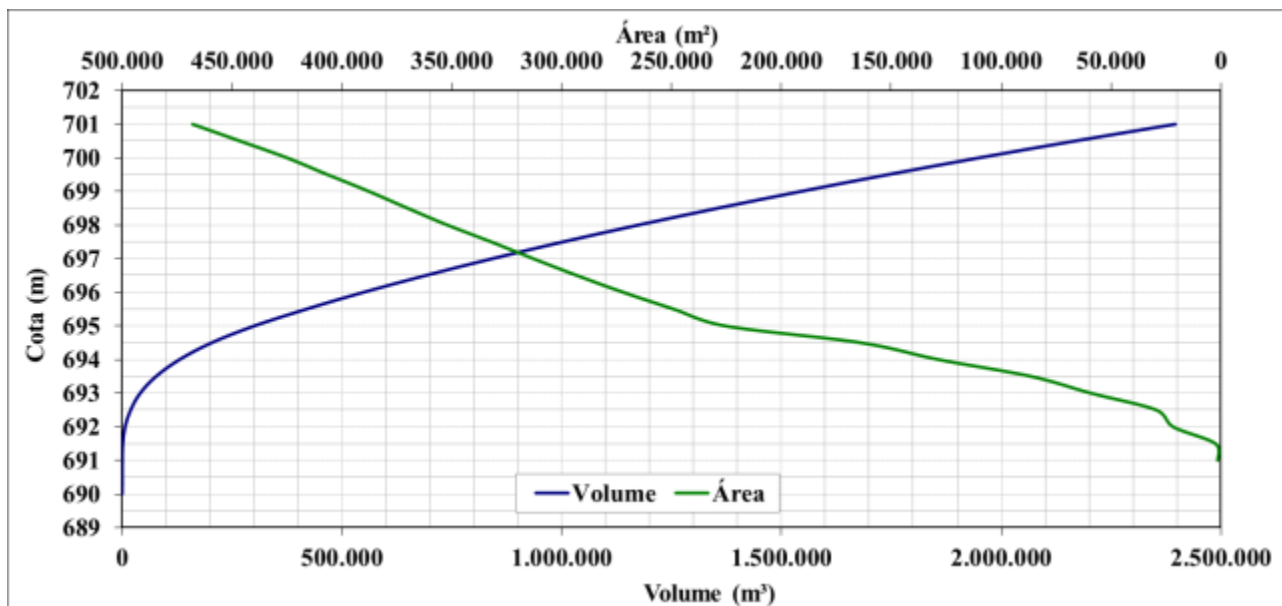


Figura 4.9 – Curva Cota x Área x Volume – Dique S4.



Para mais informações acerca do projeto detalhado do Dique S4 consultar os documentos “G002344-C-100095” a “G002344-C-100098”.

5.0 ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA – ATO

No período compreendido entre 11/11/2016 a 26/01/2017, ocorreu o acompanhamento técnico da obra – ATO - pela equipe técnica da WALM Engenharia, formada por Engenheiro Geotécnico Pleno e um Engenheiro Civil Sênior, com o intuito de auxiliar a FISCALIZAÇÃO da obra e orientar a empreiteira SKAVA MINAS sobre possíveis dúvidas a respeito do projeto e/ou sugestões de melhorias.

Quando necessário, a equipe de ATO recorreu a equipe multidisciplinar da WALM para o esclarecimento das dúvidas ou suporte quanto as alterações de projeto. Além disto, foram realizadas visitas de campo quando solicitado, dos colaboradores da WALM envolvidos no desenvolvimento do projeto detalhado, de forma a sanar dúvidas, avaliar as alterações de projeto e auxiliar a tomada de decisão de possíveis mudanças na obra.

Durante o desenvolvimento das obras, os registros de campo foram realizados através dos diários de obra da empresa SKAVA MINAS, conforme apresenta o Anexo I.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 39
---	--	--	---	-----------	-----------------

As alterações relacionadas a realização das obras do Dique S4 foram registradas no livro do Acompanhamento Técnico de Obra e em atas de reunião conforme apresenta o Anexo II e o Anexo III. Além disto, foi realizado o acompanhamento fotográfico do desenvolvimento das atividades de limpeza de fundação, implantação de tratamento de fundação com blocos limpos, construção do maciço do Dique S4 e desativação do sistema de desvio.



Para melhor entendimento das atividades desenvolvidas, é listada a seguir, de forma simplificada, a sequência construtiva do Dique S4:

- Canal de Desvio;
- Ensecadeira de Montante;
- Ensecadeira de Jusante;
- Limpeza de Fundação para a remoção do rejeito e lama acumulados na região de construção do Dique S4 e remoção do material aluvionar existente na região;
- Tratamento de fundação com a aplicação do aterro de substituição com blocos limpos para a regularização da fundação;
- Aterro de Regularização para a implantação da drenagem interna do aterro em bloco com finos;
- Drenagem Interna;
- Construção do maciço do Dique S4; e
- Drenagem superficial e instrumentação.

Durante a apresentação dos itens serão discutidas as principais alterações do projeto. Os itens 5.1 a 5.8 apresentam os principais pontos referentes ao projeto.

5.1 CANAL DE DESVIO

As obras de implantação do Canal de Desvio foram realizadas pela SAMARCO sob a supervisão da FISCALIZAÇÃO da obra, em período anterior ao início das atividades da equipe de ATO, devido ao caráter emergencial da obra, sendo iniciada no dia 23/09/16. Para as atividades de construção, foram utilizados os desenhos e dimensionamentos apresentados no item 4.1 do presente documento, desenvolvidos para o projeto detalhado. O cadastro topográfico das obras de implantação do Canal de Desvio, considerando a sua geometria final, é apresentado no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev04”, referente ao levantamento de campo realizado no dia 03/11/16.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 40
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Em relação ao projeto detalhado do canal de desvio, foram observadas diferenças nas seções e declividade longitudinal da seção executada em campo. A partir do cadastro topográfico disponibilizado, verifica-se que a inclinação de -1% prevista para o projeto não foi respeitada, sendo que a porção central do canal de desvio apresentou declividade variando entre -0,04 a -0,07 % ao longo do eixo.

Em outro trecho, de pequeno comprimento (aproximadamente 4,65 m), observa-se declividade longitudinal de -14,46%. Os últimos 10,00 metros do canal de desvio apresentam declividade de -25% até a região da bacia de dissipação.

As seções ao longo do canal apresentam variação em relação à largura da base devido as condições de escavação realizadas. Além disto, observa-se que o revestimento do canal foi realizado com blocos limpos, sendo verificado que o diâmetro do material é superior ao especificado em projeto e altura do revestimento encontrou-se variável ao longo do canal.

As alterações em relação ao projeto do Canal de Desvio não causaram impactos em relação as atividades de construção do Dique S4, atendendo integralmente a obra.

A geometria proposta para os taludes de escavação para a construção do canal de desvio, considerando os “off sets” definidos no projeto detalhado foram respeitados, mantendo a configuração apresentada nos documentos “G002344-C-100058” e “G002344-C-100059”.

Segundo o documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev02” que apresenta o levantamento cadastral da construção do canal de desvio, o volume total de escavação foi de 26.2720,15 m³, sendo que para o revestimento do canal com blocos limpos, foram utilizados um volume de 1.217,21 m³.

Os documentos G002348-C-100001 a G002348-C-100004 do Apêndice VI, apresentam a planta, seção e perfil de implantação do canal de desvio.

A Figura 5.1 apresenta imagens do Canal de Desvio implantado na margem esquerda do Córrego Santarém.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 41
--	--	--	--------------------------------	-----------	-----------------



a)- Visão geral do Canal de Desvio e Emboque.



b)- Vista do Canal de Desvio de jusante para Montante.



c)- Vista de Montante para a região de desagüe no rio Gualaxo do Norte.





d)- Região de desagüe no rio Gualaxo do Norte, vista da Ensecadeira de Jusante.

Figura 5.1 – Fotos de implantação do Canal de Desvio – Sistema de Desvio do Dique S4.

Importante ressaltar que caso o Canal de Desvio venha a ser utilizado em etapa futura, deverá ser realizada a revisão dos estudos hidrológicos e hidráulicos de forma a validar as condições de operação para atendimento as vazões de projeto.

Ressalta-se ainda, que as obras de implantação do canal de desvio foram realizadas em período anterior ao acompanhamento técnico de obra pela WALM, não havendo registros das alterações no livro de ATO.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 42
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

A avaliação de estabilidade geotécnica para o canal de desvio, conforme implantado em campo apresentada no item 7.1 do presente documento.

5.2 ENSECADEIRA DE MONTANTE



As obras para a construção da Ensecadeira de Montante, foram realizadas concomitante com a realização das obras do Canal de Desvio, sendo iniciadas no mesmo período. Para tal, foi considerado como base para a sua implantação os documentos elaborados no projeto detalhado da estrutura, conforme apresentado no item 4.2.

Durante as obras para sua implantação, foram realizados ajustes no eixo projetado de forma a aproveitar o aterro existente na região. O aterro complementar para a construção da ensecadeira foi realizado com material diferente do inicialmente previsto em projeto, sendo substituído por Bloco com Finos, mesmo material utilizado no aterro inicial realizado pela SAMARCO. A autorização da substituição do material de concepção do aterro da Ensecadeira de Montante por Bloco com Finos é apresentada na ata de reunião do dia 01/12/16 item 3.2 do documento “PF0055-G-0QU-AR0005_R-00” apresentado no Anexo III.

Ressalta-se que o material denominado “Bloco com Finos” vem sendo utilizado com sucesso em obras similares realizadas pela SAMARCO na Unidade de Germano.

A partir do levantamento topográfico cadastral das obras realizada pela NTZ Engenharia apresentado no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev04”, verificou-se que o arranque da ensecadeira realizado pela SAMARCO apresenta o eixo recuado em relação ao apresentado no projeto detalhado, implicando em comprimento de crista e volume de maciço superiores aos previstos.

De forma a aproveitar o aterro já construído, a equipe de FISCALIZAÇÃO realizou ajustes no projeto, de forma a otimizar a ocupação da região. Foram realizadas obras de terraplenagem na região a jusante da ensecadeira até o limite das obras de limpeza de fundação do Dique S4 para a remoção do rejeito e material aluvionar existente na região. O platô formado encontra-se entre as elevações 692,00 e 693,00 m, e foi utilizado como pátios de agregados, estacionamento dos equipamentos envolvidos na construção e acesso a praça de trabalho do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 43
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Além da alteração em relação ao eixo e porção de jusante, a Ensecadeira de Montante apresenta geometria distinta da apresentada em projeto. Devido a condição de tráfego de equipamentos na porção a jusante da estrutura, optou-se pela inserção de acessos no talude de jusante e na crista. Desta forma o talude de jusante apresenta uma berma intermediária (acesso) próximo a EL. 696,00 m com largura variando entre 5,00 e 8,00 metros. A crista da Ensecadeira apresenta cota variável com EL_{máx.} 698,00 m e largura variando entre 3,50 e 4,00 metros.

O talude de montante da estrutura apresenta inclinação de 1,00H:1,00V e altura máxima de 5,50 metros. Já o talude de jusante apresenta taludes com inclinação variável, sendo observadas inclinações da ordem de 1,10H:1,00V (42,28°) a 1,30H:1,00V (37,56°).

A Ensecadeira de Montante na sua configuração final apresenta volume do maciço em blocos com finos de 10.920,08 m³.

Para mais detalhes acerca da Ensecadeira de Montante implantada para a construção do desvio do córrego Santarém, consultar os documentos G002348-C-100002, G002348-C-100005 e G002348-C-100006 do Apêndice IV que apresenta a planta e respectivas seções de implantação.

Ao término das atividades de construção do Dique S4, parte do maciço da Ensecadeira de Montante foi removida de forma a operacionalizar o Dique S4. A crista da estrutura foi rebaixada até a EL. 697,00 metros, sendo ainda implantado um canal para o vertimento do fluxo. Estas informações são apresentadas no documento G002348-C-100022 do Apêndice VI.

A Figura 5.1 apresenta a Ensecadeira de Montante do Dique S4 implantada, a partir da margem esquerda do córrego Santarém.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 44
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------





Figura 5.2 – Fotos da Ensecadeira de Montante pós implantação– Sistema de Desvio do Dique S4.

Devido ao caráter emergencial para a construção do Dique S4, as atividades de construção da ensecadeira de montante foram concluídas antes do início das atividades de acompanhamento técnico de obra (ATO) pela WALM. Desta forma, as alterações de seção e geometria da estrutura não constam no livro de ATO.

5.3 ENSECADEIRA DE JUSANTE

As obras para a implantação da Ensecadeira de Jusante do Dique S4 foram realizadas durante a construção das demais estruturas do sistema de desvio projetado, sendo consideradas as condições de projeto estabelecidas nos desenhos de projeto detalhado da estrutura, conforme apresentado no item 4.3.

As obras para a implantação do Dique S4 foram realizadas durante a estação chuvosa (novembro – Março), sendo definido que a Ensecadeira de Jusante deveria atender a condição de projeto estabelecida para esta condição climática, com crista na El. 695,80 m.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 45
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

O cadastro topográfico referente a construção da Ensecadeira de Jusante é apresentado no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev04” elaborado pela NTZ. A partir da análise da topografia cadastral, observa-se que a ensecadeira foi executada no mesmo eixo do projeto detalhado. Verificando as seções de implantação e as informações apresentadas na documentação disponibilizada pela SAMARCO, foram observadas alterações em relação a geometria dos taludes da estrutura e sistema de tratamento de fundação.

Para o maciço da ensecadeira, os taludes de montante e jusante apresentam inclinação variável, sendo verificada declividades da ordem de 1,00H:1,00V (45,00°) a 1,50H:1,00V (33,69°) e crista apresentando largura da variando entre 5,70 a 7,00 m. Além disto, foi verificado que a crista da estrutura apresenta cota de topo em elevação variável sendo cota mínima na EL. 695,75 m e máxima na EL.696,00 m. O volume de material utilizado para a construção da estrutura foi de 3.329,28 m³ segundo informações disponibilizadas pela SAMARCO.

Para o reforço da fundação, foram realizadas obras de escavação para a remoção do material de baixa capacidade de suporte. Segundo informações do documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev05”, o volume de escavação foi de 962,50 m³, sendo que para a região de escavação foi realizado o aterro de substituição com a aplicação do lastro de reforço, constituído, provavelmente, por Blocos de rocha. As informações referentes às obras do reforço de fundação para a Ensecadeira de Jusante não foram disponibilizadas pela SAMARCO.

Importante ressaltar que a proteção da face de jusante do Dique S4 foi realizada após a implantação das obras do sistema de desvio. Como as obras de limpeza de fundação nesta etapa já se encontravam em andamento, o acesso à região de jusante da ensecadeira para a construção da proteção encontrava-se impossibilitado. Desta forma, foi realizada a proteção com o lançamento de camada de blocos limpos na base do talude de jusante da ensecadeira de Jusante com altura aproximada de 2,00 metros. Em contrapartida, a SAMARCO solicitou que fosse realizado o monitoramento diário da região do talude de jusante de forma a verificar a integridade da estrutura. O item 3.4 do documento “PF0055-G-0QU-AR0005_R-00” do Anexo III apresenta o registro das mudanças realizadas.

Os documentos G002348-C-100001 e G002348-C-100007 do Apêndice VI apresentam os desenhos de planta e seções de implantação da Ensecadeira de Jusante construída para o sistema de desvio.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 46
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

A Figura 5.1 apresenta imagens da Ensecadeira de Jusante do Dique S4.





a)- Vista talude de jusante e proteção em blocos b)- Vista do talude de montante e região de limpeza de fundação do Dique S4.



c)- Ensecadeira de Jusante – vista do talude de jusante, a partir da ombreira direita. Observa-se o fluxo do Rio Gualaxo do Norte mais a direita e a água bombeada da fundação do dique sendo descarregada imediatamente a jusante da ensecadeira.

Figura 5.3 – Fotos da Ensecadeira de Jusante pós implantação– Sistema de Desvio do Dique S4.

Ao término das obras de construção do Dique S4, a Ensecadeira de Jusante foi rebaixada até a EL. 692,00 de forma a atender a condição de operação da bacia de dissipação e restituição do fluxo para o Rio Gualaxo do Norte.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 47
---	--	--	---	-----------	-----------------

Ressalta-se que as obras de construção do sistema de desvio foram realizadas antes das atividades de acompanhamento técnico da obra pela WALM Engenharia e por este motivo, as alterações do projeto não são apresentadas no livro de registro do ATO.

5.4 LIMPEZA DA FUNDAÇÃO



As obras para a limpeza de fundação para a implantação do Dique S4 foram realizadas após a implantação do sistema de desvio. Foram iniciadas nas proximidades da Ensecadeira de Jusante, com a remoção do rejeito/lama depositado na região e do material aluvionar existente na calha do córrego, sendo a limpeza realizada de jusante para montante. Como subsidio para a realização das obras de escavação, foram utilizados os documentos “G002344-C-100066” a “G002344-C-100069”, elaborados para o projeto detalhado e que apresenta a planta de escavação e suas respectivas seções.

As escavações foram realizadas de forma a atender a remoção do rejeito, lama e material aluvionar presentes na região, sendo atingido os perfis litológicos da região formados por Quartzitos (região de montante e fundo do talvegue na área de implantação do dreno de fundo e ombreira da bacia de dissipação) e solos de alteração (região a montante da área de implantação do Dique S4) e filitos (margem esquerda do córrego Santarém).

Segundo informações apresentadas no Anexo II referentes ao dia **08/12/16**, a demarcação dos limites de escavação para a limpeza da fundação seguiu as informações apresentadas nos “G002344-C-100066” a “G002344-C-100069”, uma vez que não houve discrepâncias entre o levantamento topográfico primitivo utilizado para a elaboração do projeto detalhado, representado pelo documento “G002380-K-100007” e a base levantada pela NTZ Engenharia antes do início do projeto e apresentada no documento G002380-K-100052 do Apêndice VI.

Durante as obras de limpeza da fundação, foi constatada presença de nível freático elevado, sendo o rebaixamento realizado por bombeamento instalado próximo a ombreira direita da Ensecadeira de Jusante direto para o Rio Gualaxo do Norte.

Durante o início das atividades de escavação na região, foi constatada pela equipe de campo a presença de blocos de rocha na margem esquerda do córrego Santarém na porção do maciço, podendo resultar em

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 48
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

alterações na configuração do maciço e de suas respectivas estruturas. Esta informação encontra-se no livro do ATO, referente ao dia **01/12/16**.

A partir destas informações, no dia **02/12/16** (livro do ATO) foi definido que para a região das ombreiras e bacia de dissipação, a escavação seria realizada até a EL. 688,00 m, caso fosse atingido o perfil rochoso.

No dia **12/12/16**, foi informado pela equipe de ATO da WALM que as obras para a escavação da fundação estavam sendo realizadas em materiais de primeira e segunda categorias, porém com presença de muitos afloramentos (Material de segunda a terceira categoria) nas regiões da bacia de dissipação e ombreiras do Dique. Estes afloramentos foram removidos de forma a garantir a seção hidráulica do projeto. Porém, na região da ombreira esquerda da bacia de dissipação, aproximadamente no encontro da mesma com o pé do talude de jusante do dique, foi encontrado afloramento rochoso que não foi possível ser removido. O bloco encontrado é de quartzito são e apresentava altura de 1,00 metro acima da cota de projeto da bacia e aproximadamente 3,00m² de área ocupada. Esta informação foi encaminhada a equipe técnica da WALM, uma vez que a presença deste bloco impacta na geometria da bacia de dissipação. Após avaliação do corpo técnico da WALM, foi sugerida a incorporação do afloramento rochoso a bacia de dissipação com consequente elevação dos taludes de ombreira de forma a garantir a seção projetada para a dissipação.

Desta forma, em termos de projeto, as ombreiras foram elevadas em 1,00 metro. Para mais detalhes ver item 5.8.

A Figura 5.4 apresenta a figura com a localização do bloco de rocha na margem esquerda do córrego Santarém.



	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 49
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------



Figura 5.4 – Região do bloco de rocha na margem esquerda do córrego Santarém – Dique S4.

O cadastro do afloramento é apresentado no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev09” realizado pela NTZ Engenharia. Além do bloco localizado na região da bacia de dissipação do Dique S4, foram registrados mais dois afloramentos de quartzito são no talude de escavação da ombreira direita (região do maciço em bloco com finos) e fundo do talvegue na porção central.

A presença destes afloramentos impacta diretamente na locação do dispositivo de drenagem interna projetado para a estrutura, obrigando a alteração nas cotas do tapete drenante central do Dique S4, conforme apresentado no item 5.7 do presente documento.

Durante a realização das atividades de escavação, foram observadas surgências na região nos pontos S1, S2 e S3 apresentados na Figura 5.5. Segundo informações do relatório de liberação de fundação, as vazões das surgências cadastradas são de aproximadamente 1,5 l/s (S1), 0,5 l/s (S2) e 0,1 l/s (S3).

Outra alteração importante observada nas obras para a limpeza de fundação está relacionado a profundidade das escavações em relação ao projeto detalhado. Segundo o documento “G002344-C-100066” a cota limite para a escavação da fundação é equivalente a EL. 687,00 m. Porém, foi observado em campo a presença de material com baixa capacidade de suporte em cota inferior a profundidade prevista no projeto. Desta forma, a escavação para o tratamento da fundação foi ajustada quando necessário de forma a atender a condição de fundação competente para a construção do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 50
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

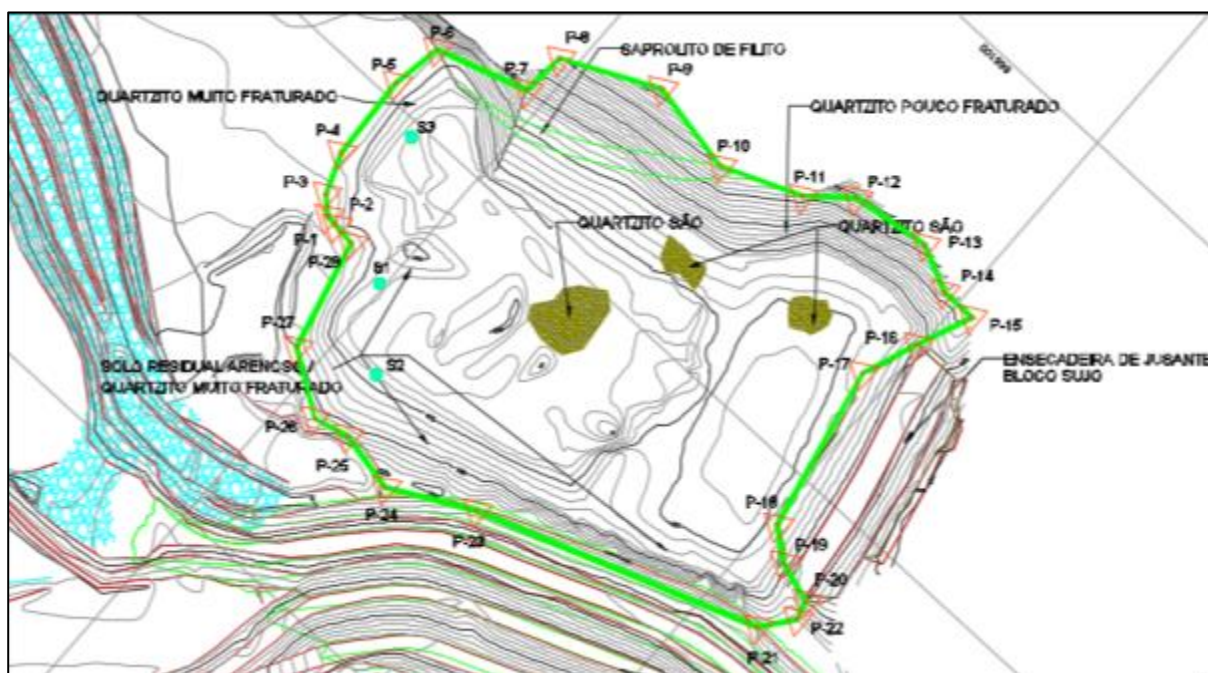




Figura 5.5 – Croqui esquemático com o cadastro dos afloramentos e surgências na região de escavação – Dique S4.

Como limite para a escavação adicional para o fundo do talvegue do córrego Santarém, foi considerado a remoção do material até fundação competente.

O cadastro topográfico das atividades de escavação para a remoção dos materiais na área de construção do Dique S4 é apresentado no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev07”, elaborado pela NTZ Engenharia. Ressalta-se que o documento é o que melhor representa as condições de fundação, dentre os documentos de referência para a elaboração do “*As Built*”.

O documento supracitado indica que as atividades de escavação para a remoção do rejeito, lama e material aluvionar atingiram a EL. 684,00 m. Segundo a base cadastral da escavação realizada pela NTZ Engenharia, o volume total de escavação foi de 70.159,68 m³.

Os limites de escavação foram ajustados em campo pela FISCALIZAÇÃO em conjunto com o ATO da WALM de forma a atender a garantir fundação competente. Desta forma, a praça implantada apresentou algumas diferenças em relação ao projeto detalhado. Os taludes de escavação para a limpeza de fundação na porção do maciço da estrutura seguiram a geometria especificada em projeto com taludes apresentando inclinação de 2,00H:1,00V (26,56°) até a EL. 699,50 m, sendo os taludes acima desta elevação, com inclinação de 1,00H: 1,00V (45°).

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 51
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Na porção da bacia de dissipação, os taludes apresentam diferenças em relação ao projeto. A margem esquerda apresenta talude na mesma inclinação do projeto (1,00H:1,00V (45°)). Porém, para a margem direita do córrego Santarém, os taludes de escavação apresentam inclinação da ordem de 0,70H:1,00V (55°) ao longo de todo o seu comprimento. Esta alteração foi concebida devida a presença de material competente na região (quartzito).

Os documentos G002348-C-100008 a G002348-C-100012 do Apêndice VI, apresentam a planta de escavação e as seções referentes as obras de reforço para a construção do Dique S4.

O documento “G002300-O-1RT055” do Apêndice I apresenta o relatório de liberação de fundação referente ao acompanhamento técnico da obra pela equipe da WALM.



De forma a atender a geometria proposta em projeto, nas áreas onde foi necessária a realização de escavação adicional abaixo da EL. 687,00 m, foi realizado o reforço da fundação com a aplicação de Blocos Limpos com diâmetro médio (D_{50}) da ordem de 1,20 metros, mesmo material utilizado na concepção do talude de jusante na porção do canal rápido e bacia de dissipação. O item 5.5 apresenta as soluções para o tratamento de fundação para a construção do Dique S4.

A Figura AII.1 do Apêndice II apresenta o registro fotográfico das obras realizadas para a escavação da fundação, conforme as atividades do ATO realizado pela WALM.

5.5 TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO

Durante as atividades de escavação da fundação, foi verificado pela equipe de campo a presença de material inconsolidado além da cota especificada em projeto.

As sondagens realizadas para a construção do Dique S4 apresentadas no item 7.4 do documento “G002300-O-1MD007” e nos documentos “G002370-O-100005” e “G002370-O-100006” foram realizadas no alinhamento do eixo da estrutura e não contemplaram as condições de toda a região de implantação da estrutura. As sondagens realizadas para a região do Dique S4 indicavam que o perfil litológico do contato entre o rejeito/lama e material aluvionar com o perfil rochoso, encontra-se próximo da EL. 687,00 m, sendo a cota apresentada em projeto.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 52
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------



Conforme apresentado no item 5.4 foi necessária escavação além da profundidade estimada em projeto, sendo verificado nos levantamentos topográficos disponibilizados pela SAMARCO que a escavação atingiu profundidades superiores a previstas inicialmente no projeto detalhado para o fundo do talvegue. Para a região da calha do Santarém, existem trecho em que a escavação atingiu a EL. 684,00 m.

De forma a atender as condições de projeto e controlar as percolações observadas na região, foi realizado o preenchimento da região escavada além da EL. 687,00 metros com blocos de rocha limpos, apresentando diâmetro médio de 1,20 metros ($D_{50} = 1.200,00$ mm). Estes blocos foram lançados concomitante com os avanços nas atividades de escavação na região de construção do Dique S4, possibilitando a abertura de praça de trabalho para os equipamentos de escavação, principalmente na região de construção da bacia de dissipação do Dique S4.

Desta forma, o lastro de fundação com a utilização dos blocos de rocha limpos foi realizado de forma a nivelar todos os trechos onde foi necessária a escavação abaixo da cota prevista em projeto. A projeção da região onde foi implantado o lastro de fundação é apresentada no documento “NTZ_GGEIP-GE_00789-Rev07” correspondente ao cadastro topográfico realizado pela NTZ Engenharia. Segundo o documento, o volume de material lançado para o preenchimento e nivelamento da região foi de 6.180,23 m³.

Como os blocos de rocha utilizados para a região do fundo de talvegue onde a escavação ultrapassou a EL. 687,00 m são permeáveis, quaisquer fluxos percolados pela fundação e as surgências observadas durante as obras de escavação, foram direcionadas para a região de jusante, sem acréscimos poropressão que poderia vir a desestabilizar o Dique S4. Ressalta-se que devido a impermeabilização da face de montante e geologia local (ausência de fraturas de grandes dimensões), não haverá formação de caminhos preferências que possibilitaria a comunicação com o reservatório do dique.

O documento G002348-C-100013 do Apêndice VI, apresenta a planta e seção típica de implantação das obras de reforço da fundação com o lastro em blocos de rocha limpo com diâmetro médio da ordem de 1,20 metros. A Figura AII.2 do Apêndice II apresenta o registro fotográfico referente ao lastro de reforço da fundação.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 53
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

5.6 ATERRO DE REGULARIZAÇÃO EM BLOCO COM FINOS ATÉ A EL. 689,40 m E ELEVÇÃO DA COTA DO TAPETE DRENANTE CENTRAL

Conforme apresentado no item 5.4, durante as obras de escavação limpeza e regularização da fundação, foi constatada a presença de afloramentos rochosos de quartzito (rocha sã) na fundação que implicaram em mudanças na geometria proposta para a estrutura com o intuito de atender as condições hidráulicas de funcionamento do dispositivo de drenagem interna.



Os afloramentos localizados na margem esquerda e fundo do talvegue do córrego Santarém fizeram com que houvesse a revisão do posicionamento do tapete central da drenagem interna do aterro em bloco com finos. O tapete central do dispositivo de drenagem interna do Dique S4 seria implantado imediatamente acima da cota de escavação para a limpeza de fundação (El. 687,00 m – ver documento “G002344-C-100098”), através da construção de estrutura tipo sanduíche, formada por núcleo drenante em brita 0 com espessura de 0,70 metros, envolto por transição em areia com espessura de 0,30 m.

A presença do afloramento no fundo do talvegue com a crista na EL. 689,40 m apresenta restrição hidráulica da seção drenante do tapete projetado. Como solução construtiva, a equipe de FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO definiu que o tapete drenante seria executado em cota superior à de projeto, de forma a não impactar nas condições de condução do fluxo devido à restrição da seção, o que obrigaria o aumento da espessura do dreno e/ou substituição do material drenante. Desta forma, optou-se pela realização de um aterro de regularização do terreno em Bloco com Finos até a cota de topo do afloramento na EL. 689,40 m, sendo mantida a seção hidráulica apresentada no projeto.

Com a alteração da cota de fundo do tapete central, os tapetes inclinados de areia localizados nas ombreiras tiveram sua cota de fundo também ajustadas, de forma a desaguar na cota real de implantação do tapete drenante, preservando a espessura de 0,30 metros.

Esta alteração está no livro do ATO apresentado no Anexo II sendo referente ao registro do dia **08/12/16**.

Devido às diferenças encontradas na permeabilidade de projeto e aquela obtida nas jazidas de empréstimo da obra para a brita 0, foi realizado um novo estudo para a validação da espessura do núcleo

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 54
---	---	---	------------------------------------	-----------	-----------------

drenante. No estudo realizado pelo corpo técnico da WALM, a espessura do tapete drenante foi aumentada para 0,80 metros a fim de atender as vazões de projeto.

O aterro de regularização em blocos com finos seguiu as mesmas recomendações para a utilização do material no zoneamento da estrutura.

O cadastro referente ao aterro de regularização é apresentado no modelo digital do terreno realizado a partir do levantamento cadastral no documento “BLOCO COM FINOS” e na seção referente ao documento “NTZ_GGEIP-GE_00833”.

Conforme citado no item 5.4 foi verificada a presença de surgência nos pontos S1, S2 e S3 da Figura 5.5. Durante a construção do aterro em Blocos com finos, a região do contato entre o aterro e o terreno natural das ombreiras, não foi preenchida de forma a manter zona livre para a condução do fluxo gerado pelas surgências da região. Para as obras de implantação das demais estruturas do Dique S4, a captação destas surgências foi realizada por drenos até a região de jusante, sendo realizado ao término da construção do aterro, a interrupção do fluxo nos drenos com a impermeabilização dos pontos de coleta com material argiloso e/ou concreto.

A Figura 5.6 apresenta a zona não preenchida com blocos com finos para a condução do fluxo da fundação na região de construção do Dique S4.

O documento G002348-C-100014 do Apêndice VI, apresenta a planta e as seções de implantação do aterro de regularização. Já as Figura AII.3 do Apêndice II, apresenta o registro fotográfico referente as atividade de implantação do aterro de regularização.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 55
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------



Figura 5.6 – Aterro de regularização em Bloco com Finos e área não preenchida para a coleta e direcionamento das surgências existentes na área de construção do Dique S4.

5.7 DRENAGEM INTERNA

Ao término das atividades de construção do aterro de regularização até a EL. 689,40 m, foi iniciada a construção do sistema de drenagem interna. Para tal, a área não preenchida para a condução das surgências durante a construção do aterro de regularização, foi complementada com a construção de aterro em bloco com finos de forma a possibilitar a construção dos tapetes de ombreira.

Antes das obras de fechamento do aterro até a região das ombreiras, foi necessária a utilização de uma estrutura temporária para a coleta das surgências existentes na região. Para tal, a equipe de FISCALIZAÇÃO e ATO propôs a construção de um dreno auxiliar aproveitando a vala existente entre o aterro de bloco com finos e os taludes das ombreiras do dique (ver Figura 5.7) deixada inicialmente para o escoamento do fluxo para a região de jusante da estrutura.

O dreno auxiliar foi construído aproveitando os taludes existentes, seção trapezoidal com área de aproximadamente 0,50 m². O dreno implantado é do tipo “Charuto”, sendo formado por núcleo drenante

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 56
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------



em brita 0 e envolto por um geotêxtil não tecido com gramatura de 500g/m² como camada de transição geotécnica de forma a evitar o carreamento de finos para o núcleo drenante. Ressalta-se que a brita 0 utilizada para a construção do dreno auxiliar é oriunda do material rejeitado para a construção do dispositivo de drenagem interna da Pilha AD-1, que não se enquadrava na faixa especificada. Como o dreno auxiliar não faz parte do sistema definitivo de drenagem interna do Dique S4, não foi realizado a verificação hidráulica e/ou verificação de transição com o geotêxtil para a estrutura.

A Figura 5.7 apresenta a implantação dos drenos auxiliares do tipo “Charuto” na região do contato entre o aterro em blocos com finos e região das ombreiras, antes do complemento do aterro até a EL. 689,40 m.



Figura 5.7 – Construção dos drenos auxiliares para a coleta e direcionamento das surgências existentes na região para a construção da drenagem interna do aterro em blocos com finos.

O cadastro relativo ao dreno auxiliar (“Charuto”) é apresentado no modelo digital de terreno desenvolvido pela NTZ Engenharia, no documento denominado “GEOTEXTIL”. A alteração relativa a utilização do dreno auxiliar, para a implantação do aterro de regularização e posteriormente a drenagem

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 57
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

interna do aterro em bloco com fino é apresentada no livro do ATO (ver Anexo II) referente ao dia **23/12/16**.



Ao término da construção do dreno auxiliar e o seu recobrimento com o complemento do aterro em bloco com finos até a El. 689,40 m, foi iniciada a construção do sistema de drenagem interna. Conforme discutido no item 5.6, a elevação da cota do tapete drenante foi necessária devido à presença do afloramento rochoso em quartzito, localizado no fundo do talvegue.

As obras para a construção dos dispositivos de drenagem interna foram iniciadas pelo lançamento da camada de areia a ser utilizada como material drenante nos tapetes de ombreira e como transição para o tapete central do Dique S4. Os tapetes de ombreira foram implantados até a EL. 694,50 m com espessura de 0,50 metros e se conectam a camada de transição do tapete sobre o aterro de regularização na EL. 689,40 m com mesma espessura.

Ao término das atividades de construção dos tapetes de ombreira e primeira camada de transição do tapete drenante sobre o aterro de regularização, foi iniciada a construção do núcleo drenante do tapete central em brita 0.

Segundo o documento “G002344-C-100098”, o núcleo drenante do tapete deveria apresentar espessura de 0,70 metros de forma a atender as condições do projeto. Nos ensaios de permeabilidade realizados para a validação do material utilizado para a construção do Dique S4 (ver item 6.0), foi verificado que a brita 0 utilizada não apresentava a permeabilidade especificada em projeto. Desta forma, foi necessária a validação da espessura da brita 0 de forma a garantir seção hidráulica compatível com a vazão esperada para o dispositivo de drenagem interna considerando a variação de permeabilidade.

Os estudos para a revisão da seção do dreno levaram em consideração as seções de estabilidade apresentadas no projeto detalhado, uma vez que não haviam sido disponibilizados o cadastro da construção do Dique S4. O resultado mostrou que o tapete drenante deveria apresentar espessura de 0,80 metros de forma a atender às vazões de projeto. Os estudos para a verificação da geometria do tapete são apresentados no item 7.3 do presente documento e mostram que a geometria utilizada para o tapete está de acordo com as vazões esperadas para a operação do Dique S4.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 58
---	--	--	------------------------------------	-----------	-----------------

A alteração da espessura da camada do tapete drenante de 0,70 m para 0,80 m, está registrada no Livro do Acompanhamento Técnico da Obra apresentado no Anexo II, nas anotações do dia **29/12/16**.

Ao término da construção do núcleo drenante do tapete localizado sobre o aterro de regularização, foi implantada a camada de transição de envelopamento da brita 0 com espessura de 0,50 m de areia.

Ressalta-se que durante a construção da camada de transição em areia, foi realizada a ancoragem prévia do geotêxtil não tecido com gramatura de 500g/m² no contato entre esta camada e a de brita 0. O geotêxtil foi ancorado considerando um comprimento mínimo de apoio entre as camadas de areia e brita 0 de 1,70 m. A Figura 5.8 apresenta o registro fotográfico referente a ancoragem do geotêxtil não tecido com gramatura de 500g/m².





Figura 5.8 – Ancoragem geotêxtil da face de jusante do aterro em bloco com finos.

O geotêxtil a ser utilizado tem função de transição geotécnica entre a fração em solo do aterro em blocos com finos e os materiais granulares da estrutura.

As atividades realizadas para a implantação dos dispositivos de drenagem interna do aterro em Bloco com Finos do Dique S4, são apresentadas na Figura AII.4 do Apêndice II do presente documento.

Importante ressaltar que os drenos auxiliares do tipo “Charuto” implantados para a coleta e direcionamento das surgências existentes foram desativados através da obstrução do fluxo na entrada, durante as atividades de construção das valas de ancoragem para a implantação do geotêxtil/geomembrana na face de montante do aterro em blocos com finos.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 59
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Segundo informações da FISCALIZAÇÃO e equipe do ATO, o dreno auxiliar da ombreira direita teve parte da sua estrutura removida, sendo realizada a selagem do fluxo com aplicação de aterro compactado em solo argiloso, antes da aplicação do concreto para o fechamento da trincheira de ancoragem. O dreno auxiliar da ombreira esquerda foi selado a partir da aplicação de material argiloso e concreto de forma a impossibilitar a passagem do fluxo na região.

A plugagem dos drenos auxiliares foi necessária de forma a não criar caminho preferencial entre a região do reservatório (montante) e a zona permeável do Dique S4 formada pelo aterro em Pedra de Mão e Blocos de Rocha com diâmetro de 1.200,00 mm (jusante).

Ressalta-se ainda que a transição geotécnica entre a saída do tapete drenante do aterro de regularização e a região a jusante formada por geotêxtil e brita 3 foi construída concomitante com o maciço do Dique S4.



O documento G002348-C-100015 e G002348-C-100021 do Apêndice VI apresenta a planta de locação e seções e detalhes típicos para a drenagem interna construída na porção do aterro formado por blocos com finos, a partir do aterro de regularização.

Ressalta-se ainda que todos os materiais utilizados na construção da drenagem interna na porção do zoneamento do maciço do Dique S4 em bloco com finos foram previamente aprovados pela CHAMMAS Engenharia, através da realização de ensaios laboratoriais, considerando os limites apresentados na G002344-C-1ET005, na sua revisão 4.

5.8 CONSTRUÇÃO DO MACIÇO DO DIQUE S4

As obras para a implantação do maciço zoneado do Dique S4 basearam-se nas informações apresentadas no projeto detalhado considerando a planta e as seções de implantação apresentadas nos documentos “G002344-C-100095” a “G002344-C-100097” e os detalhes típicos de construção apresentados nos documentos “G002344-C-100099” a “G002344-C-100101”.

Devido as alterações quanto ao limite de escavação com a remoção de material de fundação, foi necessária alteração na construção do Dique S4 com a realização de obras de tratamento de fundação

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 60
---	---	---	------------------------------------	-----------	-----------------

com blocos limpos, implantação do aterro de regularização na porção de construção da drenagem interna do aterro em blocos com finos e elevação de toda a drenagem interna do Dique S4 (ver itens 5.4 a 5.7).

Além destas alterações, foi necessária a alteração da sequência construtiva da estrutura, com a construção do maciço zoneado em etapas, e implantação da obra de jusante para montante.



Assim, de forma concomitante com as obras de limpeza de fundação e implantação do tratamento de fundação, foram iniciadas as obras de construção da bacia de dissipação com o lançamento dos Blocos limpos ($D_{50}=1.200,00$ mm), para a conformação geométrica da bacia.

Para a construção da bacia de dissipação, foi necessária a alteração das dimensões de projeto devido a presença do afloramento em quartzito na região. Como a presença do bloco apresenta restrição hidráulica devido a redução do volume para o amortecimento e regularização do fluxo, foi necessário o aumento da altura da bacia, implicando no alteamento de toda a proteção das ombreiras esquerda e direita em 1,00 m.

O registro do dia **23/12/16** do livro do Acompanhamento Técnico de Obra apresentado no Anexo II, apresenta a alteração referente à altura da bacia de dissipação.

Esta alteração foi realizada pela equipe de ATO em conjunto com a FISCALIZAÇÃO, sendo avaliada pela equipe técnica da WALM de forma a garantir a condição hidráulica para o Dique S4.

A partir do lançamento dos blocos limpos para a conformação da bacia de dissipação, foram iniciadas as atividades para o lançamento camada de pedra de mão (material previsto para transição entre o aterro em blocos com finos e os blocos de 1,20 metros), implantação da camada de transição em brita 3, construção do aterro em bloco com finos com a aplicação do geotêxtil não tecido com gramatura de 500g/m^2 no talude de jusante. Concomitante a estas atividades, foi iniciado o lançamento dos blocos limpos ($D_{50}=1.200,00$ mm) para a conformação do maciço do Dique S4 na região do canal rápido da estrutura.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 61
---	--	--	------------------------------------	-----------	-----------------

Devido a diferença de volumes e condição de implantação, o aterro em bloco com finos foi finalizado antes das transições (geotêxtil + brita 3) e material do zoneamento do aterro (Pedra de Mão e Blocos de 1.200,00mm).



Ao término das atividades de construção do aterro em bloco com finos, foi constatado através de levantamento topográfico realizado pela NTZ Engenharia, que a cota prevista para a construção em aterro com bloco com finos não havia sido atingida. No dia 06/01/17, foi realizada pela equipe de obra a complementação do aterro até a EL. 697,30 m (cota prevista em projeto), com a utilização de brita 0. A Figura 5.9 apresenta o início das atividades de construção do aterro complementar em brita 0.



Figura 5.9 – Aterro de complementar da crista do zoneamento do Dique S4 em bloco com finos com brita 0.

Ao término das atividades de lançamento da brita 0 e nivelamento da crista na cota prevista em projeto, foram iniciadas as obras para a construção da trincheira de ancoragem na crista da estrutura para a fixação do sistema formado pelo geotêxtil não tecido e geomembrana de impermeabilização da face de montante da estrutura.

Após revisão da NTZ, foi verificado que o maciço do aterro em blocos com finos apresentava cota superior à prevista em projeto, estando 0,30 m acima da cota de projeto (EL. 697,30 m). Segundo



	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 62
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

informações da FISCALIZAÇÃO e da equipe do ATO, o erro foi constatado devido a diferenças no marco de referência utilizado para a demarcação da obra. No dia seguinte a aplicação, foi realizado o rebaixamento da crista do aterro de forma a atender a cota de projeto.

O rebaixamento da estrutura fez com que a trincheira da ancoragem para o talude de montante não respeitasse a condição de projeto. Com o rebaixamento, a trincheira executada apresentou afastamento de 0,60 m em relação a crista do talude. A mudança na posição da trincheira não afeta a condição de ancoragem do sistema geotêxtil/geomembrana, sendo favorável para a estrutura uma vez que o comprimento adicional da ancoragem reduz os esforços atuantes implicando em uma seção menor que a adotada no projeto. Como a seção implantada apresenta as mesmas dimensões previstas em projeto, a condição de ancoragem continua garantida. As condições da crista do aterro em bloco com finos, após a atividade de rebaixamento, bem como da trincheira de ancoragem são apresentadas na Figura 5.10, referente ao registro fotográfico realizado no dia 09/01/17 (talude de montante).



Figura 5.10 – Configuração final da crista do aterro em bloco com finos, após o rebaixamento do aterro, com a trincheira de ancoragem implantada. Vista do talude de montante.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 63
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

A trincheira de ancoragem para o geotêxtil não tecido na crista do talude de jusante foi executada conforme projeto, conforme pode ser observado na Figura 5.11.



Figura 5.11 – Trincheira de ancoragem para a geotêxtil não tecido. Vista do talude de jusante.

Para a implantação do conjunto geotêxtil + geomembrana, além das ancoragens na crista e no pé do talude de montante previstas em projeto, foi adicionada a ancoragem lateral da estrutura no contato com as ombreiras, com a construção de trincheiras de ancoragem. As trincheiras de ancoragem foram executadas considerando a mesma geometria prevista para a trincheira localizada na crista, em seção retangular, apresentando 0,60 m de largura e 1,00 metro de altura. A Figura 5.12 apresenta a construção da trincheira de ancoragem no contato entre a face de montante do aterro em bloco com finos e a ombreira esquerda.



	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 64
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------



Figura 5.12 – Implantação da ancoragem na região entre o contato do aterro em blocos com finos e a ombreira esquerda, na face de montante do talude.

A partir dos ensaios laboratoriais realizados para os materiais de construção do Dique S4, verificou-se que a brita 3 não se enquadrava-se em sua totalidade na faixa específica em projeto para a construção do Dique S4.

O projeto detalhado (ver documento “G002344-C-100099”) prevê que as transições em brita 3 teriam espessura de 0,30m. Considerando os resultados disponibilizados pela CHAMMAS, constatou-se que o material disponível atenderia em quase sua totalidade a faixa granulométrica especificada em projeto, mas que pequena parte deste se encontrava fora das faixas especificadas. A partir da avaliação dos resultados, a equipe técnica da WALM Engenharia autorizou o uso da brita 3 em sua totalidade, desde que a espessura da camada fosse aumentada para 0,80 m, de forma a garantir proteção contra o carreamento de material. A solução foi apresentada através de correio eletrônico enviado pela WALM no dia 22/11/16 para a equipe técnica da SAMARCO, sendo a informação repassada para o controle de qualidade no dia 24/11/16.

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 65
---	--	--	---	-----------	-----------------

A partir dos dados fornecidos pela SAMARCO, a transição em brita 3 foi realizada com o material que apresentava desvios em relação a granulometria especificada, com 0,80 m de espessura, conforme definido pela WALM.



A aplicação dos geotêxtil não tecido sobre as faces de montante e jusante do aterro em bloco com finos foi realizado considerando a realização de alterações em relação a metodologia de aplicação para as emendas dos taludes. O documento “G002344-C-1ET005” na sua revisão 4, referente a especificação técnica do projeto detalhado, recomendava a utilização de ar quente para as emendas. Durante a execução da obra, a FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO definiu que as emendas entre os painéis do geotêxtil seriam realizadas sem a utilização do jato de ar quente, a partir do aumento do trespasse. O trespasse adotado para a aplicação do geotêxtil não tecido foi de 1,00 m, sendo o mesmo adequado para evitar o deslocamento durante a construção.

A alteração referente ao trespasse foi registrada no livro do ATO, referente ao dia **02/01/17** conforme apresentado no Anexo II.

Para o geotêxtil não tecido com a gramatura de 500g/m² utilizada na construção, o registro do livro de ATO da mesma data mostra que não foram apresentados os resultados de laboratório de órgãos independentes para o material, com prazo de validade de no máximo seis meses, como comprovação para atender as condições de projeto que consiste em:

- Abertura de filtração $O_{95} \leq 0,90$ mm;
- Permeabilidade $K_g \geq 5,96 \times 10^{-4}$ m/s;
- Permissividade $\psi \geq 0,50$;
- Resistência ao Estouro (ASTM D3786) $\geq 250,67$ kPa.;
- Resistência à tração localizada (ASTM D4632) $\geq 100,63$ N; e
- Resistência a perfuração (ASTM D4833) $\geq 47,65$ N.

Segundo informações da SAMARCO, o geotêxtil foi adquirido em dezembro de 2015, sendo os resultados relativos a prazo superior ao estabelecido na especificação técnica. A garantia para a utilização dos geotêxtil foi garantida a partir das informações disponibilizadas pela fabricante (OBER Geossintéticos), sendo o material considerado apto para a aplicação na estrutura.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 66
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Durante a aplicação do geotêxtil não tecido foram registradas inconformidades relacionadas a rasgos nos painéis por motivos diversos. Segundo o livro do registro do acompanhamento técnico da obra todas as não conformidades foram corrigidas com a substituição dos painéis nas partes danificadas. O registro relativo às não conformidade na construção do geotêxtil e soluções adotadas são apresentadas no Anexo II, referente aos registros dos dias **23, 26 e 28/12/16**.



A geomembrana de polietileno de alta densidade lisa nas duas faces, com espessura de 2,00 mm, para a impermeabilização da face de montante do aterro em blocos com finos foi instalada conforme as recomendações de projeto sendo o controle de qualidade realizado pela empresa executora. Ressalta-se que a geomembrana foi instalada considerando a aplicação de um geotêxtil não tecido com gramatura de 500g/m² de forma a aumentar a resistência ao puncionamento da mesma, localizada sob a geomembrana.

Ressalta-se ainda que as alterações relacionadas a construção do sistema de impermeabilização da face de montante do aterro em bloco com finos está relacionada as mudanças no sistema de ancoragem. Conforme já discutido no presente item, a trincheira localizada na crista do aterro em bloco com finos foi construída a 0,60 m do contato com a face de montante devido ao rebaixamento da crista da estrutura, preservando a dimensão de projeto (0,60 m x 1,00m). Além disto, foi inserida a ancoragem lateral da geomembrana ao longo do contato entre o aterro de montante e as ombreiras com as mesmas dimensões previstas no projeto. A ancoragem na região a montante do aterro em bloco com finos foi mantida conforme a especificação do documento “G002344-C-100099”.

As trincheiras de ancoragem para a ancoragem do sistema geotêxtil/geomembrana na face de montante do aterro em bloco com finos, bem como do geotêxtil na face de jusante, foram preenchidas por concreto estrutural com $F_{ck} = 15\text{MPa}$.

Durante a construção do Dique S4, devido a indisponibilidade de blocos de rocha de itabirito com diâmetro médio de 1,20m que vinha sendo utilizado para o maciço da estrutura na região do canal de desvio e bacia de dissipação, foi necessário a compra de blocos de rocha de jazidas localizadas próximo ao Complexo de Germano. O material existente nas pedreiras da região é formado por blocos de Metapiroxênito.

Para a utilização dos blocos de rocha, a WALM fez as seguintes recomendações:

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 67
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

- Os blocos de rocha devem apresentar boa resistência de forma a evitar a quebra dos blocos;
- Apresentar peso específico superior a 23,00 kN/m³, pois o cálculo realizado para a determinação do diâmetro dos blocos foi balizado no valor apresentado; e
- A rocha não deve ser oriunda de material friável, fraturado e ou com características de rocha cárstica de forma a garantir a sua integridade.

Os ensaios laboratoriais apresentados para o material mostram que as características técnicas atendem as condições de projeto, estando o material apto para a construção do Dique S4. O registro do dia **04/01/17** do livro Anexo II, apresenta a autorização do uso dos blocos de Metapiroxênito.

No período de construção do revestimento da soleira do extravasor do Dique S4 com a aplicação da laje mista em geocélula preenchida com concreto e com concreto ciclópico, a SAMARCO solicitou a rebaixamento de parte da soleira vertente com o objetivo de realizar o monitoramento das vazões no período de estiagem. Como solução, foi proposto pela SAMARCO o rebaixamento da soleira em 0,10 metros em uma faixa com 10, metros de largura. Desta forma a soleira rebaixada encontra-se na EL. 697,40 metros, sendo esta a nova cota operacional 00 do Dique S4.

O rebaixamento da soleira do Dique S4 foi implantado na ombreira direita do dique S4, próximo ao contato com o talude de composição do extravasor, sendo necessária a escavação de parte do aterro na faixa especificada.

A solicitação de alteração do extravasor encontra-se no livro do ATO (ver Anexo II) no dia **17/01/2017**.

A Figura 5.13 apresenta o registro fotográfico do rebaixamento solicitado pela SAMARCO para a medição de vazão no período de estiagem para o Dique S4, após sua implantação.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 68
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------





Figura 5.13 – Alteração da seção do extravasor do Dique S4 com o rebaixamento da crista na região da ombreira direita.

Durante a realização das obras para a implantação do revestimento da soleira do extravasor na porção do aterro em blocos com finos com a utilização da geocélula preenchida com concreto, a metodologia para a ancoragem e os cabos a serem utilizados para a fixação sofreram alterações em relação ao projeto.

Segundo o documento “G002344-C-100101”, a ancoragem para os painéis da geocélula seria realizada através das trincheiras de ancoragem realizadas na crista do aterro em bloco com finos, sendo a fixação realizadas por tendões (cabos) com resistência mínima de 7,50 kN, fixadas em um tubo de PVC de 150,00 mm preenchido com concreto magro instalado na trincheira. Para a fixação, seriam utilizados 2 cabos por painel.

Durante a realização das obras para a construção do Dique S4, a FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO, realizou a alteração no sistema de ancoragem da geocélula com a substituição do tubo preenchido com concreto magro por grampos ancorados no concreto de forma que os tendões fossem ancorados em uma viga formada por barra de aço que foi instalada apoiada nos grampos. Os grampos e a viga de ancoragem são de aço do tipo CA-50 com diâmetro de 12,5 mm. Ressalta-se que os grampos foram ancorados a partir da concretagem parcial das valas com camada mínima de 0,40 m.

O registro relativo a mudança do sistema de ancoragem da geocélula é apresentada no Anexo II, referente ao dia **12/01/2017**.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 69
---	---	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Após a avaliação dos ensaios de laboratório disponibilizados para os tendões disponíveis na obra do Dique S4, verificou-se que o mesmo apresentava resistência a tração inferior a solicitada em projeto. Desta forma, seria necessário o aumento do número de tendões por painel de geocélula.

A FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO optou pela substituição dos tendões por barras de aço de 5,00 mm do tipo CA-50 mantendo o sistema de ancoragem com a utilização das barras de aço.

A alteração não apresenta impactos em relação à condição de ancoragem dos painéis da geocélula, sendo favorável em relação a laje implantada, uma vez que a utilização das barras de aço faz com que a estrutura monolítica formada comporte-se como uma laje armada em uma direção reduzindo o efeito de fissuração no concreto.



A Figura 5.14 apresenta os grampos e a viga em barras de aço de 12,50 mm utilizada para a ancoragem na região das trincheiras de ancoragem e a barra de aço de 5,00 mm que substituiu os tendões de ancoragem.



Figura 5.14 – Alteração no sistema de ancoragem da geocélula de PEAD utilizadas para a proteção da crista do aterro em bloco com finos.

Ressalta-se que a Geocélula de PEAD Texturizada e Perfurada com altura de 8” (200 mm) e com densidade mínima de 0,94 g/m³ foi instalada conforme as recomendações do projeto, sendo os ensaios de confirmação e controle de qualidade do material atestados pela empresa fornecedora das geocélulas.

O concreto utilizado para o preenchimento das geocélulas e para a construção do concreto ciclópico na porção da crista em pedra de mão foi especificado em Fck= 15 MPa. Durante a concretagem destas

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 70
---	--	--	---	-----------	-----------------

regiões, a FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO, optou pelo aumento da resistência do concreto de forma a atender ao tráfego de equipamentos sobre o piso. O concreto utilizado para esta região apresenta $F_{ck} = 20$ MPa. Para o contato com as ombreiras, a laje em concreto foi realizada em conta superior a EL. 697,50 m de forma a evitar a formação de caminhos preferenciais na região.

O registro do dia **17/01/17** do Anexo II apresenta a alteração em relação a resistência do concreto e execução da laje na região das ombreiras.



Durante as auditorias realizadas para o projeto detalhado desenvolvido pela WALM, foram realizadas sugestões de melhorias no projeto de forma a garantir a segurança da estrutura, sendo prontamente discutidas, avaliadas e quando necessário, atendidas. O projeto definitivo de construção do maciço zoneado foi entregue em dezembro de 2016 a equipe de construção.

No dia 18/01/17, houve preocupação por parte de consultores da BHP, que indicaram a possibilidade de gradientes elevados entre o reservatório e o canal de desvio na margem direita, localizado na porção do aterro de fechamento no canal.

Os gradientes que poderiam ocorrer no sentido longitudinal em direção ao canal de desvio, poderiam levar a forças de percolação elevadas para a região, ocorrendo o carreamento de partículas nesta direção, podendo ocasionar problemas em etapas futuras para a estrutura. Após estes questionamentos, a SAMARCO solicitou a paralisação das atividades de construção do aterro para o fechamento do canal de desvio.

Os questionamentos foram avaliados pela WALM e pela equipe de campo responsável pela construção do Dique S4. Como as informações referentes aos desvios do projeto detalhado não haviam sido disponibilizadas naquele momento, optou-se pela realização de visita técnica a obra do Dique S4 para avaliar as reais condições do local, e verificar a real necessidade de alterações em relação ao projeto.

A visita foi realizada no dia 24/01/17 pelos responsáveis pela elaboração do projeto (corpo técnico da WALM) e equipe técnica da SAMARCO, acompanhada pelas equipes de obra (ATO da WALM e SKAVA MINAS).

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 71
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Durante a visita técnica, foi verificado que parte do aterro em blocos limpos na região onde foi realizado o questionamento pela consultoria contratada pela BHP Billiton já havia sido concluída.

Após avaliação da área e verificação das possíveis soluções para a região, verificou-se que a melhor opção em termos de construção seria a implantação de um aterro na região dos taludes de corte da limpeza de fundação, na margem direita do córrego Santarém, no contato entre o talude de montante do Dique S4 e o terreno natural.

O aterro seria implantado com a utilização de blocos com finos até a EL. 696,40 m, taludes com inclinação da ordem de 1,50H:1,00V (33,69°) e seria apoiado na região do talude de escavação da margem direita entre a face de montante do Dique S4 e o limite da escavação da estrutura. Para o contato entre o aterro em as regiões citadas, foi proposta a utilização do geotêxtil não tecido que teve como função principal a proteção da geomembrana executada na face de montante do Dique S4 e que seria impactada pela construção do aterro nesta região, bem como promover uma impermeabilização futura do local através da colmatação do geotêxtil. Ao término das atividades de construção do aterro, as faces expostas foram protegidas com pedra de mão.



O aterro teve como objetivo aumentar o caminho de percolação no sentido longitudinal evitando a formação de gradientes elevados na região do canal de desvio após a formação do lago permanente da estrutura.

A solução elaborada foi submetida a comentário da consultoria da BHP e, após análise, foi verificado que atenderia as condições para a segurança do Dique S4. A partir da aprovação, as obras para o término da implantação do aterro no canal de desvio foram liberadas para a conclusão.

A alteração referente a esta solução encontra-se no Anexo II referente ao registro do dia **24/01/2017**.

As Figura AII.5 do Apêndice II apresenta o registro fotográfico da implantação do aterro na margem direita do córrego Santarém, na região do talude de corte entre a face de montante do Dique S4 e o limite de escavação da fundação.

Para a região do canal de desvio, foi definido pela FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO, que a região entre o emboque do canal de desvio e a face de montante do Dique S4 seria

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 72
---	--	--	------------------------------------	-----------	-----------------

completamente preenchida com blocos com finos. Esta medida visa aumentar o caminho de percolação na região reduzindo o gradiente hidráulico no sentido transversal ao dique. O registro do dia 24/01/2017 do livro do ATO apresenta a descrição da alteração nesta região.



Em função das alterações relativas as condições de projetos estabelecidas no projeto detalhado do Dique S4 (ver item 4.5) foi necessária a validação dos dispositivos de drenagem interna e condição de estabilidade do Dique S4. O item 7.0 do presente documento apresenta as verificações realizadas para a drenagem interna e estabilidade geotécnica do Dique S4.

A Tabela 5.1 apresenta a ficha resumo do Dique S4 conforme construído.

Tabela 5.1 – Ficha Técnica Dique S4.

Itens	Dados Gerais
Finalidade	Retenção de sedimentos Lama e rejeito na bacia do Córrego Santarém e Clarificação
Tipo de Estrutura	Galgável
Projeto Detalhado	WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental - Dezembro/2016
Cota Crista	699,50
Largura da crista	10,00 m
Altura Máxima	10,50 m
Ângulo de face dos taludes de Montante	2,00H : 1,00V (26,56°)
Ângulo de face do talude de jusante entre as elevações 699,50 e 697,50 metros e região do Canal de Desvio	2,00H : 1,00V (26,56°)
Ângulo de face dos taludes de Jusante a partir da elevação 699,50	6,00H : 1,00V (9,46°)
Inclinação do Canal Rápido	6,00H : 1,00V (9,46°)
Tipo de Seção	Mista (Bloco com Finos/ Pedra de Mão/ Blocos Limpos com utilização de geossintéticos para a compatibilização dos materiais
Drenagem Interna	Tapetes de Ombreira e central para a condução do fluxo na região da seção mista em Bloco com Finos
Instrumentação	Indicadores de Nível D'água nas ombreiras e medidores de vazão na soleira vertente.
Tipo de Fundação	Solo Residual de Quartzito, Saprolito de Quartzito e Quartzito
Cota da Soleira do extravasor - Operacional	697,40 m
Área alagada referente a soleira do extravasor	331.990,00 m²
Volume do Reservatório	1.002.940,60 m³

Para a planta da estrutura pós-construção e seções implantadas, consultar os documentos G002348-C-100016 a G002348-C-100019 do Apêndice VI. Já para os detalhes de construção consultar os documentos G002348-C-100020 e G002348-C-100020 do Apêndice VI.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 73
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

6.0 ENSAIOS DE CONTROLE

Durante as atividades de implantação do maciço do Dique S4, foi realizado o controle tecnológico dos materiais de construção, de forma a atender às especificações de projeto. Os ensaios de laboratório foram realizados pela CHAMMAS Engenharia no laboratório de campo localizado no complexo de Germano.

O controle foi realizado nos materiais estocados nos pátios de agregados na região do Vale do Fundão e no pátio de agregados implantado na região entre a Ensecadeira de Montante e área de implantação do Dique S4. Como forma de confirmação, foram realizados ensaios de comprovação do material nas condições “*in situ*” de forma a validar as camadas dos materiais utilizados na construção do dique.

Todo o material utilizado para a construção do dispositivo de drenagem interna e maciço do Dique S4, só foi direcionado para as frentes de trabalho para sua utilização após a prévia aprovação da CHAMMAS Engenharia, considerando as condições estabelecidas na especificação técnica do projeto detalhado, representado pelo documento “G002344-C-1ET005” na sua revisão 4.

Desta forma, os materiais não aprovados pela CHAMMAS foram descartados sendo utilizadas apenas os materiais que se enquadravam nas faixas estabelecidas no projeto detalhado, exceto para a Brita 3, para a qual foi autorizada a utilização de material fora da faixa, mediante aumento da espessura da camada de transição (0,30 m para 0,80 m).

De acordo com as condições de projeto, os materiais de transição para o sistema de drenagem interna (areia e brita 0), dreno de pé (brita 3) e material do zoneamento do maciço em pedra de mão, deveriam seguir as faixas granulométricas representadas na Tabela 6.1, representada pela Figura 6.1.

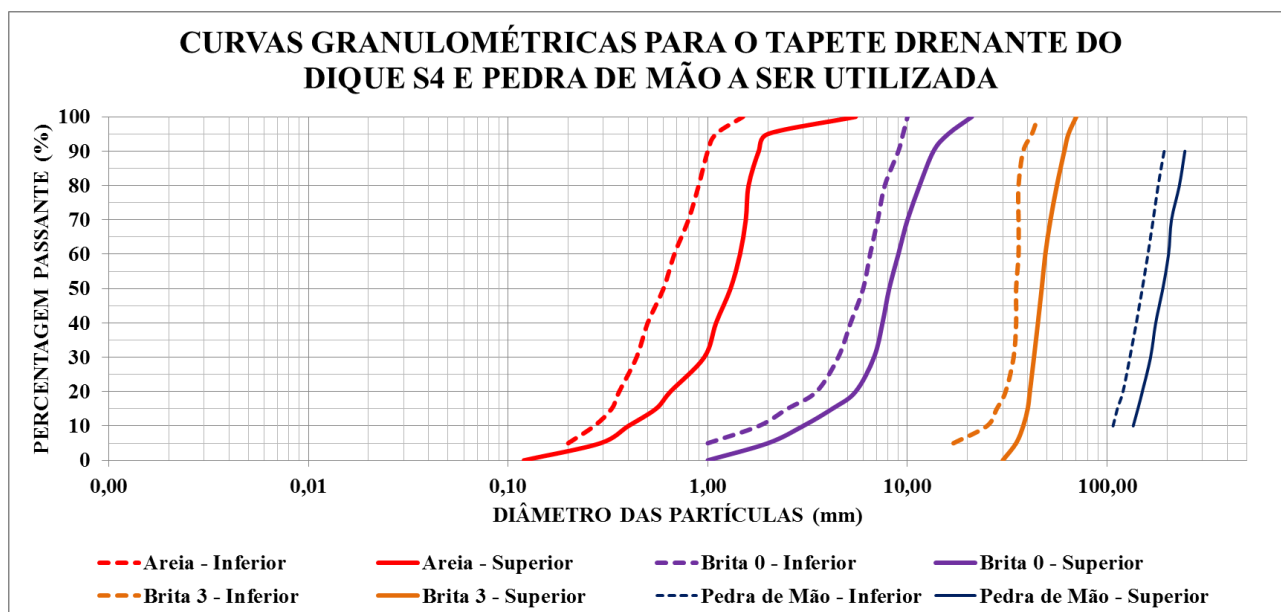


Figura 6.1 – Curvas granulométricas para os materiais previstos para a construção do Dique S4, segundo o projeto detalhado.

Tabela 6.1 – Faixas granulométrica dos materiais de construção do Dique S4, definidos na etapa do projeto detalhado.

Areia			Brita 0		Brita 3		Pedra de Mão	
% PASSANT E	Diâmetro dos Materiais (mm)		Diâmetro dos Materiais (mm)		Diâmetro dos Materiais (mm)		Diâmetro dos Materiais (mm)	
	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior
0	-	0,12	-	1,00	-	30,00	-	-
5	0,20	0,29	1,00	2,00	17,00	35,00	-	-
10	0,27	0,40	1,80	3,00	25,00	38,00	107,00	135,00
15	0,33	0,55	2,50	4,20	28,00	40,00	112,50	142,50
20	0,36	0,65	3,50	5,50	31,00	41,00	120,00	150,00
30	0,44	0,96	4,50	6,80	34,00	43,00	130,00	165,00
40	0,50	1,10	5,19	7,50	35,00	45,00	140,00	175,00
50	0,60	1,30	6,00	8,10	35,00	47,00	150,00	190,00
60	0,68	1,45	6,50	9,00	36,00	49,00	160,00	203,00
70	0,80	1,55	7,10	10,00	36,00	52,00	170,00	210,00
80	0,90	1,60	7,70	11,50	36,00	56,00	180,00	230,00
90	1,00	1,80	9,00	13,50	38,00	61,00	193,00	245,00
95	1,10	2,00	9,50	16,00	42,00	64,00	-	-
100	1,50	5,50	10,00	21,00	45,00	70,00	-	-

A especificação técnica desenvolvida para o projeto de engenharia detalhada previa ainda critérios de aceitação para o coeficiente de permeabilidade dos materiais a serem utilizados na concepção do maciço. Os parâmetros de permeabilidade dos materiais segundo os estudos realizados para o projeto detalhado são os apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Critério de aceitação para os coeficientes de permeabilidade dos materiais a serem utilizados no Dique S4, segundo os estudos realizados no projeto detalhado.

Material	Coeficiente de Permeabilidade (m/s)	
	mín	máx
Areia	1,00E-04	2,20E-05
Brita 0	1,00E-02	4,00E-03
Brita 3	1,00E-02	5,00E-02
Pedra de Mão	1	2

Além dos critérios de aceitação para os materiais naturais, foi elaborada a especificação do material de concepção do aterro do Dique S4, constituído por bloco com finos. As faixas definidas a partir das curvas granulométricas disponibilizadas pela SAMARCO na época do desenvolvimento do projeto, levaram a faixa granulométrica apresentada na Tabela 6.3 e pela Figura 6.2.

Tabela 6.3 – Faixa Granulométrica dos Blocos com Finos.

Faixa Inferior		Faixa Superior	
Diâmetro (mm)	% Passante	Diâmetro (mm)	% Passante
50	86,50	50,00	75,00
38	83,50	38,00	69,00
25	76,20	25,00	63,00
19	73,80	19,00	58,00
9,5	66,60	9,50	53,59
4,8	60,80	4,80	51,26
2	54,50	2,00	45,00
1,2	53,15	1,20	42,00
0,6	49,33	0,60	40,90
0,42	48,14	0,42	39,40
0,3	46,23	0,30	36,80
0,15	42,08	0,15	24,30
0,08	33,53	0,08	12,50
0,06	31,31	0,06	9,00
0,041	26,93	0,04	6,00
0,0295	23,65	0,02	5,00
0,0207	18,34	0,01	4,50
0,0149	15,05		
0,0109	13,96		
0,0078	10,68		
0,0056	9,58		
0,0039	8,14		
0,0028	6,17		

Faixa Inferior		Faixa Superior	
Diâmetro (mm)	% Passante	Diâmetro (mm)	% Passante
0,002	4,86		
0,0012	3,76		

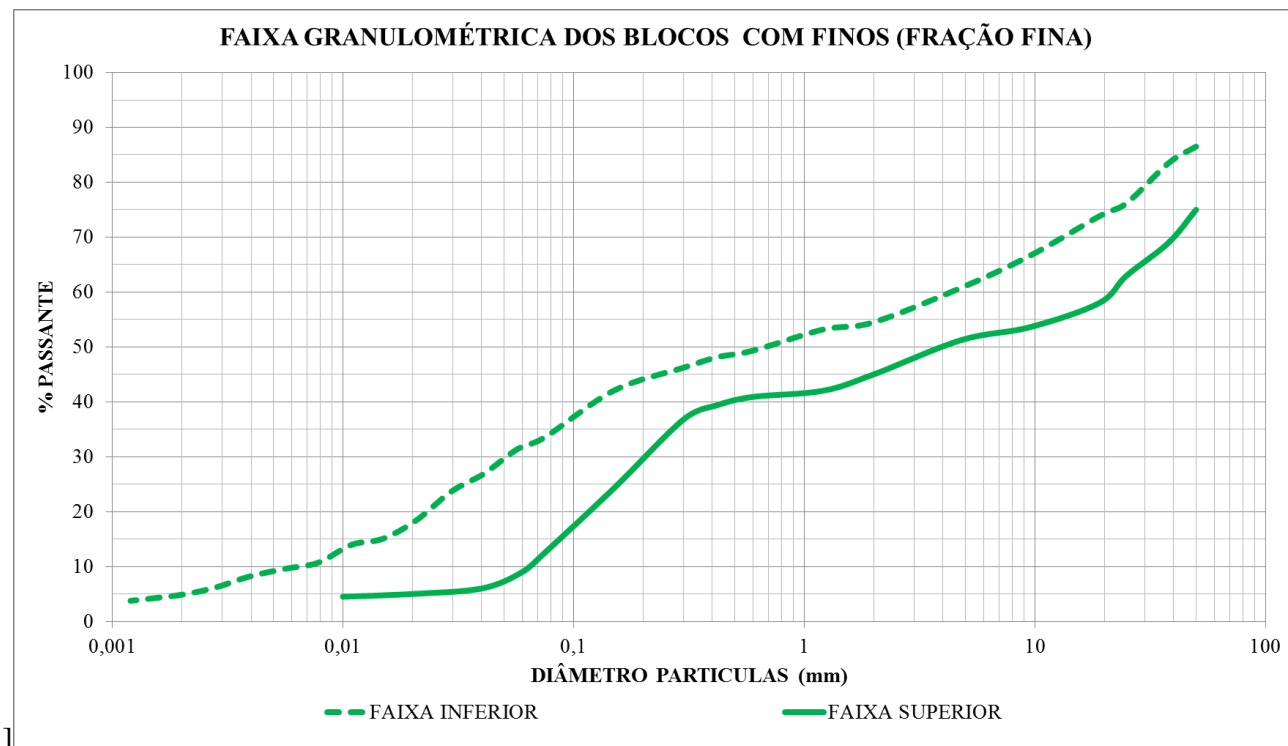


Figura 6.2 – Faixa granulométrica dos blocos com finos elaborada a partir dos dados disponibilizados pela SAMARCO no desenvolvimento do projeto de engenharia detalhada.

Para o material, ainda foram definidos o controle para as seguintes condições:

- Densidade “in situ” do material variando entre 30 kN/m³ e 35 kN/m³; e
- Coeficiente de permeabilidade variando entre 4 x10⁻⁶ m/s e 8,00 x10⁻⁶ m/s.

De forma a subsidiar a equipe de campo no controle de qualidade dos materiais a serem utilizados para a construção do Dique S4, a especificação técnica desenvolvida para o projeto detalhado (ver documento “G002344-C-1ET005” na sua revisão 4) recomendou os seguintes controles para o Dique S4.

Tabela 6.4 - Quadro resumo dos ensaios a serem realizados para o controle de qualidade para construção do Tapete Drenante do Dique S4.

Local de Coleta de amostra	Ensaio	Método de Ensaio	Quantidades especificadas	Quantidade total
Areia	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 100 m³ executado	8
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR13292	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 100 m³ executado	8
Brita 0	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 100 m³ executado	9
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR13292	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 100 m³ executado	9
Brita 3	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	3 ensaios	3
	Ensaio de Permeabilidade Carga Variável	NBR14545	3 ensaios	3
Pedra de Mão	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 500 m³ executado	16
	Ensaio de Permeabilidade Carga Variável	NBR14545	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 500 m³ executado	16
Bloco com Finos	Densidade "in situ"	-	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 1000 m³ executado	18
	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 1000 m³ executado	18
	Permeabilidade "in situ"	-	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 1000 m³ executado	18

Ressalta-se que como a última versão da especificação técnica (ver documento “G002344-C-1ET005_R-04”) foi emitida após a conclusão das atividades de construção da drenagem interna do Dique S4, foram realizados menor número de ensaios para a brita 0 e para a areia utilizada no Dique S4. No entanto, a FISCALIZAÇÃO em conjunto com a equipe de ATO verificou que o número de ensaios realizados era satisfatório para o controle de construção. Além disto, como o aterro de regularização em bloco com finos já havia sido concluído, o número de ensaios também foi inferior ao solicitado. Para a construção desta camada, os ensaios de comprovação foram realizados a cada 2 camadas. Assim como verificado para a areia e brita 0, o número de ensaios realizados para os materiais foi considerado satisfatório. Esta informação encontra-se no livro de registro do ATO, referente ao dia **25/01/2017** no Anexo II do presente documento.

Os resultados dos ensaios realizados para os materiais do Dique S4 nos pátios de estocagem do vale do Fundão e ensaios de comprovação no maciço do dique, são apresentados no Anexo IV.

A partir dos resultados obtidos, foi realizado o tratamento e compilação dos resultados de forma a facilitar a interpretação dos dados para o desenvolvimento do “AS BUILT” do Dique S4, conforme apresentado no Apêndice III.

Os resultados dos materiais dos pátios de estocagem e os materiais do maciço foram apresentados separadamente de forma a verificar os materiais liberados pela CHAMMAS Engenharia para a aplicação no Dique S4 e posterior avaliação das condições pós aplicação na estrutura. A Tabela 6.5 sintetiza os resultados obtidos para as amostras avaliadas para os pátios de estocagem, considerando as informações obtidas em campo. Ressalta-se que as classificações indicadas com (*) indicam as amostras reprovadas nos ensaios realizados pela CHAMMAS, considerando os dados referentes a especificações técnica do projeto.

A Figura 6.3 apresenta as curvas granulométricas para os materiais de construção do Dique S4 para as amostras obtidas através da avaliação dos materiais dos pátios de estocagem.

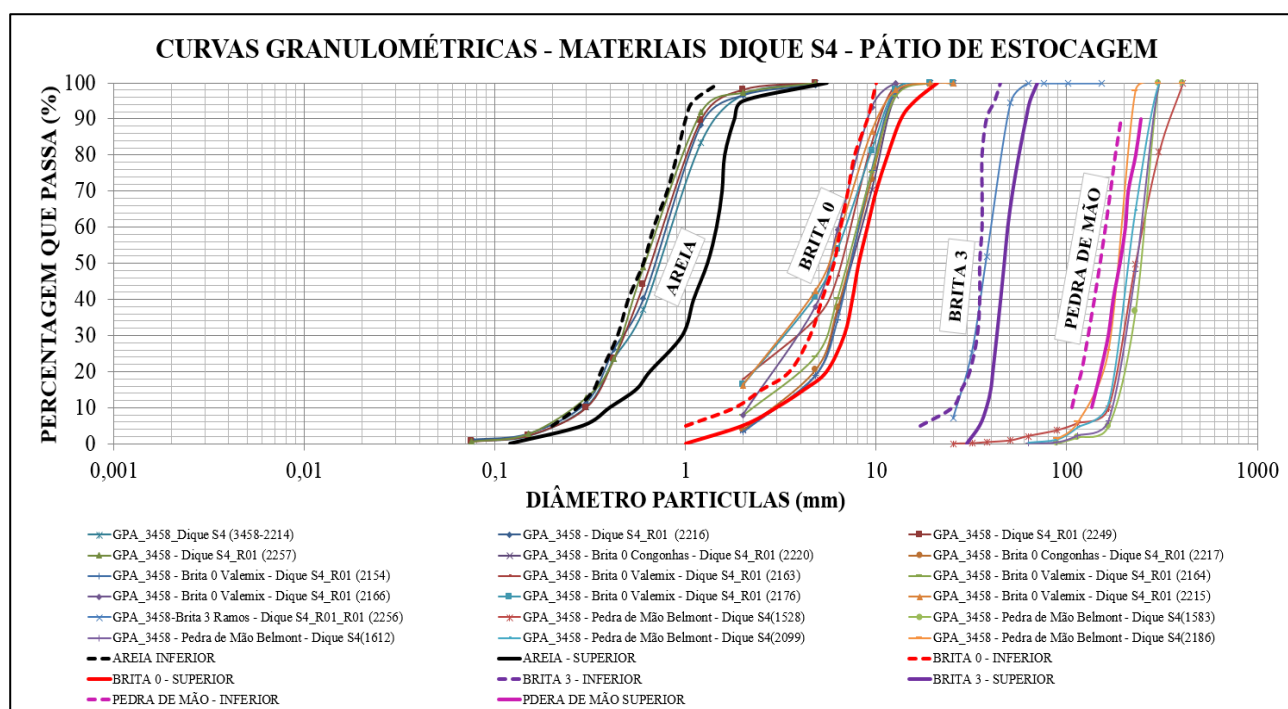


Figura 6.3 – Curvas granulométricas para os materiais ensaiados para as jazidas de empréstimo.

Para os resultados apresentados na Tabela 6.5, verifica-se que algumas amostras das jazidas para a Brita 0 encontram-se fora da faixa especificada em projeto. Segundo informações da equipe de ATO, as amostras de brita 0 fora da faixa foram não sendo utilizadas para a construção do Dique S4.

Para a camada de Pedra de Mão utilizada no zoneamento do Dique S4, foi verificado que as curvas granulométricas se encontravam fora da faixa especificada. Como a camada de brita 3 foi aumentada de forma a atender aos desvios em relação a brita 0, e considerando que a camada de constituição do maciço apresenta espessura elevada em relação as transições do sistema de drenagem interna, os desvios em relação a granulometria não causaram impactos em relação a oposição de fluxo, mantendo a porção permeável. Desta forma, o material foi aprovado pela equipe de ATO para utilização.

Durante a construção da drenagem interna e maciça do Dique S4, foram realizados ensaios de controle tecnológico dos materiais utilizados. Os resultados apresentados pela SAMARCO contemplam os ensaios realizadas para a areia, britas 0 e 3 e bloco com finos.

A síntese dos resultados dos ensaios de laboratório realizados pela CHAMMAS Engenharia, para os materiais utilizados para a construção do Dique S4 é apresentada na Tabela 6.6.

As curvas granulométricas dos materiais utilizados no Dique S4 são apresentadas na Figura 6.4.

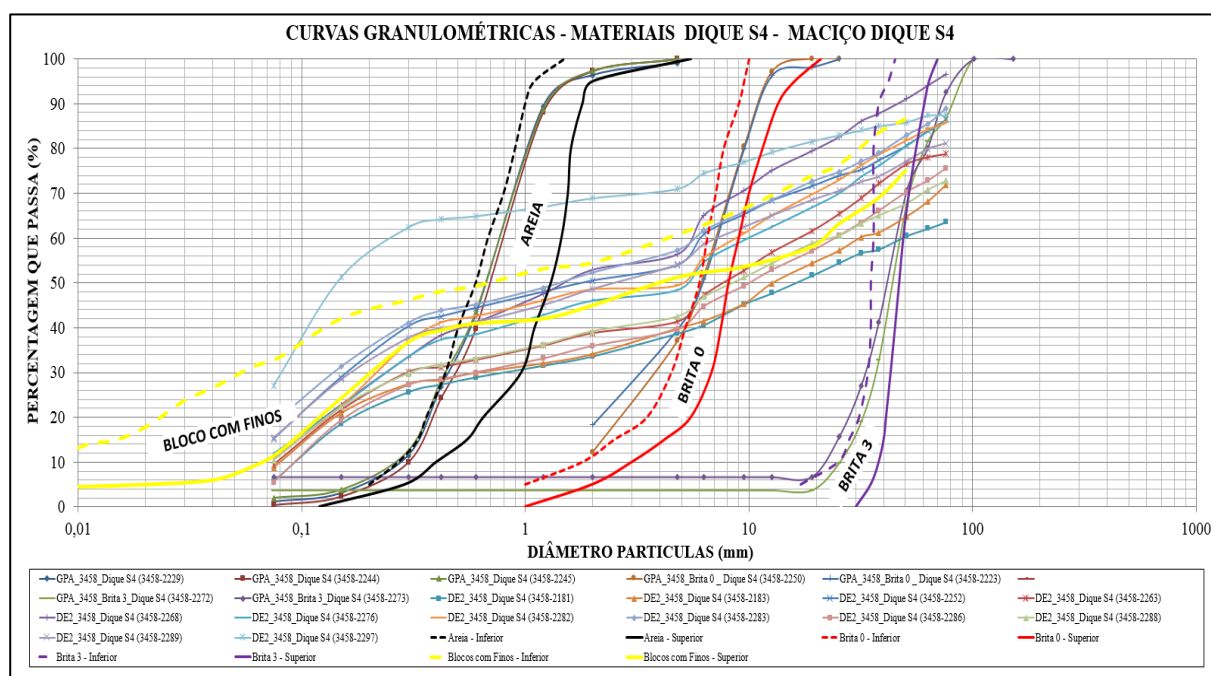




Figura 6.4 – Curvas granulométricas dos ensaios realizados no maciço do Dique S4, considerando a condição “in situ”.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 80
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

A partir dos resultados obtidos, foram verificados desvios em relação a faixas granulométricas especificada no projeto detalhado do Dique S4. Verifica-se que para o aterro em bloco com finos, várias amostras se encontram fora da faixa especificada. A variação poderia impactar nas transições previamente dimensionadas para a construção dos tapetes localizados na ombreira direita e esquerda e central. Desta forma, optou-se pela verificação das transições geotécnicas, considerando apenas os resultados obtidos em campo, sendo considerada a mesma metodologia de cálculo utilizada para o projeto detalhado.

Além disto, verifica-se desvios em relação a brita 0 utilizada para a concepção do núcleo drenante do Dique S4, com fração fina abaixo da faixa previamente especificada. Assim como observado para as amostras realizadas para o pátio de estocagem, a brita 3 encontra-se fora da faixa especificada, porém o seu uso foi aprovado mediante aumento da camada de transição.

Em função das granulometrias dos materiais obtidas nos ensaios realizados, foi realizada a verificação das transições, conforme apresentado no item 7.4 do presente documento. Ressalta-se que para o bloco com finos, areia, brita 0, brita 3 e pedra de mão, foram realizados os resultados para as amostras realizadas no maciço (“*in situ*”). Já para a pedra de mão, foram utilizados os resultados obtidos para os pátios de estocagem no Vale do Fundão.

Tabela 6.5 – Resultados obtidos para os materiais de construção do Dique S4 – Pátio de Agregados.

Identificação	Data	Local	Teor de Umidade Natural	Granulometria						Classificação	Permeabilidade		Determinação do Teor de Material Pulverulento
Documento/n° amostra				Pedregulho	Areia			Silte	Argila		K _{médio}	K _{20médio}	
					Grossa	Média	Fina						
GPA_3458 - Dique S4_R01 (2214)	20/12/2016	Pátio de Estocagem S4	-	3,30	59,30	26,80	9,50	0,70	0,40	Areia	-	-	3,89
GPA_3458 - Dique S4_R01 (2216)	21/12/2016	Pátio de Estocagem S4	-	3,50	56,30	28,90	10,20	1,10	0,00	Areia	-	-	-
GPA_3458 - Dique S4_R01 (2249)	22/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	1,90	54,00	34,10	9,30	0,70	0,00	Areia	-	-	-
GPA_3458 - Dique S4_R01 (2257)	23/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	2,70	48,30	36,20	5,80	0,70	0,00	Areia	-	-	-
GPA_3458 - Dique S4_R01 (2267)	27/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	2%	2,30	60,70	27,20	9,10	0,50	0,20	Areia	-	-	2,65
GPA_3458 - Brita 0 Congonhas - Dique S4_R01 (2220)	21/12/2016	Pátio de Estocagem S4	-	81,10	15,10	0,00	0,00	0,00	3,80	Brita 0	-	-	2,51
GPA_3458 - Brita 0 Congonhas - Dique S4_R01 (2217)	21/12/2016	Pátio de Estocagem S4	-	79,60	16,60	0,00	0,00	3,70	0,10	Brita 0	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2154)	08/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	81,00	15,70	0,00	0,00	3,30	0,00	Brita 0	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2163)	11/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	65,40	16,70	0,00	0,00	0,00	17,90	Brita 0*	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2164)	09/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	75,90	16,30	0,00	0,00	0,00	7,80	Brita 0	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2166)	12/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	62,10	29,90	0,00	0,00	0,00	9,00	Brita 0*	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2176)	14/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	59,10	24,50	0,00	0,00	0,00	16,40	Brita 0*	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2215)	20/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	57,70	26,10	0,00	0,00	0,00	16,20	Brita 0*	-	-	-
GPA_3458 - Brita 0 Valemix - Dique S4_R01 (2213)	20/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	57,70	26,10	0,00	0,00	16,20	0,00	Brita 0*	2,47E-01	2,16E-01	6,23
GPA_3458-Brita 3 Ramos - Dique S4_R01_R01 (2256)	23/12/2016	Pátio Estocagem Cotovelo	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Brita 3	-	-	-
GPA_3458 - Pedra de Mão Belmont - Dique S4(1528)	22/10/2016	Belmonte	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pedra de Mão*	-	-	-
GPA_3458 - Pedra de Mão Belmont - Dique S4(1583)	25/10/2016	Belmonte	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pedra de Mão*	-	-	-
GPA_3458 - Pedra de Mão Belmont - Dique S4(1612)	27/10/2016	Belmonte	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pedra de Mão*	-	-	-
GPA_3458 - Pedra de Mão Belmont - Dique S4(2099)	06/12/2016	Belmonte	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pedra de Mão*	-	-	-
GPA_3458 - Pedra de Mão Belmont - Dique S4(2186)	15/12/2016	Belmonte	-	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pedra de Mão*	-	-	-

Tabela 6.6 – Resultados obtidos para os materiais de construção do Dique S4 – Maciço Dique S4.

Identificação	Data	E(m)	N(m)	Z(m)	Local	Umidade material	Massa Específica Aparente "in situ"		Pedregulho	Granulometria					Classificação	Permeabilidade		Determinação do Teor de Material Pulverulento
Furo/Jazida							Úmida	Seca		Grossa	Média	Fina	Silte	Argila		K _{médio}	K _{20médio}	
(%)	(t/m³)		(% na amostra)					(cm/s)	(cm/s)	%								
GPA_3458_Di que S4 (3458-2229)	21/12/2016	665.956,80	7.761.066,75	689,51	Tapete Dreanante	-	-	-	3,70	53,40	31,40	10,30	1,20	-	Areia	4,95E-03	4,02E-03	-
GPA_3458_Di que S4 (3458-2244)	26/12/2016	665.997,09	7.761.072,55	690,81	Tapete Dreanante	-	-	-	2,70	57,50	29,80	9,50	0,50	-	Areia	7,56E-03	6,31E-03	4,00
GPA_3458_Di que S4 (3458-2245)	21/12/2016	665.960,83	7761066,17	690,69	Tapete Dreanante Ombreira Direita	-	-	-	2,60	53,90	31,00	10,50	2,00	-	Areia	2,65E-03	2,22E-03	3,23
GPA_3458_Di que S4 (3458-2251)		665.997,10	7.761.072,55	690,52	2° Camada Tapete Dreanante Ombreira Direita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Areia	9,02E-03	7,07E-03	-
GPA_3458_Di que S4 (3458-2253)		665.960,83	7.761.066,17	690,53	2° Camada Tapete Dreanante Ombreira Direita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Areia	4,40E-03	3,49E-03	-
GPA_3458_Brita 0 _ Dique S4 (3458-2250)	26/12/2016	6.656.994,96	7.761.077,40	688,43	Tapete Dreanante	-	-	-	62,80	24,90	0,00	0,00	12,30	0,00	Brita 0	9,63E-01	8,42E-01	4,89
GPA_3458_Brita 0 _ Dique S4 (3458-2223)	21/12/2016	-	-	-	Jazida VALEMIX	-	-	-	60,30	21,40	0,00	0,00	18,30	0,00	Brita 0	2,89E-01	2,63E-01	5,33
GPA_3458_Brita 3_Dique S4 (3458-2272)	28/12/2016	665.978,18	7.761.059,19	691,70	Dique S4	-	-	-	96,40	0,00	0,00	0,00	3,60	0,00	Brita 3	-	-	-
GPA_3458_Brita 3_Dique S4 (3458-2273)	28/12/2017	665.480,00	7.761.064,37	691,48	Dique S4	-	-	-	93,40	0,00	0,00	0,00	6,60	0,00	Brita 3	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458-2181)	13/12/2016	665.960,17	7.761.117,00	689,43	Aterro Regularizaç ão Dique S4	11,90	3,31	3,18	61,30	9,80	3,30	19,90	5,70	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458-2183)	14/12/2016	665.963,51	7.761.080,87	689,45	Aterro Regularizaç ão Dique S4	12,90	2,74	2,62	60,20	9,90	2,50	18,60	8,80	0,00	Bloco com Finos	-	2,70E-05	-
DE2_3458_Di que S4 (3458-2184)	23/12/2016	665.966,67	7.761.094,38	691,08	Aterro Dique S4	6,70	2,91	2,81	46,00	9,60	4,10	25,20	15,10	0,00	Bloco com Finos	-	3,06E-04	-

Identificação	Data	E(m)	N(m)	Z(m)	Local	Umidade material	Massa Específica Aparente "in situ"		Granulometria						Classificação	Permeabilidade		Determinação do Teor de Material Pulverulento
Furo/Jazida							Úmida	Seca	Pedregulho	Areia			Silte	Argila		K _{médio}	K _{20médio}	
										Grossa	Média	Fina						
2252)																		
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2263)	26/12/2016	665.964,43	7.761.075,37	692,00	Aterro Dique S4	6,20	3,41	3,32	58,60	8,60	2,70	20,70	9,40	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2268)	27/12/2016	666.004,50	7.761.096,95	693,01	Aterro Dique S4	9,50	3,08	2,93	43,60	15,30	7,60	22,00	11,50	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2276)	28/12/2017	665.964,86	7.761.080,60	693,82	Aterro Dique S4	7,10	3,14	3,04	51,50	9,90	5,00	21,60	12,00	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2282)	28/12/2016	695.957,27	7.761.075,44	694,94	Aterro Dique S4	8,10	2,95	2,84	50,50	6,90	5,80	25,90	10,90	0,00	Bloco com Finos	-	3,34E-04	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2283)	28/12/2016	666.007,36	7.761.093,74	694,54	Aterro Dique S4	6,60	2,96	2,85	42,70	12,10	4,10	22,40	18,70	0,00	Bloco com Finos	-	7,23E-04	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2286)	29/12/2016	666.011,44	7.761.090,67	696,52	Aterro Dique S4 (Ombreira Direita)	9,20	2,91	2,81	60,40	9,60	2,80	21,50	5,70	0,00	Bloco com Finos	-	4,65E-05	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2288)	29/12/2016	666.005,76	7.761.085,93	695,47	Aterro Dique S4	5,90	2,79	2,72	57,50	9,40	3,30	19,40	10,40	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2289)	29/12/2016	665.961,30	7.761.069,17	696,12	Aterro Dique S4	5,50	2,96	2,88	45,80	12,90	3,50	22,30	15,50	0,00	Bloco com Finos	-	-	-
DE2_3458_Di que S4 (3458- 2297)	30/12/2016	665.958,92	7.761.071,73	697,10	Aterro Dique S4	9,80	3,38	3,16	29,00	6,10	2,50	35,30	27,10	0,00	Bloco com Finos	-	1,11E-04	-

A verificação realizada mostra que os materiais utilizados para a construção do Dique S4 atendem aos critérios de permeabilidade e filtragem.

Os ensaios realizados apresentam ainda os dados referentes às características geotécnicas para os materiais utilizados para a construção do Dique S4, sendo os mesmos referentes ao coeficiente de permeabilidade e densidade “*in situ*” (blocos com finos).

A Tabela 6.7 resume os resultados obtidos para a densidade e permeabilidade dos materiais considerando os valores máximos e mínimos.

Tabela 6.7 – Síntese dos resultados obtidos para a densidade *in situ* e permeabilidade dos materiais.

Material	γ máx. (kN/m ³)	γ mín. (kN/m ³)	$k_{mín}$ (m/s)	$k_{máx}$ (m/s)
Bloco com Finos	27,40	33,80	2,70E-07	7,23E-06
Areia	-	-	2,22E-05	7,07E-05
Brita 0	-	-	2,63E-03	8,42E-03



Verifica-se que as faixas para estes materiais apresentam discrepâncias em relação a especificação técnica, sendo necessárias a validação das espessuras adotadas para os tapetes do aterro em bloco com finos e verificação das novas condições de estabilidade baseadas nos parâmetros apresentados.

Os estudos referentes a estabilidade geotécnica e verificação dos tapetes do Dique S4 são apresentados nos itens 7.2 e 7.3 do presente documento.

A partir dos estudos apresentados para a estabilidade geotécnica e determinação das espessuras dos tapetes drenantes, verifica-se que o Dique S4 atende aos critérios de estabilidade geotécnica e os desvios em relação aos parâmetros não impactaram nas seções implantadas. Assim, os desvios observados não impactam na condição de operação do Dique S4.

7.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS PARA O DIQUE S4

Devido às alterações realizadas pela FISCALIZAÇÃO da obra em conjunto com equipe de ATO, foi necessário à verificação das condições de estabilidade geotécnica das estruturas definitivas da região

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 85
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

(canal de desvio, taludes de escavação e Dique S4), além da verificação das transições geotécnicas e verificação dos dispositivos de drenagem interna projetados para a estrutura.

A avaliação da estabilidade geotécnica dos taludes de escavação e canal de desvio é apresentada no item 7.1 do presente documento. A avaliação da estabilidade geotécnica para o Dique S4 é apresentada no item 7.2 e os estudos relativos à verificação dos tapetes drenantes no item 7.3.

Em função dos desvios observados na granulometria dos materiais utilizados para a construção do Dique S4, foi realizada a verificação das transições de forma a validar os materiais fora das faixas especificadas. Ressalta-se que os materiais utilizados para o Dique S4 eram previamente aprovados nas jazidas pela CHAMMAS Engenharia, sendo posteriormente utilizados pela equipe de construção.

O item 7.4 apresenta a verificação das transições para o Dique S4, considerando os resultados das amostras realizadas para os materiais “*in situ*” apresentados na Figura 6.4 (areia/brita 0 e brita /bloco com finos) e para a pedra de mão apresentada na Figura 6.3.

7.1 ESTABILIDADE DOS TALUDES DE ESCAVAÇÃO DA FUNDAÇÃO E CANAL DE DESVIO

Em função das alterações em termos de implantação dos taludes de escavação para a limpeza de fundação do Dique S4, foi necessária a reavaliação da estabilidade das regiões dos taludes das ombreiras do Dique S4 e região do canal de desvio.

Para tal, foram utilizadas as recomendações preconizadas na NBR 11.682 (ABNT, 2009) que estabelece as diretrizes para a estabilidade de encostas.

Esta norma estabelece que os fatores de segurança mínimos a serem obedecidos na estabilidade de encostas em função da situação potencial de ruptura do talude, considerando o risco a vidas humanas e a possibilidade de danos materiais e ao meio ambiente.

O fator de segurança apresenta variação em função do grau de risco associado à obra, devendo ser previamente avaliadas as condições da região de interesse, classificando-as segundo os critérios estabelecidos na Tabela 7.1 e Tabela 7.2.

Tabela 7.1 – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

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



Tabela 7.2 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

NÍVEL DE SEGURANÇA	Critérios
Alto	<u>Danos materiais:</u> Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais.
	<u>Danos Ambientais:</u> Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fabricas de produtos tóxicos.
Médio	<u>Danos materiais:</u> Locais próximos a propriedades de valor moderado.
	<u>Danos Ambientais:</u> Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados.
Baixo	<u>Danos materiais:</u> Locais próximos a propriedades de valor reduzido.
	<u>Danos Ambientais:</u> Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

Definidos os níveis de segurança contra vidas humanas e contra danos materiais e ambientais, define-se o fator de segurança mínimo, conforme a Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Fator de Segurança Mínimo para o deslizamento.

Nível de Segurança Contra Danos Ambientais e Materiais	Nível de Segurança Contra Danos a Vidas Humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,50	1,50	1,40
Médio	1,50	1,40	1,30
Baixo	1,40	1,30	1,20

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 87
---	--	---	------------------------------------	-----------	-----------------

Para a região das obras de limpeza e reforço da fundação sobre o rejeito, foram considerados os seguintes níveis de segurança:

- Níveis referentes a vidas humanas: Alto: Como durante as obras de limpeza e remoção dos materiais com baixa capacidade de suporte da fundação e de implantação do maciço do Dique fossem completamente concluídas, a praça de trabalho para a implantação das estruturas apresentava grande contingente de pessoas e equipamentos devido a emergência de implantação da estrutura, sendo a ruptura de taludes de alto risco a vidas humanas; e
- Níveis referentes a danos materiais e ambientais: Baixo: Com a implantação das ensecadeira de montante e jusante os prejuízos ambientais e materiais seriam nulos.

Nestas condições, aplicando os níveis estabelecidos para a perda de vidas e para os danos ambientais e materiais apresentados na Tabela 7.3, verifica-se que os taludes devem atender a um fator de segurança de 1,40 ($FS_{\min}=1,40$).

Para a verificação da estabilidade geotécnica do canal de desvio, foram consideradas as seguintes condições em relação aos níveis de segurança:

- Níveis referentes a vidas humanas: Médio As obras para a implantação do canal de desvio foram realizadas em um período curto com presença de pessoas e equipamentos apenas no período de construção; e
- Níveis referentes a danos materiais e ambientais: Alto: Os taludes de escavação para o canal de desvio serão definitivos para a operação do Dique S4. A ruptura dos taludes pode ocasionar prejuízos ambientais e materiais para as regiões a jusante.

A partir dos níveis estabelecidos para o canal de desvio, verifica-se a partir da Tabela 7.3, que o fator de segurança para esta condição deverá ser de 1,50 ($FS=1,50$).

As seções de análise foram obtidas através das análises dos cadastros topográficos disponibilizados pela SAMARCO para as obras realizadas, sendo considerada a condição mais crítica equivalente aos taludes de maior altura.

As seções de análise para o talude de escavação da limpeza e remoção de lama e rejeito da área de implantação do dique, é referente à Estaca 4+0,00 m do documento G002348-C-100008 do Apêndice VI.

Já a seção de análise para o canal de desvio é equivalente à seção da Estaca 4+0,00 m do documento G002348-C-100001 do Apêndice VI.

Os perfis geológicos geotécnicos para as seções analisadas foram obtidos através da campanha de sondagens realizadas na região de implantação do Dique S4, conforme apresentado nos documentos “G002300-O-1MD003” e nos perfis definidos nos desenhos “G002370-O-100005” e “G002370-O-100006”. Para as análises, considerou-se que os taludes apresentavam a mesma constituição geológico-geotécnica observada nos perfis obtidos através da avaliação das sondagens realizadas na região de implantação do Dique S4.

Os perfis geológicos geotécnicos das seções avaliadas para o canal de desvio e para os taludes de escavação são apresentadas na Figura 7.1 e Figura 7.2 respectivamente.

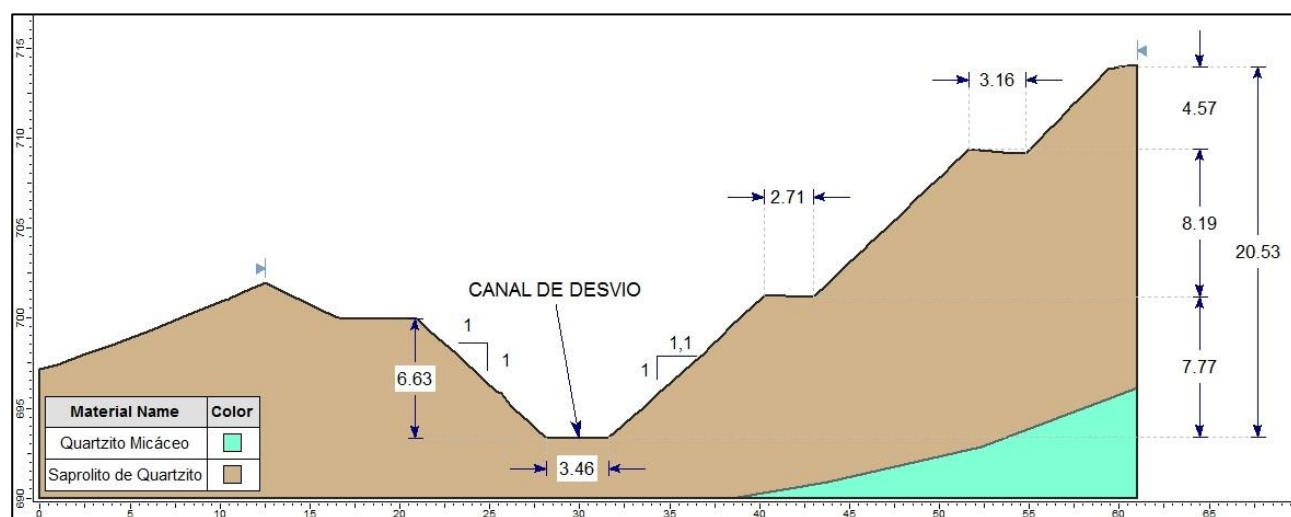


Figura 7.1 – Perfil geológico-geotécnico da seção da Estaca 4+0,00 m do canal de desvio.

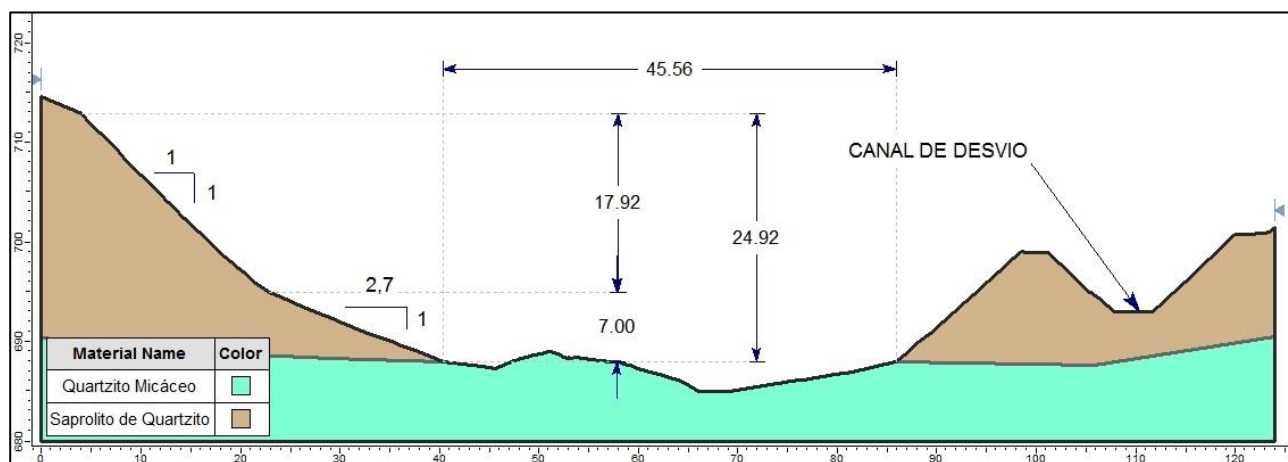


Figura 7.2 – Perfil geológico-geotécnico da seção da Estaca 4+0,00 m da escavação realizada para as obras de limpeza de fundação do Dique S4.

Os parâmetros geotécnicos de resistência para estes materiais são os mesmos utilizados para o projeto detalhado, sendo apresentados na tabela 9.4 do documento “G002300-O-1MD007”, sendo apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 – Parâmetros geotécnicos de resistência para os materiais de fundação na região do Dique S4.

Material	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Sapolito de Quatzito	19,00	35,00	30,00
Quartzito Micáceo	25,00	40,00	35,00

A partir das seções, perfil geológico geotécnico e parâmetros de resistência, foram realizadas as análises de estabilidade para os taludes do canal de desvio (talude margem direita e talude margem esquerda) e para o talude mais crítico de escavação.

As análises foram realizadas a partir do emprego do *software* Slide 6.0, desenvolvido pela *Rocscience*; considerando o critério de ruptura de Mohr-Coulomb utilizando a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Morgenstern-Price e considerando que os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

Ressalta-se que para o canal de desvio foram consideradas as condições de superfície freática com a operação do canal com o nível d’água esperado no projeto e a condição crítica com a desativação do canal.

A Figura 7.3 a Figura 7.7 apresentam os resultados das análises realizadas para o canal de desvio e para os taludes de escavação do Dique S4.

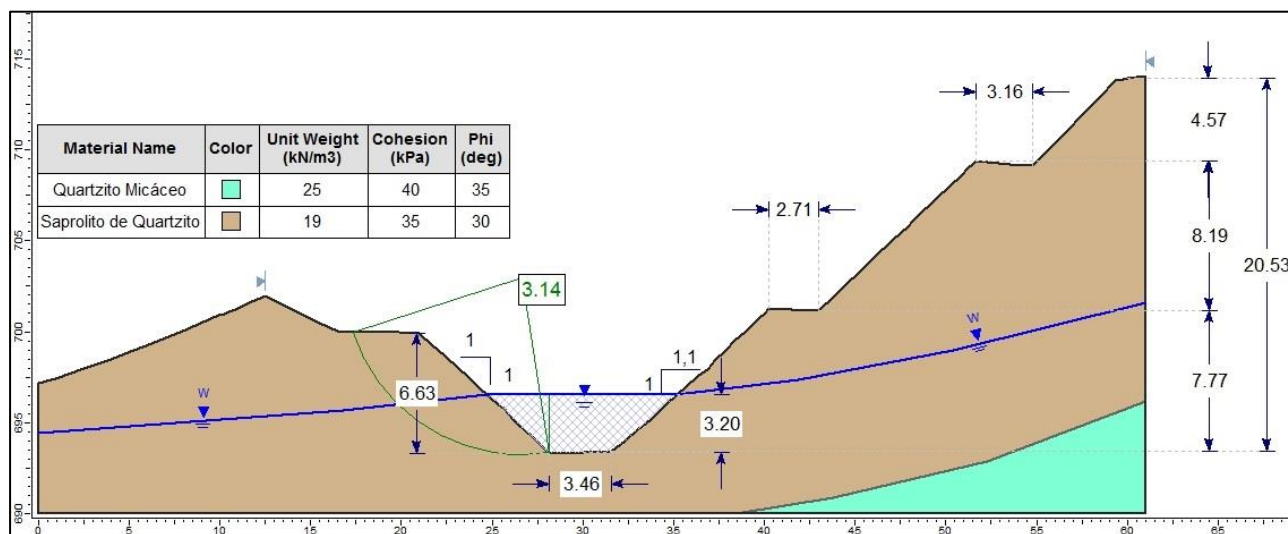


Figura 7.3 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem direita – Condição de Operação – FS=3,14.

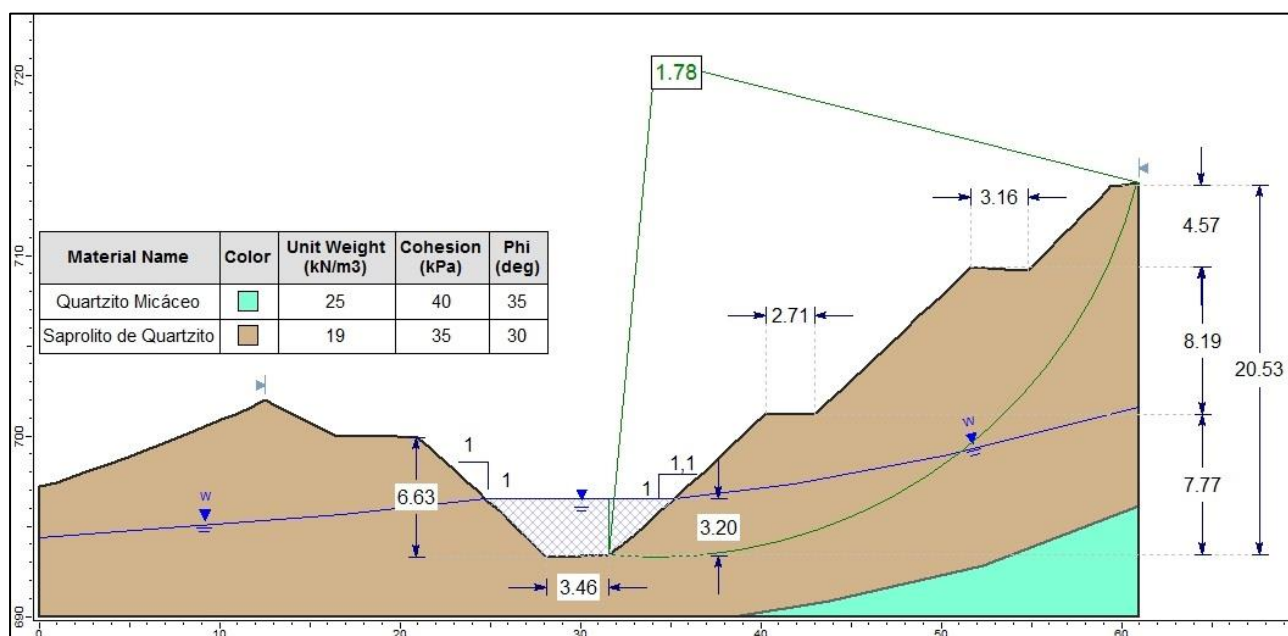


Figura 7.4 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem Esquerda – Condição de Operação – FS= 1,78.

Figura 7.6 – Estabilidade geotécnica dos taludes de escavação canal de desvio – Estaca 4+0,00m – Margem Esquerda – Após a Desativação – FS= 1,74.

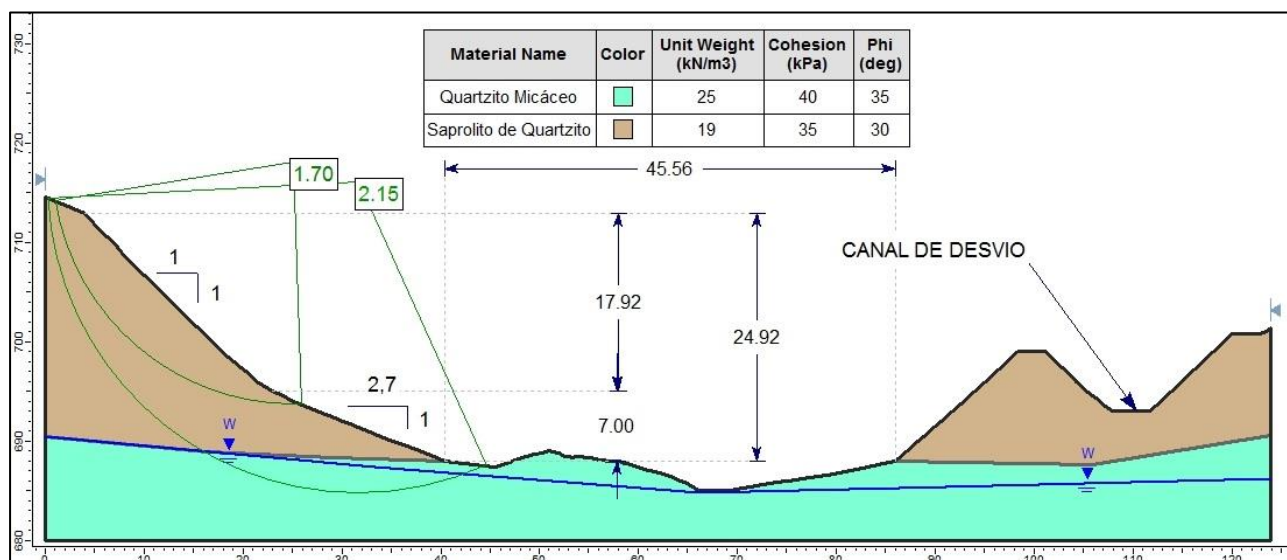


Figura 7.7 – Estabilidade geotécnica do talude crítico de escavação na ombreira esquerda do Dique S4 – Estaca 4+0,00m – FS= 1,70.

A partir das análises realizadas para as seções críticas dos taludes do canal de desvio e limpeza de fundação para o Dique S4, verifica-se que os fatores de segurança são superiores aos estabelecidos na NBR 11.682 (ABNT, 2009), mostrando que as estruturas se encontram estáveis geotecnicaamente.



Ressalta-se ainda que os resultados apresentados sejam equivalentes aos fatores mínimos obtidos nas análises. Desta forma, verificou-se que tanto para os taludes do canal de desvio quanto para o de escavação os fatores mínimos são referentes a rupturas globais, sendo os fatores locais superiores aos obtidos nas análises, não sendo apresentados.

7.2 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE GEOTÉCNICA DO DIQUE S4

Em função das informações disponibilizadas pela SAMARCO, dados referentes ao acompanhamento técnico de obra (ATO) e ensaios laboratoriais realizados para os materiais de construção do Dique S4, foi realizada a verificação da estabilidade geotécnica do Dique S4, considerando as condições de implantação da estrutura.

Para tal, foram consideradas as recomendações da NBR 13.028 (ABNT, 2006) que estabelece os seguintes fatores de segurança mínimos para as análises, em termos de tensões efetivas:

- Ruptura do talude geral de jusante:

			nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 93
---	--	--	---	-----------	-----------------

- Superfície freática normal: $FS_{min} = 1,50$;
- Superfície freática crítica: $FS_{min} = 1,30$;
- Ruptura do talude geral de montante:
 - Nível normal de operação da lâmina d'água normal: $FS_{min} = 1,50$;
 - Rebaixamento rápido da lâmina d'água, quando houver: $FS_{min} = 1,10$;
- Ruptura do talude entre bermas: $FS_{min} = 1,50$; e

Conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2006), as superfícies freáticas podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente; e
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

Para a definição da superfície freática no maciço foram realizadas análises de percolação considerando os parâmetros de permeabilidade dos materiais de fundação e maciço do Dique S4 de forma a definir a superfície freática no maciço da estrutura e determinação das vazões e dimensionamento para os dispositivos de drenagem interna do aterro em bloco com finos.

Para as análises de estabilidade e percolação foram adotados os seguintes critérios:

- Análises de percolação e de estabilidade foram realizadas com o emprego do *software* Slide 6.0, desenvolvido pela Rocscience;
- Critério de ruptura de Mohr-Coulomb utilizando a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Morgenstern-Price;
- Estudo de percolação, para a definição da superfície freática no maciço realizadas a partir do método dos elementos finitos (MEF) do SteadyState FEA do software supracitado e
- Materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

Os parâmetros utilizados para a validação da estabilidade geotécnica do Dique S4, são apresentados na Tabela 7.5 e foram baseados nos estudos do projeto detalhado e nos resultados dos ensaios realizados no controle tecnológico das obras. Ressalta-se que foram realizadas as verificações para a estabilidade do

Dique S4, considerando os parâmetros máximos e mínimos obtidos nos ensaios de laboratório de forma a validar a estabilidade geotécnica da estrutura para os materiais utilizados na construção.

Tabela 7.5 – Parâmetros geotécnicos e hidráulicos utilizados para as análises de percolação e estabilidade do Dique S4, considerando as condições de implantação.

Material	γ mín (kN/m ³)	γ máx (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	k mín (m/s)	k máx (m/s)	k2/k1
Blocos com Finos	27,40	33,80	5,00	30,00	2,70E-07	7,23E-06	1
Pedra de Mão	21,50	21,50	3,00	37,00	1,00	2,00	1
Blocos de 1.200,00 mm	23,60	23,60	3,00	38,00	5,00	5,00	1
Brita 3	20,00	20,00	0,00	36,00	1,00E-02	5,00E-02	1
Brita 0	20,00	20,00	0,00	36,00	2,63E-03	8,42E-03	1
Areia	19,00	19,00	0,00	32,00	2,22E-05	7,07E-05	1
Solo Residual de Quartzito	19,00	19,00	35,00	30,00	2,05E-07	2,05E-07	1
Quartzito Micáceo	25,00	25,00	40,00	35,00	4,22E-07	4,22E-07	1
Rejeito Fundação	17,00	17,00	5,00	10,00	1,72E-05	1,72E-05	0,25
Rejeito Reservatório	19,00	19,00	8,00	10,00	1,00E-05	1,00E-05	0,25
Concreto	25,00	25,00	150,00	40,00	1,00E-12	1,00E-12	1
Goemembrana	-	-	-	-	1,00E-12	1,00E-12	1

A seção avaliada para a verificação da estabilidade geotécnica do Dique S4 foi definida em função da avaliação das seções implantadas, considerando as informações apresentadas nos documentos G002348-C-100016 a G002348-C-100019 do Apêndice VI.

Verifica-se que a seção mais crítica para o Dique S4 é a referente à Estaca 3+0,00 m, sendo a mesma adotada para a avaliação da estabilidade.

As análises para o Dique S4 foram realizadas para as condições de início de operação (reservatório formado somente por água) e final (reservatório assoreado com Sedimentos/rejeito/lama). Além disto, o nível operacional do reservatório é equivalente a EL. 697,40 m, cota da soleira do extravasor na estação seca (alteração de projeto realizada pela SAMARCO para o monitoramento das vazões no dique).

Os perfis geológicos geotécnicos para a seção crítica do Dique S4 para as condições avaliadas são apresentados na Figura 7.8 e Figura 7.9.

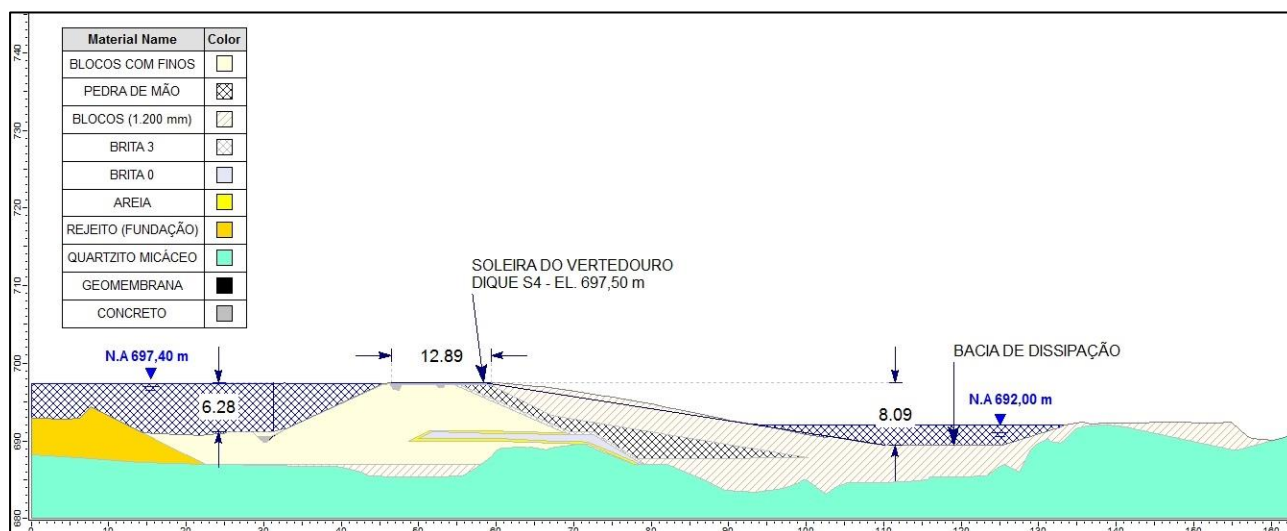


Figura 7.8 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 3 +0,00 m – Início das Operações.

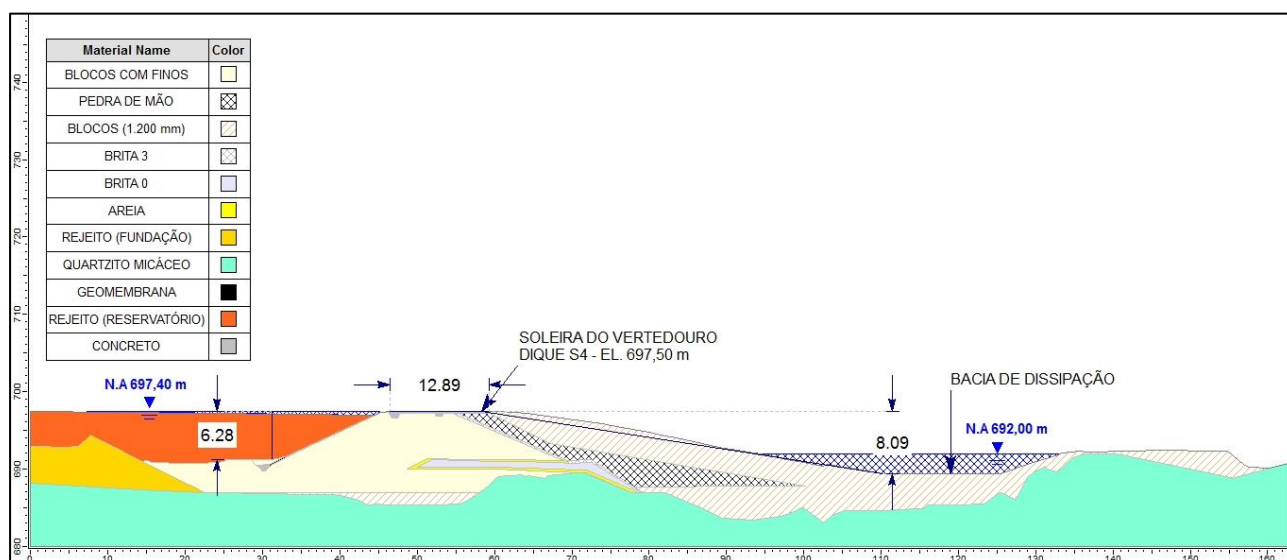


Figura 7.9 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 3 +0,00 m – Final de Operação.

O resultado das análises de percolação realizadas para a seção crítica do Dique S4 são apresentadas nas Figuras AIV.1 e AIV.2 do Apêndice IV.

Em função das superfícies freáticas obtidas nas análises de percolação, foram realizadas as análises de estabilidade para o Dique S4 conforme sua implantação em campo. As análises para a condição inicial e final de operação, considerando os parâmetros obtidos nos ensaios de laboratório são apresentadas no Apêndice V do presente documento, sendo os resultados obtidos, resumidos na Tabela 7.6.

Tabela 7.6 – Síntese dos resultados obtidos nas análises de estabilidade – Dique S4.

Estrutura	Parâmetros	Talude	Condição	FS _{calculado}	FS _{mínimo} (NBR 13.028)	Figura
Dique S4	Mínimos	Jusante	Início de Operação	3,27	1,50	AV.1
		Montante		4,72	1,50	AV.2
		Jusante	Final de Operação	3,29	1,50	AV.3
		Montante		10,54	1,50	AV.4
	Máximo	Jusante	Início de Operação	3,27	1,50	AV.5
		Montante		4,11	1,50	AV.6
		Jusante	Final de Operação	3,29	1,50	AV.7
		Montante		8,43	1,50	AV.8

A partir dos resultados apresentados na Tabela 7.6, verifica-se que os fatores de segurança para o maciço do Dique S4 são superiores aos mínimos recomendados na NBR 13.028 (ABNT,2006), demonstrando que a estabilidade da estrutura foi garantida, considerando as alterações realizadas durante as obras.

7.3 VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA NO ATERRO EM BLOCO COM FINOS

Em função das alterações relacionadas a concepção da drenagem interna do aterro em Bloco com Finos, devido a presença de afloramentos rochosos na base de escavação, implicando na elevação do tapete drenante central do Dique S4, foi necessária a validação dos dimensionamentos realizados no projeto detalhado.

As vazões de dimensionamentos foram obtidas através das análises de percolação realizadas para o Dique S4, considerando a sua condição de construção, baseada nas informações obtidas nos cadastros topográficos, utilizando como base o modelo digital de terreno elaborado pela NTZ Engenharia e apresentado nos documentos “Blocos com Finos”, “Areia” e Brita 0”.

Para a verificação do tapete, foram considerados os valores máximos de coeficiente de apresentados na Tabela 6.7 de forma a avaliar a maior vazão para os tapetes de ombreira e central do aterro em blocos com finos.

As vazões de dimensionamento foram obtidas através de análises de percolação para seções localizadas nas obreiras e região do fundo do talvegue. Para tal, foram consideradas as seções implantadas para o

Dique S4, apresentadas nos documentos G002348-C-100016 a G002348-C-100019 do Apêndice VI, sendo avaliadas as seguintes seções:

- Ombreira Direita: Estaca 4 + 10,00 m;
- Ombreira Esquerda: Estaca 1+ 10,00 m; e
- Central: Estaca 3 + 10,00 m;

Ressalta-se que as análises referentes a região do fundo do talvegue foram realizadas no item 7.2 do presente documento conforme apresenta a Figura AIV.1 do Apêndice IV.

Os perfis geológicos geotécnicos para as seções utilizadas para a determinação das vazões de dimensionamento para a verificação da espessura dos tapetes implantado no Dique S4 são apresentados na Figura 7.10 e Figura 7.11.

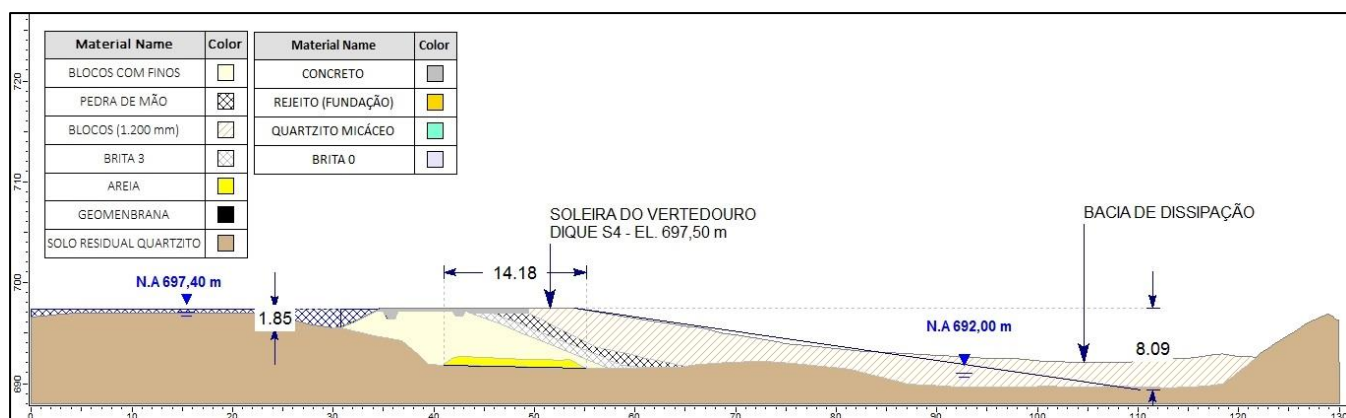


Figura 7.10 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 4 + 10,00 m – Ombreira Direita.

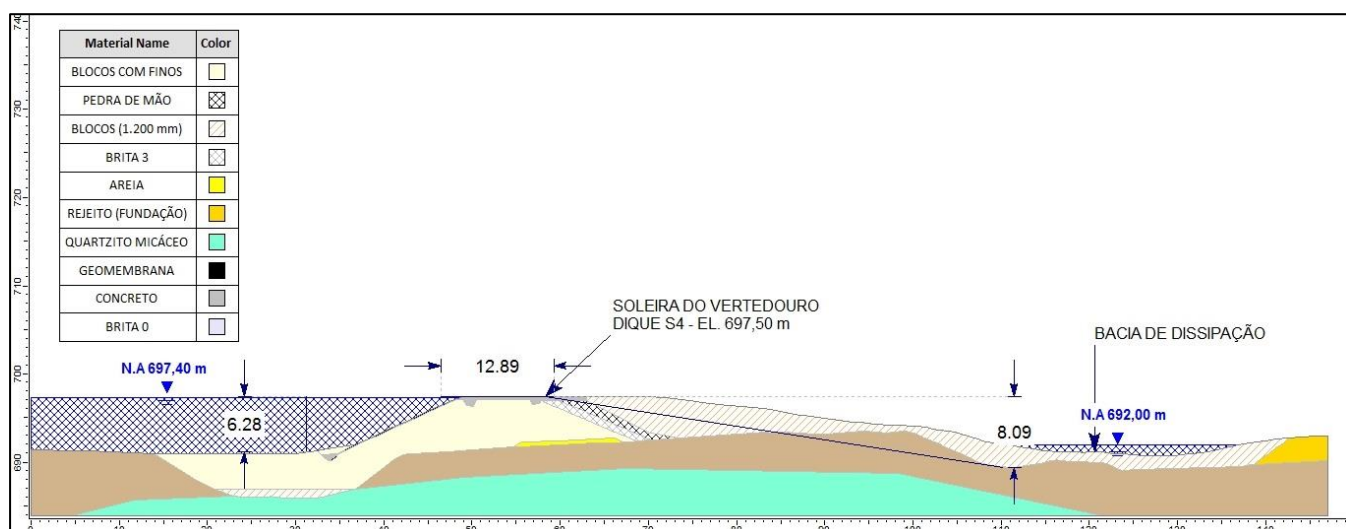


Figura 7.11 – Perfil Geológico Geotécnico para a Estaca 1+ 10,00 m – Ombreira Esquerda.

Os parâmetros de permeabilidade são os mesmos definidos na Tabela 7.5 para as condições máximas. As análises de percolação referentes as seções avaliadas para a ombreira direita e esquerda são apresentados no Apêndice IV sendo referentes as Figuras AIV.5 e AIV.6. A partir das análises realizadas para as seções foram obtidas as vazões de percolação para a verificação das espessuras mínimas dos tapetes drenantes, levando aos valores apresentadas na Tabela 7.7.

Tabela 7.7 – Vazões obtidas nas análises de percolação.

Seção Analisada	q _{fundação}
	m³/s x m
Estaca 2 + 0,00 m - Ombreira Direita	1,23E-07
Estaca 5 + 0,00 - Ombreira Esquerda	1,50E-09
Estaca 3 + 10,00 - Central	2,97E-06

Para as vazões nos dispositivos de drenagem interna de barramentos e diques, são necessárias algumas ponderações acerca dos valores que serão utilizados para definição das seções drenantes. Nos tapetes de ombreiras, é necessária a correção das vazões devido ao fato destes drenos serem cegos, ou seja, não apresentam saída direta do maciço. Desta maneira, será feita a correção entre os comprimentos na entrada do dreno e ao longo do trecho em que o dreno das ombreiras se conecta ao tapete do fundo do talvegue. Esta medida, tem com principal função a garantia de utilização de espessura adequada para os tapetes de ombreira, uma vez que, como o comprimento de entrada é muito menor que o de saída, levariam a espessuras infinitamente superiores as necessárias para a condução dos fluxos percolados.

Para a verificação do tapete central, não é necessário tal correção uma vez que o tapete deverá ser instalado sobre o fundo da escavação que apresenta plataforma constante.

A correção para os tapetes das ombreiras direita e esquerda foram realizadas considerando as informações apresentadas no documento G002348-C-100015 do Apêndice VI, que apresenta os detalhes da drenagem interna do Dique S4 no aterro em Blocos com Finos.

Desta forma verifica-se que para o tapete da ombreira direita o comprimento de entrada é de 4,36 m, sendo a saída igual a 19,50 m. Para o tapete da ombreira esquerda o comprimento de entrada é de 3,41 m e o de saída 20,50 m. A vazão compatibilizada para os tapetes de ombreira é apresentada na Tabela 7.8.

Tabela 7.8 – Cálculo para a compatibilização entre os comprimentos de entrada e saída dos tapetes de ombreira do Dique S4.

Drenagem Interna	q entrada	L entrada	Q entrada	L saída	q saída
	m³/s x m	(m)	m³/s	(m)	m³/s x m
Estaca 2 + 0,00 m - Ombreira Direita	1,50E-09	4,36	6,54E-09	19,50	3,35E-10
Estaca 5 + 0,00 - Ombreira Esquerda	1,23E-07	3,41	4,18E-07	20,50	2,04E-08

Já a vazão para a seção central é a mesma obtida nas análises de percolação acrescido das vazões de saída das ombreiras levando a um valor igual a $2,99 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$.

Todas as vazões encontradas serão multiplicadas por 5 para que se sejam obtidas as vazões de dimensionamento propriamente ditas. Esse fator de segurança é necessário para que sejam contornados problemas em relação às incertezas acerca da permeabilidade dos materiais e outros aspectos que podem interferir negativamente no funcionamento do dreno.

A Tabela 7.9 apresenta as vazões de dimensionamento para os tapetes drenantes com a compatibilização para os comprimentos na região do tapete e o fator de segurança igual a 5 (FS=5) para cada uma das estruturas.

Tabela 7.9 – Determinação das vazões de dimensionamento para a verificação das espessuras dos tapetes do Dique S4.

Seção Analisada	q fundação	FS	q Dimensionamento
	m³/s x m		m³/s x m
Estaca 2 + 0,00 m - Ombreira Direita	3,35E-10	5	1,68E-09
Estaca 5 + 0,00 - Ombreira Esquerda	2,04E-08	5	1,02E-07
Estaca 3 + 10,00 - Central	2,99E-06	5	1,49E-05

Para os tapetes das ombreiras direita e esquerda optou-se pela utilização do tapete em areia aplicada sobre os taludes de escavação para o Dique S4 que apresentam declividade de 2,00H : 1,00 V ($i = 1/2 = 0,50$). O regime de escoamento para materiais arenosos é laminar, devendo-se utilizar a metodologia de Darcy, apresentada na Equação 7.1.

$$Q = K \times i \times A$$

Equação 7.1

Na qual:

Q: vazão de projeto do dreno, em m³/s.m;

K: permeabilidade do material do dreno, em m/s;

A: área da seção drenante, em m²;

i: gradiente hidráulico, em m/m - é calculado pela razão entre a perda de carga e o comprimento do dreno.

Manipulando a Equação 7.1, determina-se a espessura do tapete por metro linear, dividindo os dois lados da equação pelo comprimento do talvegue (L) conforme apresenta a Equação 7.2.

$$FS \times Q = K \times i \times L \times e \rightarrow FS \times \frac{Q}{L} = \frac{K \times i \times L \times e}{L} \rightarrow$$

$$\rightarrow q_{\text{Dimensionamento}} = K \times i \times e \rightarrow e = \frac{q_{\text{Dimensionamento}}}{i \times K} \quad \text{Equação 7.2}$$

Na qual;

e: espessura do tapete drenante, em m;

K: permeabilidade do material do dreno, em m/s;

i: gradiente hidráulico, em m/m - é calculado pela razão entre a perda de carga e o comprimento do dreno.

Aplicando a Equação 7.2 e considerando a permeabilidade máxima da areia igual a 7,07 x 10⁻⁵ m/s foi realizado o dimensionamento para as espessuras dos tapetes das ombreiras esquerda e direita conforme apresenta a Tabela 7.10.

Tabela 7.10 – Cálculo da espessura drenante dos tapetes de ombreira.

Seção Analisada	q	Permeabilidade do material drenante	Gradiente - I	Espessura tapete - e	
	Dimensionamento m ³ /s x m			m	cm
Estaca 2 + 0,00 m - Ombreira Direita	1,68E-09	2,22E-05	0,5	0,000	0,02
Estaca 5 + 0,00 - Ombreira Esquerda	1,02E-07	2,22E-05	0,5	0,009	0,92

Verifica-se que as espessuras para os tapetes das ombreiras direita e esquerda apresentam espessura mínima de 0,02 cm e 0,92 cm respectivamente, inferior as dimensões utilizadas pela equipe de obra, mostrando que a seção hidráulica dimensionada atende a condição operacional do Dique S4.

Para o tapete drenante na seção do fundo do talvegue, foi adotado o uso de uma seção do tipo sanduíche com núcleo em Brita 0, envolta por uma camada de Areia. O fluxo para a região também apresenta características de regime laminar podendo ser adotada a Metodologia de Darcy representada pela Equação 7.1. O tapete apresenta largura total de 23,19 metros ($l = 23,19 \text{ m}$). O gradiente hidráulico nesta região é dado pela espessura do tapete sobre o comprimento total do dreno ($i = e_{\text{tapete}} / l$)

Manipulando a Equação 7.1 tem-se:

$$FS \times Q = K \times i \times L \times e \rightarrow FS \times \frac{Q}{L} = K \times i \times L \times e \rightarrow$$

$$\rightarrow q_{\text{Dimensionamento}} = K \times \frac{e}{l} \times L \times e \rightarrow e = \sqrt{\frac{q_{\text{Dimensionamento}} \times l}{K}}$$

Aplicando esta equação para a vazão do dreno de talvegue, determina-se a espessura mínima para o tapete drenante em Brita 0 com permeabilidade de $2,63 \times 10^{-3} \text{ m/s}$. A Tabela 7.11 apresenta o cálculo da espessura para o tapete central do Dique S4.



Tabela 7.11 – Cálculo da espessura de brita do tapete drenante central do aterro em bloco com finos.

Seção Analisada	q Dimensionamento	Permeabilidade do material drenante	L	Espessura tapete - e	
	m³/s x m	m/s	m	m	cm
Estaca 3 + 10,00 - Central	1,49E-05	2,63E-03	23,19	0,36	36,31

A partir dos dados obtidos nas análises de percolação e considerando os dados de implantação do tapete drenante, verifica-se que a espessura adotada na construção do Dique S4, atende as condições de operação.

7.4 VERIFICAÇÃO DAS TRANSIÇÕES

Para evitar a colmatação dos vazios do material do tapete das ombreiras executados em areia e do tapete central tipo “sanduíche” em brita 0 envolvido por transição em areia, e região de jusante com transições em brita 3 e pedra de mão, foi considerado realizada a verificação dos materiais utilizados para a construção do Dique S4, como uso de transição geotécnica de forma a atender as seguintes condições:

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 102
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

- Critério de contenção (filtragem): as dimensões dos vazios no material do filtro devem ser suficientemente pequenas para reter as partículas maiores do material protegido; e
- Critério de permeabilidade: o material do filtro deve ter alta condutividade hidráulica para impedir a geração de grandes forças de percolação e pressões hidrostáticas aplicadas aos filtros.

A verificação em termos de transição geotécnica dos materiais utilizados na construção do Dique S4 (tapetes e transição do maciço) foi realizada a partir das curvas granulométricas do material definido como bloco com finos considerando a sua porção em solo. Este material estará em contato direto com os dispositivos de drenagem interna. Os resultados para a granulometria do material utilizado na construção são apresentados na Figura 6.4.

Para a verificação das transições foram consideradas ainda as curvas granulométricas da areia, brita 0 e brita 3 utilizadas na construção, apresentadas na Figura 6.4. Para a pedra de mão, foram utilizados os resultados apresentados para a jazida, uma vez que não foram disponibilizados os resultados quanto a sua granulometria, sendo a curva granulométrica apresentada na Figura 6.3.

A verificação das transições foi realizada considerando a metodologia do US Soil Conservations Service, USDA-SCS (1994) (FELL,2005), mesma metodologia utilizada nos estudos realizados no projeto detalhado, sendo considerado para o cálculo das transições a fração em solo dos Blocos com Finos.

A faixa granulométrica para o bloco com finos foi definida a partir das amostras realizadas para o material utilizado no aterro de regularização e maciço do Dique S4 conforme apresentado na Figura 6.4, sendo a faixa adotada apresentada na Tabela 7.12 e representada pela Figura 7.12.

Ressalta-se que a faixa elaborada desprezou a curva granulométrica referente ao ensaio “DE2_3458_Dique S4 (3458-2297)” por apresentar elevada discrepância em relação aos demais ensaios realizados para o maciço do Dique S4.

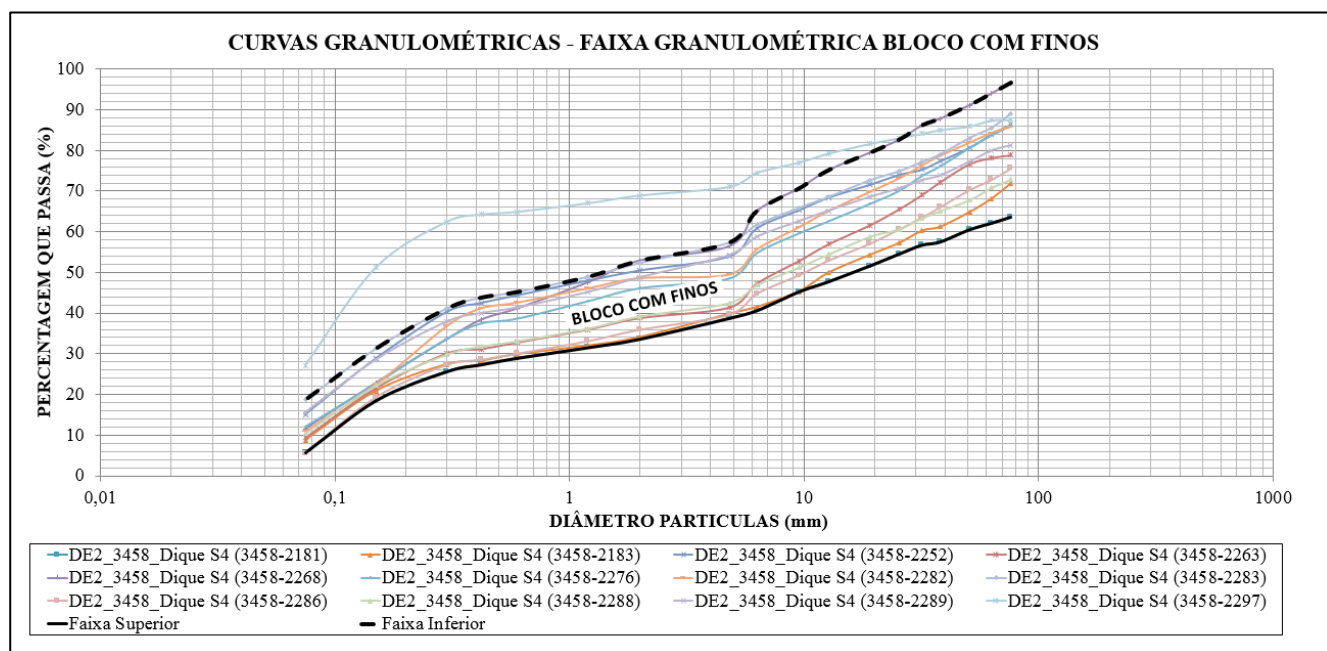


Figura 7.12 – Curva Granulométrica para a faixa representativa do bloco com finos, obtida a partir dos ensaios realizados para as amostras do material “in situ” utilizados na construção do Dique S4.

Tabela 7.12 – Faixa granulométrica do bloco com finos utilizados para a construção do Dique S4.

Bloco com Finos			
Diâmetro dos Materiais (mm)	% Passante	Diâmetro dos Materiais (mm)	Faixa Superior
	Faixa Inferior		
76,2	96,6	76,2	63,6
63	94	63	62,1
50,8	91,1	50,8	60,5
38,1	87,8	38,1	57,5
31,8	86,1	31,8	56,7
25,4	82,6	25,4	54,5
19,1	79,4	19,1	51,6
12,7	75,1	12,7	47,7
9,5	70,6	9,5	45,2
6,3	65,1	6,3	40,6
4,8	57,3	4,8	38,7
2	52,9	2	33,6
1,2	48,9	1,2	31,5
0,6	45,2	0,6	28,9
0,42	43,8	0,42	27,3
0,3	41,1	0,3	25,6
0,15	31,3	0,15	18,5
0,075	18,7	0,075	5,7

O Passo 2 da metodologia, USDA-SCS (1994) (FELL,2005) recomenda que as transições sejam dimensionadas para a os materiais passante na Peneira 4 (#4 - 4,80 mm). Para o caso de materiais com fração retida na Peneira 4, como é o caso do Blocos com Finos, o método sugere que sejam feitas

correções nas curvas granulométricas com a separação da curva em duas frações. A fração com material inferior a 4,80 mm é definida como fração Fina e a porção acima da peneira de 4,80 mm é definida como fração grossa.

O ajuste das curvas do Bloco com Finos foi realizado conforme recomendado pela metodologia levando as curvas apresentada na Figura 7.13 (faixa entre as curvas de cor roxa).

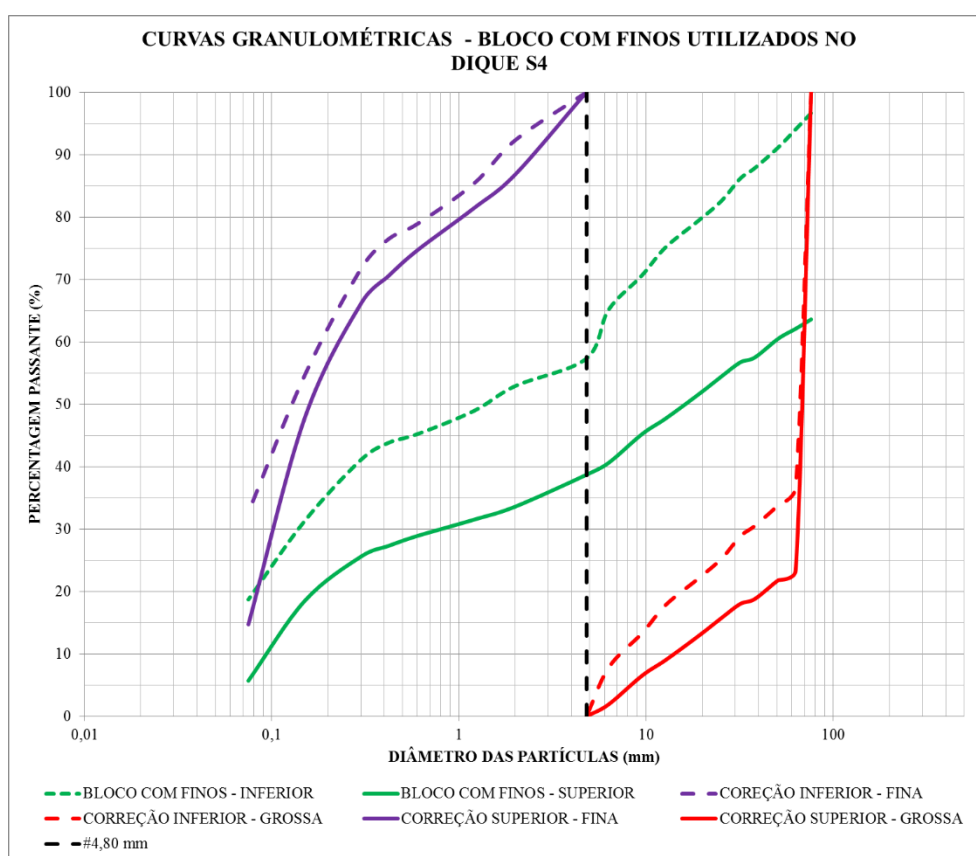


Figura 7.13 – Faixa Granulométrica corrigida para o bloco com finos.

Considerando as curvas granulométricas da Areia, Brita 0 e Brita 3 e pedra de mão disponibilizadas pela SAMARCO relativa aos materiais utilizados na construção do Dique S4, foi realizada a verificação destes materiais como transição.

A metodologia USDA-SCS (1994) (FELL,2005), foi aplicada às faixas superior e inferior dos Blocos com Finos, sendo definidas as transições geotécnicas dos materiais.

As transições foram calculadas até a fração de pedra de mão, material utilizado no núcleo do Dique S4 a partir da camada dos Blocos com Finos, considerando a fração fina do material corrigido. Os cálculos das transições considerando os materiais utilizados na construção da estrutura atendem em quase sua totalidade aos critérios de filtragem e permeabilidade estabelecidas pela metodologia USDA-SCS (1994) (FELL,2005).

A brita 3 apresenta a fração grossa fora da faixa definida a partir da verificação das transições. Conforme já informado, a diferença em relação a esta faixa foi contornada pelo aumento da espessura da camada de transição de 0,30 m para 0,80 m.

A pedra de mão encontra-se fora da faixa solicitada pelo dimensionamento. Porém devido a sua elevada espessura em relação a camada de brita 3, não apresenta prejuízos em termos de operação para a estrutura.

As curvas granulométricas oriundas das verificações realizadas para as transições dos materiais empregados no dispositivo de drenagem interna e maciço do Dique S4 são apresentadas na Tabela 7.13 e Figura 7.14.

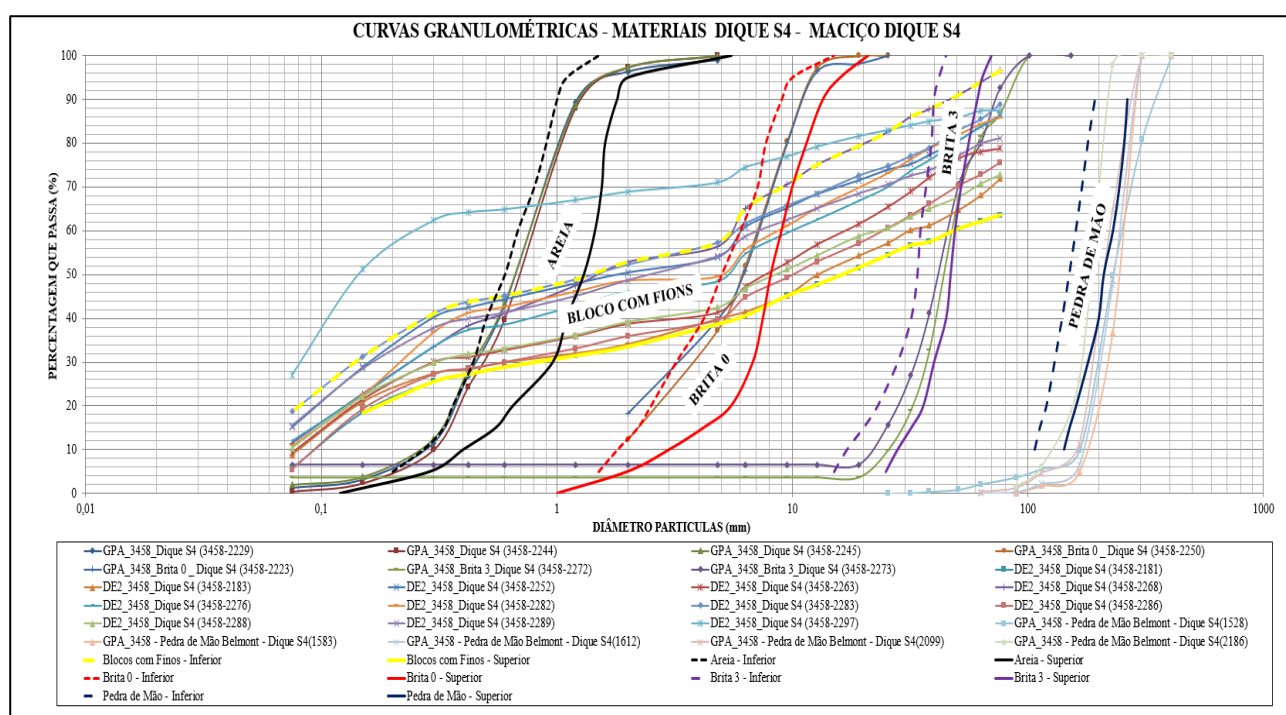


Figura 7.14 – Curvas granulométricas para os materiais de transição e maciço do Dique S4, pós verificação das transições.

Tabela 7.13 – Faixa granulométrica para os materiais de transição do Dique S4, pós verificação das transições.

% PASSANTE	Areia		BRITA 0		BRITA 3		Pedra de Mão	
	Diâmetro dos Materiais		Diâmetro dos Materiais		Diâmetro dos Materiais		Diâmetro dos Materiais	
	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior	Faixa Inferior	Faixa Superior
0	-	0,12	-	1	-	-	-	-
5	0,2	0,29	1,5	2	15,00	25,00	-	-
10	0,27	0,4	1,8	3	17,00	28,00	107	142
15	0,33	0,55	2,2	4,2	20,00	32,00	112,5	150
20	0,36	0,65	2,5	5,5	23,00	36,00	120	160
30	0,44	0,96	3,2	6,8	28,00	40,00	130	180
40	0,5	1,1	4,2	7,5	32,00	45,00	140	200
50	0,6	1,3	5	8,1	34,00	47,00	150	210
60	0,68	1,45	6	9	35,00	49,00	160	230
70	0,8	1,55	7,1	10	37,00	52,00	170	245
80	0,9	1,6	7,7	11,5	39,00	56,00	180	257
90	1	1,8	9	13,5	40,00	61,00	193	265
95	1,1	2	10	16	42,00	64,00	-	-
100	1,5	5,5	15	21	45,00	70,00	-	-

A partir da verificação das transições, pode-se concluir que o desvio observado em relação a granulometria dos materiais não impactou nas condições de transição dos materiais utilizados na construção do Dique S4.

8.0 INSTRUMENTAÇÃO

Os dispositivos de monitoramento do Dique S4, constituído por instrumentos de medição de nível d'água e de monitoramento das vazões, foram propostos pela SAMARCO durante o período de construção e visam identificar possíveis problemas na região dos taludes de ombreira durante a operação do dique.

A Tabela 8.1 apresenta um resumo dos instrumentos, quantidades, localização e função para o monitoramento do Dique S4.

Tabela 8.1 – Tipos de instrumentos, localização e função – Pilha Alegria Norte.

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Indicadores de Nível D'água (INA)	4	Obreiras em terreno natural do Dique S4, e taludes de escavação do Canal de Desvio	Verificação do nível freático na região de forma a avaliar a condição de estabilidade do Dique S4 e taludes definitivos do Canal de Desvio.
Medidor de Vazão (MV)	1	Soleira do extravasor do Dique	Monitoramento das vazões de vertimento no Dique S4 no período de seca (vazão residual) e vazões máximas na estação chuvosa.

Para a medição da vazão para o período de estiagem, foi proposta pela SAMARCO a implantação de uma calha de medição, a partir do rebaixamento do canal extravasor do Dique S4, na porção próxima a ombreira direita em 0,10 metro, considerando uma faixa de 10,00 metros para a medição. As vazões para esta região deverão ser determinadas a partir da curva de descarga do extravasor a ser desenvolvida em etapa futura pela SAMARCO.

Os indicadores de nível d'água propostos para a região dos taludes de ombreira e canal de desvio, foram implantados de forma a verificar a posição no nível d'água na região, devido a formação do lago do Dique S4. De forma a verificar a influência do nível d'água, todos os instrumentos propostos pela SAMARCO foram instalados com profundidade equivalente a cota inicial da construção do Dique S4, equivalente a EL.687,00 m.

A Tabela 8.2 apresenta o quadro resumo da instrumentação do Dique S4, apresentando as coordenadas de instalação e profundidade (INA's).

Tabela 8.2 – Quadro resumo da instrumentação do Dique S4.

Denominação SAMARCO	Coordenadas de instalação (SIRGAS 2000 – 23S)			Cota de topo do tubo de instalação	Cota de base do tubo de instalação	Cota de fundo do instrumento (m)	Profundidade (m)
	E(m)	N(m)	Z(m)				
23LI300	665907,68	7761062,32	701,95	702,76	702,13	687,10	15,35
23LI301	665920,89	7761023,72	709,00	709,92	709,13	687,00	22,50
23LI302	666048,86	7761049,69	708,68	709,50	708,80	687,08	21,10
23LI303	666052,26	7761099,46	720,69	721,54	720,81	687,04	34,50

A frequência e periodicidade das leituras são apresentadas no Manual de Operação do Dique S4 representado pelo documento “G102300-G-1MM001”, e indicam que deverão ser realizadas semanalmente, podendo ser alterada para periodicidade quinzenal e/ou Mensal, caso as leituras apresentem tendência de constância.

A periodicidade definida para o monitoramento dos instrumentos é resumida na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Periodicidade para o Monitoramento da instrumentação do Dique S4.

Tipo de Instrumento / Inspeção	Período Construtivo	Enchimento do Reservatório	Período de Operação ⁽¹⁾
Indicadores de Nível de D'água	-	3 por semana	Quinzenal/Mensal
Medidor de Vazão	-	Diária	Quinzenal

⁽¹⁾ concluída a etapa inicial de operação as leituras passam a semanais, podendo chegar a mensais, depois de caracterizada a sua constância ou regularidade.



O documento G002374-O-100013 do Apêndice IV apresenta os detalhes de planta e seção da instrumentação prevista para o Dique S4.

9.0 DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem concebido com a finalidade de evitar a incidência de processos erosivos e promover o escoamento superficial do talude do canal de desvio de forma ordenada até o talvegue do rio Gualaxo do Norte. Os dispositivos implantados consistem em canais periféricos em canaleta meia cana e descida hidráulicas em escada, construída em terreno natural. A verificação da implantação dessas estruturas ocorreu por meio da base topográfica denominada “NTZ_GGEIP-GE_00833” (cadastro topográfico do “As Built”), realizado pela NTZ Engenharia, e que apresenta o cadastro das estruturas.

O cadastro das estruturas segundo o documento disponibilizado, apresenta alterações em relação ao projeto desenvolvido, sendo constatado a implantação de dispositivos de drenagem superficial no talude da margem esquerda.

Para a região do canal de desvio (margem direita do córrego Gualaxo do Norte), foram implantadas as estruturas apresentadas a seguir:

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 109
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

Primeiramente, o fluxo coletado da região dos taludes de corte do canal de desvio, escoar por um canal periférico meia cana com diâmetro de 0,35 m e comprimento 17,03 m, seguido de uma escada com altura igual a 0,40 m, comprimento 7,82 m e cujos degraus possuem as seguintes dimensões: largura 0,22 m, altura 0,12 m e base 0,35 m. Em seguida, o fluxo escoar por uma caixa de passagem com largura e comprimento de 1,50 m e altura 0,30 m.

A jusante desta caixa foi implantada um canal periférico em meia cana, de diâmetro de 0,50 m e comprimento 8,12 m, direcionada para uma escada hidráulica com altura igual a 0,30 m, comprimento 2,89 m e cujos degraus possuem as seguintes dimensões: largura 0,15 m, altura 0,15 m e base 0,35 m.

Então, o escoamento passa por um canal retangular de base 0,30 m, altura 0,70 m e comprimento 1,65 m, e novamente por uma descida em escada com altura igual a 0,35 m, comprimento 5,30 m e cujos degraus possuem as seguintes dimensões: largura 0,35 m, altura 0,25 m e base 0,35 m. Após essa escada, o fluxo é direcionado diretamente ao canal de desvio e direcionado para o Rio Gualaxo do Norte.

Além da drenagem implantada na região do canal de desvio, a SAMARCO realizou obras na região da ombreira esquerda, com a implantação do sistema de drenagem superficial ao longo da ombreira esquerda, de forma a desviar o fluxo do terreno natural para os taludes de corte do Dique S4. Os dispositivos de drenagem superficial consistem na implantação de canais periféricos em canaletas do tipo “meia cana”, caixas de dissipação e descidas hidráulicas em degraus.

Na porção superior do talude de corte da escavação, foi utilizado um canal periférico em meia cana com diâmetro de 0,40 m e comprimento 60,51 m, seguido por uma caixa de passagem com largura, comprimento e altura iguais a 0,80 m, e então, passa por uma escada com altura igual a 0,80 m, comprimento 12,11 m e cujos degraus possuem as seguintes dimensões: largura 0,30 m, altura 1,00 m e base 0,35 m.

Ressalta-se que as obras dos canais periféricos, foram concluídas após a realização do acompanhamento técnico da obra pela WALM Engenharia, sendo os desenhos desenvolvidos baseados no cadastro topográfico disponibilizado pela SAMARCO.



		E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 110
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Figura 9.1 – Obras de implantação dos dispositivos de drenagem superficial na região da ombreira direita (porção do canal de desvio).

Os documentos G002348-C-100023 e G002348-C-100025 do Apêndice VI apresentam a planta, perfil e detalhes dos dispositivos de drenagem superficial na região do Dique S4.



10.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresenta o relatório / memorial técnico “*As Built*” ou “*Como Construído*” do Dique S4, o qual teve acompanhamento técnico de obra – ATO realizado pela equipe da WALM Engenharia, com a presença de um Engenheiro Civil Sênior e outro Engenheiro Civil Geotécnico de nível médio.

Durante as atividades desenvolvidas, foram realizadas alterações em relação ao projeto detalhado. As alterações realizadas foram definidas pela equipe de FISCALIZAÇÃO da obra, sob supervisão dos responsáveis pelo ATO da obra. Quando necessário a equipe técnica da WALM subsidiou a equipe de campo com realização de estudos geotécnicos e hidráulicos para a definição das possíveis soluções, considerando as solicitações e necessidades da equipe de campo.

Para as alterações realizadas e desvios observados em termos de ensaios de laboratório, verificou-se a partir dos estudos realizados que a segurança geotécnica do Dique S4, taludes de escavação e taludes definitivos do Canal de Desvio, foi mantida dentro dos níveis estabelecidos em normas técnicas brasileiras, atestando a sua estabilidade.

Os estudos relativos a drenagem interna mostram que as estruturas implantadas, apresentam seção drenante correspondente às necessidades operacionais, sendo a condição de coleta e direcionamento do

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 111
---	---	---	---	-----------	------------------



fluxo garantida. O mesmo ocorre para as transições geotécnicas onde os desvios relacionados a granulometria do bloco com finos não apresenta alterações em termos dos materiais implantados no Dique S4, mostrando que não haverá possibilidade de colmatção das estruturas de drenagem interna do aterro em bloco com finos.

A partir destas considerações, verifica-se que os padrões técnicos de engenharia foram mantidos garantindo a estabilidade operacional do Dique S4.



Para o período de operação da estrutura, recomendam-se as inspeções e monitoramento da estrutura nas condições previstas no Manual de Operação da estrutura, conforme documento “G102300-G-1MM001”.

Sérgio Pinheiro de Freitas,
CREA 36.304/D - RJG



WALM ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA
Sérgio Pinheiro de Freitas
WALM-BH

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 112
---	---	--	---	-----------	------------------



ANEXO I – RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 113
---	---	---	------------------------------------	-----------	------------------



ANEXO II – LIVRO DE REGISTRO DO ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 114
---	---	---	---	-----------	------------------



ANEXO III – ATAS DE REUNIÃO

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 115
---	---	---	---	-----------	------------------

ANEXO IV – ENSAIOS LABORATORIAIS DE CONTROLE

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 116
---	---	---	---	-----------	------------------

APÊNDICE I – RELATÓRIO DE LIBERAÇÃO DE FUNDAÇÃO

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 117
---	---	---	---	-----------	------------------

APÊNDICE II – FOTOS

O Presente item apresenta o registro fotográfico realizado para as atividades de construção do Dique S4, durante o período do acompanhamento técnico da obra realizado pela WALM Engenharia.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 118
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

• **OBRAS REALIZADAS PARA A LIMPEZA DE FUNDAÇÃO**



Início das obras de limpeza da fundação na região da bacia de dissipação.



Obras de escavação na porção central do maciço do Dique S4.



Escavação talude natural na ombreira Direita do Dique S4.



Escavação talude natural da ombreira Esquerda do Dique S4 na região da bacia de dissipação.



Visão Geral da limpeza da fundação do Dique



Visão das obras de escavação na região da ombreira

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 119
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

S4.

direita do Dique S4.



Visão das obras de escavação na região da ombreira esquerda do Dique S4.



Visão das obras de escavação na região da ombreira direita do Dique S4.



Visão das obras de escavação na região da ombreira esquerda do Dique S4.



Visão das obras de escavação na região da ombreira esquerda do Dique S4.



Visão das obras de escavação na região da ombreira direita do Dique S4



Visão das obras de escavação na região da ombreira esquerda do Dique S4..

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 120
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Visão das obras de escavação na região da ombreira direita do Dique S4.



Visão geral das obras de escavação para a limpeza da fundação e taludes de ombreira.



Surgência observada na fundação.



Surgências identificadas na fundação do Dique S4.



Região de percolação pela fundação e presença de rochas fraturadas na região das surgências observadas na região do Dique S4.



Visão geral da região de limpeza de fundação ao término das atividades em 10/12/16. Ao fundo observa-se a enscadeira de jusante já executada.

Figura AII.1 - Obras de limpeza de fundação do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 121
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

• **TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO**

As obras de tratamento de fundação com lançamento de aterro em Blocos Limpos com diâmetro da ordem de 1.200,00 mm foram realizadas concomitante com as atividades de limpeza da fundação, de forma a propiciar praça de trabalho para as atividades de escavação.



Início das obras de tratamento de fundação com blocos limpos na região da bacia de dissipação do Dique S4.



Aplicação dos blocos limpos na região da bacia de dissipação do Dique S4.



Atividades de preenchimento das escavações abaixo da EL. 687,00 m com blocos limpos.



Vista geral das atividades de preenchimento das escavações realizadas no fundo do talvegue do córrego Santarém com blocos limpos.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 122
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Tratamento de fundação na região da bacia de dissipação.

Figura AII.2 - Obras de tratamento de fundação em conjunto com as atividades de limpeza para a fundação do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 123
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

• **ATERRO DE REGULARIZAÇÃO EM BLOCO COM FINOS**



Início da construção do aterro em Bloco com finos (14/12/16) para a regularização da região para a implantação da drenagem interna de forma a contornar aos afloramentos existentes na fundação.



Implantação do aterro de regularização em bloco com finos.



Finalização das obras do aterro de regularização e vista da canaleta formada para a condução dos fluxos das surgências entre o aterro e as ombreiras em terreno natural.



Vista geral do aterro de regularização em Blocos com finos.

Figura AII.2 – Aterro de regularização em bloco com finos para implantação dos tapetes drenantes para o zoneamento com o mesmo material de regularização.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 124
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

• **DRENAGEM INTERNA**



Início das obras para a construção do dreno auxiliar no dia 14/12/16 na região do aterro em bloco com finos para a finalização do aterro de regularização e implantação da drenagem interna.



Instalação do geotêxtil na canaleta existente entre o aterro e a região da ombreira direita.



Instalação do geotêxtil na canaleta existente entre o aterro e a região da ombreira esquerda.



Lançamento do material do núcleo drenante do dreno auxiliar com brita 0.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 125
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Dobra do geotêxtil para a formação do “Charuto” para a condução das surgências.



Fechamento do dreno auxiliar (“Charuto”) e complemento do aterro em bloco com finos para o início das obras de construção da drenagem interna.



Obras de lançamento da areia para a construção da primeira camada de transição do tapete drenante central e tapetes de ombreira (dia 20/12/16).



Espalhamento da camada de areia na região do aterro de regularização.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 126
---	--	---	---	-----------	------------------



Vista do tapete drenante na ombreira direita.



Vista do tapete drenante na ombreira esquerda.



Visão geral do lançamento da areia para a construção do tapete drenante do Dique S4.



Início do lançamento da camada do núcleo drenante do tapete central em brita 0 no dia 21/12/16.



Visão geral do lançamento de brita 0 para a construção do tapete drenante central.



Atividade de espalhamento da brita 0..

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 127
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Visão geral do lançamento do núcleo drenante em Brita 0.



Visão Geral da drenagem interna do aterro em bloco com finos.



Início das atividades de lançamento da areia para a transição geotécnica no tapete drenante central (22/12/16).



Implantação da camada de transição na região próxima a ombreira direita.



Visão geral das obras de lançamento da camada de transição em areia.



Operação de ancoragem do geotêxtil não tecido com gramatura #500g/m² para a transição entre o aterro em bloco com finos e a brita 0.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 128
---	--	---	---	-----------	------------------



Finalização das obras do tapete com o lançamento do aterro em bloco com finos na região a jusante da estrutura.



Visão geral do tapete drenante central finalizado.

Figura AII.4 – Obras para a implantação dos tapetes drenantes nas obreiras direita e esquerda e região central sobre o aterro de regularização.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 129
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

• CONSTRUÇÃO DO MACIÇO



Início das obras de construção da bacia de dissipação com blocos limpos.



Lançamento de blocos limpos e pedra de mão na porção do talude de jusante do Dique S4.



Conformação inicial da bacia de dissipação com blocos limpos.



Visão do contato entre o aterro em blocos limpos e pedra de mão.



Conformação da bacia de dissipação com blocos limpos.



Complemento do aterro em bloco com finos na porção a montante do tapete drenante central.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 130
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Obras de construção do aterro em bloco com finos sobre o tapete drenante central.



Lançamento da camada de brita 3 como transição do talude de jusante do aterro em bloco com finos.



Desenvolvimento do aterro em bloco com finos na porção de montante do Dique S4.



Vista da região a jusante ao aterro em bloco com finos com as camadas de transição e geotêxtil e brita 3 e os materiais do zoneamento e pedra de mão e blocos limpos de 1.200,00 mm.



Vista de jusante das obras de implantação do maciço do Dique S4.



Vista do talude de montante do aterro em bloco com finos.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 131
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Vista do talude de montante em bloco com finos finalizado.



Implantação das transições geotécnicas em geotêxtil não tecido e brita 3 sobre o talude de jusante do aterro em bloco com finos.



Detalhe da instalação do geotêxtil não tecido na face de jusante do aterro em bloco com finos.



Visão geral da região a jusante do aterro em bloco com finos.



Obras de remoção da encadeia de jusante.



Termino das atividade de remoção da encadeia de jusante (06/01/17).

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 132
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Obras para a trincheira de ancoragem no pé do talude de montante do conjunto geotêxtil / geomembrana.



Execução da trincheira de ancoragem na ombreira esquerda.



Trincheira de ancoragem na crista do aterro em bloco com finos em contato com o talude de montante.



Início da atividade de instalação geotêxtil não tecido no talude de montante do Dique S4 (10/01/17).



Vista da ancoragem do geotêxtil não tecido aplicado na face de montante na crista do aterro em bloco com finos.



Execução da trincheira de ancoragem para a região do talude de jusante do aterro em bloco com finos.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 133
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Aplicação da geomembrana na região do talude de montante do Dique S4.



Vista geral da crista do aterro em bloco com finos com as trincheiras de ancoragem.



Preenchimento parcial da trincheira de ancoragem com concreto (talude de jusante).



Inserção das ancoragens para a geocélula.



Preenchimento parcial da trincheira de ancoragem com concreto (talude de montante)..



Vista geral do talude de montante após aplicação da geomembrana.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 134
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Instalação da geocélula.



Vista do preenchimento em concreto e detalhe do tendão de ancoragem em aço CA-50 de 5,00 mm.



Execução do preenchimento da geocélula e aplicação do concreto ciclópico.



Regularização e adensamento do concreto.



Vista final da laje da soleira vertente do Dique S4, após as obras de concretagem.



Lançamento dos blocos para a conformação final da crista do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 135
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------



Aterro em Blocos limpos na região do Canal de Desvio.



Vista do talude de montante do Dique S4 na região do Canal de Desvio.



Instalação do geotêxtil para a construção do aterro complementar na porção entre a escavação e o talude de montante do dique na ombreira direita de forma a aumentar o caminho de percolação.



Construção do aterro em bloco com finos com a função de aumentar o caminho de percolação no sentido do canal de desvio.



Vista do talude de montante – Maciço Dique S4 – Aterro Blocos Limpos.



Impermeabilização da face com concreto.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 136
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------





Finalização do aterro em bloco com finos para o aumento do caminho de percolação na ombreira esquerda do Dique S4.





Impermeabilização do talude de montante do Dique S4 entre a soleira do extravasor e a crista do Dique S4.

Figura AII.5 – Construção do maciço do Dique S4.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA		nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 137
---	---	--	------------------------------------	-----------	------------------

APÊNDICE III – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE ÁREA DE EMPRESTIMO E MACIÇO DIQUE S4

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 138
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

APÊNDICE IV – ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO

O presente apêndice apresenta os resultados para as análises de percolação para a seção crítica do Dique S4, para as condições inicial e final de operação da estrutura, conforme Figuras AIV.1 a AIV.4. Além das análises para a seção crítica, são apresentados os resultados obtidos para a determinação das vazões de dimensionamento para as obreiras direita e esquerda da estrutura de forma a subsidiar a verificação da drenagem interna. Os resultados para as análises são apresentados nas Figuras AIV.5 e AIV.6.

As análises são referentes aos itens 7.2 e 7.3 do presente documento.

• **SEÇÃO CRÍTICA DIQUE S4:**

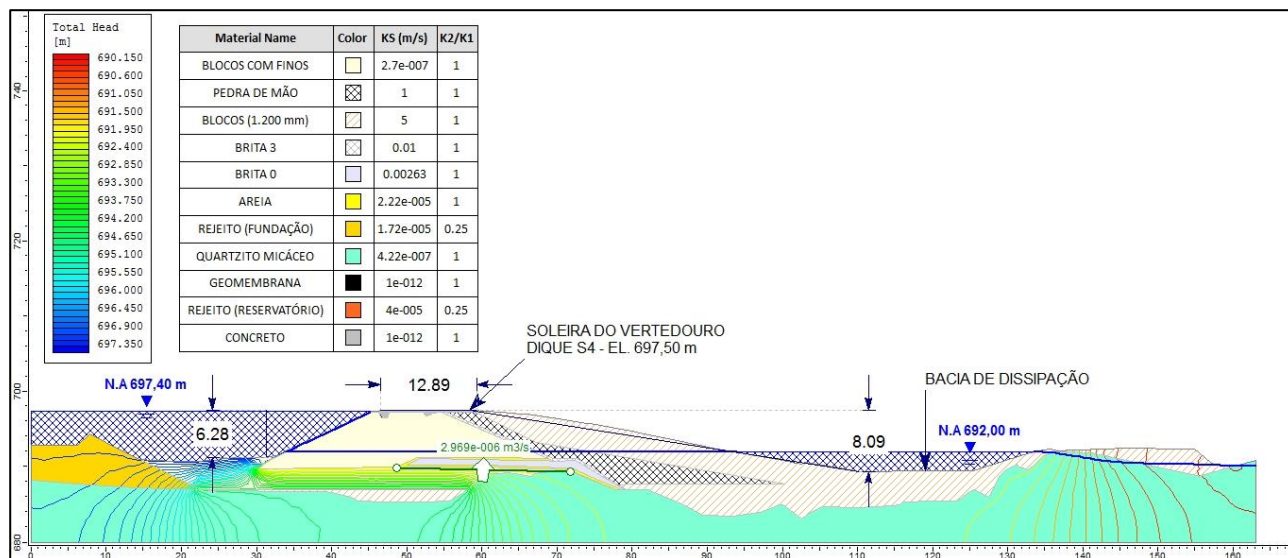


Figura AIV.1 – Análise de Percolação Dique S4 – condição inicial de operação – parâmetros mínimos.

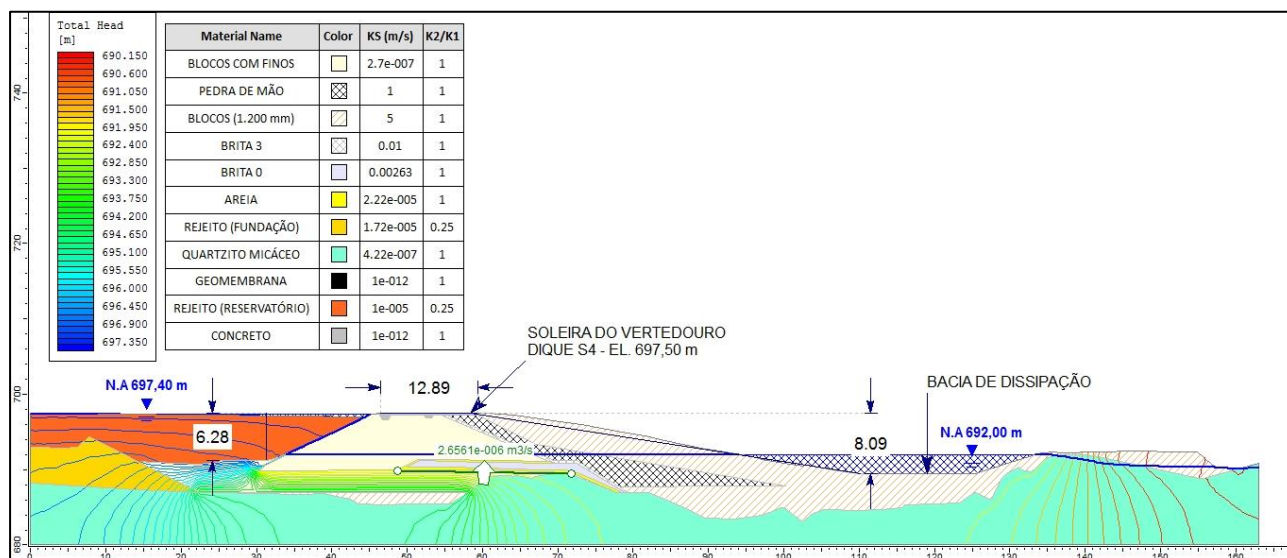


Figura AIV.2 – Análise de Percolação Dique S4 – condição final de operação – parâmetros mínimos.

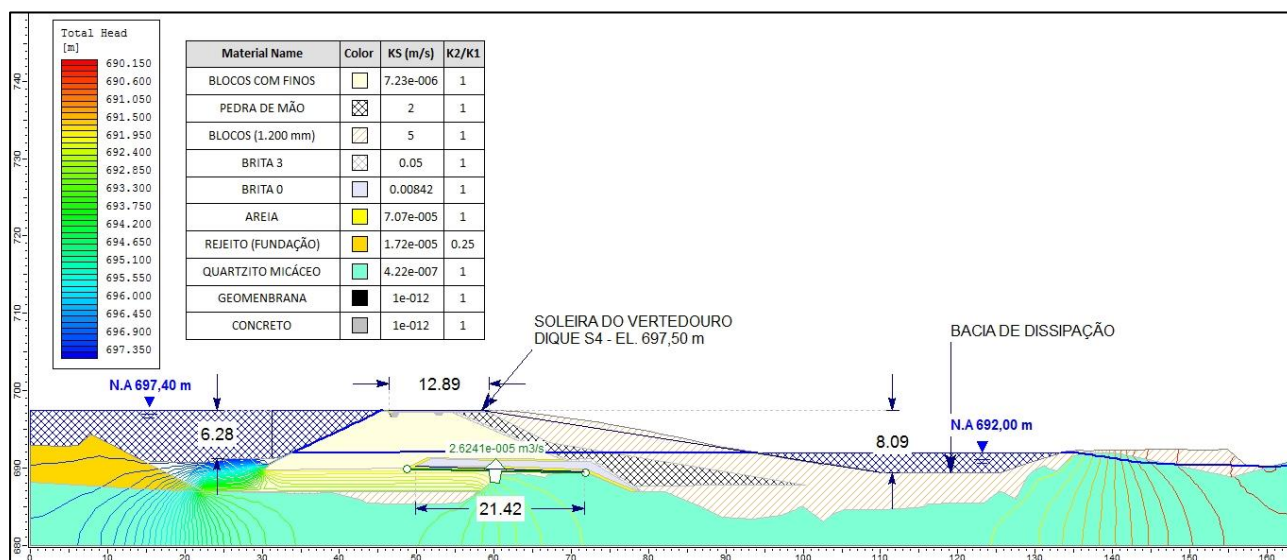


Figura AIV.3 – Análise de Percolação Dique S4 – condição final de operação – parâmetros máximos.

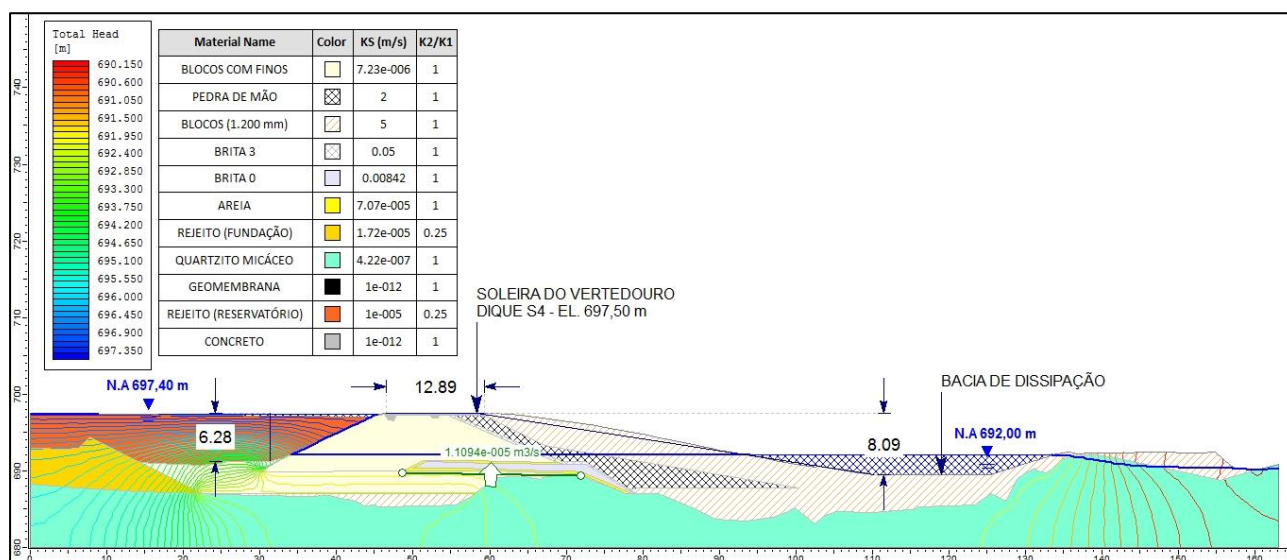


Figura AIV.4 – Análise de Percolação Dique S4 – condição final de operação – parâmetros máximos.

• Ombreira Direita:

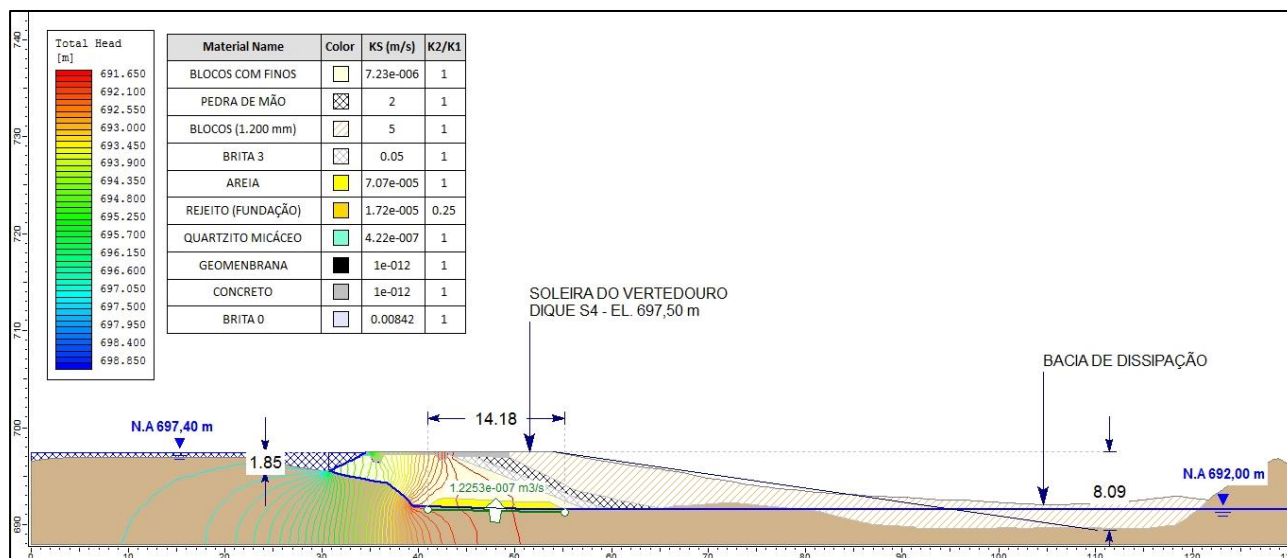


Figura AIV.5 – Análise de Percolação ombreira direita – condição inicial de operação – parâmetros máximos.

• Ombreira Esquerda:

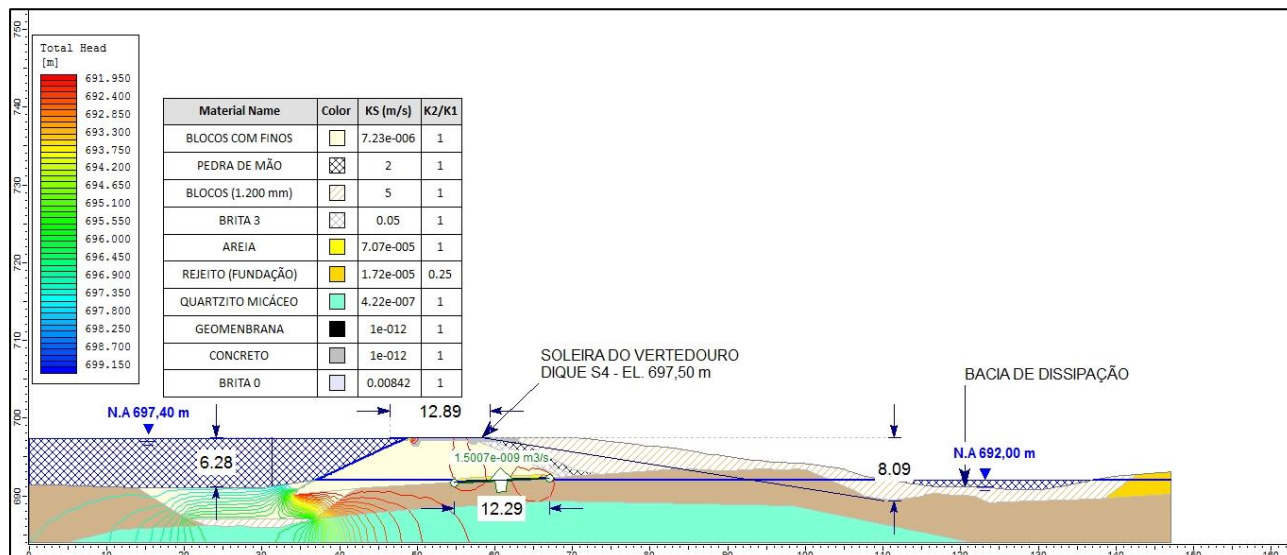




Figura AIV.6 – Análise de Percolação ombreira esquerda – condição inicial de operação – parâmetros máximos.

	 WALM ENGENHARIA TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA	E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 142
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

APÊNDICE V – ANÁLISES DE ESTABILIDADE

O Apêndice V apresenta as análises de estabilidade para as condições iniciais e finais de operação, considerando os parâmetros geotécnicos de resistência e permeabilidade obtidos nos ensaios de controle realizados para o Dique S4 (materiais de construção do dique) nos limites mínimos e máximos.

As análises para considerando os parâmetros mínimos são apresentados nas Figuras AV.1 a AV.4. Já para os parâmetros nos seus limites máximos as análises de estabilidade são apresentadas nas Figuras AV.5 a AV.8.

As análises são referentes ao item 7.2 do presente documento.

• **PARÂMETROS MÍNIMOS:**

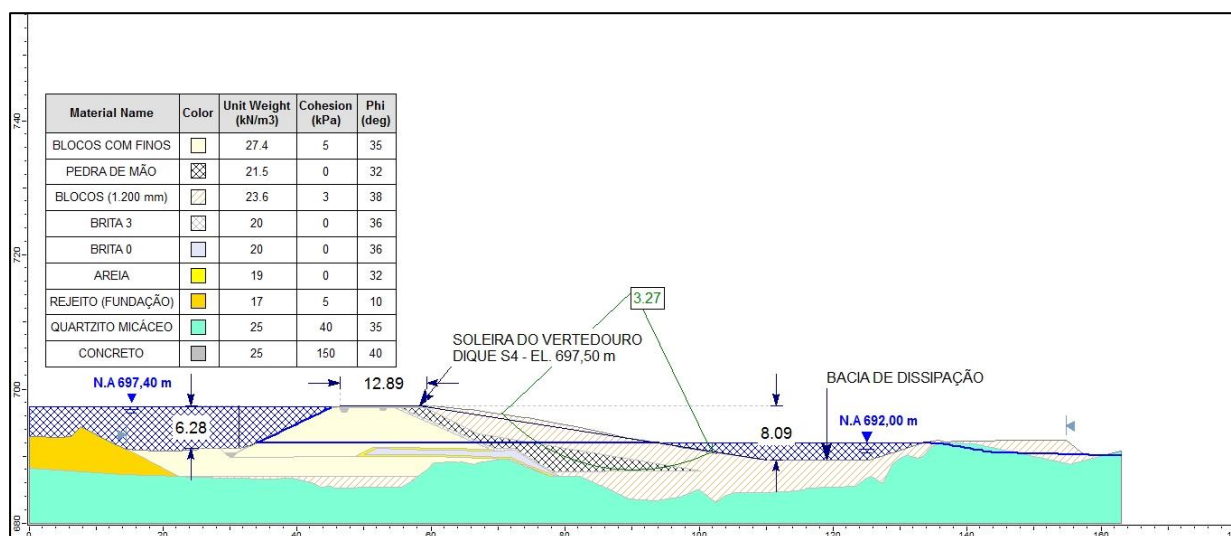


Figura AV.1 – Análise de Estabilidade – condição inicial de operação – parâmetros mínimos – talude de jusante – FS=3,27.

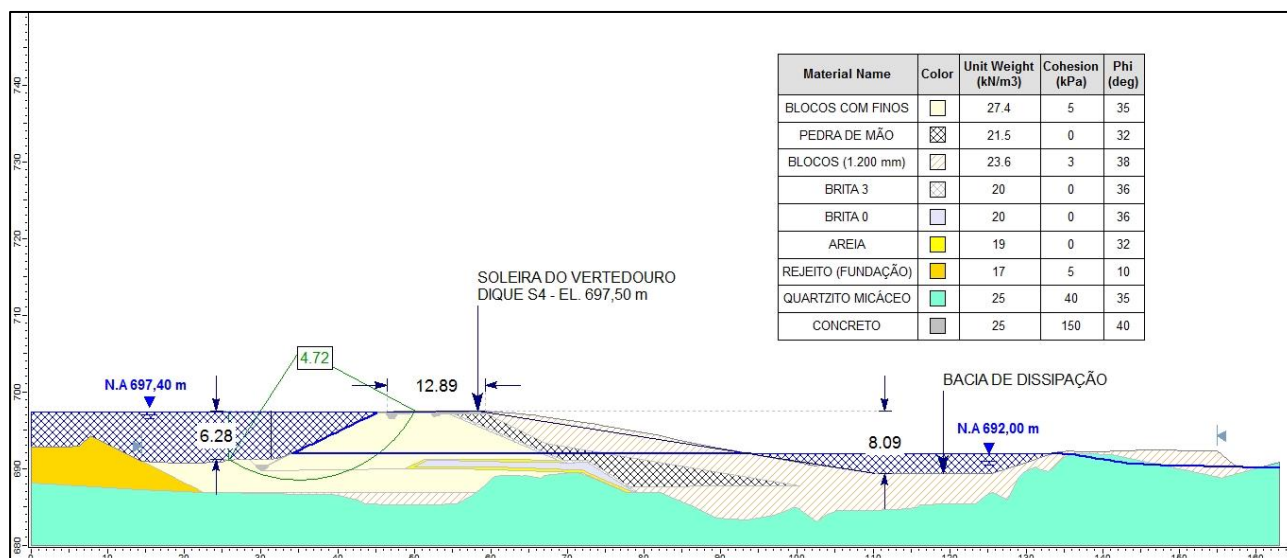


Figura AV.2 – Análise de Estabilidade – condição inicial de operação – parâmetros mínimos – talude de montante – FS=4,72.

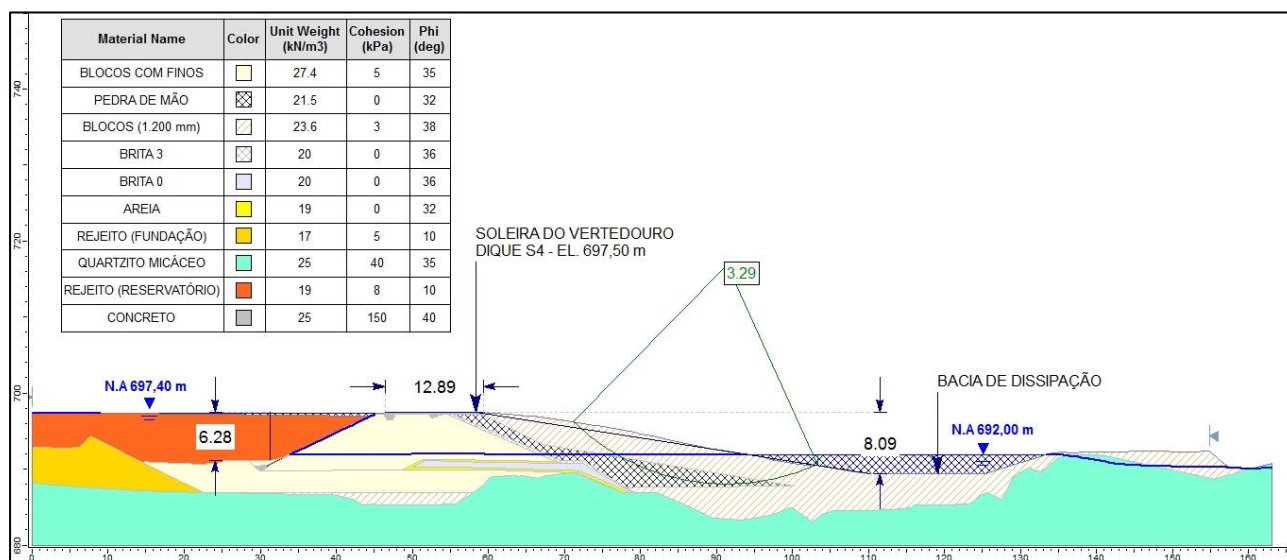


Figura AV.3 – Análise de Estabilidade – condição final de operação – parâmetros mínimos – talude de jusante – FS=3,29.

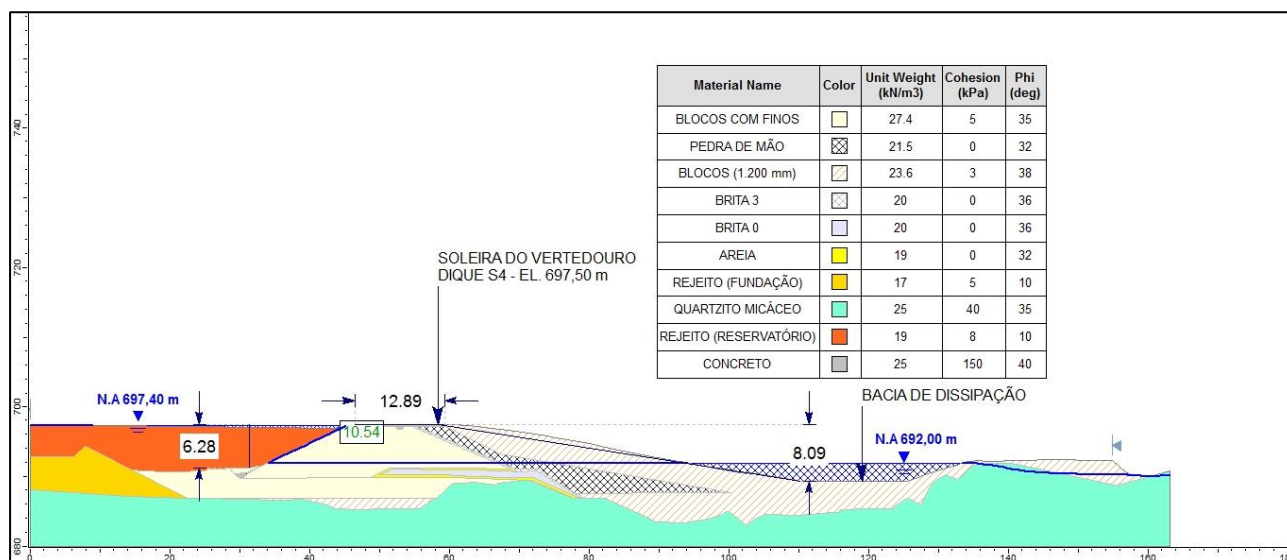


Figura AV.4 – Análise de Estabilidade – condição final de operação – parâmetros mínimos – talude de montante – FS=10,54.

• **PARÂMETROS MÁXIMOS:**

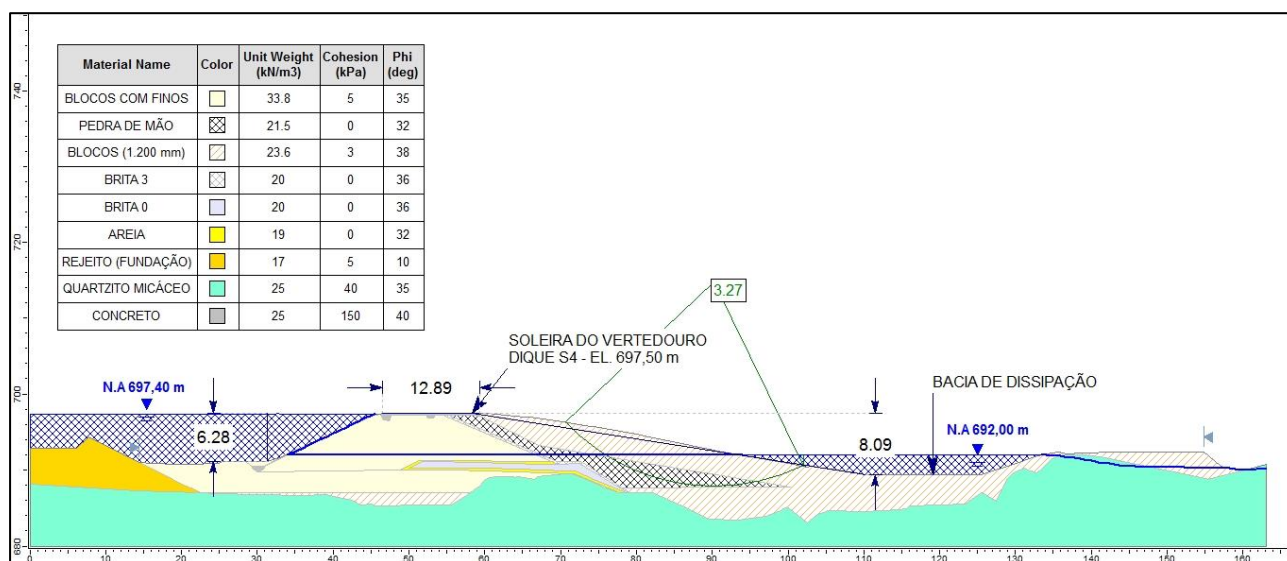


Figura AV.5 – Análise de Estabilidade – condição inicial de operação – parâmetros máximos – talude de jusante – FS=3,27.

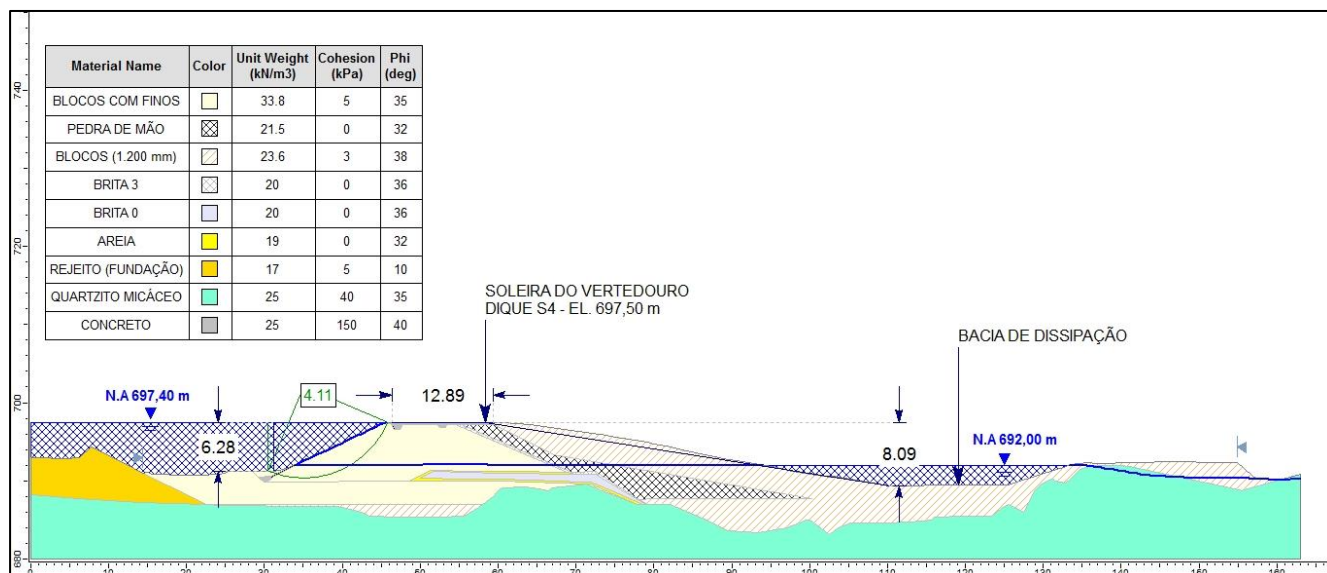


Figura AV.6 – Análise de Estabilidade – condição inicial de operação – parâmetros máximos – talude de montante – FS=4,11.

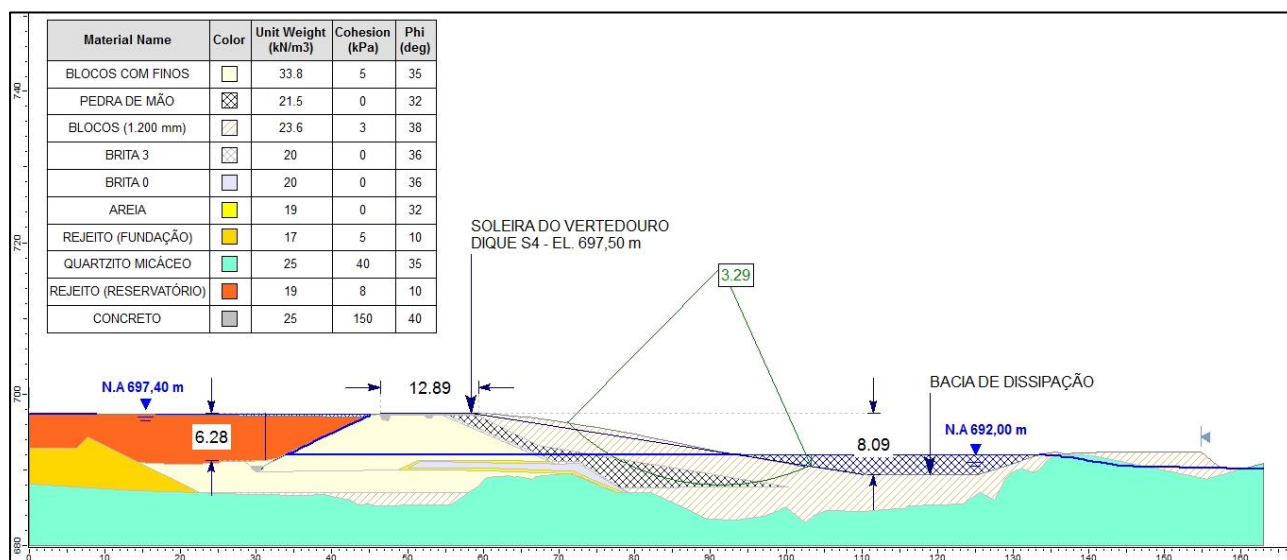


Figura AV.7 – Análise de Estabilidade – condição final de operação – parâmetros máximos – talude de jusante – FS=3,29.

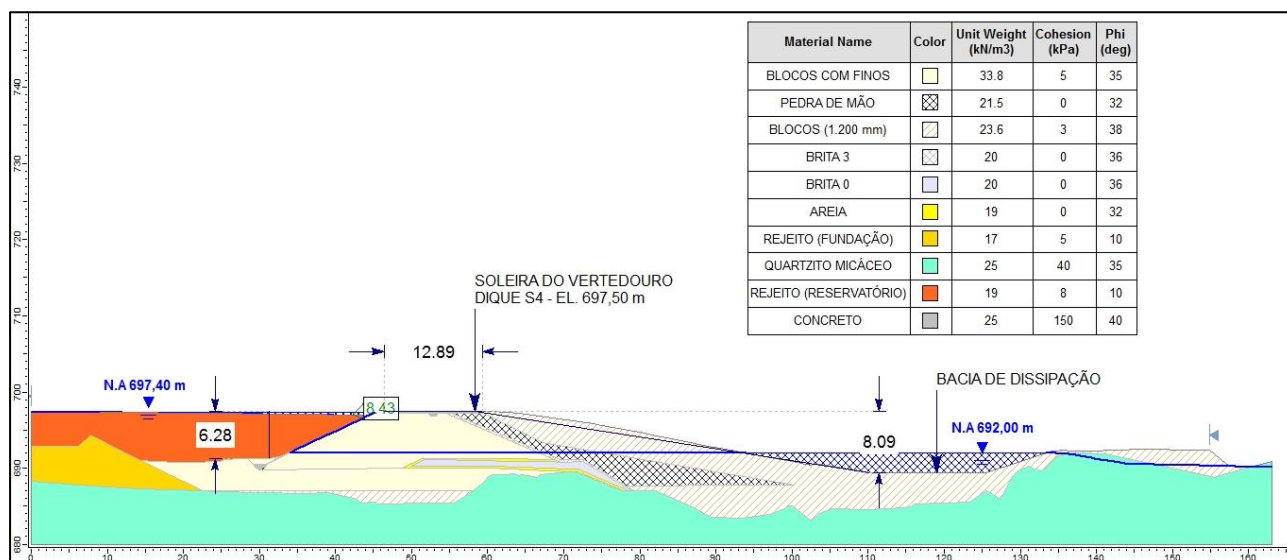




Figura AV.8 – Análise de Estabilidade – condição final de operação – parâmetros máximos – talude de montante – FS=8,43.

		E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 147
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

APÊNDICE VI – DESENHOS

Os desenhos desenvolvidos para o “AS BUILT” ou “COMO CONSTRUÍDO” do Dique S4 são apresentados na Tabela AVI.1.

Tabela AVI.1 – Lista de desenhos desenvolvidos para o “AS BUILT” do Dique S4.

Nº SAMARCO	nº WALM	Título
G002380-K-100052	WBH 76-16-SAMC-DWG-0065	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 BASE TOPOGRÁFICA - PLANTA AS BUILT
G002348-C-100001	WBH 76-16-SAMC-DWG-0066	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - CANAL, ENSECADEIRA DE MONTANTE E JUSANTE PLANTA - AS BUILT
G002348-C-100002	WBH 76-16-SAMC-DWG-0067	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO CANAL DE DESVIO - FOLHA 01/03 - AS BUILT
G002348-C-100003	WBH 76-16-SAMC-DWG-0068	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO CANAL DE DESVIO - FOLHA 02/03 - AS BUILT
G002348-C-100004	WBH 76-16-SAMC-DWG-0069	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO CANAL DE DESVIO - FOLHA 03/03 - AS BUILT
G002348-C-100005	WBH 76-16-SAMC-DWG-0070	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO ENSECADEIRA DE MONTANTE - FOLHA 01/02 - AS BUILT
G002348-C-100006	WBH 76-16-SAMC-DWG-0071	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO ENSECADEIRA DE MONTANTE - FOLHA 02/02 - AS BUILT
G002348-C-100007	WBH 76-16-SAMC-DWG-0072	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 SISTEMA DE DESVIO - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO ENSECADEIRA DE JUSANTE - AS BUILT
G002348-C-100008	WBH 76-16-SAMC-DWG-0073	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DE FUNDAÇÃO - PLANTA AS BUILT

		E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 148
---	--	---	---	-----------	------------------

Nº SAMARCO	nº WALM	Título
G002348-C-100009	WBH 76-16-SAMC-DWG-0074	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DE FUNDAÇÃO SEÇÕES - FOLHA 01/04 - AS BUILT
G002348-C-100010	WBH 76-16-SAMC-DWG-0075	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DE FUNDAÇÃO SEÇÕES - FOLHA 02/04 - AS BUILT
G002348-C-100011	WBH 76-16-SAMC-DWG-0076	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DE FUNDAÇÃO SEÇÕES - FOLHA 03/04 - AS BUILT
G002348-C-100012	WBH 76-16-SAMC-DWG-0077	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DE FUNDAÇÃO SEÇÕES - FOLHA 04/04 - AS BUILT
G002348-C-100013	WBH 76-16-SAMC-DWG-0078	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO - PLANTA E SEÇÕES TÍPICAS AS BUILT
G002348-C-100014	WBH 76-16-SAMC-DWG-0079	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 ATERRO DE REGULARIZAÇÃO EM BLOCO COM FINOS - EL. 690,00 m PLANTA E SEÇÕES TÍPICAS - AS BUILT
G002348-C-100015	WBH 76-16-SAMC-DWG-0080	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DRENAGEM INTERNA - PLANTA E SEÇÕES TÍPICAS AS BUILT
G002348-C-100016	WBH 76-16-SAMC-DWG-0081	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM - PLANTA AS BUILT
G002348-C-100017	WBH 76-16-SAMC-DWG-0082	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 1/4 AS BUILT
G002348-C-100018	WBH 76-16-SAMC-DWG-0083	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 2/4 AS BUILT
G002348-C-100019	WBH 76-16-SAMC-DWG-0084	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 3/4

		E	nº SAMARCO G002300-G-1RT012	rev. 2	página nº 149
---	--	---	------------------------------------	-----------	------------------

Nº SAMARCO	nº WALM	Título
G002348-C-100020	WBH 76-16-SAMC-DWG-0085	AS BUILT GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - TERRAPLENAGEM - SEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 4/4 AS BUILT
G002348-C-100021	WBH 76-16-SAMC-DWG-0086	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DETALHES - FOLHA 1/2 AS BUILT
G002348-C-100022	WBH 76-16-SAMC-DWG-0087	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DIQUE S4 - DETALHES - FOLHA 2/2 AS BUILT
G002348-C-100023	WBH 76-16-SAMC-DWG-0088	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DRENAGEM SUPERFICIAL - PLANTA AS BUILT
G002348-C-100025	WBH 76-16-SAMC-DWG-0090	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 DRENAGEM SUPERFICIAL - DETALHES AS BUILT
G002374-O-100013	WBH 76-16-SAMC-DWG-0091	GERMANO - GERAL VALE DO SANTARÉM CONSTRUÇÃO DO DIQUE S4 INSTRUMENTAÇÃO - PLANTA E SEÇÕES AS BUILT