


	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 2/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	9
2.0	IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR	9
2.1	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA BARRAGEM.....	9
3.0	IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA RESPONSÁVEL PELO RELATÓRIO	12
4.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	12
4.1	DADOS GERAIS.....	12
4.2	FUNDAÇÃO.....	14
4.3	MACIÇO	14
4.4	SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA.....	15
4.5	SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL E EXTRAVASOR.....	17
5.0	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM ESTÉRIL SUL	21
6.0	CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM ESTÉRIL SUL	23
7.0	INSPEÇÃO DE CAMPO	24
7.1	ROTEIRO DE INSPEÇÃO	24
7.2	OBSERVAÇÕES DA INSPEÇÃO	25
7.3	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA ESTRUTURA QUANDO DA INSPEÇÃO	29
8.0	AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA.....	30
8.1	AVALIAÇÃO DAS FICHAS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE ROTINA 30	
8.2	AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO – INSTRUMENTOS DE AUSCULTAÇÃO.....	33
8.3	AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HIDRÁULICA	38
8.4	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA	59
8.5	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM	59
9.0	RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR.....	76
10.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	79
11.0	REFERÊNCIAS	82
12.0	ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELO RISR.....	84
	APÊNDICE B – FICHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO.....	86
	APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS INSPEÇÕES DE CAMPO	88

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>3/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

APÊNDICE D – GRÁFICO DE ANÁLISE DAS LEITURAS DOS INSTRUMENTOS DE MONITORAMENTO	101
APÊNDICE E – CIENTE DO EMPREENDEDOR OU DO REPRESENTANTE LEGAL	102
APÊNDICE F – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	103
APÊNDICE G – PLANILHA DE RECOMENDAÇÕES – MARÇO 2024	117
APÊNDICE H – DECLARAÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE (DCE) – MARÇO 2024	117
ANEXO A – TERMO DE CIÊNCIA DO EMPREENDEDOR.....	117

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 4/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Identificação do Empreendimento.	9
Tabela 2.2 – Informações sobre a Estrutura Organizacional.	10
Tabela 3.1 – Equipe GEOESTÁVEL responsável pelo relatório.	12
Tabela 4.1 - Dimensões do canal de aproximação.	20
Tabela 4.2 – Dimensões do emboque.	20
Tabela 4.3 – Dimensões do rápido.	20
Tabela 4.4 – Dimensões do desemboque.	20
Tabela 5.1 – Resumo das principais características da estrutura.	21
Tabela 5.2 – Informações sobre Instrumentação – Barragem Estéril Sul.	22
Tabela 5.3 – Informações sobre Estudos Geotécnicos – Barragem Estéril Sul.	22
Tabela 5.4 – Informações sobre Hidrologia-Hidráulica – Barragem Estéril Sul – Relatório Técnico Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2024).	22
Tabela 5.5 – Informações sobre Inspeções Periódicas – Barragem Estéril Sul	23
Tabela 6.1 – Classificação da Barragem Estéril Sul conforme SIGBM (ANM, 15/02/2024)..	24
Tabela 7.1 – Estado de Conservação da Barragem Estéril Sul conforme Resolução N°95/2022.	29
Tabela 7.2 – Sistema de Atuação Programada (SAP) – Barragem Estéril Sul	29
Tabela 8.1 – Estado de Conservação atribuído nas fichas de inspeções regulares.	30
Tabela 8.2 – Dados cadastrais dos piezômetros da Barragem Estéril Sul extraídos de GEOESTÁVEL (RL-1825KN-X-00191, 2024).	34
Tabela 8.3 – Níveis de controle e leituras máximas da instrumentação da Barragem Estéril Sul (VALE, 2023³).	35
Tabela 8.4 – Leituras máximas, mínimas e moda da instrumentação de controle da Barragem Estéril Sul de janeiro de 2020 a dezembro de 2023.	36
Tabela 8.5 – Dimensões das estruturas verificadas do sistema de drenagem superficial.	39
Tabela 8.6 – Síntese do cálculo das vazões de verificação do sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul.	40
Tabela 8.7 – Síntese da verificação hidráulica da drenagem superficial da Barragem Estéril Sul – trecho liso – Manning.	40
Tabela 8.8 – Síntese da verificação hidráulica da drenagem superficial da Barragem Estéril Sul – trecho em degraus – Skimming Flow.	41
Tabela 8.9 – Ponderação do Número de Curva (<i>Curve Number</i> – CN) da bacia de contribuição da Barragem Estéril Sul.	43
Tabela 8.10 – Parâmetros físicos da bacia de contribuição da bacia da Barragem Estéril Sul.	44





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 5/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Tabela 8.11 – Síntese do Trânsito de Cheias no Reservatório da Barragem Estéril Sul (“As Is”, 2024).	50
Tabela 8.12 - Síntese de verificação hidráulica do trecho de aproximação/emboque.	53
Tabela 8.13 - Síntese de verificação hidráulica do trecho rápido.	54
Tabela 8.14 - Síntese de verificação hidráulica do desemboque.	57
Tabela 8.15 – Parâmetros de resistência e permeabilidade para as análises da (GEOESTÁVEL, 2023)	60
Tabela 8.16 - Resumo dos resultados análises de estabilidade em condição normal de operação e solicitação sísmica.	75
Tabela 8.17 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade quinzenais.	76
Tabela 9.1 – Recomendações da auditoria anterior (GEOESTÁVEL, 2023).	77
Tabela 12.1 – Assinatura do Responsável Técnico pelo RISR.	84

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>6/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 – Localização da Barragem Estéril Sul (GEOESTÁVEL, 2023).....	13
Figura 4.2 – Imagem Aérea da Barragem Estéril Sul (VALE, 2023).	13
Figura 4.3 – Perfil geológico-geotécnico da Barragem Estéril Sul (1825KN-W-00055 – Geoestável, 2023).	14
Figura 4.4 – Localização do poço a jusante (Visita do EoR em 24/08/2023).....	16
Figura 4.5 – Poço localizado a jusante (Visita do EoR em 24/08/2023)	17
Figura 4.6 – Diagrama do sistema de drenagem superficial e extravasor da Barragem Estéril Sul.	18
Figura 4.7 - Sistema extravasor da Barragem Estéril Sul – Vista em perfil.	19
Figura 4.8 - Sistema extravasor da Barragem Estéril Sul – Vista em planta.....	19
Figura 8.1 – Localização dos instrumentos instalados na Barragem Estéril Sul (VDV, 2024).	34
Figura 8.2 – Local e detalhe de implantação de tubo que deságua na caixa de passagem do sistema de drenagem superficial e interna (“As Is”, GEOESTÁVEL, 2023).....	42
Figura 8.3 – Local e detalhe de implantação de tubo que deságua na caixa de passagem do sistema de drenagem superficial e interna (GEOESTÁVEL, 2024).....	43
Figura 8.4 – Caracterização da bacia da Barragem Estéril Sul.	45
Figura 8.5 – Diagrama topológico do sistema hidrológico analisado.	46
Figura 8.6 – Curva cota-volume da Barragem Estéril Sul a partir da El. 482,00m (fundo). ..	47
Figura 8.7 – Curva cota-volume da Barragem Estéril Sul a partir da El. 497,55m (soleira)..	48
Figura 8.8 – Curva cota-descarga da Barragem Estéril Sul – soleira na Elevação El.497,55m.	49
Figura 8.9 - Resultados do trânsito de cheias no reservatório da Barragem Estéril Sul (500 anos com duração crítica de 24 horas).	51
Figura 8.10 – Resultados do trânsito de cheias no reservatório da Barragem Estéril Sul (1.000 anos com duração crítica de 24 horas).	51
Figura 8.11 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Canal de aproximação/Emboque (Vazão de 41,49 m³/s).	53
Figura 8.12 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Trecho rápido (Vazão de 41,49 m³/s).	54
Figura 8.13 – Detalhe do desemboque do sistema extravasor e ocorrência de “fosso de erosão” (GEOESTÁVEL, 2022).	56
Figura 8.14 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Desemboque (Vazão de 41,49 m³/s).	57
Figura 8.15 – Desemboque do sistema extravasor (GEOESTÁVEL, 2024).	58



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 7/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Figura 8.16 – Sistema extravasor (GEOESTÁVEL, 2024).....	59
Figura 8.17 – Localização das seções em planta – Barragem Estéril Sul (1825KN-X-00387_RevA – Geoestável, 2023).....	62
Figura 8.18 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Montante. Condição Normal. – FS = 3,84.	62
Figura 8.19 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,41.....	63
Figura 8.20 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,44.	63
Figura 8.21 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,71.	63
Figura 8.22 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,39.....	64
Figura 8.23 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,41.	64
Figura 8.24 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Montante. Condição Normal. – FS = 3,03.	65
Figura 8.25 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,35.....	65
Figura 8.26 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,36.	66
Figura 8.27 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,60.	66
Figura 8.28 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,18.....	67
Figura 8.29 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,25.	67
Figura 8.30 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Montante. Condição Normal. – FS = 3,15.	68
Figura 8.31 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,33.....	69
Figura 8.32 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,38.	70
Figura 8.33 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,54.	71
Figura 8.34 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,27.....	72





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 8/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Figura 8.35 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD'. Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,28. 73

Figura 8.36 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Condição Extrema. – FS = 1,60. 74

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJÁS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 9/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

A Geoestável Consultoria e Projetos Ltda. (GEOESTÁVEL) apresenta neste documento, conforme escopo do contrato N°5500094507/5900098681, o Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) da Barragem Estéril Sul referente ao 1º Semestre de 2024 em atendimento as Resoluções ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022 e ANM nº 130, de 24 de fevereiro de 2023.

A estrutura deste documento segue as diretrizes constantes do Anexo II, da Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022.

2.0 IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

O representante legal do empreendedor VALE S/A CNPJ: 33.592.510/0001-54, responsável pelas barragens do Complexo Carajás, é EDUARDO DE SALLES BARTOLOMEO CPF: 845.567.307-91.

Na Tabela 2.1 são apresentadas informações sobre o empreendimento assim como seu representante legal.

Tabela 2.1 – Identificação do Empreendimento.

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Nome da Estrutura	Barragem Estéril Sul
Empreendedor	VALE
CNPJ	33.592.510/0001-54
Endereço – Sede Administrativa	Rodovia Raimundo Mascarenhas, S/N - Mina Serra Norte - Serra dos Carajás CEP: 68515-000
Telefone – Sede Administrativa	(94) 3327-5199
Diretoria	Corredor Norte
Complexo	Carajás
Mina	Serra Norte
Município	Parauapebas
Estado	Pará
Tipo de Minério	Ferro
Representante Legal	Eduardo de Salles Bartolomeo
CPF	845.567.307-91

2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA BARRAGEM

As informações sobre a estrutura organizacional associada à segurança da barragem estão indicadas na Tabela 2.2.

O Plano de Segurança de Barragem (PSB) e Manual de Operação (MO) devem ser atualizados sempre que sua estrutura organizacional sofrer alterações.







		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 10/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Tabela 2.2 – Informações sobre a Estrutura Organizacional.

DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEIS OU EQUIPE	E-MAIL DE CONTATO / TEAMS
Inspeções de rotina	Técnico – Jardson Pereira Técnica – Solange Rocha	jardson.pereira@vale.com solange.rocha@vale.com
Monitoramento	Técnico – Jardson Pereira Técnica – Solange Rocha	jardson.pereira@vale.com solange.rocha@vale.com
Inspeções de Segurança Regular	EoR (Geoestável) – Saulo Vilela e Roberto Facchinetti	saulo.vilela@geoestavel.com.br roberto.facchinetti@geoestavel.com.br
Operação de disposição de rejeito	Gerente de Operação e Manutenção Serra Norte (SN): Lucas Silva Gomes	lucas.gomes@vale.com
Operação de captação de água		
Manutenção da estrutura	Gerente de Serviços Industriais, Saneamento e Manutenção de Barragem: Elson Sousa Gerente de Implantação e Manutenção do Corredor Norte: Jairo Rodrigues Gerente de Facilities: Rodolfo Lenza	elson.sousa@vale.com jairo.rodrigues@vale.com rodolfo.lenza@vale.com
Obras de melhoria	Coordenador de engenharia: Antonio Aquino	antonio.aquino@vale.com
Manutenção de instrumento manual	Coordenador Geotecnia: Angelo Oliveira	angelo.oliveira@vale.com
Manutenção de instrumento automatizado		
Manutenção de sistemas e telemetria	Coordenador de TELECOM: Paula Andrea Matos Serafico De Assis Carvalho	paula.serafico@vale.com
Responsável técnico pela inspeção e monitoramento	Gerente de geotecnia: Ezequiel Freitas	ezequiel.freitas@vale.com
Responsável técnico pela operação	Gerente de Operação e Manutenção SN: Lucas Gomes	lucas.gomes@vale.com
Responsável técnico pela gestão	Diretor de Geotecnia e Hidrogeologia Corredor Norte: Deni Otavio Souza	deni.otavio.souza@vale.com
Responsável técnico pela manutenção	Ger Serv Ind San Man Barr Nort Ger Infra Operac Corr Norte Escr. Bloco V T. Leve-N4-N5: Jairo Rodrigues / Elson Sousa	elson.sousa@vale.com / jairo.rodrigues@vale.com Delegação de Elson Sousa para renan.coelho@vale.com Delegação de Jairo Rodrigues para debora.andrade@vale.com
Equipe de geotecnia operacional de inspeção e monitoramento	Eng. Geotécnica: Deyse Dias Eng. Geotécnica: Renata Damas Eng. Geotécnica: Patrícia Silva	deyse.dias@vale.com renata.damas@vale.com patricia.silva3@vale.com

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 11/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEIS OU EQUIPE	E-MAIL DE CONTATO / TEAMS
	Eng. Geotécnico: Pedro Valente Técnico – Jardson Pereira Técnica – Solange Rocha	pedro.valente@vale.com jardson.pereira@vale.com solange.rocha@vale.com
Gerente Técnico Gestão de Estruturas de Rejeitos	RTFE: Pedro Louzada	pedro.louzada@vale.com
Coordenador PAEBM	Ger. PAEBM SN, SL e Mn: Rodrigo Terra	rodrigo.terra@vale.com
Suplente PAEBM	Eudes Barros	eudes.barros@vale.com
Representante Legal - Empreendedor	Diretor de Oper. SN, SL MN: João Falcão	joao.falcao@vale.com
Dono do risco do empreendimento	Diretor de Geotecnia e Hidrogeologia Corredor Norte: Deni Otavio Souza	deni.otavio.souza@vale.com
Representante de maior autoridade na empresa	Diretor Presidente: Eduardo Bartolomeo	eduardo.bartolomeo@vale.com
Centro de Monitoramento Geotécnico Norte (CMG Norte)	Coordenador: Caleb Sangi Eng. Geotécnica: Aline Silva Eng. Geotécnico: Jose Aguiar Analista: Wley Ferreira Analista: Kleison Tavares Analista: Douglas Carvalho Lima Técnico especializado: Alan Cassio Técnico especializado: Paulo Gomes Técnico especializado: Cassio Ribeiro Técnico especializado: Carlos Veras Técnico especializado - Carlos Veras	caleb.sangi@vale.com aline.silva6@vale.com jose.aguiar@vale.com wley.ferreira@vale.com kleison.tavares@vale.com douglas.lima@vale.com alan.rodrigues10@vale.com paulo.junior6@vale.com cassio.ribeiro@vale.com carlos.silva01@vale.com
CECOM (Centro de Emergência)	Coord. Serviços Emergência Sup Gestão Riscos e Prevenção Centro Controle Op. Cks N4-N5: Lourdes Rodrigues	lourdes.rodrigues@vale.com
Meio Ambiente Operacional (Controles ambientais)	Coord. Meio Ambiente Operacional: Leno Brabo Engenheira: Carolina Lobato Analista ambiental: João Queiroz Engenheiro: Andre Aguiar Analista ambiental: Bruna Lima Analista ambiental: Ana Paula Lima Geólogo: Rafael Guimarães de Paula	leno.brabo@vale.com carolina.lobato@vale.com joao.queiroz@vale.com andre.aguiar@vale.com bruna.lima@vale.com ana.paula.lima@vale.com rafael.guimaraes@vale.com

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 12/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

3.0 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA RESPONSÁVEL PELO RELATÓRIO

A identificação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente relatório de Inspeção de Segurança Regular (ISR) da Barragem Estéril Sul está indicada na Tabela 3.1.



Tabela 3.1 – Equipe GEOESTÁVEL responsável pelo relatório.

Nome	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail
César Santos	Diretor de Engenharia e Especialidades Engenheiro Geotécnico	Aspectos Geotécnicos Declaração de Condição de Estabilidade	CREA-MG 87.462/D	cesar.santos@geoestavel.com.br
Roberto Facchinetti	Engenheiro Geotécnico	Visita Técnica / Relatório de Inspeção de Segurança Regular Aspectos Geotécnicos Declaração de Condição de Estabilidade	CREA/BA 10.122/D	roberto.facchinetti@geoestavel.com.br
Anderson Silva	Diretor de Operações Engenheiro Hidrólogo	Aspectos Hidrológico-hidráulicos Declaração de Condição de Estabilidade	CREA-MG 89.261/D	anderson.silva@geoestavel.com.br

4.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

4.1 DADOS GERAIS

A Barragem Estéril Sul está situada na Mina Serra Norte, do Complexo Carajás, no município de Parauapebas-PA (Figura 4.1 e Figura 4.2). A construção da estrutura, situada no igarapé do Jacaré, foi iniciada em 1982 e concluída em 1986 com a finalidade de contenção de finos/sedimentos e regularização de vazões para captação de água.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>13/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

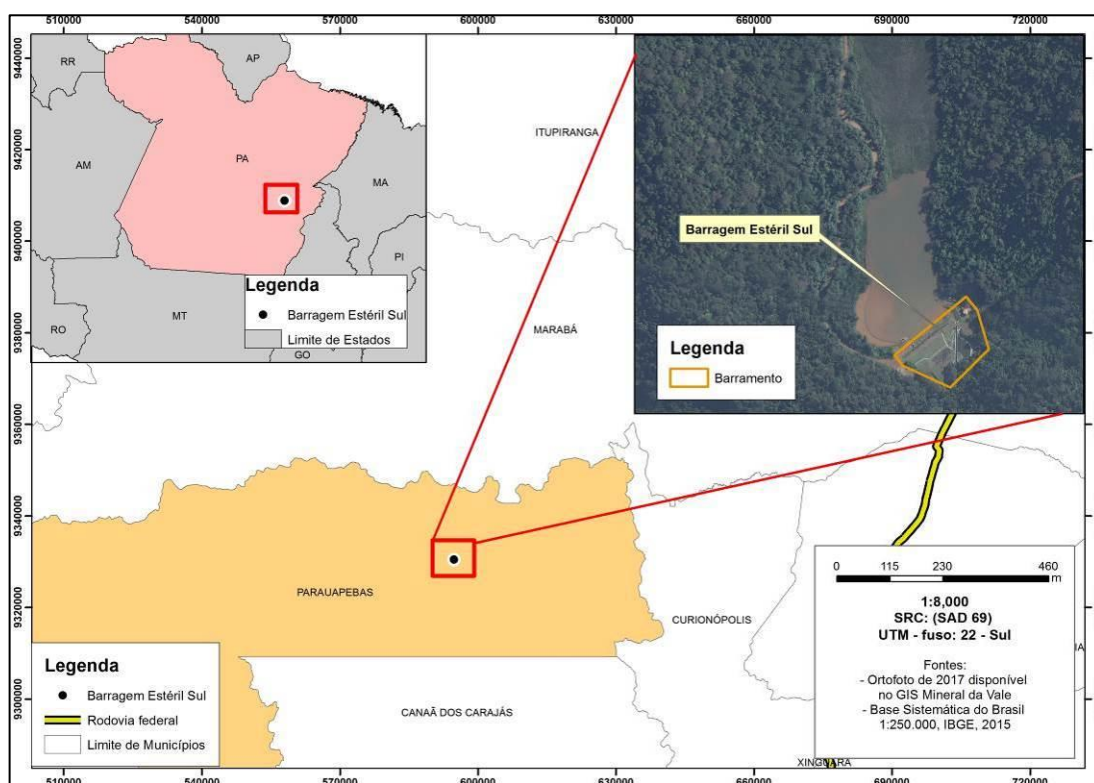




Figura 4.1 – Localização da Barragem Estéril Sul (GEOESTÁVEL, 2023).



Figura 4.2 – Imagem Aérea da Barragem Estéril Sul (VALE, 2023).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 14/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

4.2 FUNDAÇÃO

Segundo o documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV_0, de 14/03/2024, relatório “As Is”, na ombreira direita, a barragem encontra-se assentada sobre solos de alteração de metamáfica (solo residual e saprolito). Por sua vez, na região central e ombreira esquerda, o barramento encontra-se disposto sobre canga química, maciço rochoso de jaspilito (semi compacto e compacto), solo residual de metamáfica e saprólito de metamáfica. A Figura 4.3 apresenta o perfil geológico-geotécnico da Barragem Estéril Sul.

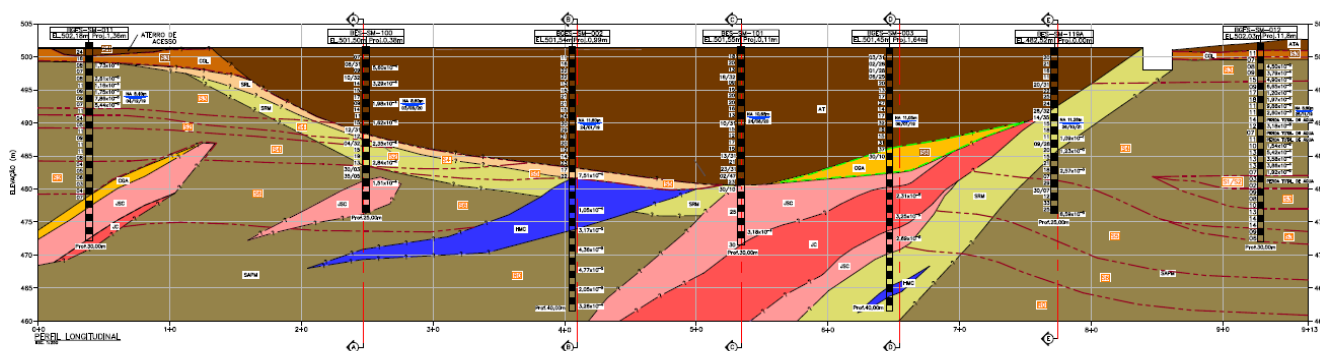


Figura 4.3 – Perfil geológico-geotécnico da Barragem Estéril Sul (1825KN-W-00055 – Geoestável, 2023).


Historicamente, a região entre o barramento e o extravasor (ombreira esquerda) tem sido acometida por diversas surgências. No estudo “As Is”, foram identificadas como potenciais condicionantes geológico-geotécnicas para essas fortes percolações na ombreira esquerda: (i) passagens ferruginosas, arenosas e com fragmentos de canga no saprolito e solo residual de metamáfica; (ii) contato geológico entre o jaspilito e o pacote terroso de metamáfica; (iii) o “cut-off” não interceptou completamente o horizonte de canga na ombreira esquerda conforme documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is” (GEOESTÁVEL, 2024).

4.3 MACIÇO

Segundo documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is” a Barragem Estéril Sul foi implantada em etapa única e possui maciço homogêneo, embora haja variação em suas características granulométricas.

Conforme citado no documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”, segundo informações do “como construído”, a ensecadeira foi incorporada ao maciço (ISMAR FERRARI, 2004¹). Além disso, no paramento de montante nota-se em campo uma bancada de geometria irregular, aparentemente formado por material lançado, possivelmente com o objetivo de aumentar o caminho de percolação.

A crista tem comprimento de 141,50m, largura de 8m e elevação variável, sendo que a cota mínima cadastrada foi a El.501,10 (elevação atual da crista). Na base do maciço, há um cut-

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>15/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

off com largura de 6,0m conforme documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”.

A estrutura possui berma ao longo do talude de jusante na elevação El.489,5m de largura de 3,5m. Abaixo desta berma, ocorre a região de lançamento de “bota fora”, protegida superficialmente por areia, brita e enrocamento conforme documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”

Conforme citado no documento de nº RL-RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is” na ombreira direita, há um platô de aproximadamente 25m de largura na elevação El.493m. Segundo informações do “como construído” (ISMAR FERRARI, 2004²), esta região compreende o antigo canal de desvio, assim, entende-se que este platô possivelmente foi implantado para aumentar o caminho de percolação a jusante.

O talude de jusante possui inclinação entre bermas de 1,0V:2,0H, com exceção do talude abaixo da berma El.489,5m (“bota fora”), que tem inclinação de 1,0V:3,5H. A inclinação do talude de montante da barragem é de 1,0V:2,5H e o da enseadeira, de 1,0V:3,0H (ISMAR FERRARI, 2004¹). A inclinação do aterro de montante foi estimada em 1,0V:3,0H conforme nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”.



A barragem possui, como elementos de proteção superficial: rip-rap no talude de montante, grama na berma e talude de jusante e cascalho na crista e acessos conforme documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”.

4.4 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

De acordo com documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”, a Barragem Estéril Sul possui sistema de drenagem interna na região central do maciço e nas ombreiras. A saída do sistema ocorre na região central do talude protegido pelo dreno de pé.

O sistema de drenagem interna da barragem é composto por dois dispositivos interligados (filtro vertical e tapete drenante). O filtro tem topo por volta da elevação El. 497m e espessura média de 1m de areia. O filtro vertical tem continuidade para jusante através de um tapete horizontal de areia, apoiado na fundação, com espessura de 1,2m conforme nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”.

Conforme citado no documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, relatório “As Is”, segundo o relatório RD-106-RL-3429-02 (Pimenta de Ávila, 2002), referente à auditoria de 2002, “*nos pontos baixos da topografia, onde se dá a concentração de fluxo para o exterior do maciço, o tapete incorpora zonas de material de granulometria mais grossa, formando um dreno tipo sanduíche. Isto ocorre na base do canal de desvio e no fundo do vale, conforme detalhes mostrados no projeto*”. Observa-se que o furo de sondagem BGES-SR-010 foi o único que identificou brita no sistema de drenagem interna, portanto, admitiu-se essa descrição como verdadeira. A respeito desse tipo de investigação, vale destacar as dificuldades executivas existentes na avaliação desse material em

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 16/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

sondagens mistas, tendo em vista as espessuras reduzidas das camadas e a própria técnica de execução destas.

Além disso, “no ponto mais baixo, que corresponde ao antigo leito do rio, foi implantado um conduto para saída da drenagem, envolto em pedrisco grosso e manta geotêxtil, que passa por sob a berma formada pelo bota fora, citado anteriormente” segundo o relatório RD-106-RL-3429-02 (PIMENTA DE ÁVILA, 2002). Essa saída do sistema de drenagem interna a partir de um conduto de um dreno de fundo, do tipo charuto, também foi apresentada pela empresa ISMAR FERRARI (182K-17-6014, 2004).

Ainda conforme o mesmo documento, “Existe ainda um poço utilizado para o controle das infiltrações no período construtivo, junto ao pé do talude. As águas que chegam ao seu interior, são conduzidas para jusante por uma tubulação” (RD-106-RL-3429-02 – Pimenta de Ávila, 2002). Esta condição não é representada pelos desenhos de “como construído” da empresa ISMAR FERRARI, porém pode ser observada em campo e na **Figura 4.5**.



Figura 4.4 – Localização do poço a jusante (Visita do EoR em 24/08/2023)





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 17/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Figura 4.5 – Poço localizado a jusante (Visita do EoR em 24/08/2023)

4.5 SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL E EXTRAVASOR

Conforme o Relatório Técnico “As Is”, documento de nº RL-1825KN-X-00191_REV 0, de 14/03/2024, o sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul é composto de canaletas retangulares de concreto (CN-01 e CN-02), na berma intermediária e na ombreira esquerda, com largura de 0,30m e altura de 0,20m, conectadas por meio de caixas de passagem. As canaletas de drenagem CNL-01, CNL-02 e CNL-03 também são retangulares, com 0,30m de largura e 0,30m de altura. A canaleta CNL-04 possui seção trapezoidal com inclinação 0,6H:1V, com base menor de 0,70m e altura de 0,50m. Há também uma descida d’água (DAD-01) em seção retangular, de concreto, com um trecho liso inicial com 0,30m de largura e 0,25m de altura, um trecho liso final com 0,50m de largura e 0,60m de altura, seguidos por um trecho em degraus, cujas dimensões são de 0,50m de base, 0,15m de altura de degrau e 0,55m de altura de parede. Além disso, a barragem possui um canal periférico de seção retangular, denominado CP-01, com 0,25m de largura e 0,30m de altura de parede.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>18/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

Os documentos nº 1825KN-X-00402_Rev0 e 1825KN-X-00403_Rev0, referentes ao Projeto “As Is”, apresentam as estruturas de drenagem superficial em planta e detalhes, respectivamente, ambos atualizados a partir do último levantamento cadastral da barragem (“Lev Esteril Sul_Rev09”, Avalicon, 2021) e a partir das dimensões aferidas em campo pela Equipe da Geoestável no dia 26/04/2023, durante a Inspeção de Segurança Regular referente ao primeiro semestre de 2023.

A Figura 4.6 apresenta a planta do sistema de drenagem superficial, ilustrada no desenho citado.

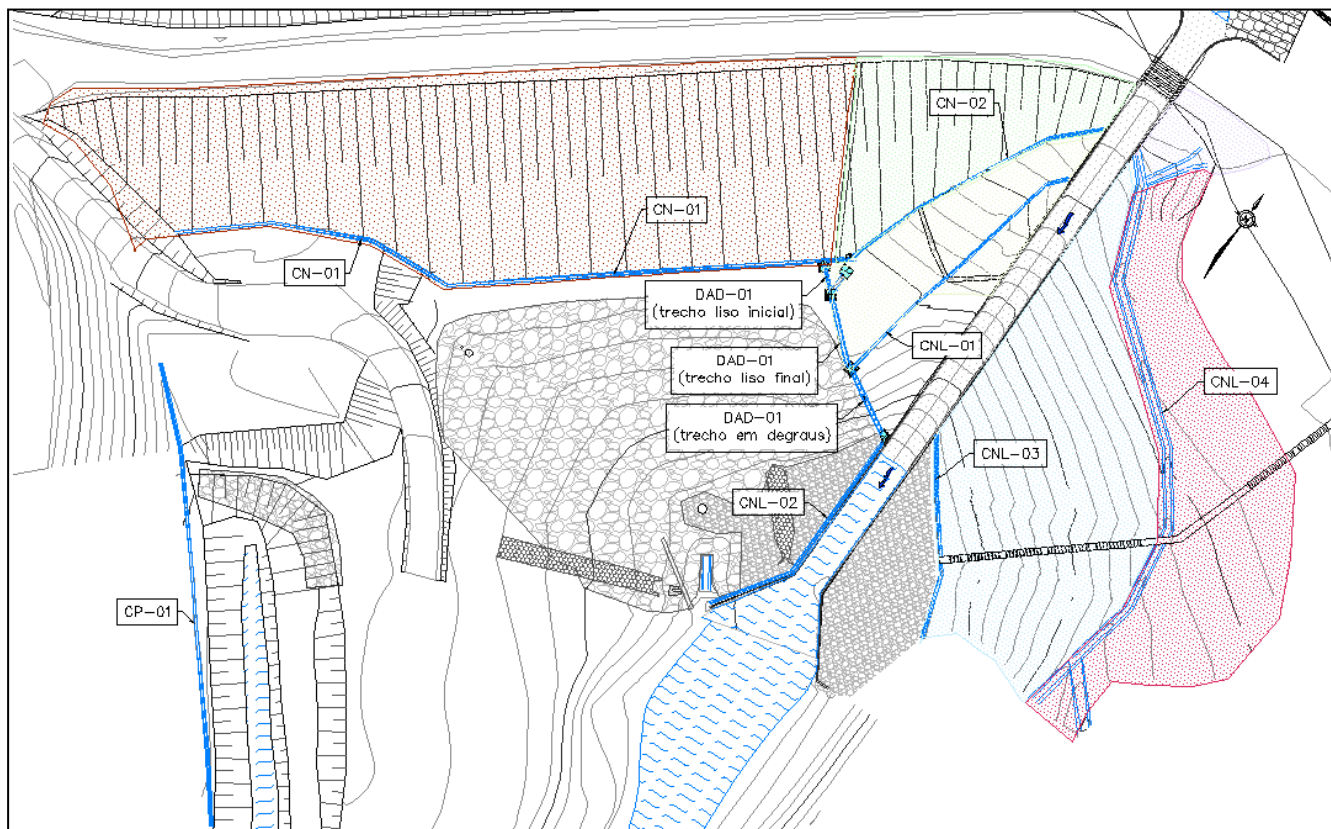




Figura 4.6 – Diagrama do sistema de drenagem superficial e extravasor da Barragem Estéril Sul.
Fonte: adaptado do desenho nº 1825KN-X-00402_Rev0 do Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023).

Já o sistema extravasor, assim como apresentado no Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023), possui 4 (quatro) trechos, sendo eles: canal de aproximação, emboque (elevação El. 497,55m), trecho rápido e desemboque. Segundo os desenhos técnicos apresentados no “As Is” da estrutura, documentos nº 1825KN-X-00400_Rev0 e 1825KN-X-00401_Rev0, o reservatório é munido de um sistema extravasor implantado na ombreira esquerda, do tipo soleira livre, constituído de um canal de aproximação na El. 497,30m; um emboque na El. 497,55 m, com abertura de aproximadamente 14 metros de largura e muros ala, se estreitando para uma seção retangular, com 4 metros de largura e paredes variando de 3,10 (região da ponte) a 4,30m; um trecho rápido com seção retangular com largura de 4 metros, declividade de aproximadamente 13,15% no primeiro trecho, com altura de parede 1,65m, e declividade de 41,73% no trecho final, altura de parede de 1,25m; desemboque também com 4 metros de largura, parede de 2,40m, na El. 480,00m. Todos os trechos citados são

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>19/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

constituídos de concreto, exceto o início do canal de aproximação, que é revestido em gabião colchão. Ao final da estrutura, há uma ala que encaminha o volume vertido para o curso de água a jusante.

A Figura 4.7 e a Figura 4.8 apresentam o perfil e a planta do sistema extravasor da Barragem Estéril Sul, respectivamente.

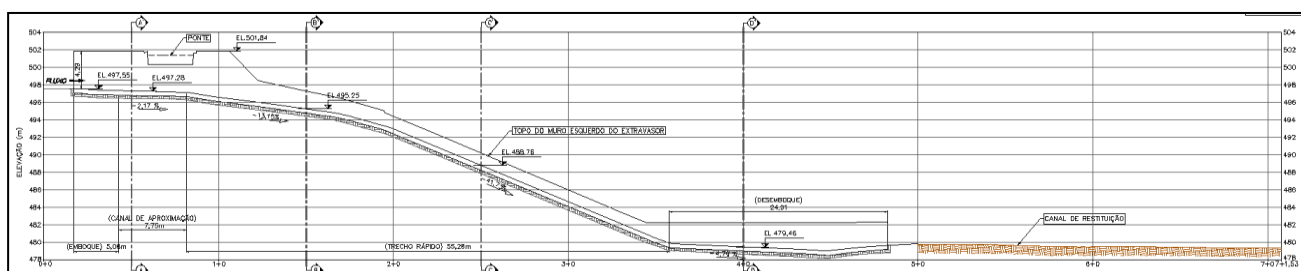


Figura 4.7 - Sistema extravasor da Barragem Estéril Sul – Vista em perfil.

Fonte: adaptado do desenho nº 1825KN-X-00400_Rev0 do Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023).

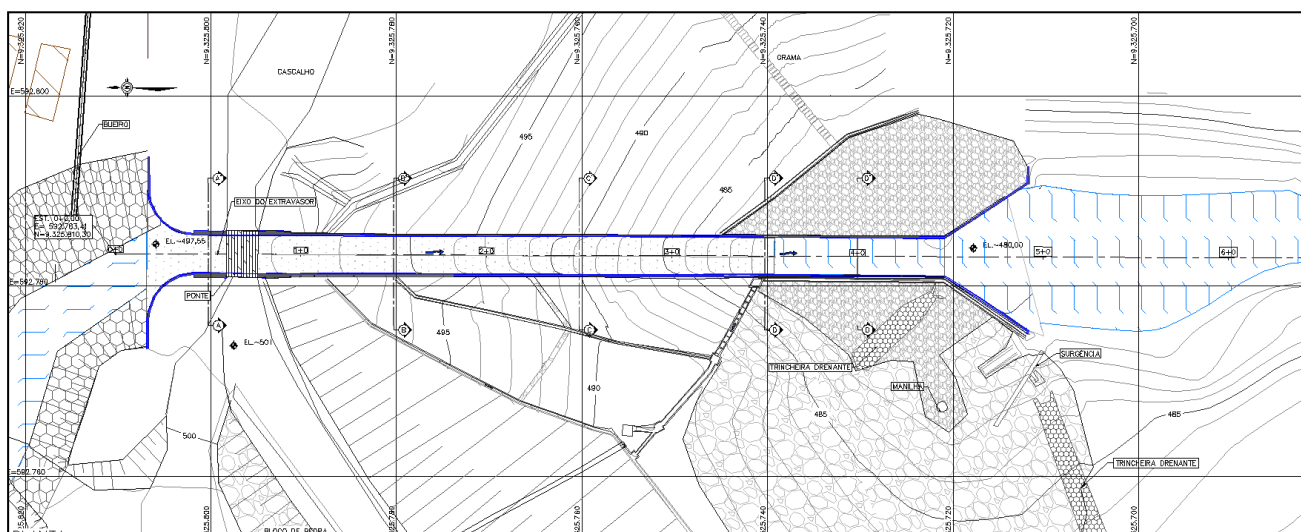




Figura 4.8 - Sistema extravasor da Barragem Estéril Sul – Vista em planta.

Fonte: adaptado do desenho nº 1825KN-X-00400_Rev0 do Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023).

Conforme pontuado na Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de Estéril Sul, elaborada pela STATUM em abril de 2023 (documento nº RL-1825KN-X-00095), o “As Built” do projeto de escavação do sistema extravasor (documento 182K-17-6012, revisão 1, elaborado por Ismar Ferrari, em 2005) “*apresenta uma escavação mais profunda na região do desemboque quando comparado ao perfil apresentado no “As Is” (documento 1830KN-X-84525, revisão 2, elaborado pela GEOESTÁVEL, de 2021), sendo que o perfil do “As Is” está em acordo com o levantamento cadastral (Lev Esteril Sul_Rev09, AVALICON)*”. O levantamento cadastral elaborado pela Avalicon foi adotado na elaboração do As Is, visto que apresenta a situação real da estrutura. A divergência do “As Is” quando comparado ao “As Built” do projeto de escavação é um indício de que o trecho possa estar assoreado na região do desemboque, conforme aprofundado no item 8.3.4. Deverá ser realizado um levantamento de campo para confirmar a condição.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 20/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

As informações referentes aos trechos de emboque, do rápido e de desemboque, assim como disposto no “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023), estão listadas nas tabelas a seguir (Tabela 4.1, Tabela 4.2, Tabela 4.3 e Tabela 4.4).

Tabela 4.1 - Dimensões do canal de aproximação.

Estrutura	Canal de aproximação
Revestimento	Gabião Colchão
Formato da seção transversal	Trapezoidal
Declividade Lateral	1,0V:1,0H
Largura base (m)	14,00
Tipo de emboque	Soleira Livre

Tabela 4.2 – Dimensões do emboque.

Estrutura	Emboque em Concreto¹
Revestimento	Concreto
Formato da seção transversal	Retangular
Altura	4,3 e 3,1 na ponte
Comprimento (m)	12,83
Largura (m)	4,0 (estreitamento)
Declividade longitudinal (%)	2,17



Nota: ¹ Não foi considerado o trecho em gabião colchão que antecede a estrutura do emboque em concreto.

Tabela 4.3 – Dimensões do rápido.

Estrutura	Rápido
Revestimento	Concreto
Formato da seção transversal	Retangular
Segmento	1
Altura	1,65
Comprimento (m)	18,5
Largura (m)	4,0
Declividade longitudinal (%)	13,15
Segmento	2
Altura	1,25
Comprimento (m)	36,8
Largura (m)	4,0
Declividade longitudinal (%)	41,73

Tabela 4.4 – Dimensões do desemboque.

Estrutura	Desemboque
Revestimento	Concreto
Formato da seção transversal	Retangular
Segmento	1
Altura	Variável de 2,4 a 3,25
Comprimento (m)	17,8
Largura (m)	4,0
Declividade longitudinal (%)	4,79



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 21/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

5.0 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM ESTÉRIL SUL

As características da Barragem Estéril Sul estão resumidas nas Tabela 5.1 à Tabela 5.5.

Tabela 5.1 – Resumo das principais características da estrutura.

DADOS GERAIS				
Nome da Estrutura:	Barragem Estéril Sul			
Coordenadas UTM: (DATUM SIRGAS2000)	Latitude:	9.325.730	Longitude:	592.671
Coordenadas Geográficas SIRGAS2000 (SIGBM):	Latitude:	6°05'58.000"S	Longitude:	50°09'45.000"W
Finalidade Principal:	Contenção de sedimentos			
Início de Operação:	01/01/1986		Final de Vida Útil:	2034
Vida Útil ⁽¹⁾ :	48 anos			
Tipo de Seção:	Homogênea			
Tipo de Fundação:	Na ombreira direita, a barragem encontra-se assentada sobre solos de alteração de metamáfica (solo residual e saprolito). Por sua vez, na região central e ombreira esquerda, o barramento encontra-se disposto sobre canga química e maciço rochoso de jaspilito (semi compacto e compacto).			
Curso de Água Barrado:	Igarapé do Jacaré			
Projetista:	Etapa 1 – Etapa Única - El. Inicial: 472.00m - El. Final: 497.00m – Milder Kaiser (DATUM SAD69/PDE04_REFERÊNCIA LOCAL)			
Método de Alçamento:	Não se aplica			
Número de Alçamentos Previstos:	0		Número de Alçamentos Realizados:	0
Volume de Projeto do Reservatório ⁽²⁾ (m³):	900.000			
Volume Atual do Reservatório ⁽³⁾ (m³):	2.336.228			
Capacidade volumétrica do cenário de máxima ocupação (m³) ⁽⁴⁾	1.816.031 ⁽⁵⁾			
Capacidade Total do Reservatório (m³):	2.682.666 ⁽⁶⁾			
Elevação de Projeto (m):	497,00 (DATUM SAD69/PDE04_REFERÊNCIA LOCAL)			
Elevação Atual da Crista (m):	501,10 (DATUM VERTICAL IMBITUBA)			
Comprimento da Crista (m):	141,50			
Comprimento da Crista de Projeto (m):	143,29			
Altura Máxima de Projeto (m): (Lei 12.334/2010)	24,24			
Altura Máxima de Projeto (m): (Lei 14.066/2020)	23,28			
Altura Máxima Atual (m) (Lei 14.066/2020)	21,43			
Drenagem Interna	O sistema de drenagem consiste em dois dispositivos interligados (filtro vertical e tapete drenante), ambos compostos por areia. Na região central (pé da barragem), há indícios de um tapete tipo sanduiche. No antigo leito do rio, possivelmente há um dreno de fundo (charuto), composto por pedregulhos, que concentra a saída da drenagem interna para um único ponto. Nesta saída, há um poço (manilha) junto ao pé do talude. As águas que chegam ao seu interior são conduzidas para jusante por uma tubulação (bueiro).			

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 22/117
			Nº GEOESTÁVEL	REV.
			GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	0

DADOS GERAIS	
Drenagem Superficial:	O sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul é composto por canaletas de concreto em seção retangular e trapezoidal, com dimensões variáveis, e uma descida de água em degraus, seção retangular, de concreto, cujas dimensões são de 0,50m de base, 0,15m de altura de degrau e 0,55m de altura de parede.

Notas: ⁽¹⁾ A vida útil é a data final de operação menos a data de construção;

⁽²⁾ Volume de projeto do reservatório é o “volume (m³) total do projeto executivo até a crista (emerso + imerso + água + vol. disponível para o trânsito de cheias”, conforme definido no Relatório de Critérios de Projeto (documento n° RL-1825KN-X-00131, de 2023). O volume de projeto apresentado encontra-se no Relatório de Estudos de Amortecimento de Cheias, correspondente ao Projeto Executivo da estrutura, emitido por MILDER KAISER em 1981 (documento n° RL-1827-23-1005).

⁽³⁾ Volume atual do reservatório é o “volume (m³) de rejeitos/sedimentos depositados (emerso e imerso) + volume de água até a soleira. Em caso de lagos rebaixados, o volume se limita ao volume de água atual (até a cota do rebaixamento) + rejeitos e/ou sedimentos depositados (emerso e imerso)”, conforme definido no Relatório de Critérios de Projeto (documento n° RL-1825KN-X-00131, de 2023).

⁽⁴⁾ Capacidade volumétrica do cenário de máxima ocupação é o volume (m³) de rejeitos/sedimentos depositados (emerso e imerso) + volume de água até a soleira, para o cenário geométrico definido como a ocupação máxima da estrutura, conforme descrito na Nota Técnica do Estudo Hidrossedimentológico da Barragem Estéril Sul (documento n° RL-1820KN-X-00040, de 2022, substituído pelo documento n° RL-1825KN-X-00188, de 2023).

⁽⁵⁾ O volume do cenário de máxima ocupação apresentado equivale à soma do volume disponível para disposição de sedimentos, de 1.472.146m³, com o volume de água disponível até a soleira, de 343.885m³ (documento n° RL-1820KN-X-00040, de 2022, substituído pelo documento n° RL-1825KN-X-00188, de 2023).

⁽⁶⁾ A Capacidade Total do Reservatório, na configuração atual da Barragem Estéril Sul (As Is), é de 2.682.666m³, sendo calculado a partir da soma dos volumes 2.336.228m³ (volume atual do reservatório) e 346.438m³ (volume utilizado no trânsito de cheias – TR 1.000 anos, considerando o NA máximo maximorum)

Tabela 5.2 – Informações sobre Instrumentação – Barragem Estéril Sul.



INSTRUMENTAÇÃO		
Tipo de Instrumento	Frequência de Leitura	Quantidade
Régua Graduada (Limnométrica)	Tempo Real (1) e manual (1)	02
Piezômetro	Tempo Real	27
Marco Superficial	Mensal	04
Medidor de Vazão	Tempo Real (5) e manual (1)	06
Prisma	Mensal	01

Tabela 5.3 – Informações sobre Estudos Geotécnicos – Barragem Estéril Sul.

ANÁLISE DE ESTABILIDADE			
Referência do Documento (numeração):	RL-1825KN-X-00191 (Relatório Técnico “As Is”)		
Elaborado por/em:	Geoestável – 14/03/2024		
Menor FS:??	Situação Normal:	1,54	Situação Crítica: 1,60

Tabela 5.4 – Informações sobre Hidrologia-Hidráulica – Barragem Estéril Sul – Relatório Técnico Projeto “As Is” (GEOESTÁVEL, 2024).

HIDROLOGIA/HIDRÁULICA	
Área da Bacia (km²):	7,775
Precipitação do Projeto (mm):	330
Cheia de Projeto:	1.000 anos
Vazão Máxima Afluente (m³/s):	56,76
Vazão Máxima Efluente (m³/s):	41,49
Descarga máxima do vertedouro (m³/s)	45,80

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 23/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

HIDROLOGIA/HIDRÁULICA	
NA Máximo Operacional (m):	497,55
NA Máximo Maximorum (m):	500,76
Borda Livre (NA máx. Normal) (m):	3,45
Borda Livre (NA máx. Max) (m):	0,34
ESTRUTURAS VERTENTES	
Sistema Extravasor (Soleira Livre)	O sistema extravasor da Barragem Estéril Sul é constituído de um canal de aproximação na El. 497,30 m, uma soleira vertente livre na El. 497,55, seguida de um canal rápido com trechos em declividade 13,15% e 41,73%, e um desemboque na El. 480,00, com 4m de largura e paredes com 2,40m. Ao final, há uma ala de restituição para o curso de água a jusante.

Tabela 5.5 – Informações sobre Inspeções Periódicas – Barragem Estéril Sul

INSPEÇÕES	
Periodicidade Máxima de Inspeção de Segurança Regular de Rotina:	Quinzenal
Data da última Inspeção de Segurança Regular de Rotina:	18/12/2023
Periodicidade Máxima de Inspeção de Segurança Regular:	Semestral
Data da Última Inspeção de Segurança Regular:	24/08/2023
Data da Última Inspeção Especial:	-
Periodicidade Máxima da Revisão Periódica de Segurança:	A cada 5 anos
Data da Última Revisão de Segurança:	25/04/2023 ⁽¹⁾
A Barragem de Mineração Possui Auditoria Externa	Sim



Notas: ⁽¹⁾ Data da última revisão periódica conforme informações existentes no SIGBM (<https://app.anm.gov.br/Sigbm/publico>). Acesso em 15/02/2024.

6.0 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM ESTÉRIL SUL

A Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.

A referida lei (12.334/2010) pondera, em seu Art. 7º, que: “As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)”.

Isto posto, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), institui a Portaria 70.389 de 17 de maio de 2017, a qual cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e


		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 24/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.

Esta portaria foi revogada com a publicação da Resolução N°95 da ANM em 07/02/2022. A referida resolução, pondera, em seu Art. 5º, que: “As barragens de mineração serão classificadas pela ANM em consonância com o art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010, quanto a Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado em alto, médio ou baixo, conforme o quadro constante no Anexo IV, e quanto à gestão operacional em AA, A, B, C e D, conforme o quadro constante no Anexo I.”

Isto posto, a classificação da Barragem Estéril Sul apresentada pelo agente fiscalizador, conforme informações coletadas no Sistema de Gestão de Barragens de Mineração, endereço eletrônico <<https://app.dnpm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>>, pode ser observada na **Tabela 6.1**.

Tabela 6.1 – Classificação da Barragem Estéril Sul conforme SIGBM (ANM, 15/02/2024).

ID Barragem	Barragem de Mineração	Empreendedor	Município	UF	Categoria de Risco - CRI	Dano Potencial Associado - DPA	Gestão Operacional	Inserido na PNSB?	Necessita de PAEBM?	Nível de Alerta e Emergência	Status DCE RISR	Status DCE RPSB	Status DCO Atual	Dados Cadastrais
8184	Estéril Sul	VALE S.A. - 33.592.510/0001-54	PARAUPEBAS	PA	Baixa	Medio	N/A	Sim	Sim	Sem emergência	2º Campanha 2023 - Atestado	Atestado	-	

A classificação exibida pela ANM com data e hora consultada se encontra apresentada no **APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO PELA ANM**.



7.0 INSPEÇÃO DE CAMPO

7.1 ROTEIRO DE INSPEÇÃO

A inspeção de campo, realizada no dia 10/01/2024, foi conduzida sob condições climáticas de céu com nuvens esparsas. Durante a inspeção os seguintes locais da estrutura foram inspecionados:

- Crista;
- Talude de Montante;
- Talude de Jusante;
- Ombreiras: Direita e Esquerda;
- Reservatório;
- Drenagem superficial;
- Sistema Extravasor;
- Saída da Drenagem interna;
- Instrumentação;
- Acessos.

Na inspeção estiveram presentes os seguintes profissionais, que assinam pela estrutura:

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 25/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

- Eng. Roberto Facchinetti – GEOESTÁVEL;
- Eng. Deyse Dias – VALE-GEOTECNIA OPERACIONAL.

7.2 OBSERVAÇÕES DA INSPEÇÃO

A seguir são apresentadas as principais constatações realizadas durante as inspeções. O relatório fotográfico está apresentado no APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS INSPEÇÕES DE CAMPO.

7.2.1 Operação da Barragem

A Barragem Estéril Sul tem a finalidade de contenção de finos/sedimentos e regularização de vazões para captação de água.

7.2.2 Crista

A crista da Barragem Estéril Sul permite o tráfego de veículos entre as ombreiras esquerda e direita e está revestida superficialmente com material granular para proteger de erosão e viabilizar o tráfego de veículos. Também estão instaladas defensas metálicas nos bordos dos taludes de jusante e montante como elemento de proteção e segurança ao tráfego (Figura C.1).

Não foram identificadas anomalias e/ou indícios de anomalias como degraus de abatimento, erosão ou afundamentos que pudessem indicar para um comportamento inadequado no ponto de vista da segurança física.



7.2.3 Talude de Montante

O talude de montante da Barragem Estéril Sul, ao longo de sua extensão, possui rip-rap de proteção para efeito de ondas e uma berma que serve para tráfego de veículos. A berma é coberta por material de forro e nos bordos da berma foi instalada defesa metálica. A berma foi implantada para afastar o lago e aumentar o caminho de percolação, servido como acesso (**Figura C.2**).

7.2.4 Talude de Jusante

O talude de jusante da Barragem Estéril Sul encontrava-se revestido superficialmente com grama e inclinação bem definida (**Figura C.3**). A berma acima do dreno de pé apresentava, visualmente, caimento transversal para montante, direcionando o escoamento para canaleta de baixo (**Figura C.4**).

Apesar de terem sido tratados os focos de praga do talude de jusante, este problema tem sido recorrente, de forma que o programa de combate as pragas (formigueiros, cupinzeiros e possíveis tocas) deve ser mantido ao longo de todo o ano, de forma a buscar controlar a proliferação. Destaca-se que a VALE já está atenta a este ponto e possui cronograma anual para desenvolvimento desta atividade de combate as pragas.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 26/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Na região da berma de topo do dreno de pé, local da canaleta, foram observadas surgências, principalmente na região mais para a ombreira esquerda. Segundo os técnicos da VALE, esta condição vem sendo tratada pontualmente pela implantação de trincheiras drenantes e filtro invertido em diversos pontos (**Figura C.5**), ademais, existem ações em andamento para tratar todo talude definitivamente (bem como para elevar o topo do filtro vertical pra elevação do N.A máx maximorum). Estas ações estão em fase de projeto pela JF Brasil, cuja previsão de implantação é até dezembro de 2025. Visualmente, os percolados indicavam aspecto límpido e incolor, condição ideal. Não foram observadas trincas, erosões, abatimentos e/ou afundamentos que pudessem indicar para um comportamento inseguro do ponto de vista da estabilidade na região.

7.2.5 Ombreiras Direita e Esquerda



A ombreira esquerda (**Figura C.6**), no encontro maciço/terreno natural, é uma região de geomorfologia inclinada e com presença de mata de alta densidade com árvores de médio a grande porte. Na região encontra-se o principal acesso a área da barragem, que se encontrava em condições regulares de tráfego e com alguns dispositivos de drenagem parcialmente assoreados e trechos com seção apenas escavados em solo, sujeitos a erosões.

Na região foi observado a implantação de um portão para controle de acesso de pessoas a estrutura, assim como a existência de uma ponte sobre o extravasor (**Figura C.7**). No local, de maneira geral, não foram identificados, visualmente, indícios de instabilidade que pudessem colocar em risco as áreas próximas e/ou a estrutura. Nesta região, ainda no maciço, foi possível identificar a presença de uma câmera de videomonitoramento (**Figura C.8**), apesar de não ser exigência legal. Foi notada também a presença de uma placa com as principais características da estrutura.

Na região da ombreira direita encontra-se implantado outro acesso que liga a barragem a região das pilhas Sul I, II, III e IV e da barragem Jacaré. Nesta região foi implantada uma sirene em decorrência do PAEBM elaborado, bem como afixado um portão para controle de acesso de pessoas a estrutura. Nesta região há também o acesso ao pé da barragem (**Figura C.9**) que se apresentava em boas condições operacionais e de manutenção. Esta ombreira possui geomorfologia mais suave e com presença de mata com árvores de médio a grande porte. Na região da ombreira direita, de maneira geral, não foram identificados, visualmente, indícios de instabilidade que pudessem colocar em risco as áreas próximas e/ou a estrutura.

7.2.6 Reservatório

O reservatório da Barragem Estéril Sul tem a finalidade de contenção de finos/sedimentos e regularização de vazões para captação de água. Quando da inspeção foi possível observar a existência de uma draga (**Figura C.10**) a qual deve seguir o plano de operação de forma a garantir o efetivo trânsito de cheias na estrutura, assim como o controle de turbidez do efluente que passa pelo extravasor. Observou-se ainda o ponto de captação de água na margem esquerda do reservatório.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 27/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Na ocasião da visita foi possível identificar, de forma expedita e em campo, que o nível d'água do lago segundo a régua limnimétrica implantada estava na El.497,56m (**Figura C.11**).

Quanto a região do entorno do reservatório, não foram observados indícios de anomalias que pudessem sinalizar para uma condição insegura da região.

7.2.7 Sistema Extravasor

O canal de aproximação do sistema extravasor é em gabião colchão e está localizado no encontro do maciço com a ombreira esquerda (**Figura C.12**). Este canal, de seção trapezoidal, conduz a água para o emboque em concreto armado de seção retangular (**Figura C.13**).

Após o emboque, o sistema extravasor conta com um trecho rápido de seção retangular revestido em concreto (**Figura C.14**), seguido de um desemboque também em concreto. Nos muros alas do desemboque do extravasor estão instalados barbacãs para drenar água do barramento e do terreno natural na região da ombreira esquerda (**Figura C.15**).

Ao que foi possível inspecionar, o sistema encontra-se em boas condições estruturais, visto não terem sido identificadas anomalias visuais, como danos estruturais nas partes do sistema extravasor, executadas em concreto. Destaca-se ainda a implantação de guarda-corpos nos bordos do sistema extravasor como item de segurança para possibilitar inspeções mais seguras. No dia da inspeção, a estrutura encontrava-se vertendo.

7.2.8 Sistema de Drenagem Superficial



Durante a inspeção de campo foi possível identificar a existência de um sistema de drenagem superficial composto por canaletas de berma e canais periféricos nas ombreiras em concreto. O sistema encontrava-se limpo e em boas condições estruturais visto não terem sido identificadas anomalias como danos estruturais (**Figura C.16**). Contudo, muitos elementos deste sistema, principalmente no pé da barragem, se encontravam conduzindo água das surgências tratadas (**Figura C.17**) como será descrito a seguir.

Algumas caixas de passagem possuem o fundo em nível inferior ao da soleira do canal extravasor da caixa, ocasionando represamento de água. O EoR tem solicitado ação de adequação para evitar o represamento. A condição será tratada no projeto em desenvolvimento da JF Brasil para a estrutura que tem previsão de implantação em campo até dezembro de 2025.

7.2.9 Saída do Sistema de Drenagem Interna

A saída do sistema de drenagem interna, com desague no alinhamento do talvegue, encontrava-se operando. As águas percoladas encontravam-se límpidas e incolores (**Figura C.18**).

As vazões dos fluxos de percolação são monitoradas por meio de diversos medidores de vazão na região central do pé da barragem. Os medidores de vazão são do tipo calha

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 28/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

“Parshall” e objetivam medir as vazões percoladas pelo sistema de drenagem interna da barragem (**Figura C.19**).

Na região da ombreira esquerda na porção do pé da barragem foram observados diversos pontos de saída d’água (**Figura C.20**), que drenam para canaletas de drenagem superficial e extravasor. Esta água apresentava-se límpida e incolor, não sendo evidenciado, visualmente, o carreamento de partículas. Parte desta água é conduzida para um medidor de vazão do tipo calha “Parshall”, situado mais a jusante, que foi retificado devido a pontos de vazamento na base da calha de medição observados no passado.

Observa-se que as calhas Parshall SNOBGESCP004(6”) e SNOBGESCP005(6”) possuem dimensões muito grandes e impossibilitam a leitura em campo, pois o menor valor da régua graduada está acima da lâmina de escoamento (**Figura C.21**). No entanto, essa condição não oferece risco imediato ao monitoramento da estrutura e será adequada com a implantação do projeto de melhorias na estrutura até dezembro de 2025.

7.2.10 Instrumentação

A estrutura possui piezômetros automatizados e manual em operação. Os instrumentos se encontravam, em grande maioria, protegidos e identificados, porém há instrumentos carecendo de proteção (**Figura C.22**). O piezômetro SNOBGESPZF08 apresentava piezometria mais elevada que o nível do solo da ordem de 1,40mca, demonstrando que o manômetro instalado acusa 0,60mca estando o mesmo a 0,80m do piso (leitura de 1,40mca) (**Figura C.23**).



A estrutura conta com marcos superficiais e prismas para avaliação de deslocamentos e deformações. Um prisma na região da bacia de dissipação do extravasor foi protegido (**Figura C.24**).

Com relação a existência de régua limnimétrica de monitoramento do nível d’água no interior do reservatório, este instrumento já foi devidamente descrito no item referente ao reservatório.

Com relação aos medidores de vazão existentes, instrumentação geotécnica de controle também utilizada, estes já foram devidamente descritos no item referente a drenagem interna. Cabe ressaltar que a tecnologia atualmente aplicada para leitura dos medidores de vazão de forma automatizada possui uma amplitude de leitura irreal e que não é observada em campo. A amplitude é fruto das variações de temperatura ao longo do dia e que não são adequadamente tratadas pelo sensor e indicam leituras irreais em determinados horários do dia. Condição já identificada pela equipe de tecnologia e em tratamento. Ressalta-se que os instrumentos possuem réguas para leitura analógica em campo o que não prejudica a validação dos registros.

7.2.11 Acessos

Os acessos a crista pela ombreira direita e esquerda foi abordado no item “7.2.5 - Ombreiras Direita e Esquerda”. O acesso ao pé da barragem é feito pela ombreira direita, por via coberta por brita para proteção em bom estado de manutenção (**Figura C.9**). Pela ombreira

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 29/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

esquerda o acesso segue até o canal extravasor e devido a implantação de passarela, é possível acessar o pé do barramento (Figura C.25). Destaca-se que os acessos a barragem precisam ser melhor estruturados no longo prazo para evitar queda de árvores e obstrução dos mesmos, como tem ocorrido no período chuvoso.

A escada de pedestres que dá acesso ao pé para pedestres é irregular e está danificada. A Vale informou que os ajustes de acessibilidade necessários, serão incorporados ao projeto da JF Brasil, que está previsto para ser implantado até dezembro de 2025.

7.3 ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA ESTRUTURA QUANDO DA INSPEÇÃO

A Tabela 7.1 apresenta o estado de conservação da estrutura quando da inspeção em 10/01/2024.



Tabela 7.1 – Estado de Conservação da Barragem Estéril Sul conforme Resolução N°95/2022.

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos Taludes / Paramentos	Drenagem Superficial
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)	Drenagem superficial existente e operante (0)

No quesito estado de conservação, a VALE dispõe ainda de um Sistema de Atuação Programada (SAP) no qual são previstas atividades rotineiras com frequências de manutenção, Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Sistema de Atuação Programada (SAP) – Barragem Estéril Sul
Documento: "Template Carga Planos REV03 09.08.2021".xls (VALE, 2021).

SITE	LOCAL	QUANT. EFETIVO	H/DIA	Plano (Dias)	Lista de Tarefas
Carajás	Estéril Sul	6	12,8	Semestral	LIMPEZAS DE CANALETAS, DESCIDAS D'ÁGUA, CAIXA DE PASSAGEM
Carajás	Estéril Sul	5	32	Semestral	PINTURA DE ESTRUTURAS DE ALVENARIA (CANALETAS ETC)
Carajás	Estéril Sul	18	179,2	Bianual	MANUTENÇÃO SISTEMAS EXTRAVASORES (TRATAMENTO DE PATOLOGIAS EM CONCRETO, PINTURA (PAREDE))
Carajás	Estéril Sul	3	32	Anual	REGULARIZAÇÃO/REPAROS DE CRISTA E ACESSOS
Carajás	Estéril Sul	5	32	Trimestral	REPAROS EM ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO HUMANA (GUARDA CORPOS, ESCADAS,

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 30/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

SITE	LOCAL	QUANT. EFETIVO	H/DIA	Plano (Dias)	Lista de Tarefas
					PASSARELAS)
Carajás	Estéril Sul	6	12,8	Quinzenal	LIMPEZA DE MEDIDORES DE VAZÃO (CANAL, BACIA E CALHA)
Carajás	Estéril Sul	13	51,2	Triannual	TROCA DE MEDIDORES DE VAZÃO
Carajás	Estéril Sul	5	32	Trimestral	MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS (EX: CANCELAS DE ACESSOS, PORTÕES) PLANO DE INSPEÇÃO
Carajás	Estéril Sul	5	25,6	Trimestral	PINTURA DE DEFENSAS/PASSARELAS METÁLICAS/ PINTURA DE PASSARELAS
Carajás	Estéril Sul	3	25,6	Bianual	DESASSOREAMENTO BACIA DISSIPAÇÃO, CANAL DE RESTITUIÇÃO

8.0 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA



8.1 AVALIAÇÃO DAS FICHAS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE ROTINA

As inspeções de segurança rotineiras são realizadas pela equipe técnica de campo da VALE, com frequência mínima quinzenal. As observações provenientes destas inspeções são registradas em Fichas de Inspeção Regulares (FIR) e subsidiam o preenchimento do Extrato de Inspeção Regular (EIR) no Sistema de Gestão de Barragem de Mineração (SIGBM).

Para a presente auditoria de segurança foram avaliadas FIRs referentes ao período de julho de 2023 a dezembro de 2023. Buscando compilar aspectos do desempenho físico da estrutura, é apresentada na Tabela 8.1 a pontuação quanto ao Estado de Conservação (EC) (Quadro 3 da Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco, do Anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) atribuída pela equipe de campo da VALE nessas FIRs.

Tabela 8.1 – Estado de Conservação atribuído nas fichas de inspeções regulares.

Mês/Ano	Estado de Conservação (EC)						
	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos Taludes / Paramentos	Drenagem Superficial	EC Max	EC Total
Jul/23	0	3	0	0	0	3	3
Ago/23	0	3	0	0	0	3	3
Set/23	0	3	0	0	0	3	3
Out/23	0	3	0	0	0	3	3
Nov/23	0	3	0	0	0	3	3



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 31/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Mês/Ano	Estado de Conservação (EC)						
	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos Taludes / Paramentos	Drenagem Superficial	EC Max	EC Total
Dez/23	0	3	0	0	0	3	3



Conforme exposto na Tabela 8.1 é possível observar que no período de julho de 2023 a dezembro de 2023 foram atribuídos 3 pontos referentes à percolação. Esta avaliação foi realizada devido à surgência de água a jusante, na caixa de passagem próxima à escada de acesso, sem carreamento visível de sólidos. A Figura C.16 ilustra a região.

Além da pontuação quanto ao estado de conservação o preenchimento do restante das FIR e o acréscimo de observações pontuais permitem um registro dos processos que ocorrem na estrutura. No período analisado foi reportado:

- Falha na camada de revestimento e brita na crista (03/07/2023 e 17/07/2023);
- Falha de revestimento vegetal no talude de jusante (03/07/2023);
- Presença de material impróprio na canaleta periférica na ombreira esquerda (03/07/2023);
- Presença de arbustos no ponto de alívio (03/07/2023 e 17/07/2023);
- Ponto de umidade na região a jusante do barramento (03/07/2023 e 17/07/2023);
- Falha proteção (03/07/2023 e 17/07/2023);
- Falta de proteção de tubo PVC no instrumento a jusante (03/07/2023 e 17/07/2023);
- Presença de material impróprio (lôdo) na entrada da calha SNOBGESCP002 (03/07/2023).
- Ponto de umidade na região a jusante do barramento (01/08/2023 e 16/08/2023);
- Água da saída do dreno implantado na região lateral do extravasor, no contato com a ombreira esquerda, está percolando por baixo da calha triangular (01/08/2023 e 16/08/2023);
- Falta de proteção em tubo PVC no instrumento executado no talude de jusante (01/08/2023 e 16/08/2023);
- Ponto de saturação/surgência na trincheira drenante existente entre o pé do talude da ombreira esquerda e o extravasor (01/08/2023 e 16/08/2023).
- Focos de formigas em desenvolvimento no talude de jusante (01/09/2023);
- Ponto de umidade na região a jusante do barramento (01/09/2023 e 22/09/2023);
- Água da saída da trincheira drenante existente na região lateral do extravasor, no contato com a ombreira esquerda, está percolando por baixo da calha triangular (01/09/2023 e 22/09/2023);
- Falta de proteção em tubo PVC no instrumento executado no talude de jusante (01/09/2023 e 22/09/2023);

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>32/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



- Pontos de saturação/surgência no dreno do pé no contato com o extravasor e na trincheira drenante existente entre o pé do talude da ombreira esquerda e o extravasor (01/09/2023 e 22/09/2023);
- Buraco causado por tratamento de cupim no talude de montante (22/09/2023);
- Falha de revestimento (22/09/2023);
- Geometria irregular causada por falta de compactação na recomposição do aterro durante a execução do dreno (22/09/2023);
- Carreamento de sedimento na canaleta de drenagem periférica (22/09/2023).
- Buraco causado por tratamento de cupim no talude de montante (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Água proveniente de drenagem percolando por baixo do medidor de vazão triangular na ombreira esquerda (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Falta de revestimento no local da instalação do barbacã (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Falha de revestimento (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Desenvolvimento de formigueiro (04/10/2023);
- Geometria irregular causada por falta de compactação na recomposição do aterro durante a execução do dreno (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Ponto de umidade na região a jusante do barramento (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Falta de proteção em tubo PVC no instrumento executado no talude de jusante (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Acúmulo de lodo no canal da calha Parshall CP002 (04/10/2023);
- Pontos de saturação/surgência na trincheira drenante existente entre o pé do talude da ombreira esquerda e o extravasor (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Presença de pedregulhos no final do rápido do extravasor (04/10/2023 e 17/10/2023);
- Buracos causados por tratamento de cupins (17/10/2023);
- Árvore caída no acesso marginal do reservatório (17/10/2023).
- Água proveniente de drenagem percolando por baixo do medidor de vazão triangular na ombreira esquerda (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Falha de revestimento (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Buracos causados por tratamento de cupins (07/11/2023);
- Geometria irregular causada por falta de compactação na recomposição do aterro durante a execução do dreno (07/11/2023);
- Ponto de umidade na região a jusante do barramento (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Falta de proteção em tubo PVC no instrumento executado no talude de jusante (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Presença de lodo no canal que antecede a calha Parshall CP002 (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Pontos de saturação/surgência na trincheira drenante existente entre o pé do talude da ombreira esquerda e o extravasor (07/11/2023 e 16/11/2023);

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 33/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

- Presença de pedregulhos no final do rápido do extravasor (07/11/2023 e 16/11/2023);
- Surgência de água no piso da canaleta de drenagem superficial, próximo à escada de acesso no talude de jusante (16/11/2023);
- Surgência de água a jusante da estrutura de concreto da calha Parshall CP003, lado esquerdo (16/11/2023).
- Água proveniente de drenagem percolando por baixo do medidor de vazão triangular na ombreira esquerda (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Pontos de saturação/surgência na trincheira drenante existente entre o pé do talude da ombreira esquerda e o extravasor (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Executar cobertura vegetal pontual nos locais com tamponamento realizado pós-tratamento de cupins (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Refazer transições dos materiais drenantes do barbacã com saída na caixa de passagem próximo à escada de acesso, no pé do talude de jusante (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Presença de folhagens na canaleta de drenagem superficial no pé do talude da ombreira esquerda (05/12/2023);
- Surgência (olho d'água) no piso da canaleta de drenagem superficial, próximo a escada de acesso no pé talude de jusante (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Ponto de umidade/saturação na região a jusante do barramento (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Falta de proteção no emboque da calha Parshall CP003, contra folhagens que obstruem o fluxo de água (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Falta de proteção em tubo PVC no instrumento executado no talude de jusante (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Presença de lodo no canal que antecede a calha Parshall CP002 (05/12/2023);
- Surgência na estrutura em concreto da calha Parshall CP003 (05/12/2023 e 18/12/2023);
- Presença de pedregulhos no final do rápido do extravasor (05/12/2023);
- Crescimento de vegetação invasora nas laterais da escada de acesso no talude de jusante (18/12/2023);
- Árvore tombada na bacia de dissipação do extravasor (18/12/2023).

Observa-se que as ocorrências registradas são de pequena monta e normais de serem observadas em qualquer operação de barragens de terra. Pondera-se ainda que as ocorrências são sanadas ou aberto um plano de ação para as devidas tratativas pela equipe de manutenção rotineira da estrutura, que realiza ações de roçada, capina, remoção de tocas de animais, limpeza de canaletas e instrumentos, entre outras. No período avaliado por este RISR, não foram observadas anomalias que alterassem o estado de conservação da estrutura. Isto posto, não há inserção de relatório fotográfico de identificação de desvio e suas correções, pois os desvios indicados são corriqueiros da operação de barragem e tratados nas rotinas comuns.

8.2 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO – INSTRUMENTOS DE AUSCULTAÇÃO

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 35/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Nomenclatura GEOTEC	Coordenadas UTM SIRGAS2000(m)		Cotas (m)			Profun- didade (m)
	Norte	Leste	Terreno	Tubo	Fundo	
SNOBGESPZ009	9.325.723,41	592.775,49	482,343	482,676	476,676	6,00
SNOBGESPZ010	9.325.704,39	592.709,58	492,546	492,912	485,212	7,70
SNOBGESPZ011	9.325.734,34	592.685,79	501,468	501,835	475,375	26,46
SNOBGESPZ012	9.325.706,19	592.645,94	502,109	502,501	489,451	13,05
SNOBGESPZF02	9.325.747,38	592.710,87	501,560	501,963	471,793	30,17
SNOBGESPZF03	9.325.776,73	592.749,13	501,482	501,821	471,771	30,05
SNOBGESPZF04	9.325.710,11	592.701,01	492,663	493,035	480,225	12,81
SNOBGESPZF05	9.325.741,41	592.748,21	489,693	490,060	479,850	10,21
SNOBGESPZF06	9.325.751,91	592.769,30	489,447	489,837	474,427	15,41
SNOBGESPZF07	9.325.695,93	592.734,29	489,523	489,879	479,059	10,82
SNOBGESPZF08	9.325.704,03	592.763,33	484,620	486,750	469,240	17,51
SNOBGESPZF10	9.325.736,07	592.752,17	487,594	487,718	479,658	8,06
SNOBGESPZM100	9.325.728,10	592.686,46	501,372	501,739	490,069	11,67
SNOBGESPZO110	9.325.777,55	592.817,26	502,922	503,414	480,924	22,49
SNOBGESPZO118	9.325.779,58	592.842,38	504,847	505,303	468,843	36,46
SNOBGESPZF119A	9.325.792,03	592.769,22	501,369	502,081	487,371	14,71



Destaca-se que são observados em campo instrumentos sem grade de proteção e que ainda não estão integrados com o VDV e SHMS (**Figura C.22**).

8.2.1 Níveis de Controle da Instrumentação

Para análise das leituras registradas pelos instrumentos foram utilizados como referência níveis de controle apresentados no documento SN-RL-BG-001_R11, Níveis de Controle – Barragens Serra Norte e Manganês do Azul – Relatório Técnico (VALE 2023)³. Esses níveis de controle são classificados como atenção, alerta e emergência, estabelecidos a partir da análise de estabilidade em condições hipotéticas ou histórico nos casos de instrumentos não associados a seções de análise, Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Níveis de controle e leituras máximas da instrumentação da Barragem Estéril Sul (VALE, 2023³).

Estrutura	Seção	Instrumento	Método de Análise	Atenção mca	Alerta mca	Emergência mca
Estéril Sul	Seção AA'	SNOBGESPZ011	Piezometria+Estabilidade	20,50	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção AA'	SNOBGESPZF04	Piezometria+Estabilidade	12,35	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção AA'	SNOBGESPZ010	Piezometria+Estabilidade	7,24	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção AA'	SNOBGESPZF07	Piezometria+Estabilidade	10,04	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção BB'	SNOBGESPZF02	Piezometria+Estabilidade	20,36	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção BB'	SNOBGESPZ003	Piezometria+Estabilidade	7,71	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção CC'	SNOBGESPZ001	Piezometria+Estabilidade	6,84	7,68	8,61
Estéril Sul	Seção CC'	SNOBGESPZ005	Piezometria+Estabilidade	6,25	6,41	7,20

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 36/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Estrutura	Seção	Instrumento	Método de Análise	Atenção mca	Alerta mca	Emergência mca
Estéril Sul	Seção CC'	SNOBGESPZF05	Piezometria+Estabilidade	7,28	7,54	8,41
Estéril Sul	Seção CC'	SNOBGESPZF10	Piezometria+Estabilidade	4,91	5,65	6,70
Estéril Sul	Seção CC'	SNOBGESPZF08	Piezometria+Estabilidade	17,13	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção DD'	SNOBGESPZF03	Piezometria+Estabilidade	20,77	21,150	(1)
Estéril Sul	Seção DD'	SNOBGESPZF06	Piezometria+Estabilidade	15,00	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção DD'	SNOBGESPZ004	Piezometria+Estabilidade	2,72	(1)	(1)
Estéril Sul	Seção DD'	SNOBGESPZ006	Histórico	1,00	(3)	(3)
Estéril Sul	-	SNOBGESPZ012	Histórico	6,22	(3)	(3)
Estéril Sul	-	SNOBGESPZ002	Histórico	5,41	(3)	(3)
Estéril Sul	-	SNOBGESPZ008	Histórico	2,90	(3)	(3)
Estéril Sul	-	SNOBGESPZ009	Histórico	5,72	(3)	(3)

Nota: (1) Os níveis de controle para condição de “alerta” e/ou “emergência”, ou seja, FS menor que indicado não são atingidos para esta seção independente de elevação hipotética da piezométrica numa condição extrema em que o sistema de drenagem interna esteja completamente colmatado. (3) Estes instrumentos não estão vinculados ao modo de falha de instabilização e servem para compreensão do regime de fluxo.

Tabela 8.4 – Leituras máximas, mínimas e moda da instrumentação de controle da Barragem Estéril Sul de janeiro de 2020 a dezembro de 2023.

Seção	Instrumento	Atenção	Alerta	Emergência	MAX	MIN	MODA
		mca	mca	mca	mca	mca	mca
Seção AA'	SNOBGESPZ011	20,50	(1)	(1)	17,87	11,49	15,84
Seção AA'	SNOBGESPZF04	12,35	(1)	(1)	10,20	6,41	9,08
Seção AA'	SNOBGESPZ010	7,24	(1)	(1)	5,01	3,25	3,32
Seção AA'	SNOBGESPZF07	10,04	(1)	(1)	7,72	7,07	7,25
Seção BB'	SNOBGESPZF02	20,36	(1)	(1)	18,79	17,46	17,61
Seção BB'	SNOBGESPZ003	7,71	(1)	(1)	7,43	6,00	6,19
Seção CC'	SNOBGESPZ001	6,84	7,68	8,61	4,53	Seco	3,28
Seção CC'	SNOBGESPZ005	6,25	6,41	7,20	2,71	1,70	1,83
Seção CC'	SNOBGESPZF05	7,28	7,54	8,41	6,23	3,82	3,93
Seção CC'	SNOBGESPZF10	4,91	5,65	6,70	3,97	2,59	3,54
Seção CC'	SNOBGESPZF08	17,13	(1)	(1)	17,09	16,44	16,83
Seção DD'	SNOBGESPZF03	20,77	21,150	(1)	17,98	11,40	17,52
Seção DD'	SNOBGESPZF06	15,00	(1)	(1)	14,33	13,23	13,51
Seção DD'	SNOBGESPZ004	2,72	(1)	(1)	1,48	Seco	0,40
Seção DD'	SNOBGESPZ006	1,00	(3)	(3)	0,61	Seco	Seco
-	SNOBGESPZ012	6,22	(3)	(3)	5,21	Seco	3,69
-	SNOBGESPZ002	5,41	(3)	(3)	4,75	3,76	4,20
-	SNOBGESPZ008	2,90	(3)	(3)	2,31	0,68	0,99
-	SNOBGESPZ009	5,72	(3)	(3)	5,42	Seco	1,20

Nota: (1) Os níveis de controle para condição de “alerta” e/ou “emergência”, ou seja, FS menor que indicado não são atingidos para esta seção independente de elevação hipotética da piezométrica numa condição extrema em que o sistema

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>37/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

de drenagem interna esteja completamente colmatado. (3) Estes instrumentos não estão vinculados ao modo de falha de instabilização e servem para compreensão do regime de fluxo.

Baseado nos dados apresentados e gráficos de instrumentação apresentados nos Apêndice D é possível concluir que, de modo geral, os instrumentos operaram em condição normal. Esta condição também é confirmada pelas análises de estabilidade conduzidas para este relatório de inspeção de segurança regular.



Apesar de alguns instrumentos apresentarem descontinuidades de leituras (cabe aqui comentar que interrupções das leituras podem estar associadas a necessidade de manutenção nos instrumentos), variações abruptas e picos em determinados momentos, a maioria dos instrumentos demonstram, de forma geral, bom funcionamento, o que demonstra normalidade de operação para os piezômetros e normalidade de percolação e fluxo interno para a estrutura.

Ressalta-se que o nível de atenção estabelecido pela VALE corresponde a barragem operar com um fator de segurança dentro do intervalo de condição normal de operação $1,5 \leq FS < F_{SCNO}$. Esta condição ainda é aceitável do ponto de vista de segurança, atendendo legislação e norma técnica, mas é um indicador de orientação do geotécnico para fazer avaliação mais orientada da instrumentação. A legislação emprega 3 níveis: normal, alerta e emergência. O nível de atenção (amarelo) é indicador mais conservador para que o geotécnico seja acionado quando níveis reduzirem o fator de segurança, mas que ainda mantém acima do mínimo recomendado por norma técnica.

O medidor de nível de água do reservatório, instrumento SNOBGNHORR001, tem apresentado pequena variação de nível de água, em torno da El. 497,55m. O instrumento não registrou variações significativas no nível do reservatório em períodos de cheia e seca.

Os medidores de vazão SNOBGESCP001 e SNOBGESCP002, apresentam vazões entre 5 m³/h e 20m³/h, porém com variações abruptas tipo dente para valores próximos a 50 m³/h, no período de cheia. Estas variações aparecem nas leituras automatizadas, mas nas leituras manuais em campo elas não são observadas e o valor permanece semelhante aos registros mais baixos. O instrumento SNOBGESCP003 apresentou registros entre 5 m³/h e 35m³/h, com muitos picos e variações. Provavelmente, esta variação ocorre por obstrução parcial do instrumento com folhas e galhos e também por de problema de tecnologia da instrumentação, devido as variações de temperatura abruptas que interferem na leitura registrada e que estão sendo tratados via CMG e geotecnia operacional. Os instrumentos SNOBGESCP004 e SNOBGESCP005 estão superdimensionados e a baixa lâmina d'água pode prejudicar a precisão da medida, porém a condição não representa risco imediato ao monitoramento da estrutura, uma vez que há inspeção de campo quinzenal e as vazões são baixas. Cabe destacar ainda que não há necessidade de substituir estes instrumentos, dado que a barragem passará por obra de adequação com conclusão até dezembro de 2025 que modificará a região.

Os marcos existentes na estrutura não indicaram variação real. As leituras Norte & Leste de alguns instrumentos apresentaram dispersão da ordem de até 8mm, porém não apresentaram tendências reais de deslocamentos. Isto posto, a estrutura não demonstra

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 38/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

possível movimentação acumulada e tendenciosa, o que poderia ser um sinal de movimentação da estrutura. Recomenda-se avaliar o procedimento de leitura e registro em busca de identificar as causas das dispersões observadas. Os gráficos estão apresentados no Apêndice D.

Para garantir a assertividade do monitoramento geotécnico da estrutura, é importante que as ferramentas de gestão de controle geotécnico (cadastro do sistema GEOTEC, planilhas de monitoramento, níveis de controle da instrumentação, manual de operação, entre outros) estejam compatibilizadas, acessíveis e sejam representativas das condições de campo da barragem.

8.3 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HIDRÁULICA



8.3.1 Apresentação

No Relatório de Inspeção de Segurança Regular anterior (documento nº RL-1825KN-X-00148_Rev0), referente ao segundo semestre de 2023, as análises hidrológicas-hidráulicas já consideravam a atualização dos quantis de chuva, conforme feito na última atualização do Projeto “As Is” da Barragem Estéril Sul, elaborado pela GEOESTÁVEL em 2023.

Conforme descrito no Relatório Técnico “As Is” (documento nº RL-1825KN-X-00191_Rev0, elaborado em julho de 2023 e revisado em março de 2024), os quantis de chuva utilizados para os Períodos de Retorno (TR) de até 10.000 anos foram obtidos por meio do estudo “N5369-F2 ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGEM – GELADO”, de nº RL-1800KN-X-70060, elaborado pela FUGRO em setembro de 2022.

Conforme apresentado no documento nº RL-1800KN-X-70060, o estudo das chuvas utilizou os dados de monitoramento do posto N4/N5-VALE, que *“possui 34 anos de observação e possui consistência com os demais postos da região. (...) A análise considerou os dados dos postos seguindo o ano hidrológico local, estimado como 1 de outubro a 30 de setembro. Para estas distribuições foram considerados o Método dos Momentos (MM) e o Método dos Momentos-L (MML)”*. Ainda no relatório, pontua-se que foi utilizado a distribuição teórica de Gumbel para ajuste das precipitações máximas anuais com duração de 1 dia.

Já para a Precipitação Máxima Provável (PMP), a recomendação é que seja utilizado o quantil de altura de chuva para a duração de 24 horas, elaborado pela STATUM em maio de 2023, no relatório técnico de Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) da Barragem Geladinho (462mm), de número RL-1825KN-X-00097, em que foi utilizado o método estatístico proposto por Hershfield (WMO, 2009). Para a desagregação em chuvas de menores ou maiores durações, admitiu-se os coeficientes equivalentes aos utilizados no estudo elaborado FUGRO para o TR de 10.000 anos. Ressalta-se que o estudo de frequência das precipitações máximas anuais feito pela STATUM em 2023, para diferentes tempos de duração, foi realizado tendo como base a estação N4 (Estação VALE), utilizada também pela FUGRO em 2022. Tendo como base o TR de 1.000 anos e duração de 24 horas, há um incremento de 14% no quantil de chuva apresentado pela FUGRO (2022) em relação ao estudo apresentado pela STATUM (2023).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 39/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

8.3.2 Resultados da Avaliação do Sistema de Drenagem Superficial



Conforme mencionado no item 4.5, o sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul é composto de canaletas retangulares de concreto (CN-01 e CN-02), na berma intermediária e na ombreira esquerda, com largura de 0,30m e altura de 0,20m, conectadas através de caixas de passagem. As canaletas de drenagem CNL-01, CNL-02 e CNL-03 também são retangulares, com 0,30m de largura e 0,30m de altura. A canaleta CNL-04 possui seção trapezoidal com inclinação 0,6H:1,0V, com base menor de 0,70m e altura de 0,50m. Há também uma descida d'água (DAD-01) em seção retangular, de concreto, com um trecho liso inicial com 0,30m de largura e 0,25m de altura, um trecho liso final com 0,50m de largura e 0,60m de altura, seguidos por um trecho em degraus, cujas dimensões são de 0,50m de base, 0,15m de altura de degrau e 0,55m de altura de parede. Além disso, a barragem possui um canal periférico de seção retangular, denominado CP-01, com 0,25m de largura e 0,30m de altura de parede.

A Tabela 8.5 apresenta um resumo com as informações referentes às dimensões típicas de tais estruturas, retiradas do documento nº 1825KN-X-00402_RevA (Sistema de Drenagem Superficial – Planta) referente ao “As Is” de 2023, que foi atualizado a partir do último levantamento cadastral da barragem (Avalicon, 2021) e a partir das dimensões aferidas em campo pela Equipe da GEOESTÁVEL no dia 26/04/2023.

Tabela 8.5 – Dimensões das estruturas verificadas do sistema de drenagem superficial.

Estrutura		Largura do canal (m)	Altura do canal (m)
Canaletas de Berma	CN 01 - retangular	0,30	0,20
	CN 02 - retangular	0,30	0,20
Canaletas de Drenagem	CNL 01 - retangular	0,30	0,30
	CNL 02 - retangular	0,30	0,30
	CNL 03 - retangular	0,30	0,30
	CNL 04 - trapezoidal	0,70 / 0,60H:1,0V	0,50
Descida	DAD-01 – Trecho liso inicial	0,30	0,25
	DAD-01 – Trecho liso final	0,50	0,60
	DAD-01 – Trecho em degraus	0,50	0,55 (degrau de 0,15m)
Canal Periférico	CP-01 – Retangular	0,25	0,30

De acordo com o Relatório Técnico de “As Is”, documento de nº RL-1825KN-X-00191_Rev0, elaborado pela GEOESTÁVEL em julho de 2023 e revisado em março de 2024, a verificação do sistema de drenagem foi feita com o auxílio do *software* SisCCoH 1.1, considerando-se regime uniforme para todas as estruturas. As características físicas das áreas contribuintes aos dispositivos de drenagem superficial foram obtidas a partir da base topográfica e pelo arranjo geométrico da Barragem Estéril Sul. Para a verificação hidráulica das canaletas de berma, considerou-se, para cada trecho, a maior área de contribuição.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 40/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

As vazões de projeto foram calculadas utilizando o Método Racional e, para a verificação hidráulica, utilizou-se o método de Manning (trechos lisos) e a metodologia do *Skimming Flow* (trechos em degraus).

Vale ressaltar que, conforme recomendação da equipe técnica da VALE, os quantis de chuva utilizados na verificação da drenagem superficial foram obtidos por meio do estudo “N5369-F2 ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGEM – GELADO”, de nº RL-1800KN-X-70060, elaborado pela FUGRO em setembro de 2022.

A Tabela 8.6 apresenta um resumo com os parâmetros físicos adotados para as sub-bacias de contribuição adjacentes aos dispositivos de drenagem superficial do maciço da Barragem Estéril Sul, bem como as vazões de projeto calculadas por meio do Método Racional.

Tabela 8.6 – Síntese do cálculo das vazões de verificação do sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul.

Estrutura	TR (anos)	Área de Drenagem (m²)	Área de Drenagem (km²)	Coeficiente C	Tc mínimo adotado (min)	I (mm/h)	Q (m³/s)
Canaletas de Berma (CN 01)	100	2422,83	0,0024	0,50	5	264	0,089
Canaletas de Berma (CN 02)	100	520,75	0,0005	0,50	5	264	0,019
Canaleta de Drenagem (CNL 01)	100	217,25	0,0002	0,50	5	264	0,008
Canaleta de Drenagem (CNL 02)	500	5418,15	0,0054	0,50	5	324	0,244
Canaleta de Drenagem (CNL 03)	100	1077,78	0,0011	0,50	5	264	0,040
Canaleta de Drenagem (CNL 04)	100	1430,75	0,0014	0,50	5	264	0,052
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho liso inicial	500 ²	2943,58	0,0029	0,50	5	324	0,132
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho liso final	500 ²	3066,58	0,0031	0,50	5	324	0,138
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho em degraus	500 ²	3283,83	0,0033	0,50	5	324	0,148
Canal Periférico (CP-01)	500 ²	6600,00	0,0066	0,25	5	324	0,149



¹ A descida DAD-01 possui 0,30m de largura e 0,25m de altura de parede em seu trecho liso inicial e 0,50m de largura e 0,60m de altura de parede em seu trecho liso final, além de um trecho em degraus na sequência, de modo que o cálculo de vazão tenha sido feito para cada área de contribuição em questão (conforme ilustrado no desenho nº 1830KN-X-84527).

² Dado ao caráter periférico das estruturas, que coletam maior parte da contribuição do fluxo do maciço, a DAD-01 e a CNL-02 foram verificadas para o TR 500 anos.

Na Tabela 8.7 e na Tabela 8.8 a seguir é apresentada a verificação hidráulica para cada estrutura constituinte do sistema de drenagem superficial.

Tabela 8.7 – Síntese da verificação hidráulica da drenagem superficial da Barragem Estéril Sul – trecho liso – Manning.

Estrutura	Vazão (m³/s)	Coeficiente de Manning	Declividade mínima/máxima (%)	Altura de parede (m)	Profundidade máxima (m)	Borda Livre (m)	Velocidade máxima (m/s)
Canaletas de Berma (CN 01)	0,089	0,015	0,42/29,81	0,20	0,32	-0,12	4,61

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 41/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Estrutura	Vazão (m³/s)	Coefficiente de Manning	Declividade mínima/máxima (%)	Altura de parede (m)	Profundidade máxima (m)	Borda Livre (m)	Velocidade máxima (m/s)
Canaletas de Berma (CN 02)	0,019	0,015	21,32/32,79	0,20	0,03	0,17	2,79
Canaleta de Drenagem (CNL 01)	0,008	0,015	15,93/25,64	0,30	0,02	0,28	1,87
Canaleta de Drenagem (CNL 02)	0,244	0,015	1,31/8,92	0,30	0,46	-0,16	3,91
Canaleta de Drenagem (CNL 03)	0,040	0,015	1,51/5,74	0,30	0,10	0,20	2,04
Canaleta de Drenagem (CNL 04)	0,052	0,015	7,62/15,01	0,50	0,13	0,37	3,27
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho liso inicial	0,132	0,015	1,31	0,25	0,27	-0,02	1,61
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho liso final	0,138	0,015	3,05	0,60	0,12	0,48	2,22
Canal Periférico (CP-01)	0,149	0,015	1,0/18,19	0,30	0,42	-0,12	4,55

¹ A descida DAD-01 possui 0,30m de largura e 0,25m de altura de parede em seu trecho liso inicial e 0,50m de largura e 0,60m de altura de parede em seu trecho liso final, de modo que a borda livre tenha sido verificada em ambos os trechos para cada vazão correspondente (conforme ilustrado no desenho nº 1830KN-X-84527).



Tabela 8.8 – Síntese da verificação hidráulica da drenagem superficial da Barragem Estéril Sul – trecho em degraus – Skimming Flow.

Estrutura	Vazão (m³/s)	Altura degrau (m)	Largura (m)	Altura parede (m)	Profund. aerada (m/s)	Borda livre (m)	Veloc. aerada (m/s)	Profund. final (m)	Veloc. final (m/s)
Descida d'água (DAD-01¹) Trecho em degraus	0,148	0,15	0,50	0,55	0,14	0,41	2,17	0,10	3,10

¹ A descida DAD-01 possui dois trechos lisos, além de um trecho em degraus na sequência, de modo que a borda livre tenha sido verificada em cada trecho para cada vazão correspondente (conforme ilustrado no desenho nº 1830KN-X-84527). Os dispositivos de drenagem superficial [já considerando eventuais borda livres de 20% recomendadas serão tratados no projeto de melhorias da JF Brasil que será implantado até dezembro de 2025.

A partir da profundidade de água calculada e da borda livre em cada estrutura, observa-se que a drenagem superficial atende às vazões demandadas nos trechos lisos das canaletas CN-02, CNL-01, CNL-03 e CNL-04 e no trecho em degraus da DAD-01. Contudo, as canaletas CN-01 e CNL-02, a descida DAD-01 (trecho inicial) e o canal periférico CP-01 não atendem para a vazão associada à cheia indicada pela NBR 13.028:2017 (ABNT, 2017).

Para que todas as estruturas de drenagem superficial atendam às vazões solicitadas, faz-se necessário um projeto de adequação dos dispositivos de drenagem CN-01, CNL-02, DAD-01 e CP-01. Para atender o critério de borda livre mínima como 20% da altura de parede, as

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 42/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

paredes das estruturas deveriam possuir, pelo menos, 20cm, 30cm, 10cm e 25cm a mais, respectivamente.

Ademais, conforme apontado no Parecer Técnico elaborado pela GEOESTÁVEL em fevereiro de 2023 (documento nº PT-1825KN-X-00182), foi implantado um tubo de PVC conectado a uma caixa de passagem no trecho final da CN-02, próximo à escada existente, como ilustrado na Figura 8.2. De acordo com o documento, esta medida foi implantada buscando tratar uma surgência e um acúmulo de fluxo local. No último Relatório de Inspeção de Segurança Regular, emitido pela GEOESTÁVEL em setembro de 2023 (RL-1825KN-X-00148_Rev0), foi constatado que, de modo geral, a drenagem superficial da estrutura está operando normalmente, e recomendou-se substituir as transições no entorno do tubo que drena para a caixa de passagem da drenagem superficial, a fim de evitar acúmulo de sedimentos na estrutura, como demonstrado no detalhe da Figura 8.2.



Figura 8.2 – Local e detalhe de implantação de tubo que deságua na caixa de passagem do sistema de drenagem superficial e interna (“As Is”, GEOESTÁVEL, 2023).

Conforme informado pela Geotecnia Operacional, foi feita uma obra no local em dezembro de 2023 para substituir as transições no entorno do tubo, buscando mitigar o carreamento de sedimentos na caixa de passagem. Na Figura 8.3 a seguir é possível observar este trecho do sistema de drenagem superficial após as obras realizadas. É importante pontuar que a vazão efluente deste tubo e demais pontos de surgência daquela região que aportam ao sistema de drenagem superficial é da ordem de 10m³/h (conforme apontado pelo medidor de vazão SNOBGESCP001, que margeia o muro da bacia de dissipação e capta todas as contribuições das surgências existentes), isto é, equivalente a 0,0027m³/s. Sendo assim, esta contribuição não afeta o funcionamento do sistema de drenagem superficial da Barragem Estéril Sul.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 43/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Figura 8.3 – Local e detalhe de implantação de tubo que deságua na caixa de passagem do sistema de drenagem superficial e interna (GEOESTÁVEL, 2024).

8.3.3 Resultados da Avaliação do Sistema Extravasor



De acordo com o Relatório Técnico de “As Is”, documento de nº RL-1825KN-X-00191_Rev0, elaborado pela GEOESTÁVEL em julho de 2023 e revisado em março de 2024, o período de retorno analisado foi o de 500 anos, verificado para 1.000 anos, assim como preconizado na ABNT NBR 13.028:2017, para uma barragem de Dano Potencial Associado (DPA) Médio e assim como disposto na resolução nº 95, de 07 de fevereiro de 2022, da ANM. Além disso, foi simulado um cenário associado ao TR de 10.000 anos e à PMP, para verificação da borda livre.

A área de drenagem da Barragem Estéril Sul é correspondente a 7,775 km², o *Curve Number* (CN) II ponderado calculado de acordo com a tipologia local foi de 61,54. Na Tabela 8.9 é apresentado um resumo do uso e ocupação do solo da bacia de contribuição da Barragem Estéril Sul e os valores de CN atribuídos a cada sub-área.

Tabela 8.9 – Ponderação do Número de Curva (*Curve Number* – CN) da bacia de contribuição da Barragem Estéril Sul.

Bacia	Área (km ²)	Uso e ocupação do solo	Tipo de Solo	CN	CN Ponderado
Estéril Sul	3,09	Vegetação Densa	B	55	61,54
	1,63	Vegetação Esparsa	B	58	
	0,69	Solo exposto	B	79	
	0,23	Sedimentos	B	65	
	1,50	Pilha de Estéril	B	61	
	1,57	Área Industrial	B	82	
	0,06	Reservatório	B	100	

Os tempos de concentração da bacia (t_c) foram determinados por meio da metodologia proposta por Kirpich (Eq. 8.1) e do método cinemático (Eq. 8.2).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 44/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

$$t_c = 0,39 \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0,385} \quad (\text{Eq. 8.1})$$

Na qual:

- t_c é o tempo de concentração, em horas;
- L é o comprimento axial (talvegue principal), em km;
- S_e é a declividade média em %.

$$t_c = \frac{1000}{60} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{v_i} \quad (\text{Eq. 8.2})$$

Na qual:

- L_i é o comprimento de cada trecho (km);
- V_i é a velocidade média em cada segmento (m/s).



O tempo de concentração foi obtido de acordo com os seguintes critérios:

- Nos trechos de sedimentos e de reservatório, utilizou-se o método cinemático, adotando velocidades de 1,0 m/s e 0,5 m/s, respectivamente;
- No restante da área, foi adotada a metodologia de Kirpich.

O tempo de concentração total obtido foi de 87,2 minutos e o lag time foi 52,3 minutos. A Tabela 8.10 apresenta o resultado dos parâmetros físicos obtidos para a bacia de contribuição da Barragem Estéril Sul e a Figura 8.4 apresenta a caracterização realizada para a determinação de tais parâmetros. É importante ressaltar que foi utilizado o *software* ArcGIS 10.5 para obtenção de informações, a partir de Modelo Digital de Terreno constituído a partir de dados disponibilizados pelo GIS Mineral da Vale.

Tabela 8.10 – Parâmetros físicos da bacia de contribuição da bacia da Barragem Estéril Sul.

Sub-bacia	Área (km²)	Comprimento do talvegue (km)	Declividade média equivalente (Se) (m/m)	Tempo de concentração (min)	Lag time (min)
Área de Contribuição	7,78	5,06	0,015	87,2	52,3

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1825KN-X-00149</p> <p>Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>PÁGINA 45/117</p> <p>REV. 0</p>

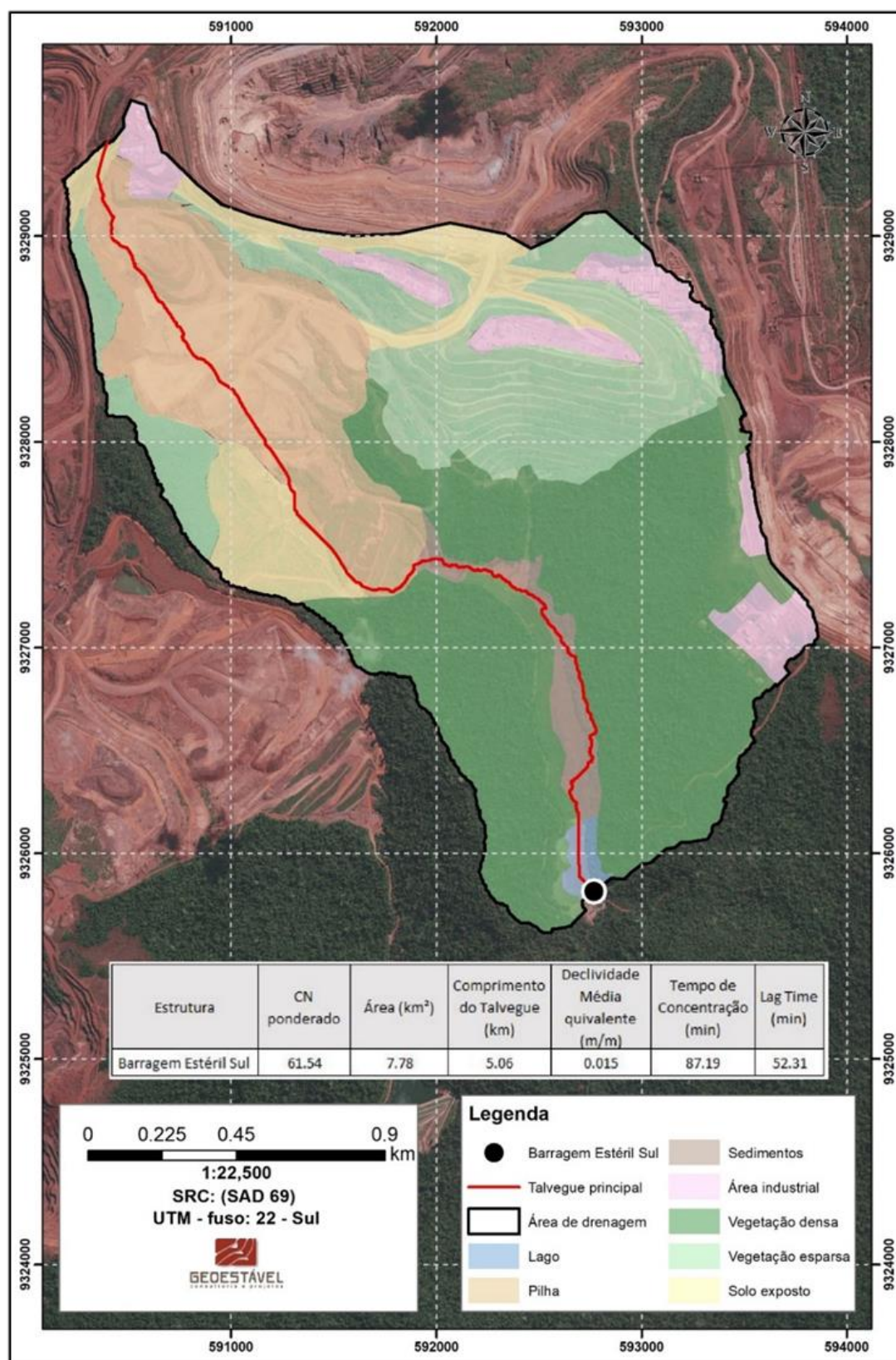




Figura 8.4 – Caracterização da bacia da Barragem Estéril Sul.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>46/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

As vazões de projeto foram encontradas utilizando-se do método do NRCS para cálculo da chuva efetiva e para transformação chuva-vazão, e do método de Puls Modificado para a propagação da cheia no reservatório, com o auxílio do *software* HEC-HMS 4.2.1.

A Figura 8.5 representa o mapa topológico utilizado no *software* HEC-HMS 4.2.1 para as simulações hidrológicas na Barragem Estéril Sul, a partir das informações de parâmetros físicos, hietogramas de projeto, curvas cota-volume e cota-descarga do reservatório da barragem.

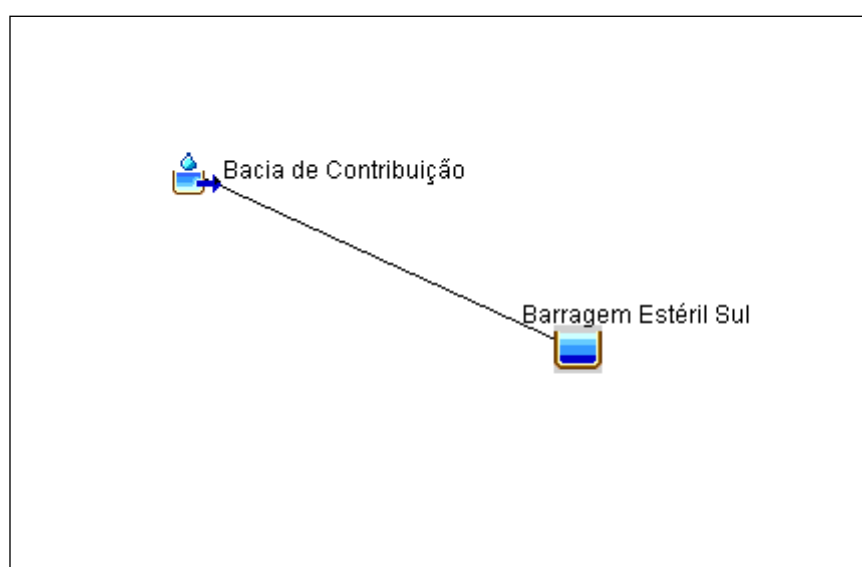




Figura 8.5 – Diagrama topológico do sistema hidrológico analisado.

Ainda conforme apresentado no Relatório Técnico de “As Is”, documento de nº RL-1825KN-X-00191_Rev0, elaborado pela GEOESTÁVEL em julho de 2023 e revisado em março de 2024, a curva Cota-Área-Volume da Barragem Estéril Sul, da cota de fundo até a crista, foi obtida utilizando-se de informações da última topografia atualizada do reservatório, retirada das seguintes fontes:

- Levantamento cadastral da barragem: “Lev Esteril Sul_Rev09.dwg” (AVALICON, 2021).
- Batimetria do reservatório: “Estéril Sul_Batimetria_Sirgas2000_OUTUBRO_22.dwg” (AVALICON, 2022);
- Laser: “CURVAS_ESTÉRIL_SUL.dwg” (AVALICON, maio de 2023);
- Topografia primitiva: “gmi_mcks_fis_top_ln_toporestituicaoriginaln4n51966_SIRGAS2000” (VALE, 2018).

Na Figura 8.6 é apresentada a curva Cota-Volume do reservatório, a partir da elevação do fundo (El. 482,00 m).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 47/117 REV. 0

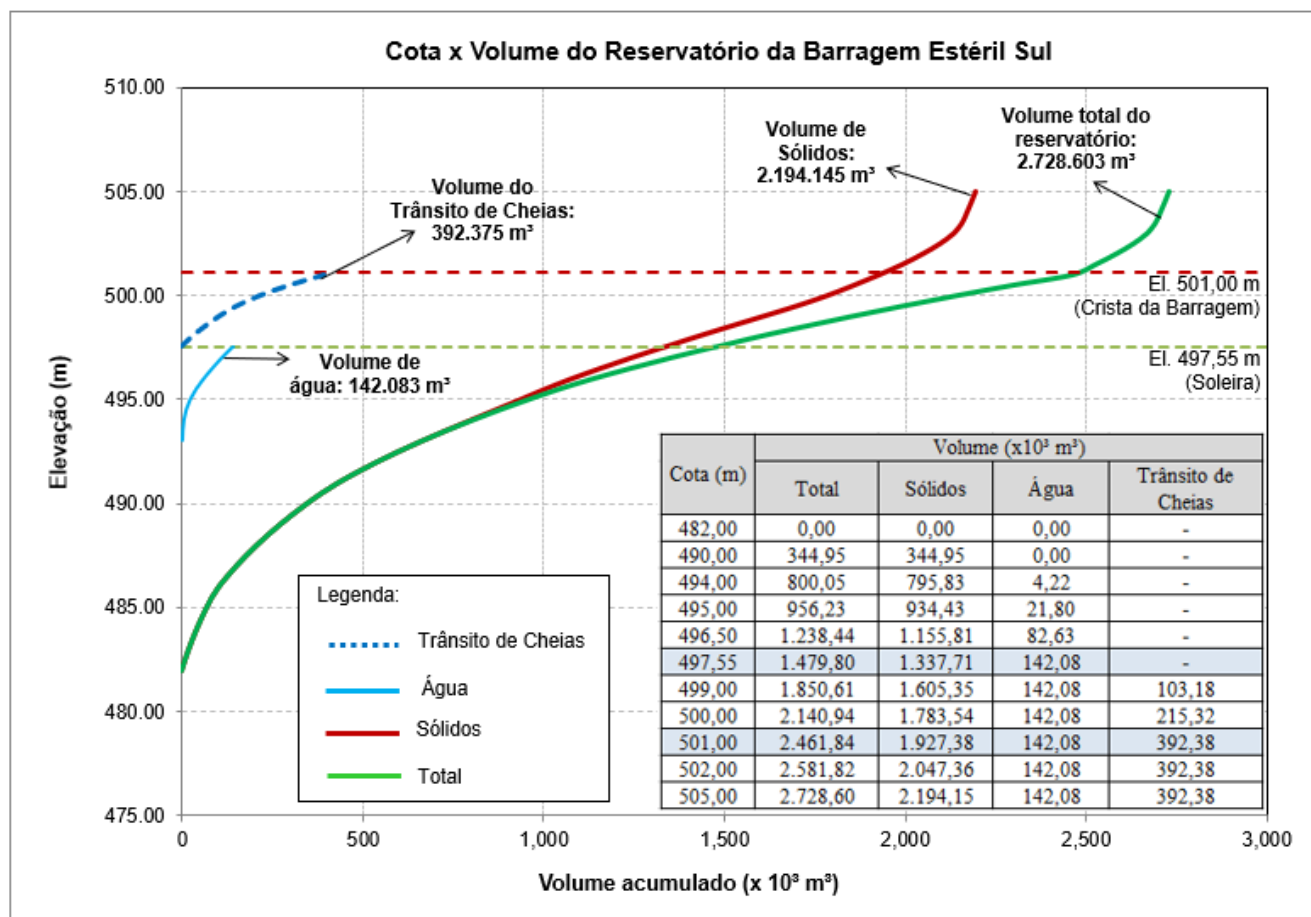




Figura 8.6 – Curva cota-volume da Barragem Estéril Sul a partir da El. 482,00m (fundo).

O volume de sedimentos imersos gerados foi calculado considerando as batimetrias de março de 2022 e outubro de 2022, apresentado um incremento de 115.970m³ nesse período. A taxa de geração de sedimentos, considerando-se a área de drenagem da Barragem Estéril Sul (pilha de estéril, solo exposto, sedimentos, área industrial, vegetação densa, vegetação rasteira), foi de 490 m³/ha/ano, considerando esses 7 meses de diferença no período seco. Os dados do levantamento topobatimétrico do final do ano de 2023 estão em avaliação..

Ressalta-se a importância de realizar a batimetria e o laser do reservatório na mesma época, para que o levantamento topográfico dos sedimentos imersos e emersos estejam compatíveis com período sob análise. Sugere-se, portanto, programar um levantamento topobatimétrico e um levantamento a laser do reservatório antes do período chuvoso (espaçados de no máximo 3 meses) e programar a atualização de ambos após o período chuvoso (seguindo o mesmo intervalo limite proposto). Essa tem sido uma prática comum da Geotecnia Operacional.

Em 2022 foi desenvolvido pela GEOESTÁVEL um Estudo Hidrossedimentológico para a Barragem Estéril Sul (documento nº RL-1820KN-X-00040, substituído pelo documento nº RL-1825KN-X-00188, em 2023), com o objetivo de avaliar a evolução da contribuição de sedimentos na estrutura, bem como a sua segurança hidráulica, considerando o cenário final

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 48/117 REV. 0

de máxima ocupação dos sedimentos na barragem a partir do trânsito de cheias em seu reservatório.

É importante ressaltar, portanto, que o volume de sólidos atualmente disposto na Barragem Estéril Sul (2.194.145m³) é superior ao volume disponível para disposição determinado no cenário de máxima ocupação da estrutura (volume de 1.472.146m³ apresentado no RL-1825KN-X-00188). Ademais, o volume de água atual disponível no reservatório (até a elevação da soleira na El. 497,55m), que equivale a 142.083m³, é menor do que o volume de água necessário para contenção de sedimentos calculado no cenário de máxima ocupação (volume de 343.885m³ apresentado no RL-1825KN-X-00188). Da mesma forma, o volume disponível para o trânsito de cheias no cenário atual (392.375m³) também está inferior ao volume para o trânsito de cheias indicado no cenário de máxima ocupação (volume de 606.280m³ apresentado no RL-1825KN-X-00188).

Dito isso, destaca-se que, em dezembro de 2022, a GEOESTÁVEL elaborou o Plano de Dragagem da Barragem Estéril Sul, documento de nº RL-1820KN-X-00045. Dado o contexto de assoreamento apresentado no parágrafo anterior, é importante que seja realizado desassoreamento do reservatório, a fim de garantir o funcionamento da estrutura em relação à eficiência de contenção de sedimentos, considerando o cenário de máxima ocupação da barragem (nº RL-1825KN-X-00188, 2023).

Na Figura 8.7 a seguir é apresentada a curva Cota-Volume a partir da elevação da soleira (El. 497,55 m).

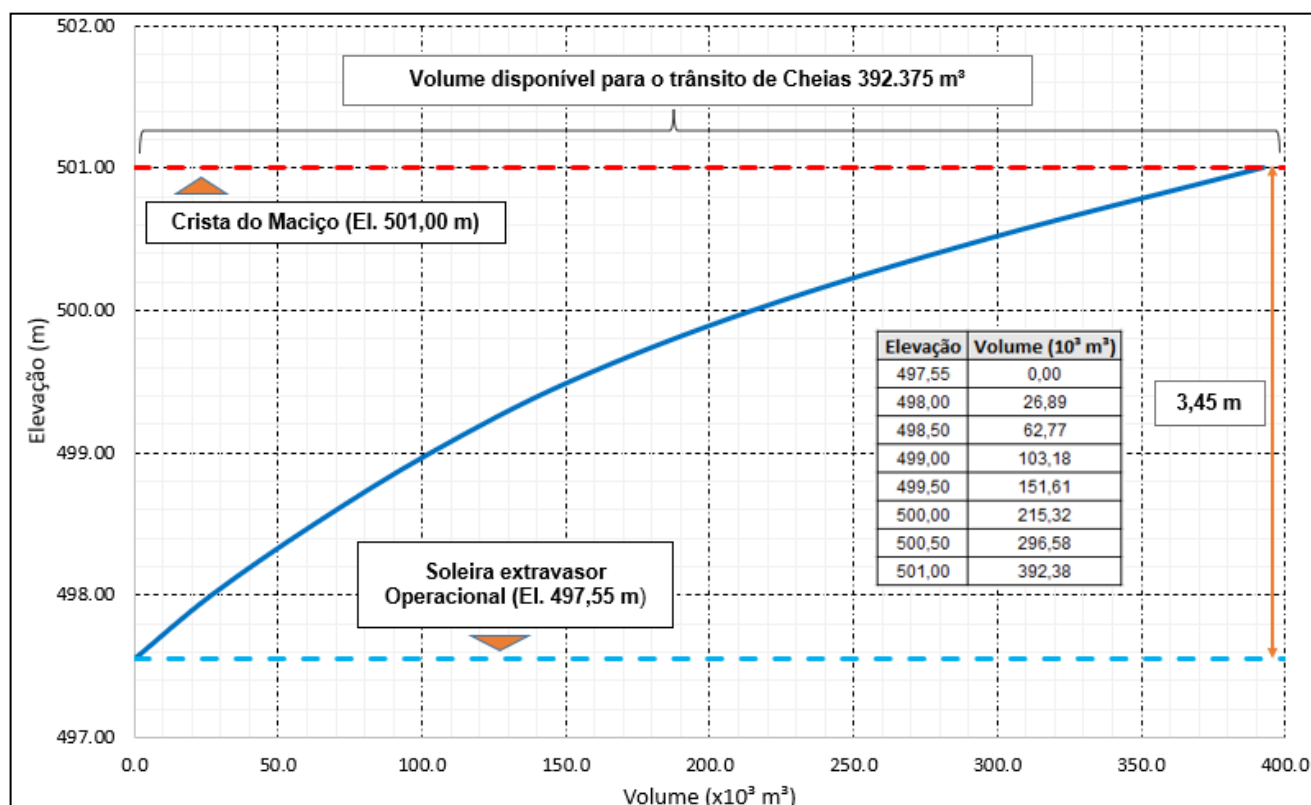




Figura 8.7 – Curva cota-volume da Barragem Estéril Sul a partir da El. 497,55m (soleira).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 49/117 REV. 0

Para determinação da curva de descarga do sistema extravasor, foi considerado o estudo realizado no *software* FLOW-3D, presente no relatório de nº RL-1820KN-X-00039 (GEOESTÁVEL, 2022), substituído pelo documento nº RL-1825KN-X-00187 em 2023.

É importante mencionar que a curva Cota-Descarga apresentada no Relatório Técnico “Modelagem CFD – Curva Cota-Descarga da Barragem Estéril Sul”, elaborado pela GEOESTÁVEL em 2022 (nº RL-1825KN-X-00187) foi revisada no documento “As Is” (RL-1825KN-X-00191, Rev_0, 14/03/24), considerando a cota da crista da Barragem Estéril Sul na El. 501,10 m.

A modelagem 3D foi desenvolvida a partir da simulação em *Computational Fluid Dynamics* (CFD), ou Fluidodinâmica Computacional, sendo descrita como a simulação numérica dos processos físicos do escoamento cuja equações padrões de fluxo, tais como *Navier-Stokes* e a equação da continuidade, são discretizadas e solucionadas em cada célula computacional.

Com as avaliações feitas para as vazões de 5m³/s, 10 m³/s, 15 m³/s, 20 m³/s, 25 m³/s, 30 m³/s, 35 m³/s, 40 m³/s, 45 m³/s e 47,50 m³/s (sendo este último a descarga máxima, obtida na cota da crista – El. 501,10 m), foi possível obter a curva-descarga do extravasor da Barragem Estéril Sul.

A curva Cota-Descarga da Barragem Estéril Sul é demonstrada na Figura 8.8.

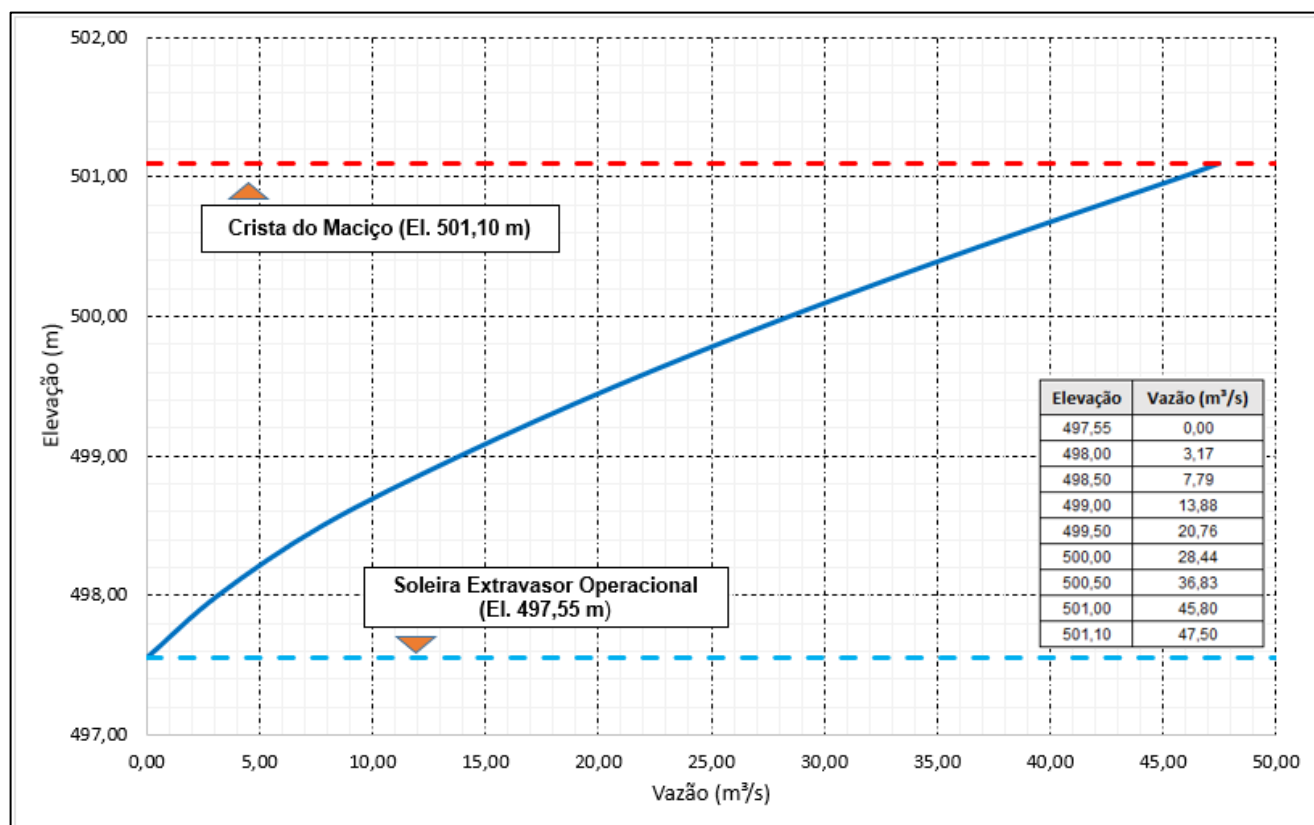




Figura 8.8 – Curva cota-descarga da Barragem Estéril Sul – soleira na Elevação El.497,55m.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 50/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

A Tabela 8.11 apresenta a síntese dos resultados da avaliação do trânsito de cheias, considerando TR 500 anos, TR 1.000 anos, TR 10.000 anos e PMP. Vale ressaltar que as vazões máximas afluentes e efluentes, bem como os volumes do hidrograma afluente e os volumes utilizados no trânsito de cheias, para o TR 10.000 anos e para a PMP, foram obtidos a partir da extrapolação da curva Cota-Descarga do extravasor, mantendo o coeficiente de descarga para soleira livre, do tipo emboque de canal, e da extrapolação da curva Cota-Volume, mantendo a área relativa à cota na El.501,10m. A duração crítica, em que se observa a sobre-elevação máxima no reservatório, foi de 24 horas nos períodos de retorno analisados, conforme apresentado a seguir.

Tabela 8.11 – Síntese do Trânsito de Cheias no Reservatório da Barragem Estéril Sul (“As Is”, 2024).



Resultados – Barragem Estéril Sul				
Cheia de Projeto (TR) (anos)	500	1.000	10.000*	PMP*
Duração da chuva de projeto ¹ (horas)	24	24	24	24
Altura da chuva de projeto (mm)	306	330	408	462
Elevação da crista da barragem (m)	501,10	501,10	501,10	501,10
Elevação do NA máx. Normal (m)	497,55	497,55	497,55	497,55
Vazão máxima afluente (m³/s)	43,26	56,76	75,24	88,05
Vazão máxima efluente (m³/s)	36,27	41,49	54,61	63,99
NA Máximo <i>Maximorum</i> (m)	500,47	500,76	501,42	501,86
Volume do hidrograma afluente (x 10³ m³)	1.350,57	1.513,42	2.057,33	2.443,62
Volume utilizado no trânsito de cheias (x 10³ m³)	291,129	346,438	478,893	571,086
Borda livre remanescente ² (m)	0,63	0,34	-0,32	-0,76

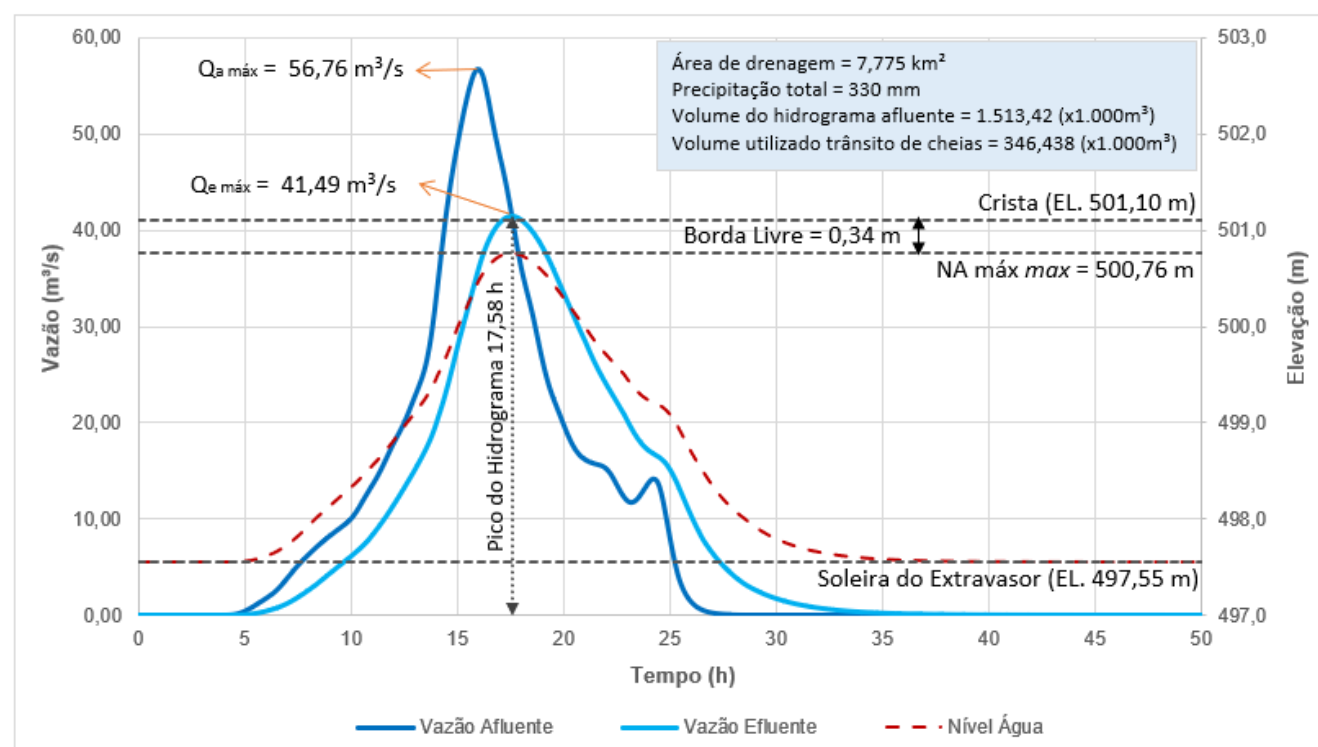
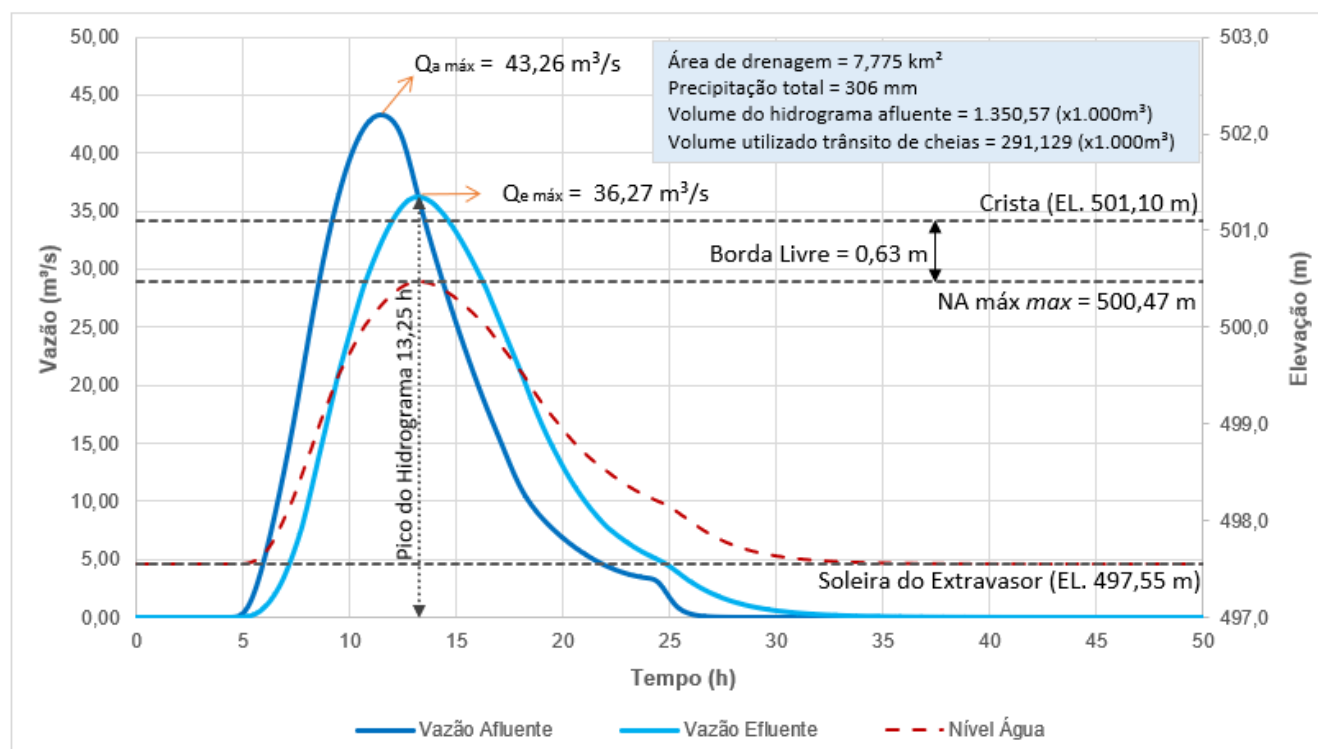
* As vazões máximas afluentes e efluentes, bem como os volumes do hidrograma afluente e os volumes utilizados no trânsito de cheias, para o TR 10.000 anos e para a PMP, foram obtidos a partir da extrapolação da curva de descarga do extravasor, mantendo o coeficiente de descarga do perfil *Creager*, e da extrapolação da curva Cota-Volume mantendo a área relativa a cota de El. 501,00m.



Na Figura 8.9 e na Figura 8.10 estão apresentados os hidrogramas afluentes e efluentes, resultantes do trânsito de cheias e as sobrelevações referentes ao nível d'água max *maximorum*, respectivamente, para os períodos de retorno de 500 anos e 1.000 anos.

¹ Chuva de Projeto é aquela cuja duração gera a maior sobre-elevação do nível de água (NA) no interior do reservatório, quando da passagem da cheia decorrente dessa chuva (chuva de projeto).

² É definida como sendo a borda livre associada ao nível de água máximo calculado pelo modelo hidrológico, no momento da passagem da cheia de projeto. Este valor não considera a onda eólica calculada para o reservatório.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1825KN-X-00149</p> <p>Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>PÁGINA 51/117</p> <p>REV. 0</p>



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 52/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

A partir dos resultados de trânsito de cheias no reservatório da Barragem Estéril Sul, para a cheia do período de retorno de 500 anos, o valor da borda livre encontrado foi de 0,63m, e para a cheia do período de retorno de 1.000 anos, o valor da borda livre encontrado foi de 0,34m.

Conforme apresentado no Relatório Técnico Final “As Is” (RL-1825KN-X-00191), verificou-se também a amplitude eólica, sendo obtido o valor de 0,27m. Sendo assim, a borda livre, considerando a altura da onda eólica, é suficiente para atender a cheias até TR 1.000 anos.

Em relação ao critério de definição de borda livre, a NBR 13.028/2017 aborda da seguinte forma:

“É recomendável, segundo análise do projetista, a manutenção de borda livre acima do nível d’água maximum maximorum. Esta borda livre fornece um fator de segurança contra variações de ondas, variações de elevação de crista e de construção”.

8.3.4 Resultados da Verificação Hidráulica do Sistema Extravasor



De acordo com o Relatório Técnico de “As Is”, documento de nº RL-1825KN-X-00191_Rev0, elaborado pela GEOESTÁVEL em julho de 2023 e revisado em março de 2024, para a avaliação do sistema extravasor, foi realizada uma simulação hidráulica em modelagem 3D, com auxílio do *software* FLOW-3D (*software* de simulação em *Computational Fluid Dynamics* - CFD), desenvolvido pela empresa americana FLOW Science, cujo representante no Brasil é a empresa METTALFORMA.

O sistema extravasor foi verificado quanto à sua capacidade de vertimento, considerando a vazão efluente simulada a partir do trânsito de cheias para um TR de 1.000 anos, equivalente a 41,49 m³/s (Tabela 8.11), por se tratar de uma barragem de Dano Potencial Associado (DPA) Médio, assim como disposto na resolução nº 95, de 07 de fevereiro de 2022, da ANM, alterada pela resolução nº 130, de 24 de fevereiro de 2023.

Os trechos que compõem o vertedouro são: canal de aproximação/emboque, trecho rápido com diferentes declividades (trecho 1 e trecho 2) e um trecho de desemboque. A seguir estão apresentadas a verificação hidráulica de cada trecho do sistema extravasor, com base os desenhos técnicos do Projeto “As Is” atualizado em 2023, documentos nº 1825KN-X-00400_RevA e nº 1825KN-X-00401_RevA.

- Canal de aproximação/Emboque

A Figura 8.11 a seguir apresenta uma visualização do sistema extravasor no Flow-3D, especificamente no início do canal de aproximação/emboque (ponto 1) e embaixo da ponte de transposição acesso/crista (ponto 2), para a vazão efluente associada ao TR 1.000 anos (vazão de 41,49 m³/s).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 53/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

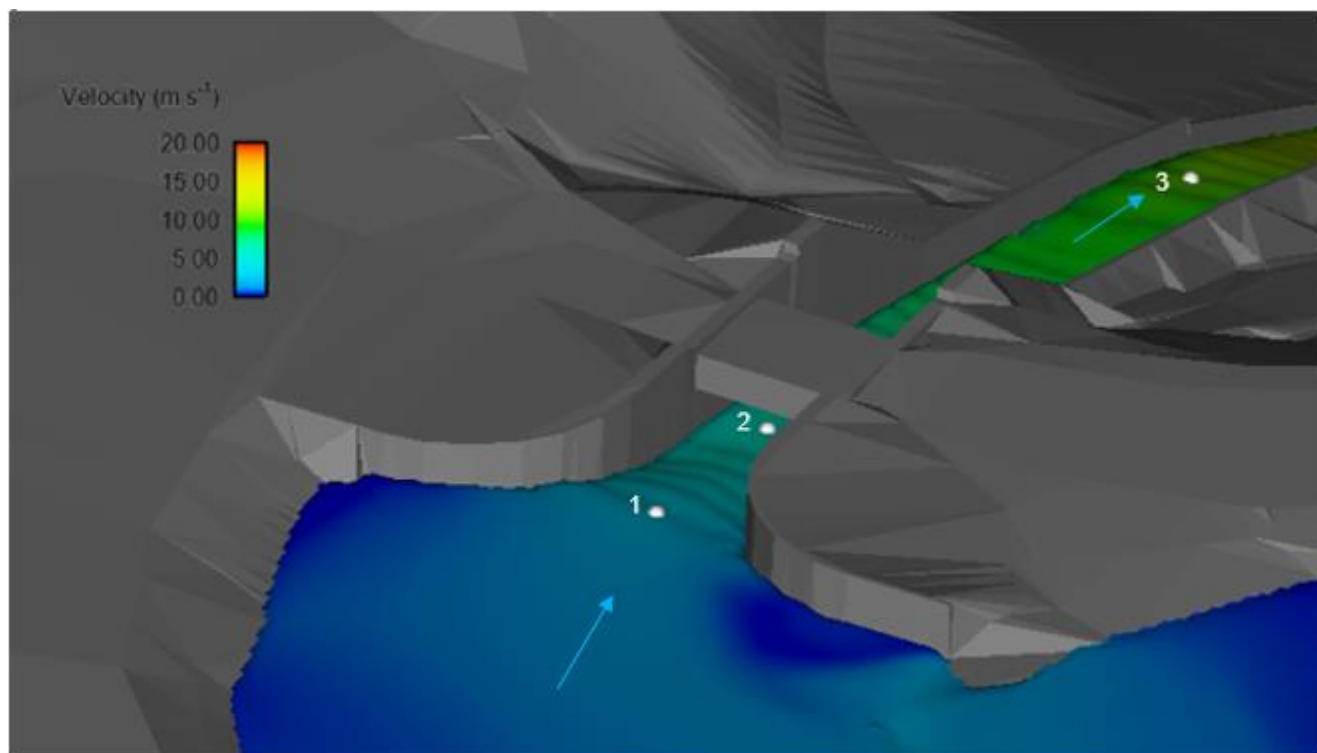




Figura 8.11 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Canal de aproximação/Emboque (Vazão de 41,49 m³/s).

Na Tabela 8.12, apresentam-se os resultados obtidos com a avaliação.

Tabela 8.12 - Síntese de verificação hidráulica do trecho de aproximação/emboque.

Variável	Trecho de Aproximação / Emboque (ponto 1)	Embaixo da ponte de acesso à crista existente (ponto 2)
Vazão de Projeto (m³/s) – 1.000 anos	41,49	41,49
Seção Geométrica	Retangular	Retangular
Cota da soleira (m)	497,55	497,55
Revestimento	Concreto	Concreto
Largura da Base (m)	4,00 (estreitamento)	4,00 (estreitamento)
Profundidade Máxima de escoamento (m)	3,02	1,91
Altura (m)	4,29	3,06
Borda livre resultante (m)	1,27	1,15
Velocidade máxima (m/s)	3,64	5,56
Froude	0,72	1,27

A profundidade de água atingida na região da ponte de transposição acesso/crista já havia sido verificada na modelagem 3D fluidodinâmica computacional (*Computational Fluid Dynamics* - CFD), relatório nº RL-1825KN-X-00187_RevA (GEOESTÁVEL, 2023). Também no presente relatório, verificou-se que a ponte situada sobre o extravasor não apresenta obstrução em nenhum momento, para a vazão de projeto TR 1.000 anos (41,49 m³/s).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 54/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

- Trecho rápido

A Figura 8.12 a seguir apresenta a visualização do sistema extravasor no Flow-3D, no final do primeiro trecho rápido (ponto 3) e no final do segundo trecho rápido (ponto 4), para a vazão efluente associada ao TR 1.000 anos (vazão de 41,49 m³/s). Visto que a borda livre foi suficiente ao longo de todo o sistema, foi considerado como ponto crítico o local de velocidade máxima, sendo inseridos pontos no final dos trechos.

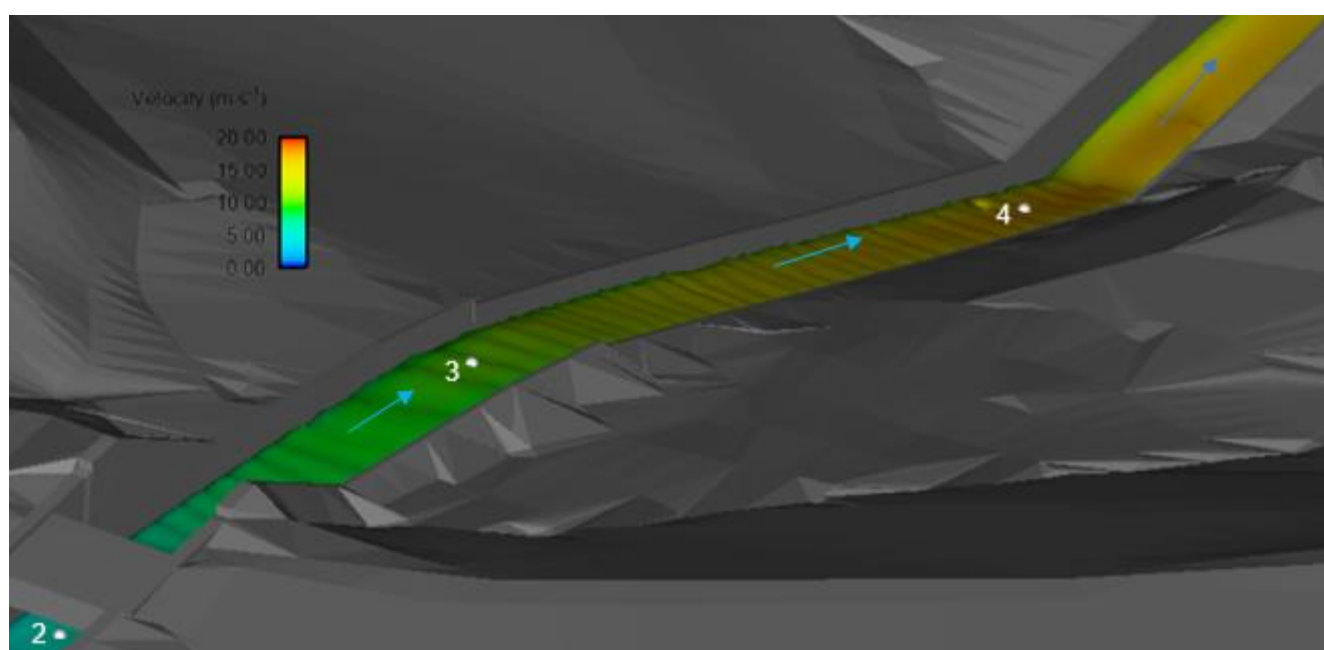




Figura 8.12 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Trecho rápido (Vazão de 41,49 m³/s).

Na Tabela 8.13 apresentam-se os resultados obtidos com a avaliação.

Tabela 8.13 - Síntese de verificação hidráulica do trecho rápido.

Variável	Primeiro Trecho Rápido (Ponto 3)	Segundo Trecho Rápido (Ponto 4)
Vazão de Projeto (m³/s) – 1.000 anos	41,49	41,49
Seção Geométrica	Retangular	Retangular
Revestimento	Concreto	Concreto
Declividade média (%)	13,15	41,73
Largura da Base (m)	4,00	4,00
Altura (m)	1,65	1,25
Profundidade máxima de escoamento (m)	1,14	0,97
Borda livre resultante (m)	0,51	0,28
Velocidade máxima (m/s)	10,14	17,35
Froude	2,90	6,08

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 55/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Comentário sobre risco de cavitação

Gikas (1986) define a cavitação como sendo a sequência do crescimento e a implosão de bolhas ou cavidades desencadeadas pela existência num líquido de um campo de pressões particular em cujo interior se atingem pressões suficientemente reduzidas.

Diversos autores indicam a necessidade de avaliar e/ou verificar o risco de cavitação em vertedouros quando as velocidades observadas são bastantes elevadas:

- Baptista (2003): velocidades acima de 25 m/s;
- Magela (2015): velocidades a partir de 30 m/s;
- Boes e Hager (2003): velocidades acima de 20 m/s;
- Gomes (2006): vazão específica acima de 15 m³/s.m.

No caso do sistema extravasor da Barragem Estéril Sul, a velocidade máxima esperada quando da ocorrência de uma cheia associada ao TR 1.000 anos é de 17,35 m/s. A vazão específica máxima é igual a 10,37 m³/s.m. Como pode ser observado, os valores “índices” são inferiores aos indicados na literatura, dessa forma, não há expectativa de problemas quanto a este fenômeno.

- Desemboque

Segundo o documento nº 1825KN-X-00400_RevA, o trecho do desemboque do sistema extravasor da Barragem Estéril Sul apresenta declividade de 4,79%, altura de parede de 2,40m e comprimento de 17,82m.

Durante a verificação hidráulica, observou-se que neste trecho não ocorre a formação de ressalto hidráulico, ou seja, ele não funciona como dissipador de energia. Dessa forma, presume-se que a dissipação se dá imediatamente a jusante, já no leito natural do curso de água. Ainda, corrobora com esta afirmativa a condição observada em campo, onde é verificado a ocorrência de um “fosso de erosão”, conforme Figura 8.13.




		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 56/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Figura 8.13 – Detalhe do desemboque do sistema extravasor e ocorrência de “fosso de erosão” (GEOESTÁVEL, 2022).

A Figura 8.14 a seguir apresenta a verificação do sistema extravasor no Flow-3D, no trecho do desemboque (ponto 5), para a vazão efluente associada ao TR 1.000 anos (vazão de 41,49 m³/s).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 57/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

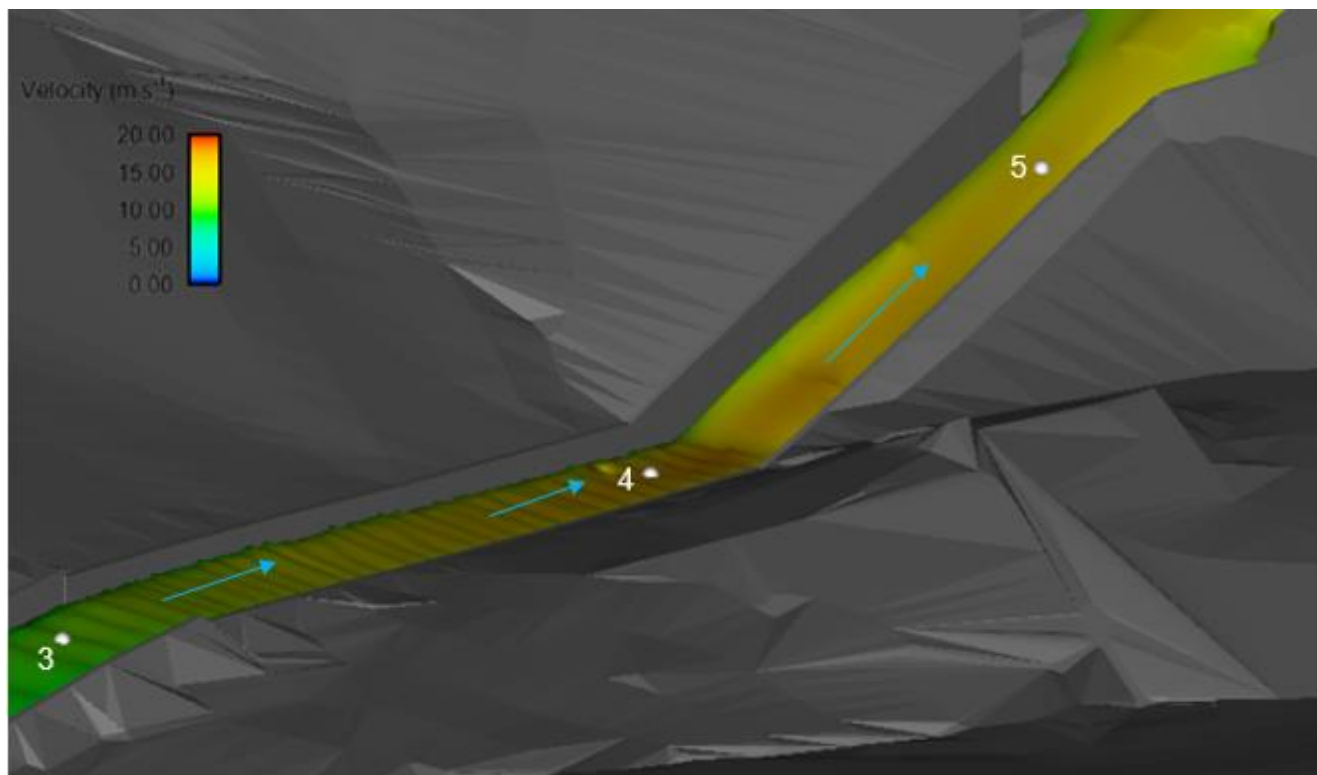




Figura 8.14 – Verificação do sistema extravasor no Flow-3D – Desemboque (Vazão de 41,49 m³/s).

Na Tabela 8.14 estão apresentados os resultados obtidos para o desemboque do sistema extravasor.

Tabela 8.14 - Síntese de verificação hidráulica do desemboque.

Variável	Desemboque (Ponto 5)
Vazão de Projeto (m³/s) – 1.000 anos	41,49
Seção Geométrica	Retangular
Revestimento	Concreto
Declividade média (%)	4,79
Largura da Base (m)	4,00
Altura (m)	2,40
Profundidade máxima de escoamento (m)	1,48
Borda livre resultante (m)	0,92
Velocidade máxima (m/s)	16,43
Froude	5,25

Conforme pontuado na Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de Estéril Sul, elaborada pela STATUM em abril de 2023 (documento nº RL-1825KN-X-00095), o “*As Built*” do projeto de escavação do sistema extravasor (documento 182K-17-6012, revisão 1, elaborado por Ismar Ferrari, em 2005) “*apresenta uma escavação mais profunda na região*

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 58/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

do desemboque quando comparado ao perfil apresentado no “As Is” (documento 1830KN-X-84525, revisão 2, elaborado pela GEOESTÁVEL, de 2021), sendo que o perfil do “As Is” está em acordo com o levantamento cadastral (Lev Esteril Sul_Rev09, AVALICON)”. O levantamento cadastral elaborado pela AVALICON foi adotado na elaboração do “As Is”, visto que apresenta a situação da estrutura observada em campo. A divergência do “As Is” quando comparado ao “As Built” do projeto de escavação é um outro indício de que o trecho possa estar assoreado na região do desemboque. Para maior assertividade desse diagnóstico, é necessário que seja verificado em campo a elevação do fundo em concreto no trecho de desemboque do sistema extravasor, considerando as evidências de um possível assoreamento na região.



Figura 8.15 – Desemboque do sistema extravasor (GEOESTÁVEL, 2024).



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>59/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura 8.16 – Sistema extravasor (GEOESTÁVEL, 2024).



8.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

De acordo com relatório de “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023), o sistema de drenagem interna da Barragem Estéril Sul consiste em dois dispositivos interligados (filtro vertical e tapete drenante), ambos compostos por areia. Na região central (pé da barragem), há indícios de um tapete tipo sanduíche. No antigo leito do rio, possivelmente há um dreno de fundo (charuto), composto por pedregulhos, que deveria concentrar a saída da drenagem interna para um único ponto.

Por outro lado, em campo, nota-se que a saída de água no dreno de pé da barragem encontra-se difusa, sendo que essas surgências foram pontualmente tratadas com trincheiras drenantes e filtros invertidos. Portanto, o sistema de drenagem interna pode estar sobrecarregado e não disciplina adequadamente as águas percoladas pelo maciço e fundação conforme relatório “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023).

Destaca-se que se encontra em elaboração pela JF Brasil um projeto que visa tratar de modo sistemático as surgências identificadas, bem como um projeto de reforço, cujo prazo de implantação da obra está para dezembro de 2025.

8.5 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 60/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

8.5.1 Condição Drenada

Para a elaboração das análises de estabilidade, utilizou-se o modelo geológico-geotécnico dos estudos “As Is”. As seções analisadas foram: BB’ (ombreira direita), CC’ (região central) e DD’ (ombreira esquerda). Vale ressaltar que a seção CC’ se apresenta como crítica do ponto de vista geométrico (maior altura) e a seção DD’ como crítica do ponto de vista piezométrico (gradientes elevados e surgências generalizadas na ombreira esquerda).

Os parâmetros geotécnicos de resistência e permeabilidade foram adotados conforme os estudos “As Is” (RL-1825KN-X-00190_RevA, relatório de interpretação dos ensaios de laboratório - GEOESTÁVEL, 2023), definidos com base nos ensaios laboratoriais, ensaios de campo, estudos anteriores e pela experiência da projetista e são apresentados na **Tabela 8.15**.

Tabela 8.15 – Parâmetros de resistência e permeabilidade para as análises da (GEOESTÁVEL, 2023)

MATERIAL	Cor	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)	K ₂₀ (m/s)
Areia		18 ³	19 ³	0 ³	30 ³	1,00x10-4 ³
Aterro da barragem		20 ¹	21 ¹	10 ¹	30 ¹	1,00x10-8 ¹
Aterro de Regularização		18 ³	19 ³	10 ³	25 ³	1,00x10-7 ³
Bota Fora		18 ³	-	5 ³	24 ³	1,00x10-7 ³
Brita		20 ³	-	0 ³	34 ³	1,00x10-3 ³
Canga		20 ¹	21 ¹	20 ³	32 ¹	1,00x10-6 ³
Colúvio		17 ⁴	-	2 ¹	30 ¹	1,00x10-7 ⁴
Enrocamento		20 ³	-	Shear Normal Function (Leps)		1,00x10-2 ³
Hematita Compacta Sulfetada		20 ³	-	Infinite Strength ³		1,00x10-6 ³
Jaspilito Compacto		20 ³	-	Infinite Strength ³		1,00x10-6 ³
Jaspilito Semi Compacto		20 ³	-	Infinite Strength ³		1,00x10-6 ³
Saprolito de Metamáfica		19 ³	20 ³	30 ²	30 ²	1,00x10-7 ³
Sedimentos		16 ³	-	0 ³	10 ³	1,00x10-5 ³
Solo Residual Laterítico Metamáfica		19 ³	20 ³	20 ²	27 ²	-
Solo Residual de Metamáfica		19 ³	20 ³	20 ²	27 ²	1,00x10-7 ³

NOTAS:

¹ Valores adotados com base em ensaios laboratoriais;

² Valores estimados com base em ensaios laboratoriais da Barragem Pera Jusante (Apêndice D);

³ Valores estimados pela Geoestável;

⁴ Valores estimados com base em ensaios laboratoriais da Barragem Jacaré (Apêndice D).

Para as análises de estabilidade foi considerado o nível d'água do reservatório na El.497,55m (soleira do extravasor, datum Imbituba), e a determinação da superfície freática considerou-se os registros máximos dos instrumentos presentes em cada seção, do período


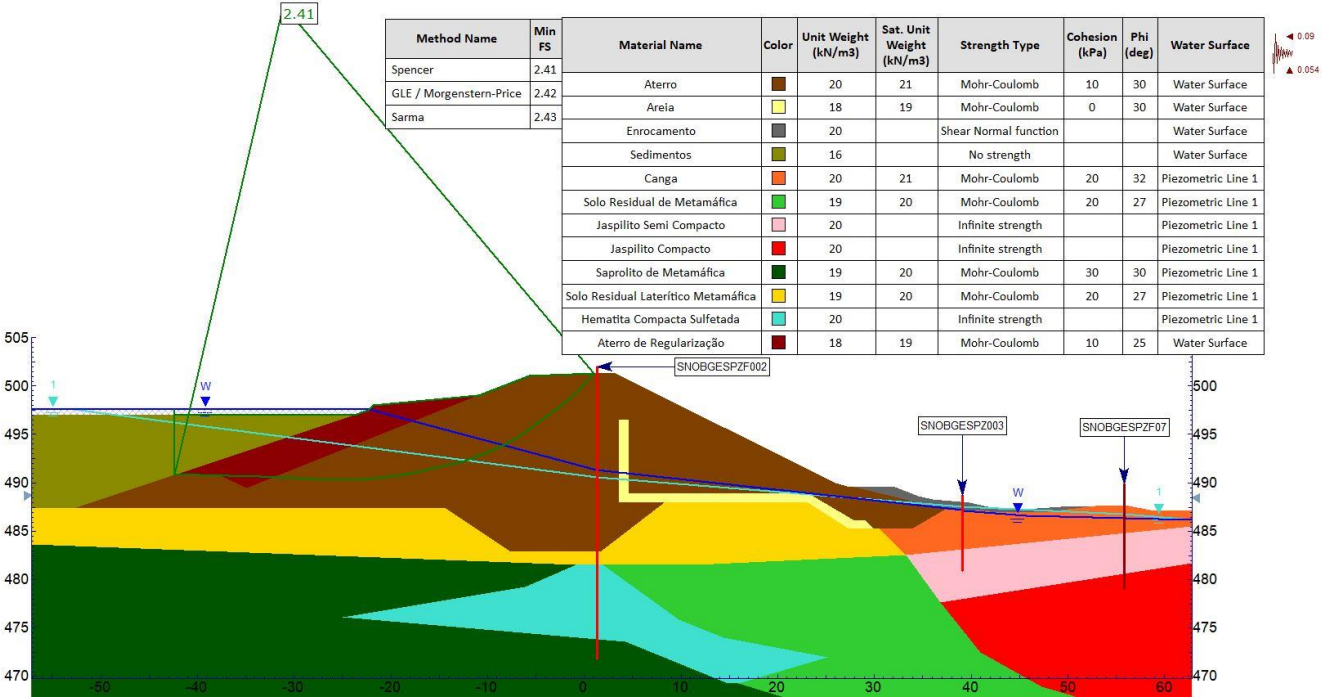
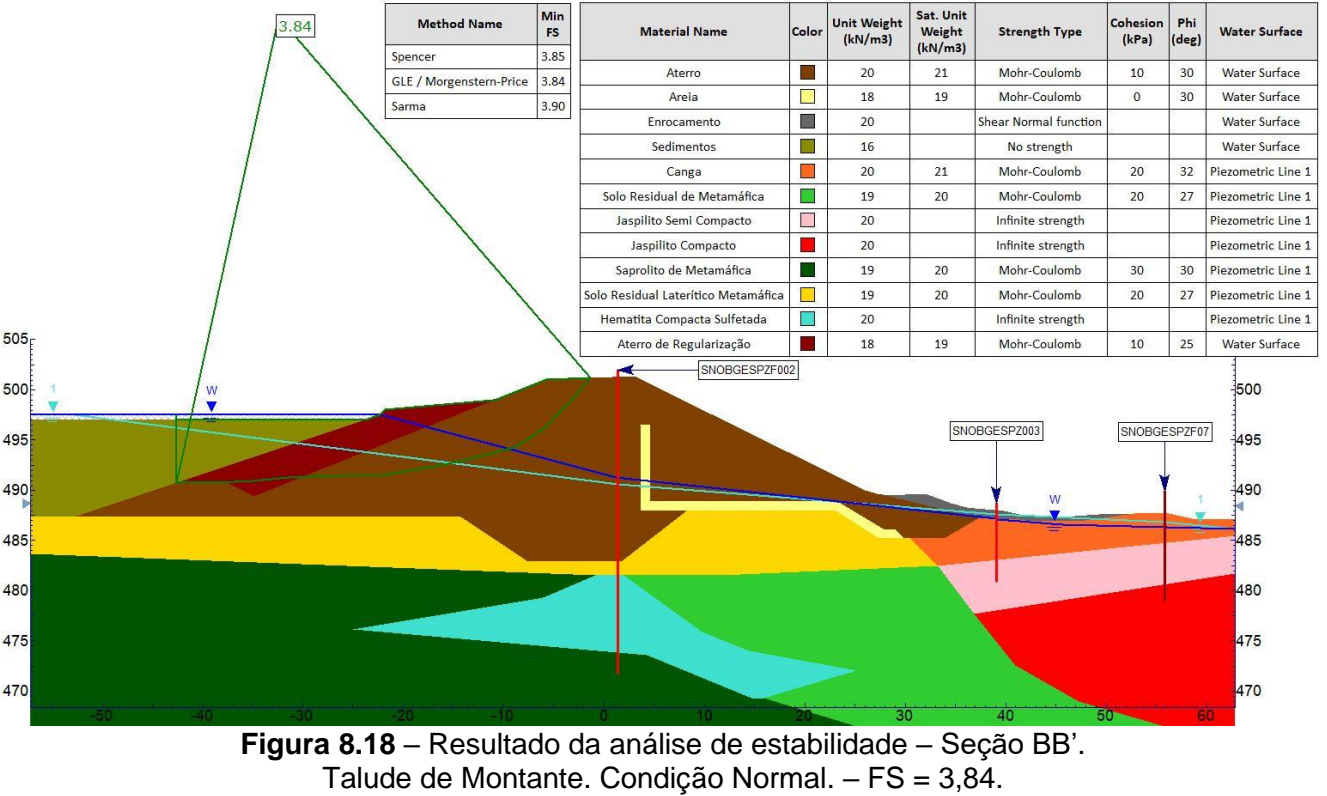
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 62/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Figura 8.17 – Localização das seções em planta – Barragem Estéril Sul (1825KN-X-00387_RevA – Geoestável, 2023).

A Figura 8.18 até Figura 8.36 ilustram os fatores de segurança para os taludes de montante e jusante para cada condição de carregamento considerada.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 63/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Figura 8.19 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,41.

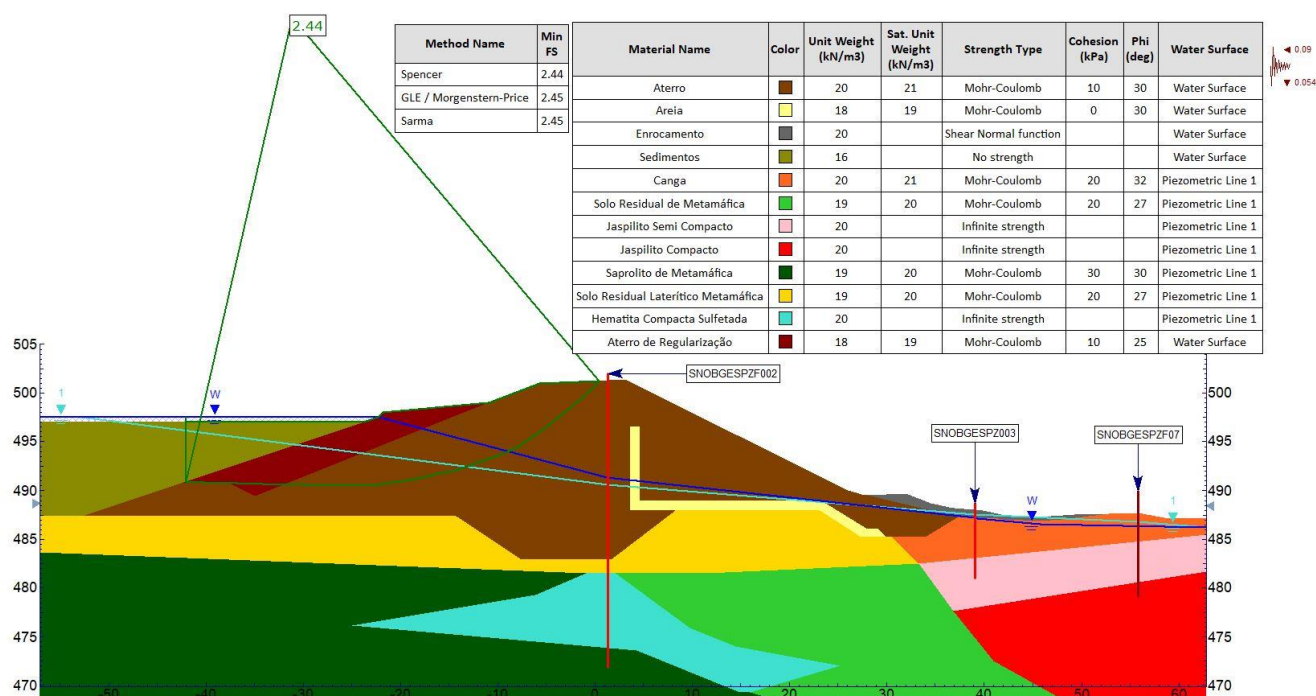


Figura 8.20 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,44.

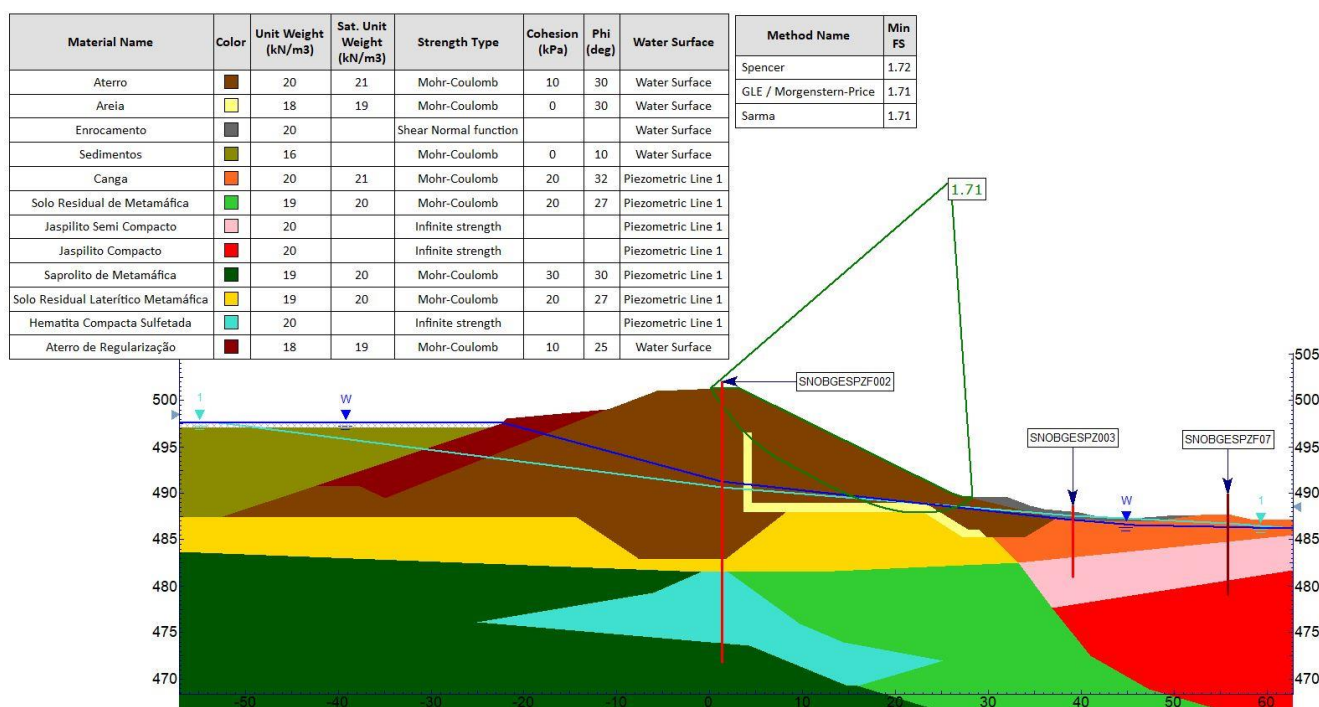


Figura 8.21 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB’.
Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,71.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 64/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

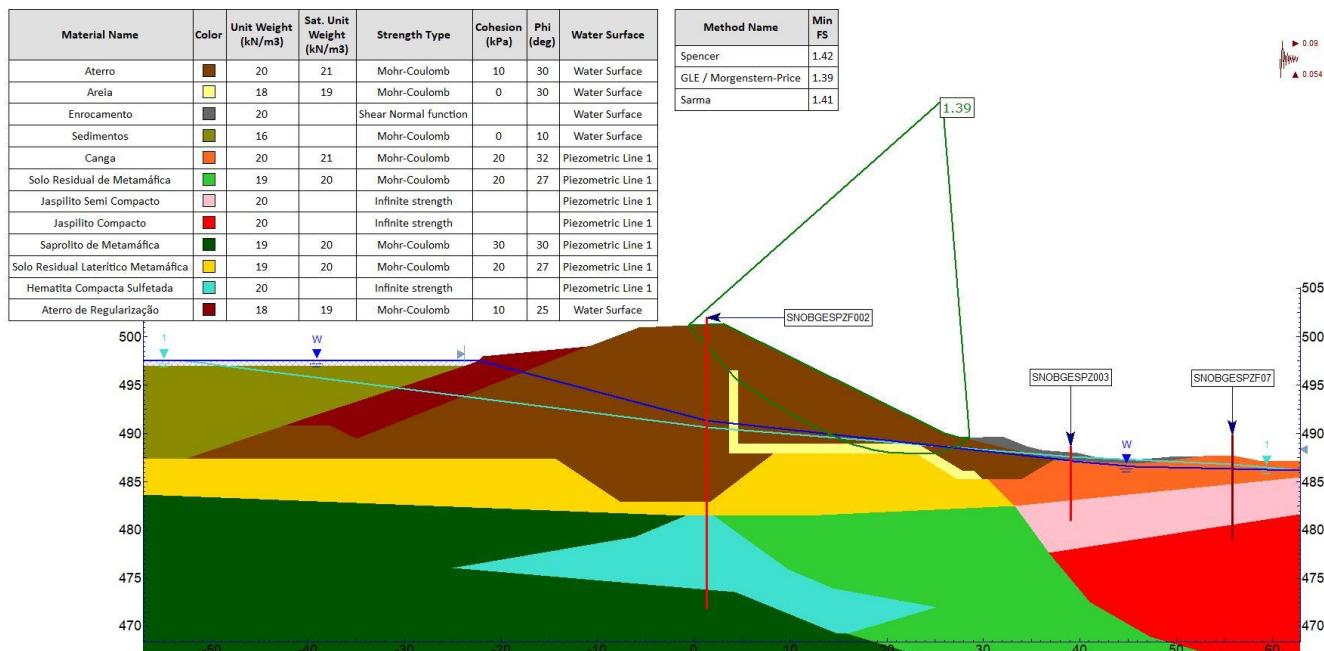


Figura 8.22 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,39.

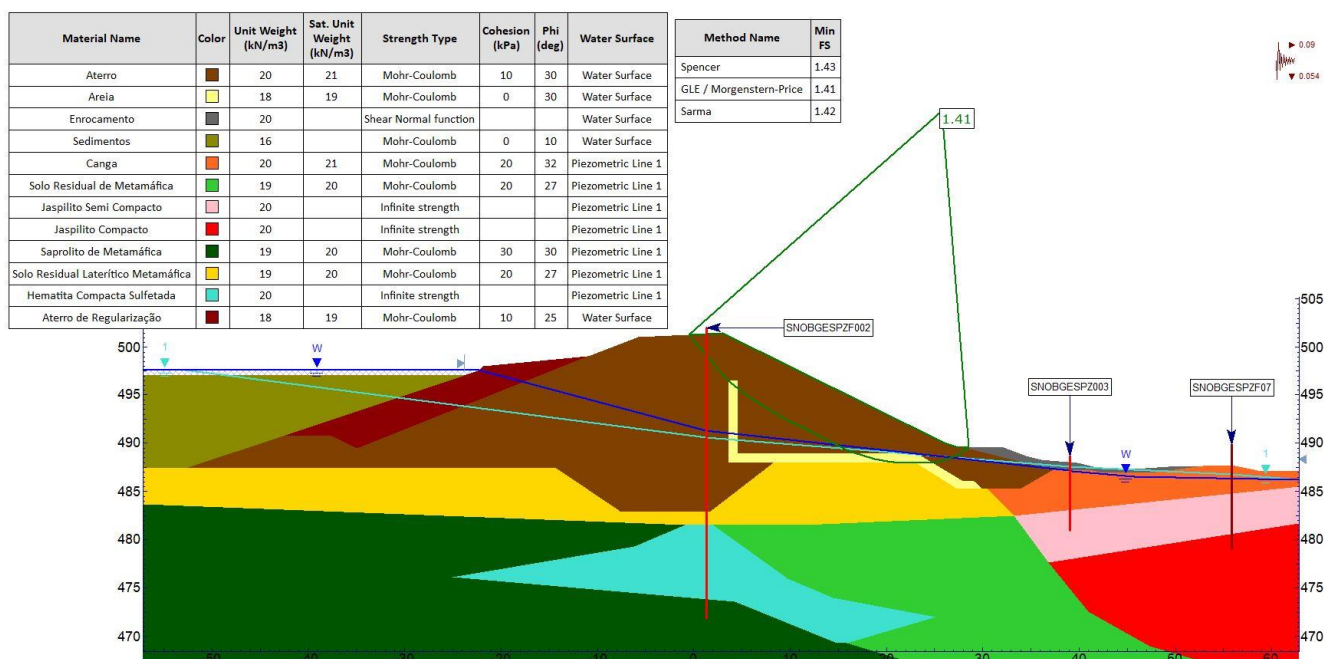




Figura 8.23 – Resultado da análise de estabilidade – Seção BB’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,41.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 65/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

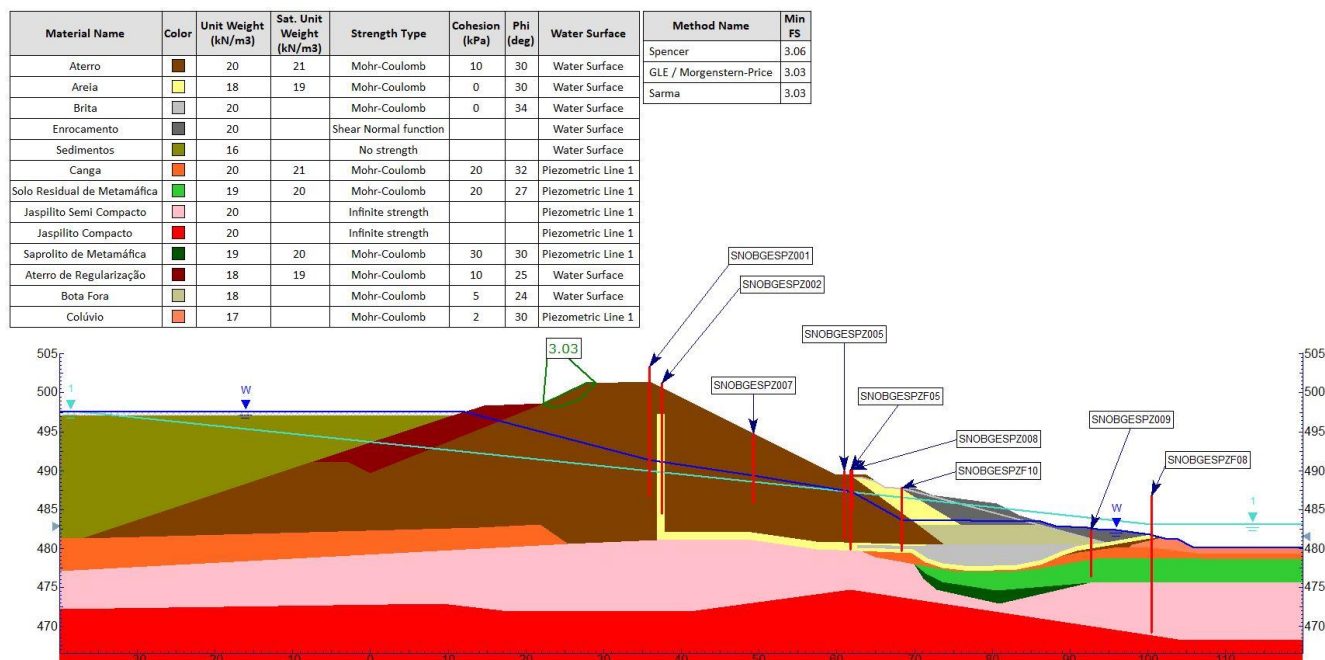


Figura 8.24 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Montante. Condição Normal. – FS = 3,03.

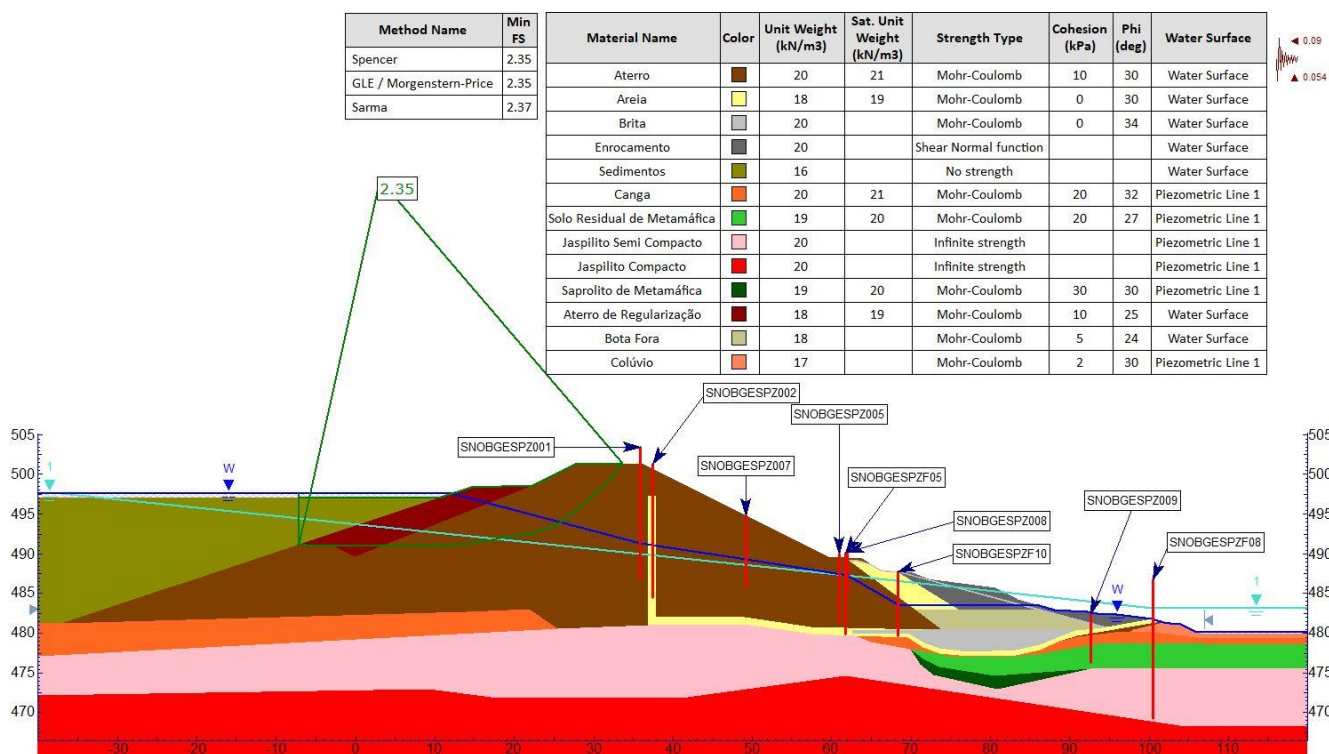




Figura 8.25 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,35.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 66/117 REV. 0

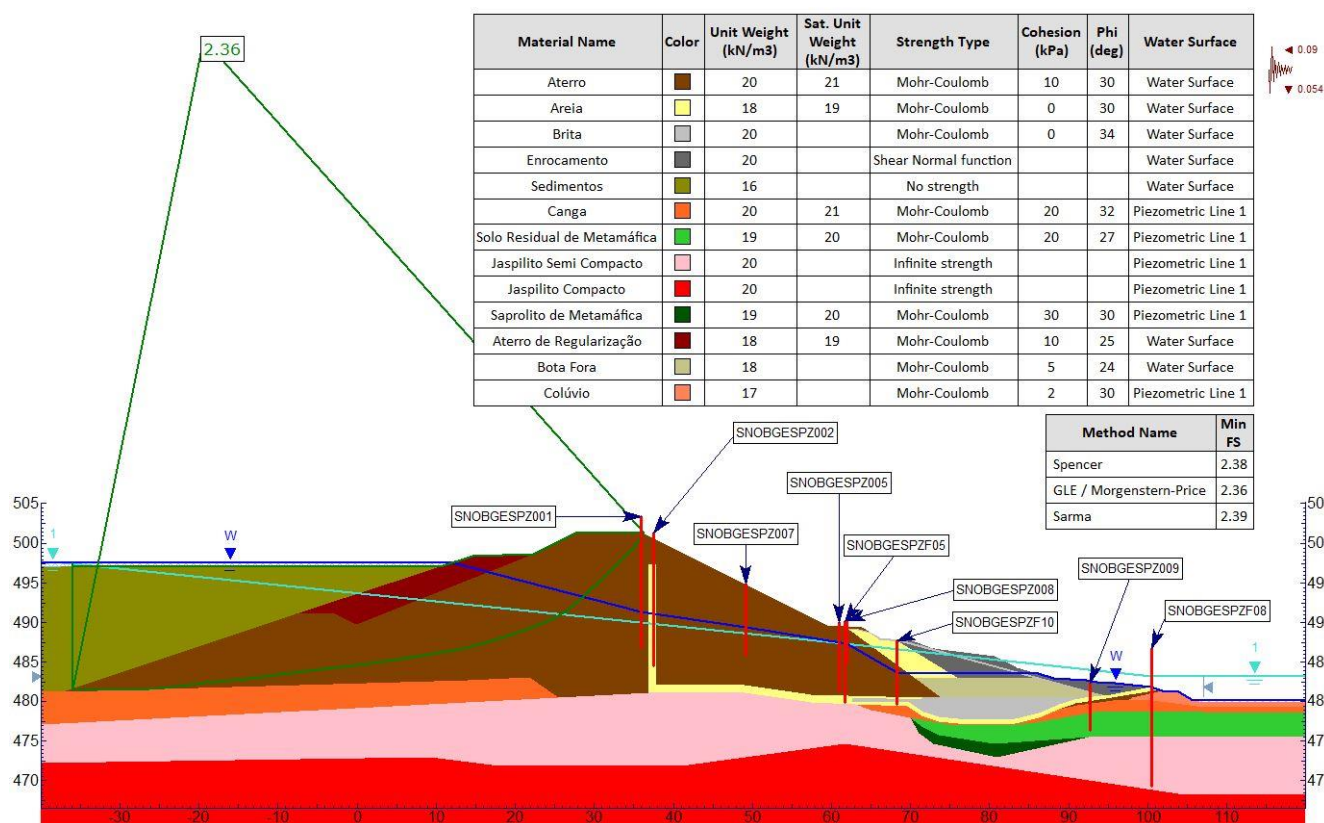


Figura 8.26 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,36.

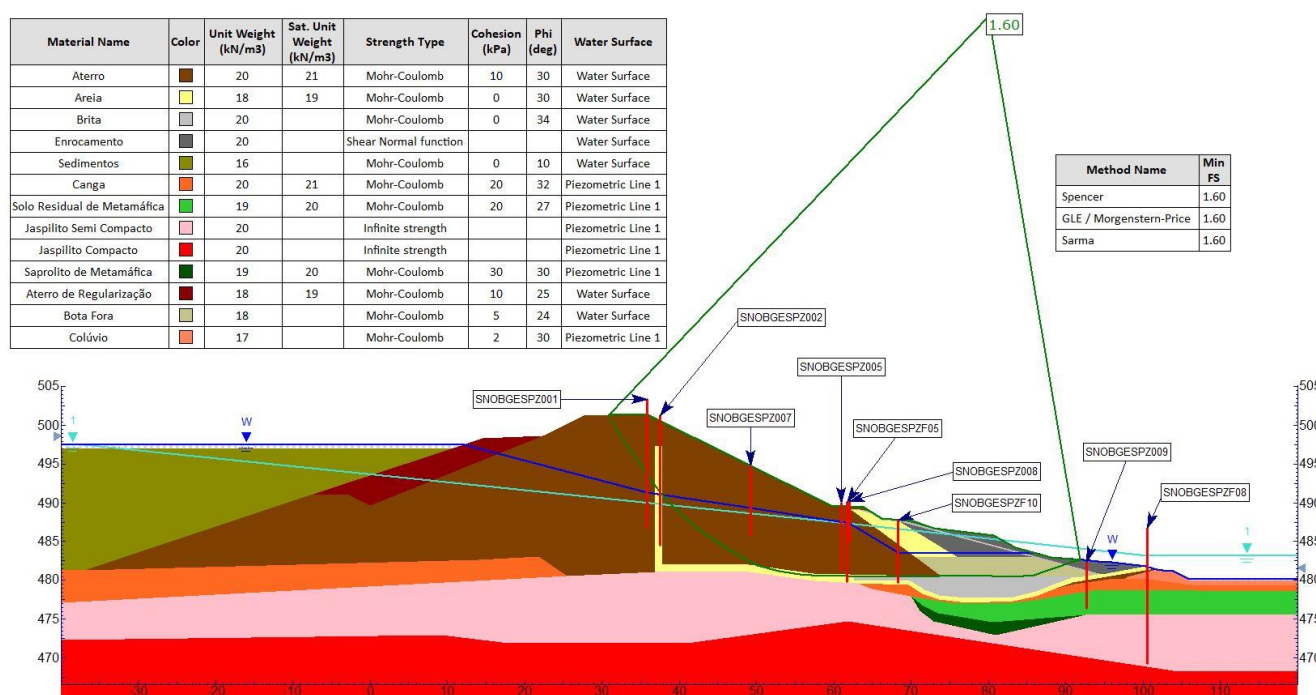




Figura 8.27 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,60.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 67/117 REV. 0

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m³)	Sat. Unit Weight (kN/m³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Aterro		20	21	Mohr-Coulomb	10	30	Water Surface
Areia		18	19	Mohr-Coulomb	0	30	Water Surface
Brita		20		Mohr-Coulomb	0	34	Water Surface
Enrocamento		20		Shear Normal function			Water Surface
Sedimentos		16		Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface
Canga		20	21	Mohr-Coulomb	20	32	Piezometric Line 1
Solo Residual de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Jaspilito Semi Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Jaspilito Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Saprolito de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	30	30	Piezometric Line 1
Aterro de Regularização		18	19	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface
Bota Fora		18		Mohr-Coulomb	5	24	Water Surface
Colúvio		17		Mohr-Coulomb	2	30	Piezometric Line 1

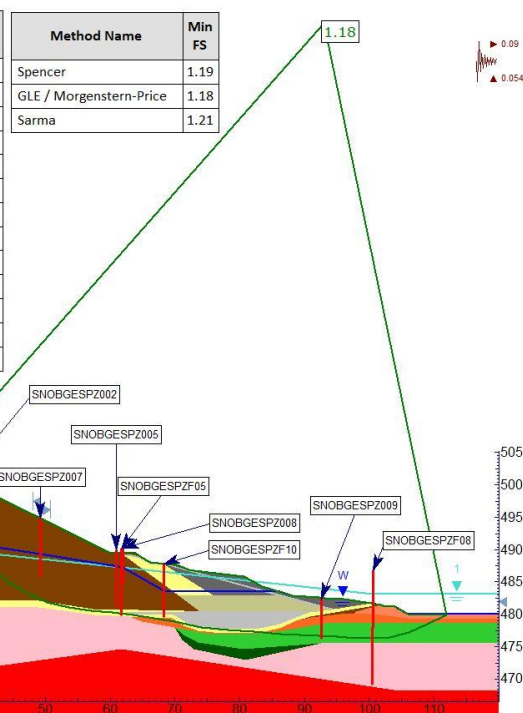


Figura 8.28 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,18.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m³)	Sat. Unit Weight (kN/m³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Aterro		20	21	Mohr-Coulomb	10	30	Water Surface
Areia		18	19	Mohr-Coulomb	0	30	Water Surface
Brita		20		Mohr-Coulomb	0	34	Water Surface
Enrocamento		20		Shear Normal function			Water Surface
Sedimentos		16		Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface
Canga		20	21	Mohr-Coulomb	20	32	Piezometric Line 1
Solo Residual de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Jaspilito Semi Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Jaspilito Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Saprolito de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	30	30	Piezometric Line 1
Aterro de Regularização		18	19	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface
Bota Fora		18		Mohr-Coulomb	5	24	Water Surface
Colúvio		17		Mohr-Coulomb	2	30	Piezometric Line 1

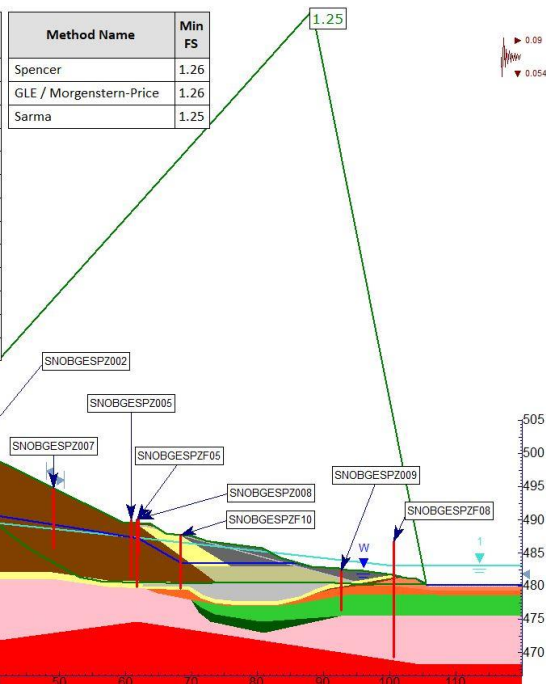




Figura 8.29 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,25.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 68/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Sat. Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Aterro		20	21	Mohr-Coulomb	10	30	Water Surface
Areia		18	19	Mohr-Coulomb	0	30	Water Surface
Brita		20		Mohr-Coulomb	0	34	Water Surface
Enrocamento		20		Shear Normal function			Water Surface
Sedimentos		16		No strength			Water Surface
Canga		20	21	Mohr-Coulomb	20	32	Piezometric Line 1
Solo Residual de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Jaspilito Semi Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Jaspilito Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Solo Residual Laterítico Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Hematita Friável		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Aterro de Regularização		18	19	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface

Method Name	Min FS
Spencer	3.18
GLE / Morgenstern-Price	3.15
Sarma	3.15

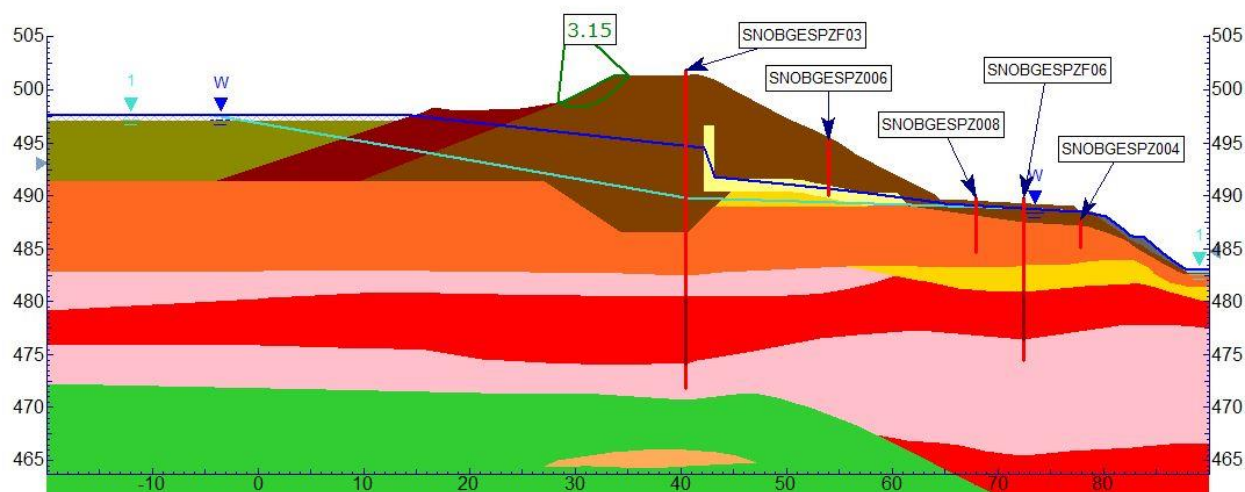




Figura 8.30 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Montante. Condição Normal. – FS = 3,15.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 69/117 REV. 0

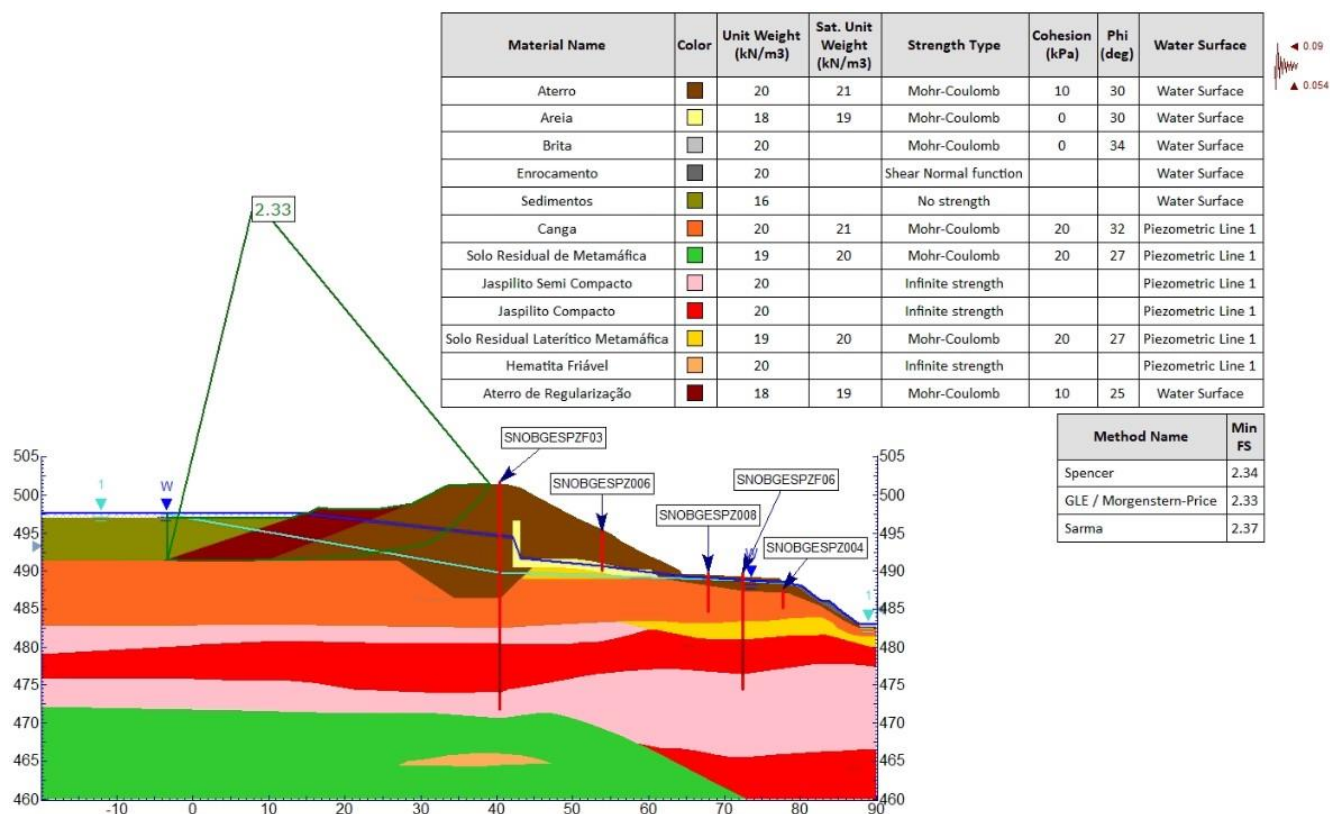




Figura 8.31 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 2,33.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 70/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

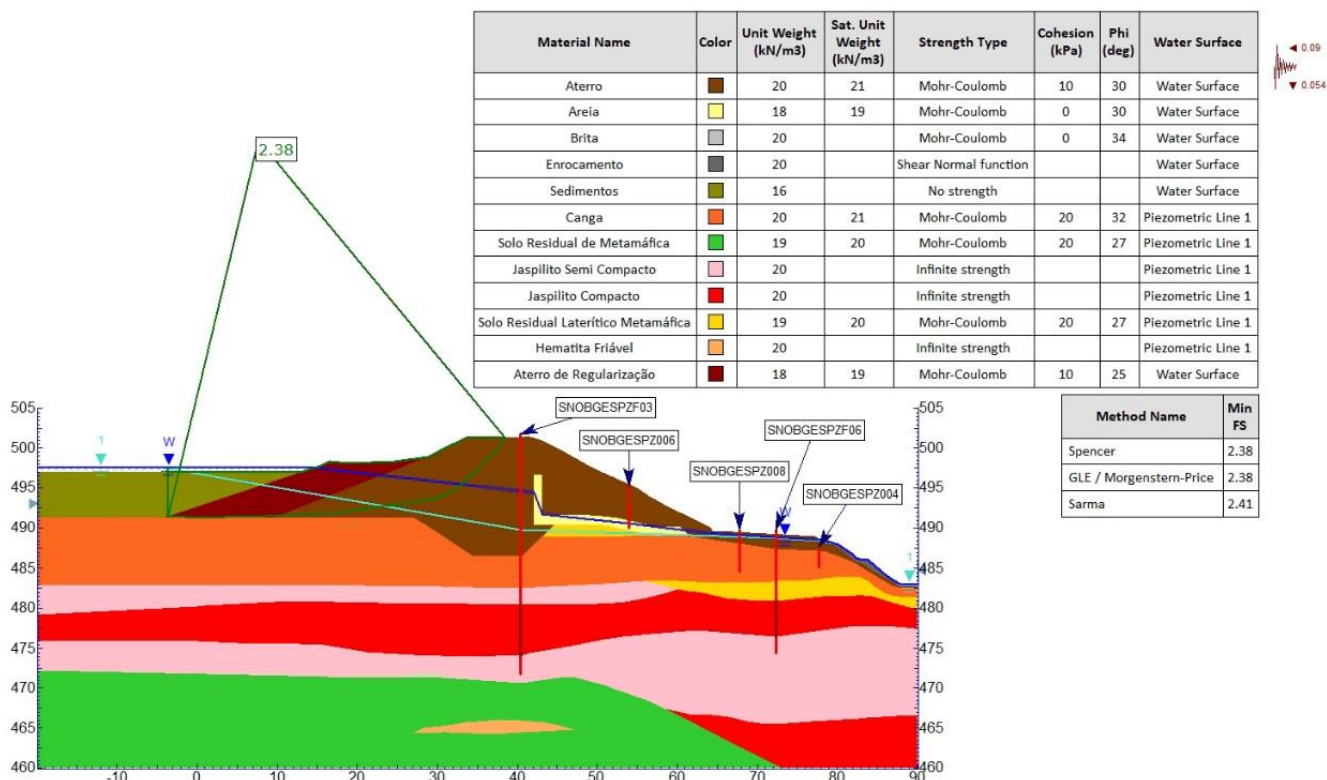




Figura 8.32 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Montante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 2,38.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 71/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Sat. Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Aterro	■	20	21	Mohr-Coulomb	10	30	Water Surface
Areia	■	18	19	Mohr-Coulomb	0	30	Water Surface
Brita	■	20		Mohr-Coulomb	0	34	Water Surface
Enrocamento	■	20		Shear Normal function			Water Surface
Sedimentos	■	16		Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface
Canga	■	20	21	Mohr-Coulomb	20	32	Piezometric Line 1
Solo Residual de Metamáfica	■	19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Jaspilito Semi Compacto	■	20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Jaspilito Compacto	■	20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Solo Residual Laterítico Metamáfica	■	19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Hematita Friável	■	20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Aterro de Regularização	■	18	19	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface

Method Name	Min FS
Spencer	1.55
GLE / Morgenstern-Price	1.54
Sarma	1.54

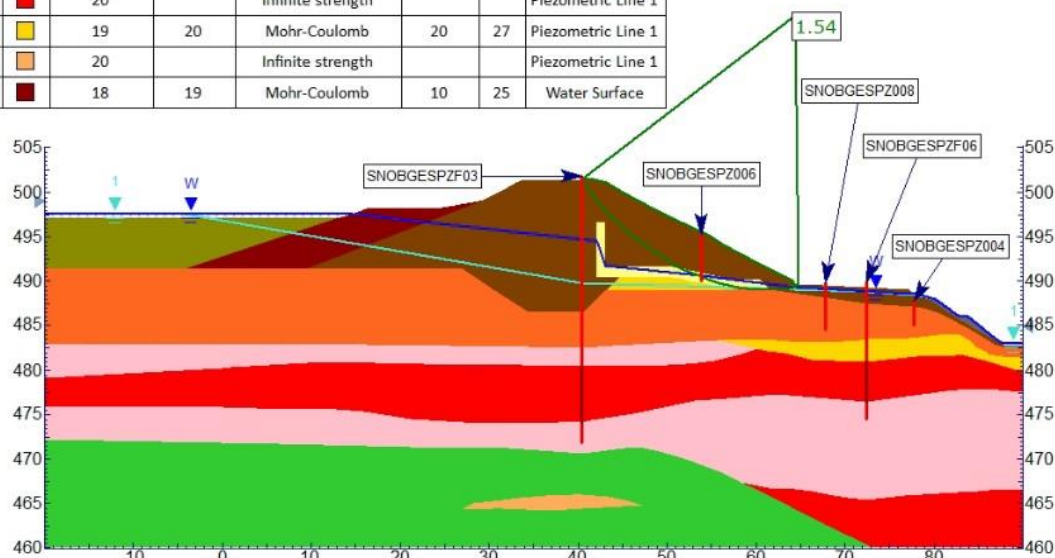



Figura 8.33 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Jusante. Condição Normal. – FS = 1,54.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 72/117 REV. 0

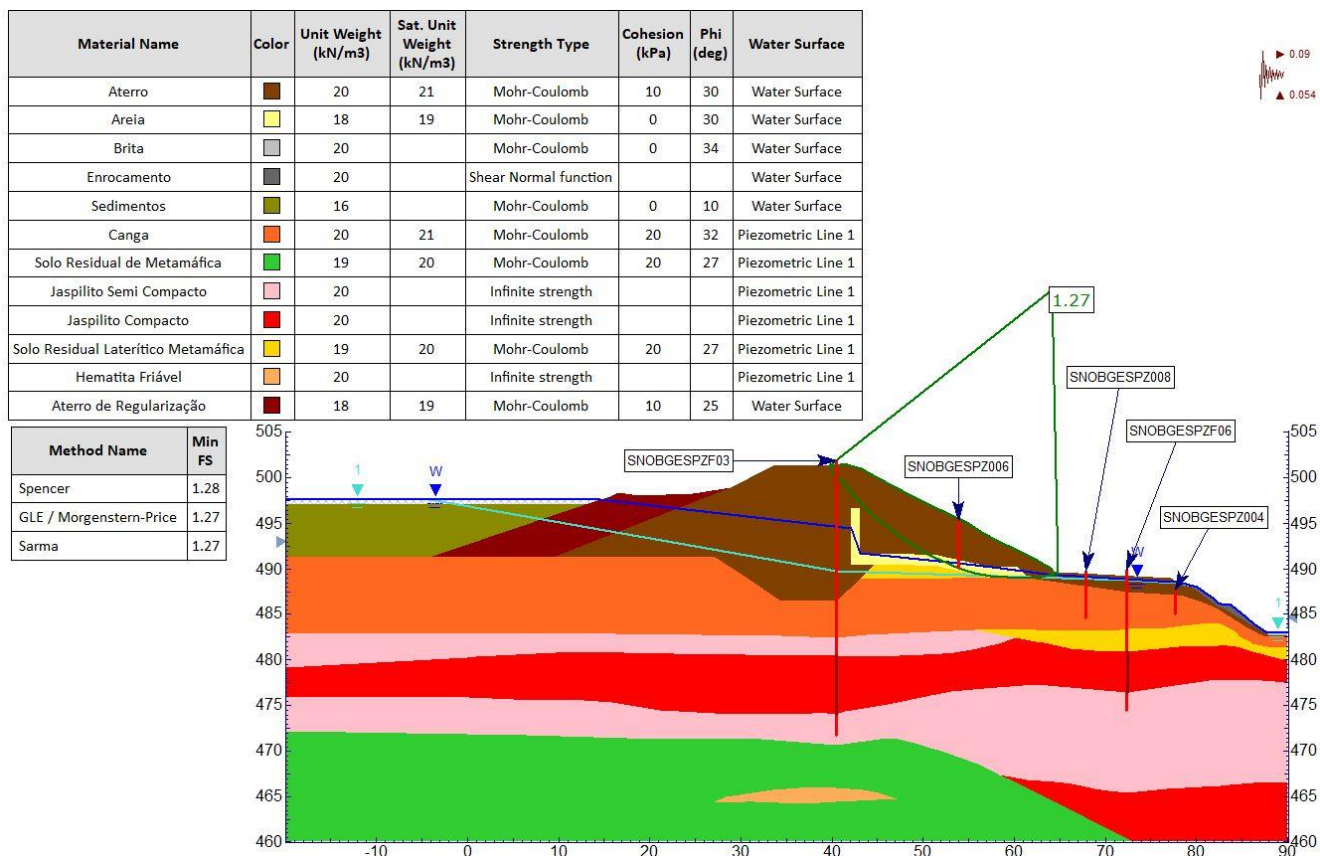


Figura 8.34 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Cima. TR=10.000anos. – FS = 1,27.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 73/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Sat. Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Aterro		20	21	Mohr-Coulomb	10	30	Water Surface
Areia		18	19	Mohr-Coulomb	0	30	Water Surface
Brita		20		Mohr-Coulomb	0	34	Water Surface
Enrocamento		20		Shear Normal function			Water Surface
Sedimentos		16		Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface
Canga		20	21	Mohr-Coulomb	20	32	Piezometric Line 1
Solo Residual de Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Jaspilito Semi Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Jaspilito Compacto		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Solo Residual Laterítico Metamáfica		19	20	Mohr-Coulomb	20	27	Piezometric Line 1
Hematita Friável		20		Infinite strength			Piezometric Line 1
Aterro de Regularização		18	19	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface

Method Name	Min FS
Spencer	1.29
GLE / Morgenstern-Price	1.28
Sarma	1.28

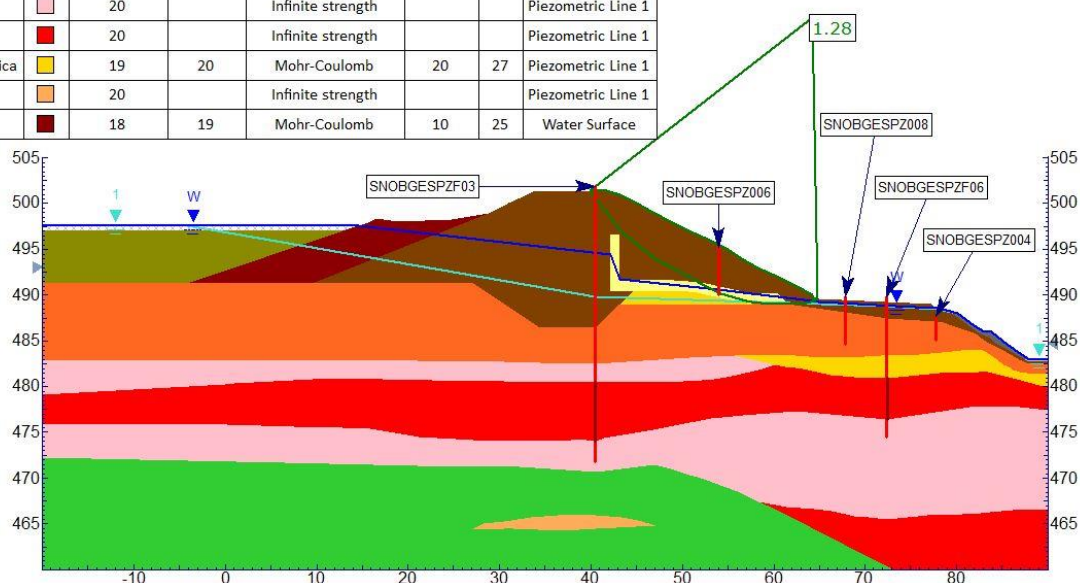
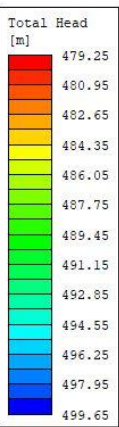


Figura 8.35 – Resultado da análise de estabilidade – Seção DD’.
Talude de Jusante. Condição Sismo para Baixo. TR=10.000anos. – FS = 1,28.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO</p> <p>UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS</p> <p>INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024</p> <p>RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>74/117</p>
			<p>Nº GEOESTAVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
Aterro		20	Mohr-Coulomb	10	30
Areia		18	Mohr-Coulomb	0	30
Brita		20	Mohr-Coulomb	0	34
Enrocamento		20	Shear Normal function		
Sedimentos		16	Mohr-Coulomb	0	10
Canga		20	Mohr-Coulomb	20	32
Solo Residual de Metamáfica		19	Mohr-Coulomb	20	27
Jaspilito Semi Compacto		20	Infinite strength		
Jaspilito Compacto		20	Infinite strength		
Saprolito de Metamáfica		19	Mohr-Coulomb	30	30
Aterro de Regularização		18	Mohr-Coulomb	10	25
Bota Fora		18	Mohr-Coulomb	5	24
Colúvio		17	Mohr-Coulomb	2	30



Method Name	Min FS
Spencer	1.61
GLE / Morgenstern-Price	1.60
Sarma	1.60

Material Name	Color	Model	KS (m/s)	K2/K1
Aterro		Simple	1e-08	0.1
Areia		Simple	1e-07	1
Brita		Simple	1e-06	1
Enrocamento		Simple	1e-05	1
Sedimentos		Simple	1e-05	1
Canga		Simple	1e-06	1
Solo Residual de Metamáfica		Simple	1e-07	1
Jaspilito Semi Compacto		Simple	1e-06	1
Jaspilito Compacto		Simple	1e-06	1
Saprolito de Metamáfica		Simple	1e-07	1
Aterro de Regularização		Simple	1e-07	1
Bota Fora		Simple	1e-07	1
Colúvio		Simple	1e-07	1

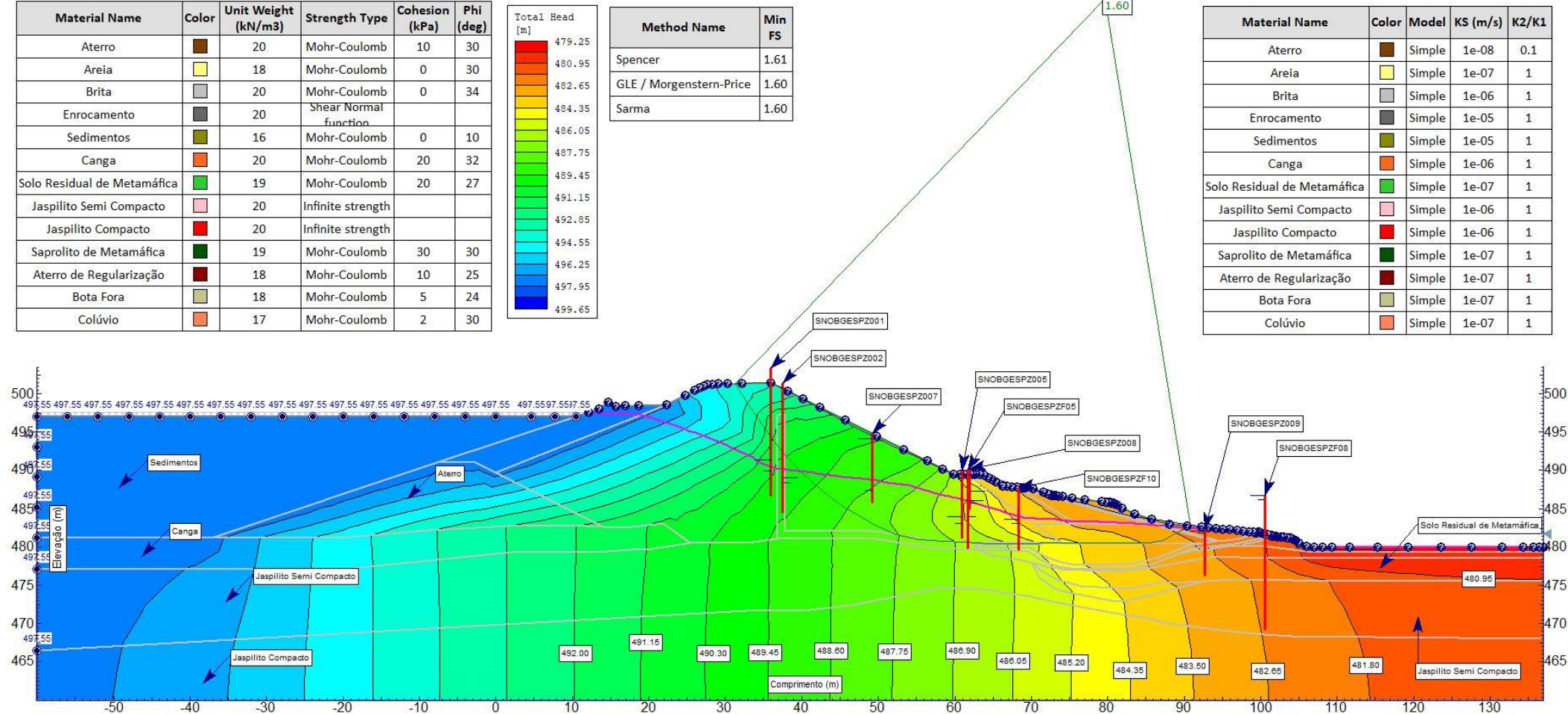




Figura 8.36 – Resultado da análise de estabilidade – Seção CC'. Condição Extrema. – FS = 1,60.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 75/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

O fator de segurança (FS) foi determinado admitindo duas casas decimais com base em análise determinística por equilíbrio limite para superfícies não circulares. Os resultados para as análises de estabilidade desenvolvidas para a estrutura estão apresentados na Tabela 8.16.

Tabela 8.16 - Resumo dos resultados análises de estabilidade em condição normal de operação e solicitação sísmica.

Condição	Seção	FS Spencer	FS GLE/Morgenstern- Price	FS Sarma	FS mín.	FS mín. Norma
Operação Normal – Solicitação mais crítica de Jusante e Montante	BB'	1,72	1,71	1,71	1,71	1,50
	CC'	1,60	1,60	1,60	1,60	1,50
	DD'	1,55	1,54	1,54	1,54	1,50
Solicitação Sísmica – Solicitação mais crítica do sismo para baixo e para cima – Jusante e Montante	BB'	1,42	1,39	1,41	1,39	1,10
	CC'	1,19	1,18	1,21	1,18	1,10
	DD'	1,28	1,27	1,27	1,27	1,10
Operação Extrema	CC'	1,61	1,60	1,60	1,60	1,30



Conforme apresentado, os resultados das análises de estabilidade apresentaram fatores de segurança superiores aos requeridos pela NBR 13.028 (ABNT, 2017) e Resolução N°130 (ANM, 2023), tanto para a condição normal ($FS \geq 1,50$), frente ao sismo ($FS \geq 1,10$), ou ainda frente a condição extrema ($FS > 1,30$).

8.5.2 Condição Não Drenada

De acordo com o “As Is” (GEOESTÁVEL, 2023) a Barragem Estéril Sul está assentada sobre terreno natural (canga, solo residual de metamáfica e jaspilito) competente com base nos ensaios de campo do tipo SPT, em que só há a presença de colúvio na região das ombreiras. Porém estudos estão sendo conduzidos com os ensaios de laboratório para melhor avaliar a questão. Os estudos serão concluídos até agosto de 2024 e as obras de melhorias serão implantadas até dezembro de 2025.

8.5.3 Caracterização Tecnológica dos Rejeitos

A Barragem Estéril Sul é uma estrutura de contenção de sedimentos e acumulação de água, portanto este item não é aplicável. Todavia, conforme estudo de ruptura hipotética da FUGRO, RL-1800KN-X-70056_R0 emitido em 21/12/2022, o sedimento pela NBR 10.004:2004 é Classe II-A (Não Perigoso – Não Inerte) (RT1700308-0). A VALE está elaborando um estudo para solicitar a ANM uma revisão nesse critério de classificação, por entender que a utilização da NBR 10.004:2004 não é a mais adequada para classificação dos sedimentos e/ou rejeitos de mineração.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 76/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

8.5.4 Análises de Estabilidade Quinzenais

Conforme recomendação da Resolução N°95/2022 e 130/2023 (ANM), para a análise crítica da evolução das análises de estabilidade quinzenais, elaboradas pela VALE, a tabela a seguir apresenta um compilado dos resultados ao longo do semestre.

Tabela 8.17 - Resumo dos resultados das análises de estabilidade quinzenais.

Inspeção	Quinzena	FS
11ª – 06/2023	1ª	1,50
12ª – 06/2023	2ª	1,50
13ª – 07/2023	1ª	1,50
14ª – 07/2023	2ª	1,50
15ª – 08/2023	1ª	1,50
16ª – 08/2023	2ª	1,50
17ª – 09/2023	1ª	1,50
18ª – 09/2023	2ª	1,54
19ª – 10/2023	1ª	1,54
20ª – 10/2023	2ª	1,54
21ª – 11/2023	1ª	1,54
22ª – 11/2023	2ª	1,54
23ª – 12/2023	1ª	1,57
24ª – 12/2023	2ª	1,50

*Os valores apresentados na tabela se referem ao menor fator de segurança encontrado dentre os três métodos de cálculo analisados.

Conforme apresentado, os resultados das análises de estabilidade quinzenais não apresentaram variação significativa dos fatores de segurança, mantendo-se superiores ou iguais ao requerido pela NBR 13.028 (ABNT, 2017) e Resolução N°95/2022 e 130/2023 (ANM) para a condição normal ($FS \geq 1,50$).

9.0 RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR

A última auditoria técnica realizada na Barragem Estéril Sul foi feita pela empresa GEOESTÁVEL no 2º semestre de 2023. As recomendações realizadas na ocasião estão indicadas na Tabela 9.1.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 77/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Tabela 9.1 – Recomendações da auditoria anterior (GEOESTÁVEL, 2023).

Recomendação	Prazo	Status	Observações
Implantar projeto de medidas corretivas que trate de forma ampla toda a saída do dreno de pé e ombreiras, inclusive eliminando as contribuições dos elementos de drenagem superficial para os medidores de vazão. Considerar neste projeto ainda a questão do topo do filtro vertical estar abaixo do nível d'água normal;	31/12/2025	Reapresentado	
Estudar um plano de rebaixamento do lago (e fazer um teste prévio) de forma a reduzir as surgências;	30/04/2024	Cancelado	Cancelado devido a alteração na concepção do projeto de tratamento das surgências. Será reavaliado após a análise do projeto,
Implantar o plano de rebaixamento;	30/07/2024	Cancelado	Cancelado devido a alteração na concepção do projeto de tratamento das surgências. Será reavaliado após a análise do projeto,
Verificar as reduções nos níveis piezométricos de fundação e região do pé durante o bombeamento de forma a subsidiar as etapas do projeto de tratamento das surgências atualmente observadas;	30/07/2024	Cancelado	Cancelado devido a alteração na concepção do projeto de tratamento das surgências. Será reavaliado após a análise do projeto,
Revisar o manual de operação (OMV) estabelecendo os níveis de controle dos piezômetros com base em análises de estabilidade por rupturas não circulares com base em pelo menos três métodos de cálculo;	30/03/2024	Reapresentado	
Regularizar trechos pontuais da crista que se encontra na El. 500,94m, para que o ponto mais baixo esteja na El. 501,0m, conforme análises feitas.	30/07/2024	Cancelado	No que diz respeito à elevação da crista da estrutura, nos estudos anteriores elaborados pela GEOESTÁVEL, considerava-se o ponto mais baixo do último levantamento topográfico feito, sendo adotada a El. 501,00m ("Lev Esteril Sul_Rev09" - AVALICON, 2021). No presente documento, considerou-se que a elevação da crista é o "ponto mais baixo no eixo da crista, definido a partir de uma superfície 3D composta pelo levantamento topográfico da crista (taludes de montante e jusante)". Sendo assim, a cota da crista adotada foi na El. 501,10m, sendo este o ponto mais baixo no perfil passando pelo eixo da barragem na superfície 3D gerada a partir do

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>78/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

			levantamento "Lev Esteril Sul_Rev09" (AVALICON, 2021).
Realizar a batimetria e o laser do reservatório na mesma época, para que o levantamento topográfico dos sedimentos imersos e emersos estejam compatíveis com período sob análise. Sugere-se, portanto, programar um levantamento topobatimétrico e um levantamento a laser do reservatório antes do período chuvoso (espaçados de no máximo 3 meses) e programar a atualização de ambos após o período chuvoso (seguindo o mesmo intervalo limite proposto);	31/12/2024	Cancelado	A recomendação já é uma rotina da Geotecnia Operacional e será inclusa no OMV.
Desassorear o reservatório, a partir do Plano de Dragagem proposto pela GEOESTÁVEL em 2022 (nº RL-1820KN-X-00045), a fim de garantir o funcionamento da estrutura em relação à eficiência de contenção de sedimentos, considerando o cenário de máxima ocupação da barragem (nº RL-1825KN-X-00188);	31/12/2024	Reapresentado	
Elaborar e implantar um projeto de adequação dos dispositivos de drenagem superficial CN-01, CNL-02, DAD-01 e CP-01, para que todas as estruturas de drenagem atendam às vazões solicitadas calculadas no presente documento;	31/12/2025	Reapresentado	A estrutura está com um projeto de melhorias em andamento pela empresa JF Brasil. O projeto será implantado até dezembro de 2025, sendo que a adequação ou alternativa para uma nova drenagem superficial será projetada.
Verificar, em campo, a elevação do fundo em concreto do trecho de desemboque do sistema extravasor da Barragem Estéril Sul, considerando as evidências de um possível assoreamento na região;	31/12/2023	Reapresentado	A ação foi reapresentada com um novo prazo, visto que será executada até o final do período seco de 2024.
Proteger, identificar e integrar os instrumentos instalados no meio do talude de jusante no VDV;	30/04/2024	Reapresentado	Obs.: Na data da visita do EoR (10/01/2024) os instrumentos já se encontravam identificados, faltando apenas a implantação da grade de proteção e integração VDV / HSMS.
Criar PRO para instalação/identificação/integração de todos os instrumentos instalados;	30/06/2024	Cancelado	Essa recomendação, por ser ação de melhoria, foi incorporada nos reports do EoR.
Realizar a instalação de novos prismas e monitorá-los para avaliação dos deslocamentos da estrutura;	30/03/2024	Reapresentado	Obs.: Solicito a reapresentação com nova data, pois estamos aguardando a chegada da instrumentação e sugestão de

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 79/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0
			locação pela equipe de EoR.	
Realizar sondagens, ensaios de campo e de laboratório nos materiais da fundação/aterro da barragem Estéril Sul que ainda não tiveram amostras ensaiadas, de forma a atender a NBR 13.028/17 e art. 23 Resolução ANM nº95/2022.	31/12/2024	Reapresentado	?????? Azul??????	

10.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



Baseado na inspeção técnica de campo realizada pela equipe da GEOESTÁVEL, na análise documental, dados de monitoramento e inspeções rotineiras da estrutura, fornecidos pela VALE, é possível concluir que, na data da inspeção, a estrutura apresentava condições de estabilidade geotécnica e de dimensionamento das estruturas hidráulicas adequadas ao requerido pela Norma Brasileira NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Considerando ainda que a estrutura deve atender os requisitos normativos estabelecidos na Resolução nº95, de 07 de fevereiro de 2022 e Resolução nº130, de 24 de fevereiro de 2023, destacam-se alguns pontos a seguir.

De acordo com a Resolução nº95 de 07 de fevereiro de 2022, toda barragem de mineração deve passar por uma Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) diagnosticando o estado geral de segurança da estrutura considerada a legislação vigente, alterações de condições de montante e jusante do empreendimento e atualização de dados hidrológicos. Para estruturas de dano potencial associado médio, como a Barragem Estéril Sul, ficou estabelecido que a primeira RPSB deveria ser elaborada em até 18 meses após vigência da portaria 70.389/2017 e, posteriormente, revista a cada 5 anos. O documento nº RL-1825KN-X-00095_REV0, emitido pela STATUM em 24/04/2023 cumpre tal solicitação legal.

A Resolução nº95 (2022) determina ainda que barragens de mineração construídas após a promulgação da Lei Nº 12.334 de 2010, devem conter projeto “como construído” em seu Plano de Segurança de Barragem (PSB). As barragens construídas antes da promulgação desta lei, caso não possuam projeto “como construído”, deverão conter o projeto “As Is” no prazo máximo de até três anos de vigência da portaria nº70.389/2017, conforme alteração proposta na Resolução nº 13, de 08 de agosto de 2019. Ressalta-se que para a Barragem Estéril foi apresentado “As Is” em 20/12/2018 sendo este atualizado em 14/03/2024, conforme relatório técnico de nº RL-1825KN-X-00191_Rev0.

Para pleno atendimento aos requisitos da Resolução ANM nº 95/2022 é necessário também o estudo de inundação contendo os itens descritos no artigo 6º, contemplando a caracterização geotécnica e reológica dos materiais passíveis de mobilização na ruptura, a classificação dos rejeitos ou sedimentos armazenados no reservatório segundo a norma ABNT/NBR 10.004 ou norma que a suceda e a topografia atual e primitiva do reservatório. O

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 80/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

documento de nº RL-1800KN-X-70056_REV0, de 21/12/2022, emitido pela FUGRO cumpre tal função.

Adicionalmente, de acordo com Art. 33 da Resolução ANM nº 95/2022 – “O PAEBM deverá ser elaborado para todas as barragens de mineração inseridas na PNSB”. No Art.70 reforça que – “Para o cumprimento do art. 33 desta Resolução, o empreendedor terá até 30 de junho de 2023 para a elaboração do PAEBM, no caso de barragens que passaram a ter a obrigatoriedade de possuir o PAEBM, na forma da Lei nº 12.334, de 2010, alterada pela Lei nº 14.066, de 2020.”



O PAEBM da estrutura foi elaborado em junho/2023 sendo observada, inclusive, a implantação de portões para restrição de acesso a estrutura, placas de ponto de encontro e rotas de fuga, bem como sistema de alerta (sirene), atendendo a legislação. Nesse sentido a Vale possui prazo de até junho de 2024 para apresentar o DCO à ANM, conforme legislação vigente.

Do ponto de vista hidrológico-hidráulico, de acordo com o Relatório Técnico do “As Is”, documento nº RL-1825KN-X-00191 (GEOESTÁVEL, 2024), quanto à segurança da estrutura ao galgamento, a Barragem Estéril Sul atende ao TR de 500 anos com borda livre de 0,63m e ao TR de 1.000 anos com borda livre de 0,34m, não considerando a onda eólica calculada de 0,27m. Quanto à drenagem superficial, foi possível concluir, após atualização dos quantis de chuva (FUGRO, 2022), que o sistema atende às vazões demandadas nos trechos lisos nas canaletas CN-02, CNL-01, CNL-03 e CNL-04. Contudo, as canaletas CN-01 e CNL-02, a descida DAD-01 (trecho liso inicial) e o canal periférico CP-01 não atendem para a vazão de escoamento superficial calculada. Para que todas as estruturas de drenagem superficial atendam às vazões solicitadas, faz-se necessário um projeto de adequação dos dispositivos de drenagem CN-01, CNL-02, DAD-01 e CP-01.

Cita-se que se encontra em elaboração, pela JF Brasil, o projeto de melhorias da Barragem Estéril, o qual irá abordar as adequações necessárias nas estruturas de drenagem superficial. Conforme informado pela VALE, as obras possuem o prazo de implantação em dezembro de 2025.

Acerca da ocupação de sedimentos na estrutura, destaca-se que o volume de sólidos atualmente disposto na Barragem Estéril Sul (2.194.145m³) é superior ao volume disponível para disposição determinado no cenário de máxima ocupação da estrutura (1.472.146m³). Sendo assim, recomenda-se o desassoreamento do reservatório, a partir do Plano de Dragagem proposto pela GEOESTÁVEL em 2022 (nº RL-1820KN-X-00045) ou qualquer que venha o suceder, a fim de garantir o funcionamento da estrutura em relação à eficiência de contenção de sedimentos, considerando o cenário de máxima ocupação proposto (nº RL-1825KN-X-00188, Estudo Hidrossedimentológico).

Do ponto de vista geológico-geotécnico, de acordo com as análises de estabilidades elaboradas, o fator de segurança da Barragem Estéril Sul, em sua configuração atual, atende ao preconizado na NBR 13.028/2017 e Resolução N°130/2023 (ANM), sendo obtido menor fator de segurança em relação a três métodos de cálculo determinísticos para



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 81/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

superfícies não circulares de 1,54 e 1,27 para a seção DD' e 1,60 e 1,18 para a seção CC', para as solicitações normal e sísmica, respectivamente.

Consideradas as boas práticas de engenharia e visando um processo de melhoria contínua, a GEOESTÁVEL sugere que sejam mantidas as atividades regulares de monitoramento e manutenção da estrutura, sendo ponderadas ainda as seguintes recomendações:

- Implantar projeto de medidas corretivas que trate de forma ampla toda a saída do dreno de pé e ombreiras, inclusive eliminando as contribuições dos elementos de drenagem superficial para os medidores de vazão. Considerar neste projeto ainda a questão do topo do filtro vertical estar abaixo do nível d'água normal;
- Revisar o manual de operação (OMV) estabelecendo os níveis de controle dos piezômetros com base em análises de estabilidade por rupturas não circulares com base em pelo menos três métodos de cálculo;
- Desassorear o reservatório, a partir do Plano de Dragagem proposto pela GEOESTÁVEL em 2022 (nº RL-1820KN-X-00045) ou qualquer que venha o suceder, a fim de garantir o funcionamento da estrutura em relação à eficiência de contenção de sedimentos, considerando o cenário de máxima ocupação da barragem (nº RL-1825KN-X-00188);
- Elaborar e implantar um projeto de adequação dos dispositivos de drenagem superficial CN-01, CNL-02, DAD-01 e CP-01, para que todas as estruturas de drenagem atendam às vazões solicitadas calculadas no presente documento;
- Verificar, em campo, a elevação do fundo em concreto do trecho de desemboque do sistema extravasor da Barragem Estéril Sul, considerando as evidências de um possível assoreamento na região;
- Proteger e integrar os instrumentos instalados no meio do talude de jusante no SHMS / VDV;
- Realizar a instalação de novos prismas e monitorá-los para avaliação dos deslocamentos da estrutura;
- Realizar sondagens, ensaios de campo e de laboratório nos materiais da fundação/aterro da barragem Estéril Sul que ainda não tiveram amostras ensaiadas, de forma a atender a NBR 13.028/17 e art. 23 Resolução ANM nº95/2022.

Por fim, destaca-se que a VALE deve respeitar integralmente as obrigаторiedades exigidas pelo agente fiscalizador por meio das Resoluções nº95/2022 e nº130/2023 ou outra (as) que venha (am) sucedê-las.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 82/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

11.0 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. Resolução N° 95, de 07 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõe sobre segurança de barragens de mineração.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.028. MINERAÇÃO – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água - Requisitos. Terceira Edição. Rio de Janeiro. 14.11.2017.

GEOESTÁVEL. Revisão Periódica de Segurança de Barragem de Rejeitos. Barragem Estéril Sul. Relatório Técnico. Documento GSTVAL0062-02-1-GT-RET-0018: 14 de dezembro de 2018.

GEOESTÁVEL. Projeto “As Is” – Barragem de Sedimentos – Estéril Sul – Relatório Final “As Is” – Relatório Técnico. Documento RL-1830KN-X-84505 – Revisão 4 (Atualização do Documento) de 20 de julho de 2022.

ISMAR FERRARI¹. Complexo Minerador de Carajás. Projeto Ferro Carajás. Barragem Estéril Sul. Escavação da Barragem. Planta e Cortes. Documento N° 182K-17-6011. Ismar Ferrari Consultoria Geotécnica S/C Ltda: fevereiro de 2005.



ISMAR FERRARI². Complexo Minerador de Carajás. Projeto Ferro Carajás. Barragem Estéril Sul. Sistema de Drenagem Interna. Planta, Cortes e Detalhes. Documento N° 182K-17-6014. Ismar Ferrari Consultoria Geotécnica S/C Ltda: fevereiro de 2005.

LEI FEDERAL nº 12.334 de 10, de setembro de 2010. Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

PIMENTA DE ÁVILA. Complexo carajás MINAS: Manganês do Azul, Igarapé Bahia e Ferro Auditoria Técnica de Segurança das Barragens e Pilhas de estéril. Documento nº RD-106-RL-3429-02. Pimenta de Ávila: dezembro de 2002.

TEC3. Auditoria Técnica de Segurança - 2º Ciclo de 2019. Complexo Carajás – Mina Serra Norte. Barragem Estéril Sul. Relatório de Inspeção de Segurança Regular. Documento nº T17005-4602-RE. TEC3 Geotecnia e Recursos Hídricos: setembro de 2019.

VALE¹. Plano de Segurança de Barragem. Barragem Estéril Sul. Disponibilizado pela VALE em março de 2021.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJÁS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 83/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

VALE². Cadastro de Leituras Barragem Estéril Sul (Instrumentacao Barragem Esteril Sul.xlsx). GAGHN - Gerência de Área de Geotecnia e Hidrogeologia Carajás. Dados de instrumentação e monitoramento da Barragem Estéril Sul disponibilizados em agosto de 2021.

VALE³. Níveis de Controle – Barragens Serra Norte e Manganês do Azul – Relatório Técnico. Documento SN-RL-BG-001_R11, 2023.

VALE⁴. Planilha de monitoramento de prismas das minas de ferro de Carajás (3-Monitoramento das Barragens Fe - 2020.xlsx). Disponibilizado pela VALE em fevereiro de 2020.


VOGBR. Avaliação de Segurança N-1192. Projeto Conceitual. Geral. Avaliação de Segurança da Barragem Estéril Sul. Carajás – PA. Documento nº RL-1830KN-X-84494_R2. VOGBR Recursos Hídricos e Geotecnia: junho de 2012.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 84/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

12.0 ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELO RISR


A identificação dos componentes-chave da equipe técnica responsável pela elaboração do presente Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) está indicada na Tabela 3.1 e a assinatura do Engenheiro Geotécnico responsável encontra-se na Tabela 12.1.

Tabela 12.1 – Assinatura do Responsável Técnico pelo RISR.

Nome do Responsável Técnico	CREA	Assinatura do Responsável Técnico
Roberto de Oliveira Facchinetti	CREA/BA 10.122/D	 Roberto de Oliveira Facchinetti



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>85/117</p>
			<p>Nº GEOESTAVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO PELA ANM



 <p>2024.03_CLASSIFICAC AO_ANM_ESTERIL SUI</p>	<p>CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO PELA ANM</p> <p>Formato: PDF</p>
---	---



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 86/117
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

APÊNDICE B – FICHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO

		FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE BARRAGEM			
BARRAGEM: ESTÉRIL SUL			DATA DA INSPEÇÃO: 10/01/2024		
1 - SITUAÇÃO DOS ACESSOS					
1.1- Conservação Geral	BOM <input checked="" type="checkbox"/>	REGUL. <input type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>	Obs.: <u>TRATADA AS EROSÕES NO ACESSO AO PÉ DA BARRAGEM</u>	
1.2- Revestimento do Piso	BOM <input type="checkbox"/>	REGUL. <input checked="" type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>		
1.3- Taludes	BOM <input checked="" type="checkbox"/>	REGUL. <input type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>		
1.4- Dispositivos de drenagem	BOM <input type="checkbox"/>	REGUL. <input checked="" type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>		
2 - MACIÇO DA BARRAGEM / OMBREIRAS					
2.1- Trinca(s) Identificada(s)		SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			
Trinca	Comprimento (m)	Abertura (mm)	Longit. / Transv.	Obs.:	
T1					
T2					
T3					
2.2- Recalques Identificados		SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			
Local	Depressão / Abatimento	Recalque		Obs.:	
Crista					
Bermas					
Taludes					
2.3- Surgência(s) D'água Identificada(s)		SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>			
Surgência	Local	Carreamento visível de sólidos		Obs.:	
S1	PRÓXIMO AO EXTRAVASOR	NÃO		FAZER DRENO NA LATERAL ESQUERDA DO EXTRAVASOR	
S2	PRÓXIMO AO EXTRAVASOR	NÃO			
S3	PRÓXIMO AO PÉ DA ESCADA MET	NÃO		AVALIAR TRATAMENTO DO FUNDO DA CANALETA	
2.4- Erosões Superficiais		SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>		Obs.:	
2.5- Drenagem Superficial		NÃO SE APLICA / INEXISTENTE <input type="checkbox"/>			
Estado de limpeza	BOM <input checked="" type="checkbox"/>	REGUL. <input type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>	Obs.:	
Condições estruturais	BOM <input checked="" type="checkbox"/>	REGUL. <input type="checkbox"/>	DEFIC. <input type="checkbox"/>		
2.6- Revestimento		BOM <input checked="" type="checkbox"/> REGUL. <input type="checkbox"/> DEFIC. <input type="checkbox"/>		Obs.:	
2.7- Presença de árvores / animais		SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>		Especificar: <u>FEZES DE ANIMAIS NA ESTRUTURA</u>	
Presença de árvores ou arbustos	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			<u>REGIÃO DE FLORESTA.</u>	
Animais (verificar pegadas / fezes)	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>			<u>TRATAMENTO DE CUPINS EM ANDAMENTO</u>	
Presença de tocas ou buracos	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>				
2.8- Drenagem Interna		NÃO SE APLICA / INEXISTENTE <input type="checkbox"/>			
Assoreamento da saída do dreno/colóide	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			Obs.: <u>ALGUNS MEDIDORES DE VAZÃO SÃO MUITO GRANDE</u>	
Carreamento visível de sólidos	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			<u>SENDO SUPERDIMENSIONADOS PARA A VAZÃO QUE</u>	
Alteração significativa da vazão	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>			<u>FLUI POR ELES.</u>	
Saturação ao redor do dreno	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>				
Medidor de vazão operante	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>				
3- RESERVATÓRIO					
Erosões ou processos de instabilização	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>		Obs.:		
Borda Livre Operacional:	VISUALMENTE ADEQUADA				
4- EXTRAVASOR(ES)					
Obstrução da seção de emboque	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>		Obs.: <u>SOLEIRA LIVRE VERTENDO,</u>		
Danos na(s) estrutura(s)	SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/>				
5- INSTRUMENTAÇÃO (listar anomalias quanto a integridade física, identificação, acesso para leitura)					
MEDIDORES DE VAZÃO SUPERDIMENSIONADOS, NECESSITANDO TROCA. PROTEÇÃO DE FOLHAS PARA O MEDIDOR DE VAZÃO DO CANAL DE DESVIO INSTALADO, PORÉM NECESSITA DE AJUSTE DA TELA PRISMAS INDICADOS PARA INSTALAÇÃO					
6 - CONDIÇÃO DE PRAIA (para o caso de barragens com alteamento para montante)					
NÃO SE APLICA.					
7 - ADUTORAS DE REJEITO / ÁGUA (listar anomalias e observações sobre disposição e/ou adução)					
O SISTEMA DE DRAGAGEM NÃO ESTAVA EM OPERAÇÃO.					

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 87/117
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

		FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE BARRAGEM			
BARRAGEM: ESTÉRIL SUL			DATA DA INSPEÇÃO: 10/01/2024		
8 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO (assinalar peso correspondente; no caso de peso 10 em qualquer coluna, proceder inspeção especial)					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos Taludes / Paramentos	Drenagem Superficial	
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras <input checked="" type="checkbox"/> 0	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem <input type="checkbox"/> 0	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input checked="" type="checkbox"/> 0	Não existe deterioração de taludes e paramentos <input checked="" type="checkbox"/> 0	Drenagem superficial existente e operante <input checked="" type="checkbox"/> 0	
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 3	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados <input checked="" type="checkbox"/> 3	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 2	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva <input type="checkbox"/> 2	Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou abatimentos com medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 2	
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias <input type="checkbox"/> 6	Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou abatimentos sem medidas corretivas em implantação <input type="checkbox"/> 4	
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas <input type="checkbox"/> 10	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura <input type="checkbox"/> 10	Drenagem superficial inexistente <input type="checkbox"/> 5	
9 - COMENTÁRIOS GERAIS					
NO QUE SE REFERE A PERCOLAÇÃO, FORAM OBSERVADOS DIVERSOS FILTROS INVERTIDOS PARA TRATAMENTO DAS SURGÊNCIAS, NO TALUDE DE JUSANTE, A ESQUERDA DO BARRAMENTO. ESTÁ EM ELABORAÇÃO O PROJETO DE UM TRATAMENTO GERAL, EM CONJUNTO, DAS SURGÊNCIAS.					
A NOVA SURGÊNCIA NA CAIXA DO PÉ DA ESCADA METÁLICA NA BERMA FOI TRATADA.					
CALHAS PARSHALL SUPERDIMENSIONADAS, MAS SERÃO ADEQUADAS COM O PROJETO A SER IMPLANTADO ATÉ DEZ/2025. SEM NECESSIDADE DE TROCA IMEDIATA. ACESSO AO PÉ COM EROSÃO.					
DRAGA PARADA. VERIFICAR A OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO PELO SEDIMENTO EMERSO E CONSEQUENTE AMEAÇA AO TRÂNSITO DE CHEIAS, ASSIM COMO O ESPELHO D'ÁGUA PARA DECANTAÇÃO DE FINOS E GARANTIA EFETIVA DA TURBIDEZ.					
NECESSIDADE DE IMPLANTAR SISTEMA DE DRENAGEM DE SUB-SUPERFÍCIE NA LATERAL DA BACIA DE DISSIPACÃO (LE)					
NOME / ASSINATURA DOS PROFISSIONAIS VALE E AUDITORES RESPONSÁVEIS PELA INSPEÇÃO:					
Nome Completo		Empresa		Assinatura	
ROBERTO FACCHINETTI		GEOESTÁVEL			
DEYSE DIAS		VALE - OPERAÇÃO			
Obs. As informações contidas nesta ficha de inspeção poderão ser modificadas quando da análise criteriosa em escritório.					

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 88/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS INSPEÇÕES DE CAMPO



Figura C.1 – Crista – Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.2– Talude de Montante – Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.


		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>89/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.3 – Talude de Jusante – Ombreira direita - Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.4 – Talude de Jusante – Ombreira esquerda - Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.


		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>90/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.5 – Locais com Filtro Invertido Devido a Surgências no Passado - Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.6 – Ombreira Esquerda da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>91/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.7 – Ombreira Esquerda – (a) Ponte Sobre o Extravador; (b) Portão de acesso – Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.8 – Câmera de Videomonitoramento Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.


		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>92/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.9 – Acesso ao Pé via Ombreira Direita da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.10 – Dragagem no Reservatório Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.


		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 93/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Figura C.11 – Régua Linimétrica do Reservatório da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.12 – Canal de aproximação do Sistema Extravasador da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1825KN-X-00149</p> <p>Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>PÁGINA 94/117</p> <p>REV. 0</p>



Figura C.13 – Emboque do Sistema Extravasor da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.14 – Trecho Rápido do Sistema Extravasor da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>95/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.15 – Desemboque do Sistema Extravasor da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.16 – Trecho do Sistema de Drenagem Superficial Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>96/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



Figura C.17 – Drenagem Superficial Conduzindo Água das Surgências na Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.18 – Fluxo de Água na Região da Saída Drenagem Interna 01/02 – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1825KN-X-00149</p> <p>Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>PÁGINA 97/117</p> <p>REV. 0</p>



Figura C.19 – Medidores de Vazão Drenagem Interna e Drenos Invertidos Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.20 – Fluxo de Água na Região da Ombreira Esquerda da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 98/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



Figura C.21 – Medidores de Vazão Superdimensionado da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



Figura C.22 – Instrumentos de Auscultação da Barragem Estéril Sul – 10/01/2024.



		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE RL-1825KN-X-00149</p> <p>Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>PÁGINA 99/117</p> <p>REV. 0</p>



Figura C.23 – Piezômetro SNOBGESPZF08 com Manômetro – 10/01/2024.



Figura C.24 – Prisma para monitoramento de deslocamentos – 10/01/2024.







		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>100/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>





Figura C.25 – Passarela que possibilita o acesso aos dois lados da bacia de dissipação – 10/01/2024.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 101/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

APÊNDICE D – GRÁFICO DE ANÁLISE DAS LEITURAS DOS INSTRUMENTOS DE MONITORAMENTO

 2023.12_MSs e Prismas_ES.pdf.zip	Histórico das leituras dos marcos superficiais. Formato: PDF
 Apendice D - Esteril Sul.zip	Histórico das leituras dos piezômetros, medidores de nível d'água e régua de reservatório. Formato: PDF

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 102/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

APÊNDICE E – CIENTE DO EMPREENDEDOR OU DO REPRESENTANTE LEGAL



Atendendo ao disposto na Resolução ANM N° 95, de 07 de Fevereiro de 2022, a qual consolida os atos normativos que dispõe sobre segurança de barragens de mineração, declaro ter ciência do conteúdo descrito e exposto no presente “Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem” e das suas conseqüentes implicações.

Parauapebas / PA, _____ / março / 2024.

Empreendedor ou Representante Legal

Nome: Eduardo de Salles Bartolomeo

CPF: 845.567.307-91

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003

APÊNDICE F – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231895406

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20231895322

1. Responsável Técnico
CESAR DE JESUS FERREIRA SANTOS
Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL
RNP: 1400112281
Registro: MG0000087462D MG

Empresa contratada: GEOESTÁVEL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA
Registro Nacional: 0000026072-MG

2. Dados do Contrato
Contratante: VALE S.A
OUTROS PRAIA BOTAFOGO
Complemento: SALAS 701 A 1901
Cidade: RIO DE JANEIRO
Bairro: BOTAFOGO
UF: RJ
CPF/CNPJ: 33.592.510/0001-54
Nº: 186
CEP: 22250145
Contrato: 5500094507
Valor: R\$ 22.708.551,41
Ação Institucional: Outros
Celebrado em: 12/12/2022
Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

3. Dados da Obra/Serviço
ESTRADA SERRA DO CARAJÁS
Complemento: Bairro: ZONA RURAL
Cidade: PARAUBAPEBAS
Data de Início: 12/12/2022
Previsão de término: 10/04/2026
Coordenadas Geográficas: 0, 0
Finalidade: AMBIENTAL
Proprietário: VALE S.A
Código: Não Especificado
CPF/CNPJ: 33.592.510/0370-74
Nº: 00000

4. Atividade Técnica
8 - Consultoria
66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA
Quantidade 1,00
Unidade un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações
GSTEOR0005_5500094507_ENGENHARIA DE REGISTROS (EOR), MINA SERRA NORTE (BARRAGEM GELADO, GELADINHO, PERA JUSANTE, PERA MONTANTE, ESTÉRIL SUL E JACARÉ).

6. Declarações
- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea).
- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.
- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar
- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.
- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe
- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

CESAR DE JESUS FERREIRA
SANTOS:03878017669
Assinado de forma digital por CESAR DE JESUS FERREIRA SANTOS:03878017669
Dados: 2023.03.08 15:25:22 -03'00'

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: ZCxCb
Impresso em: 08/03/2023 às 11:09:50 por: , ip: 200.25.58.75

www.crea-mg.org.br
Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



Este documento foi assinado eletronicamente por cesar santos e EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código F453-033C-7B43-2474. This document has been electronically signed by cesar santos and EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code F453-033C-7B43-2474.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 104/117
			Nº GEOESTAVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

**ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231895406**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG202318853323

CESAR DE JESUS FERREIRA
SANTOS:03878017669

Assinado de forma digital por CESAR DE JESUS
FERREIRA SANTOS:03878017669
Dados: 2023.03.08 15:25:46 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

CESAR DE JESUS FERREIRA SANTOS - CPF: 038.780.176-69

Local de data

VALE S.A. - CNPJ: 33.592.510/0001-54

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 96,62

Registrada em: 07/03/2023

Valor pago: R\$ 96,62

Nosso Número: 8601039937



A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: ZCxGb
Impresso em: 08/03/2023 às 11:08:52 por: , ip: 200.25.56.75

www.crea-mg.org.br
Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por cesar santos e EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR.
Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código F453-033C-7B43-2474. This document has been digitally signed by (signersNames) : This document has been electronically signed by cesar santos and EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code F453-033C-7B43-2474.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	PÁGINA 105/117 REV. 0



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/F453-033C-7B43-2474> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/F453-033C-7B43-2474> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: F453-033C-7B43-2474



Hash do Documento

2E01A0D35DF6FB6A82FED0E392E233FAB8B4D026E744D81A2F059CAAE9397225

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 22/03/2023 é(são) :

- ☒ **CESAR DE JESUS FERREIRA SANTOS - 038.780.176-69 em 22/03/2023 20:49 UTC-03:00**
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: cesar.santos@geoestavel.com.br

Evidências

Client Timestamp Wed Mar 22 2023 20:49:39 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -1.4494 Longitude: -48.4976 Accuracy: 18870

IP 138.122.242.116

Hash Evidências:

B890D844566500FBA07E9EE680DD5BCC83340C48AFE76EF0171DF3127141C6AF

- ☒ **Ezequiel José de Freitas Junior - 610.734.072-68 em 22/03/2023 16:11 UTC-03:00**
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: ezequiel.freitas@vale.com

Evidências



Client Timestamp Wed Mar 22 2023 16:11:38 GMT-0300 (GMT-03:00)

Geolocation Latitude: -6.076886 Longitude: -50.154709 Accuracy: 38

IP 201.65.118.249

Hash Evidências:

851D36C0C62CBFA5CFA71E5D46C50F86CD5BA96DC463AE0CEBD2D622DA51379E

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149
		Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003		REV. 0

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231885322

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico ANDERSON GONCALVES DA SILVA Título profissional: ENGENHEIRO CIVIL RNP: 1400356598 Registro: MG0000089261D MG			
Empresa contratada: GEOESTÁVEL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA Registro Nacional: 0000026072-MG			
2. Dados do Contrato Contratante: VALE S.A OUTROS PRAIA BOTAFOGO Complemento: SALAS 701 A 1901 Cidade: RIO DE JANEIRO Bairro: BOTAFOGO UF: RJ CEP: 22250145 Contrato: 5500094507 Valor: R\$ 22.708.551,41 Ação Institucional: Outros Celebrado em: 12/12/2022 Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado			
3. Dados da Obra/Serviço ESTRADA SERRA DO CARAJÁS Complemento: Cidade: PARAUBAPEBAS Data de Início: 12/12/2022 Finalidade: AMBIENTAL Proprietário: VALE S.A Bairro: ZONA RURAL UF: PA CEP: 68516000 Previsão de término: 10/04/2026 Coordenadas Geográficas: 0, 0 Código: Não Especificado Nº: 00000 CPF/CNPJ: 33.592.510/0001-54 Nº: 186 CEP: 22250145 CPF/CNPJ: 33.592.510/0370-74			
4. Atividade Técnica 8 - Consultoria 66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA Quantidade: 1,00 Unidade:			
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART			
5. Observações GSTEOR0005_5500094507_ENGENHARIA DE REGISTROS (EOR), MINA SERRA NORTE (BARRAGEM GELADO, GELADINHO, PERA JUSANTE, PERA MONTANTE, ESTÉRIL SUL E JACARÉ).			
6. Declarações - A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confear). - Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar. - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados . Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros. - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal. - Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.			
7. Entidade de Classe - SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE			

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 3bW28
Impresso em: 06/03/2023 às 11:06:52 por: , ip: 200.25.58.73

www.crea-mg.org.br
Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR e Anderson Gonçalves da Silva. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/443> e utilize o código 0472-FD5D-C67F-F106. This document has been digitally signed by (signersNames). To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/443> and use the code 0472-FD5D-C67F-F106.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149 Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20231885322

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

**ANDERSON
GONCALVES DA
SILVA:04395088600**

Assinado de forma digital
por ANDERSON GONCALVES
DA SILVA:04395088600
Dados: 2023.03.07 09:36:16
-03'00"

INICIAL

8. Assinaturas
 Declaro serem verdadeiras as informações acima

ANDERSON GONCALVES DA SILVA - CPF: 043.950.886-00

Local de data

VALE S.A - CNPJ: 33.592.510/0001-54

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 254,59 Registrada em: 03/03/2023 Valor pago: R\$ 254,59 Nosso Número: 8601007013



A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 3bW28
 Impresso em: 06/03/2023 às 11:06:55 por: , ip: 200.25.56.73

www.crea-mg.org.br
 Tel: 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:



Documento foi assinado eletronicamente por EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR e Anderson Gonçalves da Silva.
 Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código 0472-FD5D-C67F-F1C6.
 This document has been digitally signed by (signersNames) . This document has been electronically signed by EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR e Anderson Gonçalves da Silva. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code 0472-FD5D-C67F-F1C6.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 108/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/0472-FD5D-C67F-F1C6> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/0472-FD5D-C67F-F1C6> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 0472-FD5D-C67F-F1C6



Hash do Documento

5AEF1A250FFA723BD6255A9B2A87C1A6BED473CE4C1F527224AEF6A33790F9DE

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 22/03/2023 é(são) :

- ☒ Ezequiel José de Freitas Junior (Signatário) - 610.734.072-68 em 22/03/2023 15:11 UTC-03:00
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: ezequiel.freitas@vale.com

Evidências

Client Timestamp Wed Mar 22 2023 15:11:38 GMT-0300 (GMT-03:00)

Geolocation Latitude: -6.076854 Longitude: -50.154736 Accuracy: 39

IP 201.65.118.249

Hash Evidências:

02A0C0ECCD63785F58E92062ACF276DCA1A4796D194E68358B1C225567F900AE

- ☒ Anderson Gonçalves da Silva (Signatário) - 043.950.886-00 em 22/03/2023 14:17 UTC-03:00
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: anderson.silva@geoestavel.com.br

Evidências

Client Timestamp Wed Mar 22 2023 14:17:05 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.979693 Longitude: -43.9661164 Accuracy: 20.368

IP 189.71.168.65

Hash Evidências:

25058171F5925A8B72013971277768026B02FF150DEB199A4C2F1924EFA87F07

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>110/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242753842

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20231885322

Valor da ART: R\$ 99,64

Registrada em: 16/02/2024

Valor pago: R\$ 99,64

Nosso Número: 8603966133

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 2zZ9C
Impresso em: 20/02/2024 às 07:59:34 por: , ip: 187.180.55.118

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242744107

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
 MG20231885322

1. Responsável Técnico
ANDERSON GONCALVES DA SILVA
 Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
 RNP: 1400356598
 Registro: **MG0000089261D MG**

Empresa contratada: **GEOESTÁVEL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
 Registro Nacional: **0000026072-MG**

2. Dados do Contrato
 Contratante: **VALE S.A**
OUTROS PRAIA BOTAFOGO
 Complemento: **SALAS 701 A 1901**
 Cidade: **RIO DE JANEIRO**
 Bairro: **BOTAFOGO**
 UF: **RJ**
 CEP: **22250145**
 Contrato: **5500094507**
 Valor: **R\$ 22.708.551,41**
 Ação Institucional: **Outros**
 Celebrado em: **12/12/2022**
 Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço
ESTRADA SERRA DO CARAJÁS
 Complemento: _____
 Cidade: **PARAUBAPEBAS**
 Data de Início: **12/12/2022**
 Finalidade: **AMBIENTAL**
 Proprietário: **VALE S.A**
 Bairro: **ZONA RURAL**
 UF: **PA**
 CEP: **68516000**
 Nº: **00000**
 Previsão de término: **10/04/2026**
 Coordenadas Geográficas: **0, 0**
 Código: **Não Especificado**
 CPF/CNPJ: **33.592.510/0370-74**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria	Quantidade	Unidade
66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações
 GSTEOR0005_5500094507_RISR_MINA SERRA NORTE (CARAJÁS): BARRAGEM GELADO, BARRAGEM GELADINHO, BARRAGEM PÊRA JUSANTE, BARRAGEM PÊRA MONTANTE, BARRAGEM ESTÉRIL SUL E BARRAGEM JACARÉ_1º SEMESTRE 2024 (MAR.2024)

6. Declarações
 - Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.
 - Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar
 - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.
 - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.


7. Entidade de Classe
 - SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: YxZ9Z
 Impresso em: 15/02/2024 às 09:41:53 por: ip: 152.238.200.157

www.crea-mg.org.br atendimento@crea-mg.org.br
 Tel: 0800 031 2732 Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Pedro Lucas Louzada De Oliveira. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código B305-1AF0-71CB-54C5. This document has been electronically signed by Pedro Lucas Louzada De Oliveira. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code B305-1AF0-71CB-54C5.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242744107

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20231885322

ANDERSON GONCALVES
DA SILVA:04395088600

Assinado de forma digital por ANDERSON
GONCALVES DA SILVA:04395088600
Dados: 2024.02.15 17:15:10 -03'00'

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ANDERSON GONCALVES DA SILVA - CPF: 043.950.886-00

Local de data

VALE S.A - CNPJ: 33.592.510/0001-54

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 99,64 Registrada em: 09/02/2024 Valor pago: R\$ 99,64 Nosso Número: 8603903122

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: Yx29Z
Impresso em: 15/02/2024 às 09:41:54 por : ip: 152.238.200.157

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por Pedro Lucas Louzada De Oliveira. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código B305-1AF0-71CB-54C5. This document has been electronically signed by Pedro Lucas Louzada De Oliveira. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code B305-1AF0-71CB-54C5.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>113/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B305-1AF0-71CB-54C5> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/B305-1AF0-71CB-54C5> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: B305-1AF0-71CB-54C5



Hash do Documento

36F60D591F0882ECB63DA7FB7AA29C17BA92FADE023B6E1DA4C728414E4DFA22

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 22/02/2024 é(são) :

☒ Pedro Louzada (Signatário) - 106.771.886-92 em 21/02/2024 20:37 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: pedro.louzada@vale.com; Código de acesso: 0000

Evidências

Client Timestamp Wed Feb 21 2024 20:37:28 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)



Geolocation Latitude: -19.93704 Longitude: -43.938505 Accuracy: 163

IP 179.151.236.231

Hash Evidências:

FD492A093EBF684DEE60AB8152AF36BD408F32C2425C94C0929AA95A370DDF60



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO			Nº VALE RL-1825KN-X-00149	PÁGINA 114/117
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232399136

INICIAL
EQUIPE à MG20231885322

Valor da ART: R\$ 96,62

Registrada em: 25/09/2023

Valor pago: R\$ 96,62



Nosso Número: 8602485814

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: z5ZyB
Impresso em: 25/09/2023 às 15:50:42 por: , ip: 170.82.175.9

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 1/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232353012

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

COMPLEMENTAR à
MG20231885322

1. Responsável Técnico
ANDERSON GONCALVES DA SILVA
 Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
 RNP: 1400356598
 Registro: **MG0000089261D MG**

Empresa contratada: **GEOESTÁVEL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**
 Registro Nacional: **0000026072-MG**

2. Dados do Contrato
 Contratante: **VALE S.A**
OUTROS PRAIA BOTAFOGO
 Complemento: **SALAS 701 A 1901**
 Cidade: **RIO DE JANEIRO**
 Bairro: **BOTAFOGO**
 UF: **RJ**
 CEP: **22250145**
 CPF/CNPJ: **33.592.510/0001-54**
 Nº: **186**

Contrato: **5500094507**
 Valor: **R\$ 22.708.551,41**
 Ação Institucional: **Outros**
 Celebrado em: **12/12/2022**
 Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

3. Dados da Obra/Serviço
ESTRADA SERRA DO CARAJÁS
 Complemento:
 Cidade: **PARAUBAPEBAS**
 Data de Início: **12/12/2022**
 Finalidade: **AMBIENTAL**
 Proprietário: **VALE S.A**
 Bairro: **ZONA RURAL**
 UF: **PA**
 CEP: **68516000**
 Previsão de término: **10/04/2026**
 Coordenadas Geográficas: **0, 0**
 Código: **Não Especificado**
 Nº: **00000**
 CPF/CNPJ: **33.592.510/0370-74**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
8 - Consultoria	1,00	un
66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA		

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações
GSTEOR0005_5500094507_RISR_MINA SERRA NORTE (CARAJÁS): BARRAGEM GELADO, BARRAGEM GELADINHO, BARRAGEM PÉRA JUSANTE, BARRAGEM PÉRA MONTANTE, BARRAGEM ESTÉRIL SUL E BARRAGEM JACARÉ _ 2º SEMESTRE 2023 (SET.2023)

6. Declarações
 - Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.
 - Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar
 - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.
 - Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe
 - SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE



A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 4dDyd
 Impresso em: 11/09/2023 às 11:15:35 por: , ip: 200.25.56.72

www.crea-mg.org.br
 Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código C8BF-9BCF-F72E-6153. This document has been electronically signed by EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code C8BF-9BCF-F72E-6153.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748	
			PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO	Nº VALE RL-1825KN-X-00149
			Nº GEOESTÁVEL GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003	REV. 0

Página 2/2



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20232353012

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ANDERSON
 GONCALVES DA
 SILVA:04395088
 600

Assinado de forma
 digital por ANDERSON
 GONCALVES DA
 SILVA:04395088600
 Dados: 2023.09.14
 21:49:30 -03'00'

COMPLEMENTAR à
 MG20231885322

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local de data

ANDERSON GONCALVES DA SILVA - CPF: 043.950.886-00

VALE S.A - CNPJ: 33.592.510/0001-54

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 96,62 Registrada em: 05/09/2023 Valor pago: R\$ 96,62 Nosso Número: 8602351297



A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 4dDyd
 Impresso em: 11/09/2023 às 11:15:37 por: , ip: 200.25.56.72



www.crea-mg.org.br
 Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:



Este documento foi assinado eletronicamente por EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código C8BF-9BCF-F72E-6153. This document has been electronically signed by EZEQUIEL JOSE DE FREITAS JUNIOR. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code C8BF-9BCF-F72E-6153.

		<p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>USO INTERNO</p>	<p>AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS BARRAGEM ESTÉRIL SUL N4748</p>	
<p>PROJETO DETALHADO UTILIDADES BARRAGENS E DIQUES PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS CARAJAS INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR) - MARÇO/2024 RELATÓRIO TÉCNICO</p>			<p>Nº VALE</p> <p>RL-1825KN-X-00149</p>	<p>PÁGINA</p> <p>117/117</p>
			<p>Nº GEOESTÁVEL</p> <p>GSTEOR0005-17-1-EG-RVT-0003</p>	<p>REV.</p> <p>0</p>

 <p>2024.03_RISR_GUT_RE COMENDACOES_ES.xl</p>	<p>APENDICE G – PLANILHA DE RECOMENDAÇÕES – MARÇO 2024</p> <p>Formato: EXCEL</p>
 <p>2024.03_DCE_GSTEO R0005-17-1-EG-DCE-C</p>	<p>APÊNDICE H – DECLARAÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE (DCE) – MARÇO 2024</p> <p>Formato: PDF</p>
	<p>ANEXO A – TERMO DE CIÊNCIA DO EMPREENDEDOR</p> <p>Formato: PDF</p>