FUNDAÇÃO renova

VOLUME 2 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NOS TRECHOS 6 E 7

Janeiro/2018

VOLUME 2 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NOS TRECHOS 6 E 7

REVISÃO 00

Preparado por:

São Paulo / 2018

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | **fundacaorenova.org**

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | **fundacaorenova.org**

Sumário

SUMÁRIO EXECUTIVO 13

1 Introdução 20

2 Contextualização 23

3 Objetivo 29

4 Conteúdo do relatório 30

5 Caracterização ambiental da área afetada e dos depósitos de rejeito 31

5.1 Caracterização ambiental da área afetada 32

5.1.1 Delimitação da área afetada 33

5.1.2 Unidades ambientais 38

5.1.3 Avaliação das ações de controle de erosão e disciplinamento da drenagem nas intervenções realizadas 41

5.1.4 Levantamento planimétrico 109

5.1.5 Unidades da paisagem 112

5.1.6 Identificação das lagoas marginais nos Trechos 6 e 7 114

5.1.7 Resultados dos monitoramentos e informações de outros programas 119

5.1.8 Aspectos socioeconômicos 153

5.1.9 Potencial de erosão das planícies e encostas por inundação 161

5.1.10 Identificação das áreas de disposição dentro da área de abrangência 165

5.2 Caracterização ambiental dos depósitos de rejeito 167

5.2.1 Identificação dos tipos de depósitos 167

5.2.2 Estudos prévios: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos 170

5.2.3 Metodologias estabelecidas para coleta de dados de campo 177

5.2.4 Mapeamento dos Aspectos Físicos e Químicos 201

5.2.5 Estimativa de volume de depósito de rejeito 267

6 Identificação dos impactos ambientais 275

7 Identificação dos objetivos específicos 280

7.1 Divisão espacial da área afetada 281

7.2 Definição dos objetivos específicos 284

8 Processo de tomada de decisão 287

8.1 Pontuações base por critério 287

8.2 Contexto A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta 292

8.2.1 Definição de Alternativas de Manejo 292

8.2.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 294

8.2.3 Medidas Mitigadoras 297

8.3 Contexto A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta - pastagem .297

8.3.1 Definição de Alternativas de Manejo 298

8.3.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 299

8.3.3 Medidas Mitigadoras 304

8.4 Contexto B1 – Depósitos sobre planícies com atividade econômica 304

8.4.1 Definição de Alternativas de Manejo 304

8.4.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 306

8.4.3 Medidas Mitigadoras 311

8.5 Contexto B2 – Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa 311

8.5.1 Definição de Alternativas de Manejo 312

8.5.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 314

8.5.3 Medidas Mitigadoras 318

8.6 Contexto B3 – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio..319

8.6.1 Definição de Alternativas de Manejo 319
8.6.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 320
8.6.3 Medidas Mitigadoras 323
8.7 Contexto B4 – Depósitos em lagoas soterradas 323
8.7.1 Definição de Alternativas de Manejo 323
8.7.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 325
8.7.3 Medidas Mitigadoras 328
8.8 Contexto C1 – Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção. 328
8.8.1 Definição de Alternativas de Manejo 329
8.8.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão 330
8.8.3 Medidas Mitigadoras 333
8.9 Contexto C2 e C3 – Leito do rio com sedimentos potencialmente instáveis e estáveis ..333
8.10 Qualidade da água 335
8.10.1 Definição de Alternativas de Manejo 336
9 Descrição das Alternativas de Manejo Selecionadas 338
9.1 Monitoramento 343
9.2 Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural em lagoas remanescentes 346
9.3 Condicionamento do solo em planícies e encostas com atividade econômica 348
9.4 Enriquecimento da vegetação com espécies nativas em planícies e encostas com vegetação natural 350
9.5 Medidas de controle da erosão nas margens instáveis 351
9.6 Projeto de renaturalização 352
9.7 Cronograma de implementação das alternativas de manejo 353
10 Equipe Técnica 356

11 Referências Bibliográficas 358

12 Anexos 361

Lista de Figuras

Figura 1 – Confluência do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte e a localização do Dique S-4 (seta vermelha), em início de construção em agosto de 2016 e em maio 2017 já finalizado. 22
Figura 2 – Segmento do rio Gualaxo do Norte no Trecho 7 em vale encaixado, com remoção total da vegetação e exposição do substrato rochoso. 23
Figura 3 – Localização da área de estudo e Trechos 26
Figura 4 – Fluxograma de Gerenciamento de Manejo de Rejeito 28
Figura 5 – Fases do Fluxograma de Gerenciamento a serem consideradas na Execução do Plano de Manejo de Rejeito 29
Figura 6 – Detalhamento da área afetada do PMR nos Trechos 6 e 7 35
Figura 7 – Exemplo do mosaico de imagens com data de 09/11/2015 utilizado para delimitação da Área Impactada 36
Figura 8 – Exemplo do imageamento realizado com aeronave não tripulada no período entre Junho e Julho de 2017. 37
Figura 9 – Comparação entre mosaico de 09/11/2015 e imageamento do período entre Junho e Julho de 2017 38
Figura 10 – Áreas de Preservação Permanente Hídrica 40
Figura 11 – Áreas Prioritárias e Não Prioritárias para Medidas de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem 43
Figura 12 – Localização do Ponto de Inspeção 1(círculo branco) 49
Figura 13 – Enrocamento em bom estado, parcialmente coberto por sedimentos, e barreira sintética em bom estado. 50
Figura 14 – Situação da cobertura vegetal na região do Ponto 1 da Área Prioritária 3 51
Figura 15 – Localização do Ponto de Inspeção 2 (círculo branco) 52
Figura 16 – Detalhe da erosão junto ao enrocamento de proteção – margem esquerda 53
Figura 17 – Região com início de erosão no contato do rejeito com o leito do rio – margem direita 54
Figura 18 – Erosão acentuada sem proteção de enrocamento – margem direita 55
Figura 19 – Vista do retentor de sedimentos encoberto pela vegetação local 56
Figura 20 – Localização do Ponto de Inspeção 3 (círculo branco) 56
Figura 21 – Vista geral do tributário TG01A 57
Figura 22 – Tributário TG01B com dano em seu desemboque 58
Figura 23 – Linha de retentores de sedimentos incorporada pela vegetação 59
Figura 24 – Enrocamento com demanda de reparo pontual em sua base 60
Figura 25 – Vegetação desenvolvida na área atingida 60
Figura 26 – Ponto com necessidade de remediação com recomendação de enrocamento 61
Figura 27 – Localização do Ponto de Inspeção 4 (círculo branco) 62
Figura 28 – Enrocamento danificado com exposição de manta sintética 62
Figura 29 – Enrocamento danificado na mesma região em ponto mais a montante 63
Figura 30 – Região praticamente sem enrocamento com um retentor de sedimentos carregado pela força da água 63
Figura 31 – Região com retentor danificado pela força da água 64

Figura 32 – Região com retentor completamente assoreado 65
Figura 33 – Região com retentor incorporado ao meio ambiente 66
Figura 34 – Região com falha da drenagem superficial 66
Figura 35 – Enrocamento de drenagem superficial funcionando de forma adequada 67
Figura 36 – Região com erosão sem tratamento superficial 68
Figura 37 – Talude com erosão no pé com necessidade de tratamento de emergência 69
Figura 38 – Vegetação primaria de cobertura no ponto vistoriado 69
Figura 39 – Região com falha de vegetação 70
Figura 40 – Localização do Ponto de Inspeção 5 (círculo branco) 70
Figura 41 – Ponto afetado pelo trânsito de cheias com o carregamento de blocos 71
Figura 42 – Blocos deslocados no canal do TG02 72
Figura 43 – Local com o tubo danificado que carece de reparo emergencial 73
Figura 44 – Drenagem superficial promovendo o fluxo de água sob controle 74
Figura 45 – Cobertura Vegetal de Proteção para Erosão desenvolvida no Ponto 5 75
Figura 46 – Localização do Ponto de Inspeção 6 (círculo branco) 75
Figura 47 – Enrocamento de drenagem com de areia carregada em seu pé 76
Figura 48 – Enrocamento implantado no leito do rio em excelente estado 77
Figura 49 – Retentores de sedimento operando de forma adequada 77
Figura 50 – Condição do tributário TG02 no dia da inspeção de campo 78
Figura 51 – Localização do Ponto de Inspeção 7 (círculo branco) 79
Figura 52 – Drenagem superficial com danos 79
Figura 53 – Retentor de sedimentos danificado e ineficiente 80
Figura 54 – Erosão provocada pela falha da drenagem superficial 80
Figura 55 – Erosão na margem com formação de uma ilha de rejeitos 81
Figura 56 – Erosão na margem oposta do rio com formação de ilha 81
Figura 57 – Cobertura vegetal primária do ponto 7 82
Figura 58 – Enrocamento deslocado no tributário TG05 83
Figura 59 – Manta sintética exposta no tributário TG05 83
Figura 60 – Área Prioritária 4 do Trecho 6 84
Figura 61 – Retentor danificado em região de baixa cobertura vegetal 85
Figura 62 – Retentor de sedimentos completamente preenchido 85
Figura 63 – Retentor no limite de operação com fuga lateral de rejeitos 86
Figura 64 – Canal de drenagem sem proteção gerando carregamento de rejeitos 86
Figura 65 – Sistema de drenagem superficial já incorporado pela vegetação 87
Figura 66 – Retentores de sedimento danificados e princípio de erosão 88
Figura 67 – Região com danos no retentor e forte erosão 88
Figura 68 – Linha de retentores danificada 89
Figura 69 – Retentores transportados para outros pontos do rio 89
Figura 70 – Curva do rio com retentores danificados e processo de erosão 90
Figura 71 – Retentor de sedimento danificado com movimentação da margem 90
Figura 72 – Linha de retentores danificados 91
Figura 73 – Linha de retentores danificada com carregamento de rejeitos 91
Figura 74 – Linha de retentores assoreados 92
Figura 75 – Região da margem do rio sem proteção ao fluxo 92
Figura 76 – Região da margem do rio sem proteção ao fluxo e com erosão 93
Figura 77 – Cobertura de vegetação primaria dominante no Trecho 6 na Área Prioritária 4 93
Figura 78 – Ponto com carência de cobertura vegetal 94
Figura 79 – Instabilidade local de talude 94
Figura 80 – Vista geral do Trecho 7 Área Prioritária 3 95
Figura 81 – Margem oposta com falência do sistema superficial de drenagem 96
Figura 82 – Drenagem superficial danificada próxima à saída em enrocamento 96

Figura 83 –Erosão de grande porte no sistema de drenagem superficial 97
Figura 84 – Retentores de sedimento encobertos pelo rejeito proveniente da erosão 97
Figura 85 – Falha da drenagem superficial que necessita de remediação imediata 98
Figura 86 – Retentores preenchidos com sedimento da erosão 98
Figura 87 – Outro ponto com erosão significativa 99
Figura 88 – Ponto de erosão de grande porte com preenchimento de retentores 99
Figura 89 – Outra erosão com fuga de material na mesma região 100
Figura 90 – Linha de retentores preenchidos com rejeitos dos pontos de erosão 100
Figura 91 – Local com fluxo erosivo sem proteção 101
Figura 92 – Erosão de grande porte próxima ao antigo sistema de bombeamento 101
Figura 93 – Erosão dentro do tributário TG06 102
Figura 94 – Enrocamento falho no desemboque do TG06 102
Figura 95 – Enrocamento falho no desemboque do TG06 103
Figura 96 – Vegetação de cobertura predominante no Trecho 7 104
Figura 97 – Visita das estruturas de controle de erosão e disciplinamento das drenagens 105
Figura 98 – Mapa Hipsométrico 110
Figura 99 – Mapa de declividade 111
Figura 100 – Mapa de unidades da paisagem 113
Figura 101 – Exemplo de mapeamento de lagoa utilizando a imagem de referência para o momento pré-evento (esquerda), imediatamente após o evento (central) e pós-evento (direita) 116
Figura 102 – Figura de Localização das Lagoas Marginais – Análise Histórica (Figura 102 A a G) 118
Figura 103 – Pontos de Monitoramento 124
Figura 104 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-26 134
Figura 105 – Resultados de turbidez ao longo do tempo nos pontos TUR-114 e RGN-01 135
Figura 106 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-107 136
Figura 107 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-112 137
Figura 108 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-79 138
Figura 109 – Turbidez em função da pluviosidade (RGN-01) 139
Figura 110 – Mapa de Proprietários nos Trechos 6 e 7 155
Figura 111 – Mapa de Acessos nos Trechos 6 e 7 156
Figura 112 – Mapa de Usos dos Solos nos Trechos 6 e 7 158
Figura 113 – Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 164
Figura 114 – Vista das ADMEs (Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito) 165
Figura 115 – Mapa de Áreas de Disposição de Rejeito dos Trechos 6 e 7 166
Figura 116 – Programas socioambientais que possuem interface com o PG 23 – Manejo de Rejeito - e abrangência conforme os tipos de depósito 169
Figura 117 – Localização dos Transectos nos Trechos 6 e 7 180
Figura 118 – Ilustração dos Pontos de Amostragem por Meio dos Transectos 183
Figura 119 – Seção Transversal dos Pontos de Sondagem nos Transectos 183
Figura 120 – Unidades de Análise dos Transectos nos Trechos 6 e 7 198
Figura 121 – Perfil longitudinal dos Trechos 6 e 7, localização dos transectos e unidades de análise definidas 199
Figura 122 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T1 209
Figura 123 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T2 210
Figura 124 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T3 211
Figura 125 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T4 212
Figura 126 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T5 213
Figura 127 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T6 214
Figura 128 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T7 215
Figura 129 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T6T8 216

Figura 130 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T7T1 217
Figura 131 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T7T2 218
Figura 132 – Localização e Espessuras do Pontos de Sondagem do T8T1 219
Figura 133 – Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha 220
Figura 134 – Comparação temporal de área com característica de deposição de sedimentos 221
Figura 135 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas encostas da seção extracalha 222
Figura 136 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas planícies da seção extracalha222
Figura 137 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas margens da seção extracalha 223
Figura 138 – Comparativo das espessuras médias dos depósitos de rejeito em cada contexto da seção extracalha 223
Figura 139 – Soma das médias dos depósitos de rejeito lavado e inconsolidado encontrados na porção intracalha..... 225
Figura 140 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados na porção intracalha 225
Figura 141 – Comparação temporal de área com característica de deposição de sedimentos. 226
Figura 142 – Afunilamento (garganta) no curso do rio à jusante dos transectos T7T1 e T7T2..... 228
Figura 143 – Localização e Espessuras dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6L1 230
Figura 144 – Localização e Espessuras dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6-L2..... 231
Figura 145 – Localização e Espessuras dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6-L3..... 232
Figura 146 – Localização e Espessuras dos Pontos de Sondagem da T6L6 233
Figura 147 – Localização e Espessuras dos Pontos de Sondagem da T6L7 234
Figura 148 – Médias das porcentagens de argila, silte, areia total e cascalho total 237
Figura 149 – Localização das amostras de solo e sedimento do Estudo Geoquímico da Golder e deste PMR 261
Figura 150 – Comparação da localização dos trechos definidos pela Golder e atuais..... 272
Figura 151 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR..... 274
Figura 152 – Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados nos Trechos 6 e 7 do rio Gualaxo do Norte 284
Figura 153 – Conceito da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7 342

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Descrição dos trechos específicos para a aplicação do PMR..... 24
Tabela 2 – Dados do mapeamento de APP do ZAP..... 39
Tabela 3 – Coordenadas dos pontos de monitoramento da Operação Augias localizados nos Trechos 6 e 7 45
Tabela 4 – Coordenada dos pontos vistoriados pela Operação Watu – Trechos 6 e 7..... 47
Tabela 5 – Unidades de paisagem nos Trechos 6 e 7..... 112
Tabela 6 – Informações dos imageamentos aéreos utilizados para a análise temporal..... 115
Tabela 7 – Classificação das lagoas identificadas no Trecho 6 117
Tabela 8 – Pontos de monitoramento nos Trechos 6 e 7..... 123
Tabela 9 – Dados de qualidade de água superficial na estação RGN 01 127
Tabela 10 - Dados de qualidade de água superficial - PMQQVAI..... 128
Tabela 11 - Dados de qualidade de água superficial do ponto RG-02 - PMQQVAI..... 129
Tabela 12 – Pontos utilizados para análise de turbidez..... 133
Tabela 13 - Incremento de vegetação nas Áreas Prioritárias 3 e 4 nos Trechos 6 e 7 141
Tabela 14 – Uso do Solo nos Trechos 6 e 7 (Área definida pelas ottobacias)..... 157
Tabela 15 – Áreas conservadas X antropizadas nos Trechos 6 e 7..... 159

Tabela 16 – Vazões com diferentes frequências e períodos de retorno simulados no modelo hidráulico do rio Gualaxo do Norte para definição de ações do Plano de Manejo 162
Tabela 17 – Tipos de depósito de rejeitos classificados por contexto 167
Tabela 18 – Resultados das análises de solo do estudo geoquímico 171
Tabela 19 – Resultados das análises de sedimento do estudo geoquímico 176
Tabela 20 – Transectos selecionados para os Trechos 6 e 7 178
Tabela 21 – Relação de transectos e as respectivas sondagens nos Trechos 6 e 7 184
Tabela 22 – Quantidade e Camadas de Coleta das Amostras para cada Transecto Selecionado nas Encosta, Planície, Margem e Calha – Trechos 6 e 7 188
Tabela 23 – Declividades médias das unidades de análise 197
Tabela 24 – Indica como os dados de campo serão incorporados no processo de tomada de decisão 200
Tabela 25 – Resultados de Espessura de Rejeito nos Transectos 202
Tabela 26 – Resultados de Espessura: Médias de Rejeito 205
Tabela 27 – Resultados de Espessura de Rejeito por Contexto 206
Tabela 28 – Dados das Sondagens de Reconhecimento Realizadas nas Lagoas Marginais 235
Tabela 29 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Trechos 6 e 7 236
Tabela 30 – Concentrações de metais encontradas na seção extracalha dos Trechos 6 e 7 239
Tabela 31 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos Trechos 6 e 7 243
Tabela 32 – Resultado da análise de granulometria das amostras compostas por transecto no Trechos 6 e 7 248
Tabela 33 – Resultado dos parâmetros físicos e químicos das amostras compostas por transecto no Trechos 6 e 7 248
Tabela 34 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Solo 262
Tabela 35 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Sedimento 265
Tabela 36 – Áreas de encosta, planície, margem e calha impactadas segmentadas entre as áreas de influência dos transectos 268
Tabela 37 – Espessura média de rejeito na calha, margem, planície de inundação e encosta 268
Tabela 38 – Volume estimado de rejeito na calha, margem, planície de inundação e encosta 269
Tabela 39 – Resumo do volume estimado nos Trechos 6 e 7 270
Tabela 40 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR 273
Tabela 41 – Comparação de volumes estimados pela Golder e atuais nos Trechos 6 e 7 274
Tabela 42 –Resumo da caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e da área afetada nos Trechos 6 e 7 277
Tabela 43 – Contextos identificados nos Trechos 6 e 7 283
Tabela 44 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto nos Trechos 6 e 7 284
Tabela 45 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A1 – Trechos 6 e 7 294
Tabela 46 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 6 300
Tabela 47 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 7 300
Tabela 48 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 6 307
Tabela 49. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 7 308
Tabela 50 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 6 314
Tabela 51 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 7 315
Tabela 52 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3 – Trecho 6 321
Tabela 53 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B4 – Trecho 6 325
Tabela 54 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1 – Trechos 6 e 7 331
Tabela 55 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto nos Trechos 6 e 7 – Alternativa indicada destacada em negrito 338
Tabela 56 – Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito nos Trechos 6 e 7 343
Tabela 57 – Cronograma macro para os Trecho 6 e 7 354

Lista de Anexos

I. As-built Áreas Prioritárias
II. Visita Áreas Prioritárias – Fichas de campo
III. Lista de Espécies de Biodiversidade
IV. Modelo hidráulico
V. Fichas de Sondagem – Atividade de campo CH2M
VI. Laudos analíticos: Amostragem de solo e sedimento – Atividade de campo CH2M
VII. Cadeia de Custódia – Atividade de campo CH2M
VIII. Relatório Fotográfico - Atividade de campo CH2M
IX. Anotação de Responsabilidade Técnica

SUMÁRIO EXECUTIVO

A CH2M Hill do Brasil (atual JACOBS CH2M) foi contratada pela Fundação Renova para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos (PMR), elaborado para a gestão dos impactos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, da Samarco Mineração S.A., ocorrido no dia 5 de novembro de 2015.

O PMR considerou como objeto de análise as áreas físicas diretamente afetadas pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, como as planícies de inundação, as margens e calhas dos rios, as lagoas lindeiras aos rios, sejam naturais ou resultantes de atividades antrópicas, como o garimpo ou a criação de peixes, bem como as vertentes da bacia de contribuição, delimitadas em cada Trecho conforme o conceito de Ottobacias.

Para o Gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito foram definidas cinco fases para o processo de tomada de decisão, conforme proposto na Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA nº 002/2017, sendo:

- Fase 1A – Caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 1B – Complementação da caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 2 – Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo;
- Fase 3 – Avaliação governamental da proposta apresentada;
- Fase 4 – Comunicação aos proprietários;
- Fase 5 – Implementação e monitoramento da alternativa selecionada.

Esse relatório tem como objetivo a aplicação do PMR para os Trechos 6 e 7 Os trabalhos desenvolvidos no presente relatório atendem especificamente as Fase 1A e Fase 2, que tratam da caraterização ambiental da área afetada, do processo de tomada de decisão e da seleção das alternativas de manejo, respectivamente. Não foi incluída nesse relatório a Fase 1B, que trata de estudos complementares da caracterização, já que a identificação da necessidade dos mesmos será produto do presente relatório, como é o caso do Trecho 8 que foi eleito como trecho piloto da aplicação do plano de manejo e cuja caracterização está sob complementação por solicitação do órgão ambiental.

Com relação à caracterização ambiental da área afetada apresentada no presente relatório, a mesma foi desenvolvida com base em estudos existentes e nos monitoramentos realizados previamente de modo emergencial e os monitoramentos que estão sendo executados na atualidade pela Fundação Renova. Já a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito foi realizada com base em dados primários, obtidos por meio de trabalhos de campo, realizados especificamente para identificar e caracterizar os tipos de depósitos atuais. Para tanto, foram realizadas inspeções visuais detalhadas, coleta e análise de amostras do rejeito e do substrato natural, visando a avaliação da espessura, determinação do volume e caracterização física, química e de dados sobre fertilidade do solo.

Com base nos impactos identificados foram definidos os objetivos específicos definidos para adequação de cada cenário (contexto) que se pretende alcançar com o manejo. Tais objetivos nortearam o processo de tomada de decisão da alternativa de manejo para cada um dos contextos.

Desta forma, o presente estudo apresentará (i) a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e área afetada; (ii) os impactos ambientais; (iii) os objetivos específicos da aplicação do PMR; (iv) a definição da alternativa de manejo específica para cada cenário (Processo de Tomada de Decisão); e (v) a descrição das alternativas selecionadas.

O processo de tomada de decisão foi aplicado para cada contexto, separadamente, onde as alternativas de manejo foram avaliadas, seguindo o Processo Simplificado de Tomada de Decisão do Plano de Manejo de Rejeito, que utiliza os seguintes critérios:

- Efetividade em atingir os objetivos específicos;
- Viabilidade técnica e administrativa;
- Impactos e riscos causados pelo manejo; e
- Tempo de implementação.

Após aplicação do Processo Simplificado de Tomada de Decisão do Plano de Manejo de Rejeito com a identificação e pontuação das alternativas de manejo, foram identificadas as propostas de soluções a serem adotadas nos Trechos 6 e 7, descritas na tabela abaixo, para cada contexto, incluindo também a necessidade de melhoramento do ambiente aquático por meio da

renaturalização do rio. Além disso, nessa tabela foram elencados os principais impactos e objetivos específicos identificados por contexto.

CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	• Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade.	• Evitar a erosão superficial das encostas • Regeneração da vegetação nativa • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
A2. Depósitos sobre solos com atividade económica em encosta - pastagem.	• Supressão da vegetação; • Perda da áreas produtivas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade.	• Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos	Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento; ou
B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica	• Supressão da vegetação; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade.	• Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos	Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa	• Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo.	• Evitar a erosão das planícies • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
B3. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio	• Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato.	• Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático • Manter a profundidade mínima de 1,5 m	Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural

CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
B4. Depósitos em lagoas soterradas	• Perda do habitat aquático; • Perda da conectividade do sistema rio-lagoa • Redução da biodiversidade local; • Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Recuperação do ecossistema terrestre existente (antes de serem lagoas de garimpo).	• Recuperação da lagoa soterrada, possibilitando a recuperação do ecossistema aquático OU • Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre	Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído.
C1. Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.	• Aporte de rejeito; • Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez; • Supressão da vegetação nativa.	• Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático	Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas
C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.	• Aporte de rejeito; • Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez; • Perda da biodiversidade; • Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo);	• Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (turbidez e cor) • Promover a formação de um substrato granulometricamente estável • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático	Sem processo de tomada de decisão – aguardando resultados do monitoramento complementar no Trecho 8. Implementação do projeto de renaturalização para melhorar a qualidade da água.

CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
	• Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Potencial ressuspensão fina do rejeito inconsolidado.		
C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis.	Idem contexto C2	Idem contexto C2	Sem processo de tomada de decisão – aguardando resultados do monitoramento complementar no Trecho 8. Implementação do projeto de renaturalização para melhorar a qualidade da água.

Conforme solicitado na NOTA TÉCNICA 0009/17 CT/GRSA/CIF, para os contextos intracalha, os órgãos ambientais entendem que as alternativas propostas não devem ser implementadas sem a realização de estudos complementares. O próximo período chuvoso 2017/2018 deve ser utilizado para observação do comportamento do ambiente, avaliando o potencial de remobilização do material intracalha e o comportamento do rejeito nas áreas que possuem indicativo de retirada, incluindo incremento das investigações e respectivos projetos executivos para cada local. Desta maneira, até finalização dos estudos complementares correspondentes, não será apresentada uma solução para o depósito intracalha.

Palavras-chave: Plano de Manejo de Rejeito, transectos, análises químicas e físicas.

1 Introdução

No dia 05 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de mineração do Fundão, operada pela mineradora Samarco, situada no município de Mariana, Minas Gerais, sofreu uma ruptura que resultou na liberação de grande fluxo de material constituído por uma mistura de rejeitos sólidos e água, causando grande impacto a jusante, até a foz do rio Doce, no oceano Atlântico.

Conforme informações disponibilizadas pela empresa (GOLDER ASSOCIATES, 2016) um volume estimado em cerca de 43,7 Mm³ (milhões de metros cúbicos) de rejeitos e água, que representaram aproximadamente 77% de um total de 56,6 Mm³ de materiais contidos na barragem de Fundão, foram liberados quando do rompimento da barragem e por um período de alguns meses após o evento.

No seu trajeto a jusante, o fluxo de rejeitos e materiais agregados durante o seu escoamento entrou no reservatório da barragem de Candonga (Usina Hidroelétrica Risoleta Neves), onde grande volume de material sedimentou, , enquanto outra parte ultrapassou a barragem, seguindo pelo rio Doce em direção ao mar como carga sólida. Parte desses sólidos e materiais coloidais em suspensão se depositou na calha do rio Doce e nos demais reservatórios ao longo de seu curso a jusante, e parte deste material permaneceu em suspensão na água até a foz do rio Doce, com uma pluma de coloração alaranjada penetrando no ambiente estuarino e costeiro (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Por toda a extensão do rio Doce e seus afluentes nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, observou-se a mudança dos aspectos naturais, demonstrando os altos níveis de turbidez gerados pela onda de lama de rejeitos (IBAMA, 2015).

Ao longo do caminho de escoamento dos rejeitos, solos, vegetação e outros materiais foram arrastados, resultando em uma mistura de rejeitos, solos e detritos vegetais e antrópicos que foram depositados ao longo das planícies de inundação, das margens e calhas destes cursos d'água e seus tributários, quando a onda de sólidos e água teve sua velocidade de deslocamento reduzida em certos trechos (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Quando do evento, diversos foram os impactos decorrentes do rompimento e afluxo desse rejeito, que atingiram aproximadamente 2.000 hectares até a barragem de Candonga. Tais impactos foram acompanhados à época e ações estão sendo propostas, revisadas e praticadas até o momento visando sua mitigação, correção e compensação.

Entre 15 de novembro de 2015 e 17 de fevereiro de 2016 foram encontrados 7.676 exemplares de peixes mortos no rio Doce no estado do Espírito Santo (entre os municípios Baixo Guandu e Linhares, incluindo as praias de Povoação e Regência).

Entretanto, passados cerca de 25 meses da data de rompimento, processos de dinâmica superficial local, tendem a equilibrar-se novamente e este novo cenário impõe ao meio ambiente uma adaptação à existência deste passivo e novos impactos podem ser deflagrados pela interação do meio com esta nova realidade imposta pela acomodação do rejeito e demais detritos carreados quando do rompimento. Desta maneira, o entendimento desses processos deve ser realizado nesse relatório, a fim de poder identificar impactos e estado de situação atual da área afetada e poder identificar e avaliar as corretas alternativas de manejo a serem estabelecidas e implementadas.

Com relação às áreas de estudo a serem abordadas especificamente no presente Volume, conforme apresentado no Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017), o fluxo de rejeito inconsolidado divide-se em dois caudais após ultrapassar o estreitamento no vale do córrego Santarém, junto a sua foz no rio Gualaxo do Norte, onde posteriormente foi instalado o Dique S4, conforme Figura 1. Um caudal direciona-se para o trecho de montante do rio Gualaxo do Norte incluindo o córrego dos Camargos, no Trecho 6, e o segundo, seguindo a jusante, pelo curso normal rio abaixo, onde inicia-se o Trecho 7.

Figura 1 – Confluência do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte e a localização do Dique S-4 (seta vermelha), em início de construção em agosto de 2016 e em maio 2017 já finalizado.



Fonte: Adaptado de FUNDAÇÃO RENOVA, agosto 2016 – Sobrevoo



Fonte: Imageamento por Drone abril/maio 2017

Coordenadas UTM: 666009 L; 7760979 N

O Trecho 6 abarca o rio Gualaxo do Norte a montante da confluência com o córrego Santarém, onde os rejeitos provenientes deste córrego seguiram no contrafluxo, por cerca de 5,7 km a montante no próprio rio Gualaxo do Norte e por cerca de 2,0 km no córrego dos Camargos, um de seus tributários pela margem direita.

Por outro lado, o Trecho 7 se inicia imediatamente a jusante da confluência do córrego Santarém, onde o rio Gualaxo do Norte adentra um vale estreito, o qual constitui a passagem do rio através de uma serra alongada no sentido SE-NW, e segue por aproximadamente 3,2 km em vale fechado com pequenos segmentos mais abertos.

O Trecho 7 se caracteriza pela passagem do fluxo de rejeitos e materiais agregados a alturas significativas das encostas que formam os vales fechados, variando de 20 a 25 m, com a remoção da vegetação arbórea nativa e de toda a camada de solo, com a exposição do substrato rochoso, conforme se pode observar na Figura 2.

Figura 2 – Segmento do rio Gualaxo do Norte no Trecho 7 em vale encaixado, com remoção total da vegetação e exposição do substrato rochoso.



Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, agosto 2016 – Sobrevoo

Coordenadas UTM: 667396 L; 7760535 N

Em ambos os trechos, parte das áreas de fundo de vale afetadas pela deposição de materiais detríticos foi objeto de obras de drenagem superficial e de controle de erosão até o final de 2017, com o objetivo de disciplinar a drenagem sobre tais áreas e controlar o desenvolvimento de processos erosivos, que terminam por reconduzir os materiais detríticos novamente para os cursos d'água.

Cabe esclarecer que no Trecho 6 onde há lagoas, tanto as lagoas de garimpo quanto eventuais lagoas naturais, foram todas consideradas como um contexto específico para a aplicação do PMR.

2 Contextualização

A CH2M Hill do Brasil (atual JACOBS CH2M) foi contratada pela Fundação Renova para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos (PMR), elaborado para a gestão dos impactos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, da Samarco Mineração S.A., ocorrido no dia 5 de novembro de 2015.

Para sua aplicação foram estabelecidos 17 trechos específicos, para a definição das ações de manejo, conforme descrito abaixo:

Tabela 1 – Descrição dos trechos específicos para a aplicação do PMR

TRECHOS	DESCRIÇÃO DO TRECHO	EXTENSÃO APROXIMADA
Trecho 1	Barragem do Fundão até o Remanso do Reservatório Santarém	1.100 m
Trecho 2	Reservatório de Santarém	2.500 m
Trecho 3	Barragem de Santarém	1.200 m a jusante medidos ao longo dos cursos do córrego Santarém
Trecho 4	Reservatório do Dique S-3	1.200 metros ao longo do córrego Santarém e 2.700 m ao longo do córrego Mirandinha
Trecho 5	Dique S-3 até o Dique S-4	1.900 m ao longo do córrego Santarém
Trecho 6	Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém	5.700 m no rio Gualaxo do Norte + 2.000 m no córrego “dos Camargos”
Trecho 7	Rio Gualaxo do Norte, a jusante da foz do córrego Santarém	3.200 m
Trecho 8	PCH Bicas. Rio Gualaxo do Norte	9 km
Trecho 9	Médio e Baixo Gualaxo do Norte	58 km
Trecho 10	Rio do Carmo até confluência com o rio Piranga (formação do rio Doce)	25 km
Trecho 11	Rio Doce, até o Remanso do Reservatório de Candonga	5,8 km
Trecho 12	Reservatório de Candonga, UHE Risoleta Neves	11 km
Trecho 13	Rio Doce, da barragem de Candonga até a barragem Baguari	220 km
Trecho 14	Rio Doce, da barragem de Baguari até a barragem de Mascarenhas	180 km
Trecho 15	Rio Doce, da barragem Mascarenhas até a cidade de Linhares	100 km
Trecho 16	Rio Doce, da cidade de Linhares até a sua foz	42 km
Trecho 17	Zona marinha costeira	-

O PMR considerou como objeto de análise as áreas físicas diretamente afetadas pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, como as planícies de inundação, as margens e calhas dos rios, as lagoas lindeiras aos rios, sejam naturais ou resultantes de atividades

antrópicas, como o garimpo ou a criação de peixes, bem como as vertentes da bacia de contribuição, delimitando a área afetada. A localização dos trechos, que consideram toda a área afetada, encontra-se apresentada na **Figura 3.**

600000 700000 800000 900000 1000000

8000000 7900000 7800000 7700000 7600000

N

MG

BA

ES

RJ

Rio Doce

Baguari

Aimorés

Mascarenhas

Risoleta Neves
(Ex-Candonga)

Reservatório
de Fundão

Córrego
Santarém

PCH Bicas

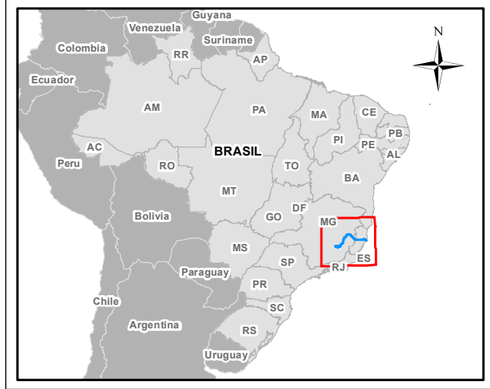
Rio Gualaxo
do Norte

Rio Piranga

Rio do
Carmo

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Pequenas Centrais Hidrelétricas
- Usinas Hidrelétricas
- Curso d'água
- Corpo d'água
- Reservatórios
- Limite Estadual
- Limite dos Trechos
- N° Identificação do Trecho

Sub-bacias

- Rio Doce
- Litorâneas do Espírito Santo
- Rio Grande
- Rio Jequitinhonha
- Rio Paraíba do Sul
- Rio das Velhas, São Francisco
- São Matheus, Itanhaem e outros

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

Digital Globe, 2017; ANA, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017;
OpenStreetMap, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 3
Localização da Área de Estudo e Trechos

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:1.700.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

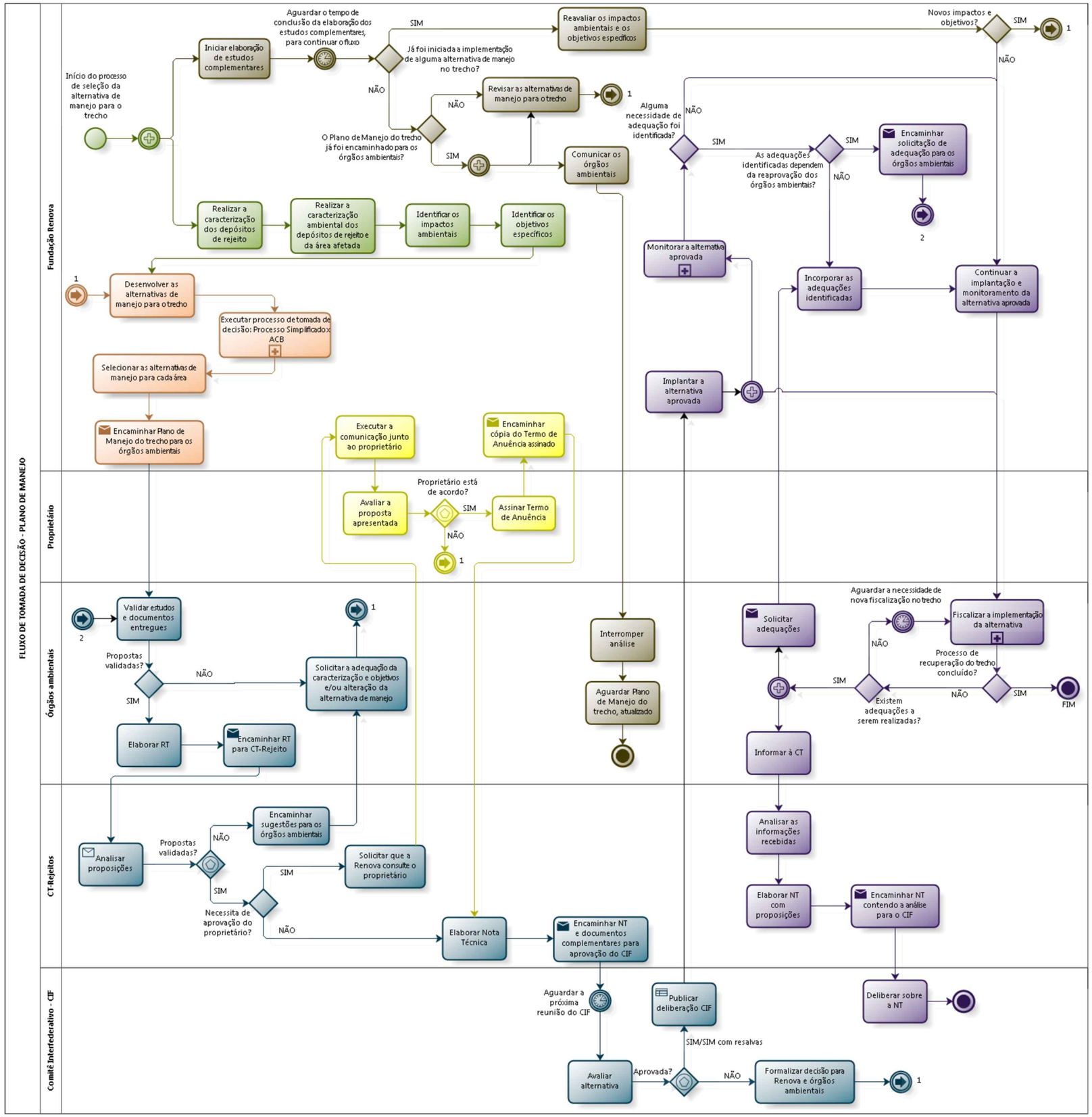
FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 3 - Figura de Localização da Área de Estudo e Trechos - Trechos 6 e 7

Para o Gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito foram definidas cinco fases para o processo de tomada de decisão, conforme proposto na Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA nº 002/2017, sendo:

- Fase 1A – Caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 1B – Complementação da caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 2 – Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo;
- Fase 3 – Avaliação governamental da proposta apresentada;
- Fase 4 – Comunicação aos proprietários; e
- Fase 5 – Implementação e monitoramento da alternativa selecionada.

O fluxograma para o Gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito encontra-se apresentado na Figura 4.



LEGENDA
Fase 1A: Caracterização ambiental da área afetada
Fase 1B: Complementação da caracterização ambiental da área afetada
Fase 2: Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo
Fase 3: Avaliação governamental da proposta apresentada
Fase 4: Comunicação aos proprietários
Fase 5: Implementação e monitoramento da alternativa selecionada

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

REFERÊNCIA:

Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA N° 002/2017

JACOBS ch2m:

TÍTULO:

Figura 4

Fluxograma de Gerenciamento de Manejo de Rejeitos

PROJETO:

Volume 2.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	24/01/2018	rutima	MB	AG	RA0

FIGURA 1.DWG

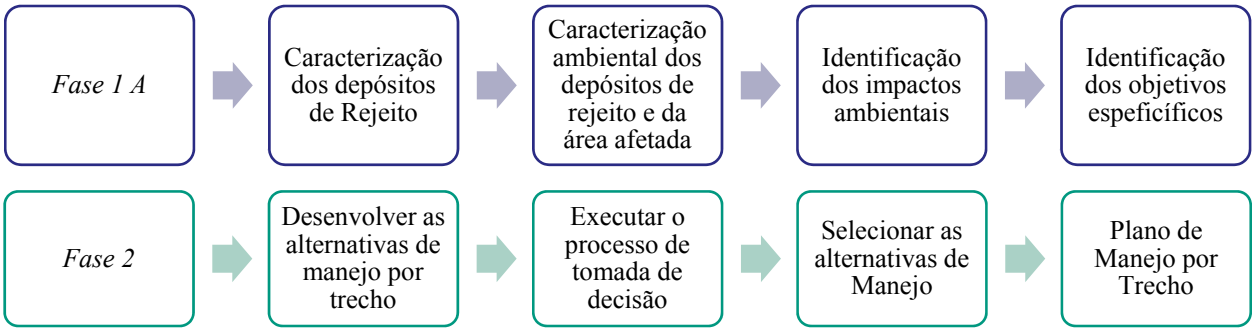
3 Objetivo

A Aplicação do PMR ocorrerá de forma individual para cada um dos 17 trechos propostos, dada suas particularidades. Desta forma, considerando a divisão da área de deposição do rejeito em trechos, esse relatório tem como objetivo a aplicação do PMR para os Trechos 6 e 7, apresentados na **Figura 3**, e visa relatar passo a passo do processo de tomada de decisão, no intuito de buscar a alternativa de manejo tecnicamente mais adequada e que gere menor impacto socioambiental.

O presente relatório apresenta as atividades realizadas na aplicação do PMR para a área afetada nos Trechos 6 e 7, bem como indica os procedimentos e metodologias adotados para garantir a qualidade do trabalho contratado.

Os trabalhos desenvolvidos atendem especificamente as Fase 1A e Fase 2, que tratam da caraterização ambiental da área afetada, do processo de tomada de decisão e da seleção das alternativas de manejo, respectivamente, descritas no fluxograma da Figura 5, a seguir:

Figura 5 – Fases do Fluxograma de Gerenciamento a serem consideradas na Execução do Plano de Manejo de Rejeito



A identificação da necessidade de estudos complementares (Fase 1B) será produto do presente relatório.

O presente relatório, referente aos Trechos 6 e 7, será denominado como Volume 2 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7.

4 Conteúdo do relatório

A chave para o desenvolvimento de uma estratégia de manejo bem-sucedida é o desenvolvimento de uma caracterização assertiva e precisa da área de interesse. A caracterização (Fase 1A) descreve como os rejeitos se movem através do sistema físico e biológico impactado, bem como a distribuição e mobilidade dos compostos químicos de interesse. A distribuição de rejeitos nos rios impactados é profundamente influenciada pelas características morfológicas e hidráulicas locais. Por essa razão, a caracterização ambiental dos rejeitos e da área afetada foi desenvolvida considerando essencialmente estas características.

Não foi incluída nesse relatório a Fase 1B, que trata de estudos complementares da caracterização, já que a identificação da necessidade dos mesmos será produto do presente relatório, como é o caso do Trecho 8 que foi eleito como trecho piloto da aplicação do plano de manejo e cuja caracterização está sob complementação por solicitação do órgão ambiental.

A análise dos riscos futuros, decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente será executada em forma paralela à tomada de decisão, como parte dos estudos complementares a serem realizados conforme indicado na Seção 8 do Plano de Manejo de Rejeitos - Revisão 01 (CH2M, 2017) e conforme especificado nos Termos de Referência da Análise de Risco à Saúde Humana no Anexo IV do mesmo relatório. Desta maneira, os mesmos não foram considerados e abordados no presente relatório. Com relação ao risco ecológico especificamente, foi realizado um Workshop de Análise de Risco Ecológico nos dias 24 e 25 de agosto de 2017, com o objetivo de delinear diretrizes e metodologias para a execução da avaliação do risco ecológico nas áreas afetadas que contou com a participação de professores universitários de notório saber, consultores, órgãos ambientais e Fundação Renova.

Com relação à caracterização ambiental da área afetada apresentada no presente relatório, a mesma foi desenvolvida com base em estudos existentes e nos monitoramentos realizados previamente de modo emergencial e os monitoramentos que estão sendo executados na atualidade pela Fundação Renova. Já a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito foi realizada com base em dados primários, obtidos por meio de trabalhos de campo, realizados especificamente para identificar e caracterizar os tipos de depósitos atuais. Para tanto, foram realizadas inspeções visuais detalhadas, coleta e análise de amostras do rejeito e do substrato natural, visando a avaliação da

espessura, determinação do volume e caracterização física, química e de dados sobre fertilidade do solo.

Ainda, para a tomada de decisão quanto ao manejo do rejeito e sua efetiva aplicação, faz-se necessária a avaliação dos seus impactos no meio físico, biótico e social, a qual foi realizada considerando a interação do rejeito, como se encontra atualmente, com o ambiente em que este se insere. Tais dados pretendem suportar consistentemente o processo de tomada de decisão e aplicação do PMR.

Com base nos impactos identificados foram definidos os objetivos específicos definidos para adequação de cada cenário (contexto) que se pretende alcançar com o manejo. Tais objetivos nortearam o processo de tomada de decisão da alternativa de manejo para cada um dos contextos.

Conforme solicitado na NOTA TÉCNICA 0009/17 CT/GRSA/CIF, para os contextos intracalha, os órgãos ambientais entendem que as alternativas propostas não devem ser implementadas sem a realização de estudos complementares. O próximo período chuvoso 2017/2018 deve ser utilizado para observação do comportamento do ambiente, avaliando o potencial de remobilização do material intracalha e o comportamento do rejeito nas áreas que possuem indicativo de retirada, incluindo incremento das investigações e respectivos projetos executivos para cada local. Desta maneira, até finalização dos estudos complementares correspondentes, não será apresentada uma solução para o depósito intracalha.

Desta forma, o presente estudo apresentará (i) a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e área afetada; (ii) os impactos ambientais; (iii) os objetivos específicos da aplicação do PMR; (iv) a definição da alternativa de manejo específica para cada cenário (Processo de Tomada de Decisão); e (v) a descrição das alternativas selecionadas.

5 Caracterização ambiental da área afetada e dos depósitos de rejeito

A Tabela 8-2 do Plano de Manejo de Rejeito Revisão 1 (CH2M, 2017), apresentou os critérios específicos a serem considerados em cada trecho, contexto ou unidade de análise, visando à caracterização ambiental das áreas afetadas pela deposição de rejeitos. Nesta tabela foi definido

que esta caracterização deveria abarcar os aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos que podem ser observados na situação atual. Igualmente, sempre que possível, será considerada a situação prévia ao evento e a evolução até a situação atual após o evento.

A caracterização ambiental da área afetada e do depósito de rejeito (Fase 1A) envolve estudos com dados secundários e dados primários. Estes últimos, foram coletados durante o monitoramento emergencial, monitoramentos que atualmente realiza a Fundação Renova, e um monitoramento específico realizado pela JACOBS CH2M para caracterizar os tipos de depósitos de rejeito. Esta caracterização ambiental da área afetada e do depósito de rejeito, visa atingir a compreensão das configurações do meio (físico, químico, biológico e social) em estudo após o evento (situação atual) e fornecer os subsídios para a avaliação dos impactos atuais (i.e., residuais) decorrentes do evento.

Essa Seção foi dividido de forma a atender aos itens que compreendem à Fase 1A do fluxograma de gerenciamento do manejo do rejeito (Figura 4 supra ilustrada), conforme se observa a seguir.

5.1 Caracterização ambiental da área afetada

Tendo em vista que: (i) rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão ainda se encontram depositados na calha rio Gualaxo do Norte e do Córrego dos Camargos e ao longo das suas margens e planícies aluviais e (ii) diferentes comportamentos hidrológicos podem causar erosão e carregamento dos rejeitos para o canal principal do rio; faz-se necessária a análise das regiões adjacentes à área diretamente impactada pelo acidente para a definição da área de atuação do Plano de Manejo de Rejeitos. Com isso, espera-se criar subsídios para que sejam definidas ações que considerem as particularidades de cada segmento dos cursos d'água.

A caracterização ambiental da área afetada foi realizada com base nos dados e monitoramentos disponíveis (primários e secundários) e fornecerá as informações necessárias para entendimento da situação atual da área de abrangência, a fim de identificar os impactos ambientais.

Sempre que possível, o Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) foi utilizado de forma a orientar a caracterização das áreas e, consequentemente, as ações específicas a serem

desenvolvidas em cada uma. O ZAP consiste em um documento de caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte (unidades de paisagem, uso e ocupação do solo, etc.) elaborado pela EMATER em 2017.

5.1.1 Delimitação da área afetada

Foram definidas as microbacias de escoamento superficial, a fim de garantir a inclusão de todas as áreas impactadas. Elas foram utilizadas para: (i) determinar a área afetada e entorno do PMR para cada um dos trechos e (ii) estabelecer as áreas de controle e disciplinamento de drenagem. Para isso, foi utilizada a base de bacias hidrográficas ottocodificadas da região ou bacias de menor escala que, dependendo da resolução do Modelo Digital de Elevação – MDE – podem ser delimitadas através de ferramentas de geoprocessamento.

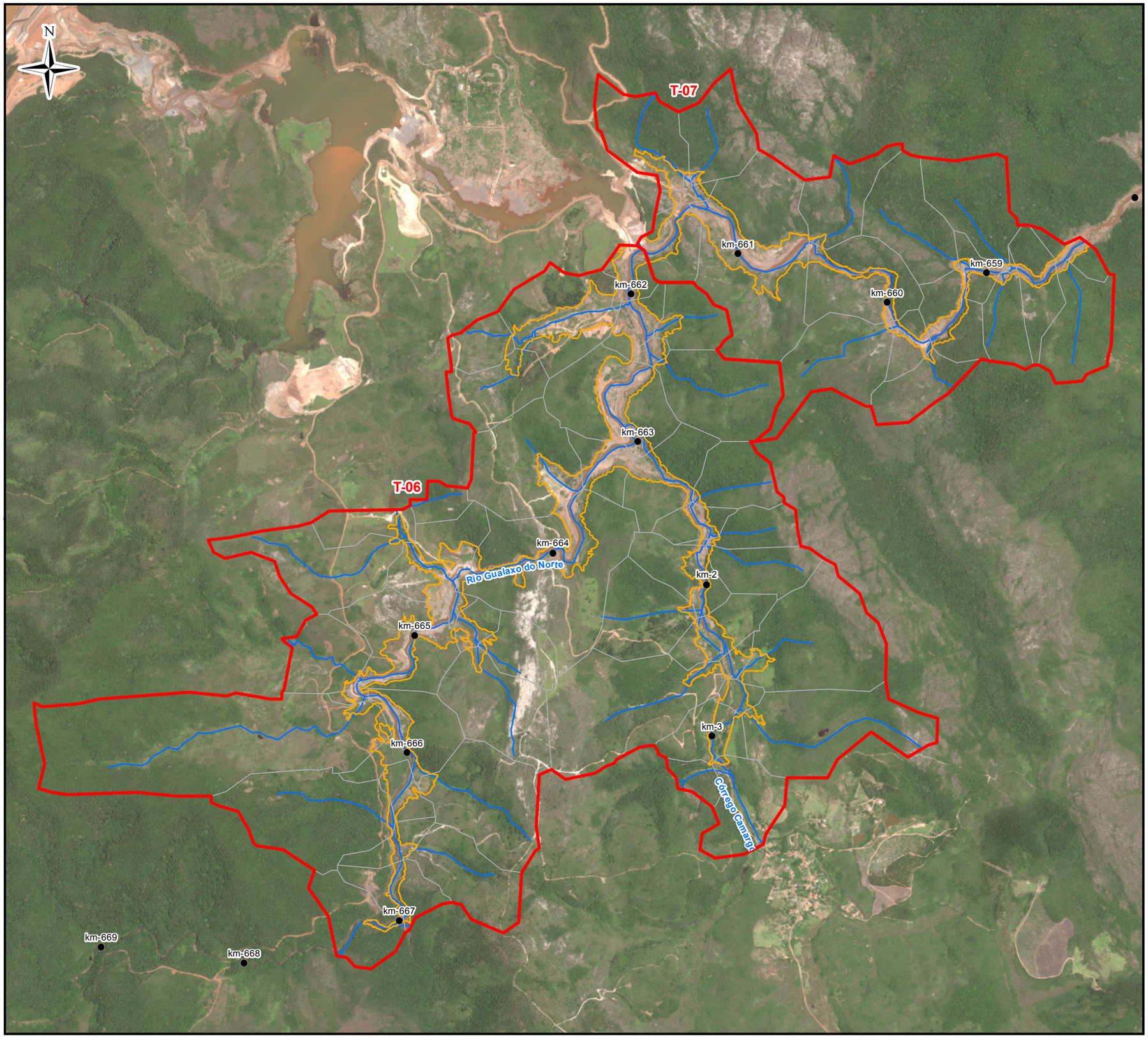
A delimitação da área afetada do PMR foi determinada pelo cruzamento dos limites da área impactada com a base hidrográfica ottocodificada da Bacia do Rio Doce. A construção de uma base ottocodificada consiste em um conjunto de processos para tratamento topológico da rede hidrográfica com base na codificação de Otto Pfafstetter (1989) e que permite associar e extrair informações a jusante e a montante de cada trecho da rede de drenagem. Esta codificação é utilizada mundialmente na gestão de recursos hídricos (ANA, 2006).

Neste estudo, foi utilizada a base hidrográfica ottocodificada da Bacia Hidrográfica do Rio Doce disponibilizada pela Agência Nacional de Águas – ANA. A base contempla a representação dos trechos de drenagem e a delimitação das áreas de contribuição hidrográfica.

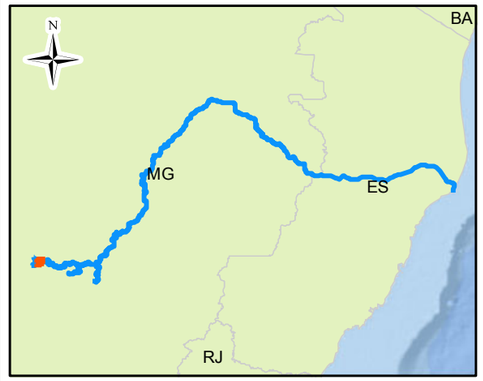
Assim, considerando que a bacia hidrográfica do rio Doce banha parte dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, a Base Hidrográfica foi construída a partir de bases vetoriais disponibilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em escala 1:50.000 e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) em escala 1:100.000 do mapeamento sistemático brasileiro, seguida de ajustes topológicos nos trechos de drenagem e procedimentos de ottocodificação. Desta forma, esta base foi construída parcialmente na escala 1:100.000 e parcialmente na escala 1:50.000.

As áreas de contribuição hidrográfica (bacias) foram definidas a partir de um modelo digital de elevação – MDE, fruto do processamento de dados RASTER. O traçado dessas áreas foi suavizado para eliminar o serrilhado proveniente do dado matricial.

Na Figura 6 pode ser observado o total da área afetada do PMR e a Figura 6 apresenta a área afetada e as ottobacias dentro dos limites dos Trechos 6 e 7, no rio Gualaxo do Norte. Dessa maneira, toda ottobacia atingida pela área de impacto foi considerada de interesse para atuação do Plano de Manejo de Rejeito. Além disso, nessa mesma figura, encontra-se apresentado o resultado do cruzamento entre a área impactada e as ottobacias, delimitando os 1121 ha de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7, sendo 835 ha e 286 ha, respectivamente.



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio
- Curso d'água
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7
- Ottobacias

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.
ANA, 2016.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 6
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	24/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura de Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR - Trechos 6 e 7

No âmbito do PMR, o Mapa de Áreas Impactadas foi elaborado com o objetivo de delimitar a área abrangida pelo evento de deposição dos rejeitos por ocasião do rompimento da Barragem de Fundão. Esta delimitação foi produzida com base em imagens de satélite imediatamente posteriores à ocorrência do evento.

Nos Trechos 6 e 7 procedeu-se com a delimitação do perímetro total de abrangência do evento a partir de mosaico de imagens de satélites produzido através de imagens disponibilizadas por Google Earth Pro, datadas de 09/11/2015 (quatro dias após o evento), conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo do mosaico de imagens com data de 09/11/2015 utilizado para delimitação da Área Impactada



Fonte: JACOB CH2M, 2017. Imagens com data de 09/11/2015

Após a delimitação dos polígonos da Área Impactada, de acordo com o mosaico das imagens datado de 09/11/2015, foi utilizado um segundo imageamento realizado entre o período de Junho a Julho de 2017, para verificar áreas onde os efeitos da deposição dos rejeitos sob a vegetação pode ser claramente visualizada, como, por exemplo, as áreas impactadas pela morte das árvores, não perceptíveis nas primeiras imagens.

Esse imageamento mais atual foi realizado por Geopixel com aeronave Echar 20c RTK, utilizando câmeras Sony Alfa 5100 e distância focal de 16mm, com GSD ajustado em 10cm alcançando a precisão horizontal de 15cm.

Figura 8 – Exemplo do imageamento realizado com aeronave não tripulada no período entre Junho e Julho de 2017.



Fonte: Data do imageamento utilizado no mapa: Jun/Jul de 2017 realizado pela Geopixel e processado pela JACOBS CH2M.

Dados do imageamento aéreo utilizado:

- Aeronave: Echar 20c RTK
- Resolução Espacial: 0,1 m

Na Figura 9, é apresentada a comparação entre o mosaico de 09/11/2015 e imageamento do período entre Junho e Julho de 2017, indicando um dos pontos onde o impacto causado pela deposição dos rejeitos só ficou aparente através de imagem de satélite pós-evento, em Junho/Julho de 2017.

Figura 9 – Comparação entre mosaico de 09/11/2015 e imageamento do período entre Junho e Julho de 2017



Fonte: JACOBS CH2M, 2017. Imagens com data de 09/11/2015 e Jun/Jul de 2017.

Ao fim da vetorização manual foi empregado o processo de consistência topológica para garantir integridade espacial, ou seja, ausência de buracos e/ou sobreposições entre os polígonos gerados. O processo de consistência topológica garante que o dado gerado, a partir deste, atenda aos altos padrões de qualidade por não apresentar duplicidades ou omissão de informação.

A área total afetada diretamente pela deposição dos rejeitos é de 102 ha no Trecho 6 e de 33 ha no Trecho 7, totalizando 135 ha para estes dois trechos, valor que representa cerca de 12% da área total das ottobacias correspondentes.

5.1.2 Unidades ambientais

5.1.2.1 Área de Preservação Permanente (APP)

O Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) apresenta o mapeamento das Áreas de Proteção Permanente (APPs) em torno dos cursos e corpos d'água e nascentes, considerando as diretrizes previstas na Lei Estadual nº 20.922/2013, que dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no estado de Minas Gerais, e da Lei Federal nº 12.651/2012, a qual

institui o Novo Código Florestal, de modo que as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, deve possuir um raio mínimo de 50 metros (cinquenta metros) e 30 metros (trinta metros), para os cursos d'água de menos de 10 metros (dez metros) de largura, como é o caso dos trechos analisados. O mapa de APPs está apresentado na Figura 10.

A Tabela 2 apresenta o número de nascentes, a extensão dos cursos d'água e a quantificação das áreas de APP, de acordo com os dados do mapeamento do ZAP.

Tabela 2 – Dados do mapeamento de APP do ZAP

TIPOLOGIA	TRECHO 6	TRECHO 7
Nascentes (unid)	21	9
Extensão de corpos d'água (km)	24,5	8,7
APP (ha)	147	53

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

T-07

T-06

km-661

km-662

km-659

km-660

km-663

km-665

km-666

km-667

km-669

km-668

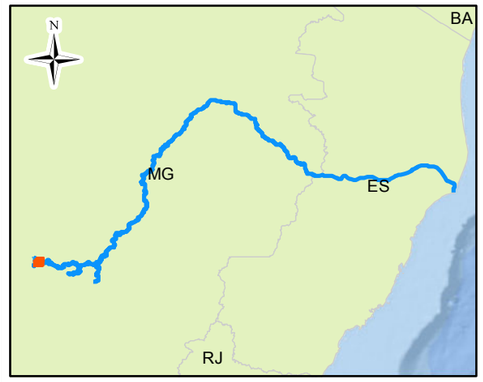
km-3

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

N

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7
- Áreas de Preservação Permanente Hídricas

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m:

TÍTULO:

Figura 10
Áreas de Preservação Permanente Hídricas

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 10 - Áreas de Preservação Permanente - Hídricas (ZAP) - Trechos 6 e 7

5.1.2.2 Unidades de Conservação

Conforme o Plano de Trabalho para Estudos de Avaliação dos Impactos Gerados pelo Rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação – Revisão 01, dentre as unidades de conservação diretamente impactadas, a que se destaca por abranger parte da área de abrangência dos trechos 6 e 7 do PMR é a Área de Proteção Especial (APE) Ouro Preto-Mariana, que possui uma área de 1.274 km^2 e foi criada com o objetivo de preservação do patrimônio cultural, histórico e paisagístico (Decreto nº 12.224, de 25 de fevereiro de 1981).

Segundo o relatório supracitado, como as APEs não constam no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), as tratativas para avaliação e mitigação dos impactos causados a estas UCs serão feitas diretamente com o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Será realizado um diagnóstico ambiental através de oficinas, envolvendo as contratadas responsáveis, tendo como produto final as definições das próximas etapas da avaliação e mensuração dos impactos ambientais. Em seguida, as oficinas serão realizadas para que se definam as medidas reparatórias que originará um relatório final de avaliação de impacto.

5.1.3 Avaliação das ações de controle de erosão e disciplinamento da drenagem nas intervenções realizadas

Conforme citado na Seção 7.4 do Plano de Manejo de Rejeito Revisão 1, para a reconformação das calhas dos rios principais e o controle de erosão, foram priorizadas doze (12) áreas contempladas no estudo geomorfológico , intitulado de “Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes Gerais do Projeto de Setembro, 2016” ao longo do rio Gualaxo do Norte até Candonga. Estes áreas foram definidas como Áreas Prioritárias para Controle de Erosão e Dispositivos de Drenagem.

Esta etapa do relatório visa avaliar a eficiência das intervenções de bioengenharia realizadas ao longo das áreas afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão, dentro dos Trechos 6 e 7 (Áreas Prioritárias 3 – Alto Gualaxo do Norte - e 4 – Córrego Camargos).

A Figura 11 apresenta uma visão geral dos Trechos 6 e 7 priorizados na primeira fase do trabalho de campo.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

T-07 T-06

TG06 TG07 TG08 TG05 TG03 TG02 TG04 TG01 TG01B TG01A P1-01A P2-01A

km-661 km-659 km-662 km-660 km-663 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667

Rio Gualaxo do Norte

Corrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Áreas Prioritárias

- Área prioritária para intervenção - 03
- Área prioritária para intervenção - 04
- Área não prioritária para intervenção - 19
- Tributários

ESCALA GRÁFICA:
0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 11
Áreas Prioritárias e Não Prioritárias para Medidas de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	25/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 11 - Áreas de Intervenção para Medidas de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem- Trechos 6 e 7

5.1.3.1 Monitoramento realizado pelos Órgãos Ambientais

Neste item serão apresentados os principais resultados dos monitoramentos realizados pelos órgãos ambientais. Para tanto, foram analisados os relatórios *técnico*s disponibilizados referente à:

- Operação Áugias, IBAMA[1];
- Operação Watu, FEAM[2].

Os relatórios destas Operações registram as constatações provenientes do acompanhamento visual das intervenções instaladas. A Operação Áugias refere-se às campanhas de fiscalização por parte do IBAMA, adotada como estratégia para analisar o cumprimento das cláusulas 158[3], 159[4] e 160[5] do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), com foco na avaliação ambiental dos tributários impactados pelo evento. As campanhas são realizadas desde abril de 2016.

Na Fase Argos IV realizada pelos órgãos ambientais IBAMA, IEF/MG e IEMA/ES, no período de 21 a 30 de agosto de 2017, foram revisitados os tributários vistoriados em fases anteriores, entre a barragem de Fundão e UHE Risoleta Neves. Esta fase foi conduzida com suporte de um *check list* contendo 36 itens que atendiam a três eixos principais:

- Avaliação das intervenções realizadas;
- Diagnóstico ambiental da área; e

---

[1] http://www.feam.br/noticias/1/1507-operacao-watu-fase-i-fiscaliza-eficacia-de-medidas-emergenciais-no-rio-doce

[2] http://www.ibama.gov.br/noticias/422-2017/1231-operacao-augias-ibama-divulga-relatorio-de-vistoria-em-areas-impactadas-pelo-rompimento-da-barragem-de-fundao

[3] Cláusula 158: revegetação emergencial numa extensão de 800 ha até 30/06/2016 para redução da erosão laminar e eólica.

[4] Cláusula 159: recuperação de 2000 ha na área ambiental 1 em até 4 anos com mais 6 anos de manutenção.

[5] Cláusula 160: regularização das calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce (trecho a montante da UHE Risoleta Neves) até 29/12/2017.

- Atividades de recuperação ambiental.

Os pontos abrangidos pela Operação Áugias que coincidem com a área dos Trechos 6 e 7, referem-se aos pontos ITS11, ITS12, ITS13, ITS15, ITS19 e ITS20, NTG01 e NTG02, PS03 e PS04, RG01 e RG02, TES02 e TES03, cujos relatos de vistoria são apresentados nos relatórios de campo, anexos do Relatório geral de vistoria operação Áugias – Fase Argos – Etapa IV (IBAMA, 2017), e sumarizados na sequência.

A Tabela 3 apresenta as coordenadas dos pontos vistoriados pela Operação Augias que estão localizados nos Trechos 6 e 7.

Tabela 3 – Coordenadas dos pontos de monitoramento da Operação Augias localizados nos Trechos 6 e 7

PONTO DE MONITORAMENTO	COORDENADAS UTM	
	Leste	Norte
ITS 11	664.471,47	7.758.487,82
ITS 12	664.462,19	7.758.609,69
ITS 13	664.704,13	7.758.784,51
ITS 14	665.092,12	7.758.935,80
ITS 15	664.690,31	7.759.526,37
ITS 19	665.461,13	7.759.286,53
ITS 20	665.471,79	7.759.308,56
NTG01	665.586,81	7.759.318,53
NTG16	665.621,76	7.759.694,60
PS 03	666.443,21	7.758.203,24
PS 04(4)	666.424,24	7.758.402,70
RG-01	665.996,32	7.760.620,93
RG-02	665.640,16	7.760.524,71
TES 02	666.212,29	7.761.349,52
TES 03	666.243,42	7.761.327,08

De todos os pontos abrangidos nos Trechos 6 e 7, o ITS13 não foi citado nos anexos do relatório desta Operação, não sendo possível identificar as recomendações e constatações da avaliação.

Para os demais pontos, constatou-se que as áreas encontram-se em processo de estabilização com a contenção do rejeito, sendo que alguns pontos apresentaram carreamento de

rejeito para o curso d'água na foz do tributário, apresentando necessidade de ajustes na fase emergencial, além da necessidade de dar início à fase de recuperação da área afetada sensibilizando os proprietários rurais, realizando plantio de espécies nativas, enrocamento na foz do tributário, disciplinamento das águas pluviais oriundas das estradas abertas para realização das obras e, por fim, monitoramento contínuo da área afetada. Recomenda-se ainda a utilização de barreiras físicas de modo a reduzir a velocidade da água do canal para formar remansos que facilitem o desenvolvimento de organismos aquáticos.

Especificamente para o ITS15, constatou-se a ausência de cercamento da APP e foi registrado o potencial de processos erosivos devido ao corte de talude com alta inclinação na reconstrução da estrada, sendo recomendado o acompanhamento da estabilidade do talude da estrada de acesso e avaliação da necessidade obras de contenção.

De modo geral, observou-se um bom desenvolvimento das espécies provenientes do mix de sementes. Foi recomendada a utilização de pedras e madeiras (que podem ser provenientes da enxurrada de rejeito) para redução da velocidade de água, propiciando o estabelecimento de organismos aquáticos, além o enriquecimento do mix de sementes. As recomendações incluem a realização manual destas atividades, impedindo que o uso de máquinas cause maiores danos ao rio.

A Operação Watu, executada pela FEAM, consiste na fiscalização das atividades de recuperação das áreas prioritárias e não prioritárias impactadas pelo evento (Seção 7.4 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 1), através de vistorias de campo, tendo sido identificados no Trecho 6 oito pontos de vistoria e no Trecho 7 não foram identificados pontos para o acompanhamento por parte da operação.

Conforme o relatório da Fase IV da Operação Watu (FEAM, 2017), até o presente momento foram realizadas 4 campanhas de fiscalização, distribuídas nos meses de dezembro de 2016 (fases I e II), maio de 2017 (fase III) e agosto de 2017 (fase IV).

A Tabela 4 apresenta os pontos vistoriados pela Operação Watu, abrangidos pelos Trechos 6 e 7, cujas constatações foram registradas no relatório emitido em dezembro de 2017.

Tabela 4 – Coordenada dos pontos vistoriados pela Operação Watu – Trechos 6 e 7

PONTO DE VISTORIA	COORDENADAS UTM	
	Leste	Norte
TR03-421	664.543	7.758.542
TR03-421/422	664.751	7.758.801
TR03-422	665.008	7.759.216
TR03-423A	665.660	7.759.664
TR03-423B	666.404	7.761.117
TR04-520A	666.441	7.758.200
TR04-521	666.510	7.758.662
TR04-522	666.309	7.758.995

Dentre os registros realizados, destacam-se a hidro-semeadura, instalação de biomantas e enrocamentos em pé de taludes, instalação de leiras para disciplinamento da drenagem, além da reconformação de taludes e ilhas naturais nos cursos do rio pela Fundação Renova.

Em alguns pontos, durante a Fase III da Operação Watu, o período de estiagem revelou depósitos de rejeito e processos erosivos, como solapamento de taludes, que foram reconformados conforme constatações realizadas durante a Fase IV.

No ponto TR04-522 (trecho 6), durante a fase III da Operação Watu, havia deposição de material proveniente do evento em alguns pontos isolados, como galhos de árvores e partes de manilhas na queda d'água localizada no córrego dos Camargos, porém esta encontra-se estabilizada por contribuição da hidro-semeadura emergencial. O acesso de uma casa que fora totalmente descaracterizado pelo evento foi registrado e, apesar de serem observados sinais de alteração do ambiente por conta do evento, é possível observar evolução da vegetação resultante da hidro-semeadura emergencial. A fase IV atualizou informações apenas com relação à exposição de rejeito que se tornou perceptível nesta data (agosto de 2017).

No primeiro ponto do rio Gualaxo do Norte (TR03-423B), a jusante do córrego Santarém, foi registrada a ausência de sinalização do tributário afluente do Rio Gualaxo do Norte, que deságua após a antiga estação de captação da Samarco em Bento Rodrigues. Curvas de rio e canais principais de drenagem estão com enrocamentos e também há retentores de sedimentos no pé dos

taludes. Neste ponto, a vistoria também registrou a instalação de uma estação automática de monitoramento de qualidade de água a jusante do dique S4, como parte do PMQQS (programa descrito no item 5.1.7.2 deste relatório.

5.1.3.2 Visita a campo para avaliação das Áreas Prioritárias

A JACOBS CH2M conduziu vistorias de campo em áreas dos trechos 6 e 7, consistindo em avaliação visual focada em três aspectos básicos:

- Verificação da condição geral do sistema de drenagem superficial implantado, incluindo as estruturas de contenção de sedimentos;
- Verificação da existência de alguma instabilidade nas estruturas dentro das áreas vistoriadas; e
- Avaliação geral do desenvolvimento da cobertura vegetal, do ponto de vista da sua eficiência na proteção contra os processos erosivos.

A inspeção de campo nestes trechos foi realizada nos dias 6, 7 e 21 de dezembro de 2017 e os laudos encontram-se apresentados no **Anexo II**.

O levantamento de campo foi complementado com o registro fotográfico, com georreferenciamento, de forma a fornecer a posição precisa dos pontos documentados e definir de forma clara os pontos a serem eventualmente tratados. Vale ressaltar que as coordenadas obtidas podem possuir erros da ordem de metros devido à queda de precisão do aparelho GPS em decorrência das chuvas, que atrapalham na obtenção de sinais dos satélites. Além disso, em alguns pontos ocorreu falha de sinal e as fotos foram referenciadas com auxílio do Google Maps.

Em decorrência da longa extensão da Área Prioritária 3 e das diversas observações de campo documentadas, optou-se por subdividir a mesma em pontos. Estes pontos serão apresentados com imagens de satélite com referência de coordenada UTM, de forma a localizar genericamente a região avaliada. Somado a isto, todas as fotos anexadas neste documento são georreferenciadas, facilitando a localização das mesmas em campo, se necessário.

5.1.3.2.1 Trecho 6 – Área Prioritária 3

A inspeção de campo começou pelo Trecho 6, Área Prioritária 3, onde foi realizada vistoria em 7 pontos distintos. Todos os pontos em questão foram inspecionados no dia 6 de dezembro de 2017.

Em decorrência do período de chuvas, alterações nas condições das estruturas das áreas, após a realização da inspeção de campo podem ter ocorrido, alterando, eventualmente, as condições observadas. Desta forma, o presente relatório retrata o que foi observado especificamente nesta data.

5.1.3.2.1.1 Ponto de Inspeção 1

Os trabalhos de campo começaram no extremo de montante o rio Gualaxo do Norte, no limite de identificação da área afetada pela ruptura da barragem. A Figura 12 apresenta uma visão geral do ponto afetado com suas respectivas coordenadas em UTM. A seta indica a direção do fluxo das águas do rio Gualaxo do Norte.

Figura 12 – Localização do Ponto de Inspeção 1(círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 664671.05 L, 7757780.51 N (coordenadas do ponto vermelho)

Neste ponto poucas intervenções foram realizadas devido à menor extensão da área impactada. O Ponto 1 possui basicamente um retentor de sedimentos e uma pequena proteção de enrocamento. Ambos os elementos se encontravam em bom estado de conservação e sem necessidade de intervenções.

Contudo, foi observado carreamento de sedimentos sobre o enrocamento de drenagem superficial, o que indica a necessidade de instalação de outros retentores, ou recondicionamento da drenagem superficial.

A Figura 13 apresenta o enrocamento parcialmente coberto por sedimentos carregados pela chuva. Nesta mesma figura, pode-se observar a barreira de geossintéticos em bom estado.

Figura 13 – Enrocamento em bom estado, parcialmente coberto por sedimentos, e barreira sintética em bom estado.



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664671.05 L, 7757780.51 N

Ainda no mesmo Ponto, nas mesmas coordenadas, foi verificada boa cobertura vegetal sobre os depósitos de rejeitos, sem pontos de falha visível ou com exposição direta dos mesmos à ação das chuvas. A Figura 14 mostra a condição geral da vegetação de cobertura na região.

Figura 14 – Situação da cobertura vegetal na região do Ponto 1 da Área Prioritária 3



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664671.05 L, 7757780.51 N

Neste ponto não foi detectado nenhum ponto de instabilidade de taludes ou problema de drenagem que merecesse intervenção imediata.

5.1.3.2.1.2 Ponto de Inspeção 2

O Ponto 2 localiza-se a jusante do Ponto 1 no rio Gualaxo do Norte. Nesta região também houveram intervenções, que se resumem em contenções de madeira e enrocamento de proteção na margem esquerda. A Figura 15 apresenta uma visão geral do Ponto 2, pertencente à Área Prioritária 3. A seta indica a direção do fluxo das águas do rio.

Figura 15 – Localização do Ponto de Inspeção 2 (círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM:664710.29 L 7758346.56 N (coordenadas do ponto vermelho)

O enrocamento executado apresentou-se de forma geral em bom estado, mas carece de correções no curto prazo. Em seu extremo de montante foi observado o início de uma erosão em sua base, que tende a solapar o restante do enrocamento. Por este motivo a sua recomposição deve ser feita tão logo quanto possível.

Ao longo do restante do trecho tratado com enrocamento não foram observados pontos que precisem de correção. A Figura 16 apresenta um ponto da erosão junto ao enrocamento de proteção.

Figura 16 – Detalhe da erosão junto ao enrocamento de proteção – margem esquerda



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664710.05 L 7757780.51 N

Na margem direita foi possível observar contenções de madeira, que aparentemente não sofreram danos com as chuvas. Contudo, ao pé da estrutura foi observado início de carreamento de rejeitos depositados, o que indica princípio de processo erosivo.

Recomenda-se tratar os locais com enrocamento para paralisar o processo erosivo nesse ponto. O problema se estende por aproximadamente 30,0 m na margem direita do rio. A Figura 17 apresenta a situação das estruturas de contenção e os pontos de erosão ao longo da interface do contato dos rejeitos com o rio.

Figura 17 – Região com início de erosão no contato do rejeito com o leito do rio – margem direita



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664692.37 L 7758372.69 N

Outro ponto que também precisará de atenção especial é a montante do enrocamento. As chuvas intensas geraram um processo erosivo um pouco mais acentuado, formando um ponto com maior potencial de carreamento de rejeitos. Sugere-se a conformação do local e implantação de enrocamento para evitar que o problema se torne recorrente. A Figura 18 apresenta o local onde a erosão aconteceu de forma mais acentuada.

Neste ponto também não foi observada existência de algum ponto de instabilidade de taludes ou problemas de drenagem.

Figura 18 – Erosão acentuada sem proteção de enrocamento – margem direita



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664710.05 L, 7758342.30 N

A vegetação de cobertura contra a erosão se desenvolveu intensamente na área e incorporou o único retentor de sedimento instalado no local, fazendo com que o mesmo não tenha mais função, atingindo-se o objetivo uma vez que a vegetação local passa a cumprir este papel.

A Figura 19 apresenta a vista do local onde o retentor foi previamente colocado, não sendo mais possível visualizá-lo de forma clara. De forma geral a cobertura vegetal da região inspecionada apresentou cobertura satisfatória.

Figura 19 – Vista do retentor de sedimentos encoberto pela vegetação local



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664696.08 L 7758301.36 N

5.1.3.2.1.3 Ponto de Inspeção 3

O Ponto 3 se localiza logo a jusante do Ponto 2 no rio Gualaxo do Norte. Trata-se de uma área cuja extensão da deposição dos rejeitos foi maior e possui dois tributários remediados, pela margem esquerda: o TG01A e TG01B. A Figura 20 apresenta a vista geral do Ponto 3 com suas respectivas coordenadas. A seta indica a direção do fluxo das águas do rio.

Figura 20 – Localização do Ponto de Inspeção 3 (círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 664486.71 L 7758529.86 N (coordenadas do ponto vermelho)

O tributário TG01A apresenta-se em excelente estado de conservação. Não foi observado nenhum dano provocado pelas chuvas intensas ocorridas até a data da vistoria. O fluxo do tributário apresenta água com baixa turbidez, quase cristalina, e não há indícios de possíveis problemas. A Figura 21 mostra a condição geral do tributário TG01A.

Figura 21 – Vista geral do tributário TG01A



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664491.75 L 7758532.58 N

Já o tributário TG01B apresentou um ponto que demanda correção. Em seu desemboque foi observada erosão que tende a aumentar com novos eventos de chuva, o que por sua vez pode provocar danos significativos ao sistema recuperado. A Figura 22 apresenta a condição do dano no dia em que a vistoria foi realizada.

Figura 22 – Tributário TG01B com dano em seu desemboque



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664468.25 L 7758621.26 N

Os retentores de sedimento instalados na área estão em bom estado e não necessitam de reparos. Além disso, alguns já perdem a função, visto que a vegetação incorporada já passa a cumprir o papel desempenhado por eles. A Figura 23 apresenta uma linha de retentores instalados que já perde a função devido ao crescimento da vegetação no local.

Figura 23 – Linha de retentores de sedimentos incorporada pela vegetação



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664491.75 L 7758532.58 N

A proteção de enrocamento executada no local apresentou bom comportamento e precisa de correções pontuais em locais onde houve carreamento de blocos de rocha e exposição da manta sintética de transição. A Figura 24 apresenta uma vista geral do enrocamento com alguns pontos onde a correção é necessária.

Figura 24 – Enrocamento com demanda de reparo pontual em sua base



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664093.17 L 7758563.05 N

A vegetação de proteção contra a erosão se desenvolveu muito bem e cobre praticamente toda a área atingida pelos rejeitos depositados. A Figura 25 apresenta o desenvolvimento da vegetação na região tratada após a ruptura.

Figura 25 – Vegetação desenvolvida na área atingida



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664491.75 L 7758532.58 N

Durante a vistoria não foi constatado visualmente, nenhum problema de drenagem superficial, indicando que as intervenções estão adequadas neste ponto.

No Ponto 3 não foi observado nenhum problema de instabilidade de taludes. Contudo, logo a jusante do enrocamento executado foi constatado um ponto de erosão que começa a instabilizar a margem do rio. Tal fato indica que o enrocamento precisa ser estendido até o ponto em questão para evitar erosão nas margens. A Figura 26 mostra o efeito de movimentação da margem decorrente da falta de proteção contra o fluxo do rio.

Figura 26 – Ponto com necessidade de remediação com recomendação de enrocamento



Fonte: JACOBS CH2M, 06 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664477.60 L 7758615.52 N

5.1.3.2.1.4 Ponto de Inspeção 4

Seguindo o fluxo do rio Gualaxo do Norte o ponto subsequente de inspeção de campo localiza-se a jusante do Ponto 3. A posição geral do Ponto 4 é apresentada na Figura 27. A seta indica a direção do fluxo das águas do rio.

Figura 27 – Localização do Ponto de Inspeção 4 (círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 664763.80 L 7758763.68 N (coordenadas do ponto vermelho)

O Ponto 4 apresentou algumas falhas nas estruturas de estabilização executadas devido ao fluxo da cheia que movimentou as rochas. O enrocamento apresentou diversos pontos onde os blocos de rocha foram carregados e a manta sintética ficou exposta.

O problema apresentou-se de forma contínua ao longo da margem direita. Alguns pontos ficaram praticamente sem blocos de proteção. A Figura 28, Figura 29 e Figura 30 apresentam o problema em diversos locais ao longo da margem do rio.

Figura 28 – Enrocamento danificado com exposição de manta sintética



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664770.12 L 7758758.53 N

Figura 29 – Enrocamento danificado na mesma região em ponto mais a montante



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664770.12 L 7758758.53 N

Figura 30 – Região praticamente sem enrocamento com um retentor de sedimentos carregado pela força da água



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664752.04 L 7758823.36 N

A -readequação dos pontos que tiveram blocos de rocha carregados deve ser feita tão logo o período de chuvas intensas permita, de forma a evitar excesso de carregamento de rejeito nos próximos eventos de chuvas intensas.

Problemas similares foram observados nos retentores de sedimento instalados ao longo da margem do rio. Neste caso o problema ocorreu de duas formas. Em alguns pontos os retentores foram completamente danificados e carregados pela força da água. Em outros locais os mesmos foram assoreados por sedimentos provindos das áreas tratadas e precisam ser reforçados. A Figura 31 e Figura 32 apresentam respectivamente o problema de dano e de assoreamento excessivo dos retentores.

Figura 31 – Região com retentor danificado pela força da água



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664770.12 L 7758758.53 N

Figura 32 – Região com retentor completamente assoreado



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664766.76 L 7758768.20 N

Contudo, alguns retentores foram muito eficazes e se incorporaram ao meio ambiente, perdendo sua função de retenção de sedimentos, uma vez que a vegetação se desenvolveu e cumpre este papel. A Figura 33 apresenta um exemplo onde o retentor foi completamente incorporado ao meio.

Figura 33 – Região com retentor incorporado ao meio ambiente



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664745.58 L 7758693.89 N

Foi observado que o sistema de drenagem superficial implantado funcionou de forma correta, à exceção de um ponto, próximo aos retentores, onde houve falha do sistema, promovendo o carregamento do rejeito que estava por baixo da manta de cobertura. A Figura 34 apresenta o ponto com problema, onde a base composta por rejeito foi carregada.

Figura 34 – Região com falha da drenagem superficial



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664763.80 L 7758763.68 N

Nos outros locais não foram observados problemas. A região de drenagem superficial composta por enrocamento encontra-se em excelente estado e funcionando perfeitamente. A Figura 35 mostra o enrocamento com drenagem superficial em perfeito estado.

Figura 35 – Enrocamento de drenagem superficial funcionando de forma adequada



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664752.22 L 7758820.25 N

No local mais a montante do Ponto 4 foi observado um ponto de início de erosão sem controle. Este ponto precisa de remediação o tão logo a chuva permita, visto o grande montante de sedimentos que pode ser carregado em função deste problema. A proteção deve ser mista, com enrocamento e retentores de sedimento. A Figura 36 mostra o local onde o processo erosivo gerou uma ilha de rejeitos no leito do rio.

Figura 36 – Região com erosão sem tratamento superficial



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664745.58 L 7758693.89 N

No Ponto 4 foi observado a instabilidade de um talude em seu extremo de jusante. Devido a sua localização próxima à curva do rio, o talude sofreu forte erosão em seu pé, descalçando-o. O material de formação do talude é misto, com blocos rochas, areia e argila. O processo erosivo não deve parar se não for remediado, o que por sua vez poderá causar a ruptura do talude. A consequência de sua ruptura é o assoreamento de parte do leito do rio e carregamento de sedimentos.

Detalhes sobre o talude instável são evidenciados no **Anexo II** deste documento. A Figura 37 apresenta detalhes do talude com problema.

Figura 37 – Talude com erosão no pé com necessidade de tratamento de emergência



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664781.47 L 7758907.88 N

A cobertura vegetal superficial de proteção para erosão se desenvolveu de forma adequada em grande parte da área tratada, como pode ser observado na Figura 38. Entretanto existe um ponto de falha de vegetação que precisa ser tratado de forma especial. Este ponto pode ser observado na Figura 39. Não existe emergência para esta atividade.

Figura 38 – Vegetação primaria de cobertura no ponto vistoriado



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664778.02 L 7758721.92 N

Figura 39 – Região com falha de vegetação



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664777.00 L 7758757.25 N

5.1.3.2.1.5 Ponto de Inspeção 5

O Ponto 5 é a região do TG02, tributário do rio Gualaxo do Norte, e foi uma das regiões com grande acúmulo de rejeitos, tendo sido aplicadas diversas intervenções superficiais. A Figura 40 apresenta a vista geral do ponto em questão. A seta representa o sentido de fluxo das águas do rio.

Figura 40 – Localização do Ponto de Inspeção 5 (círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 665000.04 L 7759215.77 N (coordenadas do ponto vermelho)

O Ponto 5 apresentou bom comportamento no trânsito de cheias pelo rio. Contudo, parte da obra de proteção de margem por enrocamento sofreu danos e precisa de recuperação em alguns pontos.

A grande maioria das intervenções no enrocamento será apenas reajustar a posição dos blocos. Contudo, houve um local mais danificado que teve um longo trecho com blocos de rochas carregados e exposição da manta sintética. Este ponto precisa ser corrigido tão logo a chuva permita, de forma a paralisar o processo erosivo na região afetada. A Figura 41 mostra o detalhe do ponto mais afetado.

Figura 41 – Ponto afetado pelo trânsito de cheias com o carregamento de blocos



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664975.02 L 7758970.24 N

No desemboque do TG02 foi observado o deslocamento do enrocamento de proteção. A movimentação dos blocos está desviando o fluxo de água para um local não desejado, obstruindo o caminho natural e dificultando o fluxo da água. Em um evento de chuva mais forte o problema pode acarretar em erosão não controlada na região do TG02. A Figura 42 apresenta o local com a obstrução no fim do canal do TG02.

Figura 42 – Blocos deslocados no canal do TG02



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664982.51 L 7759196.67 N

A montante do TG02, foi observado um sistema de tubos para direcionamento do fluxo de água até o desemboque do rio. O principal, com dois tubos encontra-se em bom estado e precisa apenas de inspeção periódica para evitar acúmulo de dejetos em sua boca. Contudo, mais a montante do desemboque, foi identificado outro tubo que já está com sua seção danificada e pode obstruir o fluxo de água. Recomenda-se a retirada ou substituição deste tubo, para evitar estrangulamento do fluxo de água na região. Este reparo deve ser realizado tão logo quanto possível. A Figura 43 apresenta o local onde a tubulação precisa ser retirada ou reparada.

Figura 43 – Local com o tubo danificado que carece de reparo emergencial



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665025.29 L 7759212.65 N

O sistema de drenagem superficial implantado na região não apresentou nenhum outro ponto de falha visível e está condicionando bem o fluxo de água. A Figura 44 mostra o fluxo de água superficial caminhando por canaleta artificial já incorporada ao meio ambiente local.

Figura 44 – Drenagem superficial promovendo o fluxo de água sob controle



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 664932.87 L 7759041.60 N

A cobertura vegetal de proteção para erosão desenvolveu-se bem em toda a região. Os pontos onde a vegetação está menos densa correspondem, em sua grande maioria, aos locais onde existe tráfego de automóveis. A Figura 45 mostra o desenvolvimento da vegetação no Ponto 5. Neste ponto não foi observado nenhum tipo de instabilidade de taludes.

Figura 45 – Cobertura Vegetal de Proteção para Erosão desenvolvida no Ponto 5



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665000.04 L 7759215.77 N

5.1.3.2.1.6 Ponto de Inspeção 6

O Ponto 6 é uma área pequena que possui intervenções. Nela está localizado o TG03, tributário do rio Gualaxo do Norte, que fez parte da inspeção de campo. A Figura 46 apresenta uma visão geral do Ponto 6. A seta indica a direção do fluxo das águas do rio.

Figura 46 – Localização do Ponto de Inspeção 6 (círculo branco)



Fonte: adaptado de Google Maps (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 665582.05 L 7759628.67 N

Neste ponto foi observado o carregamento de areia proveniente de um depósito do próprio acesso. Este material está sofrendo erosão e transporte para o enrocamento de drenagem superficial instalado na região. Por este motivo um tratamento especial deve ser dado à região da origem da

areia, para evitar o processo de erosão contínua no ponto. Entende-se que o local em questão não foi atingido pela ruptura da barragem, mas o tratamento da erosão é saudável para o bom funcionamento da estrutura implantada na região. A Figura 47 mostra o enrocamento com material proveniente do acesso em seu pé. Além deste problema, não foi observado mais nenhum outro no sistema de drenagem superficial, que opera de forma adequada.

Figura 47 – Enrocamento de drenagem com de areia carregada em seu pé



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665582.05 L 7759628.67 N

As intervenções realizadas ao longo do leito do rio encontravam-se em excelente estado de conservação e operando de forma adequada. Não foi possível observar nenhuma anomalia nos enrocamentos e retentores de sedimentos instalados na região. A Figura 48 e a Figura 49 mostram respectivamente a região com o enrocamento em operação e o sistema de retentores de sedimento, ambos os em excelente estado. Ainda nestas fotos pode-se observar o bom desenvolvimento da cobertura vegetal de proteção para erosão. Não foi observado nenhum ponto de falha no momento da inspeção de campo.

Figura 48 – Enrocamento implantado no leito do rio em excelente estado



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665651.54 L 7759640.73 N

Figura 49 – Retentores de sedimento operando de forma adequada



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665651.54 L 7759640.73 N

Não foi observado nenhum ponto com instabilidade de taludes na região. Os taludes do ponto estão se comportando de forma adequada.

O tributário TG02 foi também inspecionado em seu desemboque. O mesmo está em bom estado e funcionando de forma adequada. A turbidez da água é baixa, sendo observada aparência cristalina. A Figura 50 mostra a condição do TG02 no dia da inspeção de campo.

Figura 50 – Condição do tributário TG02 no dia da inspeção de campo



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665582.05 L 7759628.67 N

5.1.3.2.1.7 Ponto de Inspeção 7

O Ponto 7 se localiza próximo à foz do córrego Santarém, e é o último pertencente ao Trecho 6, Área Prioritária 3. Esta região não se comportou muito bem ao trânsito de cheias e precisará de diversas intervenções assim que a chuva permitir. A Figura 51 mostra a vista geral do ponto. A seta representa o sentido de fluxo das águas do rio.

Figura 51 – Localização do Ponto de Inspeção 7 (círculo branco)



Fonte: Google Maps dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665954.74 L 7760958.43 N (coordenadas do ponto vermelho)

A drenagem superficial apresentou problemas diversos. Em alguns pontos o sistema de biomantas implantado nas calhas de drenagem não foi eficaz. Assim, a força da água lavou o rejeito por baixo da biomanta, provocando que o sistema não funcione de forma correta. Em conjunto, alguns retentores de sedimento foram danificados e outros, carregados. A Figura 52, Figura 53 e a Figura 54 mostram os danos sofridos pela drenagem superficial.

Figura 52 – Drenagem superficial com danos



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665954.74 L 7760958.43 N

Figura 53 – Retentor de sedimentos danificado e ineficiente



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665942.59 L 7760868.88 N

Figura 54 – Erosão provocada pela falha da drenagem superficial



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665954.74 L 7760958.43 N

Outro problema detectado no ponto é a geração de processos erosivos em ambas as margens do rio Gualaxo do Norte. Nesta locação, não foi observado na atualidade nenhum tipo de proteção na drenagem. Ambas as margens apresentam instabilidades que precisam de tratamento com

enrocamento para paralisar o processo de carregamento de rejeitos. A Figura 55 e a Figura 56 mostram os danos nas margens do rio.

Figura 55 – Erosão na margem com formação de uma ilha de rejeitos



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665940.41 L 7760837.24 N

Figura 56 – Erosão na margem oposta do rio com formação de ilha



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665920.94 L 7760767.79 N

A cobertura vegetal de proteção para erosão local apresentou desenvolvimento adequado e não foi observado nenhum ponto de atenção no que se refere à cobertura vegetal, como é possível observar na Figura 57.

Figura 57 – Cobertura vegetal primária do ponto 7



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665936.91 L 7760755.90 N

Nas imediações deste ponto 7 se encontra o tributário TG05. Em vistoria de campo, foi constatado que o mesmo sofreu danos em seu desemboque, que precisam ser corrigidos tão logo quanto possível. A força do fluxo de água carregou o enrocamento, deixando a manta sintética exposta e gerando erosão em alguns pontos. A Figura 58 e a Figura 59 mostram detalhes dos danos no tributário TG05.

Figura 58 – Enrocamento deslocado no tributário TG05



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665920.30 L 7760658.20 N

Figura 59 – Manta sintética exposta no tributário TG05



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665920.30 L 7760658.20 N

5.1.3.2.2 Trecho 6 - Área Prioritária 4

O Trecho 6 – Área Prioritária 4 – é uma região de difícil acesso. O curso d'água que atravessa a região é o córrego dos Camargos, que aflui no Gualaxo do Norte e é tratado como TG04. Trata-se de uma região que sofreu intervenções, que foram as possíveis em decorrência da falta de acesso aos pontos. Talvez por este motivo tenha sofrido mais danos após as primeiras chuvas.

Muitos pontos apresentaram-se adequados e vários locais de intervenção já foram incorporados ao meio ambiente. Contudo, existem diversos outros que demandarão reparos o mais brevemente possível. Dada a atual condição do local, talvez soluções diferentes possam ser adotadas, como a implantação de enrocamentos em regiões que antes eram inacessíveis por equipamentos. A Figura 60 apresenta a vista geral da área inspecionada. A seta representa o sentido de fluxo do curso d'água.

Figura 60 – Área Prioritária 4 do Trecho 6



Fonte: adaptado de Google Maps (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 666330.62 L 7759128.72 N (coordenadas do ponto vermelho)

A drenagem superficial da região tratada funcionou razoavelmente bem. Contudo, foram notados alguns pontos de falha que precisam de tratamento. Alguns retentores de sedimento apresentaram problemas na operação, outros estão completamente encobertos, o que torna seu funcionamento ineficiente. A Figura 61, Figura 62 e a Figura 63 mostram retentores que precisam de reparo ou complementação devido ao assoreamento excessivo.

Figura 61 – Retentor danificado em região de baixa cobertura vegetal



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666330.62 L 7759128.72 N

Figura 62 – Retentor de sedimentos completamente preenchido



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666335.70 L 7759135.10 N

Figura 63 – Retentor no limite de operação com fuga lateral de rejeitos



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666319.83 L 7759331.97 N

Outro problema de drenagem superficial constatado foi o fluxo de água em local sem proteção. Este aspecto precisa ser trabalhado de forma adequada para que evite carregamento de rejeitos em chuvas intensas. A Figura 64 mostra o ponto com necessidade de tratamento após o período de chuvas.

Figura 64 – Canal de drenagem sem proteção gerando carregamento de rejeitos



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666319.83 L 7759558.43 N

Vale ressaltar que grande maioria dos pontos tratados se encontra operando de forma adequada e já está incorporada ao meio ambiente, como pode ser observado na Figura 65.

Figura 65 – Sistema de drenagem superficial já incorporado pela vegetação



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666332.46 L 7759471.90 N

Em decorrência das características do vale onde o rio está encaixado, o fluxo de água ao longo do leito é intenso e rápido após grandes chuvas. Por este motivo vários danos foram notados ao longo da região inspecionada.

Muitos retentores foram arrancados de seus pontos de instalação e outros locais sofreram erosão significativa, gerando inclusive instabilização das margens. Muitos pontos precisam de reparos após o período das chuvas e recomenda-se a substituição dos retentores de sedimento por enrocamento nos pontos onde estes foram arrancados.

A Figura 66, Figura 67, Figura 68, Figura 69, Figura 70, Figura 71, Figura 72, Figura 73, Figura 74, Figura 75 e Figura 76 mostram detalhes dos principais pontos onde foram detectadas falhas dos retentores ou pontos erosão devido ao fluxo de água no rio. Vale ressaltar que nestes pontos, o sistema de tratamento das margens precisa passar por manutenção após o período de chuvas. Existe grande chance de a situação evoluir antes que seja viável corrigir os problemas.

Figura 66 – Retentores de sedimento danificados e princípio de erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666355.98 L 7759136.34 N

Figura 67 – Região com danos no retentor e forte erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666355.98 L 7759136.34 N

Figura 68 – Linha de retentores danificada



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666339.52 L 7759358.02 N

Figura 69 – Retentores transportados para outros pontos do rio



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665926.76 L 7760013.94 N

Figura 70 – Curva do rio com retentores danificados e processo de erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665132.64 L 7746103.10 N

Figura 71 – Retentor de sedimento danificado com movimentação da margem



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666066.75 L 7759898.79 N

Figura 72 – Linha de retentores danificados



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665944.71 L 7759978.67 N

Figura 73 – Linha de retentores danificada com carregamento de rejeitos



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666007.58 L 7759943.86 N

Figura 74 – Linha de retentores assoreados



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665944.71 L 7759978.67 N

Figura 75 – Região da margem do rio sem proteção ao fluxo



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666389.47 L 7759414.11 N

Figura 76 – Região da margem do rio sem proteção ao fluxo e com erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666299.23 L 7759677.02 N

A cobertura vegetal de proteção para erosão ocupou muito bem a área. Existem poucos pontos que precisam de atenção. Grande parte da região apresenta cobertura vegetal satisfatória. A Figura 77 apresenta a cobertura vegetal típica da Área Prioritária 4. A Figura 78 apresenta um dos poucos pontos de falha de cobertura vegetal.

Figura 77 – Cobertura de vegetação primaria dominante no Trecho 6 na Área Prioritária 4



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666334.76 L 7759243.93 N

Figura 78 – Ponto com carência de cobertura vegetal



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666296.48 L 7759554.61 N

Em todo o trecho foi detectado apenas um ponto de instabilidade de talude, local e afastado do leito do rio. O material do talude é composto por argila e areia. Não existem maiores riscos em uma eventual progressão da ruptura. A Figura 79 mostra o ponto da instabilidade do talude e o **Anexo II** deste documento trata do laudo de inspeção do talude em questão.

Figura 79 – Instabilidade local de talude



Fonte: JACOBS CH2M, 7 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 665997.68 L 7759956.91 N

A área prioritária 4 possui "*as built*" levantado. Por este motivo, com intuito de facilitar a localização dos problemas reportados no campo, optou-se por definir a posição das fotos nos desenhos. Estes desenhos farão parte do **Anexo I** do documento.

5.1.3.2.3 Trecho 7 - Área Prioritária 3

Este trecho localiza-se a jusante da foz do córrego Santarém, no rio Gualaxo do Norte. Esta área foi fortemente afetada pelas chuvas até a data da visita. Vários pontos de drenagem sofreram danos consideráveis. A Figura 80 apresenta a vista geral da região vistoriada. A seta em destaque representa o sentido de fluxo do curso d'água.

Figura 80 – Vista geral do Trecho 7 Área Prioritária 3



Fonte: adaptado de Google Maps (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas UTM: 666285.70 L 7761257.92 N (coordenadas do ponto vermelho)

O Trecho 7 possui dois tributários, o TG06 e TG07. O TG06 localiza-se na margem esquerda, a qual possui acesso, já o TG07 encontra-se na margem direita sem acesso.

O Trecho 7 possui diversos pontos com falhas na drenagem superficial. Grande parte dos problemas aconteceu na convergência de drenagens, que não suportaram o volume de água e erodiram significativamente o terreno tratado.

Muitas das erosões geradas têm proporções significativas e precisam de remediação imediata, para evitar a propagação do problema. Deve-se estudar alternativa mais robusta para conter as águas nos pontos problemáticos. Uma solução adequada seria a cobertura por enrocamento, de forma a evitar que o problema persista no futuro. Nas áreas afetadas com grandes erosões observou-se também o preenchimento completo dos retentores de sedimento, que

precisarão de reposição e tratamento com cobertura vegetal. A Figura 81, Figura 82, Figura 83, Figura 84, Figura 85, Figura 86, Figura 87, Figura 88, Figura 89, Figura 90, Figura 91 e Figura 92 apresentam os principais pontos problemáticos observados no dia da visita de campo.

Figura 81 – Margem oposta com falência do sistema superficial de drenagem



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666403.41 L 7761198.34 N

Figura 82 – Drenagem superficial danificada próxima à saída em enrocamento



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666456.04 L 7761152.22 N

Figura 83 –Erosão de grande porte no sistema de drenagem superficial



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666555.94 L 7760990.85 N

Figura 84 – Retentores de sedimento encobertos pelo rejeito proveniente da erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
UTM: 666555.94E 7760990.85N

Figura 85 – Falha da drenagem superficial que necessita de remediação imediata



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666719.65 L 7760858.19 N

Figura 86 – Retentores preenchidos com sedimento da erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666719.65 L 7760858.19 N

Figura 87 – Outro ponto com erosão significativa



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666726.43 L 7760889.79 N

Figura 88 – Ponto de erosão de grande porte com preenchimento de retentores



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666749.47 L 7760883.92 N

Figura 89 – Outra erosão com fuga de material na mesma região



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666749.47 L 7760883.92 N

Figura 90 – Linha de retentores preenchidos com rejeitos dos pontos de erosão



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666749.47 L 7760883.92 N

Figura 91 – Local com fluxo erosivo sem proteção



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666811.53 L 7760970.45 N

Figura 92 – Erosão de grande porte próxima ao antigo sistema de bombeamento



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666360.44 L 7761207.06 N

Conforme mencionado previamente, o Trecho 7 possui dois tributários, o TG06 e TG07. O TG06 foi inspecionado e em seu curso foi detectado um problema de erosão que estava deixando a água turva. Este ponto precisa de remediação para evitar o carregamento de rejeitos até o leito do rio. A Figura 93 mostra o local onde existe carregamento de material.

Figura 93 – Erosão dentro do tributário TG06



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666283.58 L 7761275.99 N

A jusante deste ponto, no desemboque do tributário TG06 no rio Gualaxo do Norte, foi observada a falta de parte do enrocamento de proteção. O enrocamento deve ser reposto assim que possível. A Figura 94 apresenta o desemboque do tributário TG06.

Figura 94 – Enrocamento falho no desemboque do TG06



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666361.07 L 7761207.16 N

O tributário TG07 localiza-se na margem esquerda do rio, onde foi observado que o mesmo não possui proteção em seu desemboque. Recomenda-se executar proteção similar aos outros tributários tratados. A Figura 95 mostra o tributário vista da margem esquerda do rio.

Figura 95 – Enrocamento falho no desemboque do TG06



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666719.65 L 7760858.19 N

Apesar dos diversos problemas detectados na drenagem superficial, a cobertura vegetal de proteção para erosão se desenvolveu muito bem e praticamente inexistem pontos de baixa cobertura. Não foi observado nenhum ponto que demandasse maior atenção quanto à cobertura vegetal. A Figura 96 mostra a vegetação na região inspecionada.

No Trecho 7 não foi observado nenhum ponto de instabilidade de taludes.

Figura 96 – Vegetação de cobertura predominante no Trecho 7



Fonte: JACOBS CH2M, 6 de dezembro 2017
Coordenadas UTM: 666775.44 L 7760880.02 N

5.1.3.3 Considerações sobres as estruturas de controles de erosão e disciplinamento das drenagens visitadas

A modo de resumo, a Figura 97 apresenta os pontos de monitoramento das operações Áugias e Watu, além dos pontos vistoriados pela CH2M. Por outro lado, foram identificados os pontos nas obras de controle de erosão e disciplinamento das drenagens com necessidade de manutenção. Finalmente, é importante ressaltar que a Fundação Renova possui uma rotina de manutenção das obras de controle de erosão e de disciplinamento de drenagens e a mesma encontra-se em andamento e prevê realizar medidas corretivas no curto prazo. A modo de resumo, nas seções a seguir encontram-se descritas as principais considerações identificadas para cada trecho.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

Janela de detalhe

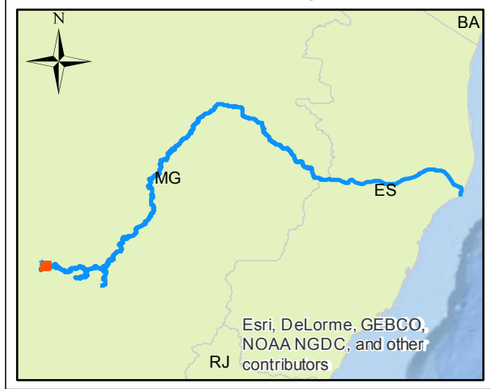
T-07 T-06

TG06 TES 02 ITS 20 TR03-423B TG07 TG08 TG05 RG-02 ITS 11 TG03 ITS 12 TR03-423A RG-01 TR04-522 TG04 TR04-521 ITS 19 TR04-520A TR03-422 ITS 13 PS 04(4) TR03-421/ 422 NTG 01 TG01 ITS 14 TG02 ITS 16 TR03-421/ 422 PS 03 NTG16 TG01B P1-01A TR03-421 TG01A P2-01A ITS 15

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Área Afetada
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Avaliação Intervenções em Tributários

- Tributários Visitados
- Monitoramento - Operação WATU
- Monitoramento - Operação AUGIAS
- Visita de campo da CH2M
- Pontos identificados com necessidade de manutenção

Áreas Prioritárias

- Área prioritária para intervenção - 03
- Área prioritária para intervenção - 04
- Área não prioritária para intervenção - 19

ESCALA GRÁFICA: 0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 97
Visita das Estruturas de Controle de Erosão e Disciplinamento das Drenagens

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 97 - visita das estruturas de controle de erosão e disciplinamento das drenagens - Trechos 6 e 7

5.1.3.3.1 Trecho 6 - Área Prioritária 3

De forma geral, as obras corretivas implantadas funcionaram adequadamente. Contudo, foram observados pontos que precisarão de correção, devido aos danos provocados pelas chuvas intensas de novembro e dezembro de 2017.

Ainda que tais danos não sejam significativos, os mesmos ocorreram porque a área se localiza em região onde o leito do rio é estreito, em posição de vales relativamente encaixados. Tal fato maximiza a concentração da cheia e por consequência aumenta muito o aporte de água em curto período de tempo. Por este motivo, tanto os elementos de drenagem superficial quanto os de proteção de margem são levados a operar em condição extrema. A consequência direta são danos às obras realizadas.

Dois danos frequentes foram observados nas obras realizadas nas margens do leito do rio, a saber: carregamento de retentores de sedimento e carregamento de enrocamento. Como alternativa de solução recomenda-se substituir os retentores que foram arrancados por enrocamento, uma vez que este elemento possui maior capacidade para suportar fluxos intensos.

Nos locais onde o enrocamento foi carregado, existem duas alternativas. A primeira é utilizar blocos de tamanho maior, de forma a dificultar o carregamento pelo fluxo. A segunda, e talvez a mais adequada, é implantar manta de colchão Reno, que amarra os blocos ao longo das margens e dificulta o carregamento do conjunto.

Os danos às drenagens superficiais precisam de correção rápida, visto o risco de geração de grandes erosões em curto espaço de tempo.

Os tributários estão em bom estado e apresentam, de forma geral, boa qualidade de água em seu leito. Os danos foram pontuais, mas a correção destes deve ser realizada o mais brevemente possível.

A vegetação está se desenvolvendo de forma adequada e em alguns pontos até de forma surpreendente. São poucos os pontos de falha observados ao longo de todo o trecho vistoriado.

5.1.3.3.2 Trecho 6 – Área Prioritária 4

As obras corretivas, de forma geral, foram eficientes. Porém, vários pontos sofreram danos e precisarão de reparo, estando grande parte dos problemas localizados ao longo das margens do córrego dos Camargos.

Por motivos similares ao Trecho 6 na Área Prioritária 3 já se esperava que na região ocorressem danos ao longo das obras. Tal como o ponto anterior, a Área Prioritária 4 tende a concentrar as cheias em curto espaço de tempo, o que gera fluxo intenso na região e, por consequência, danos às obras.

Os dois danos frequentes da última área se repetiram nesta, quais sejam: o carregamento de retentores de sedimento e o carregamento de enrocamento.

As soluções para os problemas observados ao longo do leito do rio são similares. Recomenda-se substituir os retentores que foram arrancados por enrocamento, uma vez que este elemento possui maior capacidade de suportar fluxos intensos.

Em locais onde o enrocamento foi carregado, existem duas alternativas. A primeira é utilizar blocos de tamanho maior, de forma a dificultar o carregamento pelo fluxo. A segunda, e talvez a mais adequada, é implantar manta de colchão Reno, que amarra os blocos ao longo das margens e dificulta o carregamento do conjunto.

Nesta região não foram observados danos ao sistema de drenagem superficial. As obras de implantadas funcionaram de forma adequada.

O trecho é composto pelo córrego dos Camargos que é tratado como um tributário do rio Gualaxo do Norte, TG04. Partindo-se deste princípio o tributário único da região precisa de tratamento dado os danos gerados pela chuva.

A qualidade da água não é similar aos demais tributários observados, tendo sido observada turbidez elevada.

A vegetação está se desenvolvendo bem, com cobertura quase plena em toda área vistoriada. Não foram detectados pontos de falha significativa ao longo do trecho. Apenas problemas pontuais como apresentado na Figura 78 do relatório.

5.1.3.3.3 Trecho 7 - Área Prioritária 3

Esta região teve uma boa resposta quanto à estabilização das margens. Entretanto não respondeu tão bem quanto à drenagem superficial, que gerou diversos pontos de erosões significativas.

Tais pontos de erosão precisam de tratamento emergencial. O motivo é que o potencial de expansão destes é muito elevado. Sendo assim, as erosões reportadas neste item devem ser tratadas tão logo as chuvas permitam. Recomenda-se implantar proteção mais eficiente para o fluxo de água superficial, de forma que as ocorrências notadas na inspeção de campo sejam minimizadas..

Os retentores de sedimento ficaram íntegros e cumpriram sua função. Contudo, grande parte foi assoreada pelo excesso de sedimentos provindos das erosões do sistema de drenagem superficial. Por este motivo recomenda-se o tratamento destes logo após o período de chuvas, uma vez que da forma que se encontram não conseguem mais cumprir o papel de projeto.

Os dois tributários do Trecho 7 – Área Prioritária 3 – não apresentaram boa qualidade de água em seu fluxo. O TG06 apresentou um ponto de carregamento de sólidos que aumentou significativamente a turbidez da água, sendo indicado o seu tratamento.

O TG07 também não apresentou fluxo de água com turbidez adequada para um tributário. O motivo desta não conformidade não pôde ser investigado, dada a falta de acesso ao ponto. Recomenda-se inspeção e remediação tão logo a chuva permita.

A vegetação está se desenvolvendo de forma adequada. Não foram observados pontos de falha significativa na cobertura vegetal. Entende-se que neste aspecto o trecho está de acordo com o previsto para o período.

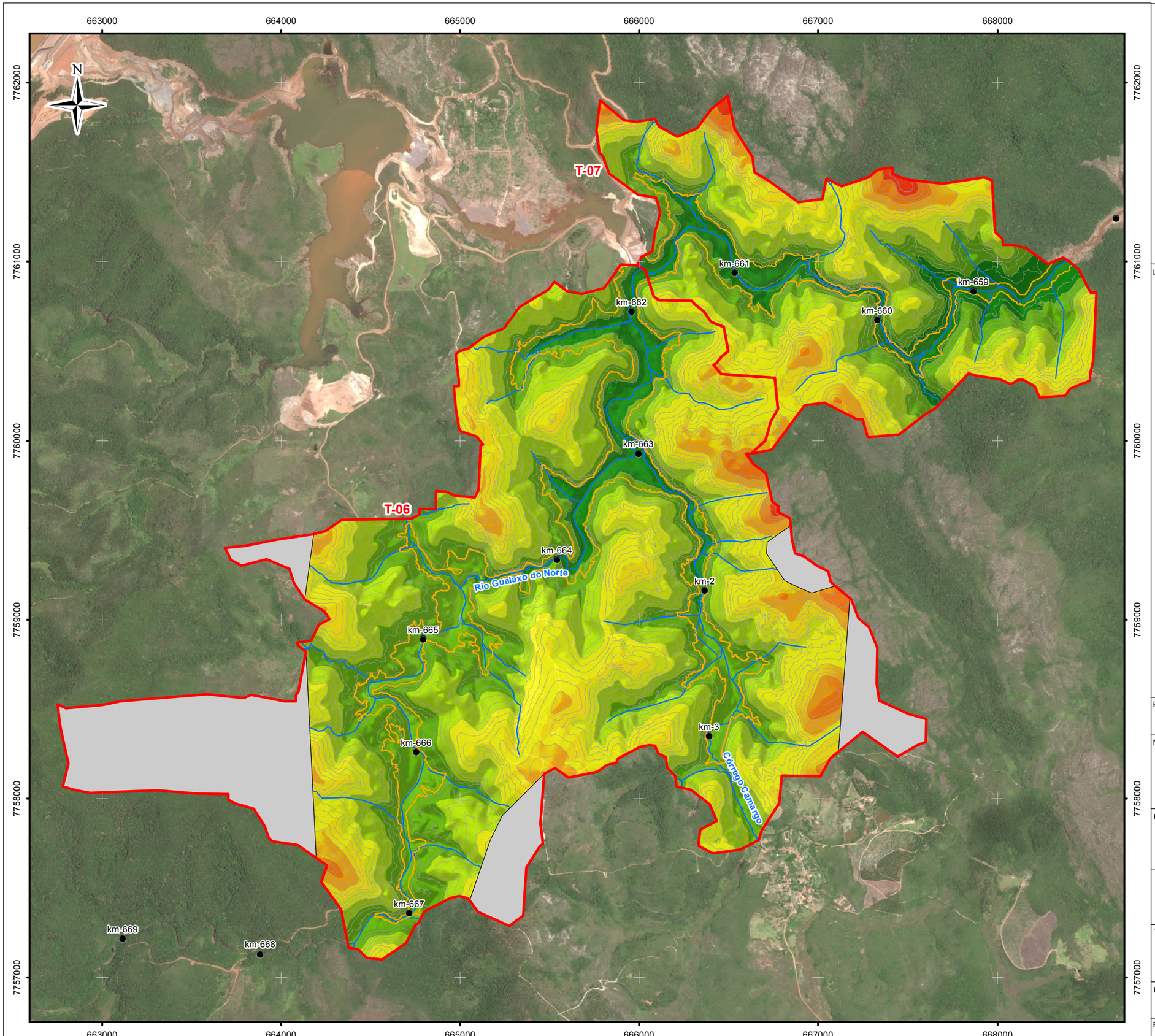
5.1.4 Levantamento planimétrico

O Mapa Hipsométrico do Trechos 6 e 7, apresentado na Figura 98, foi elaborado a partir do levantamento planimétrico realizado por meio de LiDAR (Light Detection and Ranging). De acordo com este mapa, as altitudes no Trechos 6 e 7 variam de 700 metros a 850 metros e acima de 850 metros, respectivamente.

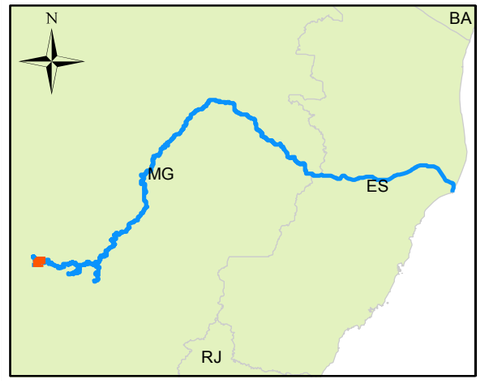
As altitudes mais baixas nos trechos estão associadas às áreas de baixada, próximas aos cursos d'água, que coincidem com as áreas impactadas pelos depósitos de rejeito, podendo variar de 700 metros a 775 metros, no Trecho 6, e de 700 metros a 750 metros, no Trecho 7.

As maiores altitudes estão concentradas nos topos de morros, geralmente variando de 800 metros a 850 metros, por toda extensão de ambos os trechos, embora no limite nordeste superior do Trecho 7 alguns pontos alcançam altitudes acima de 850 metros.

A Figura 99 apresenta o mapa de declividade da área de abrangência.



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Curva de Nível (10 - 10m)
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7

Classes Hipsométricas (m)

- Até 700m
- 700 a 725m
- 725 - 750m
- 750 - 775m
- 775 - 800m
- 800 - 825m
- 825 - 850m
- Acima de 850m
- Áreas sem cobertura do LIDAR*

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* As áreas cinzas não foram cobertas com o levantamento LIDAR utilizada na modelagem da hipsometria.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017;
Levantamento LIDAR, fornecido por Fundação Renova, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 98
Hiposométrico

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 98 - Hipsometria - Trechos 6 e 7

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

N

T-07

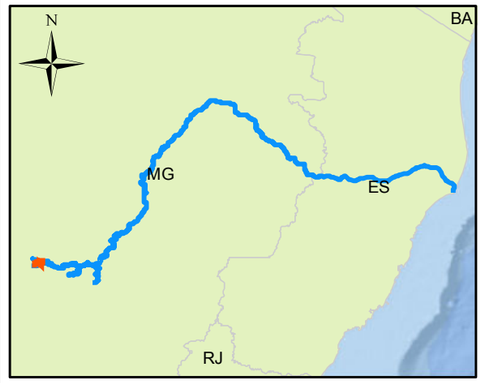
T-06

km-661 km-659 km-662 km-660 km-663 km-664 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667 km-669 km-668

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7

Classes de Declividade (°)

- Abaixo de 5°
- 5 a 10°
- 10 a 20°
- 20 a 30°
- 30 a 50°
- Áreas sem cobertura do LIDAR*

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* As áreas cinzas não foram cobertas com o levantamento LIDAR utilizada na modelagem de declividade.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017;
Levantamento LIDAR, fornecido por Fundação Renova, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 99
Declividade

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 99 -Declividade - Trechos 6 e 7

5.1.5 Unidades da paisagem

De acordo com o Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – de 2017 da bacia do rio Gualaxo do Norte, os Trechos 6 e 7 apresentam as Unidades de Paisagem distribuídas em:

Tabela 5 – Unidades de paisagem nos Trechos 6 e 7

CLASSIFICAÇÃO	TRECHO 6 (HA)	TRECHO 7 (HA)
Afloramento rochoso	9	25
Colina do topo alongado	218	105
Escarpa rochosa	45	-
Rampa de colúvio	82	22
Terraço fluvial	2	20
Vale encaixado com vertente ravinada	477	111
Vertente convexa com inclusão cônica	2	2

Fonte: extraído de EMATER (2017)

Ressalta-se que as Unidades de Paisagem foram identificadas pelas imagens do satélite Sentinel 2, nas datas de 02 de agosto de 2016, e detalhadas em observações de campo, conduzidas por uma equipe multidisciplinar da EMATER-MG, IGAM e Fundação Renova, e são apresentadas na Figura 100.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

T-07

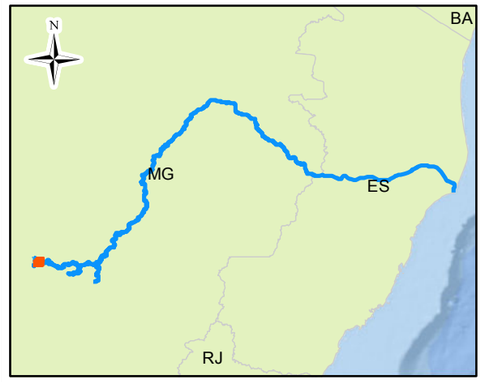
T-06

km-661 km-659 km-662 km-660 km-663 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667 km-669 km-668

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Área Impactada - Trecho 6 e 7
- Trechos

Unidades da Paisagem (ZAP)

- Terraço Fluvial
- Vale Encaixado com Vertente Ravinada
- Rampa de Colúvio
- Colina de Topo
- Escarpa Rochosa
- Afloramento Rochoso
- Vertente Convexa com Inclusão Cônica

ESCALA GRÁFICA:
0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 100
Unidades da Paisagem

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:21.000	25/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 100 - Unidades da Paisagem (ZAP) - Trechos 6 e 7

5.1.6 Identificação das lagoas marginais nos Trechos 6 e 7

A identificação e mapeamento das lagoas marginais no entorno dos cursos hídricos compreendidos pelo limite dos trechos definidos para a aplicação do PMR foi realizada por meio de uma análise multitemporal de imagens orbitais e de fotografias obtidas por meio de drone. A abordagem multitemporal se deve ao fato de que as lagoas pré-existentes em relação ao evento de ruptura da barragem de Fundão, e consequente passagem da onda de cheia, em parte foram suprimidas por deposição dos rejeitos e dos trabalhos de controle emergencial dos processos erosivos. Desta forma, fez-se necessário se caracterizar a evolução das mesmas, com a caracterização antes do evento, imediatamente após o evento – a depender da disponibilidade de imagens – e na situação mais atual possível.

Este mapeamento abrangeu as lagoas marginais que se localizam nas planícies aluvionares desses cursos, local onde o evento teve contribuição na deposição de rejeitos, mas também incluiu algumas lagoas marginais próximas situadas em pontos acima das planícies de inundação.

A definição da geometria de cada lagoa (polígonos em azul nas figuras de localização) levou em consideração a geometria de sua imagem de referência, excetuando-se os casos em que a lagoa havia sido suprimida pelo evento, nesse caso manteve-se a geometria original, ou seja, anterior ao evento.

Para realização da análise temporal foram definidos três momentos:

1. Anterior ao evento: utilizando imagem de referência de 15 de janeiro de 2007;
2. Imediatamente após o evento: utilizando imagem de referência de 09 de novembro de 2015; e
3. Atual: utilizando imagens de referência de junho e julho de 2017, de acordo com a disponibilidade de imagem para cada localização.

Para cada um dos três momentos supracitados, foi escolhido o imageamento aéreo mais adequado e disponível, de acordo com os seguintes critérios:

a. O imageamento aéreo deveria compreender o período proposto pelo momento;
b. O imageamento aéreo deveria compreender toda a área que seria mapeada;

c. O imageamento aéreo deveria ter resolução espacial compatível com escalas maiores que 1:10.000; e

d. O imageamento aéreo deveria ter interferência de nuvens menor que 10%.

Nos trechos em questão, foram identificadas lagoas marginais apenas no Trecho 6, enquanto no Trecho 7 não foram identificadas lagoas marginais.

Para o Trecho 6, foram utilizados os imageamentos aéreos identificados na Tabela 6, selecionados de acordo com os critérios supracitados.

Tabela 6 – Informações dos imageamentos aéreos utilizados para a análise temporal

MOMENTO	DATA	FONTE	RESOLUÇÃO ESPACIAL
1 - Anterior ao evento	15/01/2007	Satélite SPOT 5	2,5 m
2 - Imediatamente após o evento	09/11/2015	Serviço de dados Google Earth Pro	4800 x 3525 pixel
3 - Atual	Junho e Julho de 2017	Aeronave 20c RTK	0,1 m
3 - Atual	Junho e Julho de 2017	Satélite SPOT 5	2,5 m

A Figura 101 abaixo apresenta exemplos da identificação das lagoas marginais através da utilização das imagens áreas supracitadas.

Figura 101 – Exemplo de mapeamento de lagoa utilizando a imagem de referência para o momento pré-evento (esquerda), imediatamente após o evento (central) e pós-evento (direita)



Fonte: JACOBS CH2M, 2017

A partir da identificação das lagoas, foi possível realizar uma classificação destas, de acordo com o momento pós-evento, levando em consideração se as lagoas identificadas foram soterradas pelo evento ou não e se estas estão ou não conectadas por canais ao rio principal. Foram identificadas 8 lagoas no Trecho 6, enquanto no Trecho 7 não foi identificada ocorrência de lagoas. A distribuição por classe das lagoas e categorias estão apresentadas na Tabela 7.

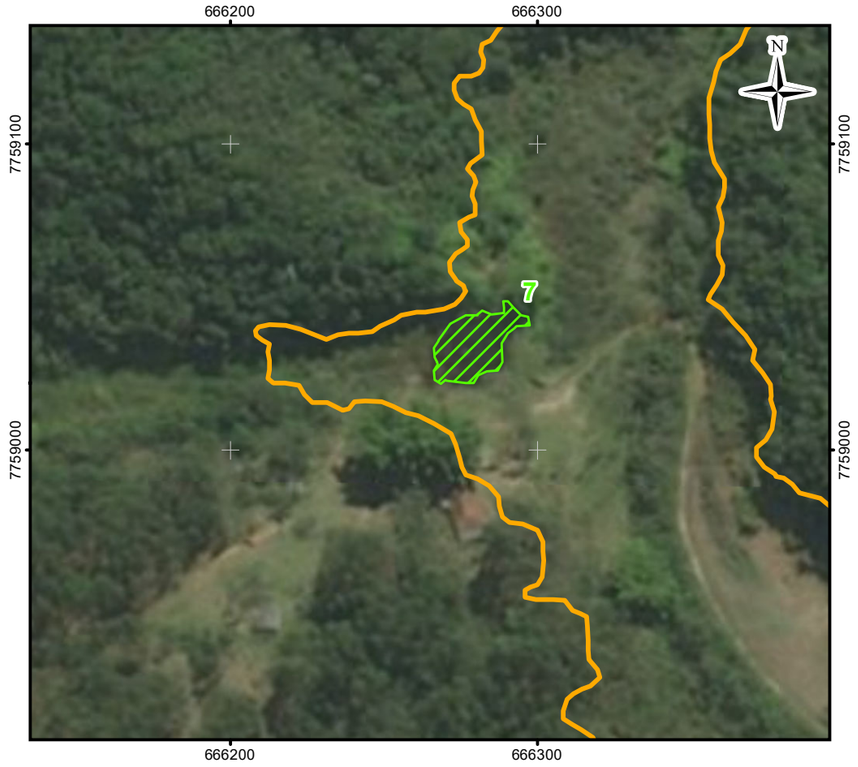
Tabela 7 – Classificação das lagoas identificadas no Trecho 6

LAGOAS MARGINAIS – TOTAL 08		**PÓS EVENTO**		
		Soterradas	**Isolada**	**Conectada**
PRÉ EVENTO	Conectada	7	0	1
	Isolada	0	0	0
	Não existiam em Jan/2007*	0	0	0

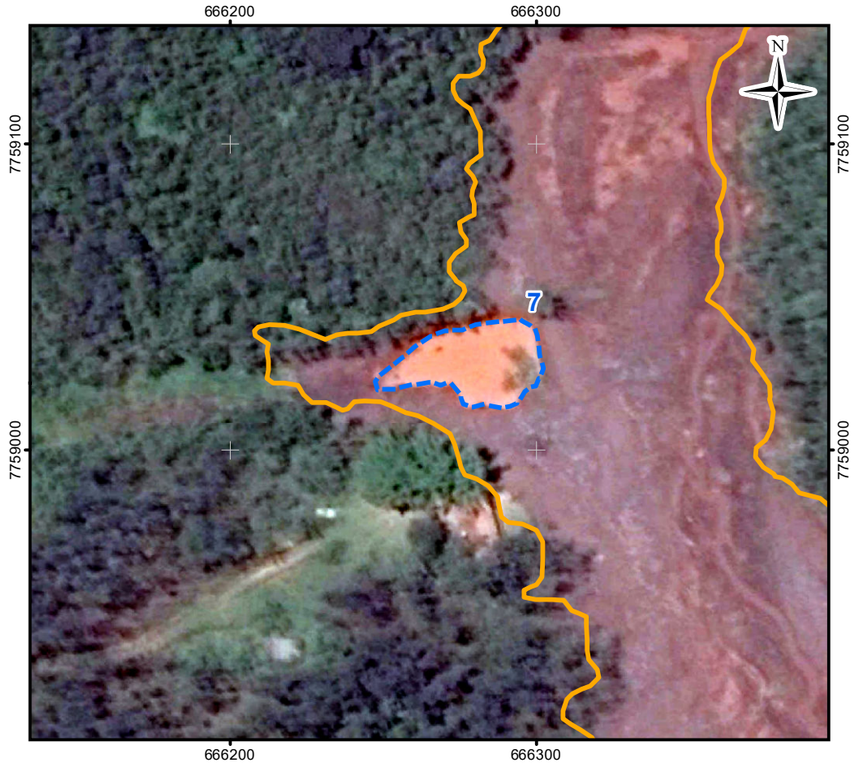
A Fundação Renova forneceu a localização dos viveiros de peixes apresentados em polígonos, porém nenhuma dessas localizações coincide com os Trechos 6 e 7. Além disso, não foi identificado nenhum tipo de uso econômico para as lagoas mapeadas.

As figuras geradas para análise temporal das lagoas marginais encontram-se apresentadas abaixo (Figura 102 A a G).

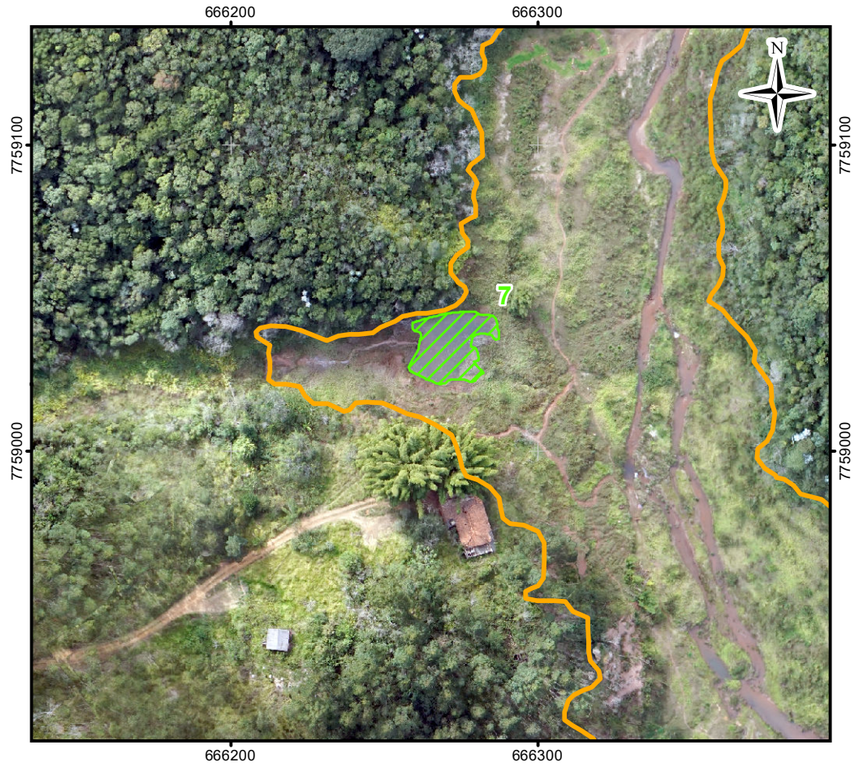
Recorte Temporal - 15/01/2007



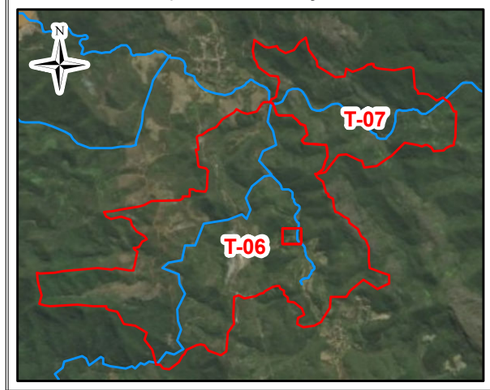
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada Trechos 6 e 7

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 09/11/2015

- Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Suprimida

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-A
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-CAR-KM02)

PROJETO:

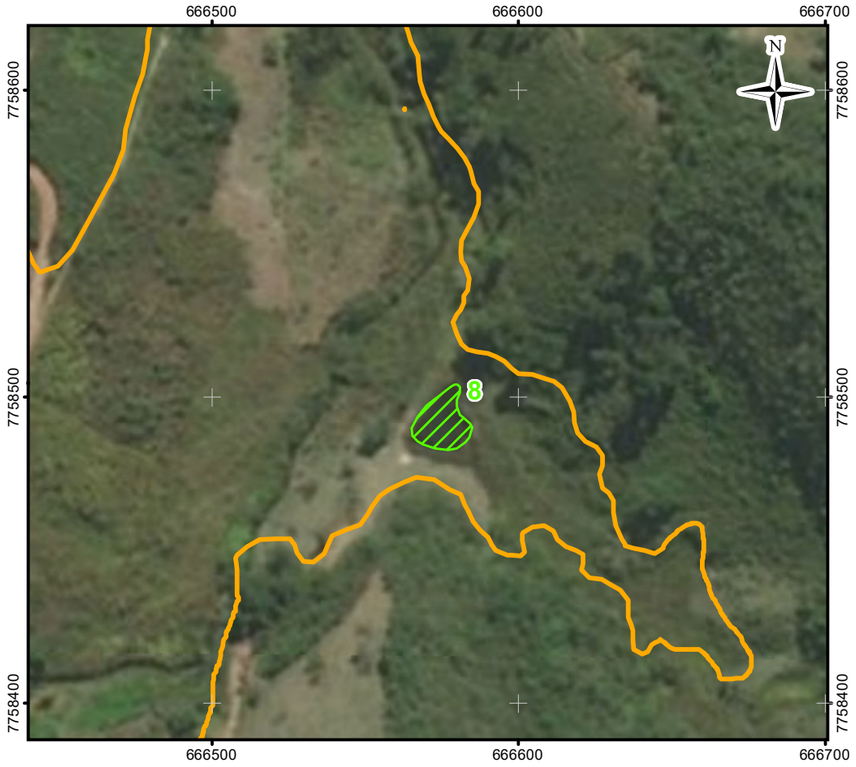
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	25/01/2018	RM	MB	AG	RA0

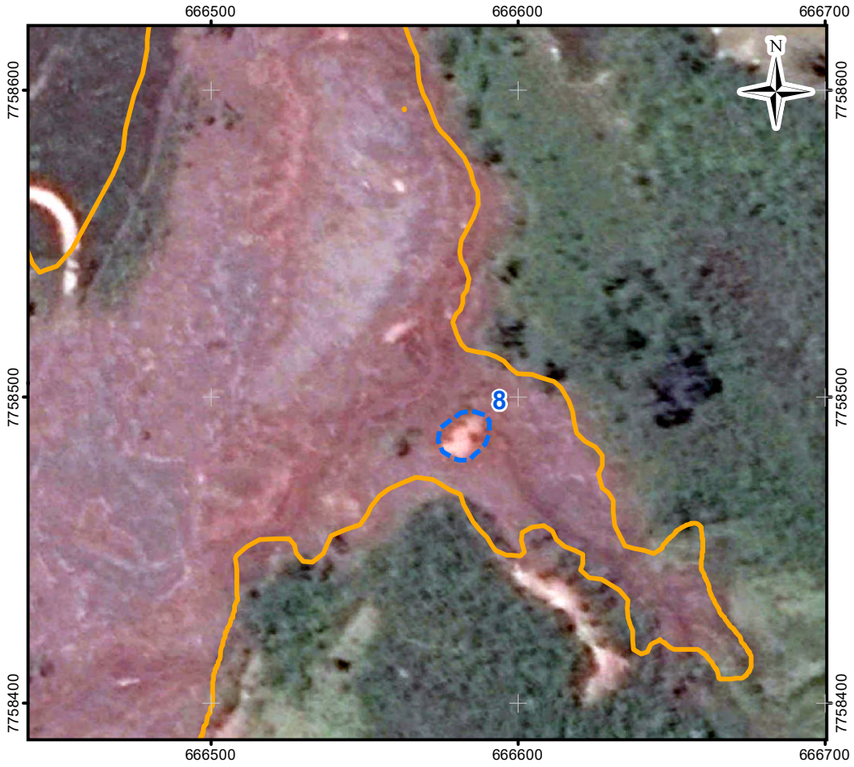
Figura 102a - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - CAR - KM02

FORMATO A3: 420mm X 297mm

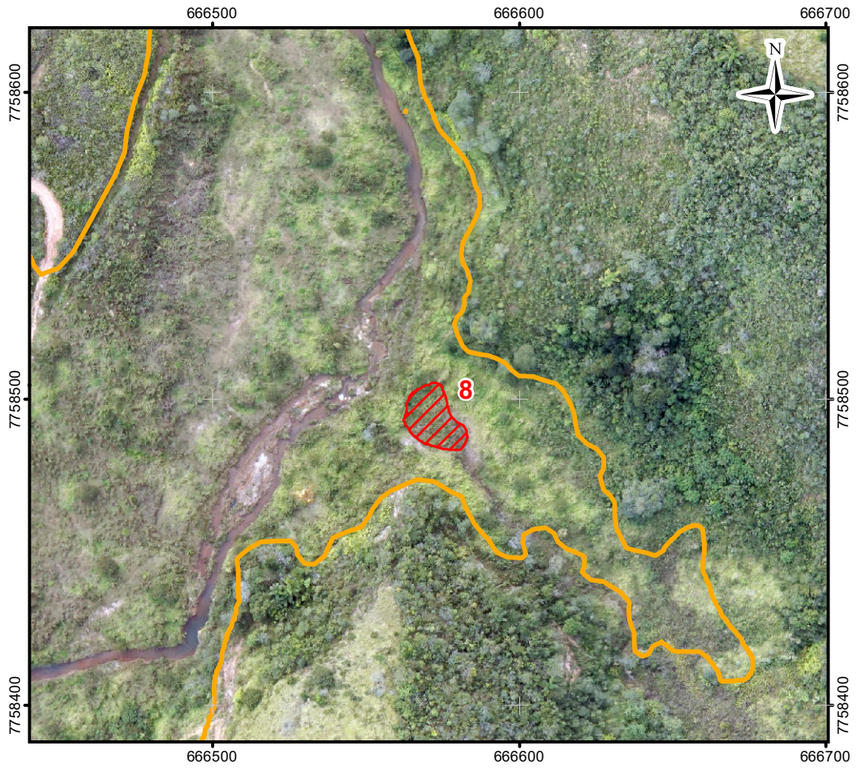
Recorte Temporal - 15/01/2007



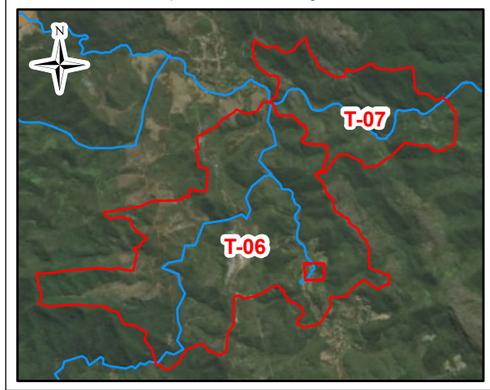
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada Trechos 6 e 7

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 09/11/2015

- Identificação da Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-B
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-CAR-KM03)

PROJETO:

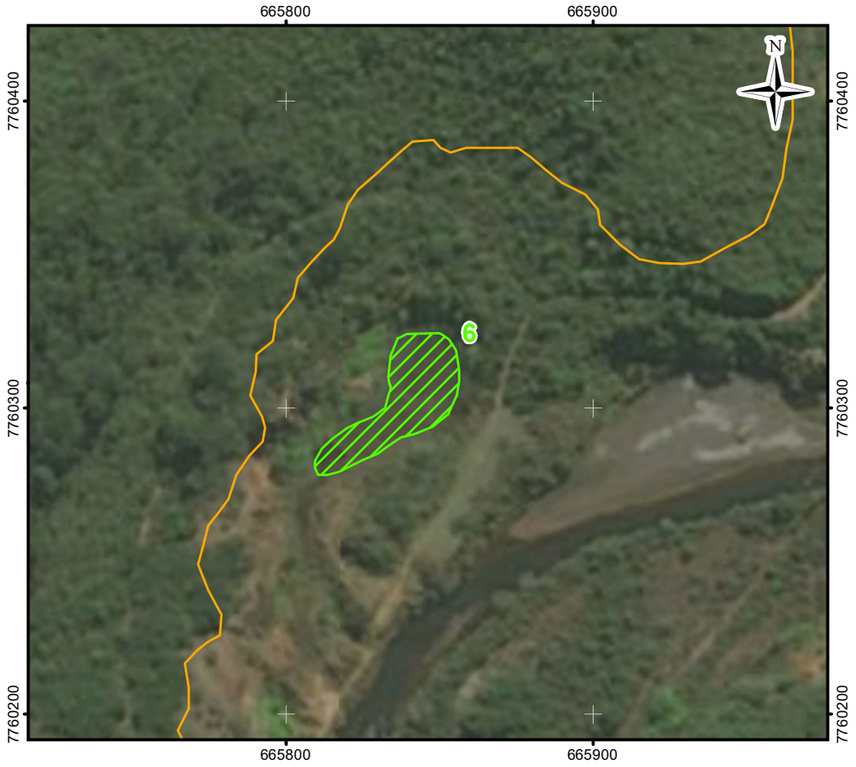
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	25/01/2018	RM	MB	AG	RA0

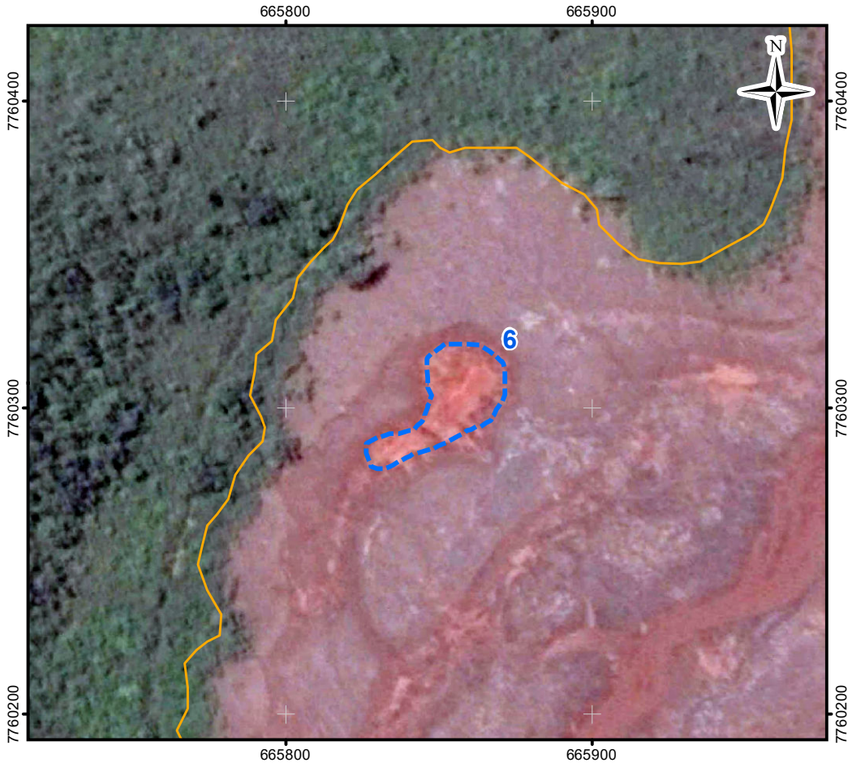
FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 102a - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - CAR - KM03

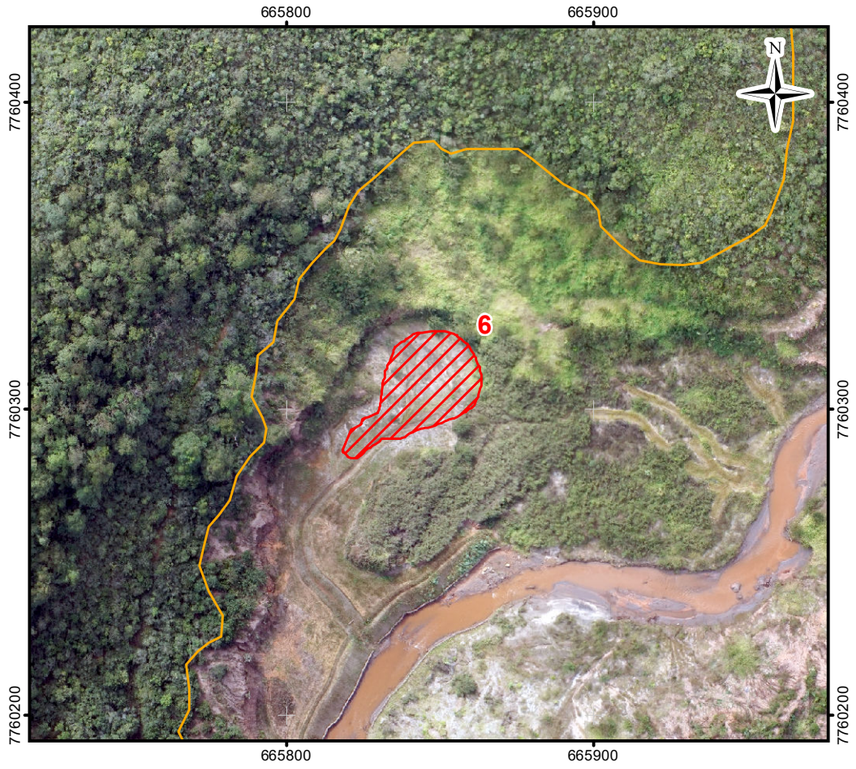
Recorte Temporal - 15/01/2007



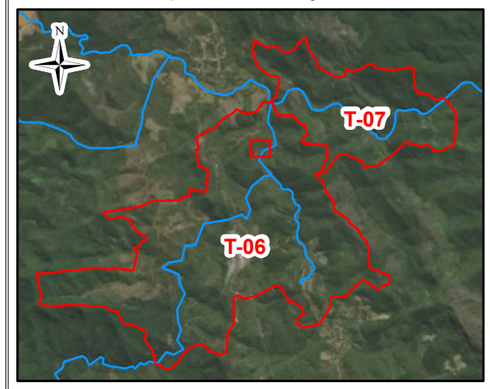
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Área Impactada - Trecho 6 e 7
- Trechos 6 e 7

Imagem em 15/01/2007 (Pré-evento)

- Lagoa marginal conectada
- Lagoa marginal isolada
- Lagoa marginal não existente

Imagem em 09/11/2015 (Imediatamente pós-evento)

- Identificação da lagoa marginal

Imagem em Jun/Jul/2017 (Pós-evento)

- Lagoa marginal conectada
- Lagoa marginal isolada
- Lagoa marginal soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-C
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-GN-KM662)

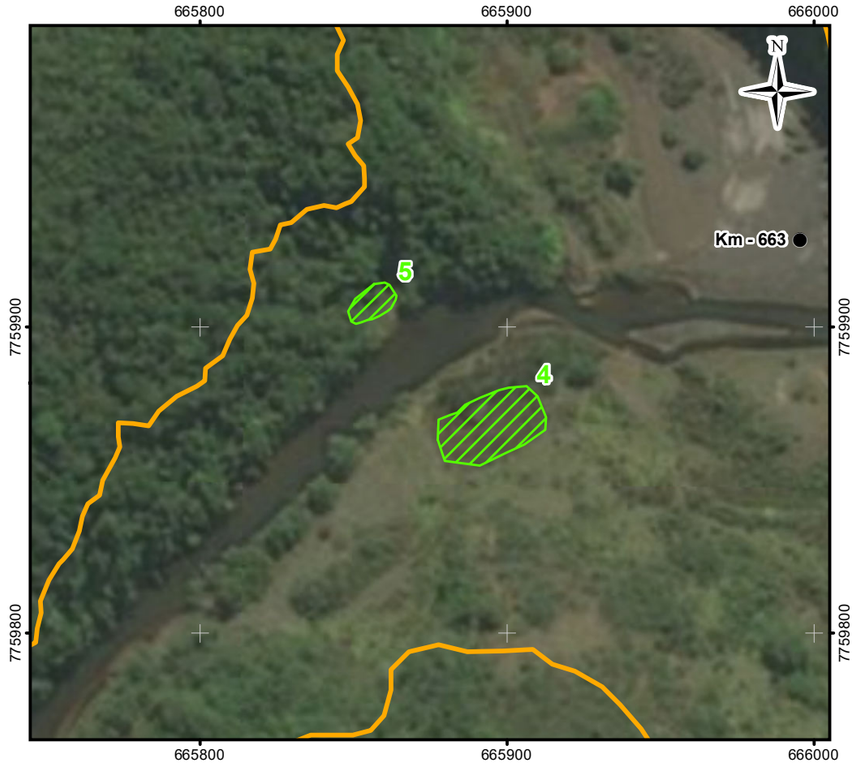
PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	25/01/2018	RM	MB	AG	R0

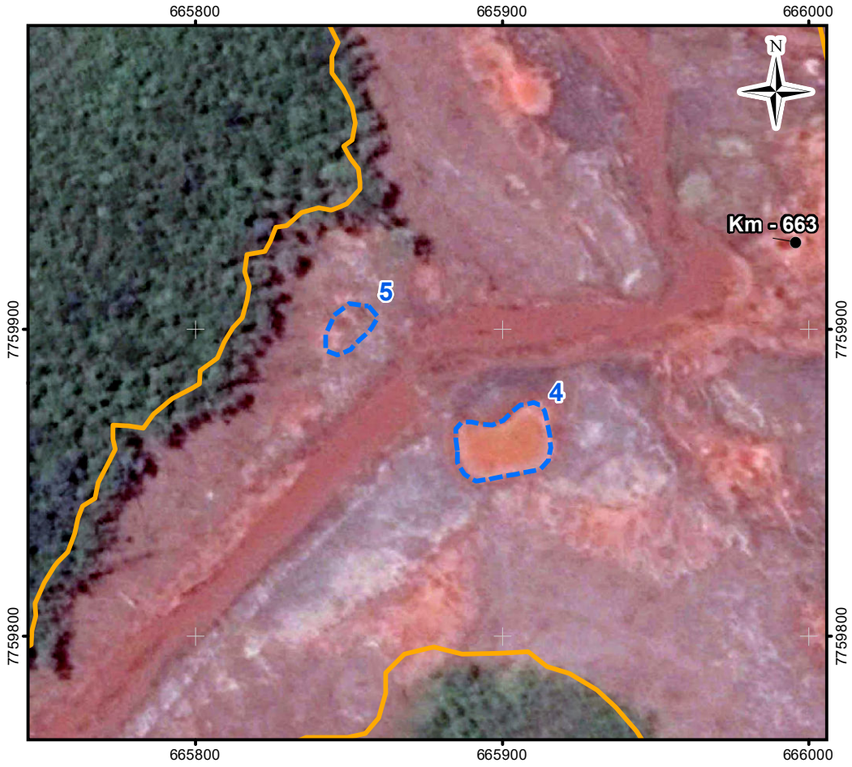
FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 102c - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - GN - KM662

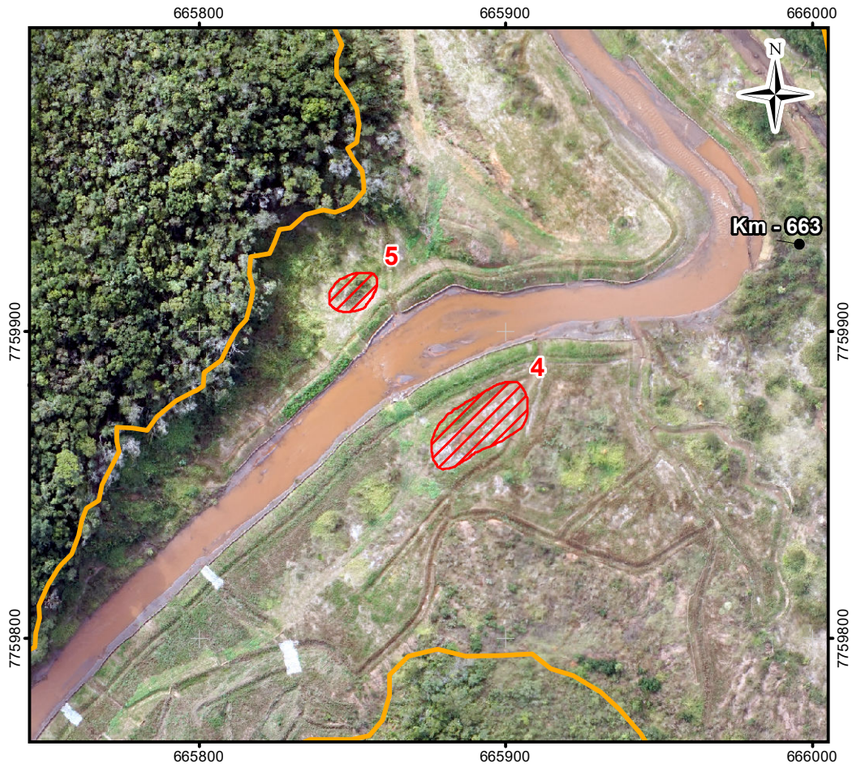
Recorte Temporal - 15/01/2007



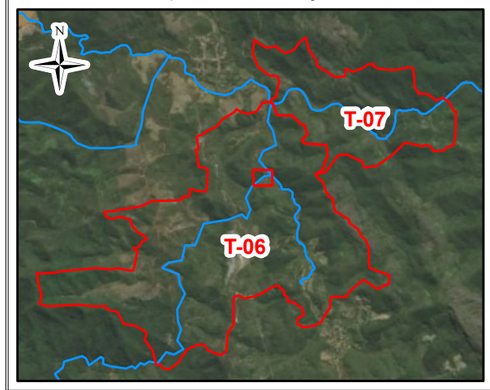
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos
- Área Impactada

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 09/11/2015

- Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-D
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-GN-KM663)

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	25/01/2018	RM	MB	AG	RA0

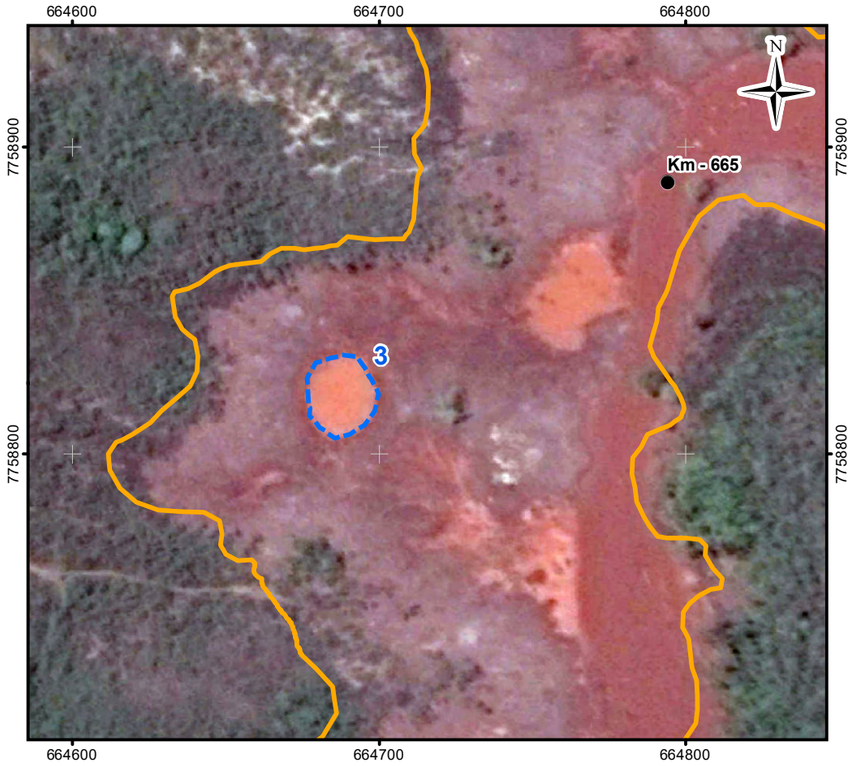
Figura 102d - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - GN - KM663

FORMATO A3: 420mm X 297mm

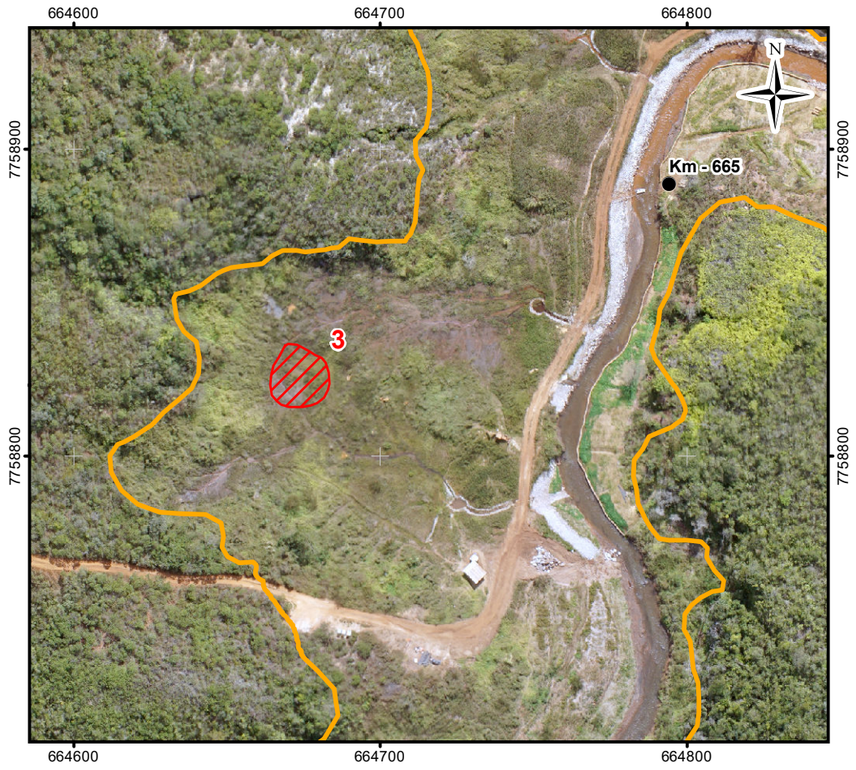
Recorte Temporal - 15/01/2007



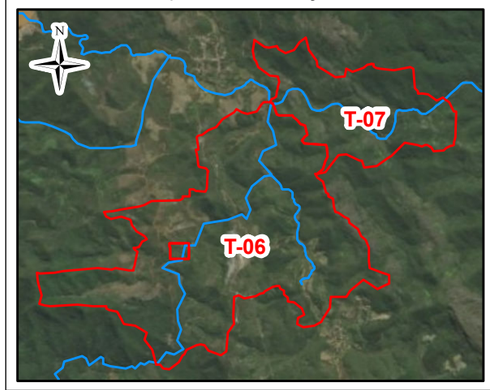
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos
- Área Impactada

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada

Imagem em 09/11/2015

- Lagoa Marginal

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-E
Figura de Localização de Lagoas
Marginais Uso Histórico
T06-GN-KM665

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	30/01/2018	RM	MB	AG	RA0

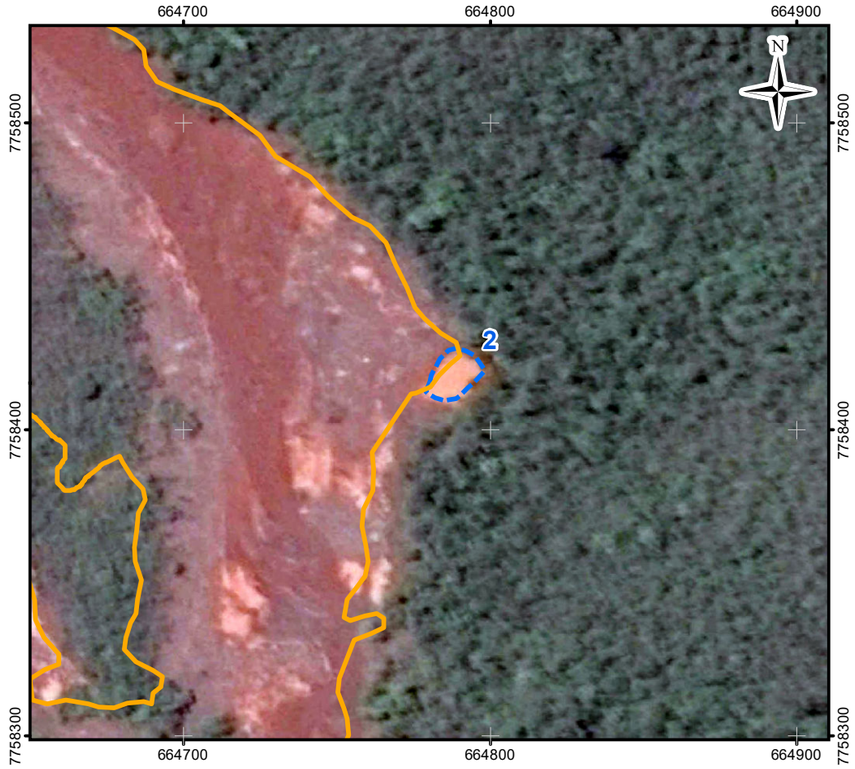
Figura 102e - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - GN - KM665

FORMATO A3: 420mm X 297mm

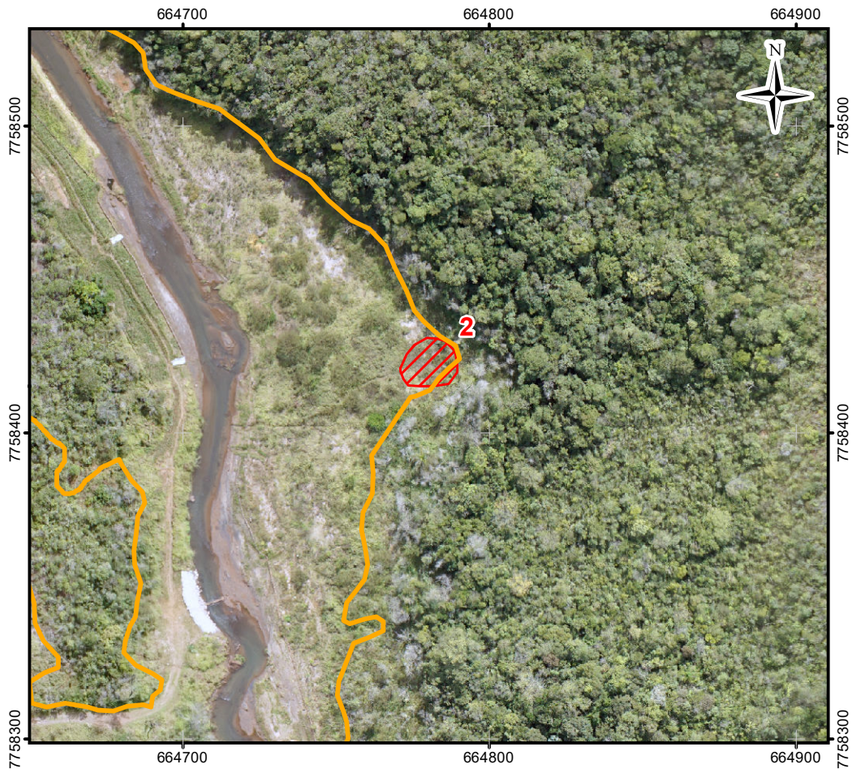
Recorte Temporal - 15/01/2007



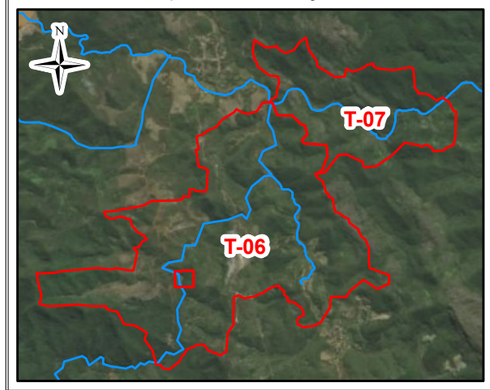
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 09/11/2015

- Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 10 20 40 60 80 100 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-F
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-GN-KM666)

PROJETO:

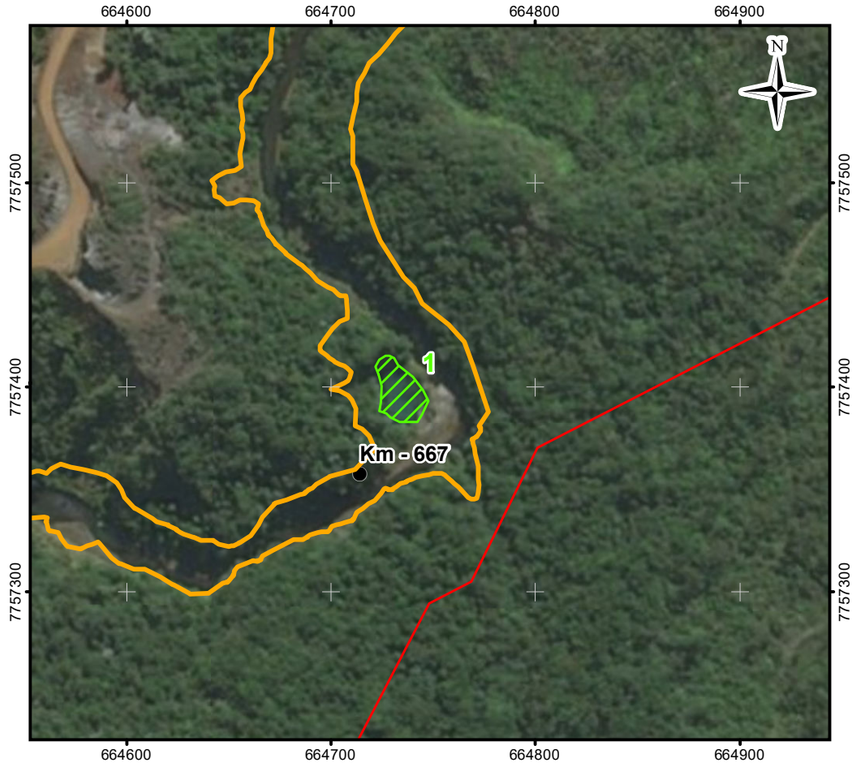
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:2.000	25/01/2018	RM	MB	AG	RA0

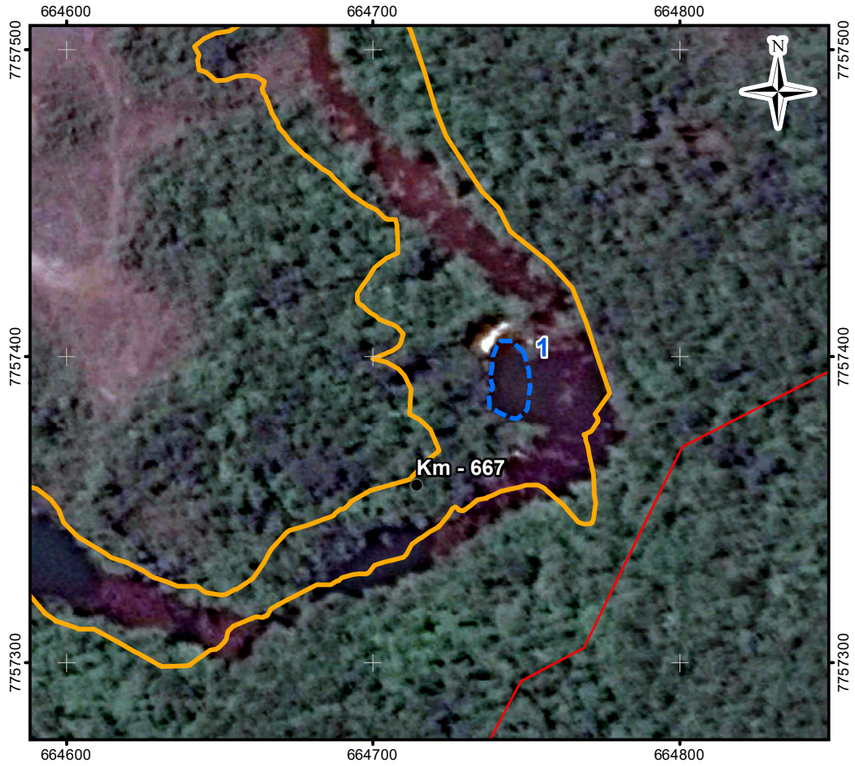
FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 102f - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - GN - KM666

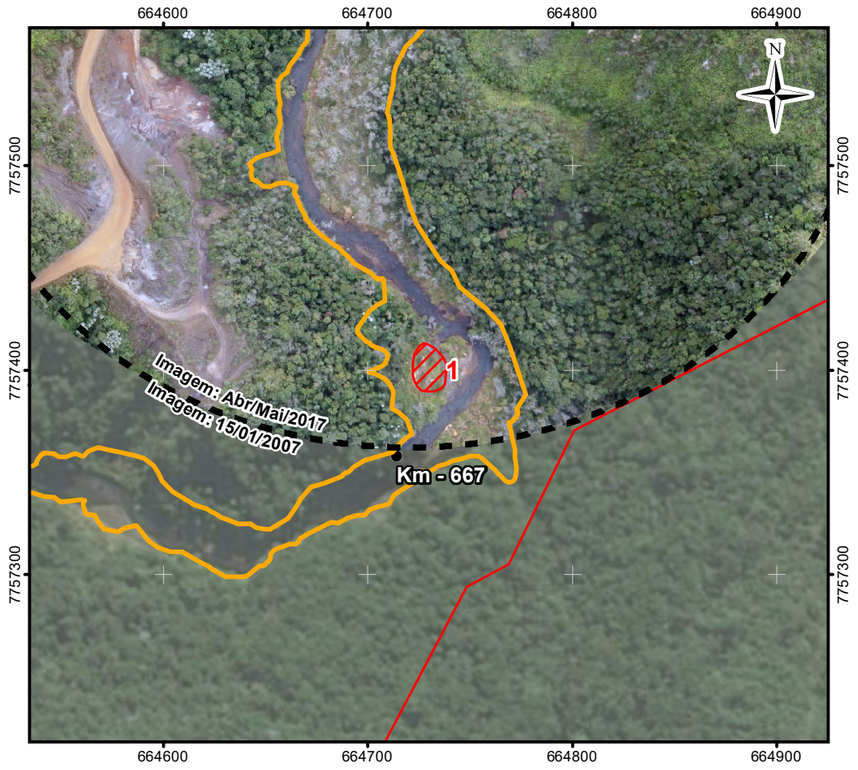
Recorte Temporal - 15/01/2007



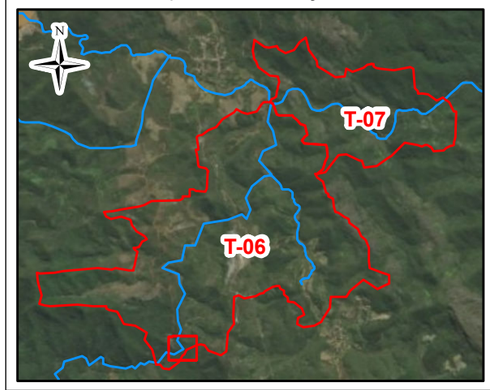
Recorte Temporal - 09/11/2015



Recorte Temporal - Jun/Jul/2017



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada

Imagem em 15/01/2007

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 09/11/2015

- Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Suprimida

ESCALA GRÁFICA:

0 15 30 60 90 120 150 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Google Earth, 2007 / 2015
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 102-G
Figura de Localização de Lagoas Marginais - Análise Histórica
(T06-GN-KM667)

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:3.000	25/01/2018	RM	MB	AG	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 102g - Localização de Lagoas Marginais - Análise histórica - T06 - GN - KM667

5.1.7 Resultados dos monitoramentos e informações de outros programas

Com relação aos planos e programas de monitoramento existentes, a Cláusula 178 do TTAC especifica:

> "[...] a FUNDAÇÃO deverá planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções da FUNDAÇÃO que vierem a ser realizadas para detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas pela FUNDAÇÃO na ÁREA AMBIENTAL 1, para atender operações de remoção ou recuperação ambiental de áreas ou trechos do Rio Doce e sua planície de inundação, tais como dragagens e remoção de resíduos e demais intervenções decorrentes deste Acordo."

Adicionalmente, os indicadores devem estar de acordo e alinhados aos requisitos mínimos dos programas vigentes de monitoramento da qualidade de água e sedimento, e da regeneração da vegetação em áreas em reabilitação. São eles:

- Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (Deliberação CIF nº 17), Nota Técnica nº 08, com a Proposta de conteúdo mínimo do PMQQS;
- Deliberação CIF nº 17, Seção VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos;
- Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS); e
- Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimentos do Programa de Monitoramento das Intervenções (PMQQVAI) – Anexo D do PMQQS.

A seguir serão descritos os programas e estudos avaliados, em seguida são apresentadas uma tabela e figura com os respectivos pontos avaliados (Tabela 8 e Figura 103). Os resultados serão apresentados conforme as seções:

- Seção 5.1.7.1 - Aspectos Físicos;
- Seção 5.1.7.2 - Aspectos químicos;
- Seção 5.1.7.3 - Aspectos biológicos.

O principal instrumento de monitoramento da qualidade das águas e sedimentos é o PMQQS, que tem por objetivo monitorar em caráter permanente a recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce e zonas costeira e estuarina adjacentes, por meio da coleta de dados de qualidade das águas e sedimentos que permitam avaliar a efetividade das intervenções permanentes realizadas. No escopo do PMQQS, foram definidos os parâmetros de qualidade de água e sedimento para controle, abaixo discriminados, porém não há pontos deste monitoramento nos Trechos 6 e 7:

- Água: Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos e bacteriológicos; e
- Sedimento: Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macro invertebrados bentônicos.

Por outro lado, o PMQQVAI corresponde a um anexo do PMQQS e consiste no monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários que foram sujeitados a intervenções, de forma a acompanhar eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas. Este programa possui pontos de monitoramento nos Trechos 6 e 7 e os parâmetros analisados no PMQQVAI são:

- Água superficial
    - Rios principais: parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos;
    - Tributários: parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos, turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos totais dissolvidos.
- Sedimento
    - Rios principais: físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos;
    - Tributários: físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bem tônicos.

Ressalta-se que para a descrição da turbidez das águas superficiais, além do PMQQS e PMQQVAI, também foram utilizados os dados do monitoramento emergencial que a Samarco/Fundação Renova realizou no período logo após o evento do rompimento da barragem.

Para as intervenções realizadas no âmbito do Programa de Restauração Florestal e Produção de Água (PG 25) já foram definidos monitoramentos específicos visando avaliar a eficácia das ações implantadas. Nesse sentido, os seguintes indicadores já foram estipulados e estão sendo monitorados com base no Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias. Seguem os indicadores:

- Monitoramento da Vegetação
  - Percentual de cobertura vegetal
  - Produção de biomassa vegetal
  - Avaliação do sistema radicular
  - Avaliação de parâmetros do solo
- Monitoramento do Controle de Erosão
  - Sedimentação em estruturas de contenção
  - Taxas de erosão em planícies de inundação
  - Avaliação da erosão nas margens e deposição nas calhas
- Monitoramento da qualidade da água
  - Avaliação de parâmetros físico-químicos

Com relação à biodiversidade aquática, é realizado o Programa de Monitoramento da Ictiofauna, que abrange aproximadamente 670 km dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, totalizando 41 pontos monitorados. Para tanto, são realizadas coletas mensais de ictiofauna, macroinvertebrados aquáticos, fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e ictioplâncton (a ser realizada somente no período chuvoso, quinzenalmente). Os resultados do monitoramento encontram-se apresentados no **Anexo III**.

A caracterização ambiental do solo e sedimentos foi realizada com base nos resultados das amostragens contidas no Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos elaborado pela Golder e a versão final emitida em outubro/2017, o qual teve como objetivo executar testes geoquímicos em 311 amostras ao longo da área afetada. As amostras foram coletadas em novembro/2015, compostas por amostras de solo de áreas não impactadas, sedimentos de áreas não impactadas e sedimentos e solo de áreas impactadas. Os resultados analíticos compilados no presente PMR foram referentes às amostras coletadas nos Trechos 6 e 7 para análise das concentrações de metais; os quais foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/2009 (valores de prevenção e investigação para uso agrícola, residencial e industrial) além do padrão de referência da Deliberação Normativa COPAM n° 166/2011.

Em linhas gerais, segue o *status* de cada programa ou plano proposto, conforme informado pela Fundação Renova:

- PMQQS (inclui o monitoramento hídrico do TTAC) – iniciado no mês de agosto de 2017;
- PMQQVAI – iniciado em outubro de 2017;
- Biodiversidade – iniciado em 21/04/2017;
- Monitoramento de intervenções emergenciais – a empresa Golder iniciou os trabalhos de monitoramento contratualmente para a Samarco em 26/12/2016 e, posteriormente, o contrato migrou para a Fundação Renova em 01/04/2017. A 1ª campanha de campo relativa aos trabalhos de monitoramento da vegetação foi realizada ainda no contrato com a Samarco, entre os dias 06 e 21/03/2017. Já os trabalhos de monitoramento do controle de erosão tiveram seu início em meados de janeiro de 2017 com o monitoramento das estacas graduadas em estruturas de contenção. Em relação ao monitoramento das taxas de erosão, as parcelas começaram a ser construídas em janeiro de 2017 e os dados começaram a ser coletados em abril de 2017.
- Monitoramento de Fauna Terrestre – monitoramento não iniciado.

A Tabela 8 apresenta os pontos de monitoramento utilizados em estudos e monitoramentos realizados nos Trechos 6 e 7.

Tabela 8 – Pontos de monitoramento nos Trechos 6 e 7

PROGRAMA	PONTO	MONITORAMENTO / ESTUDO	TRECHO
PG 23	S04; S53; T150; T165; T36A; S02; T34; T164	Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos	6
PG 25	5 e 5A	Fitossociológico e Florístico	6
PG 25	A3_R01; A3_R02; A3_R03; A3_R05; A3_R06; A3_R07	Erosão	6
PG 25	M03; TG03	Vegetação	6
PG 25	M3P1; M3P10; M3P11; M3P12; M3P2; M3P3; M3P4; M3P5; M3P6; M3P7; M3P8; M3P9	Biomassa	6
PG 25	TUR-26; TUR-114; RGN-01; TUR-107; TUR-112; TUR-79	Turbidez	6
PG 30	65	Fauna Terrestre	6
	66	Fauna Terrestre	7
PG 38	RGN 01	PMQQS	*(Ponto localizado fora do limite dos Trechos 6 e 7)*
PG 38	ITS11; ITS12; ITS13; ITS14; ITS15; ITS19; NTG01; NTG16; PS03; PS04; RG01; RG02; TES03	PMQQVAI	6
PG 38	TES02; ITS20	PMQQVAI	7

A Figura 103 apresenta os pontos de monitoramento utilizados em estudos e monitoramentos realizados nos Trechos 6 e 7 em planta.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

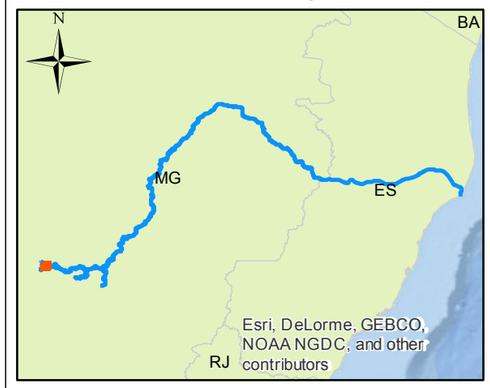
7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

Janela de detalhe

M3P3 M3P1 A3_R03 M3P2 M3P6 M3P5 M3P4 M3P11 M3P12 M3P10 M3P9 M3P8 M3P7

TG06 TES 02 TES 20 TUR-79 T-07 TUR-112 Rio Gualaxo do Norte 66 TG05 RG-02 TG07 ITS 11 TG08 TG03 ITS 12 65 A3_R01 5a TUR-107 A3_R05 5a 5 5 ITS 14 TG02 PS 04(4) RG-01 A3_R03 ITS 13 TG04 PS 03 NTG01 Corrego Camargo T150 NTG16 TG01 S53 T-06 A3_R02 TG01B P1-01A A3_R07 TG01A A3_R06 ITS 19 P2-01A ITS 15 T36A TES 03 S04 S02 T34 T164 ITS 16 RGN 01

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada - Trecho 6 e 7
- Geoquímico - amostra de sedimento
- Geoquímico - amostra de solo
- Tributários Visitados
- Pontos fitossociológico (levant. florístico)
- Monitoramento de fauna terrestre (Preliminar)
- Pontos utilizados para análise de turbidez
- Parcelas de biomassa
- Monitoramento de erosão
- PMQQVAI
- PMQQS

ESCALA GRÁFICA: 0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 103
Localização dos pontos de monitoramento e estudos pretéritos

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 103 - Monitoramentos - Trechos 6 e 7

5.1.7.1 Aspectos Físicos

Conforme apresentado no Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017), o fluxo de rejeito inconsolidado divide-se em dois caudais após ultrapassar o estreitamento no vale do córrego Santarém, junto à sua foz no rio Gualaxo do Norte, onde foi instalado o Dique S4. Um caudal direciona-se para o trecho de montante do rio Gualaxo do Norte (Trecho 6) e o segundo, seguindo a jusante, pelo curso normal rio abaixo, onde inicia-se o Trecho 7.

O Trecho 6 abarca o rio Gualaxo do Norte a montante da confluência com o Córrego Santarém, onde os rejeitos provenientes do referido córrego seguiram no contrafluxo, por cerca de 5,7 km a montante no rio Gualaxo do Norte e por cerca de 2,0 km no córrego dos Camargos, um de seus tributários pela margem direita.

O Trecho 7, se inicia imediatamente a jusante da confluência do córrego Santarém, onde o rio Gualaxo do Norte adentra um vale estreito, o qual constitui a passagem do rio através de uma serra alongada no sentido SE-NW, e segue por aproximadamente 3,2 km em vale fechado com pequenos segmentos mais abertos. Este Trecho 7, se caracteriza pela passagem do fluxo de rejeitos e materiais agregados a alturas significativas das encostas que formam os vales fechados, variando de 20 a 25 m, com a remoção da vegetação arbórea nativa e de toda a camada de solo, com a exposição do substrato rochoso.

Em ambos os trechos, parte das áreas de fundo de vale afetadas pela deposição de materiais detríticos foi objeto de obras de drenagem superficial e de controle de erosão até o final de 2017, com o objetivo de disciplinar a drenagem sobre tais áreas e controlar o desenvolvimento de processos erosivos, que terminam por reconduzir os materiais detríticos novamente para os cursos d'água.

O relatório da Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão (Golder, 2016) retrata o levantamento dos impactos instalados e potenciais identificados num primeiro momento após o evento. A avaliação considera as alterações físicas na morfologia resultantes da erosão ocasionada pelo escoamento do rejeito, além de potenciais alterações na dinâmica de escoamento e hidrológica dos cursos d'água afetados.

O documento que registra esta avaliação concluiu, com base em levantamentos de campo, sobrevoo da área com helicóptero, estudos geoquímicos e análise documental, que o evento propiciou o aporte de sedimentos nos cursos d'água principais em sete vezes mais do que as condições anteriores ao rompimento da barragem de Fundão, além da tendência de erosão do rejeito superior ao solo natural numa escala de 60%, contribuindo com o aumento do nível de turbidez, além de cor e metais totais, que estão relacionados à presença de material em suspensão.

Diante dessas constatações, foram selecionadas área prioritárias para intervenção através de medidas de controle da erosão que, conforme o relatório supracitado, seriam suficientes para reduzir o impacto na qualidade das águas, não sendo recomendada a remoção de rejeito em larga escala (Golder, 2016).

As características físicas dos depósitos de rejeito, além da descrição do método de transporte e deposição do rejeito encontram-se apresentadas na Seção 5.2 do presente relatório.

5.1.7.2 Aspectos químicos

5.1.7.2.1 Monitoramento da qualidade da água

Os resultados aqui apresentados foram extraídos do relatório do PMQQS elaborado pela Fundação Renova em dezembro de 2017 – Avaliação dos Dados do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos – Relatório Parcial. Até a elaboração do presente PMR não foi elaborado um relatório técnico do PMQQVAI, desta forma, os resultados analíticos deste programa foram extraídos do banco de dados fornecido pela Fundação Renova.

Para fins de atendimento aos padrões ambientais legais, os resultados analíticos da qualidade da água superficial foram comparados aos limites estabelecidos nas seguintes Resoluções:

- Resolução CONAMA nº 357/2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/ CERH-MG 01/2008: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

As tabelas a seguir (Tabela 9; Tabela 10 e Tabela 11) apresentam os resultados disponíveis dos pontos do PMQQS e PMQQVAI que são monitorados em área que abrange este PMR, conforme listados anteriormente na Tabela 8. A localização destes pontos já foi apresentada na Figura 103.

Tabela 9 – Dados de qualidade de água superficial na estação RGN 01

PARÂMETROS	UNIDADES	COPAM 01/08- ÁGUA DOCE- CLASSE II	RGN 01 (17/08/17)
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,05
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,001
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,01
Cianobac. Quant	cel/mL	50.000	<0,01
Clorofila a	µg/L	30	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005
Condutividade Elétrica	µS/cm	-	103
Cromo total	mg/L	0,05	<0,01
DBO	mgO2/L	5	<2,0
Escherichia coli	NMP/100mL	1.000	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,1
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,059
Mercúrio total	mg/L	0,0002	<0,0002
Nitrato	mg/L	10	0,24
Nitrito	mg/L	1	<0,006
Níquel Total	mg/L	0,025	<0,010
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥5	5
pH	-	6,0-9,0	8
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	68
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	<10
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L		<0,002
Temperatura da amostra da	amostra	-	19
Turbidez	NTU	100	2
Vazão	m3/s	-	1,468
Zinco Total	mg/L	0,18	0,017

Legenda: (-) não há valor orientador definido pela referência legal
Fonte: Fundação Renova (PMQQS), 2017.

Tabela 10 - Dados de qualidade de água superficial - PMQQVAI

PONTO DE AMOSTRAGEM	DATA	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (mg/L)	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	TURBIDEZ (NTU)
VMP COPAM 01/08 – Água Doce – Classe II		**500**	**100**	**-**	**100**
ITS 13	25/10/2017	29	7	37	10,3
ITS 13	01/11/2017	82	50	134	**113**
ITS 13	07/11/2017	28	<5	31	35
ITS 13	20/11/2017	63	41	108	**230**
PS 03	25/10/2017	10	<5	16	5,39
PS 03	01/11/2017	15	<5	19	16,7
PS 03	07/11/2017	18	<5	19	9,86
PS 03	21/11/2017	15	5	21	0,89
RG-02	31/10/2017	50	90	142	**175**
RG-02	14/11/2017	52	<5	54	36
RG-02 *(in situ)*	31/10/2017	NA	NA	NA	**287**
RG-02*(in situ)*	14/11/2017	NA	NA	NA	76,9
PS 04	27/10/2017	33	<5	36	4,11
PS 04	03/11/2017	17	11	29	9,65
PS 04	07/11/2017	27	<5	31	15,6
PS 04	23/11/2017	80	59	138	92,7
NTG 01	25/10/2017	22	12	36	3,82
NTG 01	01/11/2017	15	<5	15	2,17
NTG 01	07/11/2017	27	<5	28	1,46
NTG 01	23/11/2017	23	6	32	18,1
ITS 15	23/10/2017	43	<5	49	4,35
ITS 15	01/11/2017	46	<5	48	0,3
ITS 15	07/11/2017	12	<5	14	<0,1
NTG 16	25/10/2017	15	<5	14	0,51
NTG 16	01/11/2017	55	<5	57	0,16
NTG 16	21/11/2017	27	<5	29	8,14
ITS 14	23/10/2017	57	<5	59	2,76
ITS 14	01/11/2017	47	<5	49	4,33
ITS 14	07/11/2017	14	<5	18	10,9
ITS 14	21/11/2017	51	13	62	40
ITS 12	25/10/2017	18	<5	21	0,42
ITS 12	01/11/2017	11	<5	14	2,04
ITS 12	07/11/2017	17	<5	18	2,63
ITS 12	20/11/2017	23	<5	25	12,2
ITS 19	26/10/2017	6	<5	10	0,43
ITS 19	03/11/2017	30	<5	30	1,9

PONTO DE AMOSTRAGEM	DATA	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (mg/L)	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)	SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	TURBIDEZ (NTU)
ITS 19	07/11/2017	16	<5	18	3,31
ITS 19	21/11/2017	31	11	46	32,7
TES 03	03/11/2017	17	<5	21	3,36
TES 03	07/11/2017	21	<5	24	1,5
TES 03	21/11/2017	28	<5	30	14,2
ITS 11	26/10/2017	PontoSeco	PontoSeco	PontoSeco	PontoSeco
ITS 11	01/11/2017	24	<5	25	0,64
ITS 11	07/11/2017	35	<5	38	4,28
ITS 11	13/11/2017	39	<5	41	2,2
ITS 11	20/11/2017	52	<5	52	20,3
ITS 20	27/10/2017	28	<5	31	8,18
ITS 20	30/10/2017	30	5	35	11,3
ITS 20	07/11/2017	24	<5	25	12,2
ITS 20	17/11/2017	7	<5	7	4,64
ITS 20	20/11/2017	10	36	46	60
TES 02	27/10/2017	5	<5	14	3,72
TES 02	30/10/2017	<5	<5	<5	0,63
TES 02	07/11/2017	7	<5	11	0,72
TES 02	20/11/2017	30	<5	31	3,42

Legenda: (NA) – não analisado; (-) não há valor orientador definido pela referência legal; (**XX**): resultado analítico superior ao valor orientador

Fonte: Fundação Renova (PMQQVAI), 2017.

Tabela 11 - Dados de qualidade de água superficial do ponto RG-02 - PMQQVAI

PONTO DE AMOSTRAGEM	VMP COPAM 01/08 – ÁGUA DOCE – CLASSE II	RG-02			
Data		**31/10/2017**	**14/11/2017**	**31/10/2017** ***(in situ)***	**14/11/2017** ***(in situ)***
Condutividade (µS/cm)	-	100	100	93,1	92,8
Oxigênio dissolvido (mg/L)	≥5	NA	NA	7,2	7,9
Oxigênio dissolvido saturado (%)	-	NA	NA	93,1	92,2
pH	6,0-9,0	7,32	7,49	7,62	7,75
Temperatura ambiente (ºC)	-	NA	NA	35	28
Temperatura da amostra (ºC)	-	NA	NA	27,5	23
Alumínio dissolvido (mg/L)	0,1	0,0242	0,00914	NA	NA

PONTO DE AMOSTRAGEM	VMP COPAM 01/08 – ÁGUA DOCE – CLASSE II	RG-02			
Data		31/10/2017	14/11/2017	31/10/2017 *(in situ)*	14/11/2017 *(in situ)*
Alumínio total (mg/L)	-	0,831	0,114	NA	NA
Arsênio total (mg/L)	0,01	0,0011	<0,001	NA	NA
Carbono orgânico total (mg/L)	-	<1	<1	NA	NA
Clorofila a (µg/l)	30	<3	<3	NA	NA
Cor verdadeira (mgPt/L)	75	<5	<5	NA	NA
DBO (mgO_2/L)	5	<3	<3	NA	NA
Ferro dissolvido (mg/L)	0,3	0,102	0,0943	NA	NA
Ferro total (mg/L)	-	0,798	0,587	NA	NA
Fósforo dissolvido (mg/L)	-	0,05	0,03	NA	NA
Fósforo total (mg/L)	0,1	0,1	0,05	NA	NA
Manganês dissolvido (mg/L)	-	0,0477	0,0481	NA	NA
Manganês total (mg/L)	0,1	**0,474**	**0,151**	NA	NA
Mercúrio total (mg/L)	0,0002	<0,0001	<0,0001	NA	NA
Nitrato (mg/L)	10	<0,5	<0,5	NA	NA
Nitrito (mg/L)	1	<0,02	0,01	NA	NA
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	3,7mg/L N - pH≤7,5 2,0 mg/L N - 7,5<pH≤8,0 1,0 mg/L N - 8,0<pH≤8,5 0,5 mg/L N - pH>8,5	0,25	NA	NA	NA
Nitrogênio orgânico (mg/L)	-	0,37	0,37	NA	NA
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	-	<0,3	<0,3	NA	NA

Legenda: (NA) – não analisado; (-) não há valor orientador definido pela referência legal; (**XX**): resultado analítico superior ao valor orientador

Fonte: Fundação Renova (PMQQVAI), 2017.

Como pode ser observado na Tabela 9, todos os parâmetros com valores limites para rios com enquadramento em classe 2 analisados na amostra coletada no RGN01 atenderam os valores limites estabelecidos pela deliberação COPAM de 2008.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) que avalia a contaminação dos corpos hídricos superficiais em decorrência de diversos parâmetros, tais como: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da

temperatura da água, turbidez e sólidos totais, foi utilizado para classificar os dados da campanha de monitoramento do mês de agosto/17. O IQA para a estação RGN 01 foi identificada como "boa", devido à sua localização, a montante da área afetada pela ruptura da barragem de Fundão.

Na Tabela 10 verifica-se que quatro amostras detectaram valor de turbidez acima do limite legal, sendo duas coletadas no ponto ITS13 e duas amostras coletadas no ponto RG02, entre outubro e novembro/2017, época correspondente com o período chuvoso.

A Tabela 11 apresenta o resultado de metais dissolvidos e totais, parâmetros orgânicos e físicos da amostra coletada no ponto RG02, a única analisada para estes parâmetros até o momento. Nesta tabela são apresentados dados das amostras analisada in situ também. Conforme informado anteriormente, este programa se iniciou em outubro/2017. Os resultados indicam manganês total acima do valor permitido na amostra coletada em novembro/2017.

5.1.7.2.2 Turbidez e cor das águas

Com relação ao impacto da turbidez e cor das águas no referido trecho, o impacto se deve à ressuspensão das frações finas do rejeito, devido ao constante movimento de remobilização pelo fluxo normal das águas do rio Gualaxo do Norte, o que pode ser denominado como um processo de "lavagem" dos finos, e que continuará sendo a principal fonte de turbidez e cor aparente dessas águas. A fim de entender o impacto da sazonalidade (período chuvosos e secos) e da evolução da ordem de grandeza dos níveis de turbidez nos Trechos 6 e 7 desde o evento de rompimento da barragem de Fundão, nesta seção são apresentados os resultados de monitoramento de turbidez realizados pelo PG 25.

Conforme segue na Tabela 12, foram levantados 6 pontos para a análise do comportamento da turbidez nos Trechos 6 e 7, sendo 3 deles utilizados como referência, uma vez que estão a montante do Trecho 6 e da área impactada (TUR-26, TUR-114 e RGN-01). Os pontos TUR-114 e RGN-01 possuem mesma localização, na ponte Camargos, e dados complementares, por isso foram utilizados de maneira conjunta para a análise. O ponto "Rio Gualaxo do Norte – Branco" tem sua localização coincidente com o ponto TUR-26 e continha dados no mesmo intervalo que o TUR-26, porém em menor quantidade, por isso foi desconsiderado da análise. Os pontos dentro dos Trechos são o TUR-107, no Trecho-6, a jusante do tributário TG03, e os pontos TUR-112 e

TUR-79, a montante e jusante da confluência do Córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte, respectivamente. A localização destes pontos já foi apresentada na Figura 103.

Com base nos dados avaliados, observa-se que a turbidez indica influência pela sazonalidade (período seco entre abril e setembro e período chuvoso entre outubro e março), pois a média de turbidez foi maior nos períodos chuvosos, bem como as porcentagens de resultados acima do limite da CONAMA nº 357/2005 de 100 NTU.

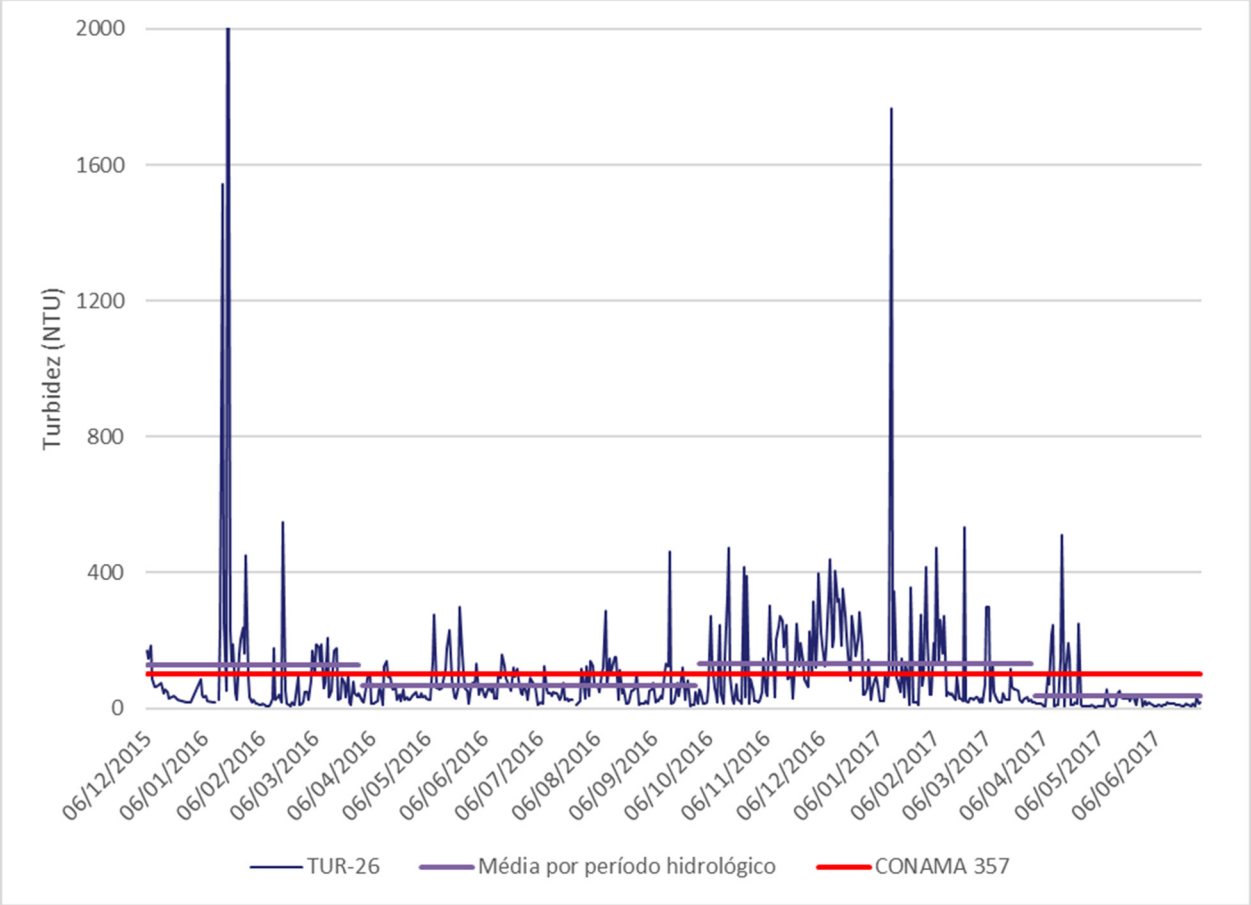
Tabela 12 – Pontos utilizados para análise de turbidez

PONTOS	COORDENADAS UTM [1]		INTERVALO DOS DADOS [2]	PERÍODO SECO [4]			PERÍODO CHUVOSO [4]		
	Leste	Norte		Quantidade de dados	Média	Acima de 100 NTU	Quantidade de dados	Média	Acima de 100 NTU
TUR-26 [3]	658984	7756195	06/12/15 - 30/06/17	1093	55,2	10%	1084	129,3	28%
TUR-114 [3]	663786	7757140	06/01/17 - 30/06/17	413	26,6	3%	416	109,6	17%
RGN-01 [3]	663786	7757140	11/08/17 - 07/12/17						
TUR-107	665641	7759666	07/10/16 - 15/01/17	-	-	-	273	47,4	11%
TUR-112	665950	7760900	06/01/17 - 02/02/17	-	-	-	101	304,3	73%
TUR-79	666298	7761219	08/11/15 - 21/07/17	1150	335,8	62%	868	2239,5	90%

[1] Coordenadas fuso 23S; [2] Foram desconsiderados os resultados nulos de turbidez, considerados inconsistentes; [3] Dados de referência a montante da área impactada; [4] Período seco nos meses de abril a setembro, de acordo com dados históricos obtidos pela ANA (Agência Nacional das Águas)

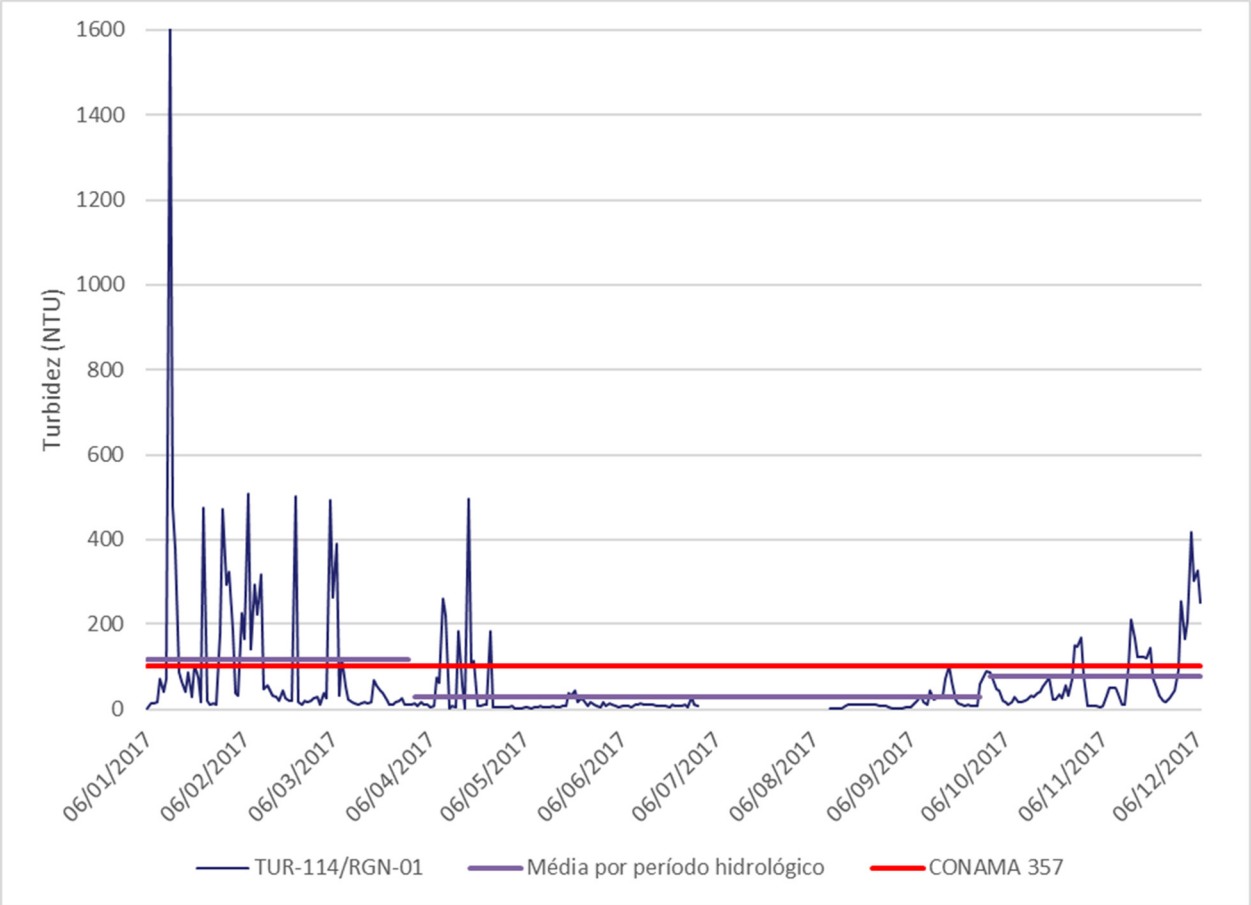
Observando a Figura 104 e Figura 105, pode-se notar que mesmo não estando na área impactada, os pontos TUR-26 e TUR-114/RGN-01 apresentam diversos resultados acima de 100 NTU em todos os períodos hidrológicos, sendo estes amplamente superiores nos períodos chuvosos (dezembro a fevereiro).

Figura 104 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-26



Nota: Na médias por período hidrológico foram identificados os períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março).

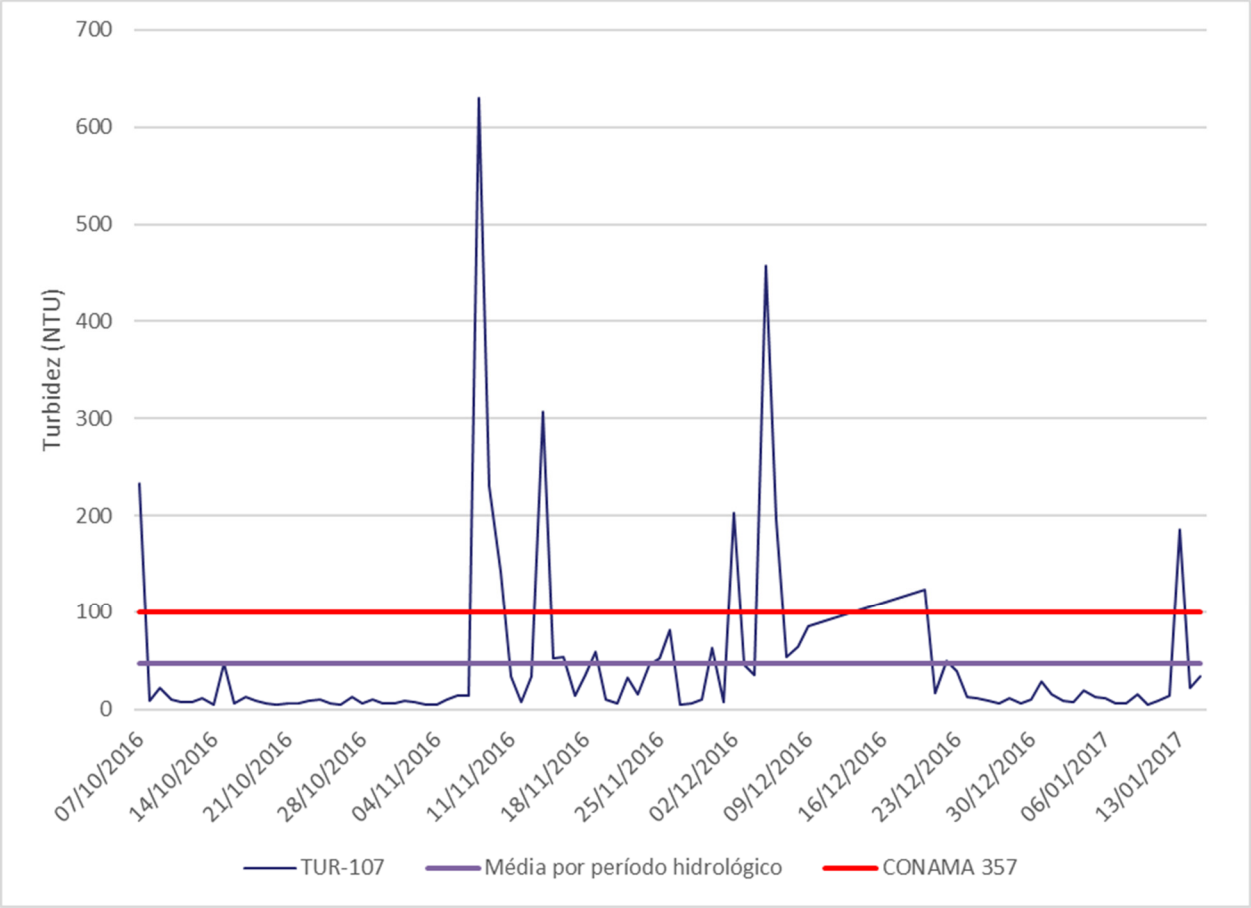
Figura 105 – Resultados de turbidez ao longo do tempo nos pontos TUR-114 e RGN-01



Nota: Na médias por período hidrológico foram identificados os períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março).

O ponto TUR-107 está a jusante do tributário TG03, o qual passou por intervenções entre 13 de abril e 27 de junho de 2016, como enrocamento em sua seção para controle de erosão, e tem seu intervalo de monitoramento posterior a essas intervenções. A Figura 106 demonstra que poucos resultados de média diária de turbidez ultrapassaram o limite determinado pela CONAMA 357 e que a média do período monitorado, apesar de chuvoso, esteve abaixo desse limite. Entretanto, não há dados desse ponto anteriores às intervenções a fim de comparação.

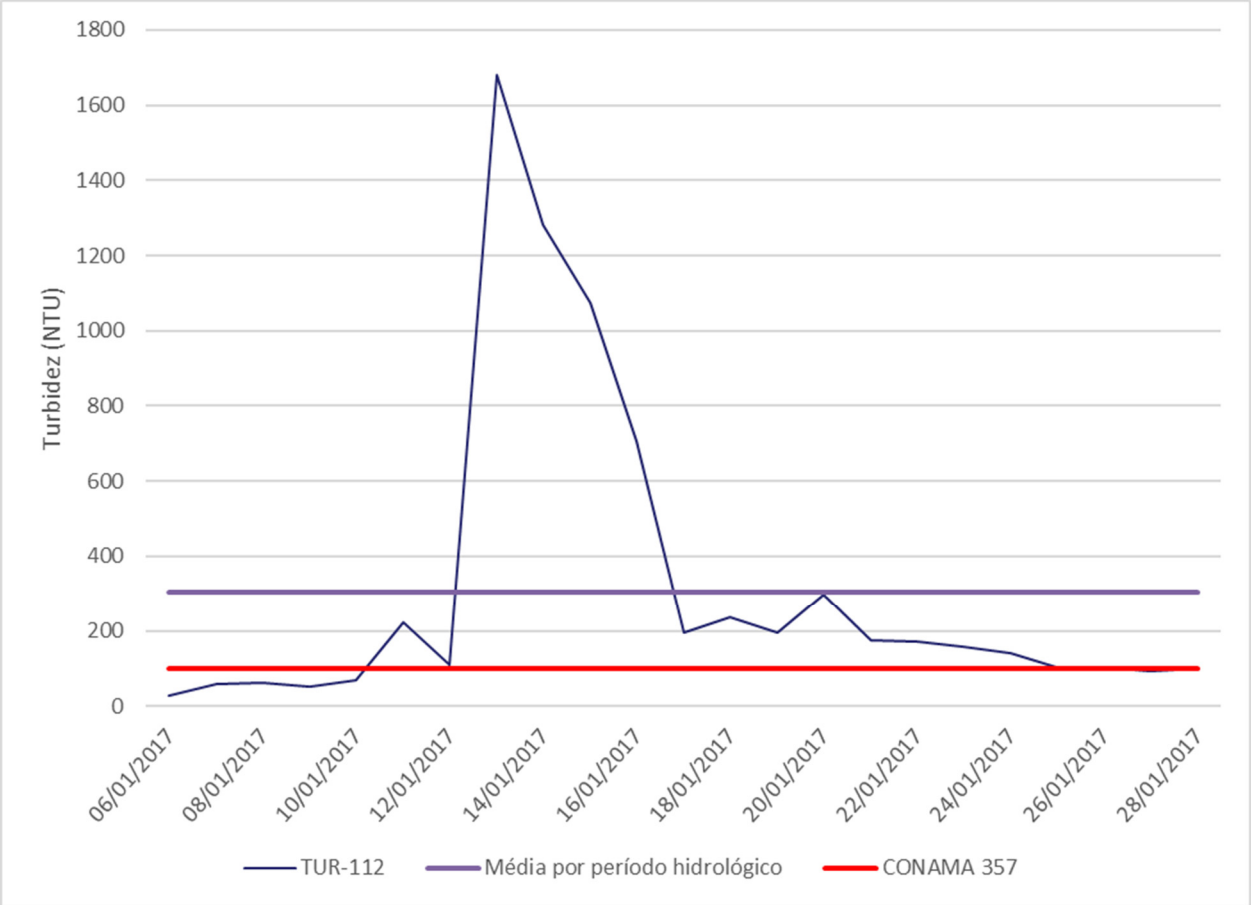
Figura 106 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-107



Nota: Na médias por período hidrológico foram identificados os períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março).

A quantidade de dados obtidos do ponto TUR-112, a montante da confluência do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte, é baixa e datada somente do mês de janeiro de 2017. Conforme pode ser visto na Figura 107, grande parte de seus resultados está acima de 100 NTU, sendo o intervalo monitorado em período chuvoso.

Figura 107 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-112



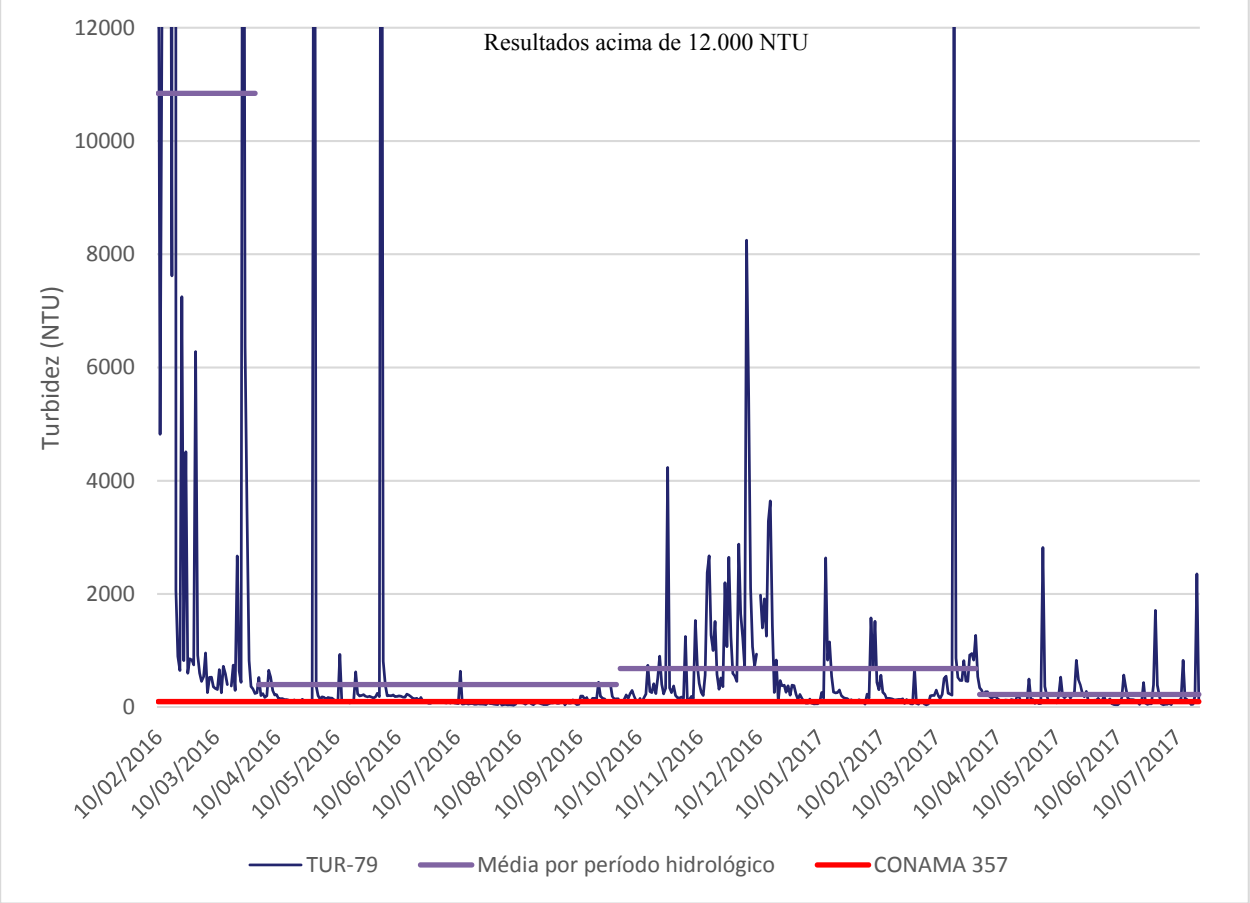
Nota: Na médias por período hidrológico foram identificados os períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março).

Por fim, o ponto de captação a jusante da confluência do Córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte (TUR-79), apresenta a maioria de resultados acima do limite CONAMA 357 de 100 NTU, conforme apresentado na Figura 108. Esse é um ponto que recebe diretamente o sedimento proveniente do córrego Santarém e do trecho de montante do próprio rio Gualaxo do Norte afetado pelo evento e por isso apresenta resultados elevados de turbidez com casos que ultrapassam a ordem de grandeza de 10.000 NTU no período chuvoso imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão.

Todas as médias dos períodos hidrológicos monitorados estão acima do limite da CONAMA nº 357/2005. Entretanto, a Figura 108 demonstra uma tendência decrescente da ordem de grandeza da turbidez quando comparados os períodos hidrológicos (2016 e 2017),

visto que a média do período chuvoso do fim de 2017 é menor do que a média do período chuvoso do fim 2016/início de 2017, e a média do período seco de 2017 é menor do que a média do período seco de 2016, indicando que a situação no Trecho 7 está se amenizando ao longo do tempo.

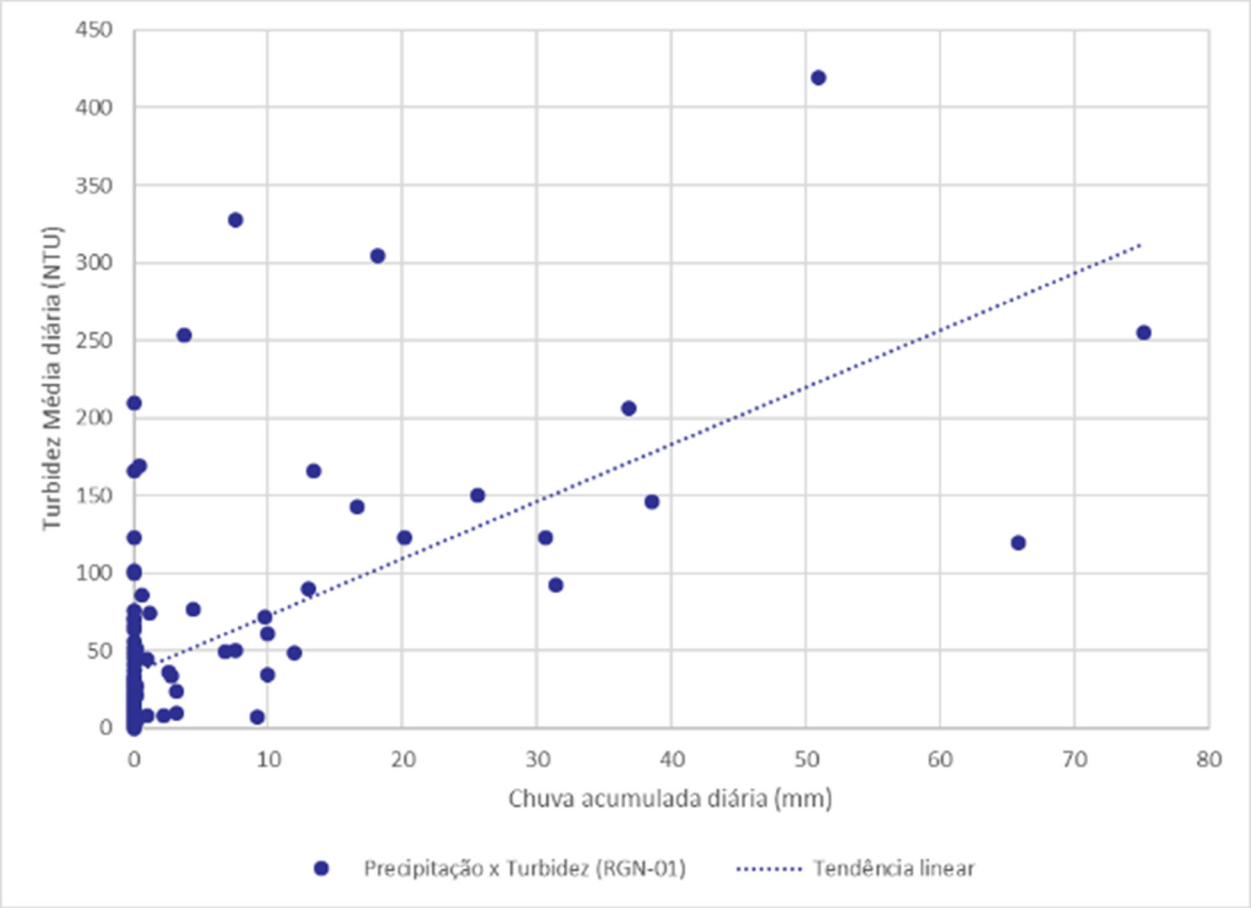
Figura 108 – Resultados de turbidez ao longo do tempo no ponto TUR-79



Nota: Na médias por período hidrológico foram identificados os períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março).

O ponto RGN-01 conta também com o monitoramento da pluviosidade, de maneira que foi gerada a Figura 109, que demonstra que apesar de altos índices de precipitação estarem relacionados com maiores valores de turbidez, existem ainda numerosos dados de alta turbidez relacionada a dias de baixa ou nenhuma pluviosidade.

Figura 109 – Turbidez em função da pluviosidade (RGN-01)



Dados os resultados apresentados acima, verifica-se que mesmo em pontos de referência em áreas não impactadas, o rio Gualaxo do Norte apresenta diversos resultados acima do estabelecido na CONAMA nº 357/2005, indicando ser uma condição relativamente comum no rio.

Os períodos chuvosos apresentam turbidez sempre mais elevada se comparados aos secos e, em geral, com média acima de 100 NTU. O ponto TUR-79, cujos resultados de turbidez são os mais elevados, apresenta quase 2 anos de monitoramento, sendo possível observar decréscimo da turbidez ao longo do tempo.

5.1.7.3 Aspectos biológicos

Para a caracterização da biodiversidade do Trecho 6 e 7, foram considerados os resultados parciais do Programa de Conservação da Biodiversidade, que contempla o monitoramento periódico da fauna aquática, terrestre e da vegetação, considerando fragmentos

florestais, áreas de revegetação e regeneração natural. Foram considerados também dados de estudos pretéritos ao evento, além das informações dos relatórios de resgates, manejo e reabilitação de fauna na área afetada.

A biodiversidade está sendo monitorada nos ambientes aquático e vegetação, compreendendo a fauna e flora. Nos ambientes aquáticos, há pontos de monitoramento de ictiofauna, carcinofauna, perifiton, plâncton, macroinvertebrados bentônicos, invertebrado aquáticos, análise física e química da água e sedimento, ensaios ecotoxicológicos e bioacumulação. Os resultados dessas análises são importantes para a análise no processo de tomada de decisão.

Especificamente para o levantamento da fauna foram considerados os pontos amostrais localizados do Trecho 6 ao 9, tendo em vista a similaridade das fisionomias da paisagem destes trechos em termos de uso do solo, fitofisionomia e aspecto do rio Gualaxo do Norte, e em decorrência da extensão das áreas de vida e mobilidade das espécies, que não se limitam aos perímetros de cada trecho analisado.

Foi utilizado também o EIA Integrado do Complexo Germano elaborado pela AMPLO (2017), que embora não tenha coletado informações em pontos ou estudos pretéritos em pontos dentro do Trecho 6 e 7, os pontos amostrais encontram-se próximos destes trechos, localizados no rio Gualaxo do Norte, ou no entorno e a montante dos referidos Trechos, de modo que a utilização destas informações lícitas para a caracterização regional da biota desta bacia e dos próprios trechos.

5.1.7.3.1 Cobertura Vegetal e Flora

A área de estudo, referente ao Trechos 6 e 7, está localizada em zona de transição dos domínios de Mata Atlântica e Cerrado, mas oficialmente estes trechos estão inseridos totalmente no Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2008), composto por diversas fitofisionomias, tais como campo limpo, campo cerrado, cerrado, floresta estacional semidecidual, campo rupestre sobre formação ferrífera e campo rupestre sobre formação quartzítica (AMPLO, 2017).

As áreas dos ecossistemas que foram fortemente afetadas pela erosão e deposição de rejeitos, devido ao rompimento da barragem do Fundão, estão mais concentradas nos trechos

iniciais, até a Barragem de Candonga. Antes do rompimento da barragem, o uso do solo destas áreas, consistiam em pastagens e remanescentes de vegetação.

Na área afetada pelo evento do rompimento da barragem nos Trechos 6 e 7, 66,5 hectares (ha) eram cobertos por fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual, o que representava 52,7% da área total destes trechos, de acordo com mapeamento de uso do solo prévio ao evento, fornecido pela Fundação Renova (COFFEY).

Após o evento, em decorrência das ações de revegetação e processos de regeneração natural nas áreas prioritárias dos Trechos 6 e 7[6], foi estimado um incremento de cobertura vegetal de 27,77 ha, registrado entre o período de maio/2016 à março/2017 (GOLDER, 2017), conforme dados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Incremento de vegetação nas Áreas Prioritárias 3 e 4 nos Trechos 6 e 7

ÁREA PRIORITÁRIA	ANTES DO EVENTO (COFFEY)*	COBERTURA VEGETAL (HA)		
		Maio/16	Maio/17	Incremento
Área 3	24	17,41	39,56	22,15
Área 4	42	7,99	13,61	5,62
			TOTAL	27,77

Fonte: GOLDER, 2017/ *Cálclode de área feito baseado na área impactada pelo evento

Importante ressaltar que em parte destas áreas não foram implementadas ações de revegetação, de modo que a regeneração natural foi o principal processo responsável pelo restabelecimento da vegetação na área, provavelmente devido à proximidade com fragmentos florestais do entorno (GOLDER, 2017).

Embora os resultados obtidos tenham sido positivos no que tange o aumento de cobertura vegetal em áreas que desprovidas de vegetação em decorrência dos impactos do evento, devem ser realizados análises mais aprofundadas destas áreas em regeneração do ponto de vista florístico e de padrões de estrutura da comunidade vegetal sobre o rejeito (GOLDER, 2017).

[6] Áreas Prioritárias definidas pela empresa GOLDER ASSOCIATES para implantação, que são os limites das áreas afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão.

A planície localizada na Área Prioritária 3 inserida no Trecho 6 se caracteriza por apresentar um mosaico vegetacional com diferentes espécies dominantes, colonizando os diversos gradientes topográficos da área e mostrando a diversidade do mix de sementes utilizado nas atividades de revegetação. Nestes trechos, após a execução das ações de recuperação, a cobertura vegetal apresenta de forma geral desenvolvimento vigoros, heterogêneo, adensada, em sua maior parte, de porte arbustivo (GOLDER, 2017).

De acordo com os resultados do Monitoramento das Intervenções nas Áreas Prioritárias, o total de biomassa seca medida nas parcelas amostrais (12) foi de 7,672 kg com média estimada em 6,39 ton/ha, sendo que as parcelas que obtiveram a maior biomassa foram aquelas onde predominou o feijão guandu em mais de 80% da cobertura vegetal, espécie de crescimento rápido e ciclo curto, utilizada como preenchimento em projetos de recuperação de áreas degradadas e nutrição do solo. Os restantes de cobertura das parcelas foram representados pelas espécies crotalária, estilosantes, calopogônio e sorgo (GOLDER, 2017).

Ainda, com relação às medidas de revegetação realizadas nas áreas prioritárias, foram realizadas análises do sistema radicular, profundidade e comprimento, da cobertura vegetal em desenvolvimento sobre as planícies de inundação afetadas pelo depósito de rejeito, tendo em vista que o desenvolvimento radicular tem papel fundamental na qualidade do solo e no sucesso das plantas. Os resultados mostraram que, de modo geral, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas avaliadas, podem ter sido prejudicadas pelo grau de compactação do solo/rejeito, em superfície e subsuperfície. As diferente espécies respondem de modo distindo a compactação, sendo que raízes o crescimento lateral maior que o vertical e maior produção de raízes finas em relação às de diâmetro maior. Embora estes resultados sejam incipientes, sugerem a importância da continuidade do seu monitoramento subsidiando o manejo das ações de revegetação e recuperação (GOLDER, 2017).

Os fragmentos remanescentes de vegetação nativa inseridos nos Trechos 6 e 7, apresentam aspectos estruturais e de composição florística similar à de outros trechos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) no estado de Minas Gerais. As famílias botânicas que apresentaram maior quantidade de espécies foram Fabaceae, Myrtaceae, Asteraceae, Poaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Annonaceae e Euphorbiaceae, Cyperaceae e Sapindaceae, famílias típicas em fragmentos nativos de FES (ECONSERVATION, 2007a).

Os resultados do Levantamento Fitossociológico realizado pela ECONSERVATION (2017a), nos pontos amostrais nos trechos 6 e 7, identificaram formações florestais com vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, caracterizados nas diferentes estruturas (arbórea, arbustiva e herbácea). Não foram amostrados fragmentos em estágio médio nestes trechos.

A vegetação em estágio inicial amostrada apresenta fitofisionomia de porte baixo (médias ente 4 e 8 m) com estratificação pouco evidenciada e predomínio de espécies pioneiras com baixa amplitude diamétrica. Predomina baixa ocorrência de epifitismo e fina e esparsa camada de serapilheirna, sendo que em alguns locais o solo é coberto por gramíneas exóticas oriundas de pastagens do entorno (ECONSERVATION, 2017a).

Nos remanestes amostrados, o estrato arbóreo em floresta em estágio inicial destaca-se pela frequência, densidade e dominância as espécies *Tapirira guianenses, Byrsonima crassifolia, Xylopia sericea* e *Eremanthus erythropappus.* Estas espécies pertencem ao grupo ecofisiológico das plantas pioneiras, corroborando com o estágio sucessional que se encontram os remanescentes estudados. Ainda, estão presentes em menor frequência, densidade e dominância espécies secundárias iniciais, tais como, *Amaioua guianensis, Faramea latifolia, Guatteria villosissima, Myrcia amazonica, Myrcia eriocalyx, Himatanthus lancifolius e Siparuna guianensis* (ECONSERVATION, 2017a).

No estrato arbustivo destacam-se as espécies *Siparuna guianensis*, seguida por *Eremanthus incanus, Xylopia sericea, Clidemia urceolata, Eremanthus erythropappus, Tapirira guianensis, Miconia albicans* e *Schinus terebinthifolius*. A maior parte das espécies amostradas no estrato arbustivo são plantas de porte arbóreo e constata-se que a riqueza e densidade desse estrato foi bem superior ao registrado na amostragem do componente arbóreo. Com isso pode-se concluir que apesar do estágio inicial de regeneração dos fragmentos analisados, os mesmos possuem potencial de regeneração, embora a maioria das espécies pertença ao grupo das pioneiras (ECONSERVATION, 2017a).

No estrato herbáceo dos fragmentos em estágio inicial destaca-se a presença pela frequência e cobertura das espécie de gramíneas exóticas, a braquiária (*Urochloa decumbens*) e o capim meloso (*Melinis minutiflora*), além da nativa *Ichnanthus pallens.*

As espécies *Cupania vernalis* e *Dalbergia nigra* estão dentre as plantas com maior densidade analisadas em três áreas de mata ciliar do rio Gualaxo do Norte em Mariana, conforme indicam Gonçalves et al. (2011, apud ECONSERVATION, 2017a).

Considerando os resultados do referido estudo fitossociólogico, os pontos amostrados nas adjacências da área afetada pelo rompimento da barragem, localizados em cotas mais elevadas que o nível máximo de inundação, a maioria não sofreu impacto direto do rejeito. Já naqueles que pontos que foram inundados pelo material, foram observados em vários trechos a ocorrência de sub-bosque e deposição de serapilheira, bem como o recobrimento do solo por herbáceas, indicando a ocorrência dos processos naturais da dinâmica florestal nesses locais (ECONSERVATION, 2017).

Nos locais onde ocorreu procedimentos de revegetação, os resultados das amostragens demonstraram a presença de um número maior de espécies com relação ao número de espécies plantadas, demonstrando a regeneração natural destas áreas. Destas, destacam-se *Sida glaziovii, S. linifolia* e *Solanum americanum*, plantas perenes e de maior porte (subarbusto), bastante rústicas, e indicadas como daninhas (LORENZI, 2008), embora, sua presença indique potencial de ocupação por espécies pioneiras (ECONSERVATION, 2017a).

As espécies utilizadas na revegetação, com destaque para *Calopogonium mucunoides, Crotalaria incana, Dichondra microcalyx, Urochloa decumbens* (braquiária), *Lolium multiflorum* e *Sorghum bicolor, s*ão plantas nativas e exóticas, que apresentam grande recobrimento do solo, algumas daninhas e com comportamento invasor.

Nos pontos amostrados nas áreas em que apresentam regeneração natural às margens dos cursos d´água da área afetada, indicaram uma riqueza de 18 espécies pertencentes seis famílias, com destaque para Poaceae e Cyperaceae, sendo a maioria das espécies nativas da flora brasileira.

Nos ambientes com regeneração natural observa-se um predomínio de táxons herbáceos, nativas e exóticas, e do total muitas são plantas daninhas, tais como as de maior ocorrência *Ipomoea cairica, Urochloa mutica, Setaria parviflora, Dichondra microcalyx* e *Cyperus luzulae* (LORENZI, 2008, apud ECONSERVATION, 2017), muito abundante em pastagens, terrenos baldios e beira de estradas ou áreas úmidas, e que podem causar impactos sobre os sistemas naturais e a diversidade biológica.

5.1.7.3.2 Conectividade de habitats

A cobertura vegetal nos trechos 6 e 7 é composta por fragmentos de vegetação nativa contíguos, interceptados por áreas antropizadas, como pastagens, áreas de cultivo agrícola, solo exposto e outros. As áreas afetadas extracalha pelo evento nestes trechos atingiram porções de vegetação nativa e pastagens nas APPs, porém as manchas mais significativas de vegetação nativa estão localizadas em cotas mais elevadas que o nível máximo de inundação, de modo que não sofreram impacto direto do rejeito, não ocasionando fragmentação significativa nestes trechos.

Vale ressaltar que os trechos 6 e 7 estão inseridos em Áreas Prioritárias para Conservação classificadas como de importância Extremamente Alta, de acordo com o mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira do Ministério do Meio Ambiente (2004).

Outro aspecto da paisagem que tange a conectividade de ambientes é com relação às lagoas marginais. Das oito lagoas marginais presentes no Trecho 6, sete foram soterradas pela deposição dos rejeitos, de modo que estes ambientes foram suprimidos da paisagem e, consequentemente, promovendo uma desconexão dos fluxos de águas, nutrientes e espécies entre os sistemas rio-lagoas destas lagoas especificamente.

Em condições normais, as lagoas marginais são áreas inundáveis pelos rios durante os períodos chuvosos e, após o período de cheias, essas áreas ficam isoladas. As lagoas marginais possuem abundância de alimentação, maior penetração de luz e menor concentração de predadores, funcionando como áreas de berçários para ictiofauna. Além disso, as lagoas marginais fornecem ambiente para dessedentação e forrageio de espécies da fauna terrestre.

A lagoa remanescente encontra-se conectada ao córrego Camargo por meio de um de seus tributários e, embora tenha sido atingida pelo rejeito, medidas de manejo para recuperação e regeneração deste ambiente deverão ser realizadas, visando o repovoamento da fauna e flora e fluxos de cadeias tróficas e energia na lagoa e sistemas associados (lacustre e terrestre

5.1.7.3.3 Ecossistema aquático

Para a caracterização da fauna aquática foram utilizados dados e resultados parciais do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do Rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION,

2017b), elaborado em atendimento às exigências do IBAMA e ICMBio. No que tange aos trechos 6 e 7, não estão contemplados pontos amostrais. Assim, serão considerados os resultados parciais coletados no ponto A01, tendo em vista a proximidade deste ponto aos referidos trechos em análise.

Do mesmo modo, como já mencionado, foi utilizado também o EIA Integrado do Complexo Germano elaborado pela AMPLO (2017), em que foram utilizadas informações de pontos e estudos levantados no EIA que são próximos dos trechos 6 e 7. Também foram utilizados dados do estudo acústico de peixes e habitat aquático do rio Doce e tributários – maio de 2017 (*Acoustic fish and aquatic habitat survey of the rio Doce and tributaries – may 2017*) realizado pelas empresas Hydrobiology (Austrália) e Econservation (Brasil),

5.1.7.3.3.1 Ictiofauna

Estudos realizados na sub-bacia no rio Gualaxo do Norte, inserida na bacia rio Doce, registraram uma dominância de espécies nas ordens Characiformes e Siluriformes, padrão característico para rios da América do Sul (LOWE-MCCONNELL, 1975), conforme dados obtidos do EIA (AMPLO, 2017), referente aos anos de 2008 a 2015, período anterior ao evento de rompimento da barragem. Perciformes foi a terceira ordem em representatividade de espécies, embora duas dessas sejam exóticas nas drenagens em avaliação.

De acordo com os dados do EIA (AMPLO, 2017), para o período levantado, predominam as espécies de pequeno a médio porte, que não representam maior interesse na pesca amadora. Entre as espécies nativas de maior porte estão presentes o bagre (*Rhamdia quelen*) e o cascudo (*Hypostomus affinis*) (AMPLO, 2017). O predomínio significativo de espécies de pequeno porte está relacionado com rede de drenagem de pequenas dimensões e localizados em áreas de gradiente altitudinal elevado.

Dentre estas, ocorre na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte uma espécie reconhecida como ameaçada de extinção, o *Brycon opalinus* (pirapitinga), espécie encontrada em ambientes lóticos e mais conservados. Ocorrem também duas espécies endêmicas a *Australoheros ipatinguensis* (cará) e *Neoplecostomus doceensis* (cascudinho). Espécies exóticas foram registradas nestas drenagens, tais como, *Coptodon rendalli, Oreochromis niloticus*, *Metynnis maculatus, Cyprinus carpio, Clarias gariepinnus, Colossoma macropomum* e *Poecilia reticulata* (AMPLO, 2017).

Peixes migradores obrigatórios (reprodução ou alimentação) estão presentes representados pelas espécies de maior porte, os já citados: *Leporinus copelandii* (piau-vermelho) e a *Brycon opalinus* (pirapitinga). Além destas, foram registradas espécies reofílicas (dependentes do ambiente lótico para completar o ciclo de vida), uma característica comum a peixes que vivem em riachos nas partes mais altas das drenagens, representantes da família Loricariidae (*Neoplecostomus doceensis* e *Pareiorhaphis scutula)*, Characidae (*Astyanax sp*) e a totalidade dos Trichomycteridae.

Estudos realizados após o evento do rompimento da barragem (Relatório de Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana da Fundação COPPETEC/RJ, 2016) demonstram diferenças na ictiofauna quando comparados com estudos pretéritos que englobaram amostragens de vários ciclos hidrológicos e áreas prioritárias para conservação, tais como a sub-bacia do rio Santo Antônio, cuja confluência no rio Doce está situada a cerca de 363 km de sua foz, junto à cidade de Naque, portanto, a mais de 450 km a jusante dos trechos 6 e 7.

Na mesma região foco do presente estudo, Santos et al. (2016) realizaram coletas entre os meses de março e abril de 2016 em diversos Pontos Amostrais ao longo do Rio Doce e seus afluentes. Seus resultados, indicaram que a bacia do rio Doce se encontra bastante impactada pelas atividades antrópicas do entorno e pela descaracterização ocorrida pelo rompimento da barragem.

Corroboram com estes estudos, os resultados da campanha de julho de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do Rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b), para o ponto amostral mais próximo dos Trechos 6 e 7, a jusante destes, foi registrado apenas uma espécie no período de maio a agosto de 2017, o *Astyanax bimaculatus*. Os resultados destas campanhas mostram que os pontos nos trechos mais afastados da barragem rompida apresentam maior riqueza de espécies de ictiofauna mantendo o padrão de riqueza de espécies com os registros em pontos em áreas não afetadas pelo rejeito.

O estudo acústico de peixes e habitat aquático do rio Doce e tributários (Hydrobiology e Econservation, 2017), apresentou uma pesquisa sobre a distribuição da biomassa de peixes e a condição do habitat aquático em pontos afetados do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce, e pontos de referência (não impactados) dos afluentes (rio Piranga, rio Piracicaba, rio

Santo Antônio e rio Gualaxo do Sul). Embora o estudo não apresente pontos amostrais inseridos especificamente nos Trechos 6 e 7, o estudo mostra que a densidade da biomassa de ictiofauna é menor em alguns pontos impactados do que nos pontos referência (não impactados pelo rejeito). Foi registrada a presença de estruturas organizadas de peixes relacionadas à reprodução (ninhos), indicando o retorno de processos de reprodução deste grupo em pontos amostrais nas áreas impactadas dos rios.

5.1.7.3.3.2 Comunidade bentônica

Estudos realizados na sub-bacias a montante dos Trechos 6 e 7, referente ao período de 2008 a 2012, resultaram numa listagem de invertebrados bentônicos predominantemente composta por insetos bentônicos, pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Thrichoptera, as quais formam o grupo EPT, bioindicadores de boa qualidade da água, indicando ambientes aquáticos bem oxigenados, com baixa ou nenhuma poluição orgânica e com vegetação ciliar bem desenvolvida, que promove a diversidade de recursos alimentares e a heterogeneidade de habitat (AMPLO, 2017).

Após o evento de rompimento da barragem, os resultados da campanha de maio, junho, julho e agosto de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b) para o ponto amostral mais próximo aos Trechos 6 e 7, a jusante destes, as amostragens registram predomínio de artrópodes bentônicos da ordem Diptera (56), além de outras espécies das ordens Odonata (5), Coleptera (4), Ephemeroptera (3), Thrichoptera (3), Heteroptera (2) e Megaloptera (1).

Em menor ocorrência também estão presentes espécies de moluscos bivalves (*Diplodon sp, Corbicula sp, Corbicula fluminea*) e gastrópodes (*Heleobia sp., Melanoides tuberculata, Biomphalaria sp., Potamalithus sp., Pomacea sp, Physa sp*) e de anelídeos (*Laeonereis culveri, Branchiura sowerbyi, Dero sp., Pristina sp*).

Como já mencionado, os macroinvertebrados bentônicos apresentam função de bioindicadores, sendo sensíveis às mudanças que se sucedem na estrutura das comunidades bentônicas que variam de organismos próprios de águas limpas a intolerantes a poluição. Os organismos bentônicos predominantes registrados nas amostragens citadas acima indicam águas com baixa qualidade ambiental.

A ordem Díptera agrupa moscas e mosquitos, sobretudo a família Chironomidae, mais predominante, e é representada por 40 espécies, muito resistentes à poluição. Os representantes da ordem Odonata habitam todos os tipos de ambientes de água doce, apresentando alta diversidade nos trópicos. São insetos predadores nas fases larval e adulta, sendo as larvas consideradas um dos principais predadores do ambiente aquático, onde elas podem estar associadas às plantas aquáticas ou ao fundo de corpos d'água, sendo importantes como bioindicadores de qualidade de água e águas represadas (FERREIRA-PERUQUETT & DE MARCO JR, 2002).

Além disso, com relação à riqueza de espécies da comunidade bentônica, é importante ressaltar que a modificação do habitat também pode alterar a densidade dos predadores de larvas e indivíduos adultos, como alguns peixes, e também o uso que eles fazem do ambiente que ocupam, consequentemente alterando as taxas de alimentação e desenvolvimento destas espécies. Dessa forma, estas modificações, alteram a riqueza em espécies de muitos predadores, o que pode ser fator determinante em alguns processos, como fluxo de energia, o que afetaria a estrutura das teias dos ecossistemas aquáticos.

5.1.7.3.3.3 Fitoplâncton

Estudos realizados na sub-bacias a montante dos Trechos 6 e 7, referente ao período de 2008 a 2012, identificaram 237 táxons de algas, pertencentes a 10 Classes: Zygnemaphyceae (89 táxons); Bacillariophyceae (73); Cyanophyceae (36); Chlorophyceae (23); Euglenophyceae (6); Dinophyceae (4); Chrysophyceae (3); Cryptophyceae (1); Oedogoniophyceae (1) e Rhodophyceae (1) (AMPLO, 2017).

As classes Zygnemaphyceae (desmídias) e Bacillariophyceae (diatomáceas) contribuíram com o maior número de espécies identificadas, grupos que contemplam a maior riqueza entre as algas de águas continentais no Brasil (MENEZES et al., 2015), o que naturalmente reflete o resultado encontrado na referida área (AMPLO, 2017).

De acordo com as informações do EIA (AMPLO, 2017), as classes registradas que predominam nas sub-bacias em questão, Zygnematophyceae habitam ambientes ácidos e oligotróficos (ESTEVES, 1998, apud AMPLO, 2017) e a maioria das espécies está limitada a baixas concentrações de cálcio e magnésio, e as diatomáceas (Bacillariophyceae), um dos grupos mais importantes de algas do fitoplâncton, devido à sua morfologia, a maioria das

espécies é séssil e associada a substratos litorais (perifíticas) (WETZEL, 2001, apud AMPLO, 2017).

Nos resultados das campanhas mensais de maio a agosto de 2017, foram levantados 24 táxons de fitoplânctons, referente ao ponto A01, ponto mais próximo dos trechos 6 e 7, pertencentes às classes: Bacillariophyceae (diatomáceas) (11), Zygnematophyceae (6), Cyanophyceae (clorofila a) (3), Rhodophyceae (pigmentos roxo e azuis) (1), Chlorophyceae (algas verdes) (1), Coscinodiscophyceae (10) e Trebouxiophyceae (1).

Embora estes resultados sejam extraídos apenas de um ponto, podendo refletir em um resultado subestimado da riqueza destes táxons nestes trechos, é possível notar que se mantem o predomínio de ocorrência de táxons das classes Bacillariophyceae e Zygnematophyceae, padrão comum em rios tropicais.

De acordo com o Estudo Acústico de Peixes e Habitat Aquático (HYDROBIOLOGY & ECONSERVATION, 2017) a zona fótica nos pontos amostrados nas áreas impactadas pelos depósitos de rejeito apresenta-se menor (0,5 – 1,8 m) do que nos pontos amostrados em áreas referência (não impactados) (0,25 – 2,00 m). Estes resultados mostraram que a turbidez da área impactada se apresenta um pouco maior que a turbidez causada por sólidos em suspensão naturais (áreas de referência).

A relação entre turbidez e profundidade fótica indica o limite de penetração de luz através da coluna de água, o que é um fator determinante para a capacidade do fitoplâncton, algas bentônicas e macrófitas para fotossintetizar e, portanto, adicionar produção primária ao rio e promover um retorno as funções ecológicas dos corpos d'água.

5.1.7.3.3.4 Zooplâncton

Em estudos realizados na sub-bacias a montante dos Trechos 6 e 7, referente ao período de 2008 a 2012, foram identificados 48 táxons zooplanctônicos, representantes de protozoários (23), rotíferos (21) e crustáceos (4). As análises da comunidade zooplanctônica indicaram o predomínio de rotíferos, seguidos de protozoários, conforme reportado para outros ambientes de águas doces tropicais (AMPLO, 2017).

Dentre os crustáceos presentes, os cladóceros foram predominantes, principalmente aqueles pertencentes à família Chydoridae. Foi identificado o gênero *Notodiaptomus*, que

possui espécies endêmicas do Brasil (IUCN, 2017). Não foram registradas espécies exóticas ou invasoras (AMPLO, 2017).

Nos resultados das campanhas mensais de maio a agosto de 2017, foram levantados 20 táxons de zooplânctons, referente ao ponto A01, ponto mais próximo a jusante dos trechos 6 e 7, representados por em sua maioria por táxons dos grupos protozoáriose rotíferos, entre outros grupso de táxons menos representativos.

Os zooplântons apresentam resposta rápida a alterações ambientais, funcionando com bioindicador para avaliação da qualidade da água. Estes organismos funcionam como condutores de fluxo energético entre os produtores primários e consumidores de níveis tróficos superiores, sendo importantes pela produtividade secundária e pelo transporte e regeneração de nutrientes, sendo fonte de alimentos para peixes e crustáceos.

5.1.7.3.3.5 Potencial ecotoxicológico

Para todos os trechos do rio Doce, área que não inclui os trechos 6 e 7, foi observado um incremento de toxicidade na avaliação na coluna d'água, utilizando a espécie *Ceriodaphnia dubia*, para os períodos imediatamente posteriores ao evento do rompimento da barragem. Foi observado um retorno ao patamar inicial (sem incremento de toxicidade) no terceiro mês após o evento, e um novo aumento após um mês, decorrente do aumento da pluviosidade e do aporte de novos rejeitos da barragem já rompida. Após este momento, observou-se a estabilização dos níveis de toxicidade (APLYSIA, 2017).

Foi observado que a toxicidade das amostras estava associada à presença de sólidos em suspensão, afetando esta espécie a longo prazo (ensaio crônico). Com relação à espacialização da magnitude dos efeitos, foi observada diferença significativa entre o alto e baixo curso do rio Doce, em que há uma diminuição gradativa da magnitude à medida em que vai se distanciando da origem do evento (Barragem do Fundão) (APLYSIA, 2017).

Testes também foram realizados para a espécies *Hyalella azteca*, mas não foi observada diferença dos níveis de toxicidade para os períodos de antes e depois do evento, apenas um variação nos índices de mortalidade, que foi maior no primeiro mês após o evento (APLYSIA, 2017). Isto pode ser explicado pelo fato de que os sedimentos naturais têm a capacidade de armazenar contaminantes, de modo que os níveis de toxicidade já poderiam se apresentar altos

antes do evento. Ainda, os sedimentos podem apresentar composições diferentes, implicando em uma resposta de ecotoxicidade diferente sobre os organismos.

Também não foi verificada correlação entre os resultados de ecotoxicologia com os parâmetros de qualidade de água (turbidez, sólidos em suspensão, ferro total e manganês). Isso pode estar relacionado à influência de outros fatores ambientais. Porém, foi observada tendência de decréscimo na magnitude crônica de ecotoxicidade que acompanha uma melhoria na qualidade da água nos pontos na direção montante-jusante após o evento.

Embora estes dados não sejam relativos especificamente aos trechos 6 e 7, é possível utilizar e extrapolar estes dados e comportamento da ecotoxicidade ao longo dos cursos d'água afetados pelo evento, considerando as semelhanças dos atributos ambientais, a fim de contribuir para a avaliação de impacto deste estudo.

5.1.7.3.3.6 Potencial ecotoxicológico

Para todos os trechos do rio Doce, área que não inclui os trechos 6 e 7, foi observado um incremento de toxicidade na avaliação na coluna d'água, utilizando a espécie *Ceriodaphnia dubia*, para os períodos imediatamente posteriores ao evento do rompimento da barragem. Foi observado um retorno ao patamar inicial (sem incremento de toxicidade) no terceiro mês após o evento, e um novo aumento após um mês, decorrente do aumento da pluviosidade e do aporte de novos rejeitos da barragem já rompida. Após este momento, observou-se a estabilização dos níveis de toxicidade (APLYSIA, 2017).

Foi observado que a toxicidade das amostras estava associada à presença de sólidos em suspensão, afetando esta espécie a longo prazo (ensaio crônico). Com relação à espacialização da magnitude dos efeitos, foi observada diferença significativa entre o alto e baixo curso do rio Doce, em que há uma diminuição gradativa da magnitude à medida em que vai se distanciando da origem do evento (Barragem do Fundão) (APLYSIA, 2017).

Testes também foram realizados para a espécies *Hyalella azteca*, mas não foi observada diferença dos níveis de toxicidade para os períodos de antes e depois do evento, apenas um variação nos índices de mortalidade, que foi maior no primeiro mês após o evento (APLYSIA, 2017). Isto pode ser explicado pelo fato de que os sedimentos naturais têm a capacidade de armazenar contaminantes, de modo que os níveis de toxicidade já poderiam se apresentar altos

antes do evento. Ainda, os sedimentos podem apresentar composições diferentes, implicando em uma resposta de ecotoxicidade diferente sobre os organismos.

Também não foi verificada correlação entre os resultados de ecotoxicologia com os parâmetros de qualidade de água (turbidez, sólidos em suspensão, ferro total e manganês). Isso pode estar relacionado à influência de outros fatores ambientais. Porém, foi observada tendência de decréscimo na magnitude crônica de ecotoxicidade que acompanha uma melhoria na qualidade da água nos pontos na direção montante-jusante após o evento.

Embora estes dados não sejam relativos especificamente aos trechos 6 e 7, é possível utilizar e extrapolar estes dados e comportamento da ecotoxicidade ao longo dos cursos d'água afetados pelo evento, considerando as semelhanças dos atributos ambientais, a fim de contribuir para a avaliação de impacto deste estudo.

5.1.8 Aspectos socioeconômicos

O levantamento de informações de aspectos socioeconômicos está sendo realizado no âmbito do PG 17 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias. Em linhas gerais, a EMATER foi contratada para realizar e entregar três produtos, o Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP, o Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistema (ISA) e o Plano Socioeconômico e Ambiental – PASEA.

O ZAP da sub-bacia do Gualaxo do Norte, que é um documento de caracterização da sub-bacia (unidades de paisagem, uso e ocupação do solo, etc.), já foi entregue e utilizado na presente caracterização dos Trechos 6 e 7. O ISA e o PASEA são referentes ao estabelecimento rural, e ainda estão em fase de finalização.

Com relação à atividade econômica da região, a modo geral é importante comentar que o estado de Minas Gerais, e principalmente os municípios localizados em áreas do Quadrilátero Férrico (região geológica de 7.000 km2, situada no centro-sudeste do estado de Minas Gerais), são conhecido pela sua tradição na atividade de extração mineral como ferro, manganês, pedras preciosas e eouro. A ocupação de Mariana teve seu início no século XVII, principalmente devido à atividade de exploração de pedras e minerais preciosos encontrados na época.

Já na região do rio Gualaxo de Norte, as atividades de extração de ouro são historicamente comuns na forma de garimpos. Desta maneira, diferentes técnicas, desde

rudimentares até modernas, são geralmente utilizadas, sendo possível a utilização de mercúrio para a amalgamação de ouro. O estudo realizado por Rhodes em 2010, revela que em função das análises realizadas, mesmo que a atividade garimpeira diminuiu na região do rio Gualaxo do Norte, as amostras de sedimento do rio ainda apresentam teores consideráveis de mercúrio e arsênio.

Além da atividade garimpeira, a partir do século XX a exploração do minério de ferro se torna um chamariz por empresas internacionais do segmento minerário, sendo esta a principal atividade econômica da região. As demais atividades econômicas da região perpassam por agricultura de subsistência, pecuária, silvicultura e turismo, dentre outras.

5.1.8.1 Proprietários

Na identificação das propriedades particulares existente ao longo do rio Gualaxo do Norte. Conforme esses registros, no Trecho 6 foi apresentada a informação de ocorrência de dois proprietários físicos: o Sr. G. M. da S. e o Sr. P. C. M., porém não foi identificada a delimitação destas propriedades.

Para o Trecho 7, identificou-se duas poligonais de proprietários jurídicos que se referem à Samarco e à Vale S.A. Ambos os polígonos abrangem uma pequena porção do Trecho 6 também, como pode ser observado na Figura 110.

5.1.8.2 Acessos

A Figura 111 apresenta o mapa de acessos dentro da área de abrangência dos Trechos 6 e 7. Nesta figura, pode ser observado que não existem acessos viários para o Trecho 7. Além disso, é importante ressaltar que a ponte que atravessa o rio Gualaxo do Norte conectado Bento Rodrigues com Camargos, foi destruída no evento e ainda não foi reconstruída.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

T-07

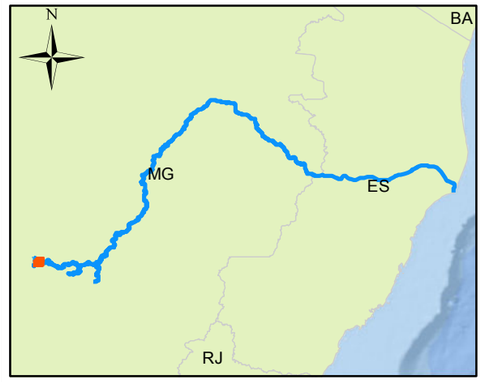
T-06

km-661 km-662 km-659 km-660 km-663 km-664 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667 km-668 km-669

Rio Gualaxo do Norte

Corrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7

Proprietários*

- Sr. M.T.S.P.
- Cr. A.C.F.
- VALE S.A.
- SAMARCO Mineração S.A.
- Sr. P.C.M.
- Sr. G.M.S.

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

*A delimitação das propriedades ainda esta em revisão segundo a Fundação Renova.

REFERÊNCIA:

Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistema, 2017.
Digital Globe, 2017; Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.
Propriedades, fornecido por Fundação Renova, 2017.

JACOBS ch2m:

TÍTULO:

Figura 110
Proprietários

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

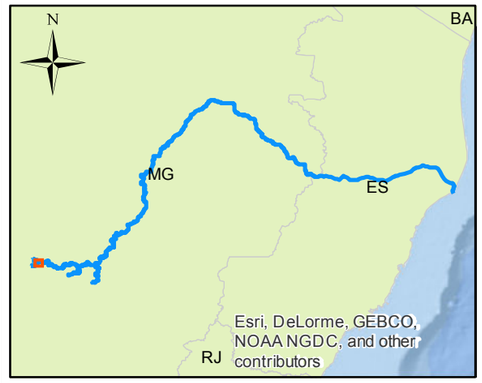
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 110 - Proprietários -Trechos 6 e 7



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Acesso
- Trechos 6 e 7

ESCALA GRÁFICA:

0 135 270 540 810 1.080 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento LIDAR, fornecido pelo Cliente, 2017;
Digital Globe, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 111
Mapa de Acessos

PROJETO:

Volume 2 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:22.000	30/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Mapa de Acessos (T6 e T7)

5.1.8.3 Uso e ocupação do solo

De acordo com o Zoneamento Ambiental Produtivo de 2017 da bacia do rio Gualaxo do Norte, os Trechos 6 e 7 apresentam o uso e ocupação distribuído em (Tabela 14):

Tabela 14 – Uso do Solo nos Trechos 6 e 7 (Área definida pelas ottobacias)

CLASSIFICAÇÃO	TRECHO 6 (HA)	TRECHO 7 (HA)
Pastagem	133	10
Silvicultura	2	-
Solo exposto	76	-
Vegetação	614	240
Afloramento rochoso	10	-
Comunidade rural	0,45	-
Área impactada*	0,25	35

Fonte: extraído de EMATER (2017).

Ressalta-se que a área impactada para o Trecho 6 apresentada na Tabela 14, refere-se à área identificada pelo levantamento do ZAP, que não coincide com a área delimitada conforme a Seção 4.1.1.

A Figura 112 apresenta o mapa de uso do solo dos Trechos 6 e 7.

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

T-07

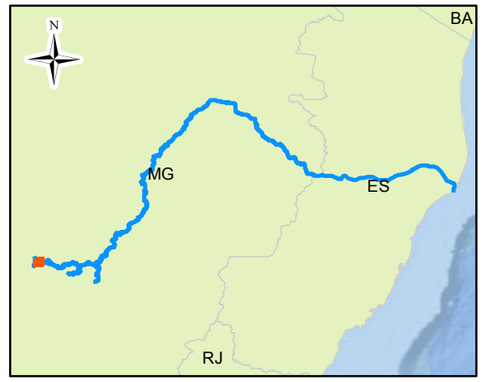
T-06

km-661 km-659 km-662 km-660 km-663 km-664 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667 km-669 km-668

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Área Impactada - Trecho 6 e 7
- Trechos 6 e 7

Uso do Solo (ZAP)

- Área Diretamente Impactada
- Afloramento Rochoso
- Solo Exposto
- Comunidade Rural
- Pastagem
- Silvicultura
- Vegetação

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S
A Área Diretamente Afetada não foi identificada no Trecho 06 pelo ZAP

REFERÊNCIA:

Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 112
Usos dos Solos

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 112 - Usos dos Solos (ZAP) - Trechos 6 e 7

Sobrepondo-se a área diretamente impactada pela deposição dos rejeitos sobre o levantamento de uso do solo realizado pelo ZAP, é possível classificar a área impactada de acordo com o uso do solo.

Dos 102 ha de área impactada (conforme delimitação descrita na seção 5.1.1) no trecho 6, 23% referem-se à pastagem, 1% refere-se à Silvicultura, 44% referem-se a solo exposto e 32% à vegetação. Para o trecho 7, dos 33 ha de área afetada, 9% referem-se à pastagem e 19% vegetação, em 72% da área impactada do trecho 7 não foi identificado o uso do solo pelo ZAP.

O referido zoneamento apresenta o mapeamento das áreas conservadas e antropizadas. Foram consideradas como área conservada as feições Vegetação Nativa e Afloramento Rochoso, e como antropizada as demais, com exceção de curso d'água. Para os Trechos 6 e 7 tem-se as seguintes áreas:

Tabela 15 – Áreas conservadas X antropizadas nos Trechos 6 e 7

ÁREAS	TRECHO 6 (HA)	TRECHO 7 (HA)
Área conservada	624	240
Área antropizada	212	45
TOTAL	835	286
Taxa de conservação (%)	75	84

Fonte: cálculos realizados com base nas informações fornecidas pelo ZAP da EMATER (2017).

5.1.8.4 Alteração de cota do terreno/drenagem

No processo de avanço da "onda de rejeitos" sobre os Trechos 6 e 7, dois processos ocorreram, quais sejam: (i) a remoção da cobertura vegetal e de camadas de solo presentes tanto nas planícies quanto nas encostas, como resultado da força erosiva da passagem da onda; e, na sequência, (ii) a deposição por decantação dos rejeitos mobilizados, enquanto as áreas afetadas permaneceram submersas resultando na formação de uma camada de rejeitos que se assentou sobre todas as áreas atingidas, com espessuras relativamente uniformes e diretamente proporcionais ao tempo de submersão.

Como resultado, observam-se espessuras de rejeitos, os quais, nas encostas mais altas, iniciam com poucos centímetros e aumentam até a sua base, na transição com as planícies aluvionares, quando as espessuras maiores podem alcançar mais de 1 metro, porém, em média, situam-se em torno de 0,8 metro.

Assim, o incremento de altitude dos terrenos afetados decorrente da formação dos depósitos de rejeitos pode ser objetivamente medido, porém, o desbaste da superfície original do terreno decorrente da erosão sofrida na primeira fase da passagem da onda de rejeitos não pode ser calculada, já que não há medições ou referências prévias confiáveis.

Consequentemente, não se pode avaliar com exatidão o resultado final da composição entre o desgaste resultante da erosão e o acréscimo resultante da formação dos depósitos de rejeitos.

Uma análise qualitativa sobre os perfis observáveis nas margens do rio Gualaxo do Norte onde se identifica claramente o contato entre a base do depósito de rejeitos e substrato natural, no entanto, permite uma conclusão qualitativa de que a espessura removida por erosão nas planícies aluvionares foi, de forma geral, inferior à espessura dos depósitos formados, isto é, nas planícies aluvionares aparentemente houve uma elevação geral da altitude dos terrenos.

O mesmo raciocínio se aplica aos setores das encostas onde não houve remoção dos solos e da vegetação.

Já nos setores das encostas onde houve a remoção de boa parte da camada de solo e, eventualmente, até a exposição das rochas, como o tempo de submersão foi menor, a deposição dos rejeitos foi menos intensa e, aparentemente, houve uma redução das cotas altimétricas nesses terrenos.

Do ponto de vista da suscetibilidade a eventos de inundação fluvial, e assumindo-se que houve uma elevação das cotas altimétricas nas planícies aluvionares – que não podem ultrapassar o limite da própria espessura máxima dos depósitos de rejeitos (portanto, a elevação média deve ser inferior a 1 metro) –, a conclusão óbvia é de que o resultado final é uma menor suscetibilidade desses terrenos às inundações fluviais.

5.1.8.5 Uso da água

O ZAP apresenta a análise de disponibilidade hídrica da referida bacia. Foram utilizados dados de usuários de água de cadastro de uso insignificante e outorga que ocorrem na bacia, disponibilizados pela SEMAD, no ano de 2015/2016. A análise apresentada no zoneamento também utilizou informações do "Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no Estado de Minas Gerais", realizado pela UFV & IGAM 2012.

Do mapeamento realizado, não foram identificados cadastros de uso insignificantes ou outorgas de uso na área dos Trechos 6 e 7.

5.1.9 Potencial de erosão das planícies e encostas por inundação

A modelagem hidráulica desta fase do projeto, apresentada no **Anexo IV**, foi realizada de maneira simplificada com o objetivo se analisar os níveis d'água das planícies aluvionares. O intuito da presente análise é entender a frequência ou período de retorno em que as planícies aluvionares são inundadas, sendo que quanto maior a frequência, maior será a probabilidade de erosão das planícies produto do extravasamento da calha. Como critério adotou-se que se as planícies aluvionares são inundadas com vazões com frequências médias ou de 50% ou quando o período de retorno é inferior a 2 anos, pode acontecer erosão por inundação.

Os resultados da modelagem desta fase do projeto foram baseados em informações de LiDAR, sem a realização de relevamentos topo-batimétricos, sendo o suficiente para fornecer subsídios para identificação da frequência e período de retorno de inundação das planícies aluvionares.

Com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia do rio Gualaxo do Norte, foram delimitadas as sub-bacias de drenagem, estabelecendo os pontos de aporte lateral no corpo receptor modelado. Com base nos dados históricos disponíveis na estação fluviométrica da ANA de Fazenda Ocidente, referente a dados hidrológicos dos últimos 35 anos, as vazões foram distribuídas a montante da estação proporcionalmente à área de cada sub-bacia de contribuição.

Para avaliar o nível d'água sobre as áreas impactadas dos Trechos 6 e 7, foram simuladas 6 frequências ou períodos de retorno de vazões diferentes, resultantes do processamento de dados da estação fluviométrica da ANA de Fazenda Ocidente (o processamento de dados encontra-se detalhado no **Anexo IV**). A Tabela 16 apresenta as vazões simuladas para esta análise.

Tabela 16 – Vazões com diferentes frequências e períodos de retorno simulados no modelo hidráulico do rio Gualaxo do Norte para definição de ações do Plano de Manejo

VAZÃO	DESCRIÇÃO	VALOR A MONTANTE DO TRECHO 6 [M³/S]	VALOR A JUSANTE DO TRECHO 6 [M³/S]	VALOR MEDIDO NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA OCIDENTE [M³/S]
$Q_{50\%}$	Vazão com frequência diária 50%	1,7	3,3	9,54
$Q_{méd}$	Vazão média diária (1980-2015)	2,4	4,6	13,19
Q_{TR02}	Vazão com período de retorno de 2 anos	23,9	45,5	130,65
Q_{TR05}	Vazão com período de retorno de 5 anos	42,5	81,0	232,64
Q_{TR10}	Vazão com período de retorno de 5 anos	54,9	104,5	232,64
Q_{TR25}	Vazão com período de retorno de 25 anos	70,5	134,1	385,48

Com as simulações realizadas no Modelo Hidráulico apresentado no **Anexo IV**, foram obtidas diferentes manchas de inundação sobre o terreno. A partir do geoprocessamento dos resultados obtidos, foram geradas curvas de contorno da altura máxima atingida pelo nível d'água.

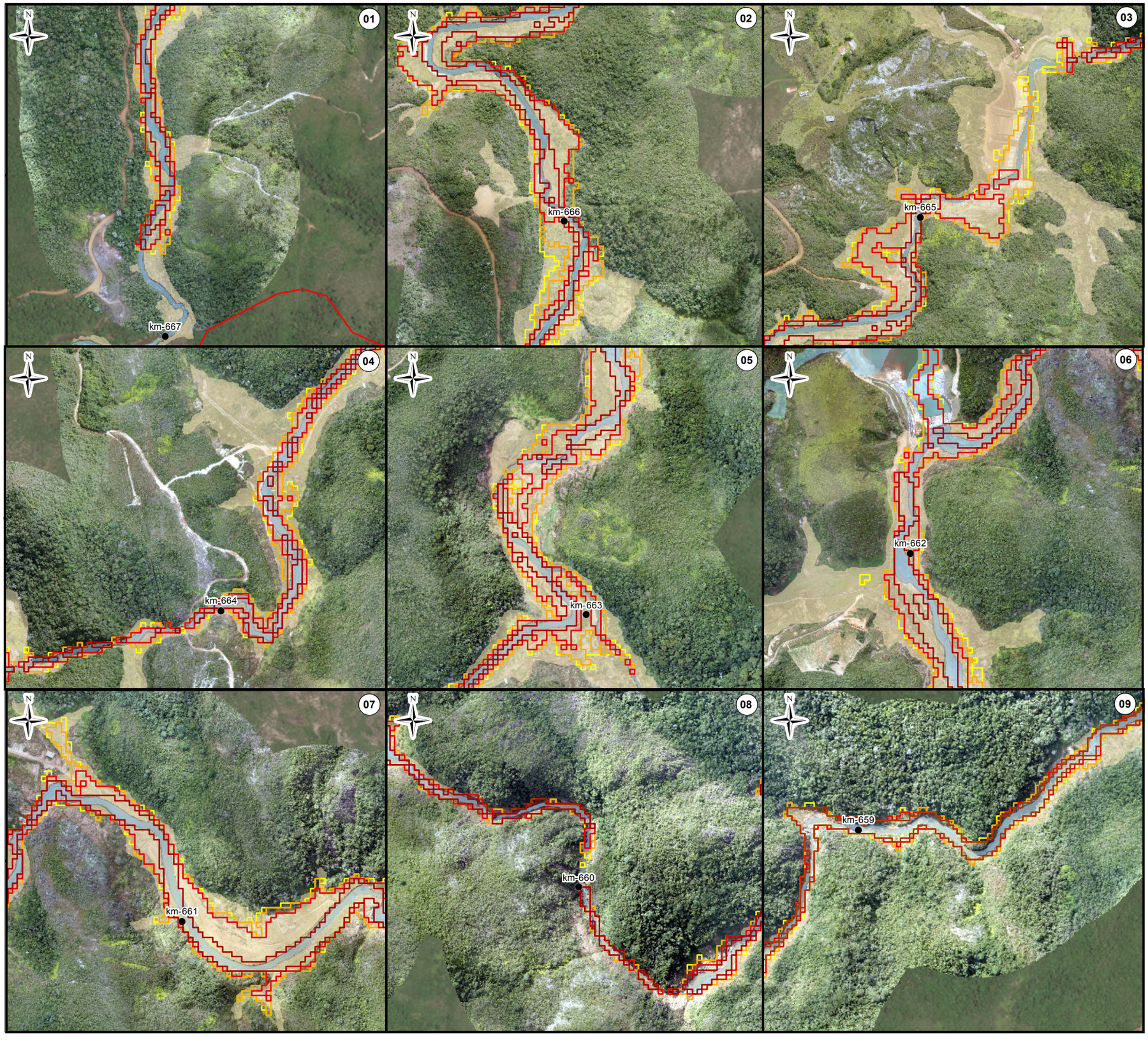
O nível d'água atingido nas planícies aluvionares foi avaliado para as vazões listadas a seguir:

- Q 50: Vazão com frequência diária de 50 % de ocorrência ao longo do ano
- QTR2: Vazão com período de retorno de 2 anos
- QTR10: Vazão com período de retorno de 10 anos
- QTR25: Vazão com período de retorno de 25 anos

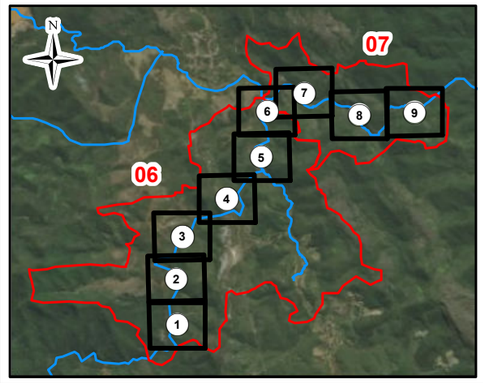
As curvas de contorno da altura máxima atingida pelo nível d'água para as diferentes vazões encontram-se apresentadas na Figura 113. Nessa figura, pode-se observar que para as vazões de alta frequência como Q 50, a curva de inundação atinge apenas a calha do rio, extrapolando a mesma na planície em pontos isolados onde acontecem os bancos. Para vazões com período de retorno de 2 anos, o alagamento atinge algumas planícies aluvionares, assim

como para períodos de retorno de 10 anos, em que a curva continua atingindo apenas planícies e a mesma é semelhante a de 25 anos.

Desta maneira, devido à baixa frequência de inundação das planícies aluvionares espera-se um processo deposicional nas mesmas durante os eventos de cheias, sendo que a erosão em encostas e planícies acontecerá apenas por escoamento superficial.



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos
- Planície
- Calha

Curvas de Contorno de Nível d'água

- Nível d'água - Q50
- Nível d'água - TR02
- Nível d'água - TR10
- Nível d'água - TR25

ESCALA GRÁFICA:

0 50 100 200 300 400 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

Digital Globe, 2017.
Imageamento por Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia
do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 113
Curva de contorno do nível d'água
gerada pela simulação das vazões
Q50, QTR2, QTR10 e QTR25

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:9.000	25/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 113 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 - Trechos 6 e 7

5.1.10 Identificação das áreas de disposição dentro da área de abrangência

Foram selecionadas duas Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito (ADMEs), ADME 1 e ADME 3, que são de propriedade da Samarco e localizadas, aproximadamente, a 5 Km (raio) da Barragem do Fundão, conforme apresenta o Mapa de Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito (ADMEs) na Figura 115.

As ADMEs têm volume estimado entre 100.000 e 200.000 m³ cada. Elas encontram-se cobertas por gramíneas e o acesso é por estrada não-pavimentada, como pode ser visualizado nas fotos da Figura 114.

Figura 114 – Vista das ADMEs (Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito)



Vista para a ADME 1



Vista para o acesso à ADME 1



Vista para a ADME 3



Vista para o acesso à ADME 3

663000 664000 665000 666000 667000 668000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

N

T-07

T-06

ADME 01

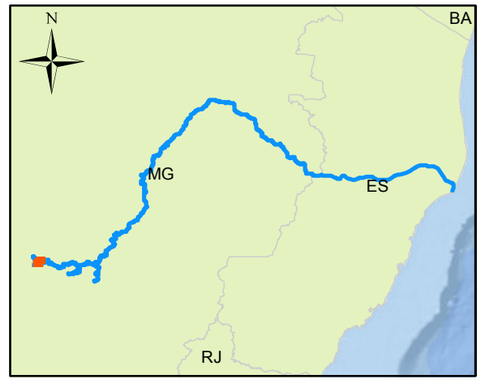
ADME 03

km-661 km-659 km-662 km-660 km-663 km-664 km-2 km-665 km-3 km-666 km-667 km-669 km-668

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camargo

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Trechos 6 e 7
- Área de Projeto de Depósito de Rejeito (projeto H3M)

ESCALA GRÁFICA:

0 130 260 520 780 1.040 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017;
Projeto #317 - 18/01/2018;
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 115
Áreas de Disposição de Rejeito

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:21.000	25/01/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 115 - Áreas de Disposição de Rejeito - Trechos 6 e 7

5.2 Caracterização ambiental dos depósitos de rejeito

5.2.1 Identificação dos tipos de depósitos

Os depósitos de rejeito foram divididos em extracalha e intracalha, classificados de acordo com o contexto em que foram identificados. As definições técnicas apresentadas no Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 estão sumarizadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Tipos de depósito de rejeitos classificados por contexto

TIPO DE DEPÓSITO	CONTEXTO
Depósito Extracalha	Depósitos sobre rochas ou solos parcialmente decapados, em encostas declivosas
	Depósitos sobre planícies ou terraços aluvionares e baixas vertentes suavizadas
	Depósitos sobre lagoas marginais, depósitos finos sobre cavas e depressões antrópicas
Depósito Intracalha	Depósitos indiscriminados de calha
	Depósitos em bancos arenosos
	Depósitos arenosos sobre leitos rochosos
	Depósitos de assoreamento do reservatório de candonga
	Depósitos finos sobre bancos arenosos
	Depósitos finos sobre leitos rochosos

Para fins deste PMR, foi adotada a definição de “rejeito” como a mistura de rejeitos (fração estéril produzida pelo beneficiamento de minério) proveniente da Barragem de Fundão, que durante o trajeto do curso d´água incorporou sedimentos presentes nas calhas e planícies aluvionares e solos das planícies aluvionares e encostas.

A classificação dos tipos de depósito de rejeitos está ligada ao comportamento do fluxo de rejeito, quando submetido aos diversos fatores relacionados aos mecanismos de transporte, ao longo dos cursos d’água afetados. Esses mecanismos de transporte são detalhados na Seção 5.3 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 onde foram identificados os diferentes tipos de depósitos.

i. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas

ii. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas

iii. Depósitos Indiscriminados de Calha

iv. Depósitos em Bancos Arenosos

v. Depósitos Arenosos sobre Leito Rochoso

vi. Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga:

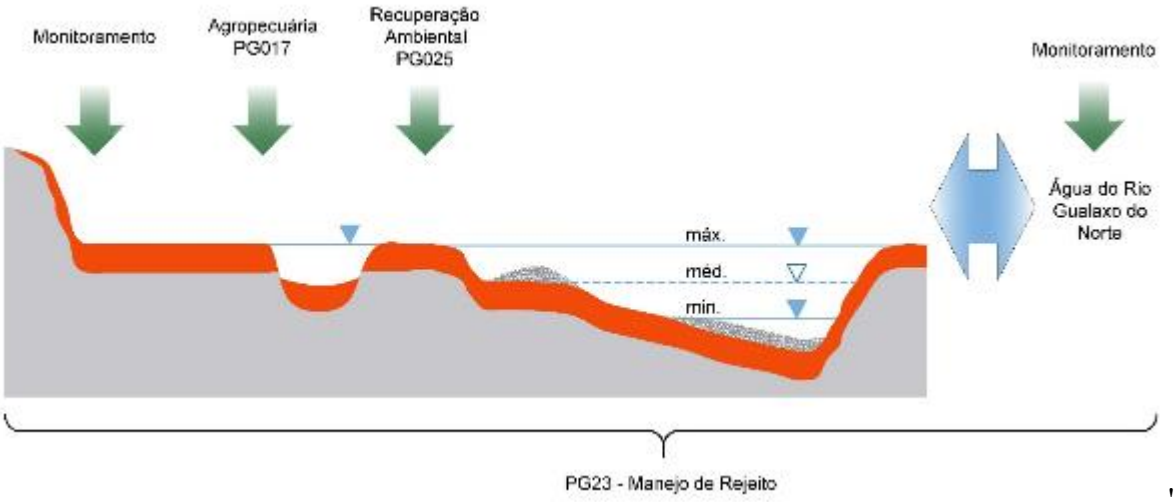
vii. Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos

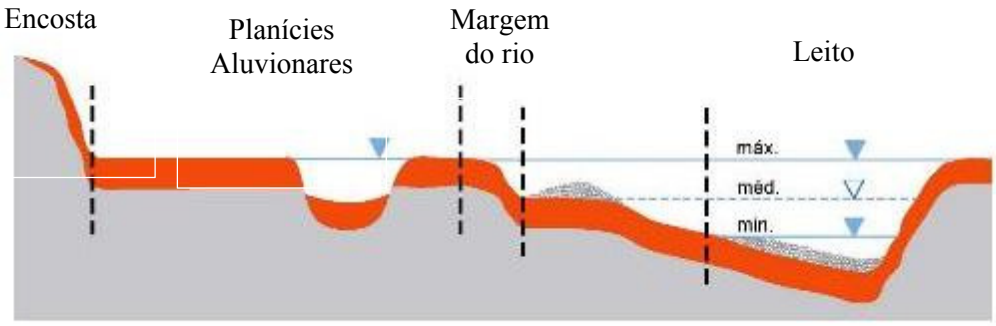
viii. Depósitos Finos sobre Leitos Rochosos

No caso específico dos depósitos em lagoas marginais, sejam de origem natural ou antrópica (garimpo ilegal, viveiro de peixes, etc), os mesmos foram considerados dentro do tipo **ii** e conforme apresentado na Tabela 17, os mesmos serão abordados de forma específica. As lagoas, sofreram um processo de deposição que variou dependendo da localização de cada uma. As mais impactadas foram totalmente soterradas, onde a depressão do leito funcionou como um bolsão para o deposito de rejeitos. Outras tiveram depósitos menores, com a intrusão da água com rejeito, acumulando material carreado pela água com sólidos em suspensão.

A interface do Manejo de Rejeito com os outros Programas socioambientais e a relação com o tipo de depósito pode ser esquematicamente identificada na Figura 116:

Figura 116 – Programas socioambientais que possuem interface com o PG 23 – Manejo de Rejeito - e abrangência conforme os tipos de depósito





A aplicação do PMR nos Trechos 6 e 7 abrangerá todos os tipos de depósitos de rejeito identificados na área impactada:

- Depósitos extracalha (encostas, planícies aluvionares e margens), cuja remobilização natural se dá por processos de erosão pluvial;
- Depósitos intracalha (na calha dos rios), cuja movimentação é comandada pela dinâmica fluvial; e
- Depósitos em lagoas marginais.

5.2.2 Estudos prévios: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos

Esta seção aborda as análises de solo e sedimentos coletados no estudo do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos elaboradora pela Golder Associates em 2017. Foram selecionados os pontos de amostragem que estão inseridos nos Trechos 6 e 7 deste PMR.

Na Figura 103 da Seção 5.1.7 foram apresentados os pontos selecionados do referido estudo.

5.2.2.1 Solo

A Tabela 18 apresenta os resultados das amostras de solo do estudo geoquímico selecionadas para análise.

Tabela 18 – Resultados das análises de solo do estudo geoquímico

ID	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO	CÁLCIO	CHUMBO
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Valor de Referência de Qualidade - D.N. COPAM 166/2011	-	0,5	8	93	-	11,5	<0,4	-	19,5
Valor de Prevenção CONAMA 420/2009	-	2	15	150	-	-	1,3	-	72
Valor de Investigação Agrícola CONAMA 420/2009	-	5	35	300	-	-	3	-	180
Valor de Investigação Residencial CONAMA 420/2009	-	10	55	500	-	-	8	-	300
Valor de Investigação Industrial CONAMA 420/2009	-	25	150	750	-	-	20	-	900
T34	4.220,00	<1	**8,31**	25,40	<3	< 4,50	<1	286,00	9,00
T36A	1.692,00	<1	**9,04**	27,10	<3	< 4,66	<1	131,00	<8
S53	14.685,00	<1	1,99	<3	<3	< 4,84	<1	220,00	<8
T165	3.774,00	<1	**12,8**	22,80	<3	< 4,32	<1	339,00	<8
S02	24.153,00	**2,98**	**21,5**	7,68	<3	< 5,08	<1	119,00	18,00
S04	25.581,00	**2,34**	**40,3**	**336**	<3	NA	<1	120,00	**37,6**

(Continuação Tabela 18)

ID	COBALTO	COBRE	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉSIO	MANGANÊS
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Valor de Referência de Qualidade - D.N. COPAM 166/2011	6	49	75	-	-	-	-	-	-
Valor de Prevenção CONAMA 420/2009	25	60	75	-	-	-	-	-	-

ID	COBALTO	COBRE	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉSIO	MANGANÊS
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Valor de Investigação AgrícolaCONAMA 420/2009	**35**	**200**	**150**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Valor de Investigação Residencial CONAMA 420/2009	**65**	**400**	**300**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Valor de Investigação Industrial CONAMA 420/2009	**90**	**600**	**400**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
T34	<8	5,56	16,90	54,90	134.080,00	162,40	< 11,3	98,40	434,00
T36A	<8	5,76	8,93	28,70	64.128,00	25,80	< 11,6	70,50	380,00
S53	<8	13,20	43,50	27,60	30.313,00	31,50	< 12,1	880,00	262,00
T165	<8	6,47	19,30	30,50	83.028,00	149,30	< 10,8	123,00	676,00
S02	<8	38,10	57,80	123,30	190.195,00	174,50	< 12,7	217,00	186,00
S04	**15**	30,10	57,80	NA	209.790,00	NA	NA	155,00	6.651,00

(Continuação Tabela 18)

ID	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Valor de Referência de Qualidade - D.N. COPAM 166/2011	**0,05**	**<0,9**	**21,5**	**-**	**-**	**0,45**	**0,5**	**-**	**-**
Valor de Prevenção CONAMA 420/2009	**0,5**	**30**	**30**	**-**	**-**	**2**	**5**	**-**	**-**
Valor de Investigação – Agrícola CONAMA 420/2009	**12**	**50**	**70**	**-**	**-**	**25**	**-**	**-**	**-**
Valor de Investigação Residencial CONAMA 420/2009	**36**	**100**	**100**	**-**	**-**	**50**	**-**	**-**	**-**
Valor de Investigação Industrial CONAMA 420/2009	**70**	**120**	**130**	**-**	**-**	**100**	**-**	**-**	**-**
T34	< 0,113	<3	3,88	21,00	206,00	<1	<1	<20	<20

ID	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
T36A	< 0,116	<3	4,27	48,00	71,40	<1	<1	73,40	<20
S53	< 0,121	<3	13,20	261,40	837,00	<1	<1	109,00	<20
T165	< 0,108	<3	5,38	60,00	227,00	<1	<1	80,60	<20
S02	< 0,381	<3	9,97	427,30	386,00	<1	<1	108,00	<20
S04		<3	**21,5**		119,00	<1	<1	48,90	<20

(Continuação Tabela 18)

ID	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Valor de Referência de Qualidade - D.N. COPAM 166/2011	-	-	**129**	**46,5**
Valor de Prevenção – CONAMA 420/2009	-	-	-	**300**
Valor de Investigação – Agrícola – CONAMA 420/2009	-	-	-	**450**
Valor de Investigação – Residencial – CONAMA 420/2009	-	-	-	**1.000**
Valor de Investigação – Industrial – CONAMA 420/2009	-	-	**1.000**	**2.000**
T34	99,40	< 5,63	13,90	15,90
T36A	68,50	< 5,82	<8	9,92
S53	430,00	< 6,05	35,90	14,00
T165	73,60	< 5,41	10,90	13,90
S02	749,00	< 6,35	79,10	**152**
S04	308,00	-	61,70	**69,8**

Fonte: Golder, 2017

Legenda:

	Valor acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 166 - Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais
	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Prevenção
	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação - Agrícola
	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação – Residencial
	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação - Industrial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais
XX	Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais
-	Não há valor orientador definido ou parâmetro não avaliado

De acordo com o relatório do estudo geoquímico, no Trecho 6 constam 06 pontos de monitoramento de solo (dois de solo natural de encosta: **S02** e **S04**, e quatro da planície de inundação afetada: **T34**, **T36A**, **S53** e **T165**), dos quais foram coletadas e analisadas amostras de solo para os parâmetros do grupo de metais. Já no Trecho 7 não constam pontos de monitoramento do solo. É cabível mencionar que o que está sendo mencionado nesta análise como "afetado" diz respeito a materiais cujos conteúdos são misturas de rejeito, solo e sedimento natural, conforme descrito no relatório da Golder.

Dentre os resultados obtidos, as maiores concentrações em todos os pontos são de Alumínio, Ferro e Manganês, para os quais não são estabelecidos valores de referência, justamente porque são elementos de ocorrência natural nos solos tropicais.

Destaca-se, entretanto, a amostra de solo natural **S04**, retirada de uma encosta na porção mais a montante do Trecho 6, cujas concentrações de Arsênio e Bário ultrapassaram o Valor de Intervenção (VI) agrícola da CONAMA nº 420/2009 e COPAM nº 166/2011, bem como Antimônio ultrapassou o Valor de Proteção (VP) dessas Resoluções.

Na amostra **S04**, Chumbo, Cobalto, Níquel e Zinco também foram detectados acima do o Valor de Referência de Qualidade (VRQ) da COPAM nº 166/2011. As amostras **T34, T36A**, **T165** e **T35**, retiradas de planícies de inundação afetadas do Trecho 6, apresentaram também concentrações de Arsênio acima do VRQ da COPAM 166. A amostra de solo natural **S02** apresentou resultados e Antimônio e Arsênio acima dos limites da COPAM nº 166/2011 e VP da CONAMA nº 420/2009, além de Zinco acima do valor orientador da COPAM nº 166/2011.

Há ainda casos de análises de metais cujo limite de quantificação laboratorial é superior aos valores de referência e os resultados estão abaixo desse limite, como Cádmio em todas as amostras supracitadas, em que não foi possível definir se o valor de referência foi ultrapassado. Isso acontece também para Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Prata e Selênio nas amostras S02, T34, T36A e T165, Antimônio nas amostras S53 T34, T36A e T165 e Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio na amostra S04.

5.2.2.2 Sedimentos

A Tabela 19 apresenta os resultados das amostras de sedimento do estudo geoquímico selecionadas para análise.

Tabela 19 – Resultados das análises de sedimento do estudo geoquímico

ID	UNIDADE	ÁGUA DOCE - NÍVEL 1	ÁGUA DOCE - NÍVEL 2	T164	T150
Alumínio	mg/kg	-	-	2850	5495
Antimônio	mg/kg	-	-	2,07	3,8
Arsênio	mg/kg	**5,9**	**17**	**35,9**	**17,1**
Bário	mg/kg	-	-	322	52,4
Berílio	mg/kg	-	-	<3	<3
Boro	mg/kg	-	-	< 4.73	< 4.68
Cádmio	mg/kg	**0,6**	**3,5**	<1	<1
Cálcio	mg/kg	-	-	247	52,9
Chumbo	mg/kg	**35**	**91,3**	<8	12,9
Cobalto	mg/kg	-	-	<8	17,9
Cobre	mg/kg	**35,7**	**197**	14	17,4
Cromo	mg/kg	**37,3**	**90**	13,9	23,8
Enxofre	mg/kg	-	-	44,4	33,8
Ferro	mg/kg	-	-	58989	133793
Fósforo	mg/kg	**2000**	**2000**	75,2	100,5
Lítio	mg/kg	-	-	< 11.8	< 11.7
Magnésio	mg/kg	-	-	181	138
Manganês	mg/kg	-	-	4676	832
Mercúrio	mg/kg	**0,17**	**0,486**	< 0.118	< 0.117
Molibdênio	mg/kg	-	-	<3	<3
Níquel	mg/kg	**18**	**35,9**	10,3	15
Nitrogênio	mg/kg	-	-	52,2	84,7
Potássio	mg/kg	-	-	97,9	201
Prata	mg/kg	-	-	<1	1,62
Selênio	mg/kg	-	-	<1	<1
Sódio	mg/kg	-	-	41,9	<20
Tálio	mg/kg	-	-	<20	<20
Titânio	mg/kg	-	-	71,2	119
Urânio	mg/kg	-	-	< 5.91	< 5.85
Vanádio	mg/kg	-	-	<8	22,9
Zinco	mg/kg	**123**	**315**	11	33,8

Fonte: Golder, 2017

Legenda:

	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 1
	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 2
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais

No Trecho 6 constam dois pontos de monitoramento de sedimentos de calha (**T164** e **T150**), nos quais foram coletadas e analisadas amostras para os parâmetros do grupo de metais. Já no Trecho 7 não constam pontos de monitoramento do sedimento. Deve-se destacar que as amostras de sedimentos de calha se referem a trechos afetados pelo evento e, assim, podem conter misturas de rejeito, solo e sedimentos naturais, conforme descrito no relatório da Golder.

Os resultados de sedimentos são comparados com a CONAMA nº 454/2012 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, de forma que disponibiliza valores de referência Nível 1, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota, e Nível 2, limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Dentre os resultados obtidos, as maiores concentrações em todos os pontos são de Alumínio, Ferro e Manganês, assim como verificado nas amostras de solo analisada para estes trechos. Para esses três parâmetros não são estabelecidos valores de referência. Para os parâmetros que a CONAMA nº 454/2012 estabelece valores de referência Nível 1 e Nível 2, o Arsênio foi o único metal que foi detectado acima do Nível 2 nas amostras retiradas da calha afetada **T164** e **T150**, no Trecho 6. O resultado de Cádmio nas duas amostras não foi quantificável e o limite de quantificação é superior aos valores de referência.

5.2.3 Metodologias estabelecidas para coleta de dados de campo

5.2.3.1 Definição dos pontos de sondagem / amostragem

Para se ter um melhor entendimento das características dos trechos e identificar os pontos de coleta de dados, assim como logística, dificuldades para a realização de amostragem, acesso, áreas com maior ou menor interesse, foi realizada uma visita de reconhecimento expedita antes do início das atividades de campo. Adicionalmente, adotou-se como ferramenta para a seleção dos pontos de amostragem, a avaliação de fotos aéreas disponibilizadas pelo Google Earth.

Portanto, foram definidos os seguintes critérios para a seleção dos pontos de amostragem:

- Geomorfologia dos trechos do rio que favorecem a deposição de sedimentos intracalha e/ou extracalha;
- Distribuição espacial dos pontos nos segmentos do rio,

- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem (segurança individual e patrimonial – proprietários);
- Presença de banco de sedimentação (na margem ou ilhas) em fotos aéreas;
- Presença de estruturas antrópicas que poderiam aumentar a sedimentação na calha do rio (ex. hidrelétricas, barragens etc).

Ao todo foram selecionados 8 locais para a realização dos transectos no Trecho 6 e 4 locais no Trecho 7, aproximadamente 1 transecto por quilômetro do rio, distribuídos de maneira que representassem as diversas características dos trechos, oferecendo maior representatividade dos dados coletados. Fez parte ainda desta campanha de atividades de campo, a realização de 1 transecto no trecho 8 (T8T1), visando diminuir os espaços entre as localidades dos transectos e minimizando desvios nos cálculos das estimativas de volume de rejeito deposito (dados utilizados como extremidade de uma das Unidades de Análise no cálculo de volume do rejeito). Contudo, devido à ausência de acesso pela equipe de amostragem na maior parte do Trecho 7, não foi possível a realização de outros 2 transectos que estavam previstos. A Tabela 20 apresenta a localização, características e pontos com coleta de amostras, dos transectos realizados dos Trechos 6 e 7.

Tabela 20 – Transectos selecionados para os Trechos 6 e 7

IDENTIFICAÇÃO DO TRANSECTO	LOCALIZAÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	COLETA DE AMOSTRAS (GRANULOMETRIA, QUÍMICA E FERTILIDADE)
T6T1	Rio Gualaxo do Norte	Coleta de dados da área não impactada - branco	Sim
T6T2	Rio Gualaxo do Norte	Início da área impactada do rio Gualaxo do Norte, onde havia uma lagoa marginal	Não
T6T3	Rio Gualaxo do Norte	Área impactada, extensa planície aluvionar	Não
T6T4	Rio Gualaxo do Norte	Início da área impactada do rio Gualaxo do Norte, onde havia uma lagoa próximo da margem	Sim
T6T5	Rio Gualaxo do Norte	Meandro do Gualaxo do Norte antes da confluência com o córrego dos Camargos	Não
T6T6	Córrego dos Camargos	Início da área impactada no córrego dos Camargos,	Não

IDENTIFICAÇÃO DO TRANSECTO	LOCALIZAÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	COLETA DE AMOSTRAS (GRANULOMETRIA, QUÍMICA E FERTILIDADE)
		extensa planície aluvionar impactada	
T6T7	Córrego dos Camargos	Área impactada, com a presença de uma lagoa marginal impactada	Sim
T6T8	Rio Gualaxo do Norte	Área após a confluência do rio Gualaxo do Norte e córrego dos Camargos	Sim
T7T1	Rio Gualaxo do Norte	Área após a confluência do rio Gualaxo do Norte e córrego Santarém, após a Barragem de S4	Sim
T7T2	Rio Gualaxo do Norte	Área a aproximadamente 500 metros da antiga captação de água da Samarco	Sim
T8T1	Rio Gualaxo do Norte	Área limite ao trecho 7	Sim

A Figura 117 apresentam a localização dos transectos para avaliação da espessura do rejeito depositado nos Trechos 6 e 7 e as lagoas identificadas, conforme apresentado na Seção 5.1.6, presentes nesses Trechos.

663000 664000 665000 666000 667000 668000 669000

7762000 7761000 7760000 7759000 7758000 7757000

N

T-07

T-06

Fim T07 - UA2

Início T07 - UA2

Fim T07 - UA2

Fim T06 - UA2 - Início T07 - UA1

T7-T1 T7-T2 T7-T3 T7-T4

km-658 km-657 km-656 km-655 km-661 km-662 km-659 km-660

T6-T8

T6 Lagoa6

km-663

Início T06 - UA2

Fim T06 - UA3

T6-T5

km-664

km-2

T6-T7

T6 Lagoa7

Fim T06 - UA1

T6-T4 km-665

T6 Lagoa3

T6 Lagoa2

T6-T6

T6 Lagoa8

km-666

km-3

T6-T3

Rio Gualaxo do Norte

Córrego Camarg

Início T06 - UA3

Início T06 - UA1

T6 Lagoa1

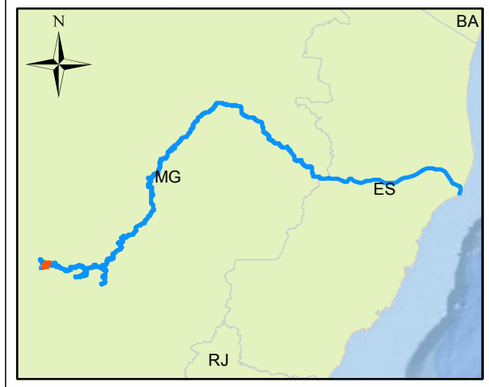
km-667

km-669

T6-T1

km-668

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada - Trechos 6 e 7

Transectos

- Transecto realizado com Amostragem para Análise
- Transecto realizado para identificação da estratigrafia
- Transecto Inacessível - Não realizado

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 125 250 500 750 1.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 117
Localização dos Transectos e Unidades de Análise (UA) nos Trechos 6 e 7

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:25.000	30/01/2018	mbuzzel1	EL	AG	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 117 - Localização dos Transectos e Unidades de Análise - Trechos 6 e 7

5.2.3.2 Atividades de campo

As atividades de campo, realizadas entre os dias 25 de outubro e 8 de novembro de 2017 seguiram a metodologia de utilização de pontos de coleta (sondagens) em transectos transversais ao rio para se obter as características do rejeito e as características de depósito de rejeito em diferentes contextos. A utilização destes transectos permitiu que se avaliassem as duas laterais do rio (extracalha), assim como a calha (intracalha), visando reduzir a variabilidade espacial, muitas vezes encontrada em pontos próximos um do outro, ou de uma margem a outra. No **Anexo VIII** encontra-se apresentado o relatório fotográfico de campo.

As sondagens extracalha foram locadas próximas às margens do rio, nas planícies aluvionares e nas encostas dos morros, próximo ao limite da área impactada. Foram executadas mais de uma sondagem na planície aluvial, nas áreas de planície extensa, respeitando-se um segmento não maior que 50 metros entre um ponto e outro.

Em todos os transectos também foram realizadas sondagens intracalha para avaliação do material, verificação da existência de *lag layer* (rejeito lavado) e medição das camadas de rejeito na calha do rio. Na média, foram realizadas 9 sondagens em cada transecto, 3 na lateral esquerda, 3 na lateral direita e 3 na calha, com algumas variações a depender da regra supracitada (máximo de 50 metros entre pontos) e das condições encontradas em campo, como segurança de acessos e nível do rio, densidade da vegetação, estabilidade do piso, etc.

Uma das vantagens da utilização dos transectos como coleta de dados foi a possibilidade de se comparar os resultados, entre os diferentes pontos, para o cálculo da estimativa de volume de rejeito em cada um dos trechos avaliados.

As sondagens foram executadas pela equipe da empresa ServSolo Sondagens com supervisão integral da JACOBS CH2M. As figuras apresentadas na seção anterior (Figura 117) mostram as localizações das sondagens de reconhecimento realizadas nesta etapa do trabalho.

Os dados, tais como pontos de amostragem, método de amostragem, localização, data e hora, condições do tempo, equipamentos utilizados, amostras coletadas, descrições das sondagens, características da área, fotos, coordenadas geográficas, entre outros, foram documentados nas fichas de sondagem e caderneta de campo, **Anexo V**.

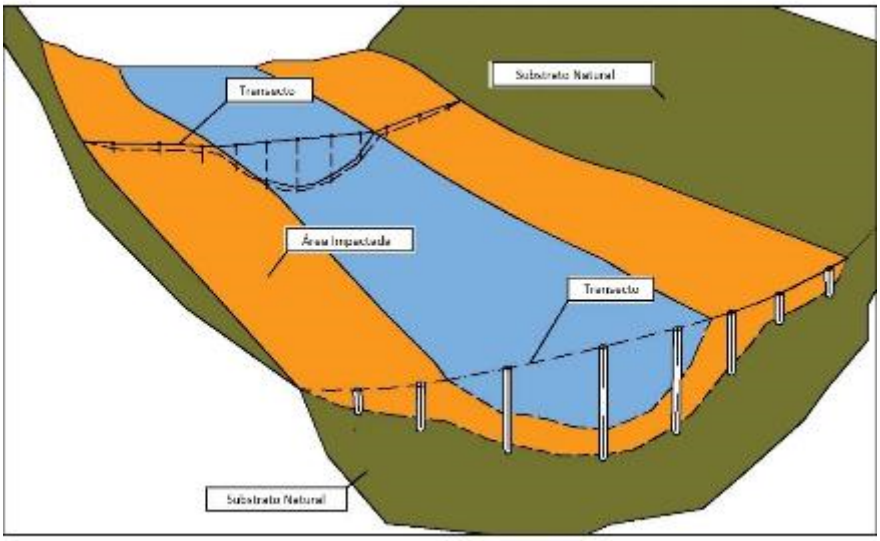
As sondagens realizadas tiveram profundidades distintas, sendo realizadas até que se encontrasse o solo ou sedimento natural, que permitisse a delimitação da espessura da camada de rejeito. O rejeito possui uma característica própria, sendo formado por porções de areia fina, silte e pouca argila, com uma coloração marrom avermelhada característica e que contrasta das cores dominantes no substrato natural.

O substrato natural extracalha variou bastante em sua composição, dependo do local da sondagem (argila arenosa marrom escura ou cinza, areia grossa a fina cinza, silte arenoso amarelado, argila marrom clara etc, alguma destas com presença de matéria orgânica – raízes, galhos e folhas em decomposição). Já o substrato natural intracalha, na grande maioria das sondagens, era formado por uma camada de seixos e cascalho de quartzo, areia grossa a fina, de coloração escura ou bege ou alteração de rocha.

Uma vez encontrado o substrato natural, a profundidade de contato entre as duas camadas foi medida com trena ou por correlação da profundidade alcançada pelo amostrador tendo como base o nível do solo, sendo este registrado nas fichas de sondagem.

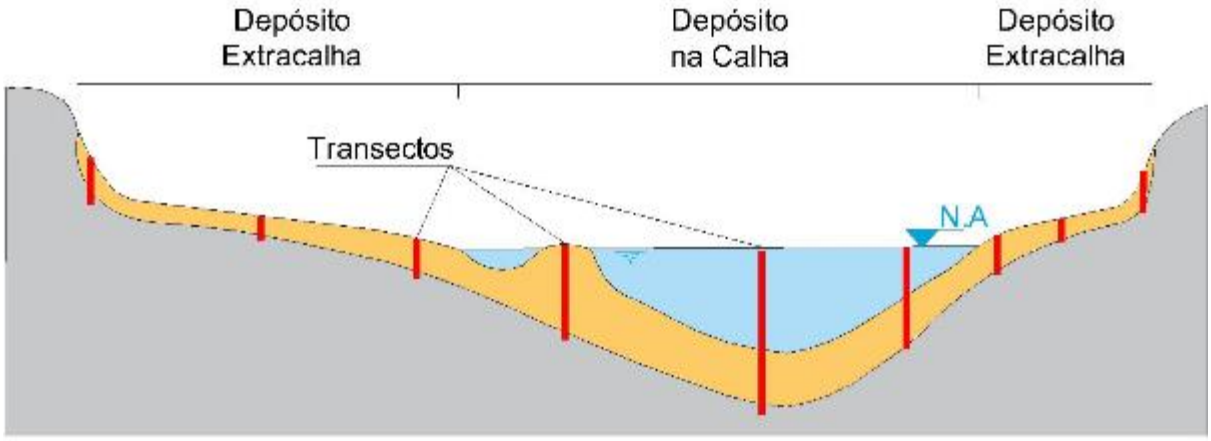
A Figura 118 e a Figura 119 ilustram a distribuição das sondagens como transectos transversais ao rio para coleta de dados e amostras, bem como os tipos de depósitos de rejeito encontrados em campo.

Figura 118 – Ilustração dos Pontos de Amostragem por Meio dos Transectos



Fonte: JACOBS CH2M, 2017

Figura 119 – Seção Transversal dos Pontos de Sondagem nos Transectos



Fonte: JACOBS CH2M, 2017

No total, foram realizados 10 transectos para os trechos alvos deste relatório, sendo distribuídos em 8 transectos para o Trecho 6 e 2 transectos para o Trecho 7. Fez parte ainda desta campanha de atividades de campo, a realização de 1 transecto no Trecho 8 (T8T1), visando diminuir os espaços entre as localidades dos transectos e minimizando desvios nos cálculos das estimativas de

volume de rejeito depósito (dados utilizados como extremidade de uma das Unidades de Análise no cálculo de volume do rejeito).

A Tabela 21 indica a relação de transectos e as respectivas sondagens nos Trechos 6 e 7.

Tabela 21 – Relação de transectos e as respectivas sondagens nos Trechos 6 e 7

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DA SONDAGEM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			DATA DA SONDAGEM
			Fuso	Leste	Norte	
T6T1	T6T1-01	Encosta Esquerda	23 K	663.643	7.757.188	26/10/17
	T6T1-02	Encosta Esquerda	23 K	663.810	7.757.181	26/10/17
	T6T1-03	Planicie Esquerda	23 K	663.793	7.757.185	26/10/17
	T6T1-04	Margem Esquerda	23 K	663.744	7.757.150	26/10/17
	T6T1-05	Calha	23 K	663.749	7.757.149	26/10/17
	T6T1-06	Calha	23 K	663.726	7.757.160	26/10/17
	T6T1-07	Calha	23 K	663.723	7.757.165	26/10/17
	T6T1-08	Margem Direita	23 K	663.715	7.757.150	26/10/17
	T6T1-09	Planicie Direita	23 K	663.683	7.757.131	26/10/17
	T6T1-10	Encosta Direita	23 K	663.697	7.757.120	26/10/17
	T6T1-11	Encosta Direita	23 K	663.685	7.757.068	26/10/17
T6T2	T6T2-01	Encosta Esquerda	23 K	664.706	7.757.409	01/11/17
	T6T2-02	Planície Esquerda	23 K	664.705	7.757.413	01/11/17
	T6T2-03	Planície Esquerda	23 K	664.721	7.757.410	01/11/17
	T6T2-04	Calha	23 K	664.728	7.757.405	01/11/17
	T6T2-05	Calha	23 K	664.736	7.757.402	01/11/17
	T6T2-06	Calha	23 K	664.727	7.757.440	01/11/17
	T6T2-07	Calha	23 K	664.742	7.757.302	01/11/17
	T6T2-08	Margem Direita	23 K	664.742	7.757.373	01/11/17
	T6T2-09	Planície Direita	23 K	664.757	7.757.368	01/11/17
	T6T2-10	Planície Direita	23 K	664.776	7.757.362	01/11/17
	T6T2-11	Encosta Direita	23 K	664.779	7.757.341	01/11/17
T6T3	T6T3-01	Encosta Esquerda	23 K	664.711	7.758.156	25/10/17
	T6T3-02	Planície Esquerda	23 K	664.742	7.758.162	25/10/17
	T6T3-03	Margem Esquerda	23 K	664.766	7.758.125	25/10/17
	T6T3-04	Calha	23 K	664.730	7.758.064	25/10/17
	T6T3-05	Calha	23 K	664.732	7.758.058	25/10/17
	T6T3-06	Calha	23 K	664.729	7.758.049	25/10/17
	T6T3-07	Margem Direita	23 K	664.727	7.758.045	25/10/17
	T6T3-08	Planície Direita	23 K	664.732	7.758.030	25/10/17
	T6T3-09	Encosta Direita	23 K	664.793	7.758.031	25/10/17
T6T4	T6T4-01	Encosta Esquerda	23 K	664.643	7.758.840	30/10/17
	T6T4-02	Planície Esquerda	23 K	664.689	7.758.815	30/10/17
	T6T4-03	Planície Esquerda	23 K	664.720	7.758.835	30/10/17
	T6T4-04	Margem Esquerda	23 K	664.760	7.758.831	30/10/17

	T6T4-05	Calha	23 K	664.758	7.758.788	30/10/17
	T6T4-06	Calha	23 K	664.764	7.758.809	30/10/17
	T6T4-07	Margem Direita	23 K	664.770	7.758.813	30/10/17
	T6T4-08	Planície Direita	23 K	664.781	7.758.806	30/10/17
	T6T4-09	Planície Direita	23 K	664.783	7.758.801	30/10/17
	T6T4-10	Encosta Direita	23 K	664.802	7.758.814	30/10/17
	T6T5-01	Encosta Esquerda	23 K	665.661	7.759.430	27/10/17
	T6T5-02	Planície Esquerda	23 K	665.663	7.759.439	27/10/17
	T6T5-03	Margem Esquerda	23 K	665.676	7.759.444	27/10/17
	T6T5-04	Calha	23 K	669.681	7.759.441	27/10/17
T6T5	T6T5-05	Calha	23 K	665.688	7.759.443	27/10/17
	T6T5-06	Calha	23 K	665.698	7.759.448	27/10/17
	T6T5-07	Margem Direita	23 K	665.703	7.759.434	27/10/17
	T6T5-08	Planície Direita	23 K	665.724	7.759.439	27/10/17
	T6T5-09 (não acessado)					
	T6T6-01	Encosta Esquerda	23 K	666.428	7.758.539	02/11/17
	T6T6-02	Planície Esquerda	23 K	666.483	7.758.531	02/11/17
	T6T6-03	Planície Esquerda	23 K	666.512	7.758.535	02/11/17
	T6T6-04	Margem Esquerda	23 K	666.546	7.758.936	02/11/17
	T6T6-05	Calha	23 K	666.555	7.758.535	02/11/17
T6T6	T6T6-06	Calha	23 K	666.557	7.758.527	02/11/17
	T6T6-07	Calha	23 K	666.561	7.758.524	02/11/17
	T6T6-08	Margem Direita	23 K	666.568	7.758.522	02/11/17
	T6T6-09	Planície Direita	23 K	666.585	7.758.494	02/11/17
	T6T6-10	Planície Direita	23 K	666.578	7.758.485	02/11/17
	T6T6-11	Encosta Direita	23 K	666.581	7.758.461	02/11/17
	T6T7-01	Encosta Esquerda	23 K	666.212	7.759.037	08/11/17
	T6T7-02	Planície Esquerda	23 K	666.338	7.759.028	08/11/17
	T6T7-03	Planície Esquerda	23 K	666.262	7.759.031	08/11/17
	T6T7-06	Planície Esquerda	23 K	666.289	7.759.038	08/11/17
	T6T7-07	Planície Esquerda	23 K	666.305	7.759.041	08/11/17
T6T7	T6T7-08	Margem Esquerda	23 K	666.329	7.759.037	08/11/17
	T6T7-09	Calha	23 K	666.338	7.759.045	08/11/17
	T6T7-10	Calha	23 K	666.342	7.759.039	08/11/17
	T6T7-11	Calha	23 K	666.345	7.759.029	08/11/17
	T6T7-12	Margem Direita	23 K	666.357	7.759.029	08/11/17
	T6T7-13	Planície Direita	23 K	666.365	7.759.034	08/11/17
	T6T7-14	Encosta Direita	23 K	666.374	7.759.048	08/11/17
	T6T8-01	Encosta Esquerda	23 K	665.830	7.760.328	06/11/18
	T6T8-02	Planície Esquerda	23 K	665.830	7.760.308	06/11/18
	T6T8-03	Planície Esquerda	23 K	665.974	7.760.301	06/11/18
T6T8	T6T8-04	Planície Esquerda	23 K	665.901	7.760.301	06/11/18
	T6T8-05	Margem Esquerda	23 K	665.955	7.760.309	06/11/18
	T6T8-06	Calha	23 K	665.974	7.760.301	06/11/18
	T6T8-07	Calha	23 K	665.975	7.760.295	06/11/18

	T6T8-08	Calha	23 K	665.982	7.760.291	06/11/18
	T6T8-09	Margem Direita	23 K	665.993	7.760.286	06/11/18
	T6T8-10	Planície Direita	23 K	666.008	7.760.272	06/11/18
	T6T8-11	Planície Direita				06/11/18
	T6T8-12	Encosta Direita	23 K	666.034	7.760.231	06/11/18
T7T1	T7T1-01	Encosta Esquerda	23 K	666.076	7.761.006	31/10/17
	T7T1-02	Planície Esquerda	23 K	666.095	7.760.982	31/10/17
	T7T1-03	Planície Esquerda	23 K	666.095	7.760.968	31/10/17
	T7T1-04	Margem Esquerda	23 K	666.121	7.760.975	31/10/17
	T7T1-05	Calha	23 K	666.097	7.760.957	31/10/17
	T7T1-ICE	Calha	23 K	666.132	7.760.971	31/10/17
	T7T1-07	Calha	23 K	666.152	7.760.987	31/10/17
	T7T1-08	Margem Direita	23 K	666.167	7.760.978	31/10/17
	T7T1-09	Encosta Direita	23 K	666.180	7.760.954	31/10/17
	T7T1-10	Encosta Direita	23 K	666.180	7.760.926	31/10/17
T7T2	T7T2-01	Encosta Esquerda	23 K	666.693	7.760.966	07/11/18
	T7T2-02	Planície Esquerda	23 K	666.726	7.760.943	07/11/18
	T7T2-03	Planície Esquerda	23 K	666.739	7.760.911	07/11/18
	T7T2-04	Margem Esquerda	23 K	666.747	7.760.884	07/11/18
	T7T2-05	Calha	23 K	666.748	7.760.875	07/11/18
	T7T2-06	Calha	23 K	666.749	7.760.872	07/11/18
	T7T2-07	Calha	23 K	666.750	7.760.866	07/11/18
	T7T2-08	Margem Direita	23 K	666.759	7.760.865	07/11/18
	T7T2-09	Planície Direita	23 K	666.770	7.760.853	07/11/18
	T7T2-10	Encosta Direita	23 K	666.774	7.760.838	07/11/18
T8T1	T8T1-01	Encosta Esquerda	23 K	669.440	7.761.029	06/12/18
	T8T1-02	Planície Esquerda	23 K	669.445	7.760.963	06/12/18
	T8T1-03	Margem Esquerda	23 K	669.457	7.760.946	06/12/18
	T8T1-04	Calha	23 K	669.422	7.760.921	06/12/18
	T8T1-05	Calha	23 K	669.430	7.760.923	06/12/18
	T8T1-06	Calha	23 K	669.436	7.760.919	06/12/18
	T8T1-07	Margem Direita	23 K	669.467	7.760.927	06/12/18
	T8T1-08	Planície Direita	23 K	669.467	7.760.926	06/12/18
	T8T1-09	Encosta Direita	23 K	669.467	7.760.905	06/12/18

Em transectos selecionados, foram coletadas amostras para análises laboratoriais avaliando cada uma das camadas. Para o depósito intracalha foram avaliadas a granulometria e as concentrações de metais. Para o depósito extracalha, foram realizadas as mesmas avaliações com a adição das análises que ofereceram dados sobre a fertilidade do solo (macro nutrientes, pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, e indeformada). As amostras de fertilidade foram coletadas nos

primeiros 20 cm, contados da superfície, após remoção de qualquer vegetação, material orgânico e/ou serapilheira acumulada na superfície.

Desta maneira, para cada transecto, na seção intracalha, foram coletadas 3 amostras simples para granulometria e 3 amostras compostas para concentrações de metais, sendo uma amostra para cada parâmetro para cada camada (rejeito lavado, rejeito inconsolidado e substrato natural) e na seção extracalha, 2 amostras simples para granulometria e 2 amostras compostas para concentrações de metais para a seção extracalha (rejeito e substrato natural) e 1 amostra composta para análise de fertilidade (apenas camada superficial da planície, onde realmente pode haver culturas). A metodologia de amostragem está detalhada na Seção 5.2.3.3.

A Tabela 22, ilustra a quantidade e camadas que foram coletadas as amostras em cada um dos transectos selecionados.

Tabela 22 – Quantidade e Camadas de Coleta das Amostras para cada Transecto Selecionado nas Encosta, Planície, Margem e Calha – Trechos 6 e 7

ANÁLISE EM LABORATÓRIO	INTRACALHA				EXTRACALHA			
	Número Total de Amostras	Número de Amostra por Camada	Camada a ser Coletada a Amostra	Tipo de Amostra	Número Total de Amostras	Número de Amostra por Camada	Camada a ser Coletada a Amostra	Tipo de Amostra
Granulometria	3	1	Rejeito Lavado	Simples	2	1	Rejeito	Simples
		1	Rejeito Inconsolidado	Simples		1	Substrato Natural	Simples
		1	Substrato Natural	Simples				
Metais	3	1	Rejeito Lavado	Composta	2	1	Rejeito	Composta
		1	Rejeito Inconsolidado	Composta		1	Substrato Natural	Composta
		1	Substrato Natural	Composta				
Fertilidade do Solo*	-	-	-	-	1	1	Rejeito da Planície de Inundação Mais Larga	Simples

*Análise para Macronutrientes, pH, Matéria Orgânica, Capacidade de Troca de Cátions, Indeformada (densidade, granulometria, porosidade, umidade)

5.2.3.3 Sondagem Manual / Amostragem

As atividades de sondagem manual foram baseadas na metodologia estabelecida na norma técnica ABNT – NBR 15492:2007 Sondagem de Reconhecimento para Fins de Qualidade Ambiental – Procedimento.

Para as sondagens realizadas extracalha adotou-se o uso de cavadeira e trado manual tipo Caneco acoplado em hastes, sendo introduzido na superfície de interesse e rotacionado manualmente até que se alcançasse a estratigrafia ou profundidade desejada. O equipamento é então içado manualmente do local de sondagem e amostras deformadas dos substratos (solo ou rejeito) são recuperadas com colheres devidamente higienizadas e descontaminadas (bem como o equipamento de perfuração) ou diretamente com as mãos pelos técnicos, munidos de luvas nitrílicas, evitando contaminações. Em locais onde a perfuração rotacionada não apresentou eficiência, adotou-se a cravação manual por percussão de amostradores metálicos bipartidos ou amostradores metálicos de peça única para recuperação de amostras indeformadas (testemunho), ou como alternativa para romper camadas estratigráficas com maior grau de compactação e dureza ou cujas paredes cedem ao perder a coesão das porções de substrato removidas.

Para as sondagens intracalha, o uso de cavadeira e trado tipo Caneco não é eficiente e, portanto, utilizou-se o método de cravação manual de amostradores bipartidos (ou de peça única) ou *liners* (tubos transparentes em PVC, com diâmetro externo de 44 mm [*macro core*] e comprimento de 1158 mm, com tampas removíveis nas extremidades em cores vermelha e preta, com o intuito de diferenciar topo e base do testemunho para análise das camadas estratigráficas). Vale ressaltar que as diferentes camadas geológicas oferecem resistências e coesões distintas, e em campo, os técnicos de campo da JACOBS CH2M e equipes de sondagem, variaram o equipamento amostragem de acordo com o cenário encontrado.

As sondagens intracalha e extracalha prosseguiram até que se identificasse o substrato natural sobre o qual se assentam os depósitos de rejeitos e até que quantidades deste material fossem suficientes para coleta das amostras. A recuperação de amostras do substrato natural não foi realizada em sondagens onde se atingiu afloramentos rochosos, alterações de rocha e outras camadas geológicas intransponíveis.

Uma vez identificadas a passagem entre as distintas camadas estratigráficas esperadas para os contextos, foram coletadas 3 amostras simples na porção intracalha para granulometria, sendo uma amostra de cada camada (rejeito lavado, rejeito inconsolidado e substrato natural) e 2 amostras simples na porção extracalha para granulometria para cada camada da porção (rejeito e substrato natural).

Nos pontos também foram coletadas amostras para análise química de metais, sendo 3 amostras compostas para a porção intracalha (rejeito lavado, rejeito inconsolidado e substrato natural) e, 2 amostras compostas para a porção extracalha, sendo uma amostra para cada camada encontrada (rejeito e substrato natural)

Para seção extracalha, também foram coletadas amostras para avalição da fertilidade do solo (macronutrientes, pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, e indeformada), amostra esta composta por alíquotas do rejeito coletadas nos furos de sondagem realizadas nas planícies de inundação a aproximadamente 20 cm de profundidade, com exceção da amostra indeformada, que foi coletada somente uma por transecto em um ponto de sondagem na planície de inundação.

Para a amostra composta, alíquotas do rejeito foram coletadas em cada um dos pontos de sondagem de mesma porção (intracalha e extracalha nunca se misturam). As alíquotas foram misturadas e homogeneizadas em uma bandeja de plástico descontaminada e os restos de raízes e rochas maiores de 10 cm de diâmetro foram removidas.

Após a homogeneização, o material foi distribuído igualmente na bandeja e foi feito o quarteamento para posterior coleta das amostras nos frascos fornecidos pelo laboratório e acondicionamento das mesmas em caixas térmicas com gelo, de modo a manter a temperatura em torno dos 4°C. O quarteamento, segundo a ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de Resíduos Sólidos, consiste no:

> “processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado”.

Adotou-se a amostragem composta para análises de concentrações de metais pela premissa fundamental de que os rejeitos que formaram os depósitos sondados, amostrados e analisados foram formados por um processo de decantação a partir de uma massa fluida composta por água, rejeitos

oriundos da barragem de Fundão e outros materiais que foram sendo incorporados ao longo do trajeto dessa massa.

Nesse movimento, a própria dinâmica do fluxo da massa fluida rio abaixo, submetida a movimentos turbulentos, especialmente nas passagens estreitas e na forma de gargantas dos vales que separam as planícies aluvionares onde se depositaram, funcionou como um processo de homogeneização bastante efetivo.

A deposição dos sólidos dessa massa fluida se deu por decantação, quando os movimentos turbulentos reduzem ou cessam e, assim também as forças que mantém essas partículas em suspensão. Tal situação ocorreu predominantemente nas planícies aluvionares as quais, por constituírem espaços amplos, permitiram que tal massa ocupasse áreas muito maiores que os trechos em vales estreitos e, assim, a velocidade de deslocamento diminuísse a ponto de permitir a decantação dos rejeitos.

Deste modo, não se espera uma diferenciação lateral (ou horizontal) nas características dos materiais sedimentados, podendo haver, teoricamente, alguma segregação vertical nesses depósitos. Isto porque, num processo de decantação, as partículas mais grosseiras em suspensão decantam primeiramente, constituindo a base do perfil dos depósitos, e as partículas mais finas decantam ao final, quando as velocidades de fluxo se reduzem ao mínimo. Tal segregação não se verificou em campo, situação que pode ser atribuída à estreita faixa granulométrica que caracteriza os rejeitos da barragem de Fundão, com amplo predomínio de areia fina.

Também deve se destacar que os depósitos de rejeito formados na calha fluvial, no momento de sua formação, obedeciam às mesmas condições da decantação nas planícies aluvionares. Apenas após o retorno do fluxo das águas para o canal fluvial, ou seja, após o refluxo da “onda de cheia” das planícies, os materiais depositados na calha passaram a ser remobilizados e a serem retrabalhados e redepositados de acordo com condicionamentos da geometria do canal e de outros fatores intrínsecos à dinâmica fluvial.

Uma análise comparativa de amostras individuais e de amostras compostas será realizada em um setor de planície aluvionar contendo depósitos de rejeitos extracalha e não afetados pelos trabalhos de controle emergencial da erosão, de forma a verificar a hipótese acima descrita. Seus resultados serão apresentado assim que as coletas e análises laboratoriais estejam concluídas.

As amostras foram enviadas ao laboratório acompanhadas das respectivas cadeias de custódia, dentro do prazo de preservação das mesmas, respeitando o *Holding Time* de cada Substância Química de Interesse (SQI).

As amostras de solo foram enviadas para análise no laboratório Eurofins *Analytical Technology* (Anatech). Os laudos analíticos das amostras encontram-se no **Anexo VI**.

Segundo a norma supramencionada nesta seção e a experiência em campo, a técnica de sondagem adotada apresentou as seguintes vantagens diante das demais conhecidas no mercado:

- Não houve necessidade de utilização de fluidos de perfuração;
- Foi possível recuperar amostras para coleta e análises físico-químicas;
- O equipamento compacto e relativamente leve, permitiu mobilidade para transitar entre os pontos de interesse e fácil logística;

A cada sondagem realizada, os técnicos de campo utilizaram o documento Ficha de Sondagem (**Anexo V**), elaborado pela JACOBS CH2M para registrar as informações de coleta, como data, equipe responsável, equipamentos, coordenadas, dados litológicos e construtivos, amostras coletadas, entre outras.

Em cada uma das sondagens foi realizada a perfilagem e descrição do material encontrado, identificando o rejeito lavado, rejeito inconsolidado e o solo/sedimento natural da área. Cada ponto de sondagem teve registrada as coordenadas geográficas com a utilização de um GPS e, sempre que possível, fotos dos locais de sondagem, amostragem e dos trabalhos de campo para posterior identificação das áreas e apresentação do relatório fotográfico. A espessura e a descrição litológica de cada camada foram registradas e classificadas com base nas camadas encontradas em trabalhos anteriores.

5.2.3.3.1 Identificação de Sondagens e Amostras

No presente estudo foi adotada nomenclatura própria para identificação das sondagens e amostras realizadas, conforme segue.

Identificação das Sondagens

"T" seguido pelo nº do Trecho + "T" seguido pelo nº do Transecto + nº da Sondagem

Desta forma, uma sondagem denominada **T6T12-05** corresponde à sondagem nº 05 realizada no Trecho 6, Transecto 12.

Identificação das Amostras

Nº do Trecho + nº do Transecto - Intra ou Extracalha - Camada Coletada

Onde:

IC: Intracalha

EC: Extracalha

RI: Rejeito Inconsolidado

RL: Rejeito Lavado (para intracalha)

RE: Rejeito (para extracalha)

SN: Substrato Natural para Extracalha ou Intracalha

Desta forma, uma amostra denominada **0714-IC-RL** corresponde a uma amostra coletada no Trecho 7, Transecto 14, no contexto de intracalha, camada de rejeito lavado.

5.2.3.4 Descontaminação de equipamentos

Com o intuito de minimizar a possibilidade de contaminação cruzada, todos os equipamentos e ferramentas utilizados em campo, que estiveram em contato com as amostras recuperadas e que não eram considerados descartáveis, foram obrigatoriamente descontaminados entre a realização de cada ponto de sondagem / amostragem. O solo aderido, principalmente ao trado e suas hastes, foi removido com espátulas e esponjas e lavado com água e detergente alcalino, isento de fosfato.

5.2.3.5 Gerenciamento dos Resíduos Gerados em Campo

Os resíduos sólidos gerados durante as atividades de campo consistem basicamente em equipamentos de proteção individual, (EPI), mangueiras, plástico e papelão. Os resíduos sólidos foram dispostos em sacos de lixo e depositados em locais determinados pelo cliente. Todo o solo e sedimento proveniente das sondagens foi utilizado para o tamponamento dos furos no próprio local.

5.2.3.6 Análise laboratorial

Após a coleta e a manipulação (amostras compostas) das amostras, estas foram acondicionadas em frascos fornecidos pelos laboratórios e colocadas em caixas térmicas com gelo, de modo a manter a temperatura em torno dos 4°C.

As amostras foram entregues ao Laboratório Eurofins Analytical Technology, na cidade de Belo Horizonte, MG, e posteriormente enviadas para a sede do laboratório localizado na cidade de São Paulo, SP para análise. Todas as amostras respeitaram os prazos de *Holding Time* e foram sempre acompanhadas da documentação – Cadeia de Custodia.

Para a análise das amostras, o laboratório utilizou as seguintes metodologias:

Granulometria:

Parâmetros Acreditados			
Parâmetro	**Unidade**	**Grupo de Análise**	**Metodologia de Referência**
Teor de Sólidos	%	Teor de Sólidos	USEPA 3550C:2007
Argila	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Silte	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia muito fina	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia fina	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia média	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia grossa	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia muito grossa	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia Total	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Cascalho	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011

Metais:

Parâmetros Acreditados			
Parâmetro	**Unidade**	**Grupo de Análise**	**Metodologia de Referência**
Teor de Sólidos	%	Teor de Sólidos	USEPA 3550C:2007
Alumínio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Antimônio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Arsênio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

Bário Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Boro Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Cádmio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Chumbo Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Cobalto Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Cobre Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Cromo Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Ferro Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Manganês Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Mercúrio Total	mg/kg	Mercúrio Total	USEPA 7470A, USEPA 7473, USEPA 1631E, USEPA 7471B
Molibdênio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Níquel Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Prata Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Selênio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Vanádio Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007
Zinco Total	mg/kg	Metais Totais	USEPA 6010C:2007

Fertilidade do Solo:

Parâmetros Acreditados			
Parâmetro	**Unidade**	**Grupo de Análise**	**Metodologia de Referência**
Teor de Sólidos	%	Teor de Sólidos	USEPA 3550C:2007
Nitrogênio Total	mg/kg	Nitrogênio Total	SM 4500-N C. Persulfate Method:2003
pH(CaCl2)	---	pH em Cloreto de Cálcio	EMBRAPA - 2ª ed - 2011
Densidade Aparente	g/cm³	Densidade Aparente	NBR 14065:2013 / EMBRAPA - 2ª ed - 2011 / EMBRAPA - 2ª ed - 2011
Argila	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Silte	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed -

			2011
Areia muito fina	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia fina	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia média	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia grossa	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia muito grossa	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Areia Total	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Cascalho	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Porosidade Total	%	Porosidade	EMBRAPA - 2ª ed - 2011
Macroporosidade (Porosidade Efetiva)	%	Porosidade	EMBRAPA - 2ª ed - 2011
Umidade	%	Umidade	EMBRAPA - 2ª ed - 2011
Matéria Orgânica Total	%	Matéria Orgânica Total e Fração Orgânica de Carbono	EMBRAPA - 2ª ed - 2011/IAC - 1a. Ed- 2001
Carbono Orgânico Total	%	Teor de Carbono Orgânico Total (TOC)	EMBRAPA - 2ª ed - 2011/IAC - 1a. Ed- 2001
pH	---	pH	USEPA 9040C:2004

Parâmetros Acreditados			
Parâmetro	**Unidade**	**Grupo de Análise**	**Metodologia de Referência**
Soma de Bases	mmolc/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Fósforo Remanescente (CaCl2+60 mg P/L)	mg/L	Fósforo Remanescente (CaCl2+60 mg P/L)	USEPA 6010C:2007
Fósforo	mg/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Potássio	mg/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Cálcio	mg/kg	Metais Totais	IAC 2001
Magnésio	mg/kg	Metais Totais	IAC 2001
Enxofre	mg/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Alumínio	mg/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Saturação de Bases	%	Saturação de Bases	IAC 2001
Saturação Al	%	Saturação Al	IAC 2001
H+Al	mmolc/dm3	Metais Totais	IAC 2001
CTC	mmolc/dm3	Metais Totais	IAC 2001
Fosforo Resina	mg/dm3	Fosforo Resina	IAC 2001
Fração (2,0 - 4,8mm)	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Fração (4,8 - 19,1mm)	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011
Fração (> 19,1mm)	%	Granulometria	Boletim IAC 106/ Embrapa - 2a. Ed - 2011

5.2.3.7 Unidades de Análise

A fim de facilitar o diagnóstico e avaliação de impactos no rio, os Trechos 6 e 7 foram subdivididos em cinco unidades de análise. Estas unidades foram determinadas de acordo com a geomorfologia, identificando as áreas de vale seguidas por gargantas ou quedas (trechos íngremes) ao longo do trecho estudado.

As declividades longitudinais ao longo do rio ou gradiente hidráulico para cada unidade de análise foram calculadas com base na equação a seguir e os resultados das declividades são apresentados na Tabela 23.

$$Declividade\ [‰] = \frac{\Delta\ \text{Elevação [m]}}{\Delta\ \text{Extensão [m]}} * 1000$$

Tabela 23 – Declividades médias das unidades de análise

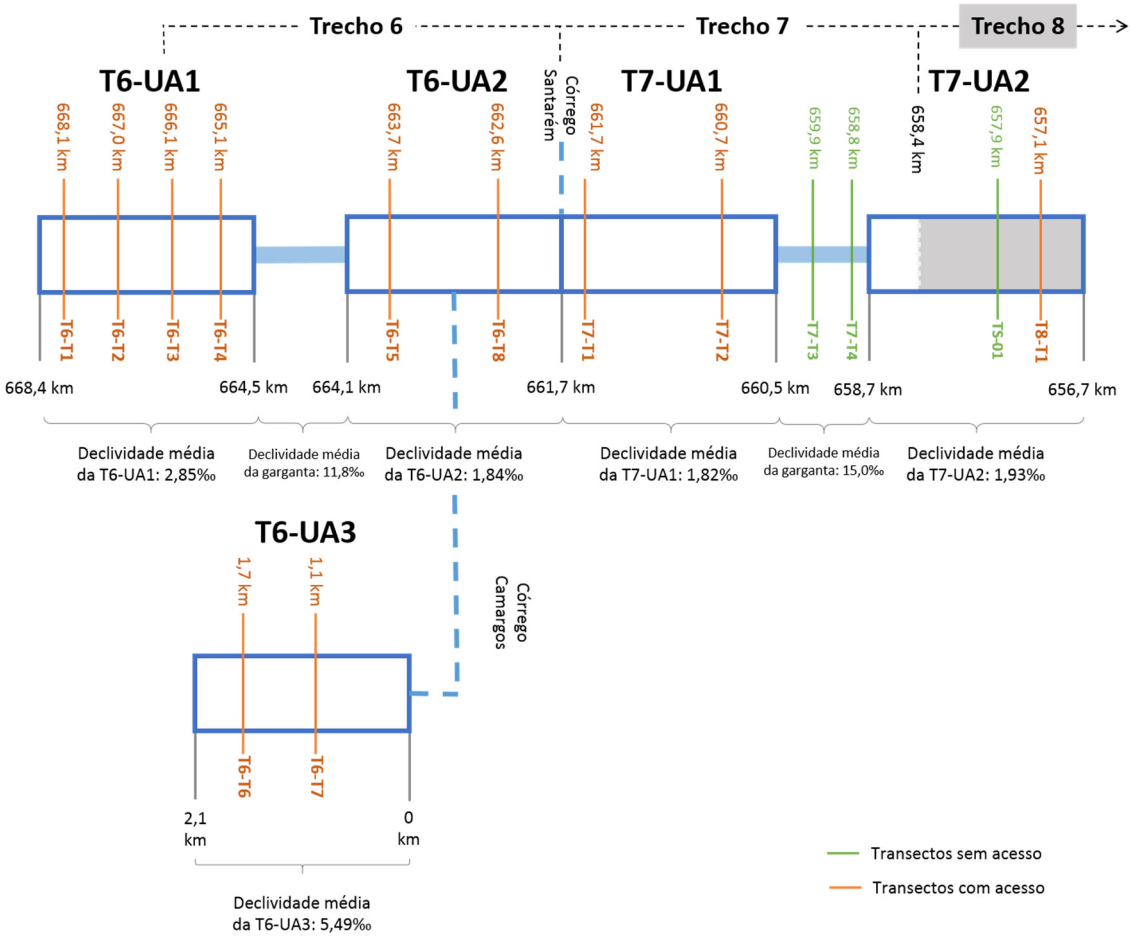
UNIDADE DE ANÁLISE	Δ EXTENSÃO [M]	Δ ELEVAÇÃO [M]	DECLIVIDADE MÉDIA [‰]
T6-UA1	3910	11	2,85
T6-UA2	2330	4	1,84
T6-UA3	2050	11	5,49
T7-UA1	1220	2	1,82
T7-UA2	1250	6	4,91

Foram identificadas duas gargantas nos Trechos 6 e 7, sendo uma em cada trecho, as quais são caracterizadas por declividade acentuada e seções estreitas, o que dificulta a deposição de rejeito, de forma que essas gargantas não foram consideradas nas unidades de análise. Apenas foram considerados dentro de uma unidade de análise, os trechos de declividade baixa e sem variações bruscas de elevação. Na divisão entre o Trechos 6 e 7, o rio Gualaxo do Norte recebe a contribuição significativa do Córrego Santarém, de maneira que nesse ponto foi criada a divisão entre as unidades de análise T6-UA3 e T7-UA1.

O diagrama da Figura 120 ilustra cada unidade de análise referenciada na quilometragem do rio Gualaxo do Norte considerando km 0 na sua foz, suas declividades médias e também a posição das gargantas ao longo dos trechos e da afluência dos córregos Santarém e dos Camargos. As localizações do transectos definidos para coleta de dados e Unidades de Análise nos Trechos 6 e 7

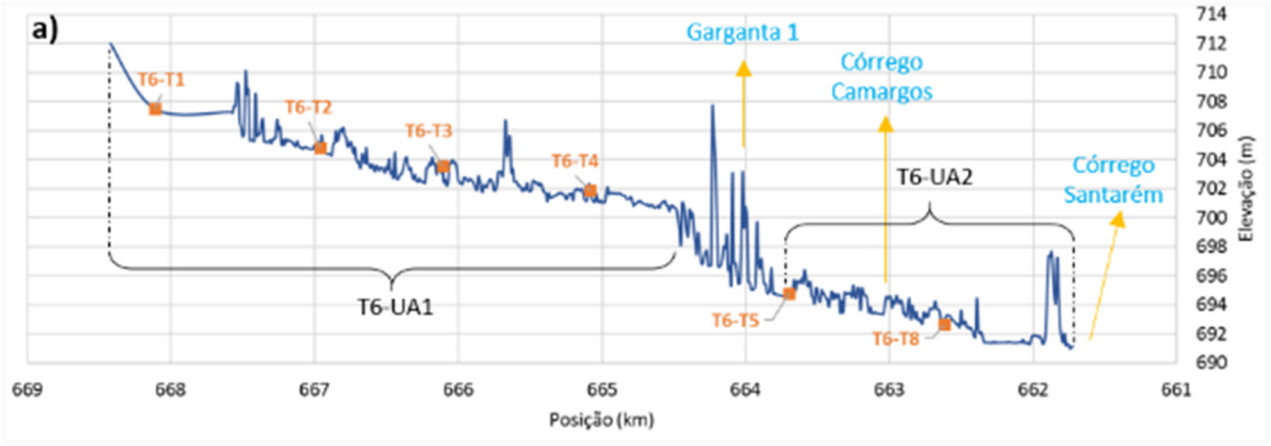
são apresentadas na Figura 117, indicando sua posição em km). Cabe destacar que a unidade de análise T7-UA2 compreende um pedaço do Trecho 8, de modo que abrangesse ao menos um transecto em sua extensão, de forma que nessa área o transecto de referência é o Transecto T8-01 do Trecho 8.

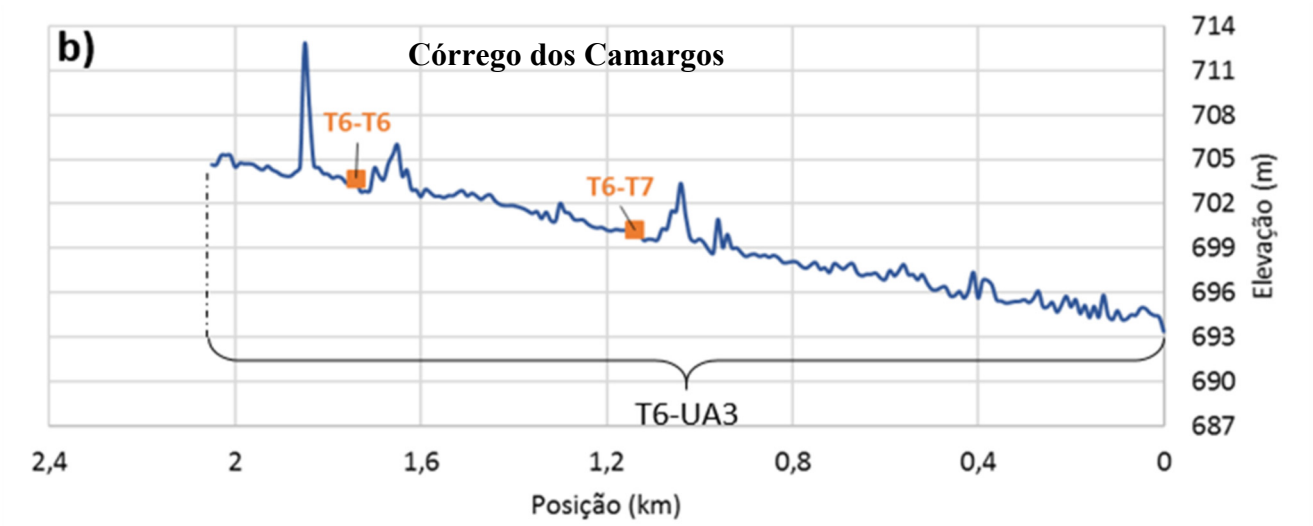
Figura 120 – Unidades de Análise dos Transectos nos Trechos 6 e 7

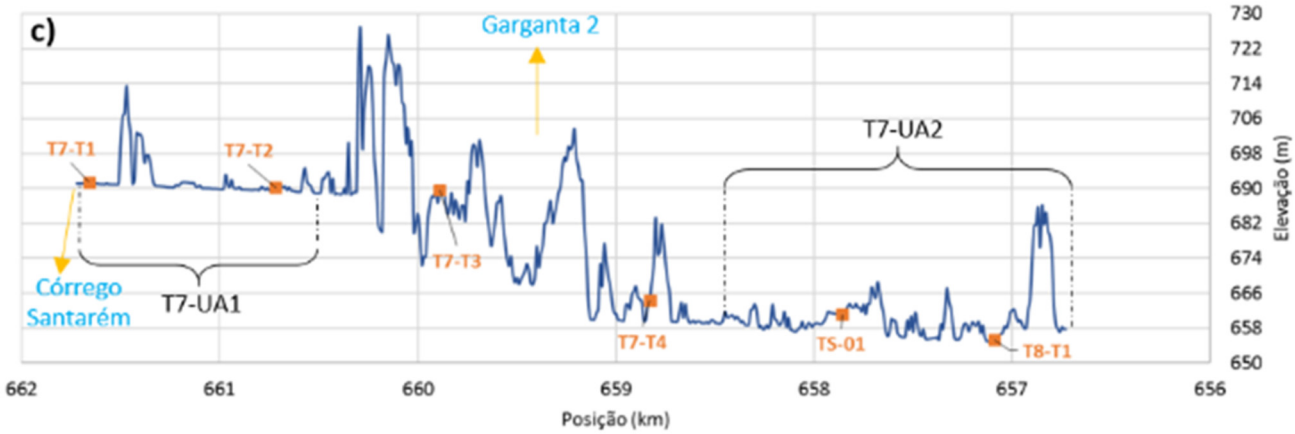


Para melhor ilustrar como foram definidas as unidades de análise acima, a Figura 121 mostra dois gráficos do perfil longitudinal dos Trechos 6 e 7 do rio (e o pedaço do Trecho 8 em que a T7-UA2 está inserida). A Figura 121 apresenta três escalas diferentes do perfil, ambas as incluindo também a localização das gargantas identificadas: a) mostra apenas o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise T6-UA1 e T6-UA2, localizadas no Trecho 6; b) mostra a unidade de análise T6-UA3, que está localizada no córrego dos Camargos e os transectos ao longo de sua extensão (Trecho 6); c) mostra apenas o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise T7-UA1, no Trecho 7 e T7-UA2, no Trecho 7 e parcialmente no Trecho 8.

Figura 121 – Perfil longitudinal dos Trechos 6 e 7, localização dos transectos e unidades de análise definidas







5.2.3.8 Utilização dos dados de campo na caracterização do depósito

Os dados coletados são incorporados no processo de tomada de decisão, conforme listado abaixo.

Tabela 24 – Indica como os dados de campo serão incorporados no processo de tomada de decisão

DADOS COLETADOS EM CAMPO	INFORMAÇÃO GERADA	FINALIDADE
Espessura do rejeito na calha e nas planícies de inundação	Distribuição do rejeito intracalha e extracalha em diversos pontos do rio	Avaliar a distribuição do rejeito espacialmente nos diferentes pontos dos transectos e ao longo do rio, estimar o volume do rejeito depositado nos diferentes trechos e identificar os pontos com os maiores depósitos
Medição da espessura do *lag layer* no leito do rio	Registro da espessura do *lag layer* em diferentes pontos do transecto e em diversos pontos do rio	Avaliar a remobilização do sedimento no leito do rio com base em eventos pontuais e críticos e como o *lag layer* é distribuído ao longo do rio
Granulometria das diferentes camadas na calha do rio (*lag layer*, rejeito inconsolidado e substrato natural)	Comparação dos diferentes tamanhos de grãos nas camadas distintas formadas no rio	Identificar os pontos com maior porção de material fino (argila e silte) que podem estar contribuindo para o aumento da turbidez do rio
Granulometria das diferentes camadas na planície de inundação (rejeito e substrato natural)	Comparação dos diferentes tamanhos de grãos nas distintas camadas encontradas nas planícies aluvionares	Avaliar se existe uma homogeneidade com relação a textura do rejeito entre as diferentes planícies e se há uma relação entre os diferentes trechos (montante *vs* jusante)
Análise química de metais nas diferentes camadas de substrato e solo	Concentrações de metais no perfil vertical em diferentes pontos do rio	Avaliar a distribuição espacial das concentrações de metais nas diferentes camadas encontradas no sedimento e como isto se comporta em diferentes pontos do rio
Análise química e física para avaliar a fertilidade do solo das áreas impactadas	Concentrações de macro nutrientes e outros parâmetros para verificar a fertilidade do solo / rejeito	Verificar se o rejeito que se encontra depositado nas áreas impactadas contém os macros nutrientes e condições físicas para sustentar diferentes estágios de regeneração da vegetação
Espessura de rejeito, granulometria, análise química e fertilidade do solo em lagoas selecionadas (com base no grau de importância social e ambiental)	Características químicas e físicas do sedimento e solo do entorno das lagoas	Verificar se as características observadas nas lagoas selecionadas são as mesmas observadas no rio

5.2.4 Mapeamento dos Aspectos Físicos e Químicos

Para a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito foram realizadas atividades de campo com o objetivo de avaliar a presença e as características do rejeito, nos seus aspectos físicos e químicos, para verificar a dinâmica de deposição e medir a espessura desses materiais, quando presentes, visando ao entendimento dos mecanismos de disposição, fornecendo dados para a tomada de decisão para o manejo do rejeito. Para a avaliação destes aspectos foram estabelecidas as seguintes atividades:

1. Seleção das áreas de amostragem em cada um dos trechos a serem amostrados.
2. Avaliação da espessura do rejeito depositado nos transectos selecionados com amostragem intracalha e extracalha;
3. Coleta de dados (campo e analise em laboratório) para a caracterização do rejeito e sua distribuição espacial;
4. Estimativa da quantidade (volume) de rejeito depositado em cada trecho do rio.

5.2.4.1 Espessura de Rejeito nos Transectos

Com base nas descrições das sondagens realizadas, foram determinadas as espessuras do material encontrado nos diferentes depósitos (extracalha e intracalha) nos Trechos 6 e 7 do rio Gualaxo do Norte. Os dados desta avaliação foram compilados e são apresentados na Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27.

Tabela 25 – Resultados de Espessura de Rejeito nos Transectos

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T6T1	T6T1-01	Encosta Esquerda	0	0	0	0
	T6T1-02	Encosta Esquerda	0	0	0	0
	T6T1-03	Planicie Esquerda	0	0	0	0
	T6T1-04	Margem Esquerda	0	0	0	0
	T6T1-05	Calha	0	0	0	0
	T6T1-06	Calha	0	0	0	0
	T6T1-07	Calha	0	0	0	0
	T6T1-08	Margem Direita	0	0	0	0
	T6T1-09	Planicie Direita	0	0	0	0
	T6T1-10	Encosta Direita	0	0	0	0
	T6T1-11	Encosta Direita	0	0	0	0
T6T2	T6T2-01	Encosta Esquerda	-	-	0,00	0,00
	T6T2-02	Planície Esquerda	-	-	0,13	0,13
	T6T2-05	Calha	0,73	0,97	-	1,70
	T6T2-06	Calha	0,90	0,92	-	1,82
	T6T2-07	Calha	0,00	0,00	-	0,00
	T6T2-08	Margem Direita	-	-	1,00	1,00
	T6T2-09	Planície Direita	-	-	0,85	0,85
	T6T2-10	Planície Direita	-	-	0,65	0,65
	T6T2-11	Encosta Direita	-	-	1,75	1,75
T6T3	T6T3-01	Encosta Esquerda	-	-	1,22	1,22
	T6T3-02	Planície Esquerda	-	-	1,65	1,65
	T6T3-03	Margem Esquerda	-	-	1,47	1,47
	T6T3-04	Calha	0,77	0,00	-	0,77
	T6T3-05	Calha	0,98	0,82	-	1,80
	T6T3-06	Calha	0,15	0,31	-	0,46
	T6T3-07	Margem Direita	-	-	0,94	0,94
	T6T3-08	Planície Direita	-	-	1,44	1,44
	T6T3-09	Encosta Direita	-	-	0,39	0,39
T6T4	T6T4-01	Encosta Esquerda	-	-	0,48	0,48
	T6T4-03	Planície Esquerda	-	-	0,37	0,37
	T6T4-04	Margem Esquerda	-	-	0,38	0,38
	T6T4-05	Calha	0,00	0,89	-	0,89
	T6T4-06	Calha	0,00	0,70	-	0,70
	T6T4-07	Margem Direita	-	-	1,81	1,81
	T6T4-08	Planície Direita	-	-	2,90	2,90
	T6T4-09	Planície Direita	-	-	0,29	0,29
	T6T4-10	Encosta Direita	-	-	0,28	0,28
T6T5	T6T5-01	Encosta Esquerda	-	-	0,00	0,00
	T6T5-02	Planície Esquerda	-	-	1,45	1,45
	T6T5-03	Margem Esquerda	-	-	0,54	0,54
	T6T5-04	Calha	0,02	0,68	-	0,70
	T6T5-05	Calha	0,15	0,63	-	0,78
	T6T5-06	Calha	1,05	0,00	-	1,05
	T6T5-07	Margem Direita	-	-	0,40	0,40
	T6T5-08	Planície Direita	-	-	0,15	0,15

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
	T6T5-09	Encosta Direita (não acessada)	-	-	-	-
T6T6	T6T6-01	Encosta Esquerda	-	-	0,00	0,00
	T6T6-02	Planície Esquerda	-	-	0,39	0,39
	T6T6-03	Planície Esquerda	-	-	0,71	0,71
	T6T6-04	Margem Esquerda	-	-	0,46	0,46
	T6T6-05	Calha	0,00	0,00	-	0,00
	T6T6-06	Calha	0,00	0,33	-	0,33
	T6T6-07	Calha	0,00	0,19	-	0,19
	T6T6-08	Margem Direita	-	-	0,21	0,21
	T6T6-09	Planície Direita	-	-	0,73	0,73
	T6T6-10	Planície Direita	-	-	0,26	0,26
	T6T6-11	Encosta Direita	-	-	0,17	0,17
T6T7	T6T7-01	Encosta Esquerda	-	-	0,33	0,33
	T6T7-02	Planície Esquerda	-	-	1,20	1,20
	T6T7-03	Planície Esquerda	-	-	1,22	1,22
	T6T7-06	Planície Esquerda	-	-	0,33	0,33
	T6T7-07	Planície Esquerda	-	-	0,78	0,78
	T6T7-08	Margem Esquerda	-	-	0,43	0,43
	T6T7-09	Calha	0,13	0,62	-	0,75
	T6T7-10	Calha	0,00	0,79	-	0,79
	T6T7-11	Calha	0,33	0,62	-	0,95
	T6T7-12	Margem Direita	-	-	1,03	1,03
	T6T7-13	Planície Direita	-	-	0,48	0,48
	T6T7-14	Encosta Direita	-	-	0,21	0,21
T6T8	T6T8-01	Encosta Esquerda	-	-	0,32	0,32
	T6T8-02	Planície Esquerda	-	-	1,85	1,85
	T6T8-04	Planície Esquerda	-	-	3,10	3,10
	T6T8-05	Margem Esquerda	-	-	1,98	1,98
	T6T8-06	Calha	0,00	1,77	-	1,77
	T6T8-07	Calha	0,00	2,27	-	2,27
	T6T8-08	Calha	0,00	1,67	-	1,67
	T6T8-09	Margem Direita	-	-	2,29	2,29
	T6T8-10	Planície Direita	-	-	3,06	3,06
	T6T8-11	Planície Direita	-	-	1,10	1,10
	T6T8-12	Encosta Direita	-	-	0,35	0,35
T7T1	T7T1-01	Encosta Esquerda	-	-	0,09	0,09
	T7T1-02	Planície Esquerda	-	-	1,33	1,33
	T7T1-03	Planície Esquerda	-	-	1,43	1,43
	T7T1-04	Margem Esquerda	-	-	1,47	1,47
	T7T1-05	Calha	1,11	1,59	-	2,70
	T7T1-06	Calha	0,27	3,38	-	3,65
	T7T1-07	Calha	0,25	2,53	-	2,78
	T7T1-08	Margem Direita	-	-	0,96	0,96
	T7T1-09	Encosta Direita	-	-	0,40	0,40
	T7T1-10	Encosta Direita	-	-	0,27	0,27
T7T2	T7T2-01	Encosta Esquerda	-	-	0,60	0,60
	T7T2-02	Planície Esquerda	-	-	2,13	2,13
	T7T2-03	Planície Esquerda	-	-	1,97	1,97
	T7T2-04	Margem Esquerda	-	-	2,98	2,98

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO INTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
	T7T2-05	Calha	0,10	2,05	-	2,15
	T7T2-06	Calha	0,00	1,40	-	1,40
	T7T2-07	Calha	0,00	1,48	-	1,48
	T7T2-08	Margem Direita	-	-	1,41	1,41
	T7T2-09	Planície Direita	-	-	1,78	1,78
	T7T2-10	Encosta Direita	-	-	0,65	0,65
	T8T1-01	Encosta Esquerda	-	-	0,36	0,36
	T8T1-02	Planície Esquerda	-	-	0,63	0,63
	T8T1-03	Margem Esquerda	-	-	0,55	0,55
	T8T1-04	Calha	1,05	0,13	-	1,18
T8T1	T8T1-05	Calha	0,81	0,41	-	1,22
	T8T1-06	Calha	0,00	0,47		0,47
	T8T1-07	Margem Direita	-	-	0,52	0,52
	T8T1-08	Planície Direita	-	-	0,48	0,48
	T8T1-09	Encosta Direita	-	-	0,33	0,33

Tabela 26 – Resultados de Espessura: Médias de Rejeito

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO LAVADO INTRACALHA	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO INCONSOLIDADO INTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DAS MÉDIAS DO REJEITO INTRACALHA	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA MÉDIA (ESQUERDA, CALHA, DIREITA)
T6T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0,00 0,00
T6T2	0,54	0,63	1,17	0,73	0,07 1,17 1,06
T6T3	0,63	0,38	1,01	1,19	1,45 1,01 0,92
T6T4	0,00	0,80	0,80	0,93	0,41 0,80 1,32
T6T5	0,41	0,44	0,84	0,51	0,66 0,84 0,28
T6T6	0,00	0,17	0,17	0,37	0,39 0,17 0,34
T6T7	0,15	0,68	0,83	0,67	0,72 0,83 0,57
T6T8	0,00	1,90	1,90	1,76	1,81 1,90 1,70
T7T1	0,54	2,50	3,04	0,85	1,08 3,04 0,54
T7T2	0,03	1,64	1,68	1,65	1,92 1,68 1,28
T8T1	0,62	0,34	0,96	0,48	0,51 0,96 0,44

Tabela 27 – Resultados de Espessura de Rejeito por Contexto

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA POR CONTEXTO						
	ENCOSTA		PLANÍCIE		MARGEM		CALHA
	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	
T6T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T6T2	1,75	0,00	0,75	0,13	1,00	-	1,17
T6T3	0,39	1,22	1,44	1,44	0,94	0,94	1,01
T6T4	0,28	0,48	1,60	0,37	1,81	0,38	0,80
T6T5	-	0,00	0,15	1,45	0,40	0,54	0,84
T6T6	0,17	0,00	0,50	0,55	0,21	0,46	0,17
T6T7	0,21	0,33	0,48	0,88	1,03	0,43	0,83
T6T8	0,35	0,32	2,08	2,48	2,29	1,98	1,90
T7T1	0,34	0,09	-	1,38	0,96	1,47	3,04
T7T2	0,65	0,60	1,78	2,05	1,41	2,98	1,68
T8T1	0,33	0,36	0,48	0,63	0,52	0,55	0,96

As características litológicas gerais encontradas durante as atividades de sondagem para os Trechos 6 e 7 foram:

Intracalha

- **Rejeito Lavado (RL)** (*lag layer*): Camada de material de matriz arenosa, que varia de fina a média, de coloração que varia de cinza claro a cinza escuro, friável;
- **Rejeito Inconsolidado (RI):** Material de matriz arenosa, que varia de fina a média, com porções variáveis de argila e silte, de colocação marrom avermelhado, pouco plástico, inconsolidado e saturado;
- **Substrato Natural (SN) (leito original do rio)**: Material diverso, formado por areia média a grossa com grãos e seixos de quartzo, grãos de minério de ferro, de coloração que varia de cinza escura a cinza claro; areia fina de coloração verde oliva; argila siltosa marrom escuro, plástica; alteração de rocha e rocha sã.

Extracalha

- **Rejeito (RE):** Material de matriz arenosa, que varia de fina a média, com porções variáveis de argila e silte, de colocação marrom avermelhado, pouco plástico, úmido, mas não saturado;
- **Substrato Natural (SN):** Material diverso, formado por argila arenosa marrom escura ou cinza; areia grossa a fina cinza; silte arenoso amarelado; argila marrom clara, argila cinza, etc. Alguns pontos foram observados a presença de matéria orgânica – raízes, galhos e folhas em decomposição.

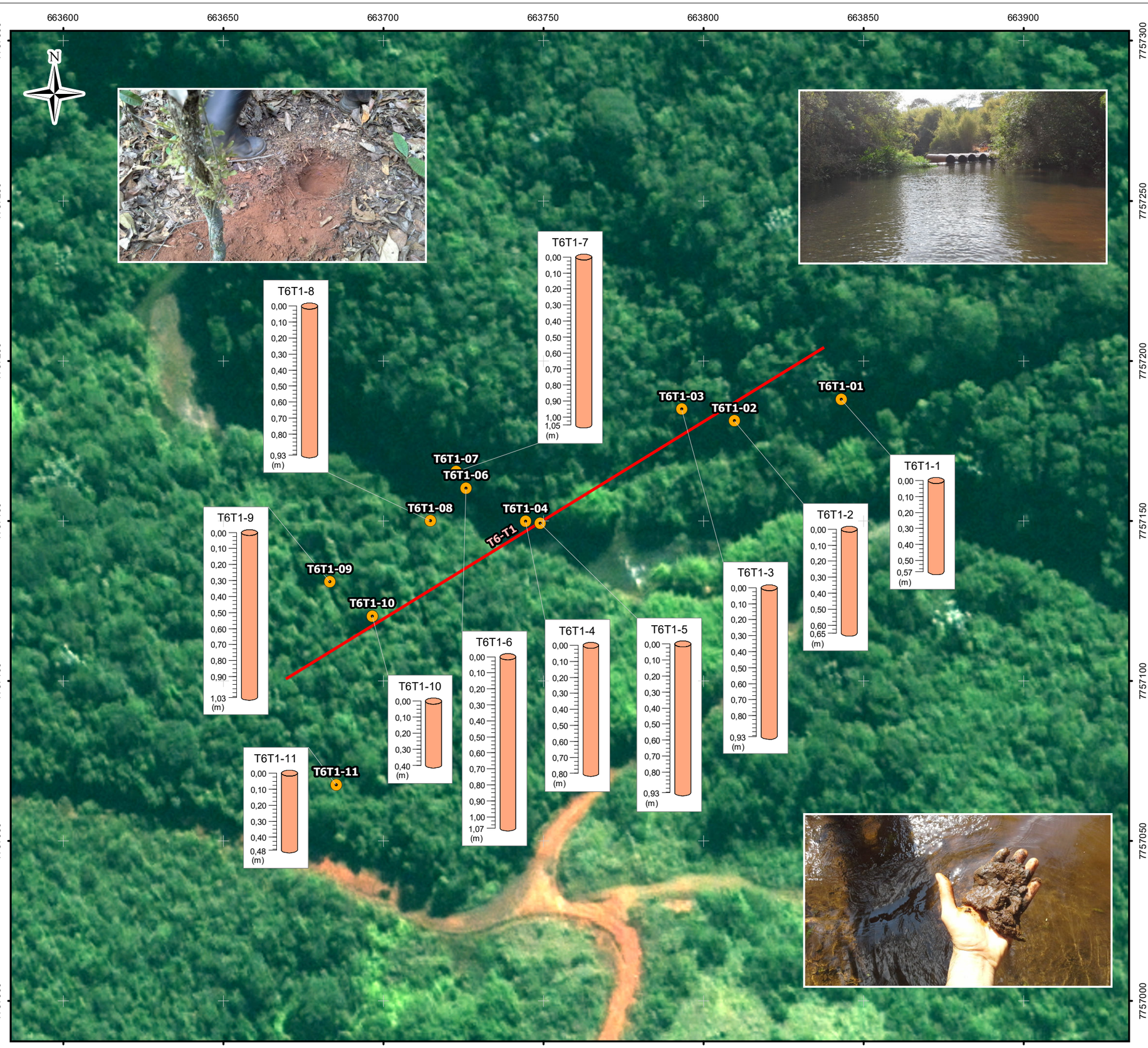
Os resultados das medições das espessuras dos rejeitos extracalha dentro dos Trechos 6 e 7 indicaram uma média de 0,83 m de espessura, com uma variação de 0,0 (ocorrência em alguns transectos além do T6T1- ponto não impactado pelo evento do rompimento da barragem) a 3,10 m (T6T8). Destacam-se os transectos T6T3, T6T4, T6T8 e T7T2 com espessuras médias de 1,19 m, 0,93 m, 1,76 m e 1,65 m respectivamente, acima da média. Dois destes pontos, T6T3 e T7T2, são transectos localizados a montante de "gargantas", isto é, afunilamentos no curso do rio que

funcionaram como uma barreira para o fluxo da lama de água e rejeito do evento, reduzindo a velocidade do fluido nestas regiões, e causando o aumento do tempo da decantação e deposição do material em suspensão. O transecto T6T4 está localizado a montante de um meandro bastante acentuado do rio Gualaxo do Norte, com limites em topo rochosos, também atuando como agente redutor da velocidade do fluxo do material proveniente do evento.

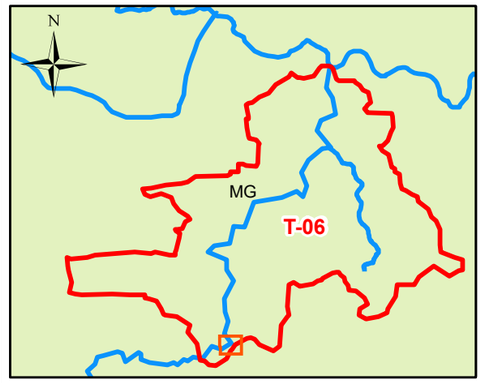
Deve-se destacar que a causa das espessuras maiores identificadas nos depósitos extracalha pode ser resultante da remobilização mecânica dos rejeitos eventualmente realizada nos trabalhos de controle emergencial dos processos erosivos executados até o final de 2017, alterando a configuração original do cenário imediatamente posterior à ocorrência do evento de deposição dos rejeitos, em novembro de 2015.

Fez parte ainda desta campanha de atividades de campo a realização de 01 transecto no Trecho 8 (T8T1), visando diminuir os espaços entre as localidades dos transectos e minimizando desvios nos cálculos das estimativas de volume de rejeito depositado (dados utilizados como extremidade de uma das Unidades de Análise no cálculo de volume do rejeito). A espessura de rejeito encontrada na seção extracalha deste transecto teve uma média de 0,48 m, com variação de 0,33 m a 0,63 m. Já a seção intracalha, apresentou espessura média de rejeito inconsolidado de 0,34 m, com variação de 0,13 m a 0,47 m. O rejeito lavado (*lag layer*) foi encontrado com média de 0,62 m, variando de 0,0 m a 1,05 m.

As figuras abaixo, apresentam a localização e graficamente, as espessuras encontradas nas sondagens:



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Ponto de
- Transecto

Litologia

- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 122
Localização e espessura dos Pontos de Sondagem do T6T1

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:1.200	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 122 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 1 (T6-T1)

664650 664700 664750 664800 664850

7757450 7757400 7757350 7757300 7757250

N

T6T2-06 T6T2-02 T6T2-01 T6T2-05 T6T2-07 T6T2-08 T6T2-09 T6T2-10 T6T2-11

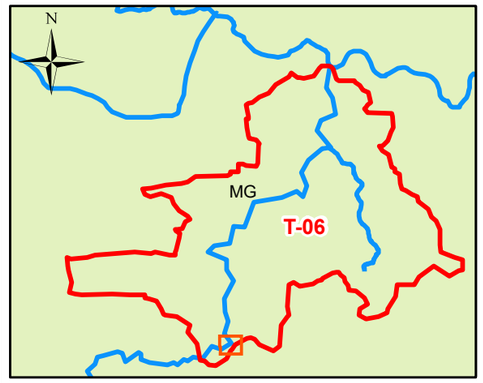


T6T2-06 (2,03 m) | T6T2-02 (1,11 m) | T6T2 - 01 (0,47 m) | T6T2-07 (0,71 m) | T6T2-09 (1,00 m) | T6T2-10 (1,03 m) | T6T2-05 (1,83 m) | T6T2-08 (1,20 m) | T6T2-11 (1,83 m)





Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 123
Localização e Espesssura dos Pontos de Sondagem do T6T2

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:900	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 123 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 2 (T6-T2)

664600 664650 664700 664750 664800 664850 664900

7758200 7758150 7758100 7758050 7758000 7757950

N

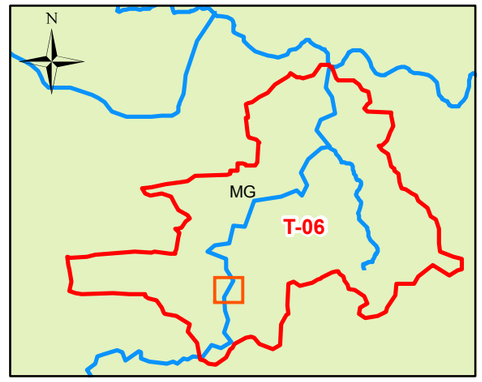
T6T3-01
T6T3-02
T6T3-03
T6T3-04
T6T3-05
T6T3-06
T6T3-07
T6T3-08
T6T3-09
T6-T3







Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 124
Localização e Espesura dos Pontos de Sondagem do T6T3

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.200	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 124 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 3 (T6-T3)

664550 664600 664650 664700 664750 664800 664850 664900

7758950 7758900 7758850 7758800 7758750 7758700 7758650

T6T4-01 T6T4-03 T6T4-04 T6T4-07 T6T4-10 T6T4-06 T6T4-08 T6T4-09 T6T4-05 T6T4-02

01 02 03

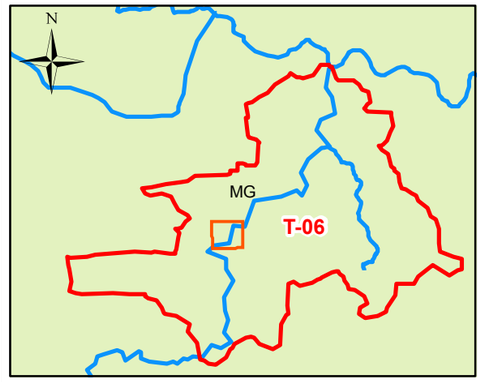
T6-T4







Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

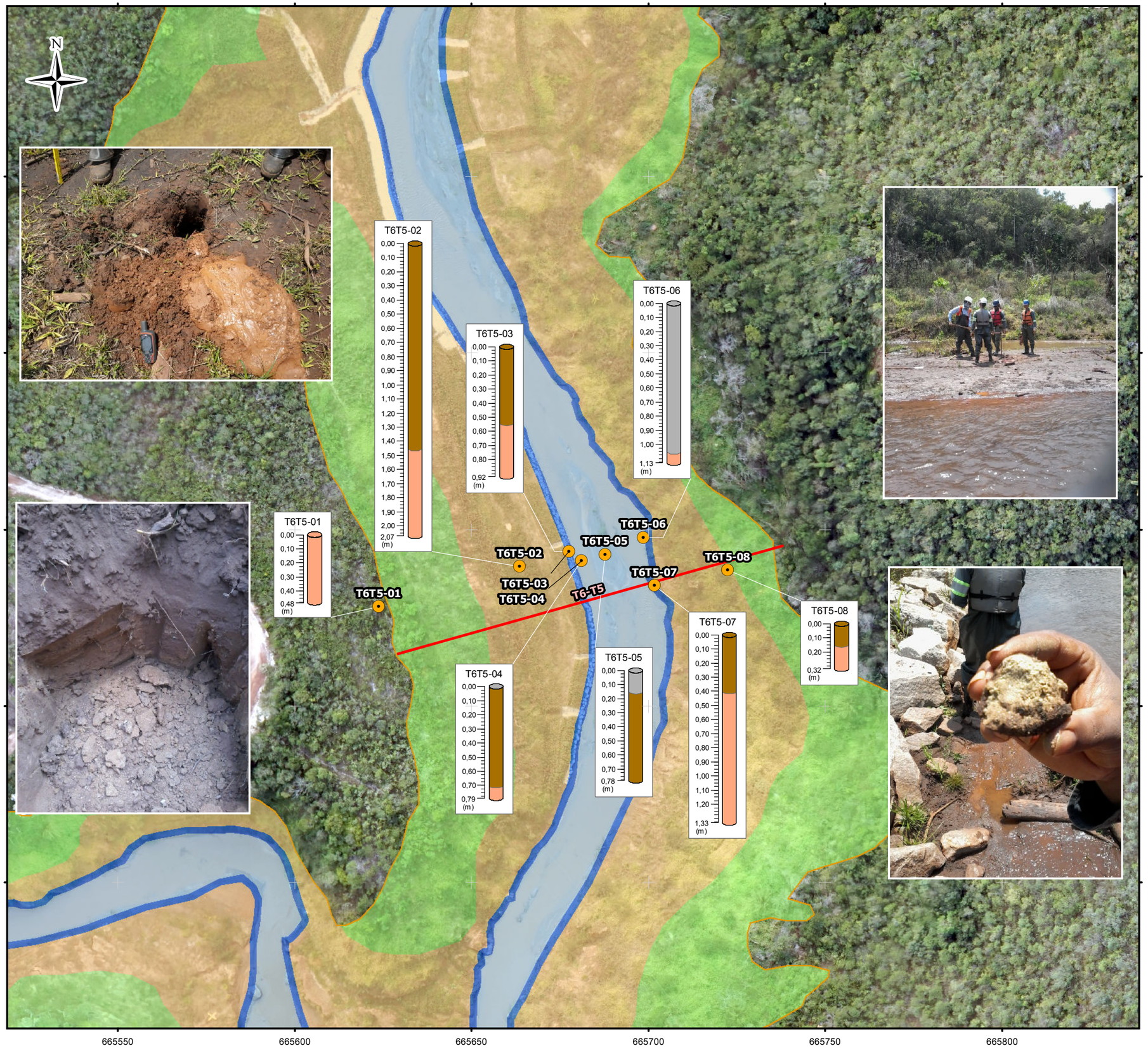
Figura 125
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do T6-T4

PROJETO: Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

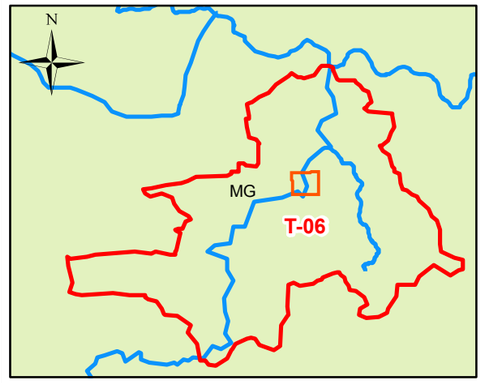
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.300	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 125 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 4 (T6-T4)



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Transecto
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m:

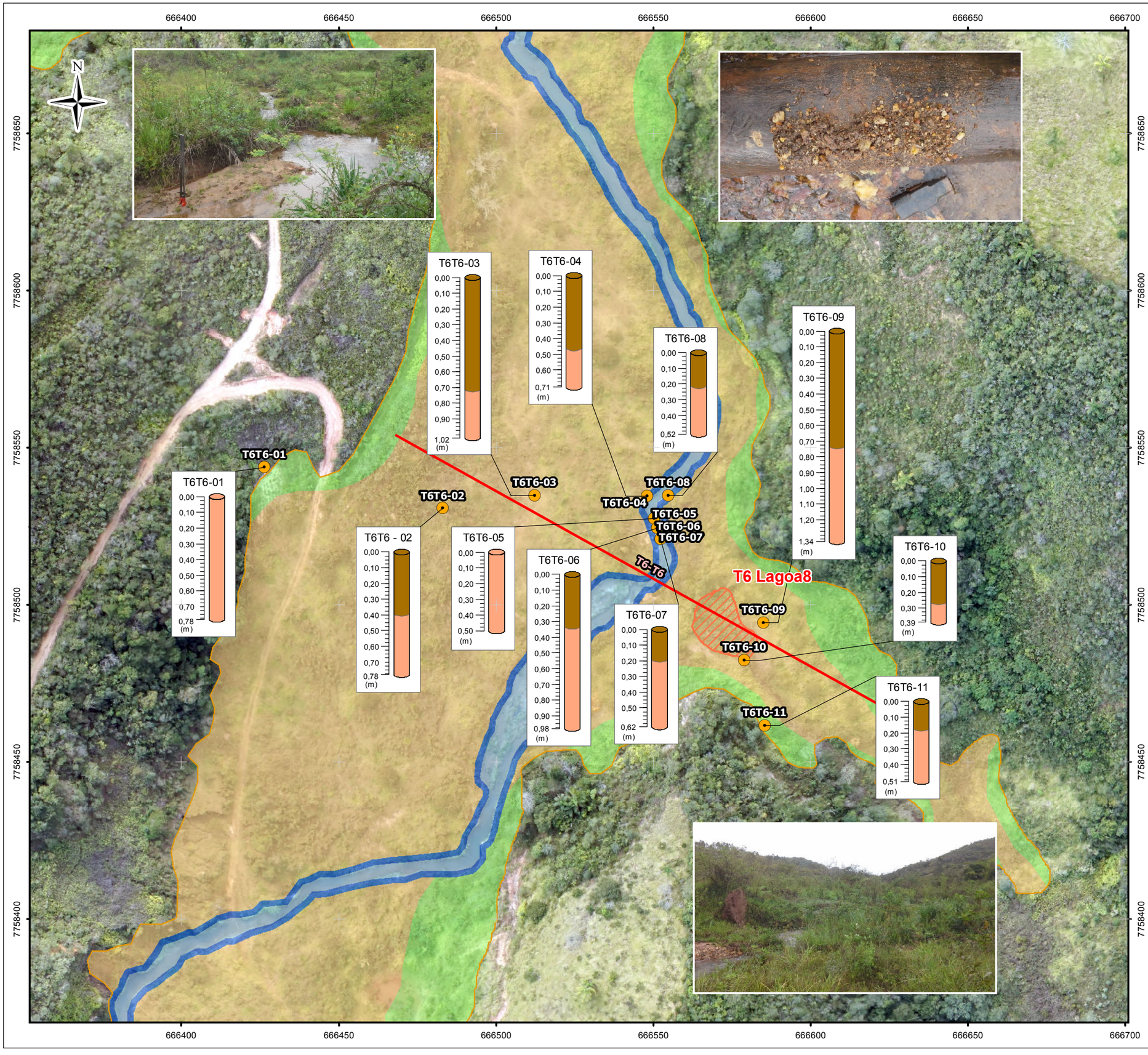
TÍTULO:
Figura 126
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do T6-T5

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

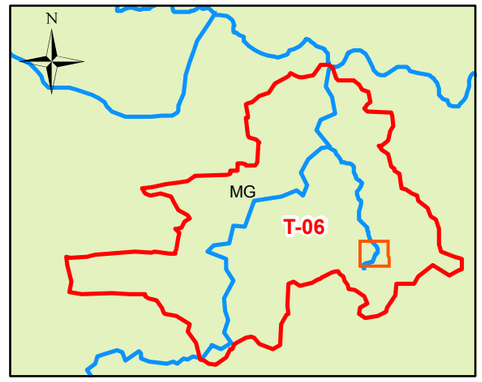
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.100	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 126 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 5 (T6-T5)



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Soterrada

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 127
Localização dos Pontos de
Sondagem do Transecto T6T6

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.200	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 127 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 6 (T6-T6)

666150 666200 666250 666300 666350 666400 666450

7759150 7759100 7759050 7759000 7758950 7758900

N

T6T7-01 T6T7-02 01 02 03 T6T7-06 T6T7-09 T6T7-10 T6T7-11 T6T7-13 T6T7-14 T6-T7

T6T7-07: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,03 (m)

T6T7-09: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 0,95 (m)

T6T7-10: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,85 (m)

T6T7-14: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,43 (m)

T6T7-01: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,66 (m)

T6T7-02: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,02 (m)

T6T7-06: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,51 (m)

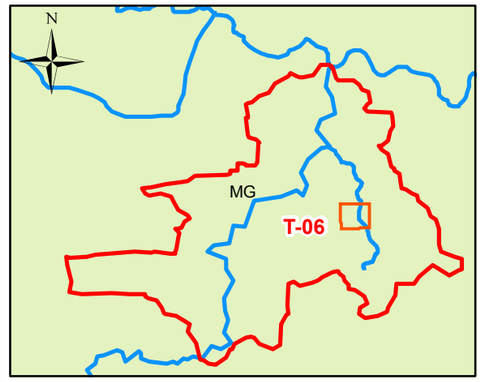
T6T7-08: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,67 (m)

T6T7-11: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,06 (m)

T6T7-12: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,14 (m)

T6T7-13: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,61 (m)

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 128
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do Transecto T6T7

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.200	25/01/2018	mbuzzel1	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 128 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 7 (T6-T7)

665800 665900 666000 666100

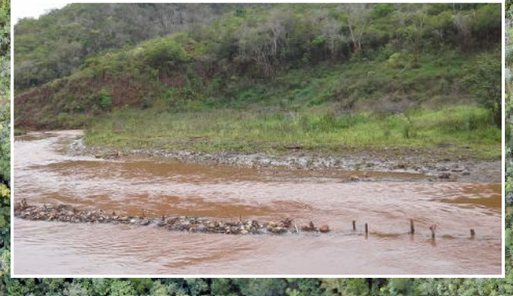
7760300 7760200 7760100 7760000

T6T8-01 T6T8-02 T6T8-04 T6T8-05 T6T8-07 T6T8-06 T6T8-09 T6T8-08 T6T8-10 T6T8-11 T6T8-12 T6-T8

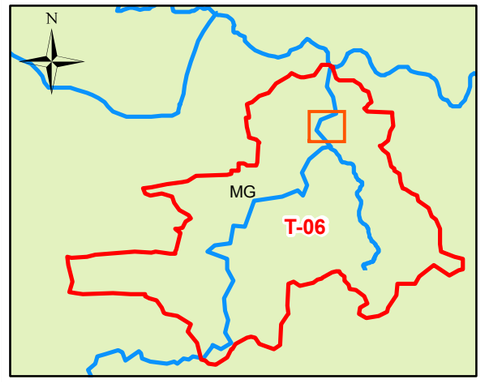
T6T8 - 02 (2,03 m) T6T8 - 01 (0,52 m) T6T8 - 04 (3,14 m) T6T8 - 05 (2,03 m) T6T8 - 07 (3,16 m) T6T8 - 08 (2,20 m) T6T8 - 10 (3,70 m) T6T8 - 12 (0,72 m) T6T8 - 11 (1,11 m) T6T8 - 09 (3,40 m) T6T8 - 06 (2,70 m)







Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 129
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do TransectoT6T8

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.500	30/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 129 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 8 (T6-T8)

666000 666050 666100 666150 666200 666250

7761000 7760950 7760900 7760850 7760800

T7T1-01 T7T1-02 T7T1-03 T7T1-04 T7T1-05 T7T1-06 T7T1-07 T7T1-08 T7T1-09 T7T1-10

T7T1 - 01 (0,00 – 0,50 m)

T7T1 - 02 (0,00 – 1,47 m)

T7T1 - 03 (0,00 – 1,70 m)

T7T1 - 04 (0,00 – 1,78 m)

T7T1 - 05 (0,00 – 3,10 m)

T7T1-06 (0,00 – 3,73 m)

T7T1 - 07 (0,00 – 3,00 m)

T7T1 - 08 (0,00 – 1,26 m)

T7T1 - 09 (0,00 – 0,60 m)

T7T1 - 10 (0,00 – 0,67 m)

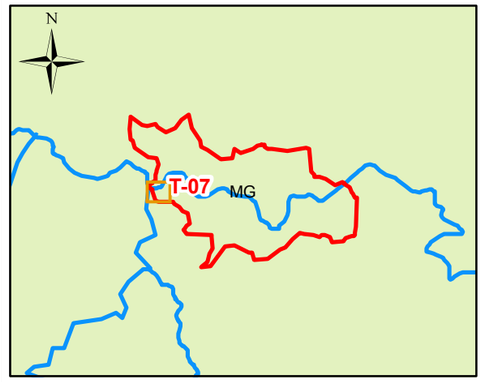
T-06 T-07 T7-T1







Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

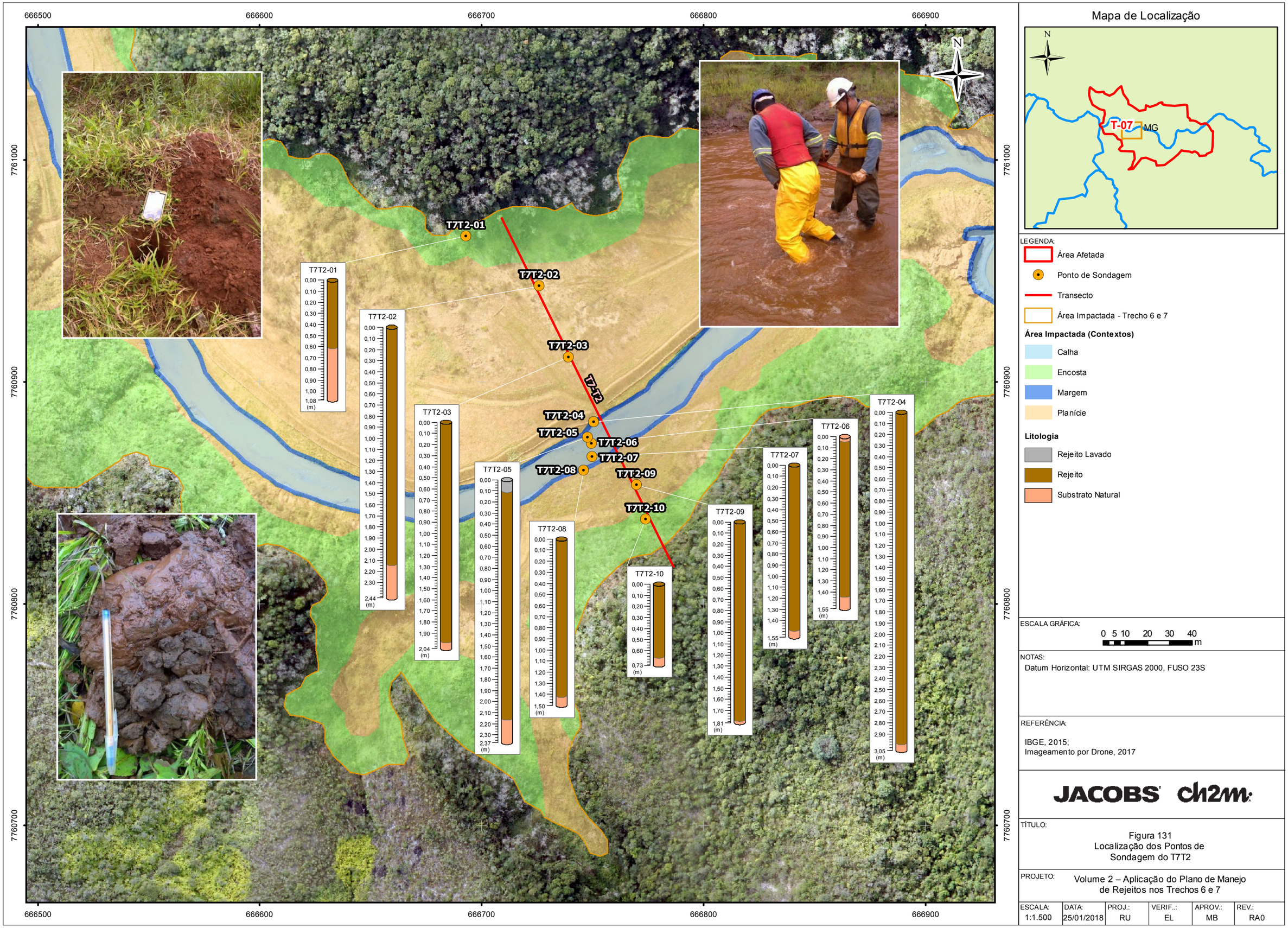
TÍTULO:
Figura 130
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do T7T1

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:950	30/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 130 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 1 (T7-T1)



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 131
Localização dos Pontos de Sondagem do T7T2

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:1.500	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 131 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 2 (T7-T2)

669350 669400 669450 669500 669550

7761000 7760950 7760900 7760850

N

T8T1-01 T8T1-02 T8T1-03 T8T1-04 T8T1-05 T8T1-06 T8T1-07 T8T1-08 T8T1-09

T8-T1







T8T1-01: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,92 (m)

T8T1-02: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,81 (m)

T8T1-03: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,78 (m)

T8T1-04: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,55 (m)

T8T1-05: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,63 (m)

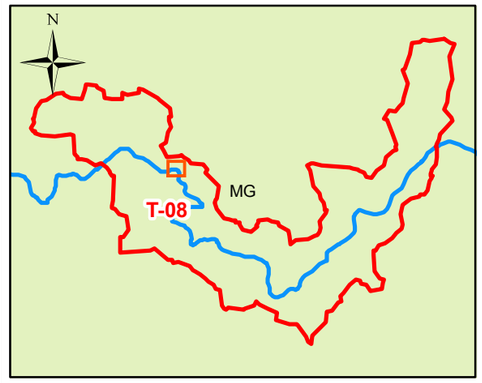
T8T1-06: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 (m)

T8T1-07: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,78 (m)

T8T1-08: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,63 (m)

T8T1-09: 0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,48 (m)

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Transecto
- Área Impactada - Trecho 8

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 132
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem do T8T1

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

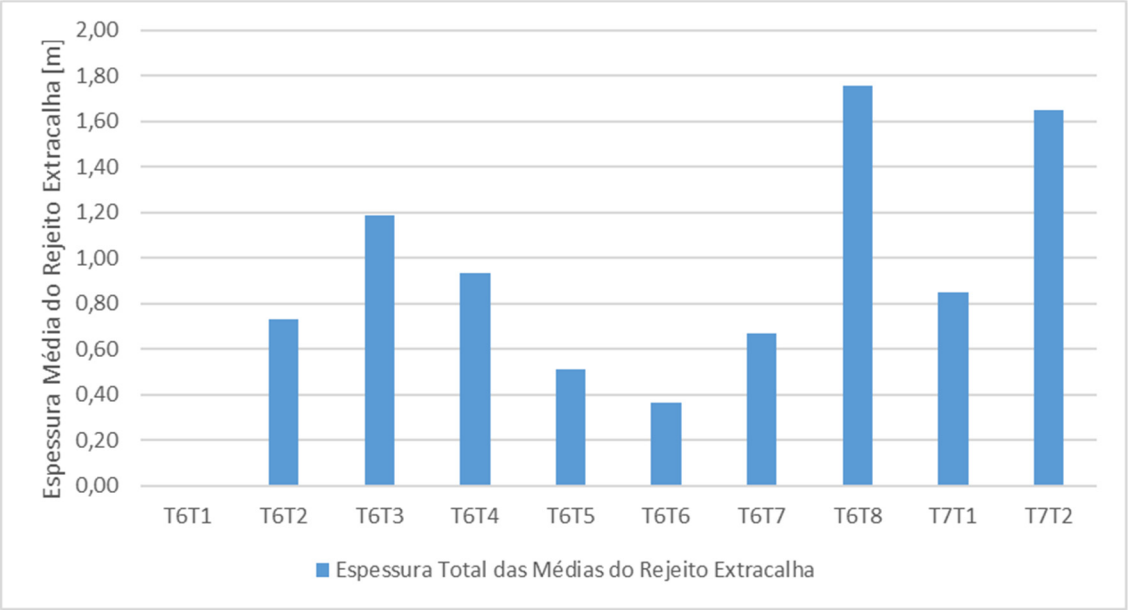
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:850	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 132 - Localização dos Pontos de Sondagem do Transecto 1 (T8-T1)

Os resultados das medições das espessuras de rejeito na seção extracalha são apresentados na Figura 133, com a média dos resultados encontrados nas diversas sondagens realizadas em cada um dos transectos na porção extracalha realizados neste estudo. Vale ressaltar que as sondagens coincidentes com lagoas marginais foram excluídas dos cálculos das médias com o objetivo de minimizar desvios nos cálculos de volume de rejeitos, a ser apresentado adiante neste relatório.

Figura 133 – Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

O maior pico de espessura de rejeito identificado no gráfico acima refere-se às sondagens realizadas nos transectos T6T8 (1,80 m), localizado em uma área com potencial característica natural de deposição de sedimentos, por uma questão física, de baixa declividade e boa oferta de espaço geográfico. A área atuou da mesma forma durante o evento, bem como pode-se observar nas imagens aéreas históricas abaixo, extraídas do Google Earth (Figura 134).

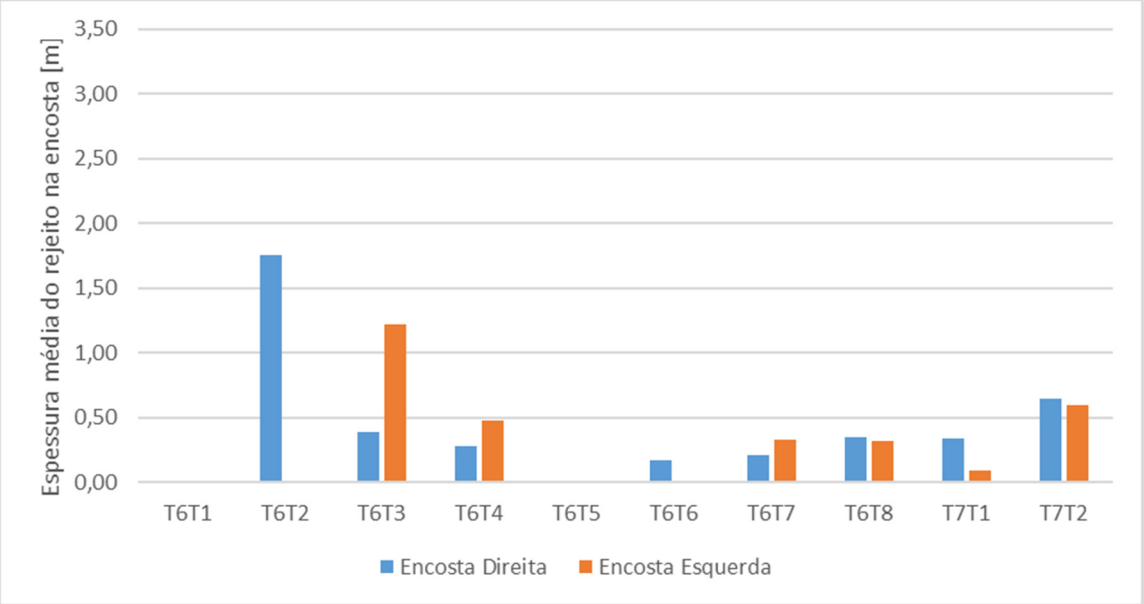
Figura 134 – Comparação temporal de área com característica de deposição de sedimentos



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas Geográficas: 23K 665939.15 / 7760276.57

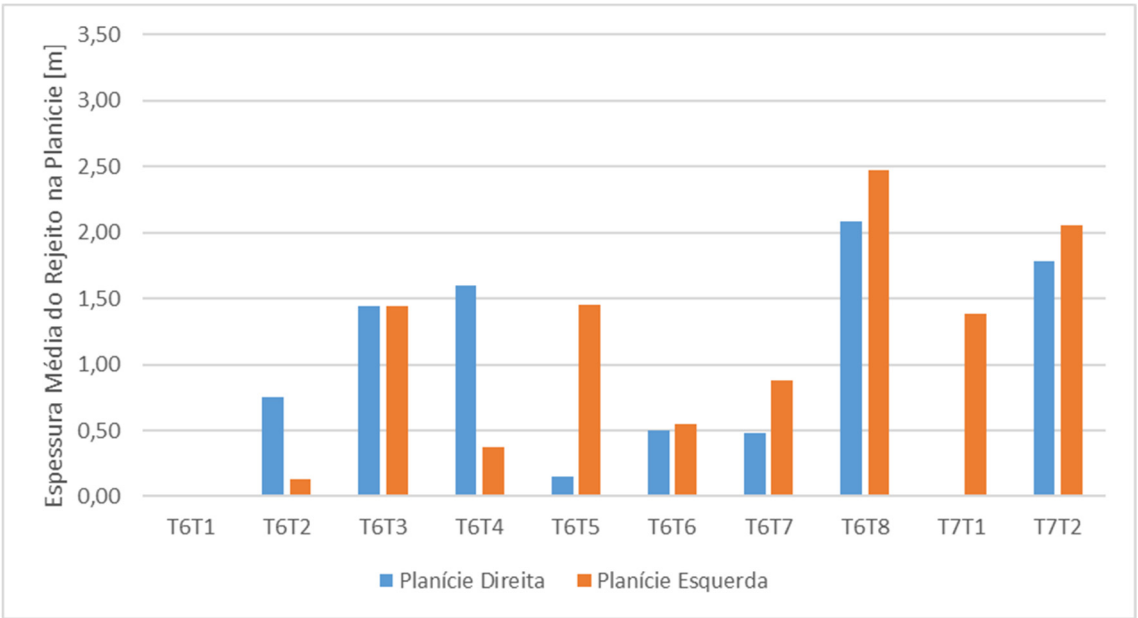
As espessuras de rejeito depositado na seção extracalha foram ainda avaliadas entre os diversos contextos, sendo estas ilustradas pelos gráficos abaixo (Figura 135, Figura 136 e Figura 137).

Figura 135 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas encostas da seção extracalha



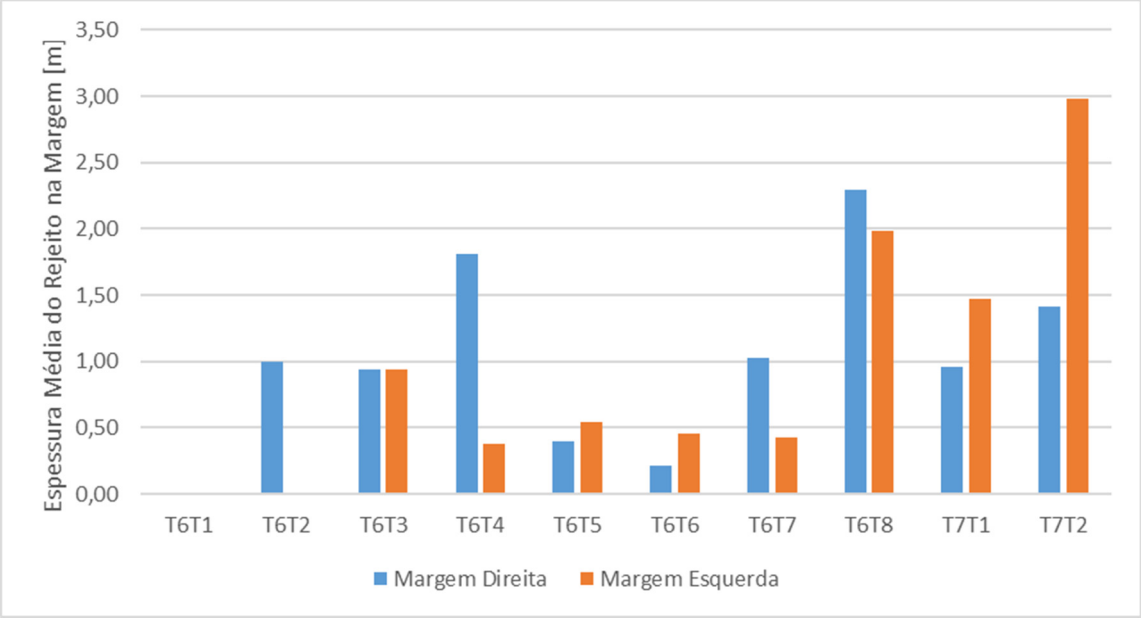
Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

Figura 136 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas planícies da seção extracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

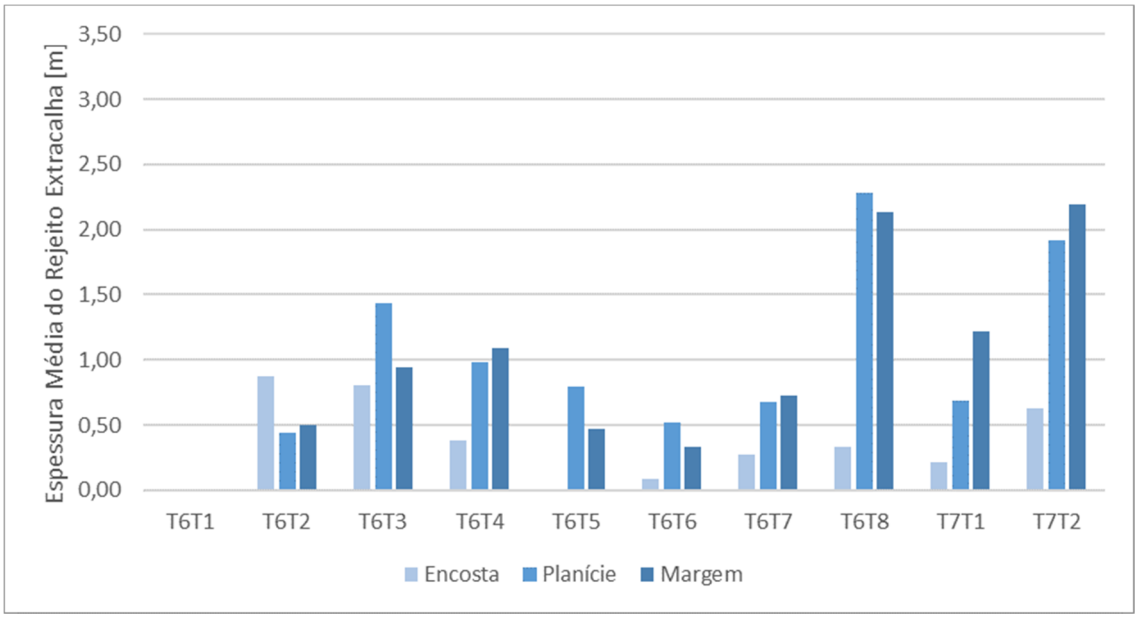
Figura 137 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados nas margens da seção extracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

Os dados dos gráficos anteriores estão compilados na Figura 138.

Figura 138 – Comparativo das espessuras médias dos depósitos de rejeito em cada contexto da seção extracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

Em valores absolutos, percebe-se a deposição de rejeito ocorre em sua maior parte em planícies e margens, justificada pela menor declividade destes contextos e pelo maior tempo de exposição ao rejeito, uma vez que as encostas se localizam em pontos mais altos e declivosos e tiveram menor tempo de submersão na passagem da onda de cheia.

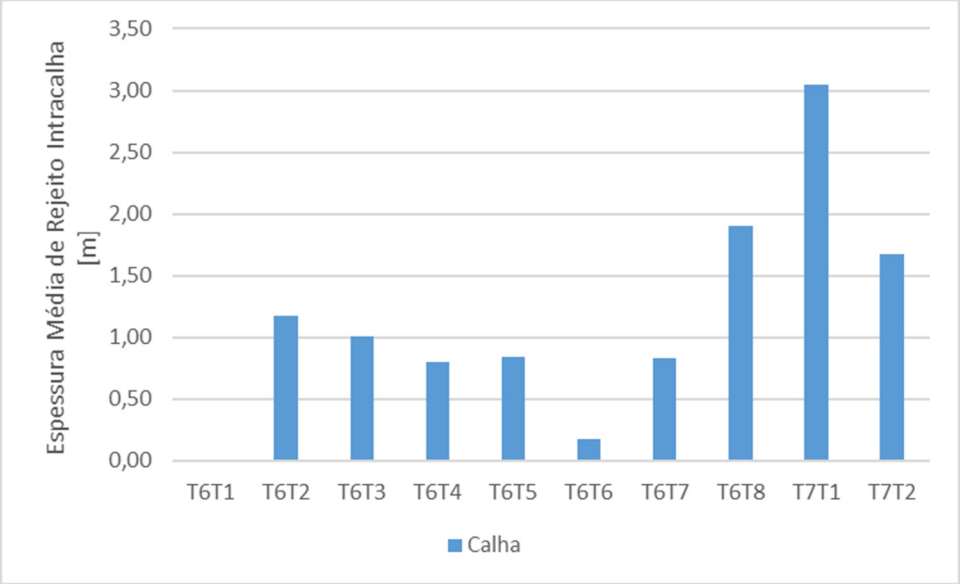
Ademais, estima-se que em períodos chuvosos, as encostas sofram com mais severidade com erosão em relação aos demais contextos. Devido à maior declividade deste contexto, as enxurradas geram vias preferenciais e atingem maior velocidade, erodindo as encostas. O material pode se depositar no contexto seguinte (planície), transferindo massa e espessura a ele.

Cabe ressaltar que os transectos T6T2 e T6T8 sofreram impactos apenas durante o evento, pois encontram-se fora do curso do córrego Santarém. Já os transectos T7T1 e T7T2 sofreram novos aportes de rejeito, ainda que em menor grau, pelo carreamento de rejeito remanescente na barragem de Fundão durante o período de chuvas de 2015/2016.

Já o rejeito lavado (*lag layer*), identificado nas sondagens realizadas na seção intracalha apresentou uma média de 0,23 m de espessura com um valor mínimo de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem, inclusive no ponto não impactado, T6T1) e um máximo de 1,11 m de espessura (T7T1). A média do rejeito lavado em cada transecto variou de 0,00 m (T6T1) a 0,63 m (T6T3).

O rejeito inconsolidado apresentou uma maior amplitude na variação da espessura, de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem e também no ponto não impactado, T6T1) a 3,38 m (T7T1). Já as médias das espessuras por transecto variaram de 0,0 m no T6T1 a 2,50 m no T7T1. Os dados da soma das médias dos rejeitos, lavado e inconsolidado, de cada um dos transectos são apresentados na Figura 139.

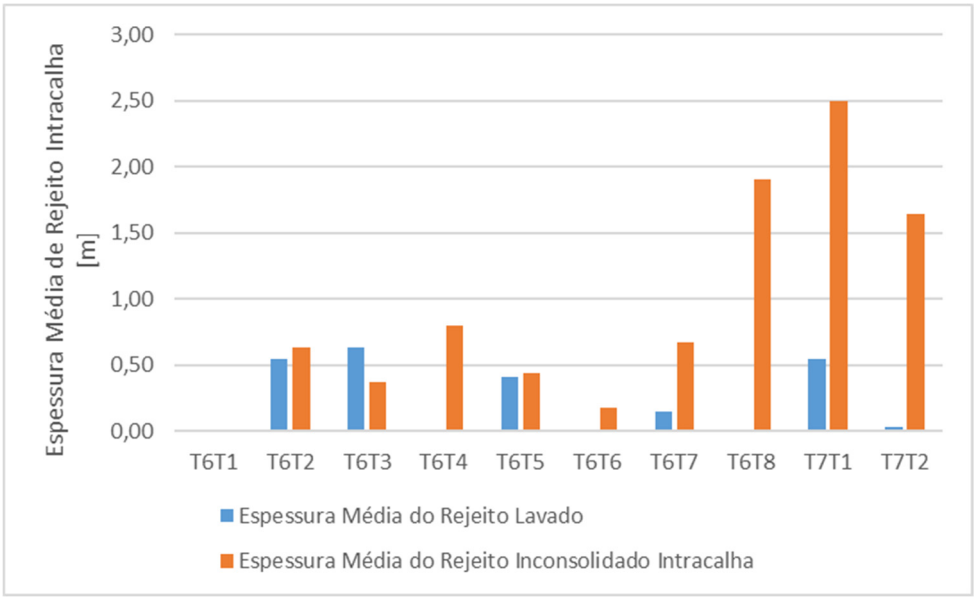
Figura 139 – Soma das médias dos depósitos de rejeito lavado e inconsolidado encontrados na porção intracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

A Figura 140 destacam as camadas que compõem a figura anterior.

Figura 140 – Espessuras médias dos depósitos de rejeito encontrados na porção intracalha



Nota: Não foram encontrados depósitos de rejeitos no T6T1.

Os 3 maiores picos identificados no gráfico acima referem-se à:

- T6T8: Montante da confluência entre o rio Gualaxo do Norte e córrego Santarém e jusante da confluência entre rio Gualaxo do Norte e córrego Carmargos

- T7T1: Jusante da área de confluência do córrego Santarém e montante de afunilamento do rio Gualaxo do Norte (garganta)
- T7T2: Montante de meandro agudo e afunilamento do curso do rio Gualaxo do Norte (garganta)

O pico detectado no transecto T7T2, bem como no T6T8 na porção extracalha, pode ser explicado pela análise de imagens aéreas históricas da localidade encontradas no Google Earth, as quais indicam uma característica natural de deposição de sedimentos em alguns pontos, formando bancos de sedimentos, conforme observado abaixo (Figura 141).

Figura 141 – Comparação temporal de área com característica de deposição de sedimentos.



Fonte: adaptado de Google Earth (JACOBS CH2M, 2017)
Coordenadas Geográficas: 23K 666771.34 / 7760867.25

A imagem superior esquerda, datada de antes do evento, apresenta a deposição natural de sedimentos coberta por vegetação e fora do destaque a jusante também, continuada dias após o evento e persistindo até 26 de julho de 2017, data da última imagem aérea disponibilizada pelo Google Earth.

Em adição à característica natural de depósito identificado para o T7T2, observa-se um grande afunilamento rochoso, formando uma “garganta” no curso do rio, o que reduz a velocidade e represa a massa fluída durante o evento, favorecendo a decantação e deposição do material em suspensão. O mesmo raciocínio pode ser aplicado ao T7T1, como pode-se observar na Figura 142.

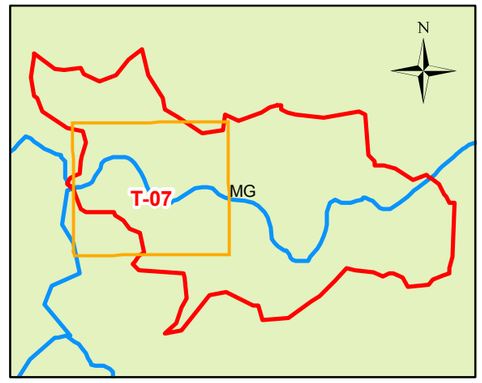
666150 666300 666450 666600 666750 666900 667050

7761300 7761150 7761000 7760850 7760700 7760550

T7-T1

T7-T2

Mapa de Localização



LEGENDA:

Contour

Curva de Nível (5m)

Transecto

ESCALA GRÁFICA:

0 20 40 80 120 160 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento LIDAR, fornecido por Fundação Renova, 2017;
Digital Globe, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura142
Afunilamento (garganta) no curso do rio à jusante dos transectos T7T1 e T7T2

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:3.535	30/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 142 - Afunilamento (garganta) no curso do rio à jusante dos transectos T7T1 e T7T2

5.2.4.2 Espessura de Rejeito nas Lagoas

Foram identificadas nos Trechos 6 e 7, 8 lagoas marginais, das quais 7 encontram-se soterradas e 1 assoreada, isto é, sofreu impactos do evento, mas teve depósito parcial de rejeito, não sendo preenchida por completo. Das 7 lagoas soterradas, algumas tiveram suas espessuras de rejeito mapeadas com sondagens realizadas nos transectos T6T2, T6T4, T6T7 e T6T8, e também em sondagens independentes. Foram alvo deste estudo, as Lagoas T6-L1, T6-L2 (sondagens independentes), T6-L3, T6-L6 e T6-L7, conforme observado nas figuras abaixo. A lagoa T6-L7 teve sua medida de volume baseada na sondagem realizada em sua margem, uma vez que a característica do depósito foi semelhante ao da planície, em que pertence a lagoa.

664600 664650 664700 664750 664800

7757450 7757400 7757350 7757300 7757250



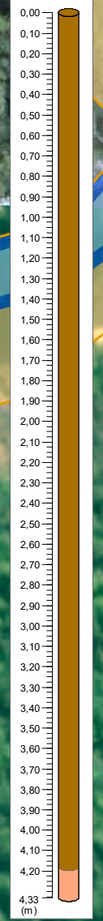


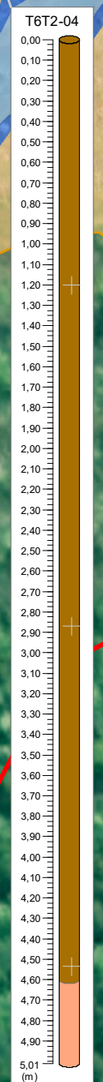
T6T2-03

T6T2-04

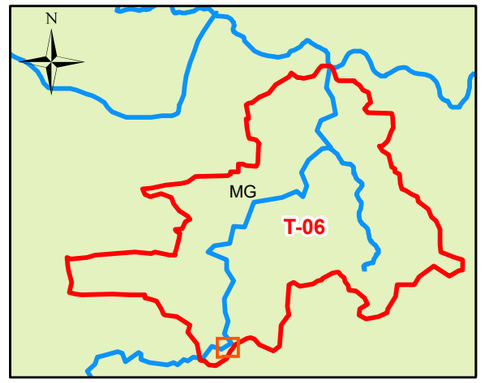
T6 Lagoa1







Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Soterrada

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 143
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6L1

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:900	30/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 143 - Localização dos Pontos de Sondagem da Lagoa 1 (T6 Lagoa 1)

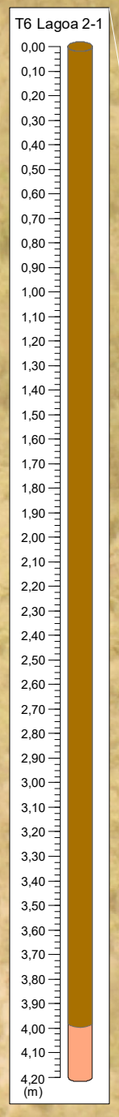
664710 664740 664770 664800 664830

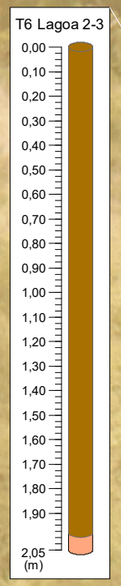
7758480 7758450 7758420 7758390 7758360

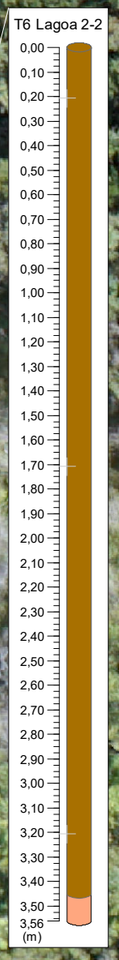






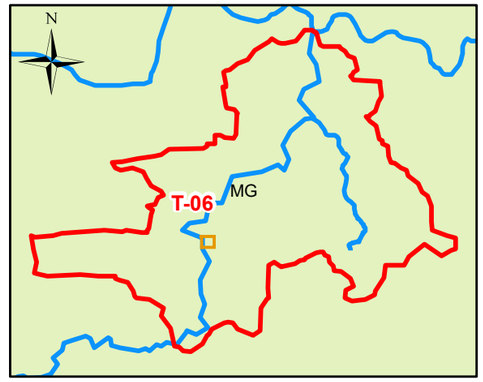








Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e

Área Impactada

- Calha
- Margem
- Planície

Lagoa Marginal em

- Soterrada

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 3 6 12 18 24 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 144
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6 2

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:500	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 144 - Localização dos Pontos de Sondagem da Lagoa 2 (T6 Lagoa 2)

664550 664600 664650 664700 664750 664800

7758850 7758800 7758750 7758700 7758650

T6 Lagoa3

T6T4-02







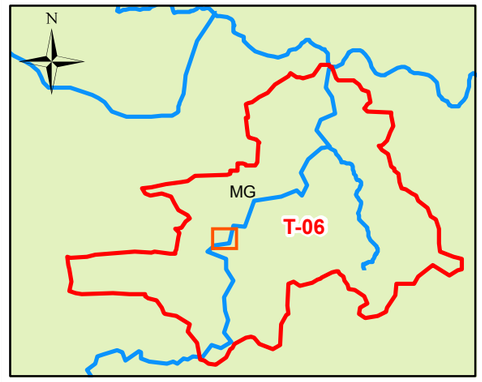
T6T4-02

0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,00 2,10 2,20 2,30 2,40 2,50 2,60 2,70 2,80 2,90 3,00 3,10 3,20 3,30 3,40 3,50 3,60 3,70 3,80 3,90 4,00 4,10 4,20 4,30

(m)

N

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Soterrada

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:
0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 145
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6L3

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:1.000	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 145 - Localização dos Pontos de Sondagem da Lagoa 3 (T6 Lagoa 3)

665700 665800 665900 666000

7760300 7760200 7760100

T6 Lagoa6

T6T8-03



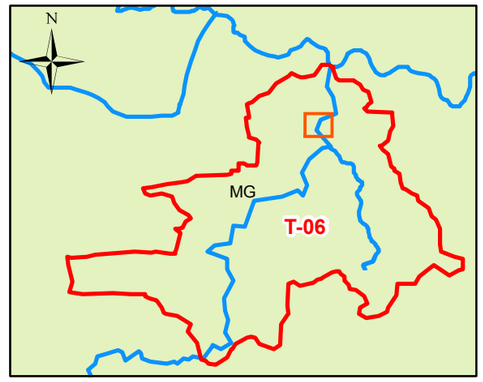




T6T8 - 03

0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,00 2,10 2,20 2,30 2,40 2,50 2,60 2,70 2,80 2,90 3,00 3,10 3,20 3,30 3,40 3,50 3,60 3,70 3,80 3,90 4,00 4,11 (m)

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Litologia

- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:

0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 146
Localização e espessura dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6L6

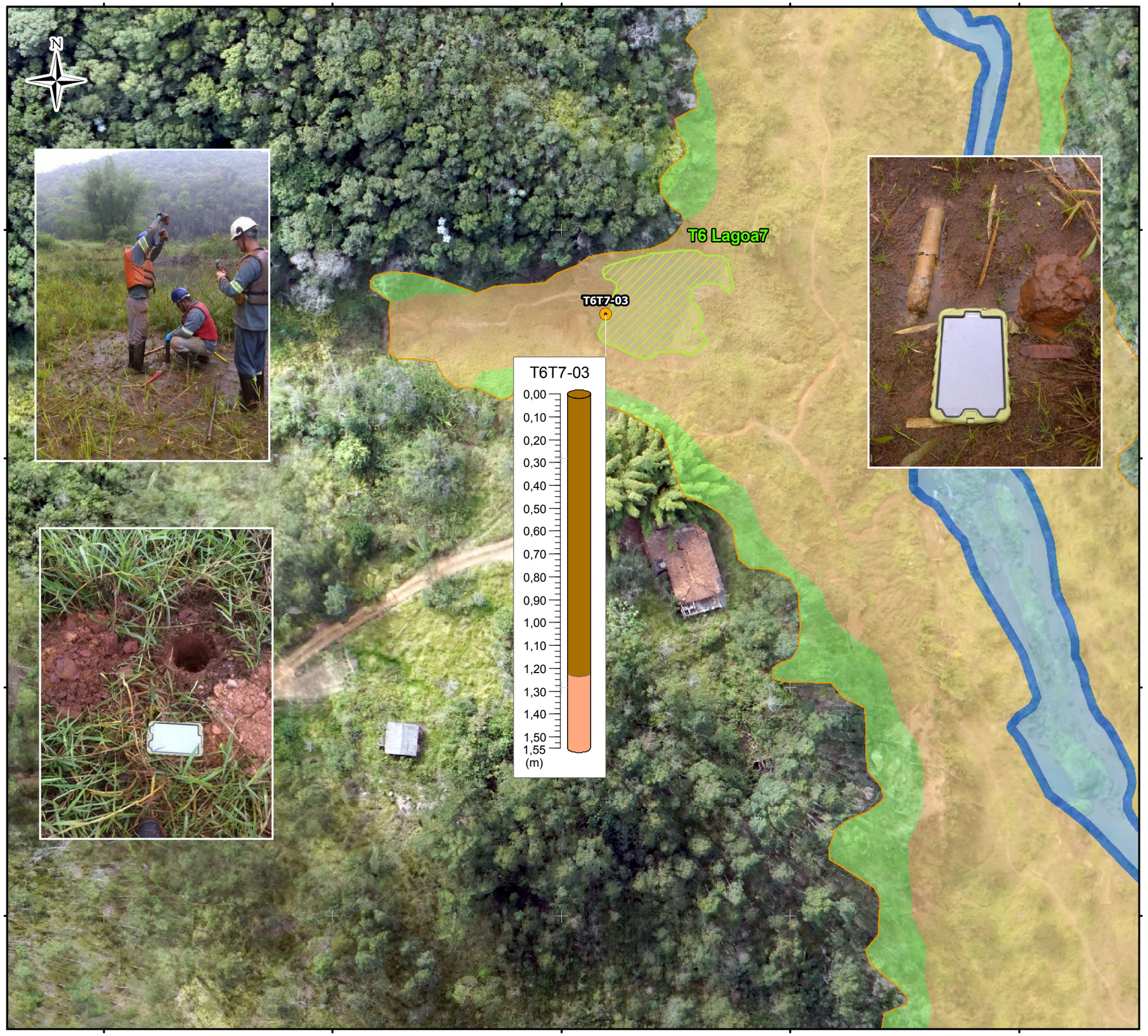
PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

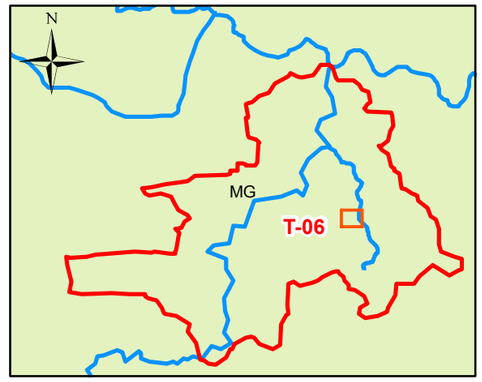
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:1.118	25/01/2018	RU	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 146 - Localização dos Pontos de Sondagem da Lagoa 6 (T6 Lagoa 6)



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Área Afetada
- Ponto de Sondagem
- Área Impactada - Trecho 6 e 7

Área Impactada (Contextos)

- Calha
- Encosta
- Margem
- Planície

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Conectada

Litologia

- Rejeito Lavado
- Rejeito
- Substrato Natural

ESCALA GRÁFICA:
0 5 10 20 30 40 m

NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 147
Localização e Espessura dos Pontos de Sondagem da Lagoa T6L7

PROJETO:
Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:850	25/01/2018	mbuzzel1	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 147 - Localização dos Pontos de Sondagem da Lagoa 7 (T6 Lagoa 7)

A espessura de rejeito nas sondagens realizadas neste contexto variou de 1,22 m (lagoa T6-L7) a 4,60 m (lagoa T6-L1). As medições coletadas permitiram estabelecer a espessura média de 3,37 m de rejeito, que será utilizada para o cálculo de volume de rejeito deopsitado nas lagoas marginais dos Trechos 6 e 7, o qual contará ainda com os dados de área superficial de cada lagoa, calculada através de imagens áreas disponibilizadas pelo aplicativo Google Earth e também de softwares específicos para tal. A **Tabela 28** apresenta os dados das sondagens realizadas em lagoas nos Trechos 6 e 7, bem como a média calculada.

Tabela 28 – Dados das Sondagens de Reconhecimento Realizadas nas Lagoas Marginais

TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			ID* SONDAGEM	ESPESSURA DO REJEITO	MÉDIA DE ESPESSURA EM CADA LAGOA	ESPESSURA MÉDIA TOTAL DE REJEITO
		Fuso	Leste	Norte				
T6T2	T6T2-03	23 K	664.721	7.757.410	T6-Lagoa 1	4,18	4,39	3,37
	T6T2-04	23 K	664.728	7.757.405		4,60		
T6T4	T6T4-02	23 K	664.689	7.758.815	T6-Lagoa 3	4,10	4,10	
T6T8	T6T8-03	23 K	665.974	7.760.301	T6-Lagoa 6	4,01	4,01	
T6T7*	T6T7-03	24 K	666.095	7.760.968	T6-Lagoa 7	1,22	1,22	
Sondagens Independentes	Lagoa 2-1	23 K	664.771	7.758.422	T6-Lagoa 2	3,98	3,14	
	Lagoa 2-2	23 K	664.777	7.758.432	T6-Lagoa 2	3,45		
	Lagoa 2-3	23 K	644.775	7.758.438	T6-Lagoa 2	1,98		

*ID: Identificação

As sondagens foram realizadas com a mesma metodologia de sondagem dos transectos e realizadas no centro das lagoas marginais, justamente com o objetivo de determinar as espessuras máximas de rejeito, com exceção da sondagem Lagoa 2-3 que atingiu uma região periférica da Lagoa T6-L2.

Observou-se que as lagoas não possuem grande dissiparidade de profundidades, bem como de espessuras de rejeito (quando soterradas).

5.2.4.3 Resultados de Granulometria

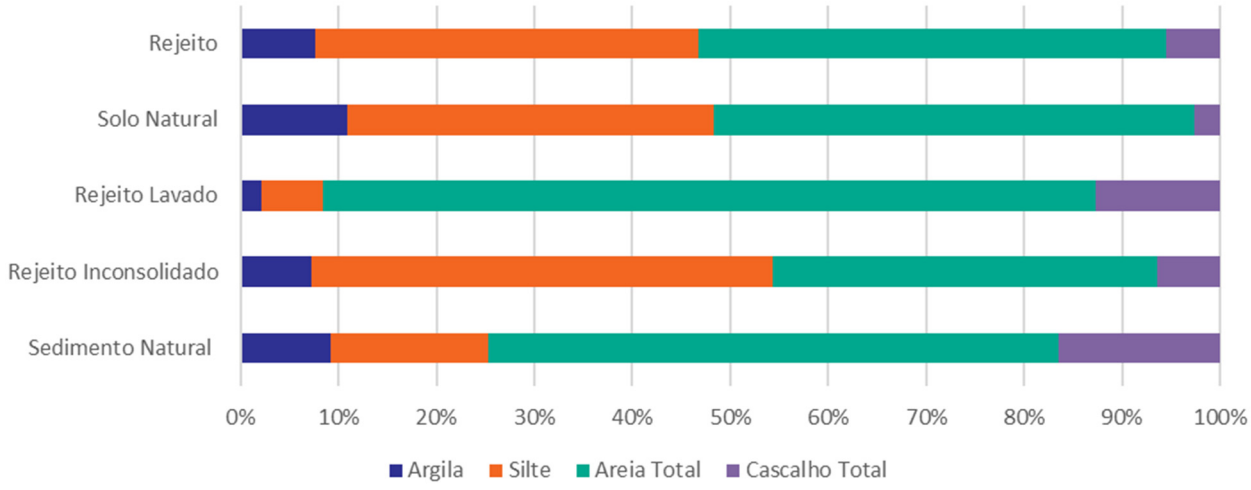
Os resultados laboratoriais de granulometria são apresentados no **Anexo VI** . Um resumo dos resultados de granulometria para os Trechos 6 e 7 é apresentado na **Tabela 29**.

Tabela 29 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Trechos 6 e 7

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	CAMADA	SEÇÃO DO RIO	GRANULOMETRIA (%)											
			ARGILA	SILTE	AREIA MUITO FINA	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	AREIA MUITO GROSSA	AREIA TOTAL	CASCALHO	FRAÇÃO (2,0 - 4,8MM)	FRAÇÃO (4,8 - 19,1MM)	FRAÇÃO (> 19,1MM)
T6T1.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	11,2	39	5,94	13	25,4	1,61	1,45	47,35	> 2mm	0,5623	1,87	< 0,1100
T6T1.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	7,48	18,1	16,3	24,1	10,7	3,92	5,28	60,32	> 2mm	8,01	6,15	< 0,1100
T6T1.IC.SN1	Sedimento Natural	Intracalha	0,4225	0,2183	0,6921	2,81	6,41	7,03	7,29	24,23	> 2mm	15,2	41,9	18,1
T6T1.IC.SN2	Sedimento Natural	Intracalha	1,26	< 0,1100	8,01	67,4	22,9	0,2519	0,1249	98,69	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T4.EC.RE	Rejeito	Extracalha	9,79	32,1	24,5	14,5	1,11	2,02	5,2	47,27	> 2mm	10,8	< 0,1100	< 0,1100
T6T4.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	7,05	15,2	21	31,1	21	2,45	2,15	77,77	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T4.IC.RI	Rejeito Inconsolidado	Intracalha	8,14	38,9	21,2	15,7	2,25	7,02	4,8	50,99	> 2mm	2,04	< 0,1100	< 0,1100
T6T4.IC.RL	Rejeito Lavado	Intracalha	2,79	5,02	48,4	27,6	4,68	5,81	5,65	92,19	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T7.EC.RE	Rejeito	Extracalha	6,69	44,9	31,3	14,2	1,97	0,3746	0,3361	48,1	> 2mm	0,299	< 0,1100	< 0,1100
T6T7.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	6,27	17,1	17	31,9	21,4	5,07	0,9444	76,27	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T7.IC.RI	Rejeito Inconsolidado	Intracalha	6,73	37,1	27,8	16,7	4,12	1,21	1,32	51,13	> 2mm	4,95	< 0,1100	< 0,1100
T6T7.IC.RL	Rejeito Lavado	Intracalha	0,6517	3,49	6,99	24,9	14,1	4,83	3,87	54,63	> 2mm	23,4	17,9	9,77
T6T7.IC.SN	Sedimento Natural	Intracalha	4,16	7,93	6,79	14,9	40,2	18,5	7,35	87,71	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T8.EC.RE	Rejeito	Extracalha	6,1	34	21,1	21,5	5,21	2,27	2,36	52,36	> 2mm	7,52	< 0,1100	< 0,1100
T6T8.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	19,5	62,3	3,82	7,31	1,95	2,58	2,37	18,04	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T8.IC.RI	Rejeito Inconsolidado	Intracalha	6,12	39,3	27,8	13,2	2,22	0,8457	0,9643	45,05	> 2mm	9,46	< 0,1100	< 0,1100
T6T8.IC.SN	Sedimento Natural	Intracalha	38,1	20,8	13,3	12,5	8,36	3,63	1,6	39,3	> 2mm	1,42	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.EC.RE	Rejeito	Extracalha	7,88	40,8	27,2	8,92	1,08	1,77	4,85	43,79	> 2mm	7,49	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	8,38	40,1	29,9	14,5	4,6	1,16	0,9602	51,14	> 2mm	0,39	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.IC.RI	Rejeito Inconsolidado	Intracalha	5,41	34,9	19,1	13	2,68	4	6,01	44,81	> 2mm	14,8	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.IC.RL	Rejeito Lavado	Intracalha	3,01	9,19	44,3	25,7	6,33	7,1	4,42	87,86	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.IC.SN	Sedimento Natural	Intracalha	7,31	27,8	27,4	13,6	2,99	2,88	7,13	54,05	> 2mm	10,7	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.EC.RE	Rejeito	Extracalha	7,66	44,2	30,5	15,1	1,97	0,3687	0,2317	48,11	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.EC.SN	Solo Natural	Extracalha	16,8	70,6	4,13	3,18	2,18	1,03	2,22	12,73	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.IC.RI	Rejeito Inconsolidado	Intracalha	9,8	85,6	1,15	0,3701	< 0,1100	0,973	2,1	4,64	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.IC.RL	Rejeito Lavado	Intracalha	2,14	8,46	45,7	24,9	7,89	4,89	5,99	89,41	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.IC.SN	Sedimento Natural	Intracalha	5,32	26	27,9	13,2	3,83	2,29	8,19	55,44	> 2mm	13,3	< 0,1100	< 0,1100

Com base nos resultados de granulometria foram calculadas as médias das porcentagens de argila, silte, areia total e cascalho total para cada um dos tipos de material encontrados (extracalha: rejeito e solo natural, intracalha: rejeito lavado, rejeito inconsolidado e sedimento natural) para elaboração da Figura 148.

Figura 148 – Médias das porcentagens de argila, silte, areia total e cascalho total



A Figura 148 indica percentagens similares de argila, silte, areia e cascalho nas médias dos resultados de granulometria de solo natural e rejeito nas amostras do material extracalha, o que indica que para os trechos estudados apesar destes dois materiais serem visualmente distintos em campo, com relação a cor, por exemplo, a textura dos grãos que compõe as camadas de rejeito e do solo natural são bem parecidas.

Por outro lado, os resultados de granulometria para as camadas intracalha apresentaram uma diferença. No rejeito lavado foi detectada uma alta porcentagem de areia, média de 81%, e baixa proporção de material mais fino como argila e silte, média de 8%; já no rejeito inconsolidado foi detectada uma maior proporção de material fino (argila e silte), média de 55% e uma menor proporção de areia, média de 39%. Em contraste, a camada mais profunda intracalha, de substrato natural, apresentou textura intermediária se comparada com o rejeito lavado e inconsolidado.

Foi observado que a maior proporção de cascalho (17%) foi encontrada na camada de sedimento natural, resultado esperado já que esta camada funcionava como antigo *lag layer,* antes da ruptura da Barragem de Fundão, formado por areia média a grossa com seixos. Vale ressaltar que o rejeito lavado foi a camada que apresentou a segunda maior média de cascalho (13%), valores maiores que no rejeito extracalha e rejeito inconsolidado, o que indica que este material mais grosseiro está

sendo transportado de áreas a montante em eventos de cheia do rio e depositado nas seções do Trechos 6 e 7. Ressalta-se que a camada de sedimento lavado apresenta uma maior proporção de materiais mais grossos (areia e cascalho), em torno de 94%, mesmo se comparado com a camada de sedimento natural do rio, que apresenta aproximadamente 77%.

Os resultados de granulometria confirmam o modelo conceitual inicial que sugere que a camada de rejeito lavado que se formou após o acidente, atual *lag layer* da calha do rio, atua de forma geral como uma camada tampão do rejeito inconsolidado. Este rejeito lavado é formado por material de granulometria maior (areia e cascalho) e tem pouca contribuição para o aumento de turbidez do rio, uma vez que o material mais fino já foi carreado pelo processo de ressuspensão e transporte pela dinâmica do rio. Em baixo desta camada se encontra o rejeito inconsolidado, material com granulometria similar ao rejeito que se encontra nos depósitos extracalha, corroborando a hipótese de que os mesmos foram depositados concomitantemente aos depósitos extracalha, isto é, essencialmente por decantação a partir da onda de cheia resultante da mobilização dos materiais originários do evento de ruptura da barragem de Fundão. Este material, se exposto ao contato com a coluna d'água, fornece sedimentos finos que entrarão em suspensão, elevando a turbidez das águas do rio.

5.2.4.4 Análise de Concentrações de Metais

Depósitos Extracalha

Em transectos selecionados dos Trechos 6 e 7 (T6T1, T6T4, T6T7, T6T8, T7T1 e T7T2), foram coletadas amostras para análise de metais nas distintas camadas estratigráficas encontradas. Os laudos laboratoriais das análises de metais para as amostras de solo e sedimentos coletadas neste estudo, assim como suas respectivas cadeias de custódias, são apresentados nos **Anexos VI** e **VII**.

Um resumo dos resultados obtidos na seção extracalha é apresentado na **Tabela 30**, juntamente com os valores de referência de qualidade do solo, com base na CONAMA nº 420/2009 (prevenção e investigação agrícola), que estabelece critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanta à presença de sustâncias químicas e metais, em consonância com a Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011.

A **Tabela 30**, apresenta as concentrações de metais encontradas na seção extracalha dos Trechos 6 e 7.

Tabela 30 – Concentrações de metais encontradas na seção extracalha dos Trechos 6 e 7

PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE [2]	VALOR DE PREVENÇÃO [1]	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA [1]	T6T1	T6T4		T6T7		T6T8		T7T1		T7T2	
					T6T1.EC.SN	T6T4.EC.RE	T6T4.EC.SN	T6T7.EC.RE	T6T7.EC.SN	T6T8.EC.RE	T6T8.EC.SN	T7T1.EC.RE	T7T1.EC.SN	T7T2.EC.RE	T7T2.EC.SN
Alumínio	mg/kg	-	-	-	9366,6	1513,7	896,4	999,3	6090,6	1523,7	2691,7	768,6	2980,5	845,8	5492
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	< 1,17	< 1,28	< 1,23	< 1,18	< 1,37	< 1,15	< 1,28	< 1,19	< 1,39	< 1,19	< 1,43
Arsênio	mg/kg	8	15	35	< 1,76	**23**	< 1,85	< 1,77	< 2,05	< 1,73	< 1,92	< 1,78	**10,8**	< 1,78	**92,4**
Bário	mg/kg	93	150	300	11,7	**136,2**	**146,2**	11,8	30	9,05	5,89	7,95	35,5	20,4	**571,5**
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4,68	< 5,12	< 4,94	< 4,72	< 5,48	< 4,62	< 5,11	< 4,75	< 5,58	< 4,75	< 5,71
Cádmio	mg/kg	≤0,4	1,3	3	< 1,17	< 1,28	< 1,23	< 1,18	< 1,37	< 1,15	< 1,28	< 1,19	< 1,39	< 1,19	< 1,43
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	< 2,34	< 2,56	< 2,47	< 2,36	**22,1**	< 2,31	< 2,55	< 2,38	4,52	< 2,38	9,38
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	< 1,76	< 1,92	< 1,85	< 1,77	4,67	< 1,73	< 1,92	< 1,78	4,95	< 1,78	**12,5**
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	< 2,34	< 2,56	< 2,47	< 2,36	20	< 2,31	5,83	< 2,38	9,27	< 2,38	21,5
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	41,9	7,35	7,48	< 5,31	**80,5**	< 5,20	10,9	< 5,34	28,6	12,8	26,6
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	30728,3	11925	12088,7	17587	8553,8	29036,7	40597,1	13697	16399,4	22281,4	39857,3
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	568,6	1838,9	1544,4	379,9	46	308,2	291,8	305	862,4	511,8	9778,9
Mercúrio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0,117	**0,118**	< 0,123	**0,061**	< 0,137	**0,059**	< 0,128	< 0,119	< 0,139	**0,089**	**0,7**
Molibdênio Total	mg/kg	≤0,9	30	50	< 2,34	< 2,56	< 2,47	< 2,36	< 2,74	< 2,31	< 2,55	< 2,38	< 2,79	< 2,38	< 2,85
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	< 2,34	< 2,56	< 2,47	< 2,36	16,7	< 2,31	< 2,55	< 2,38	< 2,79	< 2,38	**21,9**
Prata Total	mg/kg	≤0,45	2	25	< 1,76	< 1,92	< 1,85	< 1,77	< 2,05	< 1,73	< 1,92	< 1,78	< 2,09	< 1,78	< 2,14
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	< 1,76	< 1,92	< 1,85	< 1,77	< 2,05	< 1,73	< 1,92	< 1,78	< 2,09	< 1,78	< 2,14
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	31,9	< 5,12	< 4,94	< 4,72	44,1	< 4,62	< 5,11	< 4,75	17,1	< 4,75	< 5,71
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	10,4	< 6,39	< 6,17	< 5,90	12,4	8,61	21,7	< 5,94	10,8	13,3	35,8

[1] Resolução CONAMA 420. Critérios e valores orientadores de qualidade do solo.
[2] Deliberação Normativa COPAM n° 166. Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais.

XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 166. Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Prevenção
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação - Agrícola
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação – Residencial
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação - Industrial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais
XX	Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais

Como esperado, as maiores concentrações foram detectadas para alumínio, ferro e manganês. Para o Alumínio, as concentrações variaram de 768,6 a 9.366,6 mg/kg, com uma média de 3.015,35 mg/kg. Para Manganês, as concentrações variaram de 46 a 9.778,90 mg/kg, com uma média de 1.494,17 mg/kg. Para o Ferro, as concentrações variaram 8.553,80 a 40.597,10 mg/kg, com uma média de 22.068,33 mg/kg.

Detectou-se concentrações de Arsênio acima dos valores de referência para os transectos T6T4 (camada de rejeito), T7T1 (camada de substrato natural) e T7T2 (camada de substrato natural). É importante ressaltar que o padrão de referência menos restritivo adotado para o parâmetro Arsênio (35 mg/kg – Conama 420 – Investigação Agrícola) foi ultrapassado em uma amostra do substrato natural do transecto T7T2 (92,4 mg/kg), no Trecho 7, enquanto que no mesmo transecto a concentração de Arsênio no rejeito coletado foi abaixo do limite de quantificação do equipamento utilizado pelo laboratório. Uma condição semelhante foi identificada nas análises do transecto T7T1, em que a concentração de Arsênio em substrato natural foi de 10,8 mg/kg, superando o valor de referência mais restritivo adotado para o composto (8 mg/kg – COPAM nº 166/2011), enquanto que a concentração encontrada para o rejeito, no mesmo transecto, foi abaixo do limite de quantificação do equipamento (<1,78 mg/kg). Para o transecto T7T1, as concentrações não ultrapassaram os valores de referência da CONAMA nº 420/2009.

O resultado provoca a discussão sobre a ocorrência de Arsênio no substrato natural da seção extracalha, podendo ser ocorrência natural ou ocasionada por atividades históricas antrópicas, como a conhecida e centenária exploração de ouro na região. Estudos apontam que a extinta Companhia Mina de Passagem, em Mariana, descartou aproximadamente 4 milhões de toneladas de estéreis enriquecidos em arsênio e metais pesados diretamente no rio (2016, Golder apud Vial, In Shobbeanhaus, 1988). Segundo Gardenal (2002), até a década de 1980, o processo de mineiração despejava o rejeito do processo nos rios da região. Assim, o Arsênio foi gradativamente introduzido no meio ambiente, podendo persistir até os dias de hoje,

Em imagens áreas disponibilizadas pelo Google Earth, observa-se diversas potenciais lagoas de garimpo, conforme apresentado na Seção 5.1.10, reforçando a hipótese sobre a ocorrência de concentrações de Arsênio e Mercúrio.

O mercúrio foi o composto com o maior número de ocorrências dentre os analisados, com detecções nos transectos T6T4 (0,118 mg/kg), T6T7 (0,061 mg/kg) e T6T8 (0,059 mg/kg) na camada

do rejeito e no T7T2 (0,089 mg/kg no rejeito e 0,7 mg/kg no substrato natural). O ponto de maior concentração foi identificado no substrato natural do transecto T7T2 (0,7 mg/kg), superando o valor de prevenção da Resolução CONAMA nº 420/2009 (0,5 mg/kg), mas não o valor de investigação agrícola (12 mg/kg). O mercúrio em estado líquido é historicamente conhecido pelo seu uso no garimpo para formação de amálgamas com o ouro livre, facilitando a recuperação de frações muito finas que não são recuperáveis por métodos gravimétricos tradicionais. Contudo, trata-se apenas de um agente do processo, e após a recuperação do ouro agregado, é descartado no ambiente. Sabe-se que a atividade vem ocorrendo por pelo menos 200 anos na região.

O Bário foi encontrado em todas as amostras coletadas, tanto em rejeito quanto no substrato natural, superando o Valor de Referência de Qualidade para o Estado de MG DN COPAM nº166 em amostras de rejeito e substrato natural do transecto T6T4, com respectivas concentrações de 136 mg/kg e 146,2 mg/kg, sendo valores bastante próximos de concentração. Já a amostra do substrato natural do transecto T7T2 apresentou concentração de 571,5 mg/kg, superando todos os valores de referência adotados, inclusive o Valor de Investigação Agrícola da Resolução Conama 420. Segundo Sousa (2016), a presença de bário na forma de barita (SO4Ba – Sulfato de Bario) é comum como mineral acompanhante, localmente, do minério de ferro da região do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, abrangendo a área da bacia de contribuição do rio Gualaxo do Norte. Tal fato explicaria a presença de Bário tanto no substrato como no rejeito, sendo atribuído à presença deste elemento na composição dos minérios de ferro originários da Formações Ferríferas Bandadas (ou BIF, em inglês – Banded Iron Formation).

Em detalhe na tabela de concentrações, pode-se observar ainda a concentração de Cobalto (12,5 mg/kg) superando o valor de referência de qualidade estabelecido pela COPAM nº 166/2011 (6 mg/kg) em apenas um transecto (T6T7: Substrato natural), mas não superando os demais valores de referências adotados (Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valor de Prevenção e de Investigação Agrícola), de 25 mg/kg e 35 mg/kg. A ocorrência pode ser atrelada à ocorrência natural ou pontual, uma vez que não houve detecção em nenhum outro transecto ou camada analisada neste estudo. O mesmo pode ser aplicado ao composto Cromo, encontrado acima do valor de prevenção da Resolução CONAMA nº 420/2009 e do valor de referência de qualidade da COPAM nº166/2011 (ambas as com valores de 75 mg /kg) em substrato natural com a concentração de 80,5 mg/kg, não superando o valor de investigação agrícola determinado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (150 mg/kg). Não se observou tendência de ocorrência para os parâmetros mencionados neste parágrafo.

A detecção de níquel não superou os valores menos restritivos adotados como comparativo, porém teve ligeira extrapolação do valor de referência de qualidade da COPAM nº166,com 21,5 mg/kg, contra 21,9 mg/kg de detecção. A concentração ocorreu em apenas um ponto, conforme observa-se na planilha de concentrações, sendo esta no substrato natural do transecto T7T2. O cenário não indica tendência de ocorrência do composto Níquel, apenas de caráter pontual, talvez ocasionada por ocorrência natural.

Depósitos Intracalha

Também para os resultados de concentrações de metais obtidos na seção intracalha, é apresentado na **Tabela 31** um compilado dos dados, juntamente com os valores de referência de qualidade do solo, com base na Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional

Tabela 31 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos Trechos 6 e 7

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1 PARA ÁGUA DOCE [1]	NÍVEL 2 PARA ÁGUA DOCE [1]	T6T1	T6T4		T6T7			T6T8			T7T1			T7T2		
				T6T1.IC.SN1	T6T4.IC.RI	T6T4.IC.RL	T6T7.IC.SN	T6T7.IC.RI	T6T7.IC.RL	T6T8.IC.RI	T6T8.IC.RL	T6T8.IC.SN	T7T1.IC.RI	T7T1.IC.RL	T7T1.IC.SN	T7T2.IC.RI	T7T2.IC.RL	T7T2.IC.SN
Alumínio Total	mg/kg	-	-	1752,8	769	625,7	2505,7	623,2	992,1	1160,9	1230,6	16250,1	710,4	591,3	426,4	2560,2	1125,4	990,1
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,08	< 1,14	< 1,24	< 1,18	< 1,16	< 1,23	< 1,16	< 1,21	< 1,39	< 1,21	< 1,27	< 1,16	< 1,29	< 1,32	< 1,18
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	**51,5**	< 1,71	**9,32**	< 1,77	< 1,75	< 1,85	< 1,74	< 1,82	< 2,09	< 1,81	< 1,91	< 1,74	< 1,94	< 1,99	< 1,78
Bário Total	mg/kg	-	-	46,2	16,9	438,7	8,6	26	523,3	37,4	29	7,28	7,25	69,6	4,69	22,8	183	281,1
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,32	< 4,56	< 4,95	< 4,72	< 4,66	< 4,92	< 4,63	< 4,85	< 5,58	< 4,83	< 5,10	< 4,65	< 5,16	< 5,30	< 4,73
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 1,08	< 1,14	< 1,24	< 1,18	< 1,16	< 1,23	< 1,16	< 1,21	< 1,39	< 1,21	< 1,27	< 1,16	< 1,29	< 1,32	< 1,18
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	9,95	< 2,28	< 2,48	5,21	< 2,33	< 2,46	< 2,31	< 2,43	< 2,79	< 2,42	< 2,55	< 2,33	< 2,58	< 2,65	< 2,37
Cobalto Total	mg/kg	-	-	9,37	< 1,71	< 1,86	3,76	4,25	< 1,85	< 1,74	< 1,82	22,1	< 1,81	< 1,91	< 1,74	< 1,94	9,36	3,51
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	10,9	< 2,28	3,9	6,21	< 2,33	9,87	< 2,31	< 2,43	10,7	< 2,42	< 2,55	< 2,33	< 2,58	< 2,65	4,32
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	22,5	7,87	20,3	29,6	6,1	16,4	7,79	< 5,46	**369,8**	< 5,43	< 5,73	< 5,23	14,3	< 5,96	7,45
Ferro Total	mg/kg	-	-	54284,3	19647,6	17269,6	14070,8	17733,4	12701,8	19606,6	10203,1	24133,5	13831,8	14609,6	15494,3	23688,1	10886,7	14882,8
Manganês Total	mg/kg	-	-	13011,9	501,1	3374,4	106,1	547,9	3028,3	496	583,9	457,9	239,4	985,2	156,3	569,6	2066,2	2509,9
Mercúrio Total	mg/kg	0,17	0,486	**0,636**	0,082	0,135	< 0,118	0,07	0,101	< 0,012	0,089	< 0,139	0,041	0,087	< 0,116	0,159	0,074	< 0,118
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,16	< 2,28	< 2,48	< 2,36	< 2,33	< 2,46	< 2,31	< 2,43	< 2,79	< 2,42	< 2,55	< 2,33	< 2,58	< 2,65	< 2,37
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,16	< 2,28	< 2,48	5,08	< 2,33	< 2,46	< 2,31	< 2,43	**48,1**	< 2,42	< 2,55	< 2,33	< 2,58	< 2,65	< 2,37
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,62	< 1,71	< 1,86	< 1,77	< 1,75	< 1,85	< 1,74	< 1,82	< 2,09	< 1,81	< 1,91	< 1,74	< 1,94	< 1,99	< 1,78
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,62	< 1,71	< 1,86	< 1,77	< 1,75	< 1,85	< 1,74	< 1,82	< 2,09	< 1,81	< 1,91	< 1,74	< 1,94	< 1,99	< 1,78
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,32	< 4,56	< 4,95	20	< 4,66	< 4,92	< 4,63	< 4,85	68,2	< 4,83	< 5,10	< 4,65	< 5,16	< 5,30	< 4,73
Zinco Total	mg/kg	123	315	14,6	< 5,69	< 6,19	< 5,90	< 5,82	< 6,15	< 5,79	< 6,07	13,8	< 6,04	< 6,37	< 5,81	14,8	8,24	11,9

[1] Resolução CONAMA Nº 454. Níveis de classificação do material a ser dragado.

XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 - Nível 1 Para Água Doce
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 - Nível 2 Para Água Doce
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais
XX	Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais

Observa-se a ocorrência de Arsênio em substrato natural no transecto localizado em região não impactada pelo evento do rompimento da barragem de Fundão (T6T1) na seção intracalha. O fato chama a atenção e torna mais forte o argumento da ocorrência natural do composto na região ou em decorrência de atividade antrópica histórica (ilegal ou não). A concentração encontrada foi 51,5 mg/kg contra 5,9 mg/kg e 17 mg/kg da Resolução CONAMA nº 454/2012, para os Níveis 1 e 2 estabelecidos para água doce, respectivamente. O mesmo composto foi detectado no rejeito lavado do transecto T6T4, com a concentração de 9,32 mg/kg, não superando o Nível 2 para água doce, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (17 mg/kg), porém superando o Nível 1 (5,9 mg/kg). Não houve detecção do composto em nenhuma outra camada ou transecto dos Trechos 6 e 7, seção intracalha, não indicando tendência de ocorrência na região, e sim, ocorrências pontuais.

Observou-se ainda concentrações abaixo dos valores de referência para o composto Cromo, em alguns transectos e camadas, inclusive em camadas de substrato natural e no transecto T6T1 (não impactado pelo evento do rompimento da barragem de Fundão), fortalecendo a hipótese de ocorrência natural ou ocasionada por atividades antrópicas históricas de mineração (legalizadas ou garimpos). O ponto de maior concentração de Cromo foi encontrado no transecto T6T8, no substrato natural, com a concetração de 369,80 mg/kg, superando a concentração de referência mais restritiva de 37,3 mg/kg.

A ocorrência de Mercúrio nos pontos estudados teve o comportamento semelhante ao do composto Cromo, pois foi detectado em diversos pontos, inclusive em camadas de substrato natural. É importante ressaltar que a concentração mais elevada determinada de Mercúrio, assim como o Arsênio, foi no T6T1 (transecto localizado em área não impactada pelo evento do rompimento da barragem de Fundão), com a concentração de 0,636 mg/kg, superando os valores de referência adotados como padrões (Nível 1 e 2, 017 e 0,486 mg/kg, respectivamente), reforçando a hipótese de ocorrência ocasionada pelo garimpo ilegal, ou histórico, de ouro na região.

Já o composto Níquel, teve apenas dois pontos com detecção (T6T7 e T6T8), o restante dos pontos analisados teve concentrações abaixo dos limites de quantificação do equipamento do laboratório. Ambas as ocorrências determinadas nestes transectos, foram encontradas no substrato

natural da seção intracalha, sendo que apenas no T6T8, a concentração (48,1 mg/kg) superou os valores de referência Nível 1 e Nível 2 da CONAMA nº 454/2012 (18 e 35,9 mg/kg).

5.2.4.5 Análise de Fertilidade

As rochas existentes na superfície da Terra estão sujeitas ao intemperismo, que é o conjunto das modificações de natureza física (desagregação) e química (decomposição) que elas sofrem e que dependem de vários fatores ambientais, como clima, relevo, fauna, flora, tipo de rocha e tempo de exposição (BRANCO, 2014).

Os produtos friáveis e móveis formados pelo intemperismo e que não são imediatamente removidos pela água, vento ou gelo evoluem, sofrendo uma reorganização estrutural, e dão origem ao que se chama de solo, num processo conhecido por pedogênese.

Quando se refere à fertilidade do solo, refere-se à capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas crescerem e produzirem colheitas esperadas para a espécie. A capacidade do solo de fornecer nutrientes não se refere somente à saída de nutrientes do solo, mas também à capacidade de retê-los e disponibilizá-los às plantas posteriormente, (ANTÔNIO, s/d).

As plantas precisam de nutrientes, os chamados essenciais, ou seja, aqueles que não podem faltar na planta, caso contrário seu ciclo de vida não completa, não podem ser substituídos e estão diretamente envolvidos no metabolismo da planta. Estes nutrientes estão subdivididos em macro e micronutrientes.

Os macronutrientes são os nutrientes presentes em maior concentração nas plantas. São eles: C (Carbono), H (Hidrogênio), O (Oxigênio), N (Nitrogênio), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), P (Fósforo) e S (Enxofre). Já os micronutrientes estão presentes em menor concentração. São eles: B (Boro), Cl (Cloro), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês), Mo (Molibdênio), Ni (Níquel), Se (Selênio) e Zn (Zinco).

A amostragem do solo é a primeira e principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo, pois é com base na análise química da amostra do solo que se realiza a interpretação e que são definidas as doses de corretivos e de adubos.

A caracterização ambiental dos depósitos de rejeito contemplou análises da fertilidade do solo a partir de amostras coletadas nos Trechos 6 e 7. Esta seção apresenta a seguir os resultados das análises físico-químicas das amostras, bem como considerações sobre os resultados das análises laboratoriais e aponta recomendações gerais.

5.2.4.5.1 Metodologia

A caracterização ambiental dos depósitos foi realizada por meio de trabalhos de campo, em que foram realizadas inspeções nos Trechos 6 e 7, coleta de amostras nos meses de outubro e novembro de 2017 e envio para laboratórios para análise de parâmetros de fertilidade do solo

A amostragem foi realizada com a utilização de cavadeiras e trados, com a coleta dos primeiros 30 cm a partir da superfície em cada ponto de amostragem do transecto. Em seguida, todas as amostras superficiais dos pontos extracalha do transecto foram juntadas e quarteadas, de modo a se obter uma amostra composta representativa do referido transecto, conforme já descrito detalhadamente na Seção 5.2.3.

As análises laboratoriais, disponíveis no **Anexo VI**, foram realizadas pelo laboratório Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda. e compreenderam análises de parâmetros físicos e químicos, conforme apresentados na sequência.

Os resultados dos laudos das análises laboratoriais foram tabulados, as unidades padronizadas de acordo com as unidades adotadas para os valores de referência para posterior comparação. As faixas dos valores de referência foram classificadas para cada um dos parâmetros, nas categorias: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Vale ressaltar que a análise da fertilidade é realizada para avaliar a disponibilidade de nutrientes em solo para o desenvolvimento de determinada espécie vegetal, de modo que a partir destes resultados é que serão definidos os tipo de correção em função do uso desejado.

Os valores de referência para a análise de fertilidade do solo foram escolhidos buscando encontrar os parâmetros definidos para a região em estudo e expandindo para regiões do entorno, no caso, estado de Minas Gerais e os demais estado da região sudeste. Desta maneira, os valores de referência adotados foram extraídos da publicação “Recomendações para o uso de corretivos e

fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação (CFSEMG, 1999)" e "Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro para o parâmetro pH(CaCl2)".

5.2.4.5.2 Resultados

Os resultados laboratoriais para as análises de granulometria estão apresentados na **Tabela 32** e outros parâmetros físicos e químicos na **Tabela 33**. Em seguida, estão descritas as análises para cada transecto.

Tabela 32 – Resultado da análise de granulometria das amostras compostas por transecto no Trechos 6 e 7

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	ARGILA	SILTE	AREIA MUITO FINA	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	AREIA MUITO GROSSA	AREIA TOTAL	CASCALHO	FRAÇÃO (2,0 - 4,8MM)	FRAÇÃO (4,8 - 19,1MM)	FRAÇÃO (> 19,1MM)
T6T1.EC.SN	11,2	39	5,94	13	25,4	1,61	1,45	47,35	> 2mm	0,5623	1,87	< 0,1100
T6T1.EC.SN	7,48	18,1	16,3	24,1	10,7	3,92	5,28	60,32	> 2mm	8,01	6,15	< 0,1100
T6T4.PE	4,42	16,4	21,3	31,5	21,6	2,53	2,22	79,19	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T6T7.PE.07	6,51	42,8	32,6	15,3	2,06	0,3602	0,2234	50,54	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T1.PE	4,62	20,7	34,6	34,5	4,65	0,6482	0,2695	74,7	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
T7T2.PE-03	8,77	42,6	33	10,7	2,23	2,71	< 0,1100	48,66	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100

Tabela 33 – Resultado dos parâmetros físicos e químicos das amostras compostas por transecto no Trechos 6 e 7

PARÂMETROS	UNIDADE REF	P-REM ****	VALORES DE REFERÊNCIA					REFERENCIA	UNIDADE LAB	T6T1 PTO CONTROLE	T6T4	T6T7	T6T8	T7T1	T7T2
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto			T6T1.EC.SN	T6T4.PE	T6T7.PE.07	T6T8.PE.3-04	T7T1.PE	T7T2.PE-03
pH(CaCl2)			6,0 - 7,0	5,6 - 6,0	5,1 - 5,5	4,4 - 5,0	< 4,3	1***	-	4,65	5,93	6,57	5,85	6,27	6,58
Densidade Aparente									g/cm³	0,485	1,59	1,99	1,9	-	1,65
Porosidade Total									%	71,9	44,7	27,8	33,4	-	36,5
Macroporosidade (Porosidade Efetiva)									%	15,8	6,63	7,08	6,67	-	8,05
Umidade									%	47,6	15,56	9,03	10,99	-	8,46
Matéria Orgânica Total	dag/kg = %		< 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00	2	%	1,38	1,03	< 0,740	1,1	< 0,740	0,76
Carbono Orgânico Total	dag/kg = %	-	< 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06	2	%	0,8	< 0,740	< 0,740	< 0,740	< 0,740	< 0,740
Soma de Bases	cmolc/dm3		< 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00*	> 6,00*	2	cmolc/dm3	2,9	0,83	1,76	0,84	1,03	1,54
Saturação de Bases	V %		< 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0*	> 80,0*	2	%	48	-	68	53	57	67
Saturação Al	m %		< 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0	> 75,0	2	%	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmolc/dm3		< 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00	> 9,00	2	cmolc/dm3	3,1	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9
CTC (Capacidade de troca catiônica)	cmolc/dm3		< 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00*	> 15,00*	2	cmolc/dm3	6	1,6	2,6	1,6	1,8	2,3
Fósforo	mg/L	0 - 4	< 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0	6,1 - 9,0	> 9,0	2	mg/dm3	2	6	15	10	15	15
		4 - 10	< 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5	2							
		10 - 19	< 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5	2							
		19 - 30	< 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0	2							
		30 - 44	< 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0	2							

PARÂMETROS	UNIDADE REF	P-REM ****	VALORES DE REFERÊNCIA					REFERENCIA	UNIDADE LAB	T6T1 PTO CONTROLE	T6T4	T6T7	T6T8	T7T1	T7T2
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto			T6T1.EC.SN	T6T4.PE	T6T7.PE.07	T6T8.PE.3-04	T7T1.PE	T7T2.PE-03
		44 -60	< 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0	2							
Potássio	mg/dm3		< 15,0	16 - 40	41 - 70	71 - 120	> 120	2	mg/dm3	1	0,3	1,6	0,4	0,3	0,4
Cálcio	cmolc/dm3	-	< 0,4	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00*	> 4,00*	2	cmolc/dm3	0,105	0,035	0,075	0,035	0,050	0,070
Magnésio	cmolc/dm3		< 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50*	> 1,50*	2	cmolc/dm3	0,058	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Enxofre	mg/L	0 - 4	< 1,7	1,8 - 2,5	2,6 - 3,6	3,7 - 5,4	> 5,4	2	mg/dm3	20	4	67	6	6	10
		4 - 10	< 2,4	2,5 - 3,6	3,7 - 5,0	5,1 - 7,5	> 7,5	2							
		10 - 19	< 3,3	3,4 - 5,0	5,1 - 6,9	7,0 - 10,3	> 10,3	2							
		19 - 30	< 4,6	4,7 - 6,9	7,0 - 9,4	9,5 - 14,2	> 14,2	2							
		30 - 44	< 6,4	6,5 - 9,4	9,5 - 13,0	13,1 - 19,6	> 19,6	2							
		44 -60	< 8,9	9,0 - 13,0	13,1 - 18,0	18,1 - 27,0	> 27,0	2							
Alumínio	cmolc/dm3		< 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00	> 2,00	2	cmolc/dm3	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Fósforo Remanescente (CaCl2+60 mg P/L)	mg/L	-	30,1 - 60		19,1 - 30	0 - 19		3	mg/L	9,89	49,9	38,7	42,3	43,7	38,1
pH	-		< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0	3	-	6,43	7,55	7,75	7,79	7,2	8,07
Fosforo Resina	mg/dm³		< 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0*	> 45,0*	2**	mg/dm3	2	6	15	10	15	15

Legenda:
1- Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De-Polli, 1988)
2 - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação (CFSEMG, 1999)
* - a interpretação destas características deve ser bom a muito bom em lugar de alta a muito alta.
** - Com base no teor de argila de 0 - 15%
*** - Valores referentes a acidez
dag/kg = % (m/m);
g/cm³ = Kg/dm³
3 - Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999)**** Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo e enxofre de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem)

Faixas dos valores de referência:

Muito baixo
Baixo
Médio
Alto
Muito alto

Transecto T6T1: Amostra composta do transecto em área não impactada (ponto de controle)

- pH: valores baixos (menor que 4,5) determinam baixa disponibilidade de macronutrientes, já os valores altos (maiores que 7) determinam baixa disponibilidade de micronutrientes, sendo portanto o ideal o pH entre 5,5 e 6,5. O valor encontrado para o pH (6,43) está na faixa do valor de referência "alto", mas dentro do padrão ideal.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados se enquadraram no valor de referência como "baixo", a porcentagem de matéria orgânica (1,38%) e teor de carbono orgânico (0,8).
- Soma de bases (SB = K +Ca^2+Mg^2+Na^2): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm^3, o laudo apresentou um valor 2,9, cmolc/dm^3, considerado "médio" no valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O valor apresentado no laudo de 48% se enquadrou como valor "médio" de referência.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nestas condições é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez nas plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.
- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm^3 evitando desta forma a redução de pH e a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (3,1) se enquadrou na faixa de referência "médio".
- CTC: corresponde a soma das concentrações de Soma de Bases (SB) e Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm^3 para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 6 cmolc/dm^3 está na faixa "médio", acima do valor recomendado.
- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadraram nos valores de referência como "muito baixo".

- Os ânions: Fósforo (P) se enquadrou como “muito baixo” nos valores de referência e o enxofre (S), ao contrário, se enquadrou como “muito alto”, o que pode estar relacionado com o teor de matéria orgânica.
- Alumínio: apresentou valor que se enquadrou no valor de referência como “muito baixo”, o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 6, transecto 1 (T6T1), apresentaram 39% e 18% de silte (duas amostras de granulometria), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico. Ainda que, os resultados da Soma de Bases-SB, da saturação de bases (V% = (100xSB)/T) e da CTC tenham se enquadrado no valor base de referência como “médio”, os valores encontrados estão abaixo dos valores recomendados. Os valores obtidos para os nutrientes, como para o K, Ca, Mg, exceto para o S, também se enquadraram como “muito baixos” nos valores de referência. Os resultados indicam, portanto, um solo empobrecido, de baixa fertilidade, mas com alguns parâmetros próximos do recomendado.

Transecto T6T4

- pH: O valor encontrado para o pH (7,55) está na faixa do valor de referência “muito alto”, pH Básico e indicando baixa disponibilidade de micronutrientes para a planta e a necessidade de correção do solo, caso a área seja objeto de plantio.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados se enquadraram no valor de referência como “baixo” devido a porcentagem de matéria orgânica (1,03%) e “baixo” para carbono orgânico (menor 0,740).
- Soma de bases (SB = K +Ca^{2}+Mg^{2}+Na^{2}): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm^{3}, o laudo apresentou 0,83, cmolc/dm^{3}, considerado “baixo” no valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O laboratório não apresentou valor para saturação de bases neste transecto.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nestas condições é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez nas plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.

- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm³, para evitar a redução de pH e por consequência a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (menor que 0,9) se enquadrou na faixa de referência muito baixa.
- CTC: corresponde a soma das concentrações de Soma de Bases (SB) + Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm³ para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 1,6 cmolc/dm³ está na faixa do valor de referência como "muito baixo", abaixo do valor recomendado.
- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadraram na faixa "muito baixo" dos valores de referência.
- Os ânions: Fósforo (P) apresentou valor que se enquadrou como "muito baixo" do valor de referência, assim como o enxofre (S).
- Alumínio: apresentou valor que se enquadrou como "muito baixo", o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 6, transecto 4 (T6T4), com o predomínio de areia (79,9%), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico. Os valores obtidos para os nutrientes K, Ca, Mg e S, também se enquadraram como "muito baixos". Consequentemente, o valor da SB e a CTC foram enquadrados como "muito baixos" e abaixo dos valores recomendados. O pH "muito alto" confere ainda disponibilidade diminuída de micronutrientes para as plantas. Os resultados indicam, portanto, um solo pobre, de baixa fertilidade.

Transecto T6T7

- pH: O valor encontrado para o pH (7,75) está na faixa do valor de referência "muito alto", pH Básico, indicando baixa disponibilidade de micronutrientes para a planta e a necessidade de correção do solo, caso a área seja objeto de plantio.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados se enquadraram no valor de referência como "baixo" devido a porcentagem de matéria orgânica (menor 0,74%) e carbono orgânico (menor 0,74%).

- Soma de bases (SB = K +Ca²+Mg²+Na²): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm³, o laudo apresentou 1,76 cmolc/dm³, considerado “baixo” no valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O resultado apresentou um valor de 68%, e se enquadrou na faixa “alto” no valor de referência.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nestas condições é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez nas plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.
- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm³, para evitar a redução de pH e por consequência a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (menor que 0,9) se enquadrou na faixa de referência muito baixa.
- CTC: corresponde a soma das concentrações de Soma de Bases (SB) + Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm³ para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 2,6 cmolc/dm³ está na faixa do valor de referência como “baixo”, abaixo do valor recomendado.
- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadraram na faixa “muito baixo” dos valores de referência.
- Os ânions: Fósforo (P) apresentou valor que se enquadrou como “baixo” no valor de referência, e o enxofre (S) como “muito alto.
- Alumínio: apresentou valor que se enquadrou como “muito baixo”, o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 6, transecto 7 (T6T7), com o predomínio de areia (50,54%), seguido de silte (42,8%) e argila (6,51%), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico. Os valores obtidos para os nutrientes K, Ca e Mg, também se enquadraram como “muito baixos”. Consequentemente, o valor da SB e a CTC apresentaram valores enquadrados como “muito baixos” e abaixo dos valores recomendados. O pH “muito alto” confere ainda disponibilidade diminuída de micronutrientes para as plantas. Os resultados indicam, portanto, um solo pobre, de baixa fertilidade.

Transecto T6T8

- pH: O valor encontrado para o pH (7,79) está na faixa do valor de referência “muito alto”, pH Básico e indica a necessidade de correção do solo, caso a área seja objeto de plantio.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados foram enquadrados como “baixo” pelo valor de referência, sendo a porcentagem de matéria orgânica 1,1% e de carbono orgânico menor 0,740.
- Soma de bases (SB = K +Ca^2+Mg^2+Na^2): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm^3, o laudo apresentou 0,84, cmolc/dm^3, considerado baixo pelo valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O laudo apresentou resultado de 53%, sendo classificado como de valor médio pelo valor de referência.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nesta condição é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez às plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.
- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm^3, para evitar a redução de pH e por consequência a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (menor que 0,9) se enquadrou na faixa de referência “muito baixo”.
- CTC: corresponde a soma das concentrações de de bases (SB) + Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm^3 para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 1,6 cmolc/dm^3 está na faixa do valor de referência como “muito baixo”, abaixo do valor recomendado.
- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadram como “muito baixo” nos valores de referência.
- Os ânions: Fósforo (P) apresentou valor que se enquadra como muito baixo no valor de referência, assim como o enxofre (S).
- Alumínio: apresentou concentração “muito baixo”, o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 6, transecto 8 (T6T8), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico. Os valores obtidos para os nutrientes K, Ca, Mg e S, também foram enquadrados como “muito baixos”. Consequentemente, o valor da soma de bases, e a CTC também foram muito baixos, abaixo dos valores recomendados. Os resultados indicam, portanto, um solo pobre, de baixa fertilidade.

Transecto T7T1

- pH: O valor encontrado para o pH (7,2) está na faixa do valor de referência “muito alto”, pH Básico, indicando baixa disponibilidade de micronutrientes para a planta e a necessidade de correção do solo, caso a área seja objeto de plantio.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados se enquadraram no valor de referência como “baixo” devido a porcentagem de matéria orgânica (menor 0,740%) e carbono orgânico (menor 0,740%).
- Soma de bases (SB = K +Ca^{2}+Mg^{2}+Na^{2}): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm^{3}, o laudo apresentou 1,03 cmolc/dm^{3}, considerado “baixo” no valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O resultado apresentou um valor de 57%, e se enquadrou na faixa “médio” no valor de referência.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nestas condições é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez nas plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.
- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm^{3}, para evitar a redução de pH e por consequência a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (menor que 0,9) se enquadrou na faixa de referência muito baixa.
- CTC: corresponde a soma das concentrações de Soma de Bases (SB) + Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm^{3} para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 1,8 cmolc/dm^{3} está na faixa do valor de referência como “baixo”, abaixo do valor recomendado.

- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadraram na faixa “muito baixo” dos valores de referência.
- Os ânions: Fósforo (P) apresentou valor que se enquadrou como “baixo” no valor de referência, e o enxofre (S) como “muito baixo”.
- Alumínio: apresentou valor que se enquadrou como “muito baixo”, o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 7, transecto 1 (T7T1), apresentaram um predomínio de areia (74,70%), seguido de silte (20,7%) e argila (4,62%), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico Os valores obtidos para os nutrientes K, Ca e Mg, também se enquadraram como “muito baixos”. Consequentemente o valor da soma de bases, e a CTC apresentaram valores enquadrados como “baixos” e abaixo dos valores recomendados. O pH “muito alto” confere ainda disponibilidade diminuída de micronutrientes para as plantas. Os resultados indicam, portanto, um solo pobre, de baixa fertilidade.

Transecto T7T2

- pH: O valor encontrado para o pH (8,07) está na faixa do valor de referência “muito alto”, pH Básico, indicando baixa disponibilidade de micronutrientes para a planta e a necessidade de correção do solo, caso a área seja objeto de plantio.
- M.O. e carbono orgânico: os resultados se enquadraram no valor de referência como “baixo” devido a porcentagem de matéria orgânica (menor 0,76%) e carbono orgânico (menor 0,740%).
- Soma de bases (SB = K +Ca^2+Mg^2+Na^2): são recomendados valores acima de 3,60 cmolc/dm^3, o laudo apresentou 1,54 cmolc/dm^3, considerado “baixo” no valor de referência.
- Saturação de bases (V% = (100xSB)/T): valores acima de 60% mantêm boa a reserva de cálcio, magnésio e potássio no solo. O resultado apresentou um valor de 67%, e se enquadrou na faixa “alto” no valor de referência.
- Saturação de Al (m% = (100xAl)/t): são recomendados valores abaixo de 50%, pois nestas condições é possível reduzir a interferência de Al no pH e alguma toxidez nas plantas. Neste trecho foi obtido o valor de 0%.

- H e Al: recomenda-se valores abaixo de 2,5 cmolc/dm³, para evitar a redução de pH e por consequência a disponibilidade de macronutrientes. O valor apresentado (menor que 0,9) se enquadrou na faixa de referência muito baixa.
- CTC: corresponde a soma das concentrações de Soma de Bases (SB) + Al. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm³ para manutenção de boa reserva de nutrientes no solo e consequente disponibilidade para as plantas. O valor obtido de 2,3 cmolc/dm³ está na faixa do valor de referência como "baixo", abaixo do valor recomendado.
- Os cátions: Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), apresentaram valores que se enquadraram na faixa "muito baixo" dos valores de referência.
- O ânions: apresentou valor que se enquadrou como "baixo" no valor de referência, e o S como "muito baixo".
- Al: apresentou valor que se enquadrou como "muito baixo", o que indica baixa toxidez às plantas.

Os resultados das amostras no Trecho 7, transecto 2 (T7T2), apresentaram um predomínio de areia (48,66%), seguido de silte (42,6%) e argila (8,77%), apresentou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico Os valores obtidos para os nutrientes K, Ca e Mg, também se enquadraram como "muito baixos". Consequentemente o valor da soma de bases, e a CTC apresentaram valores enquadrados como "baixos" e abaixo dos valores recomendados. O pH "muito alto" confere ainda disponibilidade diminuída de micronutrientes para as plantas. Os resultados indicam, portanto, um solo pobre, de baixa fertilidade.

5.2.4.5.3 Considerações finais

Com base nos resultados obtidos para as análises físicas, todos os resultados para granulometria indicaram um maior percentual de areia o qual variou de 79,19% no T6T4 a 47,35% no T6T1, seguido de silte com variações entre 42,8% no T6T7 a 20,7% T7T1 e argila com menor percentual em todas as amostras, com variações entre de 4,42% no T6T4 a 11,2% no T6T1, condizente com a área em pauta. Estes resultados corroboram com as amostragens realizadas nos monitoramentos de intervenções de áreas prioritárias (GOLDER, 2017)

A densidade é influenciada pela textura, solos arenosos apresentam densidade superior ao solo argiloso, enquanto que os solos siltosos apresentam comportamento intermediário. Nos solos com textura arenosa a densidade é considerada crítica entre 1,70 a 1,80 kg.dm-3 (LIBARDI, 2005). Os pontos amostrados, exceto o T6T1 e o T7T2, apresentaram variação entre 1,59 e 1,99 g/cm³ e apresentaram também um maior percentual de areia.

Com relação ao parâmetro porosidade, de acordo com Baver et al. (1972), um solo apresenta condições ideais de aeração para o desenvolvimento das plantas quando a macroporosidade é superior a 10%, condição esta que foi obtida apenas no T6T1, provavelmente decorrente de ter apresentado o maior teor de argila. O mesmo se dá com relação a umidade, o T6T1 apresentou o maior teor de umidade, o que se deu em função do maior teor de argila.

Com relação à análise dos parâmetros químicos para fertilidade do solo observou-se que todos os resultados para matéria orgânica e carbono orgânico se enquadraram como “baixos” nos valores de referência adotados para Minas Gerais, assim como os nutrientes potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os resultados para o fósforo (P) por sua vez ficaram na faixa entre “muito baixo” e “baixo” (T6T7, T7T1 e T7T2).

Os resultados para enxofre (S) apresentaram valores “muito altos” a “alto” para algumas amostras (T6T1, T6T7 e T7T2), o que pode indicar a presença de matéria orgânica nas amostras, pois este parâmetro é disponibilizado ao meio por meio de sua decomposição. No entanto, a matéria orgânica se manteve na faixa “baixo” para todos os pontos, não sendo possível afirmar a fonte de enxofre.

Os resultados para o alumínio (Al) foram classificados como “muito baixo” para todas as amostras com valores de 0,011 cmolc/dm³, o que indica que a presença do mesmo não confere toxidez para as plantas, uma vez que são recomendados valores abaixo 0,50 cmolc/dm³.

Os resultados para CTC se enquadraram em “muito baixa” e “baixa” para quase todas amostras, exceto para a amostra T6T1 (ponto branco) o qual se apresenta como “médio”. Recomenda-se valores acima de 4,6 cmolc/dm³ para manutenção da reserva de nutrientes no solo, sendo que apenas o ponto T6T1 apresentou valor acima do recomendado, mas ainda assim foi enquadrado como baixo pelo valor de referência. Estes valores corroboram com resultados do monitoramento das áreas prioritárias da GOLDER (2017) também resultaram em valores muito baixos para CTC, sendo

praticamente destituído de carga elétrica negativa, típica de materiais mais oxídicos, corroborando com a mineralogia dos rejeitos. Em outros pontos amostrais na planície de inundação no Trecho 6, foi verificado valores mais elevados, que podem estar associados a teores altos de matéria orgânica ou à mistura do rejeito com argilominerais (GOLDER, 2017).

O pH determina a disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo que baixos valores têm a disponibilidade de macronutrientes para a planta diminuída, e quando alto (maior que 7) têm a disponibilidade de micronutrientes para a planta diminuída, sendo o ideal valores entre 5,5 e 6,5. Os resultados indicaram que a amostra T6T1 (ponto de controle) apresentou valor de pH neutro, os demais valores indicaram pHs elevados (básicos) indicando solos alcalinos com necessidade de correção de pH, caso venha a ser uma área indicada para plantio. O resultado da análise de fertilidade do solo do monitoramento das intervenções nas áres prioritárias (GOLDER, 2017), obteve a média dos valores de pH em 6,4, considerou este valor neutro relacionado a utilização de hidróxido de sódio no processo de beneficiamento do minério, e não pela presença de dos cátiosn Ca, Mg e K, uma vez que estes se encontravam baixos (GOLDER, 2017), assim como no presente resultado.

Os solos neutros (pH 7,0) ou alcalinos não contêm íons H e Al, o resultado das amostras apontou valores que se enquadraram como “muito baixo” para o H+Al, exceto para o ponto T6T1 (ponto de controle) o qual se enquadrou como “baixo”.

A saturação de base (V%) por sua vez, se enquadra entre “médio” e “alto” (T6T7 e T7T2).

As análises indicaram solos pobres, com baixa fertilidadee pequenas alterações entre um transecto e outro. A amostra do T6T1, ponto de controle, que corresponde a amostra coletada em local não impactado, apresentou parâmetros de fertilidade do solo um pouco melhores que nos demais transectos, mas ainda assim indicaram solos de baixa fertilidade.

Por fim, para melhorar a fertilidade do solo recomenda-se a utilização de métodos de adubação química e/ou orgânica de modo a auxiliar um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como a adubação verde ou plantio verde, o qual consiste no plantio de leguminosas para fixação de nitrogênio ou o plantio de culturas de cobertura, que adicionam matéria orgânica e nitrogênio ao solo, aumentam a atividade biológica e recuperam nutrientes lixiviados (lavados) para as camadas mais profundas. A adução química também pode ser considerada, no entanto a proporção e quantidade de adubo (N:P:K) está condicionada à exigência da cultura.

As próximas etapas de trabalhos devem estimular o crescimento e regeneração da vegetação nativa, incrementando o plantio de mudas de espécies arbóreas locais de modo a aumentar a diversidade e o número de indivíduos de vegetação nativa nas áreas impactadas.

5.2.4.6 Relação com dados pretéritos

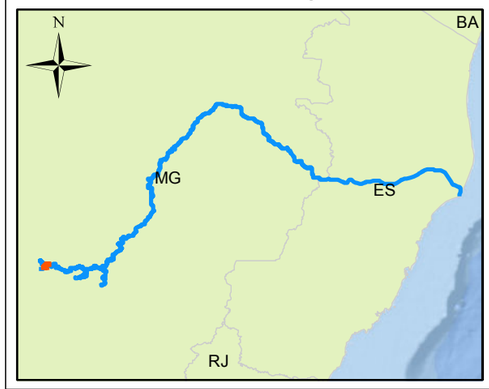
Os resultados das análises químicas de metais no solo e sedimento detectados neste PMR foram comparados com os resultados coletados pela empresa Golder Associates reportado no estudo "Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos" (Golder, 2017), para os pontos coletados próximos aos transectos realizados. Ressalta-se que as amostras do estudo geoquímico foram coletadas em meados do primeiro trimestre de 2016; em contrapartida as amostras coletadas deste PMR referem-se ao último trimestre de 2017.

Para tanto, foram selecionadas as amostras de solo T36A, T165 e S53 e as amostras de sedimento SD03 e SD04, coletadas no trabalho da Golder, as quais foram comparadas com as amostras coletadas nos transectos T6T4, T6T7 e T6T1 do presente estudo, todas coletadas no Trecho 6. Não há análises do estudo do geoquímico inseridas no Trecho 7. Todas as amostras de solo foram comparadas com os valores da D.N. COPAM nº 166/2011 e Resolução CONAMA nº 420/2009 (prevenção e agrícola); já os resultados de sedimentos foram comparados com a Resolução CONAMA nº 454/2012 (água doce, Níveis 1 e 2). A Figura 149 apresenta localização dos pontos de amostragem de solo e sedimentos .

As **Tabela 34** e **Tabela 35** a seguir apresentam os resultados analíticos de solo (comparadas com os resultados de rejeito e substrato natural extracalha) e sedimentos (comparadas com substrato natural intracalha), respectivamente.



Mapa de Localização



LEGENDA:

- Curso d'água
- Trechos 6 e 7
- Área Impactada - Trechos 6 e 7

Pontos de amostragem do estudo geoquímico de 2016 (Golder)

- Geoquímico - amostra de solo
- Geoquímico - amostra de sedimento
- Transectos (CH2M) onde foram coletadas as amostras compostas
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)

ESCALA GRÁFICA:

0 130 260 520 780 1.040 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 149
Localização das amostras de solo e sedimento do Estudo Geoquímico da Golder e deste PMR

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:21.000	30/01/2018	mbuzzel1	EL	AG	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 149 - Localização das Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da CH2M

Tabela 34 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Solo

ID TIPO	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE D.N.COPAM 166/2011	VALOR DE PREVENÇÃO	VALOR DE INVESTIGAÇÃO - AGRÍCOLA	GOLDER T36A SOLO	CH2M T6T4.EC.RE REJEITO	CH2M T6T4.EC.SN SUBSTRATO NATURAL
Alumínio	mg/kg	-	-	-	1692	1513,7	896,4
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	<1	< 1,28	< 1,23
Arsênio	mg/kg	8	15	35	**9,04**	**23**	< 1,85
Bário	mg/kg	93	150	300	27,1	**136,2**	**146,2**
Berílio	mg/kg	-			<3	-	-
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4.66	< 5,12	< 4,94
Cádmio	mg/kg	0,4	1,3	3	<1	< 1,28	< 1,23
Cálcio	mg/kg	-			131	-	-
Chumbo	mg/kg	19,5	72	180	<8	< 2,56	< 2,47
Cobalto	mg/kg	6	25	35	<8	< 1,92	< 1,85
Cobre	mg/kg	49	60	200	5,76	< 2,56	< 2,47
Cromo	mg/kg	75	75	150	8,93	7,35	7,48
Enxofre	mg/kg	-			28,7	-	-
Ferro	mg/kg	-	-	-	64128	11925	12088,7
Fósforo	mg/kg	-			25,8	-	-
Lítio	mg/kg	-			< 11.6	-	-
Magnésio	mg/kg	-			70,5	-	-
Manganês	mg/kg	-	-	-	380	1838,9	1544,4
Mercúrio	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0.116	**0,118**	< 0,123
Molibdênio	mg/kg	0,9	30	50	<3	< 2,56	< 2,47
Níquel	mg/kg	21,5	30	70	4,27	< 2,56	< 2,47
Nitrogênio	mg/kg	-			48	-	-
Potássio	mg/kg	-			71,4	-	-
Prata	mg/kg	0,45	2	25	<1	< 1,92	< 1,85

					GOLDER	CH2M	CH2M
Selênio	mg/kg	0,5	5	-	<1	< 1,92	< 1,85
Sódio	mg/kg	-			73,4	-	-
Tálio	mg/kg	-			<20	-	-
Titânio	mg/kg	-			68,5	-	-
Urânio	mg/kg	-			< 5.82	-	-
Vanádio	mg/kg	129	-	-	<8	< 5,12	< 4,94
Zinco	mg/kg	46,5	300	450	9,92	< 6,39	< 6,17

(Continuação Tabela 34)

ID TIPO	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE D.N.COPAM 166/2011	VALOR DE PREVENÇÃO	VALOR DE INVESTIGAÇÃO - AGRÍCOLA	GOLDER T165 SOLO	GOLDER S53 SOLO	CH2M T6T7.EC.RE REJEITO	CH2M T6T7.EC.SN SUBSTRATO NATURAL
Alumínio	mg/kg	-	-	-	3774	14685	999,3	6090,6
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	<1	<1	< 1,18	< 1,37
Arsênio	mg/kg	8	15	35	**12,8**	1,99	< 1,77	< 2,05
Bário	mg/kg	93	150	300	22,8	<3	11,8	30
Berílio	mg/kg	-			<3	<3	-	-
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4.32	< 4.84	< 4,72	< 5,48
Cádmio	mg/kg	≤0,4	1,3	3	<1	<1	< 1,18	< 1,37
Cálcio	mg/kg	-			339	220	-	-
Chumbo	mg/kg	19,5	72	180	<8	<8	< 2,36	**22,1**
Cobalto	mg/kg	6	25	35	<8	<8	< 1,77	4,67
Cobre	mg/kg	49	60	200	6,47	13,2	< 2,36	20
Cromo	mg/kg	75	75	150	19,3	43,5	< 5,31	**80,5**
Enxofre	mg/kg	-			30,5	27,6	-	-
Ferro	mg/kg	-	-	-	83028	30313	17587	8553,8

					GOLDER	GOLDER	CH2M	CH2M
Fósforo	mg/kg	-			149,3	31,5	-	-
Lítio	mg/kg	-			< 10,8	< 12,1	-	-
Magnésio	mg/kg	-			123	880	-	-
Manganês	mg/kg	-	-	-	676	262	379,9	46
Mercúrio	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0,108	< 0,121	**0,061**	< 0,137
Molibdênio	mg/kg	≤0,9	30	50	<3	<3	< 2,36	< 2,74
Níquel	mg/kg	21,5	30	70	5,38	13,2	< 2,36	16,7
Nitrogênio	mg/kg	-			60	261,4	-	-
Potássio	mg/kg	-			227	837	-	-
Prata	mg/kg	≤0,45	2	25	<1	<1	< 1,77	< 2,05
Selênio	mg/kg	0,5	5	-	<1	<1	< 1,77	< 2,05
Sódio	mg/kg	-			80,6	109	-	-
Tálio	mg/kg	-			<20	<20	-	-
Titânio	mg/kg	-			73,6	430	-	-
Urânio	mg/kg	-			< 5.41	< 6.05	-	-
Vanádio	mg/kg	129	-	-	10,9	35,9	< 4,72	44,1
Zinco	mg/kg	46,5	300	450	13,9	14	< 5,90	12,4

Legenda:

XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 166. Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Prevenção
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 420/2009 - Valor de Investigação - Agrícola
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais
XX	Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais
-	Parâmetro não analisado

Tabela 35 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Sedimento

ESTUDO TIPO LOCAL ÁREA AFETADA	UNIDADE	NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO PARA ÁGUA DOCE - NÍVEL 1. RES. CONAMA 454/2012	NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO PARA ÁGUA DOCE - NÍVEL 2. RES. CONAMA 454/2012	GOLDER SD03 SEDIMENTO CALHA	GOLDER SD04 SEDIMENTO PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	CH2M T6T1.IC.SN1 SUBSTRATO NATURAL INTRACALHA
Alumínio	mg/kg	-	-	5303	2490	1752,8
Antimônio	mg/kg	-	-	3,87	3,86	< 1,08
Arsênio	mg/kg	5,9	17	**155**	**65,5**	**51,5**
Bário	mg/kg	-	-	960	583	46,2
Berílio	mg/kg	-	-	<3	<3	-
Boro	mg/kg	-	-	< 1.11	< 1.17	< 4,32
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	<1	<1	< 1,08
Cálcio	mg/kg	-	-	248	227	-
Chumbo	mg/kg	35	91,3	18	15	9,95
Cobalto	mg/kg	-	-	16,5	10,2	9,37
Cobre	mg/kg	35,7	197	22,9	13,2	10,9
Cromo	mg/kg	37,3	90	25,4	16,5	22,5
Enxofre	mg/kg	-	-	46,6	27,5	-
Ferro	mg/kg	-	-	232239	220744	54284,3
Fósforo	mg/kg	2000	2000	26,1	6,47	-
Lítio	mg/kg	-	-	< 2.79	< 2.93	-
Magnésio	mg/kg	-	-	229	190	-
Manganês	mg/kg	-	-	12206	6905	13011,9
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0.111	< 0.117	**0,636**
Molibdênio	mg/kg	-	-	<3	<3	< 2,16
Níquel	mg/kg	18	35,9	**18,3**	9,88	< 2,16

ESTUDO TIPO LOCAL ÁREA AFETADA	UNIDADE	NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO PARA ÁGUA DOCE - NÍVEL 1. RES. CONAMA 454/2012	NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO PARA ÁGUA DOCE - NÍVEL 2. RES. CONAMA 454/2012	GOLDER SD03 SEDIMENTO CALHA	GOLDER SD04 SEDIMENTO PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	CH2M T6T1.IC.SN1 SUBSTRATO NATURAL INTRACALHA
Nitrogênio	mg/kg	-	-	44,7	29,4	-
Potássio	mg/kg	-	-	196	112	-
Prata	mg/kg	-	-	1,3	<1	< 1,62
Selênio	mg/kg	-	-	<1	<1	< 1,62
Sódio	mg/kg	-	-	108	74,8	-
Tálio	mg/kg	-	-	<20	<20	-
Titânio	mg/kg	-	-	188	155	-
Urânio	mg/kg	-	-	< 1.39	< 1.47	-
Vanádio	mg/kg	-	-	29,2	20,8	< 4,32
Zinco	mg/kg	123	315	40,9	29,9	14,6

Legenda:

XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 1
XXX	Valor acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 2
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
<XX	Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial mas acima de um ou mais valores limite estabelecido pelas referências legais

Conforme se observa, a amostra de solo (T36A) coletada próxima do transecto T6T4 (em área extracalha) apresentaram valores na mesma ordem de grandeza, com exceção do bário, manganês e mercúrio, os quais foram detectados em maiores concentrações nas amostras de rejeito e substrato natural.

As amostras de solo T165 e S53 diferenciaram em ordem de grandeza dos resultados analíticos das amostras de rejeito e substrato natural do transecto T6T7 para arsênio, chumbo, cobalto, cromo e mercúrio, sendo que, destes, apenas arsênio foi detectado em concentrações maiores nas amostras coletadas em 2016, enquanto que os outros metais citados tiveram valores maiores nas amostras de 2017.

Para sedimento, verifica-se que a diferença de grandeza nos resultados analíticos entre as amostras do estudo geoquímico da Golder e deste PMR reside nos metais ferro, mercúrio e níquel. Níquel e ferro foram detectados nas amostras de sedimento em 2016 com valores mais altos que a amostra do substrato natural intracalha do transecto T6T1. Por outro lado, mercúrio estava em concentração mais elevada no substrato natural e acima do limite legal, enquanto que em 2016 as amostras estavam em conformidade legal.

5.2.5 Estimativa de volume de depósito de rejeito

Com base nos resultados das medições das espessuras dos depósitos de rejeito nos diferentes transectos realizados neste estudo, nos quais coletaram-se dados nos diferentes contextos (encosta, planície aluvionar, margem e calha), foi calculada a estimativa do volume de rejeito para os diferentes transectos e, consequentemente, para os Trechos 6 e 7 como um todo.

A fim de estimar o volume de rejeito nos Trechos 6 e 7 foram utilizadas as áreas impactadas delimitadas e compartimentadas nos contextos de calha, margem, encosta e planície. A área impactada foi delimitada com base nas fotos aéreas após o acidente, em que foram determinados os limites máximos dos depósitos de rejeito. Posteriormente, esta área foi segmentada nos diferentes contextos estudados. Para a área da margem utilizou-se um *buffer* de 2 metros da linha da calha do rio. Para as definições das planícies aluvionares e das encostas, foram utilizados os dados do LiDAR (da sigla inglesa *Light Detection And Ranging*) que contêm as cotas topográficas de cada uma destas áreas. Com base nesta avaliação detalhada, foram determinadas as áreas de influência de cada um dos

transectos executados, utilizando como embasamento a geomorfologia do rio e finalmente a área de cada um dos contextos nestas áreas.

Os resultados são apresentados na **Tabela 36**, sendo as áreas de influência de cada transecto calculadas utilizando-se do intermédio entre cada um dos transectos e pelas unidades de análise (UAs), sendo as UAs divididas pelas gargantas que são trechos mais declivosos e/ou estreitos e menos propensos à deposição do rejeito. Observa-se que para a porção final do Trecho 7, na T7-UA2, utilizou-se do transecto T8T1, do Trecho 8, como referência de espessura para cálculo do volume.

Tabela 36 – Áreas de encosta, planície, margem e calha impactadas segmentadas entre as áreas de influência dos transectos

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ÁREAS (M^2)						
		Esquerda			Calha	Direita		
		Encosta	Planície	Margem		Margem	Planície	Encosta
T6-UA1	T6-T1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	T6-T2	0,0	5.990	1.271	5.546	1.288	10.098	64
	T6-T3	22.483	34.021	1.953	9.744	1.936	39.961	797
	T6-T4	21.740	88.173	2.573	12.287	2.565	55.975	9.157
T6-UA 2	T6-T5	18.417	36.585	1.600	11.138	1.615	20.130	16.631
	T6-T8	69.401	124.742	3.320	23.540	3.825	69.878	23.753
T6-UA3	T6-T6	4.638	41.991	1.727	3.907	1.683	34.509	11.022
	T6-T7	18.394	49.854	2.968	7.956,7	2.925	34.767	8.393
T7-UA1	T7-T1	41.964	25.288	1.556	11.535,6	1.402	10.014	20.012
	T7-T2	8.344	34.269	1.439	10.096	1.543	18.576	28.026
T7-UA2	T8-T1	5.799	676	679	5.250	697	7.877	1.054

Os rejeitos encontrados nas sondagens realizadas foram denominados na calha como Rejeito Lavado (ou *lag-layer*) e Rejeito Inconsolidado e nas margens, planícies de inundação e encosta como Rejeito. Para cada contexto foi calculada uma espessura média dos rejeitos, conforme **Tabela 37**, as quais foram obtidas através da média aritmética das espessuras obtidas nas sondagens de campo, separadas por contexto e por tipo de rejeito.

Tabela 37 – Espessura média de rejeito na calha, margem, planície de inundação e encosta

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DE REJEITO (M)							
		Esquerda			Calha		Direita		
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Margem	Planície	Encosta
T6-UA1	T6-T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DE REJEITO (M)							
		Esquerda		Calha			Direita		
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Margem	Planície	Encosta
	T6-T2	0,00	0,13	-	0,54	0,63	1,00	0,75	1,75
	T6-T3	1,22	1,44	0,94	0,63	0,38	0,94	1,44	0,39
	T6-T4	0,48	0,37	0,38	0,00	0,80	1,81	1,60	0,28
T6-UA2	T6-T5	0,00	1,45	0,54	0,41	0,44	0,40	0,15	-
	T6-T8	0,32	2,48	1,98	0,00	1,90	2,29	2,08	0,35
T6-UA3	T6-T6	0,00	0,55	0,46	0,00	0,17	0,21	0,50	0,17
	T6-T7	0,33	0,88	0,43	0,15	0,68	1,03	0,48	0,21
T7-UA1	T7-T1	0,09	1,38	1,47	0,54	2,50	0,96	-	0,34
	T7-T2	0,60	2,05	2,98	0,03	1,64	1,41	1,78	0,65
T7-UA2	T8-T1	0,36	0,63	0,55	0,62	0,34	0,52	0,48	0,33

Por fim, o volume em cada contexto foi estimado calculando-se o produto das espessuras médias de cada transecto com as áreas de influência dos mesmos, e os resultados podem ser vistos na **Tabela 38** e **Tabela 39**. Nota-se que, em geral, o volume de sedimentos depositados nas planícies aluvionares em ambos os lados do rio foram mais elevados do que nos demais contextos (calha, margem e encosta), resultado já esperado. No total, o Trecho 6 apresentou maior deposição de rejeitos do que o Trecho 7.

Tabela 38 – Volume estimado de rejeito na calha, margem, planície de inundação e encosta

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	VOLUME DE REJEITO (M³)							
		Esquerda		Calha			Direita		
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Margem	Planície	Encosta
T6-UA1	T6-T1	0	0	0	0	0	0	0	0
	T6-T2	0	779	-	3.013	3.494	1.288	7.574	112
	T6-T3	27.430	48.990	1.836	6.171	3.670	1.820	57.544	311
	T6-T4	10.435	32.624	978	0	9.768	4.643	89.280	2.564
T6-UA 2	T6-T5	0	53.048	864	4.530	4.864	646	3.020	-
	T6-T8	22.208	308.735	6.573	0	44.805	8.760	145.347	8.314
T6-UA3	T6-T6	0	23.095	794	0	677	353	17.082	1.874
	T6-T7	6.070	43.996	1.276	1.220	5.384	3.013	16.688	1.763
T7-UA1	T7-T1	3.777	34.898	2.287	6.268	28.839	1.346	-	6.704
	T7-T2	5.006	70.251	4.288	337	16.591	2.175	33.066	18.217
T7-UA2	T8-T1	2.088	426	373	3.255	1.785	362	3.781	348

Tabela 39 – Resumo do volume estimado nos Trechos 6 e 7

TRECHOS	VOLUME DE REJEITO (M³)								
	Esquerda			Calha			Direita		Total
	Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Margem	Planície	Encosta	
Trecho 6	66.143	511.266	12.322	14.934	72.663	20.523	336.534	14.937	**1.049.324**
Trecho 7	10.871	105.574	6.948	9.859	47.215	3.883	36.846	25.269	**246.465**
TOTAL	**77.014**	**616.841**	**19.269**	**24.794**	**119.878**	**24.407**	**373.381**	**40.206**	**1.295.789**

5.2.5.1 Volume estimado pela Golder

No relatório "Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão" da Golder Associates, é descrito como foi o processo para cálculo do volume de rejeito depositado ao longo dos cursos d'água impactados.

Segundo consta no referido documento, primeiramente os trechos do rio foram segmentados e identificados conforme os mecanismos de transporte e deposição do rejeito de acordo com a tipologia dos trechos fluviais, sendo elas Cânion (CN), Confinado (CF), Estreito (NR), Larga com pequena planície de inundação (BFS) e Larga com grande planície de inundação (BFL). A descrição de cada critério para determinação das identificações pode ser encontrada na Tabela 3.5.2. do referido relatório.

Com base na Figura 3.4.1a do relatório da Golder é possível observar que os trechos do rio que estão inseridos no Trecho 7 são: BFS_01 e CN_02 (completamente inseridos); e parte do CF_03. Já para o Trecho 6, não foram identificados segmentos compatíveis no estudo desenvolvido pela Golder.

A estimativa de volume de rejeitos depositado feita pela Golder foi o produto das áreas superficiais das zonas afetadas pela deposição dos rejeitos nas planícies de inundação, determinadas a partir de análises em SIG (Sistema de Informação Geográfica) para cada trecho do rio identificado, pela espessura dos rejeitos observados durante os levantamentos geomorfológicos em campo à época. Foram realizadas 3 metodologias de cálculo para cada trecho: o Método 1 utiliza a média de espessura de rejeito observada nas margens em cada trecho; o Método 2 utiliza a média de espessura de rejeito medido em sondagens na planície de inundação; e o Método 3 utiliza a espessura mínima de rejeitos observada em cada trecho para o cálculo do volume.

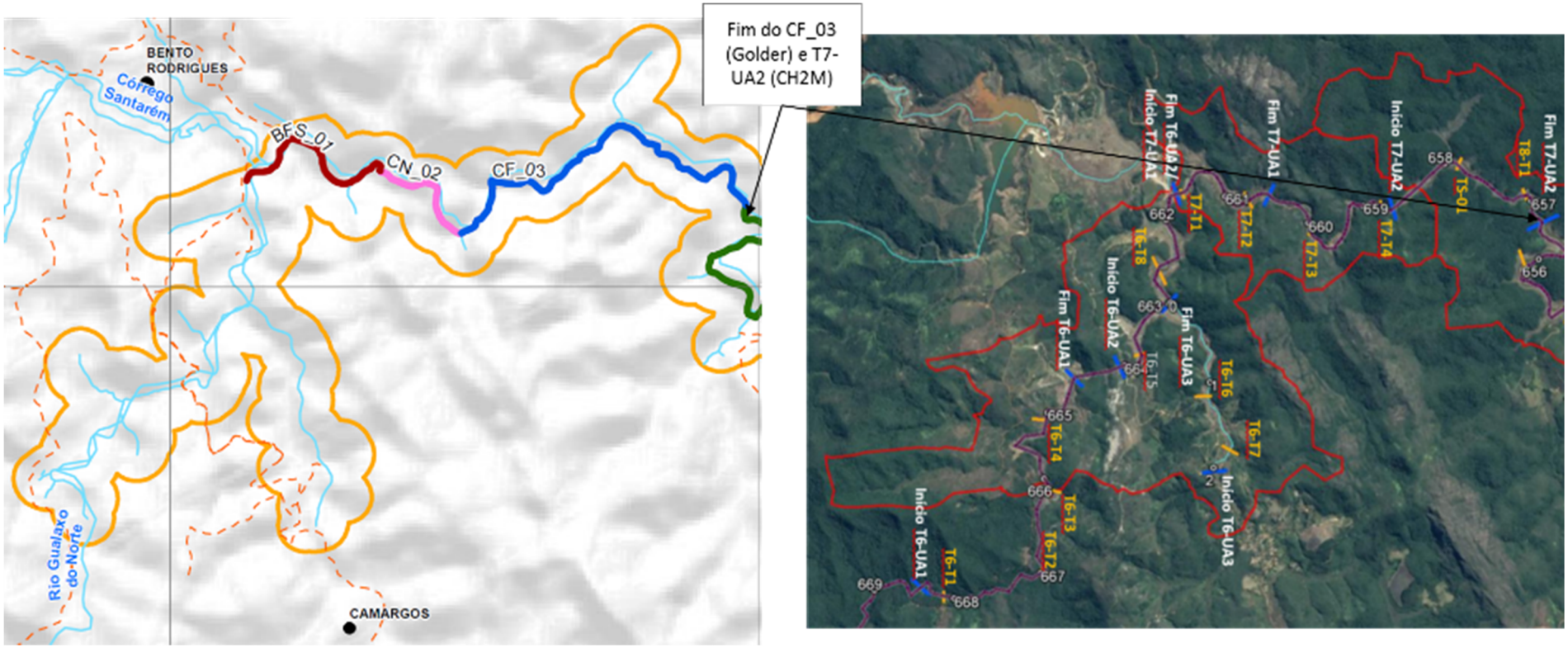
Os volumes estimados nos trechos definidos pela Golder que se inserem no Trecho 7 são:

- BFS_01: 91.000 m³ pelo Método 1; 200.000 m³ pelo Método 2; 41.000 m³ pelo Método 3;
- CN_02: 12.000 m³ pelo Método 1; 19.000 m³ pelo Método 2; 4.700 m³ pelo Método 3;
- CF_03: 92.000 m³ pelo Método 1; 130.000 m³ pelo Método 2; 40.000 m³ pelo Método 3.

5.2.5.2 Comparação com resultados obtidos no presente estudo

Para comparar os resultados de volume estimado pela Golder com os resultados obtidos no presente estudo, primeiramente relacionou-se a extensão do rio para a qual foi realizado o cálculo. Conforme já citado não foram determinados trechos do rio de acordo com as identificações da Golder no Trecho 6 e os trechos do rio que estão inseridos no Trecho 7 são: BFS_01 e CN_02 (completamente inseridos); e parte do CF_03, que apesar de estar parcialmente inserido no Trecho 7, tem sua extremidade jusante aproximadamente coincidente com o fim de unidade de análise T7-UA2, no Trecho 8 (Figura 150).

Figura 150 – Comparação da localização dos trechos definidos pela Golder e atuais



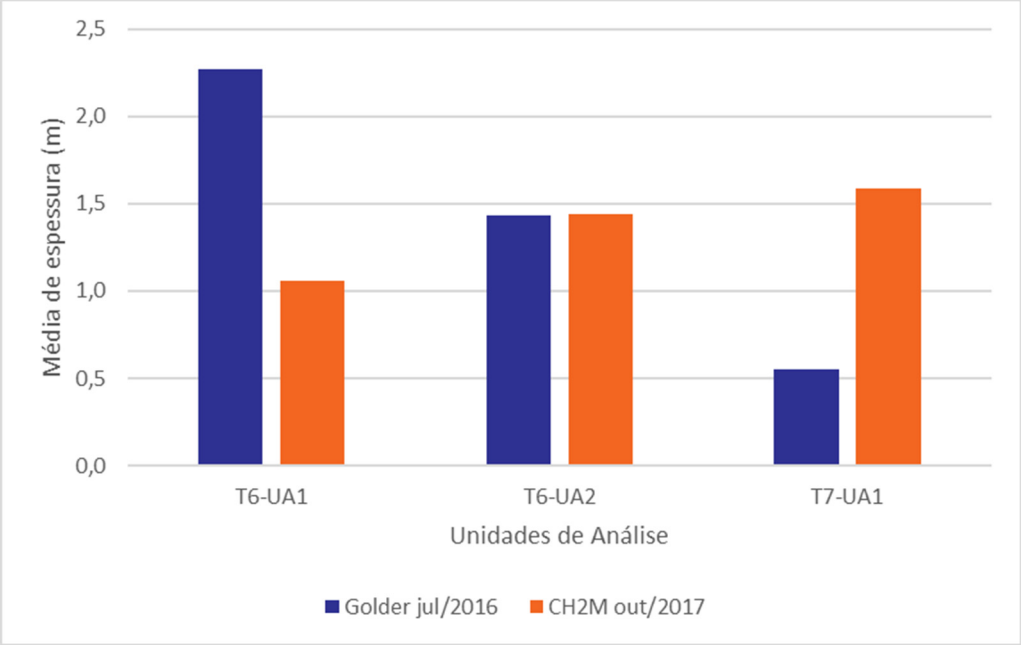
A **Tabela 40** e Figura 151 apresentam as médias das espessuras de rejeito calculadas pelo estudo de 2016 (Golder) e pelo presente estudo por unidade de análise. Verifica-se que a área da unidade de análise T6-UA1 o estudo de 2016 calculou uma média duas vezes maior que o presente estudo (2,27 m e 1,06 m respectivamente). Por outro lado, o oposto ocorreu com a unidade de análise do Trecho 7 (T7-UA1), onde foi identificada uma média de 1,59 m da espessura de rejeito, ou seja, o triplo do valor do estudo do ano anterior (0,55 m). Já na área da unidade de análise intermediária T6-UA2, ambos os estudos chegaram a um valor próximo da média da espessura de rejeito (1,40 m), com diferença de 0,01 m.

A **Tabela 40** também informa as sondagens realizadas em cada estudo e, quando comparadas, observa-se que o presente PMR realizou mais investigações do que o estudo de 2016.

Tabela 40 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR

UNIDADE DE ANÁLISE	SONDAGENS GOLDER JUL/2016	TRANSECTOS COM SONDAGENS CH2M OUT/2017	MÉDIA DAS ESPESSURAS (M)	
			Golder jul/2016	CH2M out/2017
T6-UA1	A3TD8, A3TD9 e A3TD5	T6-T2 (sondagens 02, 08, 09 e 10), T6-T3 (sondagens 02 e 03) e T6-T4 (sondagens 03, 04, 07, 08 e 09)	2,27	1,06
T6-UA2	A3TD4, A3TD10, A3TD3, A3TD6, A3TD2, A3TD1 e A3TD7	T6-T5 (sondagens 02, 03, 07 e 08) e T6-T8 (02, 04, 05, 09, 10 e 11)	1,43	1,44
T7-UA1	A3TD11	T7-T1 (sondagens 02, 03, 04 e 08) e T7-T2 (sondagens 02, 03, 04, 08 e 09)	0,55	1,59

Figura 151 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR



Por fim, comparou-se a somatória do volume estimado pela Golder nos trechos BFS_01, CN_02 e CF_03 com a somatória do volume estimado no presente estudo nas unidades de análise T7-UA1 e T7-UA2 (**Tabela 41**).

Tabela 41 – Comparação de volumes estimados pela Golder e atuais nos Trechos 6 e 7

GOLDER		**ATUAL**	
Trecho comparativo	Volume	Trecho comparativo	Volume
Não foram determinados trechos pela Golder no Trecho 6	Não calculado	Trecho 6	1.049.324 m³
Trechos BFS_01 + CN_02 e CF_03 da Golder	Método 1: 195.000 m³ Método 2: 349.000 m³ Método 3: 85.700 m ³	Trecho 7, incluindo porção da T7-UA2 inserida no Trecho 8	363.085 m³

Como se observa, o volume estimado de rejeito depositado nas unidades de análise T7-UA1 e T7-UA2, neste estudo, está próximo do resultado obtido pela Golder através do Método 2.

6 Identificação dos impactos ambientais

Conforme introduzido na Seção 1, no momento do rompimento da barragem de Fundão e nos dias que se seguiram, ao longo do caminho de escoamento dos rejeitos, solos, vegetação e outros materiais foram arrastados resultando em uma mistura de rejeitos, solos e detritos vegetais e antrópicos que foram depositados ao longo das encostas, planícies de inundação, das margens e calhas destes cursos d'água e seus tributários, quando a onda de sólidos e água teve sua velocidade de deslocamento reduzida em certos trechos durante seu deslocamento (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Este novo cenário impõe ao meio ambiente uma adaptação à existência deste passivo e novos impactos podem ser deflagrados pela interação do meio com esta nova realidade imposta pela acomodação do rejeito e demais detritos carreados quando do rompimento.

Isto posto, serão expostos os impactos esperados ou já observados decorrentes desse cenário atual de deposição de rejeitos, em que este passa a ser entendido como fonte geradora de impacto e não mais reflexo dos impactos do rompimento. Ou seja, entende-se que a dispersão, composição e abrangência dos depósitos de rejeitos sejam impactos diretos do rompimento da barreira. No entanto, a interação destes com o regime fluviométrico, por exemplo, é impacto direto dos depósitos formados pelo evento.

A identificação dos impactos ambientais resultantes da liberação de rejeitos pelo rompimento da barragem de Fundão foi realizada ainda nos meses de novembro e dezembro de 2015 e foi relatada no documento intitulado "Avaliação dos Impactos do Meio Físico resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão realizado pela Golder Associates".

Diversos são os impactos ambientais desde o rompimento da barragem de Fundão até a presente data. As amostragens e os resultados apontados na Seção 5.2 demostram que o rejeito atingiu as encostas, planícies aluvionares, margens da calha do rio e em alguns pontos essas amostras indicam espessura do rejeito acima de 2 metros, principalmente no que foi denominado como "Depósito indiscriminado de calha", sendo esse aspecto, um dos agravantes para os problemas de cor e turbidez na água do rio Gualaxo do Norte. Outros fatores também devem ser considerados como passíveis de estarem impactando a qualidade da água, como as margens do rio com potenciais erosivos, planícies

sem recuperação da cobertura vegetal, questões relacionadas com o disciplinamento das drenagens, entre outros.

Desde o evento são diversos os estudos, monitoramentos e avaliações que vêm sendo executados, no âmbito dos programas socioambientais previstos no TTAC – Termo de Transação e Ajustamento de Conduta. Os monitoramentos vêm sendo realizados no sentido de caracterizar e de subsidiar as medidas cabíveis para a mitigação dos impactos causados.

Na **Tabela 42** estão apresentadas as principais considerações identificadas sobre a caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e da área afetada. Estas informações servem como base para a avaliação dos potenciais riscos futuros decorrentes da presença de rejeitos e de impactos decorrentes de eventos no passado, de modo a subsidiar a definição dos objetivos específicos das ações de manejo do rejeito.

Tabela 42 –Resumo da caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e da área afetada nos Trechos 6 e 7

CARATERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO		IMPACTOS
	Trecho 6	Trecho 7	
	Aspectos Físicos		
Tipo de deposito de rejeito	Extracalha: • Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas • Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas • Depósitos sobre lagoas marginais finos sobre cavas e depressões Intracalha: • Depósitos Indiscriminados de Calha		
Área impactada por tipo de deposito (ha)	• Encosta: 22,5 ha • Planície: 64,7 ha • Margem:3,1 ha • Calha: 7,4 ha	• Encosta: 10,5 ha • Planície: 9,7 ha • Margem:0,7 ha • Calha: 2,7 ha	
Levantamento planimétrico	Definidas 5 unidades de análise (UAs) de acordo com a planialtimetria dos trechos, 4 no Rio Gualaxo do Norte e 1 no Córrego Camargos, com baixa declividade e maior susceptibilidade a sedimentação, divididas entre si por gargantas (trechos mais declivosos e/ou estreitos). Extensão total e variação da elevação: 11,7 km e 54 m do início ao fim das UAs no Rio Gualaxo do Norte e 2 km e 11 m no Córrego Camargo. A declividade média das UAs varia de 1,82‰ (T7-UA1) a 5,49‰ (T6-UA3). Os divisores das UAs são: garganta no Trecho 6, onde está compreendida a ponte que liga Camargos a Bento Rodrigues, destruída pelo evento; o ponto de afluência do Córrego Santarém; e a extensa garganta no Trecho 7.		Remobilização por erosão dos depósitos de rejeitos extracalha por deficiências pontuais no sistema de drenagem superficial e na cobertura vegetal, com carreamento de sólidos para o rio e consequente aumento da turbidez e alteração da cor das águas.
Espessura medida do rejeito (m)	Espessura média do rejeito encontrada em encosta foi 0,42 metros sendo o maior valor (1,75 metros) encontrado na encosta direita do transecto 2 do trecho 6. Espessura média do rejeito encontrada na em planície foi 1,41 metros sendo o maior valor (2,99 metros) encontrado na planície esquerda do transecto 8 do trecho 6. Espessura média do rejeito encontrada em margem foi 1,13 metros sendo o maior valor (2,98 metros) encontrado na margem esquerda do transecto 2 do trecho 7. Espessura média do rejeito encontrada em calha foi 1,37 metros sendo o maior valor (3,04 metros) encontrado na encosta direita do transecto 1 do trecho 7.		Aporte de rejeitos ao rio a partir de depósitos nas margens, por ausência ou deficiências pontuais em obras de proteção, como enrocamentos, retentores e mantas vegetais, com consequente aumento da turbidez e alteração da cor das águas. Ressuspensão dos componentes finos (argila e silte) dos rejeitos inconsolidados depositados na calha fluvial por remoção/remobilização da camada de rejeito lacado (*lag layer*)e o consequente aumento da turbidez e alteração da cor das águas. Aporte de rejeitos às lagoas marginais remanescentes e consequente assoreamento, com perda de profundidade e volume e limitação de suas funções ecológicas.
Volume de rejeito (m³)	Total do volume de rejeito: 1.295.789 m³ aproximadamente, sendo: • Encosta: 117.220 m³ • Planície: 990.221 m³ • Margem: 43.676 m³ • Calha: 24.407 m³ (lavado) e 119.878 m³ (inconsolidado)		Limitação da produtividade das áreas com uso agropecuário devido às características físicas e químicas dos rejeitos que determinam a sua baixa fertilidade.
Textura do material	Textura do material encontrado intracalha: 7% de argila, 18% de silte, 61% areia, e 14% cascalho e fração maior que 2mm. Textura do material encontrado na extracalha: 8% de argila, 33% de silte, 55% areia, e 4% cascalho e fração maior que 2mm.		
Composição do material / teor do óxido de ferro	Composição do material encontrado extracalha e quantificado em análise laboratorial de metais: Alumínio, Arsênio, Bário, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco, com destaque para os metais Alumínio, Ferro e Manganês que aparecem em todas as amostras.		

CARATERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO		IMPACTOS
	Trecho 6	Trecho 7	
Estratigrafia dos depósitos	Estratigrafia dos depósitos encontrados intracalha: camada mais superficial composta por um rejeito lavado arenoso e de coloração acinzentado; camada intermediária composta por um rejeito inconsolidado siltoso e de coloração marrom avermelhado; camada mais profunda composta por substrato natural. Estratigrafia dos depósitos encontrados extracalha: camada mais superficial composta por um rejeito inconsolidado siltoso e de coloração marrom avermelhado; camada mais profunda composta por substrato natural.		
Potencial de erosão ou da ressuspensão de material	Extracalha: Considerados negligenciáveis após aplicação de cobertura vegetal e obras de drenagem. Sem tais ações, o rejeito é bastante suscetível à erosão pois apresentam baixa coesão quando saturados, portanto ficam sujeitos a desagregação pelo impacto das chuvas e mobilização por enxurradas. Quando úmidos e não saturados, os rejeitos se apresentam compactos e com coesão suficiente para minimizar eventuais efeitos da ação dos ventos em processos de erosão eólica, com efeitos secundários na qualidade do ar. Intracalha: O material depositado nas margens pode ser um dos causadores de turbidez no rio, uma vez que a constante energia gerada pelo movimento da água do rio, ocasiona o desprendimento das porções depositadas nas margens impossibilitando o funcionamento das medidas de controle de erosão adotadas para este contexto.		
Atributos da paisagem local (relevo predominante, nascentes, fragmentos de vegetação nativa, dentre outros)	Afloramento rochoso, Colina do topo alongado, Escarpa rochosa, Rampa de colúvio, Terraço fluvial, Vale encaixado com vertente ravinada, Vertente convexa com inclusão cônica	Afloramento rochoso, Colina do topo alongado, Rampa de colúvio, Terraço fluvial, Vale encaixado com vertente ravinada, Vertente convexa com inclusão cônica	
Aspectos Químicos			
Qualidade da água superficial (turbidez, cor aparente, metais dissolvidos)	ITS13 e RG02: Turbidez acima os parâmetros de referência (outubro e novembro de 2017). RG02: fósforo total e manganês total (outubro e novembro de 2017)	Turbidez e cor d'água: analisados os pontos (TUR-07, TUR-112 e TUR -79), e os pontos referência (TUR-26, TUR-114 e RGN-01). A média da turbidez é maior para os períodos chuvosos, incluindo os pontos referência. Tendência decrescente e turbidez quando comparados aos períodos hidrobiológicos de chuva e seca (2016 e 2017)	Aumento da turbidez e, consequente, alterações no ecossistema aquático
Qualidade do solo (teor de metais acima da CONAMA 420 e COPAM 166)	Concentrações acima dos parâmetros de referência CONAMA e COPAM - Ponto S04: Alumínio, Ferro, Manganês, Arsênio, Bário, Antimônio, Chumbo, Cobalto, Níquel, Zinco Concentrações acima dos parâmetors de referência CONAMA e COPAM - Pontos T36A, S53 e T165: Arsênio		Contaminação do solo, água e sedimento por metais
Qualidade dos sedimentos (teor de metais acima da CONAMA 454)	Maiores concentrações para AL, Fe e Mn. NO ponto T150 foi verificado concentração de Ar acima dos parãmetros CONAMA.		
Aspectos Biológicos			
Ecossistema aquático (impactos na biodiversidade a longo prazo)	Baixa riqueza de espécies da fauna aquática, considerando os grupos monitorados (ictiofauna, comunidade bentônica e planctônica), quando comparado com estudos prévios, sobretudo, com relação a ictiofauna.		Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo) e impacto na dessedentação das espécies terrestres, ressuspensão fina do rejeito inconsolidado, perda de riqueza de espécies de fauna aquática

CARATERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO		IMPACTOS
	Trecho 6	Trecho 7	
Ecossistema terrestre (supressão de floresta nativa/ supressão de pastagem ou áreas antropizadas)	Aumento da turbidez e altos teores de sólidos na água leva a depleção das concentrações de oxigênio dissolvido. Área afetada pelo evento sobre vegetação nativa e pastagem, incluindo em áreas de APP . Verificado o incremento de cobertura vegetal nas áreas afetadas decorrentes de ações de revegetação e regeneração natural. Nestas áreas foi observado resultado positivo para a regeneração da cobertura vegetal, com predomínio de espécies de gramíneas e herbáceas mais rústicas, indicadas como daninhas.		Supressão da vegetação, dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas, potencial de erosão do solo e baixa fertilidade
Conectividade de habitats	Das oito lagoas marginais presentes no trecho 6, sete lagoas foram soterradas pela erosão e depósito de rejeitos.		Perda do habitat aquático, perda da conectividade do sistema rio-lagoa, redução da biodiversidade local, perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres e recuperação do ecossistema terrestre existente (antes de serem lagoas de garimpo)
Potencial ecotoxicológico	Não foram realizados estudos de ecotoxicologia específicos para os trechos 6 e 7. entretanto, nos estudos realizados no rio doce foi observada ausência de ecotoxicidade aguda nas amostras de água doce para *Danio rerio*, *Daphnia similis* e *Vibrio fisheri*. o ensaios crônicos evidenciaram efeitos tóxicos sub-letaios para *Ceriodaphnia dubia* e 30% dos ensaios em sedimento demosntraram ecotoxicidade aguda para *Hyalella azteca*, embora não tenha sido registrada diferença estatística em relação aos níveis de mortalidade antes do evento. Os resultados apontaram para um incremento de ecotoxicidade crônica na coluna d'água com a chegada da onda de rejeito , se estendendo até um mês após a passagem da pluma. embora não tenha sido verificada uma correlação com os parâmetros de qualidade de água e os resultados de ecotoxicidade, o padrão temporal na coluna d'água se assemelha ao observado para os sólidos em suspensão, ou seja, o efeito tóxico crônico observado está associado a presença de sólidos em suspensão, que pode afetar espécies filtradoras.		Presença de toxicidade crônica relacionada ao aumento de turbidez com a chegada da pluma nos meses seguintes ao evento
Ações de hidro-semeadura com levantamento das espécies preponderantes	O trecho de planície onde foram realizadas atividades de revegetação a cobertura vegetal adensada, em sua maior parte, de porte arbustiva; observa-se na área manchas de espécies semeadas além de espécies de regeneração espontânea.		Recobrimento do solo exposto com vegetação, cumprindo com seu papel de proteção do substrato contra os processos erosivos, evidenciando a aplicabilidade do plantio e regeneração sob o rejeito depositado. Embora haja dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas
	Aspectos Socioeconômicos		
Uso e ocupação do solo	15% pastagem 9% solo exposto 62% vegetação 1% afloramento rochoso 12% área impactada	4% pastagem 85% vegetação 12% área impactada	Perda da áreas produtivas e potencial de erosão do solo, baixa fertilidade
Alteração de cota do terreno / drenagem	A deposição por decantação dos rejeitos mobilizados, enquanto as áreas afetadas permaneceram submersas durante e após o evento, resultou na formação de uma camada de rejeitos que se assentou sobre todas as áreas atingidas, com espessuras relativamente uniformes e diretamente proporcionais ao tempo de submersão, alterando a altimetria destes terrenos em até 1 metro.		
Restrições legais (APP/Reserva legal)	20 nascentes ~20 km de extensão de cursos d'água 121 ha de APP	10 nascentes ~8,6 km de cursos d'água 53 ha de APP	Recuperação de vegetação nativa em APPs que antes do evento não se encontravam vegetadas

7 Identificação dos objetivos específicos

O objetivo geral do trabalho é restaurar ou melhorar as funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas. Para isto, um ou mais objetivos específicos serão definidos para cada contexto, para que todas as funções sejam reestabelecidas.

Para fins de tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos rejeitos atualmente depositados nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, deve-se avaliar as potenciais questões associadas à presença desse material no ambiente dentro dos Trechos analisados. Além disto, precisam ser considerados os impactos atuais decorrentes do evento principal, o rompimento da barragem do Fundão no mês de novembro de 2015 e/ou de eventos posteriores ao evento principal, como a época chuvosa após o evento principal.

Há dois níveis de divisão territorial utilizados neste Plano para a definição dos objetivos específicos:

- Trecho: divisão na escala macro, utilizando o conceito de ottobacias e abrangendo além da área impactada, aquela afetada ainda que indiretamente pelo evento; e
- Contexto: conjunto de áreas com caraterísticas similares que apresentam particularidades quanto às ações de manejo propostas.

Neste sentido, um Trecho representa a divisão espacial na escala macro, conforme a Seção 7.4 do Plano de Manejo de Rejeito Revisão 1. Cada trecho contém um ou mais contextos distintos.

Um Contexto representa a divisão territorial na escala micro, através do conjunto de caraterísticas identificadas para um determinado agrupamento de áreas, envolvendo os aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos. Os contextos identificados nos Trechos 6 e 7 foram divididos entre extracalha (planícies, encostas e lagoas marginais) e intracalha (margem e calha).

Além disso, foram identificadas e classificadas as lagoas marginais, a fim de considerá-las como um depósito específico dentro de cada trecho. No presente caso, apenas foram identificadas lagoas marginais dentro do Trecho 6.

Os objetivos específicos do manejo de rejeitos são sempre definidos por trecho e por contexto, considerando os impactos identificados na Seção 6, envolvendo as seguintes questões:

- Questões físicas;
- Questões químicas;
- Questões biológicas; e
- Questões socioeconômicas.

Além destas classificações, há a divisão territorial utilizada para a determinação de volumes de rejeito, denominada Unidade de Análise. Tal classe representa a divisão espacial de um determinado trecho, em função da declividade (planícies aluvionares e vales encaixados ou gargantas). Baseadas na localização das gargantas e considerando o tributário TG04, córrego dos Camargos no Trecho 6, foram definidas 3 Unidades de Análise e enquanto no Trecho 7, foram definidas 2 Unidades de Análise conforme apresentado na Seção 5.2.3.7.

Cada Unidade de Análise engloba os contextos encostas, planícies, margens e calha entre duas gargantas ou pela entrada de um córrego que pode mudar a forma de transporte do sedimento como no caso do Trecho 6 com a entrada do córrego Santarém. Entretanto, esta classificação não se mostra funcional para a aplicação das ações de manejo, uma vez que engloba diferentes contextos, extrapolando inclusive os limites dos Trechos.

7.1 Divisão espacial da área afetada

O processo de tomada de decisão é aplicado para cada contexto, separadamente. Primeiramente, a definição dos contextos segue uma divisão territorial, baseado nos seguintes critérios geográficos:

- Unidades morfológicas;
- Unidades ecológicas;
- Unidades de uso do solo; e
- Limites de propriedades.

Para definir as unidades morfológicas, a morfologia do leito foi classificada em tipos de fundo do leito como praias, correntezas e ilhas. A planície aluvionar também pode ser classificada como planície de inundação ativa ou terraço.

Nos trechos onde houver lagoas, tanto as antigas lagoas de garimpo, como as lagoas naturais ou viveiros de peixes, estas serão consideradas como um contexto específico para a aplicação do manejo.

Além do mais, existem tipos diferentes de uso do solo na área de interesse: pastagens, Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas sem utilização, com vegetação rasteira e/ou arbustiva. Cada tipo de uso do solo possui requisitos particulares para a sua função específica.

A divisão territorial baseada em critérios geográficos é importante, porque diferentes tipos de unidades morfológicas, unidades ecológicas e unidades de uso do solo terão uma resiliência diferente à perturbação ou diferentes trajetórias de recuperação. Ademais, esta divisão territorial ajudou em definir o Plano de Amostragem estabelecido para os Trechos 6 e 7, conforme descrito na Seção 5.2.4.

Porém, a divisão espacial na escala micro não pode depender apenas dos critérios geográficos mencionados acima e precisa ser ajustada ao resultado da caraterização das áreas através da amostragem de solo e sedimentos, mapeamento de tendências espaciais e modelagem hidráulica. Portanto, a definição final dos contextos é uma divisão territorial na escala micro, baseado em *impactos identificados*, após a análise dos seguintes processos:

- Potencial de remobilização do sedimento no leito do rio;
- Período de recorrência de inundação das planícies aluvionares e potencial erosivo por escoamento superficial de encostas e planícies; e
- Potencial erosivo nas margens, levando em consideração a dinâmica natural do rio.

Estes processos foram analisados na Seção 5. No caso específico do potencial de remobilização do sedimento no leito do rio, na atualidade encontra-se em desenvolvimento o monitoramento complementar do Trecho 8 durante o ciclo hidrológico 2017/2018, o qual será utilizado como um observatório do comportamento do ambiente, com monitoramento da camada de proteção do rejeito instável a fim de obter informações mais concretas sobre o real potencial de remobilização e como consequência disso, avaliar a real necessidade de retirada dos mesmos do ambiente.

A **Tabela 43** mostra os contextos identificados nos Trechos 6 e 7.

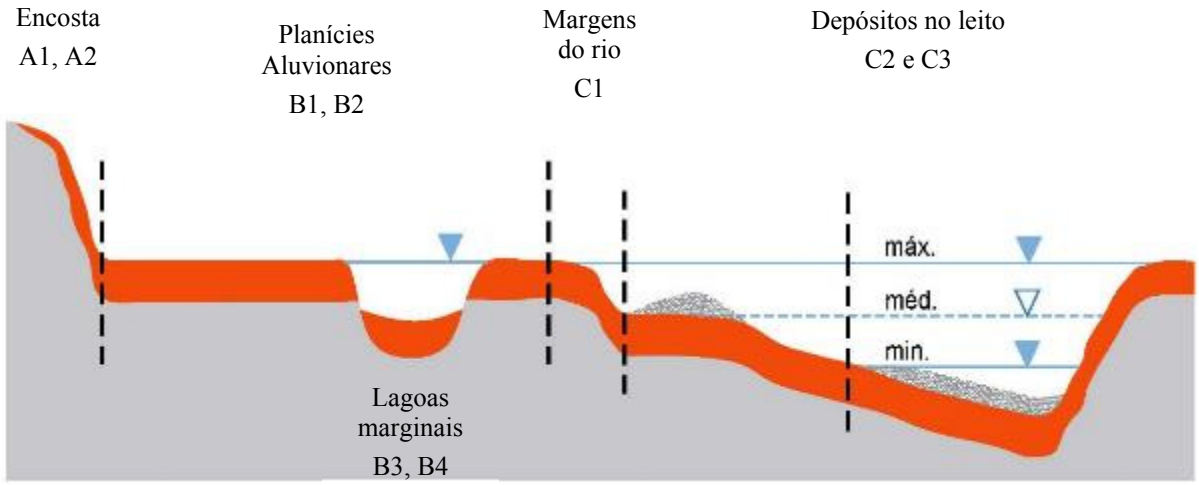
Tabela 43 – Contextos identificados nos Trechos 6 e 7

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	TIPO DE DEPÓSITO	CONTEXTO
Depósito Extracalha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.
		A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta - pastagem.
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica.
		B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa.
	IX. Depósitos em Lagoas Marginais	B3. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio.
		B4. Depósitos em lagoas soterradas após o evento.
Depósito Intracalha	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	C1. Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.
		C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.
		C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis.

É importante ressaltar que os depósitos nas margens que já possuem medidas de controle de erosão não foram considerados como um contexto específico no processo de tomada de decisão, uma vez que os mesmos já possuem uma alternativa de manejo executada a as mesmas estão atendendo as expectativas conforme apresentado na Seção 5.1.3.

A Figura 152 mostra um desenho conceitual de uma seção transversal típica dos contextos encontrados nos Trechos 6 e 7 do rio Gualaxo do Norte.

Figura 152 – Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados nos Trechos 6 e 7 do rio Gualaxo do Norte



Legenda: cinza = rochas, solos ou sedimentos naturais, depositados antes do evento; laranja = rejeito e materiais agregados depositados durante o evento; hachurado = material remobilizado depois do evento, de natureza arenosa.

7.2 Definição dos objetivos específicos

Para fins de tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos rejeitos atualmente depositados nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, deve-se avaliar as potenciais questões associadas à presença desse material no ambiente dentro dos Trechos 6 e 7. Além disto, precisam ser considerados os impactos atuais decorrentes do evento principal, o rompimento da barragem do Fundão no mês de novembro de 2015 e/ou de eventos posterior ao evento principal, como ser a época chuvosa após o evento principal.

Para os depósitos extracalha e os depósitos de calhas foram identificados os objetivos específicos listados na **Tabela 44**. Estes objetivos específicos estabelecidos com base nos impactos identificados e descritos na Seção 6, os quais foram incluídos de forma sucinta na **Tabela 44**.

Tabela 44 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto nos Trechos 6 e 7

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Depósito Extracalha	A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação	• Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Potencial de erosão do solo;	• Evitar a erosão superficial das encostas • Regenerar a vegetação nativa

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
	florestal nativa em encosta.	• Baixa fertilidade.	• Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
	A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta - pastagem.	• Supressão da vegetação; • Perda de áreas produtivas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade.	• Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • possibilitar a melhoria da fertilidade dos solos
	B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica.	• Supressão da vegetação; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade.	• Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • possibilitar a melhoria da fertilidade dos solos
	B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa.	• Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo.	• Evitar a erosão das planícies • Regenerar a vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
	B3. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio.	• Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato.	• Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático • Manter a profundidade mínima de 1,5 m
	B4. Depósitos em lagoas soterradas após o evento.	• Perda do habitat aquático; • Perda da conectividade do sistema rio-lagoa • Redução da biodiversidade local; • Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Recuperação do ecossistema terrestre existente (antes de serem lagoas de garimpo).	• Recuperar as lagoas soterradas, possibilitando a recuperação do ecossistema aquático OU • Regenerar a vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre
Depósito Intracalha	C1. Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.	• Aporte de rejeito; • Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da	• Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
		paisagem decorrente da cor e turbidez; • Supressão da vegetação nativa.	
	C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.	• Aporte de rejeito; • Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez; • Perda da biodiversidade; • Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo); • Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Potencial ressuspensão fina do rejeito inconsolidado.	• Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (turbidez e cor) • Promover a formação de um substrato granulometricamente estável • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático
	C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis.	Idem contexto C2	Idem contexto C2

Os objetivos específicos para o manejo dos depósitos nas encostas e planícies consideram os objetivos do PG 17, conforme o documento denominado PG 17 – PROGRAMA DE RETOMADA DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS - Definição do Programa de 12/05/2017. Esse Programa visa à retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC.

As margens do rio Gualaxo do Norte estão consideradas no PG 25 - Recuperação da Área Ambiental 1 - que trata da estabilização das margens e dos rios e tributários. O Programa engloba as ações de controle de erosão entre áreas prioritárias e não prioritárias, bem como as ações de revegetação das planícies.

8 Processo de tomada de decisão

No PMR foram definidos dois níveis de tomada de decisão:

1. Processo simplificado de tomada de decisão; e
2. Análise custo-benefício (ACB).

A metodologia específica para cada um destes processos foi descrita na Seção 9 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 1. O ACB será aplicado sempre que o Processo Simplificado não resulte conclusivo e quando não possam ser realizados estudos adicionais que complementem a caracterização ambiental e forneçam novas informações que ajudem na conclusão do Processo Simplificado. Desta maneira, neste presente relatório será abordado o Processo de Tomada de Decisão Simplificado e, no caso de não ser conclusivo, segue-se com a identificação dos estudos complementares que suportem a tomada de decisão. Uma vez finalizados estes estudos, e em uma outra etapa, será aplicado a ACB, caso necessário.

O processo de tomada de decisão é aplicado para cada contexto, separadamente. Uma vez estabelecidos os objetivos específicos por contexto, serão identificadas e descritas as alternativas de manejo para cada um deles as quais serão avaliadas e contrastadas no processo de tomada de decisão. Além disso, durante o desenvolvimento destas alterativas tecnológicas e manejo, devem ser levantados os possíveis *efeitos* positivos e/ou negativos da sua implementação.

Em todo processo de tomada de decisão a pontuação ou avaliação assignada comparando as alternativas de manejo para cada um dos critérios estará claramente justificada.

8.1 Pontuações base por critério

As alternativas de manejo foram avaliadas para os presentes trechos, seguindo o Processo Simplificado de Tomada de Decisão do Plano de Manejo de Rejeito. O processo segue a metodologia descrita na Seção 9.3 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 e utiliza os seguintes critérios:

- Efetividade em atingir os objetivos específicos;
- Viabilidade técnica e administrativa;
- Impactos e riscos causados pelo manejo; e

- Tempo de implementação.

No Processo Simplificado de Tomada de Decisão a pontuação para cada contexto é definida comparando as alternativas de manejo para cada um dos critérios. O raciocínio para a pontuação destes quatro critérios é apresentado a seguir.

A. Pontuação para o critério "efetividade em atingir os objetivos específicos":

- Nenhum objetivo específico atingido: Nota 1;
- Objetivos específicos parcialmente atingidos: Nota 2, 3 ou 4;
- Todos os objetivos específicos atingidos: Nota 5.

A decisão entre a pontuação 2, 3 ou 4 dependerá da quantidade de objetivos específicos atendidos com relação ao total. Sempre será indicado um esclarecimento com relação à pontuação adotada.

B. Pontuação para o critério "Viabilidade Técnica" e "Viabilidade Administrativa":

As pontuações por viabilidade técnica e administrativa devem ser comparadas de forma independente, adotando finalmente a menor das duas.

<u>B1. Pontuação para o critério "Viabilidade Técnica":</u>

- Área sem acesso: Nota 1.
- Área com acesso através de trilhas e picadas (carregamento manual do material removido e insumos, além da impossibilidade de acessar com maquinários para realização dos trabalhos)
    - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material *maior* que 1.000 m³: Nota 1.
    - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material *por volta* de 1.000 m³: Nota 2.
    - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material *menor* que 1.000 m³: Nota 3.
    - Tecnologias envolvendo o condicionamento do solo (ex. carregamento de insumos): Nota 4.

  - Tecnologias envolvendo o enriquecimento da vegetação ou monitoramento (ex. carregamento de sementes): Nota 5.

- Área com acesso para veículos leves e pesados e necessidade de áreas de disposição ou jazidas:
  - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³ envolvendo jazidas, áreas de disposição e obras grandes: Nota 3.
  - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³: Nota 4.
  - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material menor que 100.000 m³ e condicionamento ou enriquecimento dos solos ou apenas o monitoramento: Nota 5.

B2. Pontuação para o critério "Viabilidade Administrativa":

A pontuação referente a "viabilidade administrativa" considera os aspectos referentes ao licenciamento ambiental, e os requisitos legais e ambientais. Não é levado em consideração a aprovação da obra pelo superficiário (por ser arbitrário) – apenas o uso atual do solo e requisitos legais como zoneamento, unidades de conservação, APPs, etc.

- Licenciamento ambiental não fatível, por motivos legais: Nota 1.
- Licenciamento ambiental muito demorado (mais que 2 anos - licenciamento ambiental com estudos de impacto ambiental tipo EIA/RIMA): Nota 2.
- Licenciamento ambiental até 2 anos (licenciamento ambiental com estudos de impacto ambiental tipo RCA/PCA): Nota 3.
- Licenciamento ambiental pode ser realizado em até 1 ano (licenciamento ambiental com estudos simplificados ou autorização do IGAM): Nota 4.
- Licenciamento ambiental pode ser pode ser realizado em até 6 meses (sem estudos de impacto ambiental) ou alternativas sem necessidade licenciamento: Nota 5.

C. Pontuação para o critério "Impactos e riscos causados pelo manejo":

A pontuação referente ao critério "Impactos e riscos causados pelo manejo" sempre é relacionada a alguma obra de intervenção. Por exemplo, uma determinada escavação pode ser uma obra com impacto relativamente grande e a instalação de uma medida de controle de erosão pode ser uma obra com impacto relativamente pequeno.

No caso de uma medida de controle de erosão, os rejeitos permanecem no local, cobertos por uma manta, digamos. Consequentemente, se esta medida for mal projetada e/ou executada, pode haver um impacto residual da permanência dos rejeitos, ou seja, neste caso a medida não atingiu os objetivos específicos (veja o critério "A"). Porém, isto não necessariamente significa que a medida causou um impacto durante a sua instalação. Ou seja, neste exemplo a alternativa receberia uma pontuação baixa para o critério A e uma pontuação alta para critério C.

- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³, causando supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação, nas jazidas e nas áreas de disposição, necessitando a constrição de vias de acesso e gerando turbidez em longo prazo (mais que 1 ano): Nota 1 ("impacto muito alto").
- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³, causando supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação, nas jazidas e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso ou gerando turbidez em longo prazo (por volta de 1 ano): Nota 2 ("impacto alto").
- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporária (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento, aumentando a erosão da margem: Nota 3 ("impacto moderado").
- Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantio manual de mudas, etc.): Nota 4 ("baixo impacto").
- Todas as outras tecnologias (e.g., inspeções, monitoramento, etc.): Nota 5 ("impacto desprezível").

D. Pontuação para o critério "Tempo de implementação":

Para obras de engenharia, o tempo de implementação está relacionado apenas com o tempo necessário para instalação da alternativa. Portanto, a pontuação relaciona o tempo com o alcance de todos os objetivos específicos, como segue:

- Tempo até atingir todos os objetivos específicos maior que 4 anos (extremadamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC): Nota 1.
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 4 anos (longo prazo): Nota 2.
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 3 anos (médio prazo): Nota 3.
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo): Nota 4.
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo): Nota 5.

Além disso, para a regeneração da vegetação, será utilizado como critério o estágio de recomposição florestal daqui a 4 anos (TTAC). Neste caso, a pontuação do critério "Tempo de implementação" é definido como segue:

- A regeneração da vegetação daqui a 4 anos pode ser considerado "ruim": Nota 1.
- A regeneração da vegetação daqui a 4 anos pode ser considerado "razoável": Nota 2, 3 ou 4.
- A regeneração da vegetação daqui a 4 anos pode ser considerado "bom": Nota 5.

A decisão entre a pontuação 2, 3 ou 4 dependerá do nível de regeneração em relação ao nível ideal. Sempre será indicada um esclarecimento com relação à pontuação adotada.

A seguir será apresentada a descrição do processo de tomada de decisão utilizando o Processo Simplificado, por contexto.

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

8.2 Contexto A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta

Este é um tipo de depósito extracalha e que se formou exclusivamente em decorrência do evento de ruptura e mobilização dos rejeitos da Barragem de Fundão, pois são áreas que normalmente não são alcançadas pelos processos normais de inundação sazonal, mesmo aquelas com maiores tempos de recorrência.

Objetivos específicos identificados para este contexto:

- Evitar a erosão superficial das encostas;
- Regeneração da vegetação nativa;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre.

8.2.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção manual do rejeito com regeneração natural da vegetação e monitoramento;
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento; ou
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7;
- O acesso é difícil devido à declividade e existência de espécies arbóreas, e como premissa deve ser conservada a vegetação existente (evitar supressão), portanto qualquer escavação ou transporte de insumos deve ser manual.

Premissas Alternativa 1

- Necessidade de licenciamento ambiental por médio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.
- Volume de escavação de rejeito nas encostas (volume de encosta com vegetação natural impactada) similar para ambos os trechos, sendo:
    - Trecho 6: 70.600 m³;
    - Trecho 7: 61.250 m³;
- Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
- Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;
- Tempo necessário para realização da obra:
    - Trecho 6: 16 meses de obra (22 dias úteis / mês).
    - Trecho 7: 14 meses de obra (22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Área de plantio de mudas (área de encostas com vegetação natural):
    - Trecho 6: 19 ha;
    - Trecho 7: 9 ha.
- Velocidade da obra: 1 ha por dia plantada;
- Tempo necessário para realização da obra:
    - Trecho 6: 1 mês de obra.
    - Trecho 7: 0,5 meses de obra.

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

8.2.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A **Tabela 45** apresenta a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para as encostas com vegetação natural nos Trechos 6 e 7.

Tabela 45 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A1 – Trechos 6 e 7

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção manual do rejeito com regeneração natural da vegetação e monitoramento	4	1	3	2	4x1x3x2=24
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento.	5	4	4	5	5x4x4x5=400
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.	4	5	5	3	4x5x5x3=300

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Considerações gerais para todas as alternativas: A proximidade das florestas nas encostas impactadas facilita a regeneração natural da vegetação, através de fenômenos como “chuvas de sementes”. A Fundação Renova vem realizando testes em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas, os quais evidenciam resultados positivos (RENOVA, 2017a), comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa;
- Alternativa 1: Os objetivos específicos são parcialmente atingidos já que apresenta uma menor viabilidade de atingir o estágio de clímax no que diz respeito à diversidade do ecossistema terrestre, apenas com regeneração natural. Desta maneira, foi concedida a nota 4.

- Alternativa 2: Prevê o enriquecimento da vegetação com espécies nativas garantindo uma diversidade no ecossistema terrestre. Nesta alternativa, todos os objetivos específicos são atingidos, concedendo a Nota 5.
- Alternativa 3: Os objetivos específicos são parcialmente atingidos já que apresenta uma menor viabilidade de atingir o estágio de clímax no que diz respeito à diversidade do ecossistema terrestre, apenas com regeneração natural. Desta maneira, foi concedida a nota 4.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: apresenta uma dificuldade técnica considerável, já que a remoção tem que ser feita manualmente, devido à necessidade de preservar a vegetação existente, inviabilizando a remoção mecânica. Além disso, o acesso é dificultoso devido à elevada declividade das encostas. O volume de remoção em ambos os trechos é maior que 1.000 m3, desta maneira a nota concedida no que diz respeito à viabilidade técnica é 1. Por outro lado, devido ao volume de disposição necessário, será necessário licenciar diversas áreas para disposição do rejeito. Como consequência, foi considerado que o licenciamento ambiental pode ser realizado em até 1 ano (licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota devida à viabilidade técnica, para ambos os trechos é 4. Finalmente, a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas. Assim, a nota final para ambos os trechos é 1.
- Alternativa 2: Apresenta a necessidade de acesso por trilhas para realizar o enriquecimento da vegetação, o que implica um empecilho técnico. No entanto, esta técnica é considerada simples e fácil de implementar, além de possuir diversos fornecedores de mudas. Desta maneira, esta alternativa é considerada como uma tecnologia envolvendo o condicionamento do solo (ex. carregamento de insumos), pelo que para a viabilidade técnica concede-se a Nota 4. Por outro lado, não será necessário realizar licenciamentos, o que neste quesito define a Nota é 5. Finalmente, a nota 4 é considerada para a presente alternativa já que a menor das duas alcançadas deve ser considerada;

- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Possui um impacto médio e gerenciável, pois exige a supressão da vegetação existente para geração de acessos. Além disso, torna-se necessária a utilização de diversas áreas para a disposição do rejeito, ocasionando impactos nas áreas de empréstimo para a recomposição do solo e gerando grande movimentação e tráfego de caminhões (alteração da geometria gerada pelo acesso) com os impactos consequentes (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa), além da supressão da vegetação para geração de acessos. Em ambos os trechos, a tecnologia envolve a remoção de volumes de material menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporária (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio (apenas nas encostas), pelo que a nota concedida é 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 2: Tecnologia que envolve movimentação de insumos e maquinários (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantio manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois apenas envolve o monitoramento, pelo que a nota concedida é 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação que já foi reconstituída nas encostas. A obra deve ser realizada por escavação manual, evitando interferir na vegetação existente, o que diminui a produtividade. Conforme apresentado previamente, o tempo de obra no Trecho 6 é por volta de 16 meses enquanto, para o Trecho 7, por volta de 14 meses. Além disso, uma vez finalizadas as obras, estima-se um tempo de regeneração da vegetação de forma natural por volta de 2 anos. Finalmente, considerando ambos os prazos e para ambos os trechos, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 4 anos (longo prazo) pelo que a nota concedida é 2.

- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados 1 mês de obra para o Trecho 6 e 2 semanas para o Trecho 7. Desde esse momento começará a regeneração florestal, sendo esta, um pouco mais acelerada quando comparada com a regeneração natural, pelo que se estima um prazo de 1 ano. Desta maneira, tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo): Nota 5.
- Alternativa 3: A regeneração da vegetação demora mais na Alternativa 3 do que na Alternativa 2, porque não há enriquecimento da vegetação na Alternativa 3. Nesta alternativa, a mesma acontecerá de forma natural. Desta maneira, considera-se dificultosa a recomposição do ecossistema naturalmente e a recuperação da biodiversidade esperada no curto prazo, acontecendo no médio prazo. Quando comparado com a Alternativa 1, estimam-se 3 anos de regeneração da vegetação de forma natural considerando que os solos na Alternativa 1 são mais favoráveis que na Alternativa 3. Finalmente, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 3 anos (médio prazo) concedendo a nota 3.

8.2.3 Medidas Mitigadoras

Alternativa 2, “Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento”, obteve a maior pontuação em ambos os trechos. Esta alternativa obteve uma pontuação consideravelmente maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos ou amarelos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

8.3 Contexto A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta - pastagem

Este é um tipo de depósito extracalha similar ao Contexto A1, porém com atividade econômica, principalmente na forma de pastagem, nos Trechos 6 e 7. O levantamento detalhado das atividades agrícolas deverá ser realizado pelo PG 17.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão superficial das encostas;
- Possibilitar a recuperação da produtividade do solo; e

- Melhoria da fertilidade dos solos.

8.3.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica e/ou manual de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para áreas produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento;
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento; ou
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.

Premissas para todas as Alternativas:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7, porém a produtividade do solo pode ter sido afetada e ainda não retomaram as atividades produtivas;
- No caso do Trecho 6, o acesso é mais fácil do que o Contexto A1 (árvores isoladas). Portanto, a escavação de rejeito ou transporte de insumos pode ser de forma mecânica e utilizando caminhões. No entanto, não será possível o acesso por caminhões para o Trecho 7, já que na atualidade não existem acessos por terra.

Premissas Alternativa 1

- Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.
- Volume de escavação (volume de encosta impactada com atividade econômica):
  - Trecho 6: 10.450 m³;
  - Trecho 7: 6.450 m³;
- Trecho 6 (remoção mecânica):
  - Capacidade do caminhão: 12 m³;

- Número de caminhões: 20 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 100 viagens por dia;
- Disposição de solo: 1.200 m³/dia;
- Tempo necessário: 0,4 mês de obra (22 dias úteis / mês).

- Trecho 7 (remoção manual):
  - Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
  - Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;
  - Tempo necessário para realização da obra: 1 mês de obra (22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Área de condicionamento:
  - Trecho 6: 3 ha;
  - Trecho 7: 1 ha
- Produtividade: 1 mês por hectare.
- Tempo necessário:
  - Trecho 6: 3 meses de obra.
  - Trecho 7: 1 mês de obra.

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.3.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A **Tabela 46** e **Tabela 47** são apresentadas a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para os Trechos 6 e 7, respectivamente.

Tabela 46 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 6

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica do rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para áreas produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	4	3	4	5x4x3x4=240
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	5	4	5	5x5x4x5=500
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola	2	5	5	1	2x5x5x1=50

Tabela 47 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 7

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção manual do rejeito e recomposição parcial com solos naturais, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	1	3	4	5x1x3x4=60
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	4	4	5	5x4x4x5=400

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola	2	5	5	1	2x5x5x1=50

As justificativas para a pontuação nas tabelas são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Todos os objetivos específicos atingidos, já que se assume que a recomposição será com solos férteis que permitiram retomar as atividades produtivas e evitando erosão, pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 2: Todos os objetivos específicos atingidos, já que se assume que condicionamento será com solos férteis que permitem retomar as atividades produtivas e evitando erosão, pelo que a nota concedida é 5.
- A alternativa 3 atinge os objetivos de forma parcial, sendo que apenas atende o objetivo de evitar a erosão do solo, já que na atualidade existem plantios e a vegetação foi reconstituída. Desta maneira, foi concedida a Nota 2.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1:
  - Trecho 6: No que diz respeito à viabilidade técnica, sabendo que neste caso há acesso para caminhões e que o volume de remoção é inferior a 100.000 m^3, pelo que a nota concedida neste quesito é 5. Por outro lado, existe a necessidade de licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota por viabilidade administrativa é 4. Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, adota-se a nota 4 para esta alternativa no Trecho 6.
  - Trecho 7: Observou-se que neste trecho não há acesso por caminhões e o volume é maior que 1000 m3. Desta maneira, no que diz respeito à viabilidade

técnica, foi concedida a nota 1. Por outro lado, existe a necessidade de licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota por viabilidade administrativa é 4. Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, adota-se a nota 1 para esta alternativa no Trecho 7.

- Alternativa 2:
    - Trecho 6: Neste caso envolve tecnológicas para movimentação de insumos com acessos, pelo que a nota devido a viabilidade técnica é 5. Além disso, esta tecnológica não requer licenciamento ambiental. A nota adotada para o Trecho 6 é 5.
    - Trecho 7: Apresenta a necessidade de acesso por trilhas para realizar o condicionamento do solo, o que implica um empecilho técnico. No entanto, esta técnica é considerada simples e fácil de implementar, além de possuir diversos fornecedores de mudas. Tecnologias envolvendo o condicionamento do solo (ex. carregamento de insumos), pelo que a nota referente à viabilidade técnica é 4. Por outro lado, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5). Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, concede-se-a nota 4 para esta alternativa.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5 para ambos os trechos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Além disso, torna-se necessária a utilização de diversas áreas para a disposição do rejeito, ocasionando impactos nas áreas de disposição para a recomposição do solo e gerando grande movimentação e tráfego de caminhões, com os impactos consequentes (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Para ambos os trechos o volume de remoção é menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação para geração de acessos e/ou gerando turbidez temporária e/ou alteração da dinâmica do rio (apenas obras nas encostas) pelo que a nota concedida é 3 (“impacto moderado”) para ambos os trechos.

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantio manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois apenas envolve o monitoramento, pelo que a nota concedida é 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Para ambos os trechos foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do Trecho 6, avaliou-se a necessidade de menos de 1 mês de obra, sendo que para o Trecho 7 estima-se uma duração de obra também por volta de 1 mês. Além disso, deve ser considerado o período de 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem). Como consequência, considerando o prazo de licenciamento mais obra e regeneração da pastagem, o tempo até atingir todos os objetivos específicos para ambos os trechos, encontra-se por volta de 2 anos (curto prazo): Nota 4.
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade, pelo que foram estimados 3 meses de obra de condicionamento no Trecho 6 e 1 mês de obra no Trecho 7. Além disso, deve ser considerado o período de 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem). Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (curto prazo) para ambos os trechos: Nota 5.
- Alternativa 3: A regeneração da vegetação demora mais nesta alternativa do que na Alternativa 2, porque não há condicionamento dos solos. Nesta alternativa, a mesma acontecerá de forma natural, considera-se mais dificultosa a recuperação da atividade produtiva. Quando comparado com a Alternativa 1, estimam-se mais de 4 anos de regeneração da vegetação de forma natural, considerando que os solos na Alternativa 1 são mais favoráveis que na Alternativa 3. Finalmente, o tempo até atingir todos os objetivos específicos é maior que 4 anos (extremadamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC) concedendo a nota 1.

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | **fundacaorenova.org**

8.3.3 Medidas Mitigadoras

Alternativa 2, “Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento“, obteve a maior pontuação em ambos os trechos, mesmo que as condições de acesso destes sejam diferentes e requeiram de distintas tecnologias. Esta alternativa obteve uma pontuação significativamente maior do que a segunda colocada e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

8.4 Contexto B1 – Depósitos sobre planícies com atividade econômica

Nas áreas das planícies aluvionares impactadas pela inundação decorrente do rompimento da barragem de Fundão ocorreu uma deposição por sedimentação dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno. Durante a caracterização observou-se que as planícies não sofrem erosão durante enchentes sazonais normais, porque não são alcançadas por estas. Além disso, o disciplinamento das drenagens evita a erosão pelo escoamento superficial, durante chuvas fortes. Este é um tipo de depósito extracalha om atividade econômica, principalmente na forma de pastagem, nos Trechos 6 e 7. O levantamento detalhado das atividades agrícolas deverá ser realizado pelo PG 17.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Possibilitar a recuperação da produtividade do solo; e
- Melhoria da fertilidade dos solos.

8.4.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para atividades produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento;
2. Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento; ou

3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.

Premissas para todas as Alternativas:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7, porém a produtividade do solo pode ter sido afetada e ainda não retomaram as atividades produtivas;
- No caso do Trecho 6, pode-se chegar até as planícies com atividade produtiva por meio de caminhões e com maquinários. No entanto, não será possível o acesso por caminhões para o Trecho 7, já que na atualidade não existem acessos por terra.

Premissas Alternativa 1

- Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.
- Volume de escavação (volume de planície impactada com atividade econômica):
    - Trecho 6: 150.400 m3
    - Trecho 7: 12.400 m3
- Trecho 6 (remoção mecânica):
    - Capacidade do caminhão: 12 m³;
    - Número de caminhões: 20 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 100 viagens por dia;
    - Disposição de solo: 1.200 m³/dia;
    - Tempo de obra: 6,5 meses
- Trecho 7 (remoção manual):
    - Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
    - Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;
    - Tempo necessário para realização da obra: 3 meses de obra (22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Uso de caminhões apenas no Trecho 6, o Trecho 7 apresenta dificuldades de acesso.
- Área para condicionamento:
    - Trecho 6: 15 ha;
    - Trecho 7: 1 ha.
- Produtividade 1 mês por ha com acesso por caminhões e 2 meses de obra (considerando 100 trabalhadores) por ha sem acesso de caminhões.
- Tempo necessário de obra
    - Trecho 6: 15 meses de obra.
    - Trecho 7: 2 meses de obra

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.4.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na **Tabela 48** é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 48 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 6

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para atividades produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	3	1	3	5x3x1x3=45
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	4	4	4	5x4x4x4=320
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola	2	5	5	1	2xx5x5x1=50

Tabela 49. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 7

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção manual de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para atividades produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	1	3	4	5x1x3x4=60
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	4	4	5	5x4x4x5=400
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola	2	5	5	1	2x5x5x1=50

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o rejeito é removido e o terreno é recomposto com solo natural, controlando os processos erosivos e com solos férteis. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para ambos os trechos.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o solo é condicionado para atividades produtivas e os processos erosivos são controlados. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para ambos os trechos.
- Alternativa 3: A melhoria não ocorre naturalmente quando o fim é a recuperação da produtividade do solo. Desta maneira considera-se um atendimento parcial dos objetivos, apenas alcançando-se o controle de erosão. Concede-se, assim, a Nota 2 em ambos os trechos.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1:
    - Trecho 6: No que diz respeito à viabilidade técnica, sabendo que neste caso há acesso para caminhões e que o volume de remoção é superior a 100.000 m^3, pelo que a nota concedida neste quesito é 3. Por outro lado, existe a necessidade de licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota para a viabilidade administrativa é 4. Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, adota-se a nota 3 para esta alternativa no Trecho 6.
    - Trecho 7: Observou-se que neste trecho não há acesso por caminhões e o volume é maior que 1.000 m3. Desta maneira, no que diz respeito à viabilidade técnica, foi concedida a nota 1. Por outro lado, existe a necessidade de licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota para a viabilidade administrativa é 4. Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, define-se a nota 1 para esta alternativa no Trecho 7.
- Alternativa 2:
    - Trecho 6: Há acesso para caminhões e é uma tecnologia que não envolve a remoção de rejeito com volumes por volta de 100.000 m3, concedendo-se a Nota 4. Além disso, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5). Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, define-se a nota 4 para esta alternativa no Trecho 6.
    - Trecho 7: Apresenta a necessidade de acesso por trilhas para realizar o condicionamento do solo, o que implica um empecilho técnico. No entanto, esta técnica é considerada simples e fácil de implementar, além de possuir diversos fornecedores de mudas. Tecnologias envolvendo o condicionamento do solo (ex. carregamento de insumos), pelo que a nota referente à viabilidade técnica é 4. Por outro lado, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5). Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, define-se a nota 4 para esta alternativa no Trecho 7.

- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5 para ambos os trechos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual) e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do rejeito, impactos em áreas de disposição para a recomposição do solo (jazidas) e grande movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido à remoção, serão acelerados os processos erosivos (exposição) alterando o escoamento superficial durante as obras.
    - Trecho 6: O volume de remoção é superior a 100.000 m³ causando supressão de vegetação atual e outros impactos na área de escavação, nas jazidas e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso e gerando turbidez em longo prazo (mais que 1 ano): Nota 1 (“impacto muito alto”).
    - Trecho 7: O volume de remoção é menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporária (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento, aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantio manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois a não remoção de rejeito e a não criação de acessos para caminhões (apenas trilhas), ou seja, não há supressão da vegetação, apenas monitoramento. Nota: 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Para ambos os trechos foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do

Trecho 6, avaliou-se a necessidade de menos de 6,5 meses de obras, enquanto para o Trecho 7, pelo fato de ser remoção manual, serão necessários 3 meses de obra. Além disso, deve ser considerado o período de 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem). Como consequência, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 3 anos (médio prazo) para o Trecho 6, sendo concedida a Nota 3, e por volta 2 anos (curto prazo) para o Trecho 7, sendo concedida a Nota 4.

- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados 15 meses de obra de condicionamento no Trecho 6 e 1 mês de obra no Trecho 7. Além disso, deve ser considerado o período de 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem). Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (curto prazo) para o Trecho 7, com a Nota 5, e por volta de 2 anos para o Trecho 6, (curto prazo), com a Nota 4.
- Alternativa 3: Considera-se um tempo maior do que 4 anos até que o solo adquira a condição necessária para retornar as atividades produtivas por meio de condições naturais no curto prazo, acontecendo no médio prazo. Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos maior que 4 anos (extremadamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC): Nota 1.

8.4.3 Medidas Mitigadoras

Alternativa 2 "Condicionamento do solo, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento" obteve a maior pontuação em ambos os trechos. Esta alternativa é a única sem semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

O condicionamento do solo e o disciplinamento das drenagens em planícies com atividade económica faz parte do PG 17 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias. Isto ressalta a importância da continuidade deste programa.

8.5 Contexto B2 – Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa

Nas áreas das planícies aluvionares impactadas pela inundação decorrente do rompimento da barragem de Fundão ocorreu uma deposição por sedimentação dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno. Durante a

caracterização observou-se que as planícies aluvionares não são alcançadas pelas enchentes sazonais normais, conforme apresentado na Seção 5.1.9. Além disso, o disciplinamento das drenagens evita a erosão pelo escoamento superficial durante chuvas fortes (Seção 5.1.3) e a vegetação encontra-se em processo de regeneração nas planícies aluvionares.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Regeneração da vegetação original; e
- Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre.

8.5.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica ou manual do rejeito e recomposição parcial com solos naturais considerando a reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens e revegetação e monitoramento;
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento; ou
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7;
- No caso do Trecho 6, pode-se chegar até as planícies com vegetação natural por meio de caminhões e com maquinário. No entanto, não será possível o acesso por caminhões para o Trecho 7 já que na atualidade não existem acessos por terra.

Premissas Alternativa 1

- Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.

- Volume de escavação, considerando todas as planícies com vegetação natural:
    - Trecho 6 (pasto e vegetação natural): 704.250 m³
    - Trecho 7 (pasto e vegetação): 75.590 m³
- Trecho 6 (remoção mecânica):
    - Capacidade do caminhão: 12 m³;
    - Número de caminhões: 20 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 100 viagens por dia;
    - Disposição de solo: 1.200 m³/dia;
    - Tempo de obra: 27 meses (22 dias úteis / mês).
- Trecho 7 (remoção manual):
    - Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
    - Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;
    - Tempo necessário para realização da obra: 29 meses de obra (22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Uso apenas de caminhões ou tratores trazendo insumos, com plantio manual de mudas, inspeções, entre outros (no caso do Trecho 7 apenas até onde os acessos permitam, sendo necessário o acesso por trilha);
- Área para enriquecimento:
    - Trecho 6: 65 ha;
    - Trecho 7: 8 ha.
- Velocidade de plantio 1 ha/d para o Trecho 6 e 0,5 ha/d para o Trecho 7.
- Tempo necessário:
    - Trecho 6: 3 meses de obra.
    - Trecho 7: 1 mês de obra

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.5.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na **Tabela 50** e na **Tabela 51** é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para os Trechos 6 e 7, respectivamente.

Tabela 50 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 6

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais, reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens, e revegetação e monitoramento	5	3	1	3	5x3x1x5=45
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	5	4	5	5x5x4x5=500
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.	2	5	5	3	2x5x5x3=150

Tabela 51 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 7

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais, reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens, e revegetação e monitoramento	5	1	2	3	5x1x2x3=30
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento	5	4	4	5	5x4x4x5=400
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.	2	5	5	3	2x5x5x3=150

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o rejeito é removido e o terreno é recomposto com solo natural, controlando os processos erosivos e com solos férteis. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para ambos os trechos.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato de que o solo é recoberto com vegetação nativa e a erosão pluvial é controlada, devido ao disciplinamento das drenagens. A Fundação Renova vem realizando testes em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas os quais demostram resultados positivos (RENOVA, 2017a), comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para ambos os trechos.

- Alternativa 3: Não atinge todos os objetivos pela falta de condicionamento do solo, sendo que a melhoria não ocorre naturalmente quando o fim é a regeneração da vegetação original. Desta maneira considera-se um atendimento parcial dos objetivos, apenas alcançando-se o controle de erosão devido às medidas de revegetação que já vem acontecendo, concedendo a Nota 2 em ambos os trechos.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1:
    - Trecho 6 existem acessos para veículos leves e pesados e devido à remoção, envolve a destinação de grandes volumes de rejeito (maior que 100.000 m3) e, consequentemente, a necessidade de grandes locais para disposição. Por outro lado, devido à recomposição dos solos, há necessidade de recuperação das áreas de jazida. Por estas razões, para o Trecho 6, com relação à viabilidade técnica foi concedida a Nota 3.
    - Trecho 7: sabendo que é uma área apenas com acesso através de trilhas e picadas (carregamento manual do material removido e insumos, além da impossibilidade de acessar com maquinário para realização dos trabalhos) e devido ao grande volume de rejeito a remover (> 1.000 m³), a nota concedida é 1 no que diz respeito à viabilidade técnica. Além disso, e para ambos os trechos, com relação à viabilidade administrativa deverá ser levada em consideração a necessidade de licenciamento dessas áreas (disposição dos rejeitos e jazida de solos) com estudos simplificados (Nota 4). Finalmente, a nota concedida para o Trecho 6 é 3 e para o Trecho 7 é 1, sabendo-se que a menor das notas foi adotada.
- Alternativa 2:
    - Trecho 6: Há acesso para caminhões e é uma tecnologia que não envolve a remoção de rejeito (Nota 5). Além disso, sem necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5).
    - Trecho 7: Apresenta a necessidade de acesso por trilhas para realizar o condicionamento do solo, o que implica um empecilho técnico. No entanto, esta técnica é considerada simples e fácil de implementar, além de possuir

diversos fornecedores de mudas. Tecnologias envolvendo o enriquecimento da vegetação com espécies nativas, (ex. carregamento de insumos) e complementação do disciplinamento das drenagens (já executada neste Trecho), pelo que a nota referente à viabilidade técnica é 4. Por outro lado, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5). Finalmente, adotando a menor das duas notas concedidas, define-se a nota 4 para esta alternativa.

- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5 para ambos os trechos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual) e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do material removido, impactos em áreas de empréstimo para a recomposição do solo (jazidas) e grande movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido à remoção, serão acelerados os processos erosivos, alterando o escoamento superficial durante as obras.
    - Trecho 6: o volume de remoção é maior a 100.000 m³, causando supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual) e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Desta maneira, é concedida a Nota 1 (impacto muito alto").
    - Trecho 7: foi categorizada como tecnologia envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³, causando supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação, nas jazidas de solo e nas áreas de disposição dos rejeitos, necessitando a construção de vias de acesso ou gerando turbidez em longo prazo (por volta de 1 ano), concedendo a Nota 2 ("impacto alto").
- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantio manual de mudas, etc.), pelo que a nota concedida é 4 ("baixo impacto").

- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois não há remoção de rejeito e não há criação de acessos para caminhões (apenas trilhas), ou seja, não há supressão da vegetação, apenas monitoramento. Nota: 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Para ambos os trechos foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do Trecho 6, avaliou-se a necessidade de menos de 27 meses de obras, enquanto para o Trecho 7, pelo fato de ser remoção manual, serão necessários 29 meses de obra. Além disso, deve ser considerado o período de 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação. Como consequência o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 3 anos (médio prazo), concedendo-se a nota 3 para ambos os trechos;
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade, pelo que foram estimados 3 meses de obra de condicionamento no Trecho 6 e 1 mês de obra no Trecho 7. Além disso, deve ser considerado o período de pelo menos 1 ano para estabilidade ou crescimento da vegetação. Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (curto prazo) para ambos os trechos, concedendo a nota 5.
- Alternativa 3: A regeneração da vegetação original pode demorar sem o enriquecimento com espécies nativas. De forma natural, a recomposição do ecossistema e a recuperação da biodiversidade são improváveis de ocorrer no curto prazo. Desta maneira, usando como critério o estágio de recomposição da vegetação daqui a 4 anos (TTAC), o estado da regeneração para esse momento se encontrará em estado “razoável”, concedendo a Nota 3.

8.5.3 Medidas Mitigadoras

A Alternativa 2, “Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento”, obteve a maior pontuação em ambos os trechos. Esta alternativa é a única sem semáforos vermelhos ou amarelos, ou seja, o processo simplificado de tomada de decisão foi conclusivo.

8.6 Contexto B3 – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio

No Trecho 6 foi identificada 1 lagoa marginal remanescente e conectado com o rio, conforme apresentado na Seção 5.1.6. Este contexto não foi encontrado no Trecho 7.

Caraterísticas:

- A lagoa no Trecho 6 forma um habitat importante do ponto de vista de conectividade de habitats já que a mesma encontra-se na foz de um tributário com o córrego dos Camargos;
- Profundidade da água na lagoa: 1,0 m.

Objetos específicos:

- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático; e
- Manter a profundidade mínima da água na lagoa de 1,0 m.

8.6.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem e monitoramento;
2. Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural; ou
3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento.

<u>Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:</u>

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7;
- No caso do Trecho 6, pode-se chegar até as planícies c por meio de caminhões e com maquinaria.

Premissas Alternativa 1

- Pequeno volume de solo a ser removido (1.600 m³);
- 6 caminhões por dia são suficientes (12 m³/caminhão) para remoção em até 1 mês;
- Requer de autorização do IGAM – por ser uma intervenção em um corpo d'água.

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Não há solo a ser removido, apenas o transporte de cascalho/areia para a reconstituição do substrato. O material e insumos podem ser trasladados por caminhões.
- Área para reconstituição do substrato por volta de 500 m^2, considerando 15 cm de substrato, serão necessário por volta de 70 m3 de substrato, fatível de ser levado por 6 caminhões em 1 mesmo dia.

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Não há solo a ser removido, apenas o enriquecimento da vegetação macrofila e monitoramento. O material e insumos podem ser trasladados por caminhões.
- Área para reconstituição do substrato por volta de 500 m^2, os insumos podem ser trasladados por caminhões em 1 mesmo dia.

8.6.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na **Tabela 52** é apresentada a análise das notas e a pontuação da alternativa de manejo.

Tabela 52 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3 – Trecho 6

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem e monitoramento	5	4	3	4	5x4x3x4=240
2. Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural.	5	5	4	5	5x5x4x5=500
3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento	4	5	4	4	4x5x4x4=320

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o rejeito é removido e o substrato é reconstituído (espessura de aproximadamente 15 cm), estabelecendo a vegetação de macrófitas aumentando a biodiversidade local. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para a presente alternativa.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o substrato é reconstituído, estabelecendo a vegetação de macrófitas, e como a lagoa encontra-se conectada aumentara a biodiversidade local. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para a presente alternativa.
- Alternativa 3: Atinge parcialmente os objetivos, pois mesmo que existe a possibilidade da reconstituição natural do habitat aquático pelo fato de estar conectada, existe a possibilidade da formação de um substrato natural, mas não garante que o adequado

mesmo seja adequado para recuperar o ecossistema aquático. Desta maneira, concede-se a nota 4

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: Não apresenta empecilhos técnicos já que deve ser removido um pequeno volume de rejeito menor que 100.000 m³ além da recomposição do substrato, pelo que a nota adjudicada é 5. Por outro lado, requer de autorização do IGAM, pelo que a nota adjudicada para viabilidade administrativa é 4. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 4, sabendo que a menor das notas foi assinada.
- Alternativa 2: Não apresenta empecilhos técnicos já que deve ser apenas realizada a recomposição do substrato, pelo que a nota adjudicada é 5. Por outro lado, não requer licenciamento ambiental ou autorizações, pelo que a nota adjudicada é 5.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporário (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento, aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinarias (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantação manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).
- Alternativa 3: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinarias (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantação manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo) considerando um tempo de regeneração de 1 ano após obra (incluindo

recomposição do substrato) que acontecerá após autorização do IGAM (1 ano), pelo que a nota concedida é 4.

- Alternativa 2: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo) considerando um tempo de regeneração de 1 ano após obra (incluindo recomposição do substrato), pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 3: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo) considerando um tempo de regeneração de 1 ano após obra (incluindo recomposição do substrato), pelo que a nota concedida é 4.

8.6.3 Medidas Mitigadoras

A alternativa 2, "Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural", obteve a maior pontuação no Trecho 6. Esta alternativa obteve uma pontuação significativamente maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo. Este contexto não foi encontrado no Trecho 7.

8.7 Contexto B4 – Depósitos em lagoas soterradas

No Trechos 6 foram identificadas 7 lagoas as quais foram soterradas pelo rejeito, conforme apresentado na Seção 5.1.6.

Objetos específicos (neste caso poderá ser apenas atendido um dos objetivos específicos):

- Recuperação da lagoa soterrada, (remoção do rejeito) possibilitando a recuperação do ecossistema aquático; ou
- Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre.

8.7.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas e monitoramento;

2. Nivelamento do terreno por lançamento manual de solos e enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento;

3. Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído.

Premissas gerais:

- Há lagoas com acesso para caminhões e lagoas com acesso apenas através de trilhas e picadas.

Premissas Alternativa 1

- Pequeno volume de solo a ser removido (por volta de 1.500 m³ por lagoa, sendo um total de aproximadamente 11.000 m^3);
- 6 caminhões por dia são suficientes (12 m³/caminhão) para remoção em até 1 mês por lagoa, sendo possível realizar todos os trabalhos de remoção em até 1 ano (existem acessos até certos pontos nas lagoas de difícil acesso, pelo que num certo trajeto o volume removido dessas lagoas deverá ser carregado de forma manual);
- Não requer a autorização do IGAM– por não ser uma intervenção em um corpo d'água, igualmente, existe a necessidade de licenciamento ambiental por médio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Não há solo a ser removido, apenas insumos a serem aplicados para o nivelamento do terreno por lançamento manual de solos e enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície).
- A área a ser nivelada é por volta de 0,3 ha.
- Velocidade de plantio e nivelamento 0,5 ha/d para as lagoas com acesso com caminhões e 0,25 ha/d para as lagoas com acesso a través de trilhas e picadas, sendo possível finalizar os trabalhos em até 1 mês.

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.7.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na **Tabela 53** é apresentada a análise das notas e a pontuação da alternativa de manejo para o Trecho 6.

Tabela 53 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B4 – Trecho 6

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas e monitoramento	5	2	3	4	5x2x3x4=120
2. Nivelamento do terreno por lançamento manual de solos e enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento.	5	4	4	5	5x4x4x5=400
3. Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído	4	5	5	5	4x5x5x5=500

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge o objetivo específico de recuperação da lagoa soterrada, possibilitando a recuperação do ecossistema aquático, pelo fato que o rejeito é removido e o substrato é recomposto. Desta maneira, foi concedida a nota 5.
- Alternativa 2: Atinge o objetivo específico de regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre. Desta maneira, foi concedida a nota 5.
- Alternativa 3: Os objetivos específicos são parcialmente atingidos já que apresenta uma menor viabilidade de atingir o estágio de clímax no que diz respeito à diversidade do ecossistema terrestre, apenas com regeneração natural. Desta maneira, foi concedida a nota 4.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 6: No Trecho 6, existem acessos para veículos leves e pesados e devido à remoção, envolve a destinação de pequenos volumes de rejeito (menor que 100.000 m^3) e, consequentemente, a necessidade de locais para disposição. Por outro lado, devido a recomposição dos solos, há necessidade de recuperação das áreas de jazida. Por estas razões, para estes casos com relação à viabilidade técnica foi concedida a Nota 5. Por outro lado, para as lagoas com acesso restrito a viabilidade técnica fica comprometida, utilizando tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 1.000 m^3, pelo que a nota concedida é 2. Além disso, com relação a viabilidade administrativa deverá ser levada em consideração a necessidade de licenciamento dessas áreas (disposição e jazida) com estudos simplificados (Nota 4). Finalmente, a nota concedida é 2 1, sabendo que a menor das notas foi assinada.
- Alternativa 2: Como são tecnologias envolvendo carregamento de insumos, de forma manual (nota 4) e por caminhões (nota 5) e sabendo que não há necessidade de licenciamento ambiental, a nota adjudicada é 4.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do rejeito, impactos em áreas de disposição para a recomposição do solo (jazidas) e movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido a remoção serão acelerados os processos erosivos (exposição) alterando o escoamento superficial durante as obras (lagoas que são continuas e encontram-se conectadas com os corpos hídricos). O volume de remoção é menor a 100.000 m3 causando supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Desta maneira, é concedida a Nota 3 (impacto moderado") para esta alternativa.
- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinarias (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantação manual de mudas, etc.), pelo que a nota concedida é 4 ("baixo impacto").
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois a não há remoção de rejeito e a não há criação de acessos para caminhões (apenas trilhas), ou seja, não há supressão da vegetação, apenas monitoramento. Nota: 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (extremadamente curto prazo) considerando um tempo de regeneração de 1 ano após obra (incluindo recomposição do substrato) de aproximadamente de 1 ano (não há necessidade de licenciamento), pelo que a nota concedida é 4.
- Alternativa 2: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo) considerando um tempo de regeneração da vegetação terrestre de 1 ano após enriquecimento, pelo que a nota concedida é 5.

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

- Alternativa 3: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo) considerando que já existe uma regeneração e reconstituição do ecossistema terrestre, pelo que a nota concedida é 5.

8.7.3 Medidas Mitigadoras

A alternativa 3, "Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído", obteve a maior pontuação e ambos os trechos. Esta alternativa obteve uma pontuação maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

8.8 Contexto C1 – Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.

A estabilidade das margens nos Trechos 6 e 7 depende de fatores geomorfológicos, das velocidades d'água nas margens côncavas e da presença de medidas de controle de erosão. Nos presentes trechos, todos eles dentro das áreas Prioritárias 3 e 4, conforme apresentado na Seção 5.1.3, foram identificadas algumas poucas margens instáveis nestes trechos.

Caraterísticas:

- Na Seção 5.1.3 constatou-se de forma geral que as intervenções para controle de erosão estão cumprindo de forma adequada o seu papel de condicionar bem os fluxos e evitar processos erosivos e carreamento de rejeitos para o leito do rio. As obras instaladas estão permitindo a drenagem e filtragem dos fluxos superficiais sobre os rejeitos e o desenvolvimento adequado da vegetação de cobertura nas planícies aluvionares. Além disso, não foi observada nenhuma instabilidade significativa nas estruturas implantadas, indicando que as soluções de bioengenharia foram bem aplicadas. Os tributários estão devidamente protegidos com enrocamentos e apresentam carreamento de rejeito para o Gualaxo do Norte de modo bastante restrito;

- Para o presente contexto apenas foram consideradas as margens instáveis, ou com potencial de erosão, do leito fluvial sem obra de contenção ou com necessidade de recondicionamento das mesmas;

- Por questões de adequação ambiental as obras realizadas utilizaram recursos de bioengenharia, portanto a manutenção e o monitoramento periódico das estruturas precisa ser realizado.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das margens com rejeito;
- Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs; e
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

8.8.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito na margem e monitoramento - até que o rejeito esteja situado acima do nível normal das águas;
2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas; ou
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.

Premissas gerais:

- Tem margens com acesso para caminhões e margens com acesso apenas através de trilhas e picadas.

Premissas Alternativa 1

- A remoção total de rejeito até 2 metros da margem;
- Destinação do rejeito para áreas licenciadas para disposição, necessidade de licenciamento ambiental simples;
- Volume pequeno de remoção (aproximadamente 160 m³ de rejeito nas margens com potencial de erosão – 4 margens com aproximadamente 10 m de comprimento)

- Não há acesso para caminhões em alguns pontos na margem do rio, os mesmos chegarão até o ponto mais próximo (talvez exista a necessidade de atravessar a calha do rio e carrear o rejeito de forma manual). Estima-se que em aproximadamente 1 mês podem ser completadas as obras de remoção devido ao pequeno volume a ser removido.
- Não há a necessidade da implementação de medidas de controle de erosão, por que se assume que o rejeito foi removido da margem e está agora o rejeito encontra-se situado acima do nível normal da água no rio, pelo que apenas em cheias o mesmo poderia ser atingido e erosionado.

Premissas Alternativa 2

- Não há necessidade de licenciamento.
- 4 margens com aproximadamente 10 m de comprimento nas quais é necessário implementar medidas de controle de erosão, pelo que a obra pode ser executada em até 1 mês.
- Não há acesso para caminhões em alguns pontos na margem do rio (talvez exista a necessidade de atravessar a calha do rio e carrear os insumos de forma manual).

Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.8.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A **Tabela 54** é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 54 - Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1 – Trechos 6 e 7

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Remoção mecânica de rejeito na margem e monitoramento.	3	3	3	5	3x3x3x5=135
2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento.	4	4	3	5	4x4x3x5=240
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.	1	5	5	1	1x5x5x1=25

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge parcialmente os objetivos específicos, porque após a escavação ainda existirá potencial de ocorrência de processo erosivo na margem remanescente, somente na época de cheias, desta maneira foi concedida a nota 3.
- Alternativa 2: Atinge os objetivos, pela implementação das medidas de controle de erosão. Igualmente, estas medidas requerem manutenção constante e em algumas ocasiões isoladas podem ocasionar falhas normais devida a eventos extremos, pelo que a nota adjudicada é 4.
- Alternativa 3: Não atinge os objetivos pela falta de controle de erosão nas margens instáveis o que impossibilita a recomposição do ecossistema aquático, pelo que a nota concedida é 1.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: Pontos específicos sem acesso para caminhões o que implica o carregamento manual de pequenos volumes de insumos e rejeito (< 1000 m³). Desta maneira, a nota adjudicada pela viabilidade técnica é 3. Porém envolve a destinação

de volumes de rejeito e o licenciamento ambiental simplificado de áreas de disposição, o que faz que a nota devido a viabilidade administrativa seja 4. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 3, sabendo que a menor das notas foi assinada.

- Alternativa 2: Pontos específicos sem acesso para caminhões o que implica em carregamento manual de pequenos volumes de insumos, a nota adjudicada pela viabilidade técnica é 4. Não há necessidade de licenciamento, então a nota pela viabilidade administrativa é 5. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 4, sabendo que a menor das notas foi assinada.;
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do rejeito, impactos em áreas de disposição para a recomposição do solo (jazidas) e grande movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido a remoção serão acelerados os processos erosivos (trabalhos são realizados em contato com a água, gerariam uma turbidez temporária) alterando o escoamento superficial durante as obras. Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material *menor* que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporário (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento, aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 2: Mesmo que esta tecnologia não requer mobilização de volumes de rejeito, a mesma gera turbidez temporário (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento (trabalhos são realizados em contato com a água, gerariam uma turbidez temporária), aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois a não há remoção de rejeito e trabalhos em contato com a água, apenas monitoramento. Nota: 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo) ano após obra de remoção de aproximadamente de 1 mês sendo necessário o prazo de aproximadamente 1 ano para licenciamento, pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 1: Não há necessidade de licenciamento. Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremadamente curto prazo) ano após obra de controle de erosão de aproximadamente de 1 mês sendo necessário o prazo de aproximadamente 1 ano para licenciamento, pelo que a nota concedida é 5.
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos maior que 4 anos (extremadamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC) já que o processo de erosão será continuo: Nota 1.

8.8.3 Medidas Mitigadoras

A Alternativa 2, "2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento", obteve a maior pontuação em ambos os trechos. Esta alternativa obteve uma pontuação significativamente maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

A implementação de medidas de controle da erosão na margem faz parte do PG 25 - Recuperação da Área ambiental 1 (Cláusula 160 - TTAC). O resultado do processo simplificado de tomada de decisão ressalta a importância da continuidade das ações do PG 25.

8.9 Contexto C2 e C3 – Leito do rio com sedimentos potencialmente instáveis e estáveis

Os depósitos no leito do rio, sofrem diferenciação, quanto à existência ou não de uma camada de material remobilizado (*lag layer*), com potencial de ressupensão da fração fina. Este *lag layer* atua como uma camada selante, evitando que o material fino da camada de rejeito inconsolidado, encontrado abaixo, seja exposto e entre em contato com as águas do rio. Esta proteção, no entanto, depende da sua espessura e textura. Camadas poucos espessas e/ou de granulometrias mais finas

podem ser facilmente removidas nos episódios de cheias sazonais, quando as velocidades aumentam significativamente e, assim, também a capacidade de transporte de suas águas.

Durante as atividades de campo foram identificados depósitos em diversos pontos, formando banco de sedimentos, denominados de praias, junto às margens, os quais também se encontram em processo de remobilização e causam, consequentemente, a elevação da turbidez e da cor aparente das águas do rio Gualaxo do Norte. Uma vez que os rejeitos estão depositados no leito do rio, eles são erodidos, transportados e depositados novamente por processos fluviais.

Caraterísticas:

- ·Houve acúmulo de rejeitos não consolidados, mesmo posterior ao evento em determinados seções e bancos no Trecho 7. No Trecho 6, a deposição aconteceu apenas durante o evento de rompimento da barragem de Fundão;
- São considerados rejeitos potencialmente instáveis quando o lag-layer possui uma espessura inferior a 40 cm, conforme indicado na Seção 5.2.4, e a espessura do rejeito inconsolidado supera os 50 cm (por questões operacionais das maquinarias dificulta-se a remoção de espessuras menores a 50 cm).

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento do padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (turbidez e cor);
- Promover a formação de um substrato granulometricamente estável;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

Conforme solicitado na NOTA TÉCNICA 0009/17 CT/GRSA/CIF, para os contextos intracalha, os órgãos ambientais entendem que as alternativas propostas não devem ser implementadas sem a realização de estudos complementares. O próximo período chuvoso 2017/2018 deve ser utilizado para observação do comportamento do ambiente, avaliando o potencial de remobilização do material intracalha e o comportamento dessas áreas que possuem indicativo de retirada, incluindo incremento das investigações e respectivos projetos executivos para cada local. Desta maneira, até finalização dos estudos complementares correspondentes, não será apresentada uma solução para o depósito intracalha.

Além disso, uma vez finalizados os estudos complementares no Trecho 8, a avaliação das alternativas de manejo para o depósito no leito do rio no Trecho 6 deverá considerar que as suas margens apresentaram dificuldades de estabilização devido a geomorfologia do rio (baixa declividade e elevada quantidade de rejeitos depositados). Ressalta-se que a solução intracalha deve ser observada como um conjunto da estabilidade do leito e da margem.

8.10 Qualidade da água

Entre os principais impactos identificados no contexto intracalha encontram-se:

- Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez;
- Perda da biodiversidade;
- Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo);
- Impacto na dessedentação das espécies terrestres;
- Potencial ressuspensão fina do rejeito inconsolidado.

Desta maneira, além de ser necessário realizar um processo de tomada de decisão no que diz respeito ao rejeito potencialmente estável ou instável, procura-se identificar medidas complementares que colaborem no atendimento dos objetivos específicos, principalmente em relação a possibilitar a recuperação do ecossistema (biodiversidade) aquático em função de uma diminuição dos níveis de turbidez. Sendo um objetivo a ser atendido a redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme CLÁUSULA 157 do TTAC) ao longo do rio Gualaxo do Norte.

As principais causas da turbidez da água no rio Gualaxo do Norte são presença de matérias sólidas em suspensão tais como silte, argila, sílica e coloides. Esses materiais se apresentam em tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores (> 1 um), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais (diam.=10^{-4} a 10^{-6} cm). Há que se distinguir entre a matéria suspensa ou sedimento, que precipita rapidamente, daquela que se precipita vagarosamente e que provoca a turbidez.

8.10.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Instalação de armadilhas de sedimento;
2. Tratamento off-line, utilizando sistemas de tratamento naturais;
3. Projeto de renaturalização do rio.

Premissas Alternativa 1

- A velocidade de sedimentação das partículas em suspensão que produzem turbidez como por exemplo o silte (de predominância no rejeito) está na ordem de 0,01 cm/s e a mesma depende do diâmetro da partícula.
- Nas armadilhas de sedimentos procura-se que o tempo de sedimentação seja menor que o tempo de detenção na bacia
- O tempo de sedimentação é função da profundidade e a velocidade de sedimentação. Para profundidades da ordem de 3 m, no caso do silte, será necessário um tempo de sedimentação de mais de 8 hs.
- O tempo de detenção deve ser suficiente para diminuir a velocidade da água e permitir o processo de sedimentação. Desta maneira, este parâmetro é função da velocidade da água e o comprimento do canal. Assumindo uma vazão na ordem de 4 m^3/s no Trecho 6, a velocidade da pode ser estimada em 0,15 m/s (profundidade de 3 m e largo de 10 m). Desta maneira, se o objetivo fosse pelo menos igualar o tempo de sedimentação, seria necessário um comprimento de canal na ordem de 4.000 m.
- Finalmente, observa-se a necessidade de uma área nas planícies aluvionares suficientemente extensa como para implantar a bacia de sedimentação próxima ao rio (10 m x 4.000 m). Considerando a geomorfologia do terreno (conforme apresentado na Seção 5.1.4), observou-se a impossibilidade de implantar grandes reservatórios ao longo do rio Gualaxo do Norte nos Trechos 6 e 7.

Premissas Alternativa 2

- Esta alternativa contempla a implantação de reservatórios de pequenas dimensões, com a adição de floculantes e coagulantes, possibilitando a diminuição dos tempos de detenção.
- O conceito de Sistemas de Tratamento Natural (STN) off-line para reduzir os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte envolve o desvio da água do rio para bacias de sedimentação e wetlands artificiais. Para que este conceito seja viável, deve haver uma área relativamente plana adjacente à calha do rio e o mesmo deverá estar disponível para a construção de bacias e wetlands. A sua vez, este terreno deve estar a uma certa elevação que permita o desvio por gravidade da água do rio para o STN off-line.
- Por outro lado, procura-se que a o STN encontra-se localizado a jusante de uma queda ou garganta a fim de minimizar a área de alagamento a montante dele e que a elevação das planícies aluvionares e estruturas de desvio seja suficiente para de evitar bombeamento.
- Considerando a geomorfologia do terreno conforme apresentado na Seção 5.1.4), observou-se a impossibilidade de implantar STN off *line* ao longo do rio Gualaxo do Norte nos Trechos 6 e 7.

Premissas Alternativa 3

- Projeto de Renaturalização para os Trechos Longitudinais do rio Gualaxo do Norte consiste na instalação de estruturas de troncos e galhos de madeira no leito do rio, ou seja, trata-se de uma alternativa de manejo para a porção intracalha, utilizando ferramentas naturais, atuando como armadilhas para sedimentos.
- Técnicas de instalação de troncos de madeira no campo da restauração fluvial vêm sendo utilizadas por gestores de recursos hídricos ao redor do mundo para instigar melhorias dentro da calha de rios e córregos. Troncos de árvores caídos da mata ciliar desempenham papel essencial na saúde de rios e córregos que cortam florestas.
- Ao mesmo tempo, troncos de madeira dentro do rio provêm recursos alimentares e refúgio para a biota aquática. A formação de áreas de remanso, resultado da redução da velocidade da água, é ideal para refúgio e abrigo de alevinos. Em contrapartida, áreas com a velocidade de fluxo maior servem também de locais de desova para

espécies de peixes que necessitam desses tipos de habitat bem oxigenados para se reproduzirem.

- Uma vez que se tem uma grande quantidade de material lenhoso recolhido e armazenado, proveniente da pluma de rejeitos, o uso desse material para a aplicação de técnicas de restauração fluvial pode ser considerado uma alternativa sustentável no caso da recuperação do Gualaxo do Norte.

Considerando-se que a Alternativa 3 é a única alternativa viável de ser aplicada nos Trechos 6 e 7 para melhorar o ambiente aquático, recomenda-se o detalhamento do projeto a fim de avaliar a efetividade da mesma, considerando a geomorfologia do rio nestes trechos.

9 Descrição das Alternativas de Manejo Selecionadas

Após aplicação do Processo Tomada de Decisão do PMR para cada contexto separadamente, devem ser identificadas e conceituadas as alternativas de manejo selecionadas a serem aplicadas por contexto. Além disso, deverá ser elaborado um cronograma de implementação das alternativas de manejo selecionadas para os diferentes contextos.

Após aplicação do Processo Simplificado de Tomada de Decisão do Plano de Manejo de Rejeito para cada contexto separadamente, foram identificadas as alternativas de manejo, conforme apresentadas na **Tabela 55**.

Tabela 55 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto nos Trechos 6 e 7 – Alternativa indicada destacada em negrito

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	• Evitar a erosão superficial das encostas • Regeneração da vegetação nativa • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre	1. Remoção manual do rejeito com regeneração natural da vegetação e monitoramento; 2. **Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento**; ou 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.
A2. Depósitos sobre solos com atividade económica em encosta - pastagem.	• Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos	1. Remoção mecânica e/ou manual de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para áreas produtivas, reconformação topográfica e

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
		disciplinamento das drenagens e monitoramento; 2. **Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento**; ou 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.
B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica	• Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos	1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e recomposição parcial com solos naturais propícios para atividades produtivas, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens e monitoramento; 2. **Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento**; ou 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.
B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa	• Evitar a erosão das planícies • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre	1. Remoção mecânica ou manual do rejeito e recomposição parcial com solos naturais considerando a reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens e revegetação e monitoramento; 2. **Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento**; ou 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.
B3. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio	• Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático • Manter a profundidade mínima de 1,5 m	1. Remoção mecânica de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem e monitoramento; 2. **Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural**; ou 3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento.

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
B4. Depósitos em lagoas soterradas	• Recuperação da lagoa soterrada, possibilitando a recuperação do ecossistema aquático OU • Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre	1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem e monitoramento; 2. Nivelamento por lançamento manual de solos e enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento; **3. Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído.**
C1. Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.	• Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático	1. Remoção mecânica do rejeito na margem e monitoramento - até que o rejeito esteja situado acima do nível normal das águas; 2. **Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesma**s; ou 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.
C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.	• Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (turbidez e cor) • Promover a formação de um substrato granulometricamente estável • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático	Sem processo de tomada de decisão – aguardando resultados do monitoramento complementar no Trecho 8. Implementação do projeto de renaturalização para melhorar a qualidade da água.
C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis.	Idem contexto C2	Sem processo de tomada de decisão – aguardando resultados do monitoramento complementar no Trecho 8. Implementação do projeto de renaturalização para melhorar a qualidade da água.

Conforme solicitado na NOTA TÉCNICA 0009/17 CT/GRSA/CIF, para os contextos intracalha, os órgãos ambientais entendem que as alternativas propostas não devem ser implementadas sem a realização de estudos complementares. O próximo período chuvoso 2017/2018 deve ser utilizado para observação do comportamento do ambiente, avaliando o potencial de

remobilização do material intracalha e o comportamento dessas áreas que possuem indicativo de retirada, incluindo incremento das investigações e respectivos projetos executivos para cada local. Desta maneira, até que tais estudos complementares estejam finalizados, não será apresentada uma solução para o depósito deste tipo de rejeito.

Além disso, uma vez finalizados os estudos complementares no Trecho 8, a avaliação das alternativas de manejo para o depósito no leito do rio no Trecho 6 deverá considerar que as suas margens apresentaram dificuldades de estabilização devido a geomorfologia do rio (baixa declividade e elevada quantidade de rejeitos depositados). Ressalta-se que a solução intracalha deve ser observada como um conjunto da estabilidade do leito e da margem.

Na Figura 153 encontra-se apresentado o conceito da aplicação do PMR nos Trechos 6 e 7, indicando as alternativas de manejo por contexto. Na sequência são apresentadas as descrições conceituais das alternativas de manejo, sendo logo necessário a elaboração do detalhamento de cada uma destas.

663000 663600 664200 664800 665400 666000 666600 667200 667800 668400

7762200 7761600 7761000 7760400 7759800 7759200 7758600 7758000 7757400 7756800

N

T-07

T-06

ADME 01

ADME 03

T6 Lagoa6

T6 Lagoa5

T6 Lagoa4

T6 Lagoa7

T6 Lagoa3

T6 Lagoa2

T6 Lagoa8

T6 Lagoa1

Mapa de Localização



LEGENDA:

- Trechos 6 e 7
- Área Impactada - Trechos 6 e 7
- Área de Disposição de Rejeito
- Acesso
- Margens instáveis: Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesma

Calha

- Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis: Alternativa de manejo a ser definido
- Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis: Alternativa de manejo a ser definido

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Lagoa Contínua: Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural
- Lagoa Soterrada: Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído

Atividade Econômica

- Encostas com atividade econômica: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
- Planícies com atividade econômica: condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento

Vegetação Natural

- Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
- Planicies vegetação natutral: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento

ESCALA GRÁFICA:

0 135 270 540 810 1.080 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento LIDAR, fornecido pelo Cliente, 2017;
Digital Globe, 2017.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 153
Figura de Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos (T6 e T7)

PROJETO:

Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 6 e 7

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF..:	APROV.:	REV.:
1:22.000	29/01/2018	RU	EL	MB	RA0

Figura de Conceito da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos (T6 e T7)

FORMATO A3: 420mm X 297mm

9.1 Monitoramento

Indicadores são informações quantificadas, com base em dados técnicos e científicos, e usadas nos processos de decisão e úteis como ferramentas de avaliação de processos. Os indicadores representam as tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo.

Por meio do uso de indicadores, é possível simplificar o número de informações para representar um conjunto de fenômenos mais complexos. Indicadores ambientais variáveis que representam ou resumem alguns aspectos do estado do meio ambiente, dos recursos naturais e de atividades humanas relacionadas, possibilitando assim identificar os riscos, os benefícios e a necessidade de ajustes dos processos realizados.

Os indicadores socioambientais do Plano de Manejo de Rejeito (CH2M, 2017) são definidos como um conjunto de variáveis mensuráveis agrupadas em três áreas de atuação, definidos como indicadores da efetividade e durabilidade das ações de recuperação adotadas, sendo estes:

- Indicadores Ambientais: indicadores de avaliação dos efeitos das medidas de recuperação adotadas nas águas superficiais e subterrâneas, sedimentos e qualidade do ar e nível de ruído;
- Indicadores de Recuperação de Habitats: indicadores de avaliação de desempenho das medidas de recuperação de habitats terrestres e aquáticos;
- Indicadores Socioeconômicos: indicadores relacionados a melhoria e retomada da função produtiva de áreas com atividades antrópicas e impactos em comunidades afetadas pelas medidas de recuperação.

Na **Tabela 56** são listados os aspectos específicos de monitoramento para o manejo do rejeito nos Trechos 6 e 7.

Tabela 56 – Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito nos Trechos 6 e 7

PROGRAMA DE MONITORAMENTO	ASPECTO ESPECÍFICO NOS TRECHOS 6 E 7
Indicadores de Recuperação de Habitats	
Avaliação do desenvolvimento da cobertura vegetal.	Estabilidade do meio físico nas planícies.
Avaliação dos processos erosivos e mudança na morfologia fluvial.	Estabilidade do meio físico nas margens.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO	ASPECTO ESPECÍFICO NOS TRECHOS 6 E 7
Avaliação dos processos erosivos e mudança na morfologia fluvial.	Estratigrafia dos sedimentos no leito do rio.
Recuperação da biodiversidade da área impactada.	Regeneração natural da vegetação nas encostas, planícies e margens.
Indicadores Socioeconômicas	
Retorno das atividades socioeconômicas.	Produtividade agrícola nas planícies.

O Plano de Manejo de Rejeito possui interfaces e correlação com três programas de forma direta:

PG 17: Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias

- Este programa tem por objetivo promover a retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do Rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC.

PG 25: Restauração Florestal e Produção de Água

- Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando medidas de cunho reparatório.
- Programa de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce com controle de processos erosivos, de acordo com as medidas e requisitos de cunho compensatório.

PG 28: Conservação da Biodiversidade

- Programa de conservação da biodiversidade aquática, incluindo água doce, zona costeira e estuarina e área marinha impactada, englobando as medidas de cunho reparatório
- Programa de fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre, englobando as medidas de cunho compensatório
- Programa de conservação da fauna e flora terrestre de cunho reparatório

- Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarina, costeiras e marinha impactadas, englobando as medidas de cunho reparatório e compensatório

Dessa forma, tão logo os Programas mencionados apresentem os indicadores propostos, esses deverão ser incorporados nesse documento.

Para as intervenções realizadas no âmbito do PG 25 - Restauração Florestal e Produção de Água já foram definidos monitoramentos específicos, visando avaliar a eficácia das ações implantadas. Nesse sentido, os seguintes indicadores já foram estipulados e estão sendo monitorados com base no Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias (para informações adicionais, consultar o PMR revisão 1, Seção 12.2.1, "Áreas Temáticas de Aplicação dos Indicadores para o Plano de Manejo de Rejeitos"):

- Monitoramento da Vegetação:
    - Percentual de cobertura vegetal
    - Produção de biomassa vegetal
    - Avaliação do sistema radicular
    - Avaliação de parâmetros do solo
- Monitoramento do Controle de Erosão:
    - Sedimentação em estruturas de contenção
    - Taxas de erosão em planícies de inundação
    - Avaliação da erosão nas margens e deposição nas calhas
- Monitoramento da qualidade da água
    - Avaliação de parâmetros físico-químicos

Com relação aos indicadores específicos do Manejo, esses ainda estão em fase de definição e aprovação interna na Fundação RENOVA, e deverão ser avaliados caso a caso e adaptados por trechos de intervenção. A frequência de amostragem deverá também ser avaliada por trecho de acordo com a sua criticidade. São propostos, divididos por áreas temáticas de aplicação, os seguintes indicadores:

Av. Getúlio Vargas 671 4º andar | Funcionários | Belo Horizonte | MG | 30112-021 | 0800 031 2303 | fundacaorenova.org

- Qualidade da água superficial: ferro, alumínio, manganês, turbidez, sólidos totais em suspensão e cor aparente definidos no PMQQS (PG 38).
- Qualidade do sedimento: Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais, metais totais e indicadores biológicos definidos no PMQQS (PG 38).
- Qualidade das águas subterrâneas: metais prioritários (ferro, manganês e alumínio) e arsênio.
- Qualidade do ar: material particulado nas frações total, inalável e respirável;
- Ruídos: Incômodos por geração de ruído, causados pela circulação de pessoas, veículos e equipamentos e/ou afugentamento da fauna silvestre. Os resultados do acompanhamento destes indicadores serão comparados aos padrões ambientais vigentes. A legislação que estabelece os padrões de qualidade de ruídos está amparada nas normas técnicas ABNT NBR 10151 e 10152. No estado de Minas Gerais, a legislação aplicada é a Lei Ordinária n.7.302 de 21 de julho de 1978.

9.2 Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural em lagoas remanescentes

Para o processo de revitalização de ambientes aquáticos é fundamental que seja considerada a recuperação dos corpos hídricos que foram degradados, buscando uma morfologia mais natural, o retorno da biodiversidade, o estabelecimento da vegetação e o correto uso e ocupação do entorno desses ambientes. A revitalização consiste na recuperação da função ecológica do meio degradado com as características do ecossistema original (RIGOTTI & POMPÊO, 2011).

No território compreendido pelos Trechos 6 e 7 foram identificadas oito lagoas marginais, todas no Trecho 6. Destas, uma lagoa marginal não foi soterrada pelo depósito de rejeito, conforme já apresentado na Seção 5.1.6. Tendo em vista que esta lagoa marginal encontra-se conectada ao córrego dos Camargos por meio de um de seus tributários, deve ser feita a reconstituição do substrato de fundo da calha de modo que estes sistemas se assemelhem com ambientes naturais anteriores ao evento, possibilitando o repovoamento da fauna e da flora e da função natural destes ecossistemas. Para esta cobertura, deve ser utilizado material similar ao sedimento natural encontrado na lagoa.

A estratégia de regeneração natural consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente de modo a recuperar o ambiente com espécies presentes na própria região. A conexão com os cursos d'água permite este fluxo e o aporte das espécies de fauna e flora para a retomada das populações e estabelecimento das cadeias tróficas e ciclos energéticos e ecológicos na lagoa e sistema rio-lagoa.

Para o planejamento do trabalho de recuperação de áreas ou reconstituição do substrato, devem ser considerados os diagnósticos realizados que identificaram as características específicas das áreas impactadas pelo evento, considerando os aspectos físicos, químicos e biológicos do sedimento, água e componentes terrestres (solo e vegetação na mata ciliar).

Dados das lagoas avaliadas neste estudo apontam para uma camada de sedimentos de textura predominante de areia fina com pouca argila e silte, friável e de coloração avermelhada devido à concentração de óxidos de ferro. Como foram identificados diferentes tamanhos de grãos e textura no leito das lagoas, é recomendada que haja uma avaliação desta camada durante o período de detalhamento do projeto de reconstrução do substrato específico da lagoa a ser recuperada.

Uma das possibilidades de manejo é a reconformação topográfica por meio de abatimento de pelo menos um talude lateral de modo que a inclinação final possibilite a entrada e saída de animais silvestres de maior porte e também a sua dessedentação; e a formação de um novo substrato com o lançamento de uma camada de areia ou cascalho fluvial, limpo, com espessura mínima de 20 cm. Com o tempo e afluxo natural das águas do afluente, sedimentos finos serão gradativamente decantados, configurando a composição final deste substrato.

Além das medidas de reconstrução do substrato, é importante que sejam realizadas ações de recuperação da cobertura vegetal das matas ciliares no entorno da lagoa, do tributário e eventuais nascentes próximas e associadas a este curso d'água. As matas ciliares são de fundamental importância para a manutenção e qualidade dos recursos hídricos, reduzindo o carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água (Tundisi et al., 2008). Ainda, controlam a incidência de luz e a temperatura, ajustando o habitat para as comunidades aquáticas, além de constituírem fonte de nutrientes para as populações de organismos aquáticos e silvestres e agirem como filtros de sedimentos, material orgânico e poluentes que possam contaminar os corpos de água (MMA, 2011).

Quanto às macrófitas, como esta lagoa está conectada ao afluente do córrego dos Camargos, o próprio cursos d'água aportará as espécies locais, as quais terão condições de se fixar no novo substrato e recolonizá-la. É de se esperar que uma vez estabelecido o ambiente com as medidas mencionadas acima, seja criada as condições para o reestabelecimento da fauna local, que ocupará gradativamente a área, sem a necessidade de introdução de fauna.

As ações propostas para a recuperação da cobertura vegetal da lagoa marginal a ser recuperada devem estar alinhadas e seguir as diretrizes, premissas, resultados e medidas contempladas no Programa de Revegetação, Enrocamentos e Outros Métodos (PG 25), de modo a garantir a introdução de espécies nativas e métodos já testados e funcionais na área impactada pelos rejeitos.

Após a reconstrução do substrato e medidas de recuperação das matas ciliares, deve ser implementado um cronograma com campanhas de monitoramento periódico para fazer o acompanhamento da regeneração natural das lagoas que foram revitalizadas. O monitoramento é fase fundamental para verificação se as ações executadas estão atingindo os objetivos esperados. Um escopo com os indicadores físicos, químicos e biológicos deve ser desenvolvido para esta finalidade e prazo para avalição das medidas e tomadas de decisões adicionais, se necessário.

9.3 Condicionamento do solo em planícies e encostas com atividade econômica

Para o planejamento do trabalho de recuperação de áreas degradadas, devem ser considerados os diagnósticos realizados que identificaram as características específicas das áreas impactadas pelo evento. Estas características se referem aos aspectos físicos e químicos do solo, como análise de fertilidade e metais, topografia, além de aspectos biológicos, como flora e fauna, e aspectos socioeconômicos da região.

O condicionamento do solo em planícies e encostas com atividade econômica deve considerar medidas para evitar processos de erosão do solo, possibilitar a recuperação da produtividade do solo e melhoria da sua fertilidade.

Topografia, profundidade, permeabilidade, textura, estrutura e fertilidade do solo influenciam o controle da erosão. As principais medidas para minimizar o desenvolvimento de processos de erosão podem ser o terraceamento, plantio em curvas de nível, e implantação e manutenção de estruturas de drenagem superficial, como as ações de bioengenharia que já foram executadas emergencialmente nas áreas prioritárias para o controle da erosão.

Com relação à fertilidade, de acordo com os resultados de análise do solo das amostragens, apresentado na Seção 5.2.4, em geral apresentam níveis baixos de nutrientes e com características físico-químicas diferenciadas, quando comparadas ao solo original, de modo que medidas de preparo do solo, como correção de pH por calagem e adubação, são fundamentais. Quando da elaboração do projeto executivo para o manejo do solo em planícies e encostas com atividade econômica, é importante que sejam feitas análises do solo pontuais e específicas para cada área a ser manejada, de acordo com o objeto de uso (tipo de cultura ou outro uso).

Um dos aspectos importantes a serem considerados se trata da estrutura física dos rejeitos, que adquirem características de alta compacidade quando não saturados, o que reduz a sua aeração e a capacidade de trocas gasosas, além de reduzir a disponibilidade de águas para as plantas. Por outro lado, quando saturado, este material se apresenta com baixa coesão, tornando-o suscetível à ação da erosão hídrica.

Deste modo, medidas para a melhoria da estrutura física desses solos são essenciais, como a incorporação de matéria orgânica e, principalmente, de medidas que acelerem o desenvolvimento da atividade biológica, uma das maneiras mais efetivas para transformar o substrato atual, representado pelos rejeitos, em um solo adequado para suportar as atividades agropecuárias.

Uma maneira de melhorar a fertilidade do solo é através do plantio de adubos verdes ou culturas de cobertura, que adicionam matéria orgânica e nitrogênio ao solo, aumentam a atividade biológica e recuperam nutrientes lixiviados (lavados) para as camadas mais profundas, assim como implementado em várias áreas impactadas com o plantio de gramíneas e leguminosas. A adubação química também pode ser considerada, no entanto a proporção e quantidade de adubo (N:P:K) está condicionada às condições locais do solo e às exigências da cultura a ser implantada.

Após a execução das medidas de condicionamento do solo, deve ser previsto e implementado um cronograma com campanhas de monitoramento periódico para fazer o acompanhamento das medidas de contenção de erosão e análise de fertilidade do solo e das atividades econômicas (agropecuárias) desenvolvidas na área. O monitoramento é fase fundamental para verificação se as ações executadas estão atingindo os objetivos esperados. Um escopo com os indicadores físicos, químicos e biológicos deve ser desenvolvido para esta finalidade e prazo para avalição das medidas e tomadas de decisões adicionais, se necessário.

9.4 Enriquecimento da vegetação com espécies nativas em planícies e encostas com vegetação natural

De forma natural, a recomposição do ecossistema e a recuperação da biodiversidade são improváveis de ocorrer no curto prazo. É dificultosa a recomposição do ecossistema e alcançar a biodiversidade esperada no curto prazo.

É possível verificar que, em locais onde foi apurada a ocorrência de espécies herbáceas, em solos não compostos por rochas, houve uma maior regeneração natural em função das condições da paisagem, onde há fornecimento de material genético do entorno em condições adequadas para o desenvolvimento de espécies regenerantes pioneiras.

Entretanto, quando se analisa o fator de contenção de processos erosivos, acredita-se que o método de possibilitar que somente a regeneração natural seja a responsável pela recomposição florestal na região, sem o enriquecimento florestal, traga resultados somente a longo prazo.

A Fundação Renova vem realizando testes em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas os quais providenciaram resultados positivos (RENOVA, 2017a) comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa;

Contudo, é sugerido que os plantios de enriquecimento componham ao menos 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional, dentre aquelas identificadas em levantamentos florísticos regionais, podendo ser computadas todas as formas de vida presentes na floresta do entorno. Contudo, sugere-se que o número de espécies arbustivas e arbóreas represente no mínimo 70% do número total de espécies utilizadas, com representação de espécies zoocóricas, que se enquadram em categorias de ameaças e/ou com espécies pioneiras e não pioneiras.

Com base nos resultados obtidos em vistoria de campo, juntamente com os dados dos testes piloto e demais relatórios aqui considerados, acredita-se que os processos de regeneração natural, juntamente com enriquecimento nas condições já apresentadas serão suficientes para reposição da vegetação local e por consequência o controle da erosão nessas regiões.

9.5 Medidas de controle da erosão nas margens instáveis

No estudo intitulado "Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes Gerais do Projeto de Setembro, 2016" foram definidas premissas e critérios para o controle de sedimentos que incluem a recomendação de reconformação de calhas e margens do rio Doce e seus afluentes afetados, até Candonga, com o intuito de minimizar a remobilização dos sedimentos e rejeitos nas margens e no leito que contribuem para o aumento da turbidez da água, além da desestabilização das margens, ocasionando processos erosivos.

A Golder Associates (2016) elaborou o Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto com o objetivo de apresentar as diretrizes gerais de projeto para a regularização de calhas e margens e controle de processos erosivos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce no trecho a montante da UHE Risoleta Neves. Estas medidas foram incorporadas dentro do PG 25 e do programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando medidas de cunho reparatório.

Apresentam-se a seguir as premissas e critérios de projeto para a reconformação de calhas e margens estabelecidas pela Golder Associates (2016) que deverão ser atendidas:

- Minimizar a remobilização de rejeitos e sedimentos depositados nas margens;
- Minimizar a movimentação dos rejeitos e sedimentos depositados no leito para evitar aumento de turbidez na água e desestabilização de margens;
- Evitar a reconformação de áreas onde a vegetação natural já se restabeleceu para estabilização de margens;
- Evitar a reconformação de áreas onde os remanescentes da vegetação ripária (ex.: sistema radicular) permanecem atuando na estabilização das margens;
- Minimizar o uso de soluções de engenharia pesada;
- Adotar técnicas de bioengenharia onde possível utilizado soluções "naturais" que irão contribuir para a biodiversidade local;
- Monitorar as obras realizadas e reparar os pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente de entorno.

Ademais, apresentam-se a seguir as premissas e critérios de projeto para a reconformação de calhas e margens:

- Minimizar a erosão produzida pelo escoamento superficial nas áreas impactadas;
- Desviar o escoamento superficial "limpo" das áreas impactadas;
- Minimizar ou limitar novas movimentações de terra em áreas naturais;
- Implantar drenagem superficial adequada nas áreas impactadas;
- Revegetar todas as áreas impactadas
- Monitorar as obras realizadas e reparar os pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente de entorno.

Foram identificados os pontos com necessidade de enrocamento para garantir estabilidade das margens e foz de tributários e saídas d'água, os quais encontram-se apresentados na Figura 153. Nestes pontos, deverão ser implantadas medidas de controle e erosão e disciplinamento das drenagens conforme tem sido implementadas pelo PG-25. Além disso, foram identificadas medidas de manutenção das obras de controle de erosão e disciplinamento das drenagens já implantadas, as quais encontram-se em andamento através da Fundação Renova por meio de rotinas de manutenção.

9.6 Projeto de renaturalização

O Projeto de Renaturalização para os Trechos Longitudinais do rio Gualaxo do Norte consiste na instalação de estruturas de troncos e galhos de madeira no leito do rio, ou seja, trata-se de uma alternativa de manejo para a porção intracalha, utilizando ferramentas naturais.

Técnicas de instalação de troncos de madeira no campo da restauração fluvial vêm sendo utilizadas por gestores de recursos hídricos ao redor do mundo para instigar melhorias dentro da calha de rios e córregos. Troncos de árvores caídos da mata ciliar desempenham papel essencial na saúde de rios e córregos que cortam florestas.

No ambiente fluvial a madeira promove melhoria da qualidade da água através da oxigenação e ciclagem de nutrientes. Sua presença gera redução da velocidade do fluxo da água, aumento das trocas entre o rio e o aquífero, auxiliando assim na recarga hídrica. A madeira dentro do rio também

transforma leitos homogeneizados em ambientes diversos. Ou seja, em locais assoreados, ou com pouca diversidade de substrato, a madeira instiga a formação de novos tipos de substrato no leito do rio.

Ao mesmo tempo, troncos de madeira dentro do rio provêm recursos alimentares e refúgio para a biota aquática. A formação de áreas de remanso, resultado da redução da velocidade da água, é ideal para refúgio e abrigo de alevinos. Em contrapartida, áreas com a velocidade de fluxo maior servem também de locais de desova para espécies de peixes que necessitam desses tipos de habitat bem oxigenados para se reproduzirem.

Uma vez que se tem uma grande quantidade de material lenhoso recolhido e armazenado, proveniente da pluma de rejeitos, o uso desse material para a aplicação de técnicas de restauração fluvial pode ser considerado uma alternativa sustentável no caso da recuperação do rio Gualaxo do Norte.

O prazo de execução do trabalho será de 15 meses, distribuídos da seguinte forma:

- Etapa 01: Definição dos trechos de restauração do rio Gualaxo do Norte, Diagnóstico e Elaboração do design. Duração prevista: 2 meses.
- Etapa 02: Aplicação de técnica de restauração fluvial com troncos e galhos de madeira. Duração prevista: 2 meses.
- Etapa 03: Monitoramento, manutenção e divulgação. Duração prevista: 11 meses.

Para avaliar a efetividade da mesma considerando a geomorfologia do rio nestes trechos, deverá ser realizado o detalhamento do projeto.

9.7 Cronograma de implementação das alternativas de manejo

Em 22 de dezembro de 2017 a Fundação Renova protocolou no IBAMA o cronograma macro de aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos 17 trechos (revisão 1) através do protocolo 1432824, Ofício OFI NII 122017.1922, N° IBAMA 02001.004139.

A seguir é apresentado o cronograma macro protocolado no IBAMA para o Trecho 6 e 7.

Tabela 57 – Cronograma macro para os Trecho 6 e 7

NOME DA TAREFA	INÍCIO	TÉRMINO
Caracterização trechos 6 e 7	19/10/17	14/12/17
Elaborar Plano de Manejo trechos 6 e 7	15/12/17	31/01/18
Validar plano de manejo do trecho junto aos órgãos ambientais e CT - Trechos 6 e 7		19/03/18
Elaborar engenharia e projetos executivos - Trechos 6 e 7		17/06/18
Validar revisão do plano de manejo do trecho e plano de comunicação para proprietários junto aos órgãos ambientais e CT. - Trechos 6 e 7		30/09/18
Executar a comunicação junto aos proprietários - Trechos 6 e 7		15/10/18
Obter licenças, outorgas, autorizações e SVs necessárias - Trechos 6 e 7		30/11/18
Validar NT junto ao CIF - Trechos 6 e 7	01/01/19	31/01/19
Implantar alternativas selecionadas conforme projeto executivo final - Trechos 6 e 7		31/05/19
Monitorar alternativas implantadas (pensar em indicadores de desempenho, acompanhamento e operacionalização do plano de monitoramento. Considerar inputs dos estudos complementares e análise de risco)- Trechos 6 e 7	31/01/19	12/04/23
Adequar alternativas implantadas a partir do resultado do monitoramento (detalhar feedback do monitoramento) - Trechos 6 e 7	25/03/20	24/04/20
Dar continuidade à implantação das alternativas aprovadas - Trechos 6 e 7	24/04/20	24/05/20
Finalizar a implementação das alternativas aprovadas - Trechos 6 e 7	24/05/21	24/05/21
Aprovar finalização da implementação junto à CT/CIF - Trechos 6 e 7	24/05/21	23/06/21

Ressalta-se que, que as datas protocoladas podem sofrer alterações considerando a implantação das alternativas de manejo,. Neste caso, as alterações serão alinhadas e debatidas com a Câmara Técnica de Rejeito.

10 Equipe Técnica

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	REGISTRO NO CONSELHO DE CLASSE	FUNÇÃO	ASSINATURA
Daniel Gravalos	Engenheira Civil	CREA nº 5061701861	Responsável Técnico CH2M.	
Mercedes Buzzella	Engenheira Civil	-	Gerente de Projeto / Especialista em recursos hídricos.	
Valdir Nakazawa	Geólogo	CREA nº 06013239201	Coordenação Técnica.	
Sander Eskes	Engenheiro Civil	-	Tomada de Desição.	
Rodrigo Utima	Tecnólogo em Edificios	-	Produtos cartográficos e geoprocessamento.	
Eric Liu	Biólogo	-	Líder trabalhos de campo.	
Felipe Russo	Doutor em Geotécnica / Eng. Civil	-	Especialista em Geotécnica.	
Daniel Ferrari	Engenheiro Ambiental	CREA n° 5063656028	Caracterização dos depósitos.	
Mariana Adas	Bióloga	CRBIO n° 074657/01-D	Aspectos biológicos.	
Maira Sugawara	Geóloga	CREA n° 5063165187	Revisão de relatórios.	
Caio Santos	Geólogo	-	Processamento e interpretação de dados de campo.	
Marcia Ito Tanahashi	Gestora Ambiental	-	Caracterização da área afetada.	
Joyce Santana	Gestora Ambiental	-	Caracterização da área afetada.	
Marina Fioravanti Costa	Engenheira Ambiental	-	Apoio da elaboração de relatórios.	

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	REGISTRO NO CONSELHO DE CLASSE	FUNÇÃO	ASSINATURA
Ruy Monteiro	Geógrafo	-	Produtos cartográficos e geoprocessamento	

11 Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10007:2004. Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15492:2007. Sondagem de reconhecimentos para fins de qualidade ambiental – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

AMPLO. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) Integrado do Complexo Germano. Diagnóstico do Meio Biótico. 2017

ANA. Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos: versão 1.11. Superintendência de Gestão da Informação. Brasília: ANA, SGI, 2006. 29 p.

ANTÔNIO, de C.A. . Fertilidade do Solo e Recomendação de Adubação e Calagem. E-Tec Brasil – Solos.

APLYSIA. Avaliação Ecotoxicológica da água e sedimento do rio Doce após o rompimento da Barragem do Fundão. Relatório Técnico n°897/2017 Revisão 02. 2017

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Soil physics. New York: J. Wiley, 1972. 498 p.

BRANCO, M.B. Os solos. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA n°420, de 28 de dezembro de 2009.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA n°454, de 01 de novembro de 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Brasília, 2012.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p. : il

CH2M. Plano de Manejo de Rejeito Revisão 01. 2017.

DE-POLLI, H. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Editora Universidade Rural, 1988. 179p

ECONSERVATION. Levantamento Florístico nas Margens dos Cursos D'água Afetadas pelo Rompimento da Barragem da Samarco em Mariana/MG. Relatorio Tecnico – RT ECV 025/17 Revisao 00. 2017a

ECONSERVATION. Programa de Monitoramento da Ictiofauna do Rio Doce nos Estados de Minas Gerais be Espirito Santo – Atendimento a Notificacao IBAMA no 678311/2015 e TTAC (Termo de Transacao e Ajustamento de Conduta),alinea "a". 2017b.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. 2017. Zoneamento Ambiental Produtivo Da Bacia Hidrográfica Do Rio Gualaxo Do Norte.

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. 2012. Análise de Solo - Determinações, Cálculos e Interpretações. 2012.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2017. Relatório Operação Watu Fase III e IV – Fiscalização dos Trechos Prioritários e Não Prioritários de Recuperação Atingidos pelos Rejeitos da Barragem de Fundão.

FERREIRA-PERUQUETTI, P. S; DE MARCO JR, P.. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil.Ç Revta bras. Zool. 19 (2): 317 – 327. 2002

FUNDAÇÃO RENOVA. Plano de Trabalho para Estudos De Avaliação Dos Impactos Gerados Pelo Rompimento Da Barragem de Fundão Nas Unidades De Conservação - Revisão 01. 2017

GOLDER ASSOCIATES. Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias – Resultados da 1° e 2° Campanhas e Monitoramento. 2017e.

GOLDER ASSOCIATES. Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções. 2017b.

GOLDER ASSOCIATES. Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. 2017c.

GOLDER ASSOCIATES. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos. 2017d.

GOLDER ASSOCIATES. Relatório da Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. 2016a

H3M. Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito. 2017.

HYDROBIOLOGY & ECONSERVATION. Acoustic fish and aquatic habitat survey of the rio Doce and tributaries – may 2017 [interim data report]. 2017.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2017. Relatório Geral De Vistoria Operação Áugias - Fase Argos - Etapa Iv.

IPNI – International Plant Nutrition Institute. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. 2ª edição, revisada e ampliada, 1995.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005. 344.

LOWE-McCONNELL, R.H. 1975. Fish communities in tropical freshwater: their distribution, ecology and evolution. London: Longman. 337p.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº. 166, de 29 de junho de 2011. Belo Horizonte, 2011.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/ CERH-MG 01/2008, de 05 de maio de 2008. Belo Horizonte, 2008.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. Belo Horizonte, 2013.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro / Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. – Brasília: MMA, 2011. 96 p. : il. color. ; 29 cm. + mapas. (Série Biodiversidade, 41)

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RIBEIRO, D.R.; MENEZES, S.M.; MESQUITA, MG.G.B.F; SAMPAIO, F.M.T.S. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. Ciência Agrotec., Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, jul./ago., 2007.

RIGOTTI, J.A.; POMPÊO, C.A. Assessment of Urban Stream Condition: Case Study. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011. 2011.

RHODES, V.P. Distribuição de mercúrio e arsênio nos sedimentos de área afetada por garimpo de ouro – Rio Gualaxo do Norte, Mariana-Mg. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG. 93p. 2010.

SANTOS, J.A.D.; FERREIRA, F.F.; PINHO, F.M. Primeiro levantamento de ictiofauna da bacia do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco, em Mariana-MG. Universidade Federal de Viçosa. 2017.

12 Anexos