



FUNDAÇÃO
renova

**VOLUME 4 - APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO
NO TRECHO 9**

Agosto/2018



VOLUME 4 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 9
REVISÃO 01

Preparado por:



São Paulo / 2018

Sumário

SUMÁRIO EXECUTIVO	16
1 Introdução.....	26
2 Contextualização.....	34
3 Objetivo.....	39
4 Conteúdo do Relatório.....	40
5 Caracterização Ambiental da Área Afetada e dos Depósitos de Rejeito	44
5.1 Caracterização Ambiental da Área Afetada	44
5.1.1 Delimitação da Área Afetada	45
5.1.2 Unidades Ambientais.....	52
5.1.3 Avaliação das Ações de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem nas Intervenções Realizadas	59
5.1.4 Levantamento Planialtimétrico	177
5.1.5 Unidades da Paisagem	182
5.1.6 Identificação das Lagoas Marginais no Trecho 9	186
5.1.7 Resultados dos Monitoramentos e Informações de Outros Programas	196
5.1.8 Aspectos Socioeconômicos.....	257
5.1.9 Potencial de Inundação das Planícies e Encostas.....	281
5.1.10 Delimitação de Áreas Inundáveis – Estudo Pretérito	292
5.1.11 Identificação das Áreas de Disposição Dentro da Área de Abrangência	299
5.2 Caracterização Ambiental dos Depósitos de Rejeito	305
5.2.1 Identificação dos Tipos de Depósitos.....	305
5.2.2 Estudos Prévios	309
5.2.3 Metodologias Estabelecidas para Coleta de Dados de Campo	329

5.2.4	Resultados dos Aspectos Físicos e Químicos	372
5.2.5	Estimativa de Volume de Depósito de Rejeito	463
6	Identificação dos Impactos Ambientais	498
6.1	Estudo de Concentrações de Metais, Tendências e Impactos	504
7	Identificação dos Objetivos Específicos	512
7.1	Divisão espacial da área afetada.....	513
7.2	Definição dos objetivos específicos.....	517
8	Processo de Tomada de Decisão.....	522
8.1	Pontuações Base por Critério	522
8.2	Contexto A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta 527	
8.2.1	Definição de Alternativas de Manejo	527
8.2.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	529
8.2.3	Medidas Mitigadoras	533
8.3	Contexto A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta	533
8.3.1	Definição de Alternativas de Manejo	533
8.3.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	537
8.3.3	Medidas Mitigadoras	540
8.4	Contexto B1 – Depósitos sobre planícies com atividade econômica	540
8.4.1	Definição de Alternativas de Manejo	541
8.4.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	544
8.4.3	Medidas Mitigadoras	547
8.5	Contexto B2 – Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa.....	547
8.5.1	Definição de Alternativas de Manejo	548
8.5.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	550

8.5.3	Medidas Mitigadoras	553
8.6	Contexto B3a – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio	553
8.6.1	Definição de Alternativas de Manejo	554
8.6.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	556
8.6.3	Medidas Mitigadoras	558
8.7	Contexto B3b – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e isoladas	559
8.7.1	Definição de Alternativas de Manejo	559
8.7.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	562
8.7.3	Medidas Mitigadoras	565
8.8	Contexto B4 – Depósitos em lagoas soterradas	565
8.8.1	Definição de Alternativas de Manejo	565
8.8.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	567
8.8.3	Medidas Mitigadoras	570
8.9	Contexto C1 – Depósitos nas margens do canal fluvial	570
8.9.1	Definição de Alternativas de Manejo	572
8.9.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	574
8.9.3	Medidas Mitigadoras	577
8.10	Contexto C2. Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade	577
8.10.1	Definição de Alternativas de Manejo	579
8.10.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão	582
8.10.3	Medidas Mitigadoras	586
8.11	Qualidade da água	586
8.11.1	Alternativas de tratamentos de sólidos suspensos	588
8.11.2	Conceito de sistemas de tratamento off-line e on-line	590
8.11.3	Definição de Alternativas de Manejo	591

8.11.4 Processo Simplificado de Tomada de Decisão	601
8.11.5 Medidas Corretivas Propostas.....	606
8.11.6 Alternativas complementares para aceleração da recomposição do ecossistema aquático	607
9 Descrição das Alternativas de Manejo Selecionadas	612
9.1 Monitoramento (Aplicável a todos os Contextos).....	624
9.2 Enriquecimento da Vegetação com Espécies Nativas em Planícies e Encostas com Vegetação Natural (Aplicável aos Contextos A1 e B2)	628
9.3 Condicionamento do Solo e Restituição das Atividades Agropecuárias em Planícies e Encostas com Atividade Econômica (Aplicável aos Contextos A2 e B1)	630
9.4 Estudos Complementares (Aplicável às Lagoas Marginais).....	632
9.5 Implementação de Medidas de Controle da Erosão nas Margens (Aplicável ao Contexto C1)	635
9.6 Capeamento Natural e Monitoramento (Aplicável ao Contexto C2)	641
9.7 Sistema de Tratamento Natural Off-Line para manutenção da Qualidade da Água	642
9.8 Projeto de Renaturalização.....	648
9.9 Cronograma de Implementação das Alternativas de Manejo	650
10 Equipe Técnica	651
11 Referências Bibliográficas	653
12 Anexos	662

Lista de Figuras

Figura 1 – Lagoas próximas à margem do rio Gualaxo do Norte e interligadas a este, com função de lagoas marginais.....	28
Figura 2 – Mesma lagoa indicada na foto anterior, após a passagem do fluxo de rejeito, apresentando-se completamente seca	28
Figura 3 – Capela de Santo Antônio, em Paracatu, evidenciando a altura de inundação, com altura em torno de 5 metros	29
Figura 4 – Aspecto geral do distrito de Paracatu. Ao fundo, o depósito de rejeito chegando à altura do parapeito das janelas.....	29
Figura 5 – Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa da curva do rio Gualaxo	30
Figura 6 – Típico estreitamento de vale, em garganta, separando planícies aluvionares ao longo do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9	30
Figura 7 – Rejeito depositado junto às margens do rio Gualaxo do Norte.....	31
Figura 8 – Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9 (2016)	31
Figura 9 – Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9 (2017)	32
Figura 10 – Final do Trecho 9 - Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo.....	33
Figura 11 – Localização da Área de Estudo e Trechos	36
Figura 12 – Fluxograma de Gerenciamento de Manejo de Rejeito.....	38
Figura 13 – Fases do Fluxograma de Gerenciamento a serem consideradas na Execução do Plano de Manejo de Rejeito	39
Figura 14 – Detalhamento da Área Afetada do PMR no Trecho 9	47
Figura 15 – Exemplo do Mosaico de Imagens utilizado para Delimitação da Área Impactada	50
Figura 16 – Exemplo do Imageamento realizado com Aeronave não Tripulada no período entre junho e julho de 2017.	51
Figura 17 – Comparação entre Mosaico de 09/11/2015 e Imageamento do Período entre junho e julho de 2017	52
Figura 18 – Áreas de Preservação Permanente Hídrica	54
Figura 19 – Unidades de Conservação e Áreas Protegidas.....	58
Figura 20 – Imagens comparativas a data do plantio – 26/01/2016 e de 16/02/2016. Próximo a Barra longa	62
Figura 21 – Planície aluvionar preparada para o plantio, com desenvolvimento de erosão em sulcos pela concentração do escoamento superficial. Trecho 9, próximo à travessia do gasoduto	63
Figura 22 – Cobertura vegetal ainda precoce com desenvolvimento de erosão pela concentração do escoamento superficial.....	63
Figura 23 – Áreas Prioritárias e Não Prioritárias para Medidas de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem.....	65
Figura 24 – Localização dos pontos das Operações Águas e Watu	69
Figura 25 – TG14 com vegetação bem desenvolvida em suas margens	92
Figura 26 – Vista Frontal do TG15	93
Figura 27 – Vista do Desemboque do TG16.....	94
Figura 28 – Vista a Montante do TG16	94
Figura 29 – Vista do Desemboque do TG17.....	95
Figura 30 – Vista a Montante do TG17	95
Figura 31 – Problema Pontual de Cobertura Vegetal próximo ao TG17	96

Figura 32 – Região com erosão ao lado dos retentores.	97
Figura 33 – Margem do rio erodida devido ao fluxo de água no período de chuvas.	98
Figura 34 – Outro ponto com problemas de erosão na margem do rio.	98
Figura 35 – Drenagem superficial funcionando de forma adequada.	99
Figura 36 – Retentor de sedimentos incorporado ao meio ambiente.	100
Figura 37 – Retentor de sedimento evitando danos na área tratada.	100
Figura 38 – Retentores com sedimento acumulado e vegetação em desenvolvimento.	101
Figura 39 – Retentores que poderão sofrer tratamento.	101
Figura 40 – Enrocamento em excelente estado de conservação.	102
Figura 41 – Vegetação típica da região.	103
Figura 42 – Vegetação desenvolvida no entorno do TG17A.	104
Figura 43 – Vista do desmatamento do TG17A.	104
Figura 44 – Vista do desmatamento do TG17B envolto em vegetação.	105
Figura 45 – Erosão em obra de correção na margem direita em frente ao TG17B.	106
Figura 46 – Vista da vegetação a montante do TG17C.	107
Figura 47 – Vista do desmatamento do TG17C envolto em vegetação.	107
Figura 48 – Vista geral do TG18.	108
Figura 49 – Vista do desmatamento do TG18.	109
Figura 50 – Obras operando conforme projeto.	110
Figura 51 – Enrocamento em bom estado com incorporação vegetal.	111
Figura 52 – Vegetação de proteção para erosão típica da Área Prioritária 10.	111
Figura 53 – Vista do desmatamento do TG19.	112
Figura 54 – Retentores cercados por vegetação.	113
Figura 55 – Vista do desmatamento do TG21B.	114
Figura 56 – Vista do desmatamento do TG21A com vegetação em suas margens.	114
Figura 57 – Vegetação desenvolvida na região do TG23.	115
Figura 58 – Talude rompido por erosão no pé, próximo ao TG23.	116
Figura 59 – Desmatamento do TG24.	117
Figura 60 – Desmatamento do TG24A entre a vegetação.	117
Figura 61 – Desmatamento do TG25.	118
Figura 62 – Erosão de pequeno porte na lateral da descida de água.	119
Figura 63 – Vista aproximada do TG26.	120
Figura 64 – Vista geral do desmatamento do TG27.	121
Figura 65 – Vista aproximada do TG27.	121
Figura 66 – Vista do desmatamento do TG28.	122
Figura 67 – Região da margem junto ao TG28 que precisa de tratamento.	123
Figura 68 – Região com falha no tratamento da drenagem superficial.	124
Figura 69 – Retentores de rejeito preenchidos por rejeitos transportados.	125
Figura 70 – Enrocamento com início de incorporação vegetal.	126
Figura 71 – Cobertura vegetal para tratamento de gado em área de terceiros.	127
Figura 72 – Desenvolvimento de vegetação ao longo das margens do rio.	128
Figura 73 – Vista do desmatamento do TG29.	129
Figura 74 – Margens e desmatamento do TG30 com boa cobertura vegetal.	130
Figura 75 – Vista frontal do desmatamento do TG30A.	131
Figura 76 – Vista frontal do desmatamento do TG30B com falha na cobertura vegetal.	132
Figura 77 – Vista geral do TG31 com vegetação densa em suas margens.	133
Figura 78 – Ponto com tratamento de talude e vegetação adequados.	134
Figura 79 – Região com retentores assoreados.	135

Figura 80 – Vista do desemboque do TG36	136
Figura 81 – Vegetação a montante do TG36 já incorporado ao meio ambiente.....	136
Figura 82 – Vista da margem esquerda do rio, onde o TG37 deveria ser visualizado.....	137
Figura 83 – Vista do desemboque do TG37A.....	138
Figura 84 – Vista a montante com o tributário incorporado pela vegetação.....	138
Figura 85 – Vista geral do TG38	139
Figura 86 – Vista de montante do TG39	140
Figura 87 – Desemboque do TG39 com pouca cobertura vegetal em sua margem	140
Figura 88 – Vista frontal do tributário TG40	141
Figura 89 – Vista a montante do tributário TG40A	142
Figura 90 – Vista a jusante do tributário TG40A com vegetação desenvolvida.....	142
Figura 91 – Vista a montante do tributário TG41 encoberto por vegetação.....	143
Figura 92 – Desemboque do TG41	144
Figura 93 – Retentores de sedimento preenchidos por rejeitos	145
Figura 94 – Enrocamento tipo na margem do rio da Área Prioritária 7	145
Figura 95 – Descida de água com enrocamento carreado	146
Figura 96 – Descida de água com erosão na margem direita.....	147
Figura 97 – Instabilidade de talude na margem do rio na Área Prioritária 7.....	148
Figura 98 – Vegetação típica da Área Prioritária 7.....	149
Figura 99 – Vista do desemboque do TG42A.....	150
Figura 100 – Vista do desemboque do TG42A.....	150
Figura 101 – Margens e desemboque do TG43 com boa cobertura vegetal.....	151
Figura 102 – Retentores de sedimento preenchidos por rejeito	152
Figura 103 – Vista geral de um enrocamento com descida de água implantado na Área Não Prioritária	152
Figura 104 – Vegetação observada durante a vistoria da Área Não Prioritária.....	153
Figura 105 – Talude rompido sem cobertura vegetal que precisa se ajustar	154
Figura 106 – Talude com necessidade de tratamento	154
Figura 107 – Tributário TG44 com falha de vegetação e margem erodida	155
Figura 108 – Tributário TG46 encoberto pela vegetação	156
Figura 109 – Tributário TG47 com margens vegetadas.....	156
Figura 110 – Retentores de sedimento assoreados	157
Figura 111 – Vegetação típica da área 9.....	158
Figura 112 – Área tratada operando em condições adequadas	158
Figura 113 – Montante do tributário TG47A com pouca vegetação na margem	159
Figura 114 – Desemboque do tributário TG47A	160
Figura 115 – Desemboque do tributário TG47B com boa vegetação nas margens.....	161
Figura 116 – Tributário TG49A em seu ponto de descarga no TG49	162
Figura 117 – Margens do tributário TG49 pouco antes de se fundir ao TG49A	162
Figura 118 – Vista do tributário TG49C	163
Figura 119 – Vista a montante do tributário TG49B com presença de gado.....	164
Figura 120 – Desemboque TG49B com vegetação bem desenvolvida.....	164
Figura 121 – Desemboque TG49D praticamente incorporado pelo meio ambiente	165
Figura 122 – Tributário TG49E camuflado pela vegetação local.....	166
Figura 123 – Tributário TG49F com pontos de falha na proteção de margem.....	167
Figura 124 – Tributário TG49G completamente tomado pela vegetação	167
Figura 125 – Vista panorâmica de região com obras integradas ao meio ambiente	168
Figura 126 – Erosão por falta de drenagem adequada na pista	169

Figura 127 – Manta de proteção superficial do talude com necessidade de reparo	169
Figura 128 – Talude com problema de estabilidade devido à erosão em seu pé	170
Figura 129 – Visita às estruturas de controle de erosão e disciplinamento das drenagens.....	172
Figura 130 – Mapa Hipsométrico	179
Figura 131 – Mapa de unidades da paisagem.....	183
Figura 132 – Exemplo de Mapeamento de Lagoa utilizando a Imagem de Referência para o Momento Pré-evento (esquerda), Imediatamente após o Evento (central) e mais Recente (direita).....	188
Figura 133 – Lagoas Marginais e Atividade Garimpeira	190
Figura 134 – Figura de Localização das Lagoas Marginais	193
Figura 135 – Pontos de Monitoramento	201
Figura 136 – Pontos de Monitoramento de Erosão	206
Figura 137 – Série Temporal de Turbidez no rio Gualaxo do Norte (RDC-24)	220
Figura 138 – Série Temporal de Turbidez no Rio do Carmo (RDC-25).....	221
Figura 139 – Dados de Turbidez, Pluviosidade e Nível d'Água – RGN 06 (agosto a outubro/17).....	222
Figura 140 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 06 (novembro/17 a janeiro/18).....	223
Figura 141 – Dados de turbidez, pluviosidade e nível d'água – RGN 08 (agosto a outubro/17)	225
Figura 142 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 08 (novembro/17 a janeiro/18).....	227
Figura 143 – Localização dos tributários e pontos de monitoramento da turbidez – Intervenções Prioritárias.....	228
Figura 144 – Resultados de monitoramento de turbidez TG 36	234
Figura 145 – Resultados de monitoramento de turbidez TG 49	235
Figura 146 – Resultados de monitoramento de turbidez TG-56.....	236
Figura 147 – Valores de Turbidez nos Pontos de Monitoramento no rio Gualaxo do Norte no mês de Agosto de 2017	237
Figura 148 – Mapa de Propriedades no Trecho 9	261
Figura 149 – Localização Original da Comunidade de Paracatu	265
Figura 150 – Localização Original da Comunidade de Gesteira	265
Figura 151 – Área eleita para Reassentamento da Comunidade de Gesteira	270
Figura 152 – Área eleita para Reassentamento da Comunidade de Paracatu de Baixo	270
Figura 153 – Mapa de Acessos no Trecho 9.....	272
Figura 154 – Mapa de Usos dos Solos no Trecho 9	276
Figura 155 – Localização da Estação 56337000 e bacia hidrográfica correspondente	282
Figura 156 – Curva de Permanência da Estação 56337000.....	283
Figura 157 – Vazões médias mensais da série histórica da estação 56337000	283
Figura 158 – Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25	286
Figura 159 - Localização dos trechos do estudo de estimativa de espessura de rejeito.....	292
Figura 160 – Seção fluvial (S1) do Trecho 1, destacando a camada de rejeito depositada, o confinamento e o espalhamento da lâmina de água, antes e após a ruptura da Barragem do Fundão, respectivamente, considerando a cheia de TR=100 anos	297
Figura 161 – Seção fluvial (S2) do Trecho 1, destacando a camada de rejeito depositada, o confinamento e o espalhamento da lâmina de água, antes e após a ruptura da Barragem do Fundão, respectivamente, considerando a cheia de TR=100 anos	297
Figura 162 – Mapa de Áreas de Disposição de Rejeito do Trecho 9	304
Figura 163 – Ilustração dos Tipos de Depósitos de Rejeito nas Seções Intracalha e Extracalha	306
Figura 164 – Aspectos da Erosão Laminar e em Sulcos desenvolvida sobre os Depósitos de Rejeitos Extracalha, na região de Barra Longa, antes das Intervenções Emergenciais	307

Figura 165 – Programas socioambientais que possuem interface com o Programa de Manejo de Rejeito (PG23) e abrangência conforme os tipos de depósito	308
Figura 166 – Avaliação do Fator de Enriquecimento normalizado pelo titânio para metais pesados ao longo da bacia do rio Doce	316
Figura 167 – Proposição de Valores Background de Concentrações de Metais na Bacia do rio Gualaxo do Norte.....	318
Figura 168 - Metais e metaloides acima dos padrões brasileiros de sedimentos e água antes e depois do rompimento da barragem de Fundão	320
Figura 169 – Localização dos Transectos e Unidades de Análise do Trecho 9.....	332
Figura 170 – Ilustração dos Pontos de Amostragem por Meio dos Transectos.....	340
Figura 171 – Seção Transversal dos Pontos de Sondagem nos Transectos	341
Figura 172 – Sondagens Realizadas para Análise Comparativa - Amostras Simples x Compostas	350
Figura 173 – Fotos de Campo – Procedimento de Amostragem	353
Figura 174 – Fotos de Campo – Procedimento de Amostragem	354
Figura 175 – Unidades de Análise dos Transectos no Trecho 9.....	364
Figura 176 – Perfil Longitudinal do Trecho 9, Localização dos Transectos e Unidades de Análise Definidas	367
Figura 177 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados na Porção Extracalha.....	404
Figura 178 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Encostas da Seção Extracalha	406
Figura 179 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Planícies da Seção Extracalha	408
Figura 180 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Margens da Seção Extracalha	410
Figura 181 – Comparativo das Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito em Cada Contexto da Seção Extracalha	412
Figura 182 – Depósitos de Rejeito Lavado e Inconsolidado Encontrados na Seção Intracalha	414
Figura 183 – Médias de Espessuras de Rejeitos Lavado e Inconsolidado da Seção Intracalha do Trecho 9	416
Figura 184 – Médias das Espessuras de Rejeito Identificadas nas Lagoas Marginais do Trecho 9	421
Figura 185 – Médias das Porcentagens de Argila, Silte, Areia Total e Cascalho Total nos Transectos do Trecho 9.....	425
Figura 186 – Médias das Porcentagens de Argila, Silte, Areia Total e Cascalho Total nas Lagoas do Trecho 9.....	428
Figura 187 – Ilustração do Modelo Conceitual de Formação do Lag layer na Calha do Rio	430
Figura 188 – Localização das amostras de solo e sedimento do Estudo Geoquímico da Golder Associates e deste PMR	455
Figura 189 – Mapa de Compartimentação da Área Impactada	465
Figura 190 – Localização dos trechos do estudo de estimativa de espessura de rejeito	492
Figura 191 – Comparação da localização Trecho 9 com os trechos definidos pela Golder Associates (2016a) nas extremidades do Trecho 9	495
Figura 192 - Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens extracalha de estudos pretéritos e do presente PMR	497
Figura 193 – Concentrações dos Metais Cromo Total e Bário Total no Substrato Natural e Rejeito	507
Figura 194 – Concentrações dos Metais Cobalto Total, Arsênio Total e Mercúrio Total no Substrato Natural e Rejeito	508
Figura 195 – Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados no Trechos 9 do rio Gualaxo do Norte	516

Figura 196 – Exemplo de Sistema de Tratamento Off-line	590
Figura 197 – Exemplo de Sistema de Tratamento On-line	591
Figura 198 – Fluxograma de Manutenção das Obras de Disciplinamento de Drenagem e Controle de Erosão	639
Figura 199 - Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte	644
Figura 200 – Seção transversal típica de uma wetland – Elevada densidade de vegetação que atua como filtro.	646

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Descrição dos Trechos Específicos para a Aplicação do PMR	34
Tabela 2 – Dados do Mapeamento de APP do ZAP	53
Tabela 3 – Pontos de Monitoramento da Operação Augias Localizados no Trecho 9	74
Tabela 4 – Pontos Vistoriados pela Operação Watu – Trecho 9	85
Tabela 5 – Unidades de paisagem no Trecho 9.....	182
Tabela 6 – Informações dos imageamentos aéreos utilizados para a análise temporal	187
Tabela 7 – Classificação das Lagoas Identificadas no Trecho 9.....	191
Tabela 8 – Classificação das lagoas identificadas no Trecho 9 excluindo Viveiros de Peixes	192
Tabela 9 – Pontos de monitoramento no Trecho 9	200
Tabela 10 – Locais Selecionados para a Instalação das Estações Fixas de Monitoramento da Qualidade do Ar	211
Tabela 11 – Dados de qualidade de água superficial do PMQQS – amostras em desconformidade legal	213
Tabela 12 – Dados de qualidade de água superficial do PMQQVAI – amostras em desconformidade legal	214
Tabela 13 – Informações sobre período de obras em tributários e monitoramento da turbidez nos tributários	232
Tabela 14 – Quantificação da Cobertura Vegetal na Área Impactada Antes e Após o Evento no Trecho 9	239
Tabela 15 – Espécies registradas em fragmentos em estágio inicial levantadas no ponto amostral no Trecho 9	240
Tabela 16 – Descrição das ações realizadas de plantio de revegetação nas Áreas Prioritárias.....	243
Tabela 17 – Critérios para eleição da área anfitriã do reassentamento de Paracatu de Baixo.	267
Tabela 18 – Uso do Solo no Trecho 9 (Área definida pelas Ottobacias).....	275
Tabela 19 – Quantitativos de Áreas Conservadas e Áreas Antropizadas no Trecho 9	275
Tabela 20 – Levantamento de usos da água pelo cadastro de uso insignificante	280
Tabela 21 – Dados da Estação Fluviométrica Fazenda Ocidente	281
Tabela 22 – Vazões observadas nos últimos 30 anos na estação 56337000.....	283
Tabela 23 – 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	284
Tabela 24 - Síntese dos resultados das medições de vazão – Potamos, 2017.....	293
Tabela 25 - Vazões de projeto determinados para os trechos fluviais de interesse para o estudo.....	295
Tabela 26 – Quantitativos da capacidade volumétrica e áreas das áreas de disposição de rejeito do Aterro de Barra Longa por fases do projeto	300
Tabela 27 – Tipos de depósito de Rejeitos Classificados por Contexto.....	305
Tabela 28 – Caracterização física dos sedimentos fluviais das margens esquerda e direita do rio Doce	310
Tabela 29 – Caracterização física dos Neossolos Flúvicos	311
Tabela 30 – Valores do Quartil 75 %, Percentil 90 % e Percentil 95 % das profundidades de 0 – 20 e 80 – 100 cm dos solos da bacia do rio Doce; Valor de referência de qualidade - VRQs; Valor de prevenção – VPs	312
Tabela 31 – Teores de metais pesados para os sedimentos da bacia do rio Doce	313
Tabela 32 – Teores de metais pesados para os Neossolos Flúvicos da bacia do rio Doce	314
Tabela 33 – Resultados das Análises De solo do Estudo Geoquímico.....	324
Tabela 34 – Resumo dos Resultados Analíticos das Amostras de Solo – Estudo Pretérito	326
Tabela 35 – Resultados das Análises de Sedimento do Estudo Geoquímico.....	328
Tabela 36 – Transectos Selecionados para o Trecho 9	330

Tabela 37 – Relação das Lagoas Marginais Identificadas no Trecho 9	336
Tabela 38 – Lagoas Marginais Sondadas e Amostradas no Trecho 9	338
Tabela 39 – Quantidade e Camadas de Coleta das Amostras para cada Transecto Selecionado nas Encosta, Planície, Margem e Calha – Trecho 9	343
Tabela 40 – Relação das Amostras Coletadas para Análise Comparativa	355
Tabela 41 – Resultados Laboratoriais das Amostras Principais	356
Tabela 42 – Declividades Médias das Unidades de Análise	363
Tabela 43 – Indica como os dados de campo serão incorporados no processo de tomada de decisão ..	372
Tabela 44 – Relação de Transectos e as Respectivas Sondagens no Trecho 9	373
Tabela 45 – Resultados de Espessura de Rejeito nos Transectos	386
Tabela 46 – Resultados de Espessura: Médias de Rejeito	398
Tabela 47 – Resultados de Espessura de Rejeito por Contexto	399
Tabela 48 – Relação das Lagoas Marginais e as Respectivas Sondagens no Trecho 9	417
Tabela 49 – Resultados de Espessura das Lagoas Marginais do Trecho 9	419
Tabela 50 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Transectos Trecho 9	423
Tabela 51 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Lagoas do Trecho 9	427
Tabela 52 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9 ..	432
Tabela 53 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9 ..	433
Tabela 54 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9 ..	434
Tabela 55 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9 ...	440
Tabela 56 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9 ...	441
Tabela 57 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9 ...	442
Tabela 58 – Concentrações de metais encontradas nas lagoas do Trecho 9	445
Tabela 59 – Resultado da Análise de Granulometria das Amostras Compostas por Transecto no Trecho 9	449
Tabela 60 – Resultado da Análise de Granulometria das Amostras Compostas Extracalha no Rejeito por Transecto no Trecho 9	450
Tabela 61 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Solo	458
Tabela 62 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Sedimento	461
Tabela 63 – Áreas de Encosta, Planície, Margem e Calha Impactadas Segmentadas entre as Áreas de Influência dos Transectos	473
Tabela 64 – Espessura Média de Rejeito na Calha, Margem, Planície e Encosta	476
Tabela 65 – Volume Estimado de Rejeito na Calha, Margem, Planície de Inundação e Encosta	478
Tabela 66 – Volume Estimado de Rejeito nas Encostas e Planícies nas Áreas de Comunidades	480
Tabela 67 – Volume Estimado de Rejeito nas Encostas e Planícies Diferenciando Áreas de Vegetação Nativa e Áreas com algum Uso Econômico	481
Tabela 68 – Dados Utilizados e Resultado do Volume de Rejeitos nas Lagoas Conectadas, Isoladas e Soterradas	484
Tabela 69 – Estimativa de volume de rejeito pelos Métodos 1, 2 e 3	490
Tabela 70 – Resumo do volume estimado nas planícies e encostas por usos genéricos identificados ...	491
Tabela 71 – Resumo do volume estimado nas margens e calhas	491
Tabela 72 – Resumo das espessuras de rejeito nos trechos 1 a 7s	494
Tabela 73 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR	496
Tabela 74 – Comparação de volumes estimados pela Golder Associates (2016a) e atuais no Trecho 9 ..	497
Tabela 75 – Resumo da caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e da área afetada no Trecho 9	500
Tabela 76 – Transectos com uma ou mais concentrações acima do Valor de Prevenção	504

Tabela 77 – Transectos com Concentração de Metais acima do Valor de Prevenção ao Longo dos Trechos 6 ao 12	505
Tabela 78 – Classificação do Solo e Ações Recomendadas Segundo Resolução CONAMA 420/2009.	510
Tabela 79 – Contextos identificados no Trecho 9	515
Tabela 80 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 9	518
Tabela 81 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A1 – Trecho 9	529
Tabela 82 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 9	537
Tabela 83 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 9	544
Tabela 84 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 9	550
Tabela 85 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3a – Trecho 9	556
Tabela 86 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3b – Trecho 9	562
Tabela 87 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B4 – Trecho 9	568
Tabela 88 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1 – Trecho 9	575
Tabela 89 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C2 – Trecho 9.	582
Tabela 90 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Água do Rio Gualaxo do Norte	601
Tabela 91 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 9 – Alternativa indicada destacada em negrito.....	612
Tabela 92 – Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito nos Trecho 9	625
Tabela 93 – Pontos com necessidade de implementação ou manutenção das medidas de controle de erosão	640
Tabela 94 – Cronograma macro para o Trecho 9 - revisado	650

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
- X. Lagoas Marginais
- XI. Resultados Geoquímica
- XII. Projeto Conceitual dos Sistemas de Tratamento Natural Off-Line (STN Off-line)
- XIII. Localização e Espessura de Rejeito nos Transectos
- XIV. Localização e Espessura de Rejeito nas Lagoas
- XV. Alternativas de Manejo - Avaliação de Aspectos Positivos e Negativos

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.

Os trabalhos desenvolvidos no presente relatório atendem especificamente as Fase 1A e Fase 2, que tratam da caracterização 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.

Esse relatório tem como objetivo a aplicação do PMR para o Trecho 9 possui aproximadamente 58 km de extensão de curso do rio Gualaxo do Norte até a foz com o rio Carmo. Este trecho se caracteriza por um vale em forma de V truncado, marcado pela presença de terraços aluvionares elevados a poucos metros acima da calha fluvial, de largura variável. Além disso, este trecho se caracteriza pela presença de pequenas lagoas marginais, resultantes de antigas operações de garimpo dos séculos XVIII e XIX e de aglomerações urbanas que se estabeleceram, ao menos parcialmente, em terrenos constituídos por antigos terraços aluvionares, como Paracatu e Gesteira.

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 principais 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 apresenta (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 no Trecho 9, descritas na tabela abaixo, para cada contexto. 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.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 econômica em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Perda das áreas produtivas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos 	Condicionalamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento
B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo • Melhoria da fertilidade dos solos 	Condicionalamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento
B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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
B3a. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático da lagoa • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio 	Necessidade de estudos complementares
B3b. Depósitos em lagoas marginais	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação e melhoria do ecossistema aquático da lagoa • Potencializar a funções ecológicas da lagoa 	Necessidade de estudos complementares

CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
remanescentes e isoladas do rio		<ul style="list-style-type: none"> • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio 	
B4. Depósitos em lagoas soterradas	<ul style="list-style-type: none"> • 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). 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação da lagoa soterrada, (remoção do rejeito) possibilitando a recuperação do ecossistema aquático na lagoa • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio; <p>OU</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre 	Necessidade de estudos complementares
C1. Depósitos nas margens do leito fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 em fase de estabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • 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. Observam-se tendências de diminuição dos níveis de turbidez, chegando no período de seca a valores da ordem de 100 NTU; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	Capeamento natural e monitoramento

CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de biodiversidade, embora existam sinais aparentes de início de um processo de recolonização da comunidade bentônica no substrato nos pontos amostrados, em que há um predomínio de espécies pioneiras, pouco exigentes e oportunistas, e presença menos expressiva de espécies tardias, formadoras de nichos e refúgios mais complexos; • Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Potencial ressuspensão fina do rejeito inconsolidado. 		
Qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da turbidez e alteração da cor: impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, e degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez principalmente no período chuvoso; • Perda da biodiversidade; • Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo); • Impacto na dessedentação das espécies terrestres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme CLÁUSULA 157 do TTAC) e mitigar os impactos das possíveis obras intracalha ao longo do rio Gualaxo do Norte • Restauração da biodiversidade aquática • Restauração do uso da água 	<p>Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água, apenas no caso de implementação de intervenções que provoque turbidez artificial. Projeto de renaturalização para melhorar a qualidade da água no que diz respeito à aceleração da restauração do ecossistema aquático.</p>

Com relação aos contextos B3a, B3b e B4 – Depósitos em lagoas marginais remanescentes conectadas, isoladas e lagoas soterradas, respectivamente, o processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas examinadas, pois as três alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos (Fase 1B do fluxograma do Plano de Manejo de Rejeito) para identificar a origem, efetiva função ecológica e contribuição das lagoas soterradas na recuperação do ecossistema aquático. Ademais, pode ser elaborado um projeto piloto para estabelecer a real contribuição ecológica dessas lagoas.

Com relação ao contexto C1 - Depósitos nas margens do canal fluvial, foram identificados pontos sem medidas de controle de erosão, com potencial instabilidade, que precisam de uma solução de manejo de rejeito. No entanto, os depósitos nas margens que já possuem medidas de controle de erosão não foram considerados no processo de tomada de decisão, uma vez que os mesmos já possuem uma alternativa de manejo executada e estão atendendo às expectativas de efetiva proteção.

Por outro lado, é importante ressaltar que a identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão e de disciplinamento de drenagens. Estas rotinas implicam em visitas periódicas, percorrendo as margens ao longo de todo o Trecho, avaliando o estado das obras implantadas e identificando locais com potencial de erosão. Para estes novos locais identificados com potencial de instabilidade, serão aplicadas as soluções de manejo escolhidas.

A alternativa selecionada para o contexto de depósito em leito fluvial C2 foi o “capeamento natural e monitoramento”, que consiste no acompanhamento de evolução do rejeito lavado ou *lag layer*. Para tal tomada de decisão, levou-se em consideração os dados de monitoramento executado dentro do Trecho 8, Volume 6 – Complementação da aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8 (JACOBS, 2018) que atualmente expressam o comportamento do *lag layer* durante evento de vazões intensas. As vazões elevadas foram compreendidas no período monitorado, resultantes de um evento de chuvas acumuladas em 24 horas com Tempo de Recorrência de 10 anos.

Dentro da área monitorada no Trecho 8 formou-se uma camada de rejeitos lavados com baixo potencial de disponibilização de frações finas para elevação da turbidez, isso porque a composição granulométrica do rejeito lavado é composta predominantemente por material de maior diâmetro (areias), se comparado ao rejeito inconsolidado, no qual predomina material fino, como o silte e argila. Essa camada de *lag layer* apresentou espessuras significativas na maioria dos pontos monitorados, embora haja casos de espessuras reduzidas que são incrementadas espontaneamente nas campanhas seguintes, e, efetivamente, reduzem as probabilidades de remobilização total e a consequente exposição do rejeito inconsolidado subjacente.

Mesmo que vazões e velocidades das águas do rio Gualaxo do Norte neste trecho, em eventos extremos, com Tempos de Recorrência superiores a 10 anos, venham a ocorrer, o monitoramento das camadas de rejeito presentes no leito fluvial evidenciou que os períodos onde há a redução significativa ou eliminação do *lag layer* são extremamente breves – da ordem de horas ou dias. Como decorrência, a ressuspensão de frações finas da camada de rejeitos inconsolidados subjacentes ao *lag layer* também será restrita no tempo, e com frequência cada vez menor. Eventuais elevações da turbidez decorrentes da ressuspensão de frações finas do rejeito inconsolidado deverão ocorrer, mas em casos de episódios de chuvas e vazões respectivas cada vez menos frequentes e com menor tempo de duração, conforme descrito anteriormente.

Com relação à alternativa de manejo do Contexto - Qualidade da Água, conforme apresentado nas Seções 5 e 6, há tendências de diminuição dos níveis de turbidez tanto no período seco e quanto no chuvoso dos monitoramentos mais recentes (2017) se comparados com os valores do mesmo período dos anos anteriores (2015 e 2016). Além disso, existem sinais de recuperação da biodiversidade aquática, por meio de espécies pioneiras no processo de sucessão e de espécies tardias deste processo de sucessão (regeneração), embora em menor quantidade de espécie, o que pode indicar um processo de recolonização deste substrato.

Apesar da tendência de melhora na turbidez da água, as medições mais recentes de turbidez continuam majoritariamente acima dos valores de referência da CONAMA 357 para rios de Classe II, de 100 NTUs. Além disso, é de se esperar que sejam realizadas obras de controle de erosão, estabilização de margens, recuperação de lagoas e/ou obras intracalha que poderão causar aumento

da turbidez no rio, provavelmente no período seco, onde um sistema para tratamento da água poderia atuar no controle da qualidade de água.

Desta forma foram avaliadas diferentes alternativas de manejo que atendem a necessidade de redução de turbidez no Trecho 9 onde a alternativa selecionada para o contexto de Qualidade da Água foi o “Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água”. Embora esta tecnologia foi selecionada como tendo maior eficácia em termos de tratamento da qualidade da água, e com menor impacto ambiental, quando comparada com outras tecnologias de tratamento, vale ressaltar que o seu impacto não é insignificante. Os principais impactos ambientais são a supressão de vegetação nas planícies, a produção, transporte e destinação de lodo durante o processo de tratamento. Ou seja, a real necessidade da instalação de sistemas de tratamento ainda depende de vários fatores, a serem avaliados no futuro. Portanto, independentemente da realização de obras intracalha, recomenda-se validar a tendência de diminuição dos níveis de turbidez no próximo período seco, enquanto se desenvolve o projeto de detalhamento da alternativa selecionada.

É importante ressaltar, que a turbidez, a qual é relacionada diretamente com outros parâmetros de interesse como sólidos suspensos, sólidos totais e cor, no presente texto, é tomada como um indicador da qualidade ambiental e não apenas do recurso hídrico afetado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão, englobando também a qualidade do ecossistema aquático e a percepção social, que são beneficiados pela sua redução. Por constituir um parâmetro determinado numericamente, de fácil medição em campo, permitir uma avaliação visual qualitativa e ter padrões legais estabelecidos, se torna a referência mais frequente em todo o presente relatório e especialmente no que diz respeito nas medidas de manejo intracalha e de qualidade da água.

As comunidades existentes e impactadas no Trecho 9 são Ponte da Gama, Paracatu, Pedras e Campinas, no Município de Mariana e Barreto e Gesteira no Município de Barra Longa. Todas as comunidades foram atingidas pelo rejeito da barragem de Fundão, impactando tanto nas vias de acesso como nas edificações e infraestrutura. De forma emergencial, a Samarco já reconstruiu as pontes danificadas e as propriedades rurais estão sendo consideradas dentro do PG17 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias, que tem como objetivo dar suporte aos produtores para que cada propriedade impactada pelo rompimento da barragem volte a ser sustentável.

A aglomeração urbana de Paracatu de Baixo foi claramente impactada pelo evento e a comunidade de Gesteira foi impactada na parte urbana localizada na margem direita do rio Gualaxo do Norte. Já existe um plano de reassentamento para as comunidades de Paracatu de Baixo e Gesteira determinado por processo participativo com acompanhamento das famílias impactadas. Desta maneira, a alternativa de manejo destas comunidades já foi escolhida e encontra-se em processo de validação e implantação, não sendo necessário considerar as comunidades como um contexto específico e conseqüentemente, não foram consideradas no processo de tomada de decisão.

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 (2016a) 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, 2016a).

Nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ao longo da extensão do rio Doce e seus afluentes, foram observadas mudanças 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, 2016a).

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).

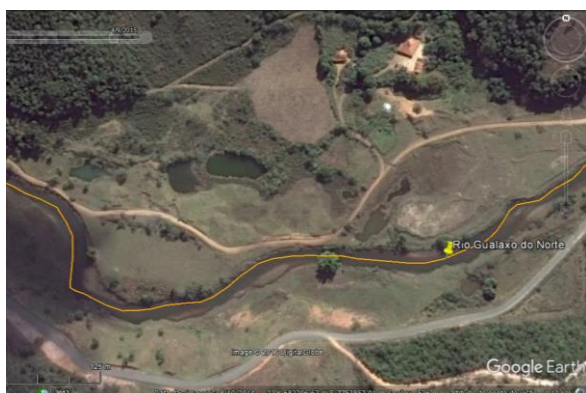
Entretanto, passados cerca de 33 meses da data de rompimento, processos de dinâmica superficial local tendem a equilibrar-se novamente e este novo cenário impõe ao meio ambiente uma adaptação à existência deste passivo e novos impactos podem ser deflagrados pela interação do meio com esta nova realidade 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.

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 e solos presentes nos contextos intracalha e extracalha. Também fazem parte da composição do rejeito as frações minoritárias em volume e compostas por cascalhos remobilizados dos sedimentos aluvionares das calhas e da própria planície aluvionar afetada pela onda de cheia, além de fragmentos rochosos remobilizados das encostas pela erosão, transportados por arraste de fundo e depositados quando ocorrida perda de velocidade do fluxo.

Com relação à área de estudo abordada especificamente no presente Volume 4, conforme apresentado no Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017), o Trecho 9 possui aproximadamente 58 km de extensão de curso do rio Gualaxo do Norte. Este trecho se caracteriza por um vale em forma de “V” truncado, marcado pela presença de terraços aluvionares elevados a poucos metros acima da calha fluvial, de largura variável, comumente em torno de 100 metros, mas podendo ultrapassar 200 m, especialmente na confluência dos tributários do rio Gualaxo do Norte. Este Trecho é caracterizado pelas seguintes feições:

- Pequenas lagoas marginais, resultantes de antigas operações de garimpo dos séculos XVIII e XIX, atualmente desativadas e que haviam se transformado em habitats da fauna aquática, assumindo funções equivalentes às lagoas marginais naturais. Essas lagoas foram completamente devastadas pela passagem do fluxo de rejeito, muitas delas soterradas pelo evento e restando outras parcialmente assoreadas, de modo que não mais interceptam o lençol freático e nem são alimentadas pelo rio Gualaxo do Norte ou por seus tributários, de forma que, apesar de ainda se configurar como depressões, não mais formam acumulações de água, conforme Figura 1 e Figura 2.

Figura 1 – Lagoas próximas à margem do rio Gualaxo do Norte e interligadas a este, com função de lagoas marginais



Notas: Imagem de 2014 (antes do evento);
Coordenadas UTM: 683259.92 E; 7753882.27 S
Fonte: GOOGLE EARTH (2018).

Figura 2 – Mesma lagoa indicada na foto anterior, após a passagem do fluxo de rejeito, apresentando-se completamente seca



Nota: Coordenadas UTM: 683259.92 E; 7753882.27 S
Fonte: Imageamento por drone de Jun/Jul de 2017
fornecido pela Fundação Renova e processado pela
JACOBS CH2M.

- Aglomerações urbanas que se estabeleceram, ao menos parcialmente, em terrenos constituídos por antigos terraços aluvionares, como Paracatu e Gesteira. Ambos os distritos foram severamente afetados pelo fluxo de rejeito, que atingiu, em certos locais, até 5 metros de altura. As Figura 3 e Figura 4 são imagens de Paracatu.

Figura 3 – Capela de Santo Antônio, em Paracatu, evidenciando a altura de inundação, com altura em torno de 5 metros



Nota: Coordenadas UTM: 684791.74 E; 7753859.44 S.

Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, fornecida pela Fundação Renova.

Figura 4 – Aspecto geral do distrito de Paracatu. Ao fundo, o depósito de rejeito chegando à altura do parapeito das janelas



Notas: Foto tirada em março de 2017;
Coordenadas UTM: 684791.74 E; 7753859.44 S.

Fonte: CH2M (2017).

- Solapamento das margens por erosão fluvial nos trechos do rio ao longo das planícies aluvionares, sendo este fenômeno natural próprio de rios com esta configuração, onde o canal fluvial tende a migrar lateralmente, definindo uma margem erosiva na parte externa das curvas e uma margem deposicional na sua parte. A grande maioria dos pontos onde ele é observado atualmente já se desenvolvia antes da ocorrência do evento, podendo ser atribuído a um processo de evolução natural da dinâmica fluvial. A Figura 5 apresenta um exemplo de solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa de uma curva do rio Gualaxo do Norte, em margem erosiva, processo este já existente antes da passagem do fluxo de rejeito decorrente do evento de 5 de novembro de 2015.

Figura 5 – Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa da curva do rio Gualaxo



Nota: Coordenadas UTM: 673964.70 E; 7760499.24 S

Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, enviada pela Fundação Renova.

- Planícies aluvionares, isoladas umas das outras por segmentos constituídos por vales estreitos, com leito predominantemente rochoso e águas rápidas decorrentes do gradiente hidráulico elevado (Figura 6).

Figura 6 – Típico estreitamento de vale, em garganta, separando planícies aluvionares ao longo do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9



Notas: Foto tirada em março de 2017. Coordenadas UTM: 685215.09 E; 7753641.36 S

Fonte: Elaboração própria.

- Deposição de rejeito em terrenos aplainados (Figura 7), sendo que grande maioria das áreas foi objeto de ações de drenagem pluvial e de controle da erosão por meio da implantação de cobertura vegetal de herbáceas e gramíneas. Além disso, também há feições de leito arenoso móvel com o deslocamento contínuo dos detritos arenosos na forma de bancos (Figura 8 e Figura 9).

Figura 7 – Rejeito depositado junto às margens do rio Gualaxo do Norte



Nota: Coordenadas UTM: 701095.34 E; 7755989.68 S

Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, fornecida pela Fundação Renova.

Figura 8 – Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9 (2016)



Notas: Coordenadas UTM: 701092.63 E; 7755756.88 S

Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, fornecida pela Fundação Renova.

Figura 9 – Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9 (2017)



Nota: Coordenadas UTM: 685215.09 E; 7753641.36 S

Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, fornecida pela Fundação Renova.

- Foz do rio Gualaxo do Norte no rio Carmo, sendo que o Trecho 9 ainda abrange aproximadamente 3 km de percurso pelo rio Carmo. Conforme a Figura 10, nota-se a carga de sedimentos em suspensão nas águas do Gualaxo em relação ao Carmo.

Figura 10 – Final do Trecho 9 - Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo



Nota: Coordenadas UTM: 702683.59 E; 7755317.48 S

Fonte: Imageamento por drone de Jun/Jul de 2017, fornecido pela Fundação Renova e processado pela JACOBS CH2M.

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.

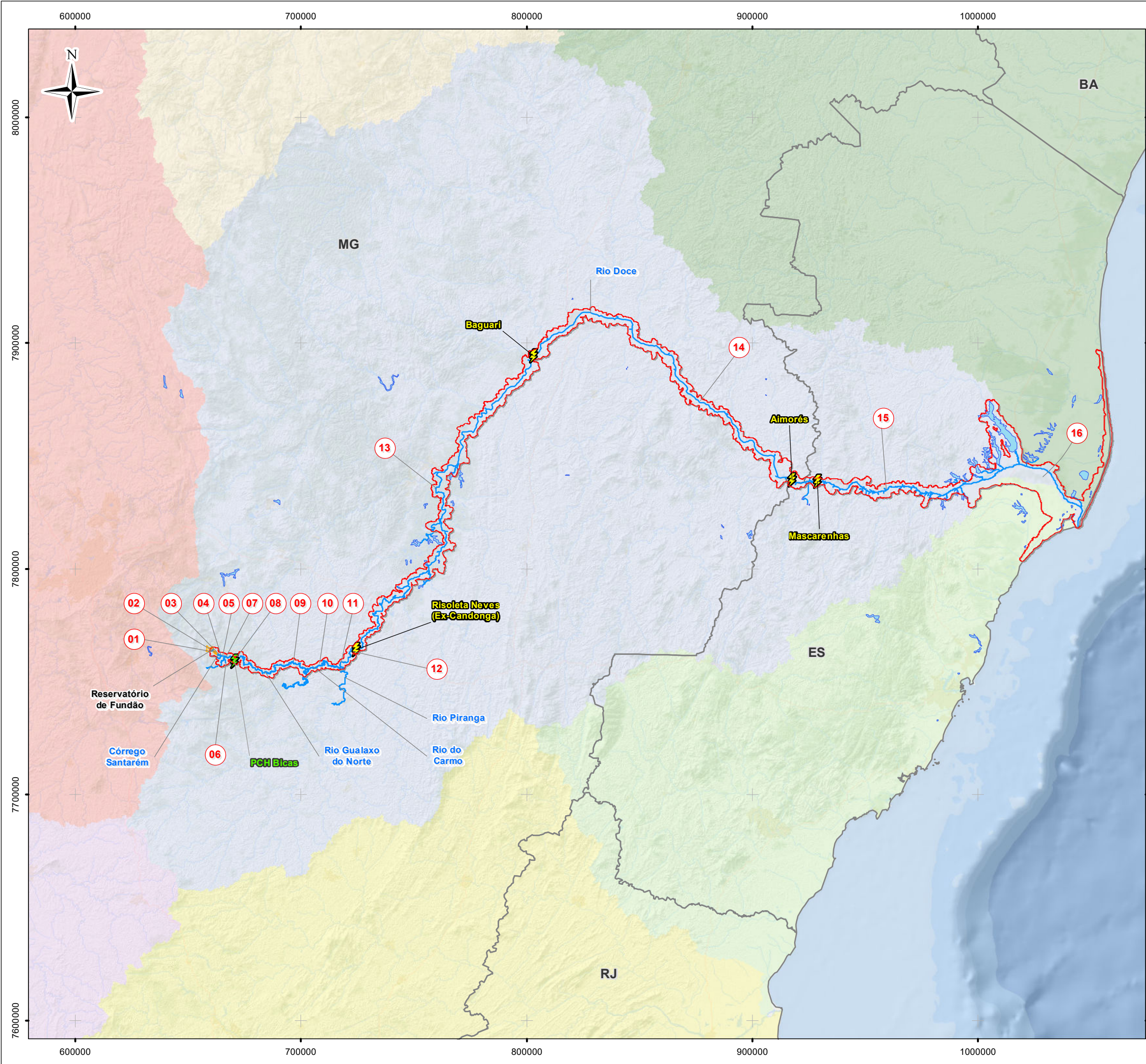
Para sua aplicação foram estabelecidos 17 trechos específicos, para a definição das ações de manejo, conforme descrito abaixo.

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

TRECHOS	DESCRIÇÃO DO TRECHO	EXTENSÃO APROXIMADA
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 11.



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Pequenas Centrais Hidrelétricas
- Usinas Hidrelétricas
- Curso d'água
- Corpo d'água
- Reservatórios
- Limite Estadual
- Limite dos Trechos
- 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 Mateus, Itanhaem e outros

ESCALA GRÁFICA:

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.

TÍTULO:

Figura 11
Localização da Área de Estudo e Trechos

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

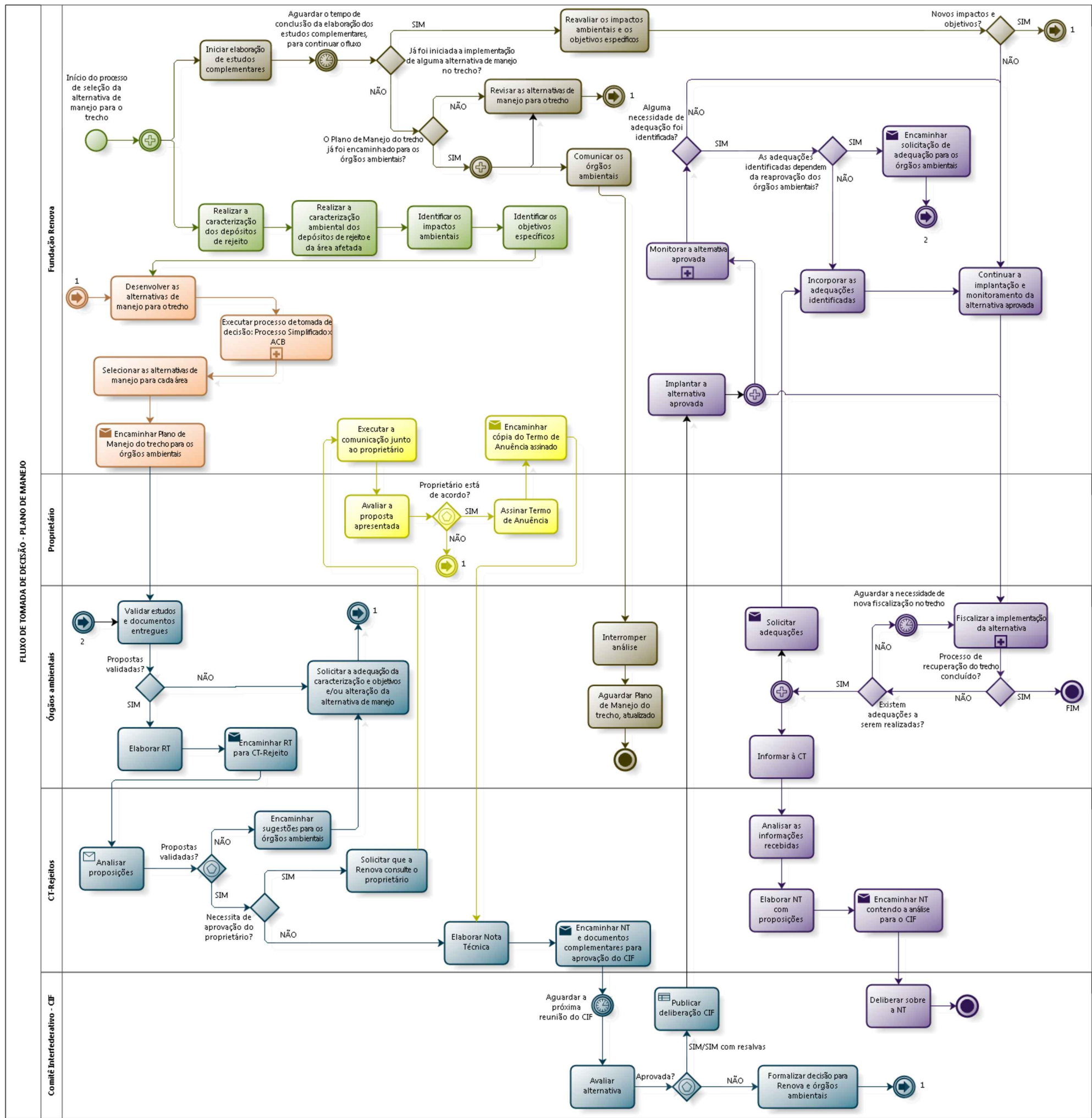
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.700.000	15/03/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 11 - Localização da Área de Estudo e Trechos - Trecho 9

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 12.



ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

REFERÊNCIA:

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

JACOBS ch2m:

TÍTULO:

Figura 12

Fluxograma de Gerenciamento de Manejo de Rejeitos

PROJETO:

Volume 4 -

Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9

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

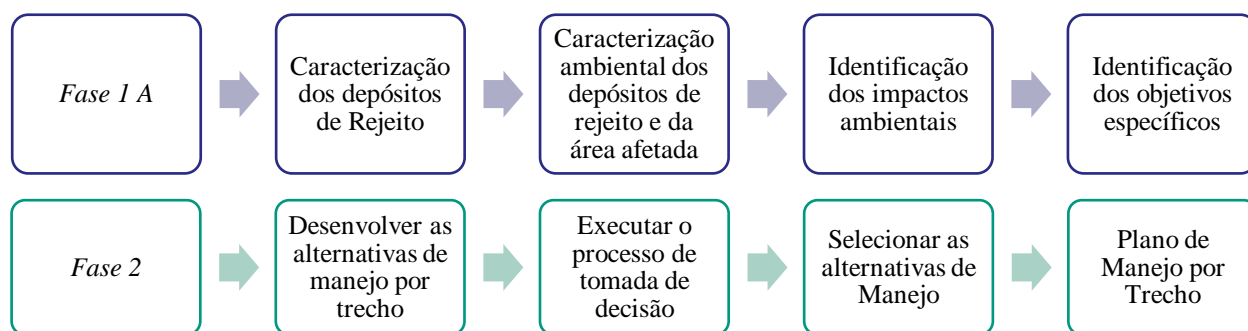
3 Objetivo

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 o Trecho 9, apresentado na Figura 12, 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 no Trecho 9, 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 caracterização ambiental da área afetada, do processo de tomada de decisão e da seleção das alternativas de manejo, respectivamente, descritas no fluxograma da Figura 13, a seguir:

Figura 13 – 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 ao Trecho 9, será denominado como Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9.

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. No entanto, existem diversos estudos complementares que já se encontram em desenvolvimento ou em processo de contratação, e serão executados paralelamente à Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos para os 17 Trechos. Por essa razão, os mesmos não foram considerados e abordados no presente relatório. O cronograma detalhado destes estudos complementares e da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito é apresentado e atualizado periodicamente, conforme discussões no âmbito das reuniões da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-Rejeitos).

A análise dos riscos futuros à saúde humana decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente compõe 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. O escopo dos trabalhos, tem por objetivo a execução de uma Análise de Riscos à Saúde Humana e aquisição de dados para eliminação das lacunas de informações que subsidiarão a modelagem de riscos à saúde humana em duas áreas piloto, nomeadas como Área Prioritária de Recuperação 9 (MG) e Área da Comunidade de Areal (ES).

Com relação ao risco ecológico especificamente, foi realizado um Workshop de Análise de Risco Ecológico nos dias 24 e 25 de agosto de 2017, no município de Belo Horizonte, 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. Em função disso, foi gerada uma Requisição Técnica para elaboração da Avaliação do Risco Ecológico, protocolada em 02 de março de 2018 na Câmara Técnica de Rejeitos através do protocolo 001321, Ofício OF.NII.032018.2415. O referido estudo ocorrerá nas mesmas duas áreas piloto onde será realizada a Análise de Risco à Saúde Humana e terá como objetivo produzir uma avaliação de risco ecológico sobre as águas superficiais, do solo e do sedimento, impactados em decorrência do evento do rompimento da Barragem do Fundão.

Ademais, em 16 de fevereiro de 2018 foi protocolado na Câmara Técnica de Rejeitos, através do protocolo 1731402, o Ofício OF.NII.022018.2321, que se trata de uma proposta de Requisição Técnica para contratação de serviços de revisão do estudo de identificação de áreas de irrigação ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Ribeirão do Carmo, Carmo e outros cursos de água afetados, a fim de atender a Cláusula 180¹ do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC).

Por fim, a Fundação Renova elaborou a Requisição Técnica para contratação de serviço especializado para avaliação técnica dos processos fluviais e de sedimentação, como subsídio aos trabalhos de recuperação ambiental em andamento na Fundação Renova, em resposta aos impactos oriundos do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. A eficiência dos programas de recuperação é dependente da avaliação objetiva dos processos de transporte de sedimentos no meio ambiente, para isso o referido estudo visa alcançar um correto entendimento dos seguintes aspectos:

- A relação entre o transporte de sedimentos e os parâmetros da qualidade da água, como a turbidez, que são utilizados para avaliar rio e as condições ambientais do ecossistema em geral;

¹ A Cláusula 180 do TTAC requer a apresentação de um estudo de identificação de áreas de irrigação ao longo do rio Doce

- Melhoria da compreensão do papel das obras de reabilitação e sua eficácia no controle de sedimentos e turbidez;
- Incertezas nas relações de causa e efeito entre as ações de recuperação e seus impactos no regime de sedimentos do rio;
- Tempo proposto para a recuperação dos sistemas fluviais;
- A compreensão da heterogeneidade físico-química entre os sedimentos naturais e os rejeitos e seu efeito nos processos de transporte de montante para jusante até a UHE Risoleta Neves.

Com relação à caracterização ambiental da área afetada (Fase 1A) 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. Uma vez obtidas as conclusões acerca do comportamento do rejeito intracalha, especialmente no que diz respeito ao potencial de ressuspensão, será sucedida a tomada de decisão referente às alternativas de manejo, considerando entre elas a possibilidade da realização apenas do monitoramento do rejeito.

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 dividida de forma a atender aos itens que compreendem à Fase 1A do fluxograma de gerenciamento do manejo do rejeito (Figura 12 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 do rio Gualaxo do Norte e do rio do Carmo 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.

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 (EMATER, 2017). O ZAP consiste em um documento de caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte (unidades de paisagem, uso e ocupação do solo, etc.) e o mesmo foi elaborado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (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 no método de codificação de bacias hidrográficas desenvolvido pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter em 1989 e que permite associar e extrair informações a jusante e a montante de cada trecho da rede de drenagem (ANA, 2006).

Neste estudo, foi utilizada a base hidrográfica ottocodificada da Bacia Hidrográfica do Rio Doce disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA²). A base contempla a representação dos trechos de drenagem e a delimitação das áreas de contribuição hidrográfica.

² <http://www.snirh.gov.br/gestorpcd/Mapa.aspx>

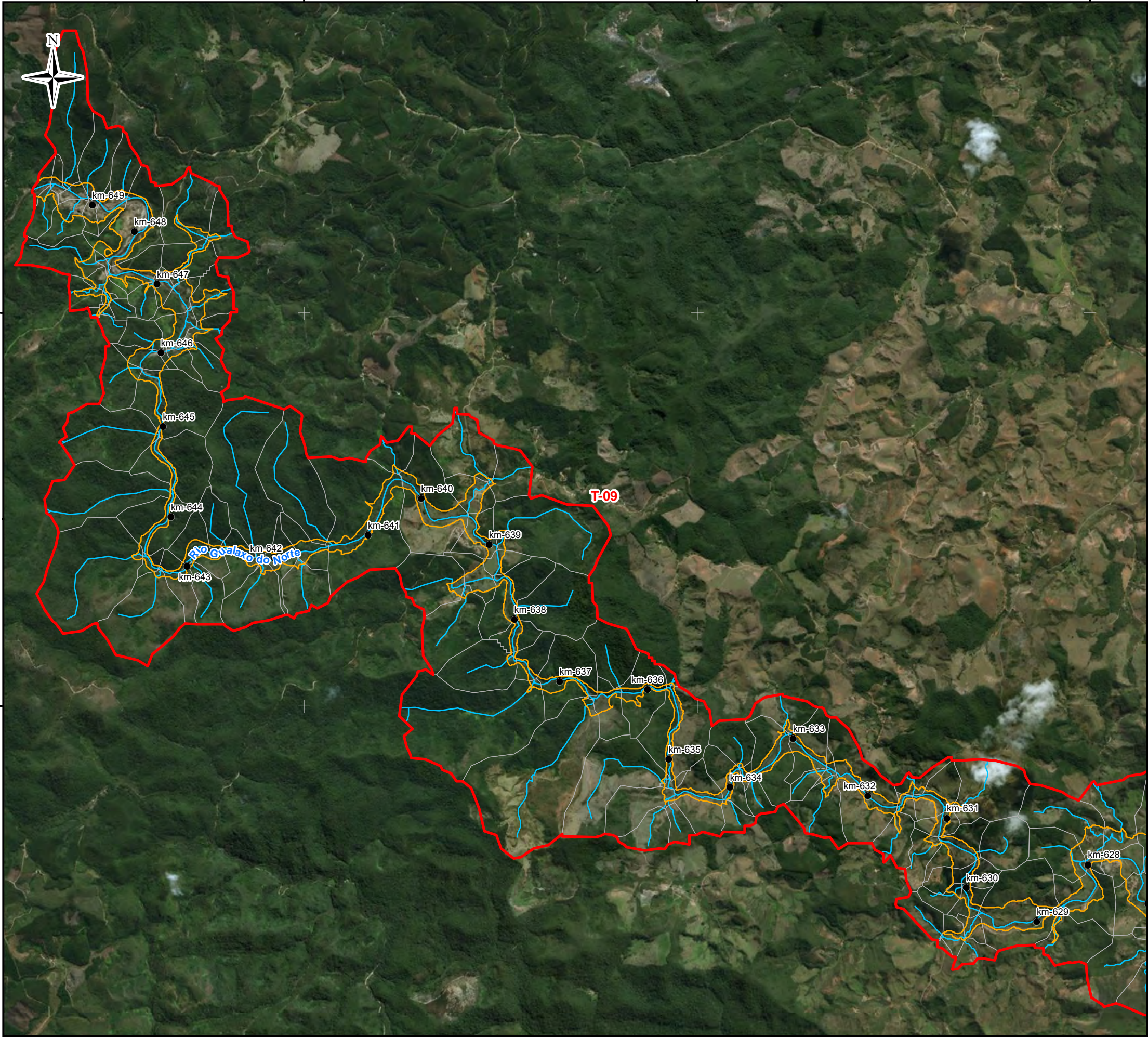
Assim, considerando que a bacia hidrográfica do rio Doce banha parte dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, a Base Hidrográfica foi construída a partir de bases vetoriais disponibilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM³) em escala 1:50.000 e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA⁴) 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.

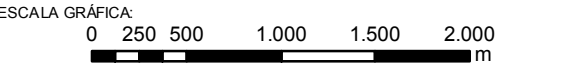
Na Figura 14 pode ser observado o total da área afetada do PMR e a Figura 14 apresenta a área afetada e as Ottobacias dentro dos limites do Trecho 9, no rio Gualaxo do Norte. Dessa maneira, toda Ottobacia atingida pela área de impacto foi considerada de interesse para atuação do Plano de Manejo de Rejeito. Além disso, nessa mesma figura, encontra-se apresentado o resultado do cruzamento entre a área impactada e as Ottobacias, delimitando os 7.263 ha de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9.

³ <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/mapas-e-bases-cartograficas/4806-bases-cartograficas>

⁴ <http://i3geo.iema.es.gov.br/aplicmap/geral.htm?4af05d824c680c55986be1bcc770c748>



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ▭ Ottobacias



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

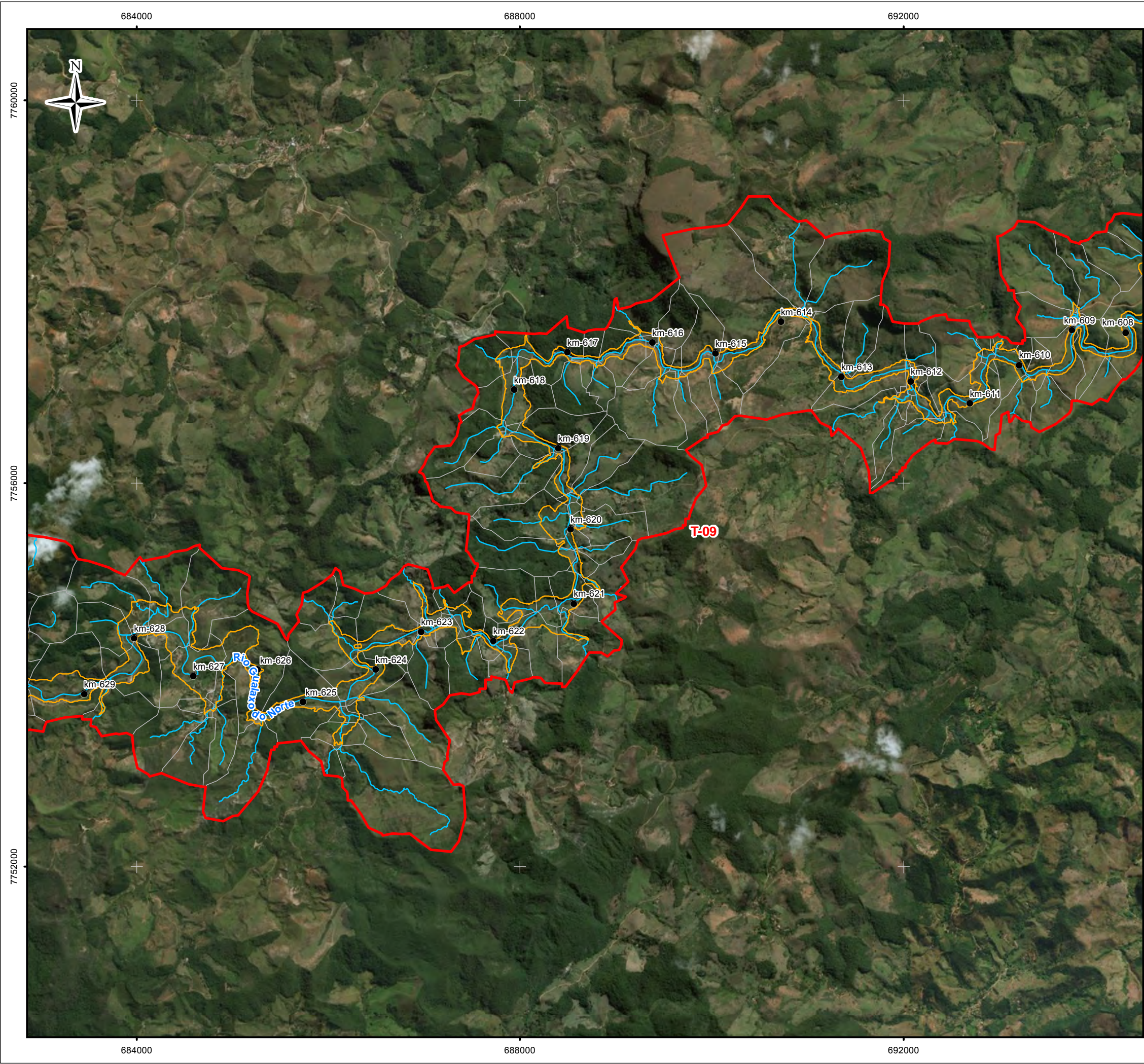
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Agência Nacional de Águas - ANA, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

JACOBS **ch2m**

TÍTULO:
Figura 14
Detalhamento da Área Afetada do PMR - Trecho 9
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- ▭ Ottobacias

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Esri, 2018.
Agência Nacional de Águas - ANA, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

JACOBS

ch2m

TÍTULO:

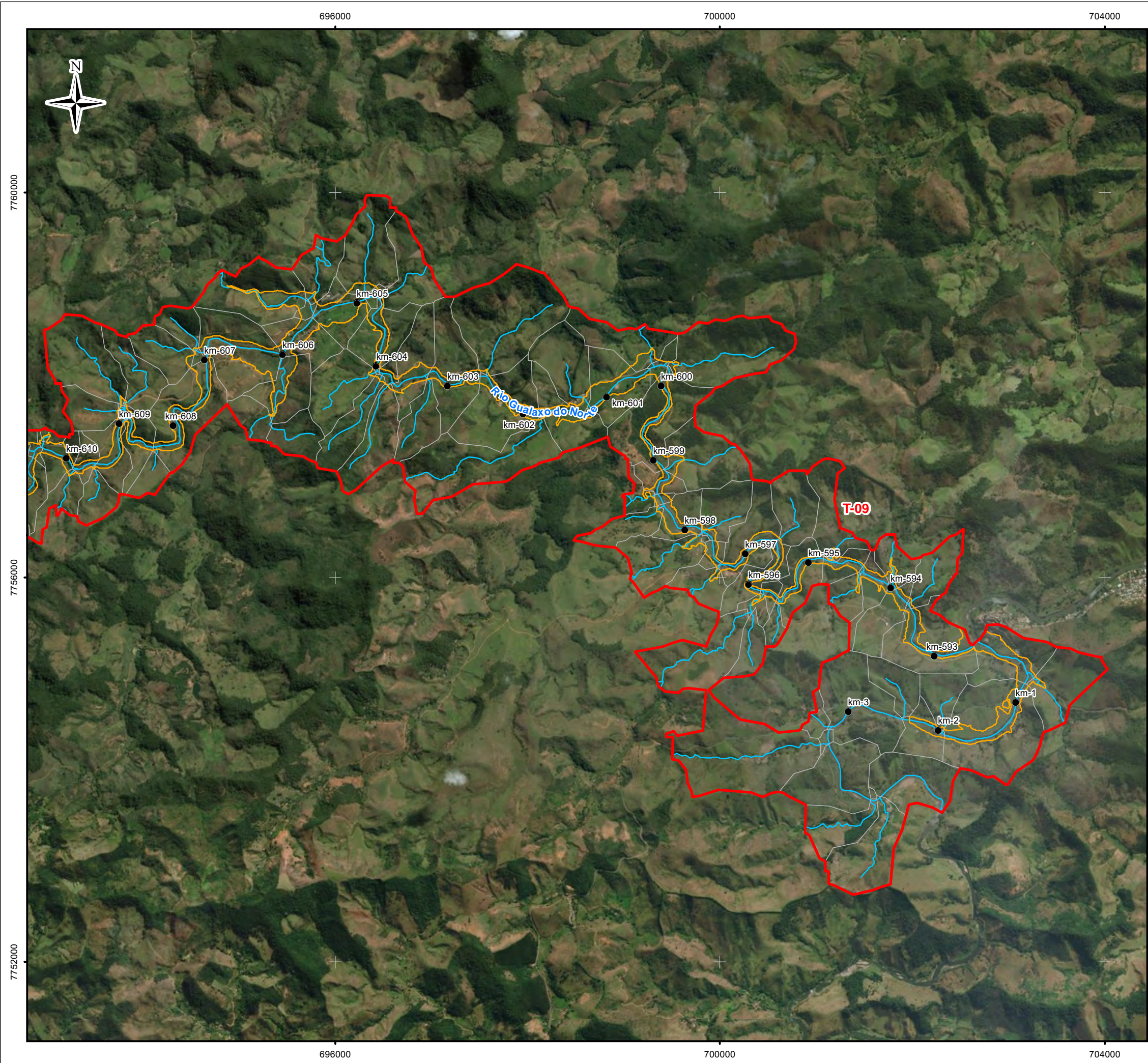
Figura 14
Detalhamento da Área Afetada do PMR - Trecho 9
Folha - 2

PROJETO:

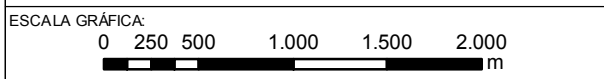
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0

Figura XXX - Detalhamento da Área Afetada do PMR - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ▭ Ottobacias



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Agência Nacional de Águas - ANA, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



TÍTULO:
Figura 14
Detalhamento da Área Afetada do PMR - Trecho 9
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0

Figura XXX - Detalhamento da Área Afetada do PMR - Trecho 9

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.

No Trecho 9, 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 06/11/2015 (um dia após o evento), conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Exemplo do Mosaico de Imagens utilizado para Delimitação da Área Impactada



Nota: Mosaico de imagens do Satélite Spot 6 com data de 06/11/2015 processadas pela JACOBS CH2M.

Fonte: Elaboração própria.

Após a delimitação dos polígonos da Área Impactada, de acordo com o mosaico das imagens datado de 06/11/2015, 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 podem ser claramente visualizados, como, por exemplo, as áreas impactadas pela morte das árvores, não perceptíveis nas primeiras imagens.

Esse imageamento mais atual foi realizado pela empresa 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. A Figura 16 apresenta uma parte deste imageamento.

Figura 16 – Exemplo do Imageamento realizado com Aeronave não Tripulada no período entre junho e julho de 2017.



Fonte: Imageamento por drone de Jun/Jul de 2017 fornecido pela Fundação Renova e processado pela JACOBS CH2M.

Na Figura 17, é apresentada a comparação entre o mosaico de 06/11/2015 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 17 – Comparação entre Mosaico de 09/11/2015 e Imageamento do Período entre junho e julho de 2017



Notas: À esquerda imagem de satélite de 09/11/2015 e à direita de jun/jul de 2017

Fonte: GOOGLE EARTH (esquerda) e Imageamento por drone de Jun/Jul de 2017, fornecido pela Fundação Renova e processado pela JACOBS CH2M (direita).

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 impactada diretamente pela deposição dos rejeitos é de 852 ha.

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 (MINAS GERAIS, 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 (BRASIL, 2012a), a qual institui o Novo Código Florestal, de modo que as áreas no

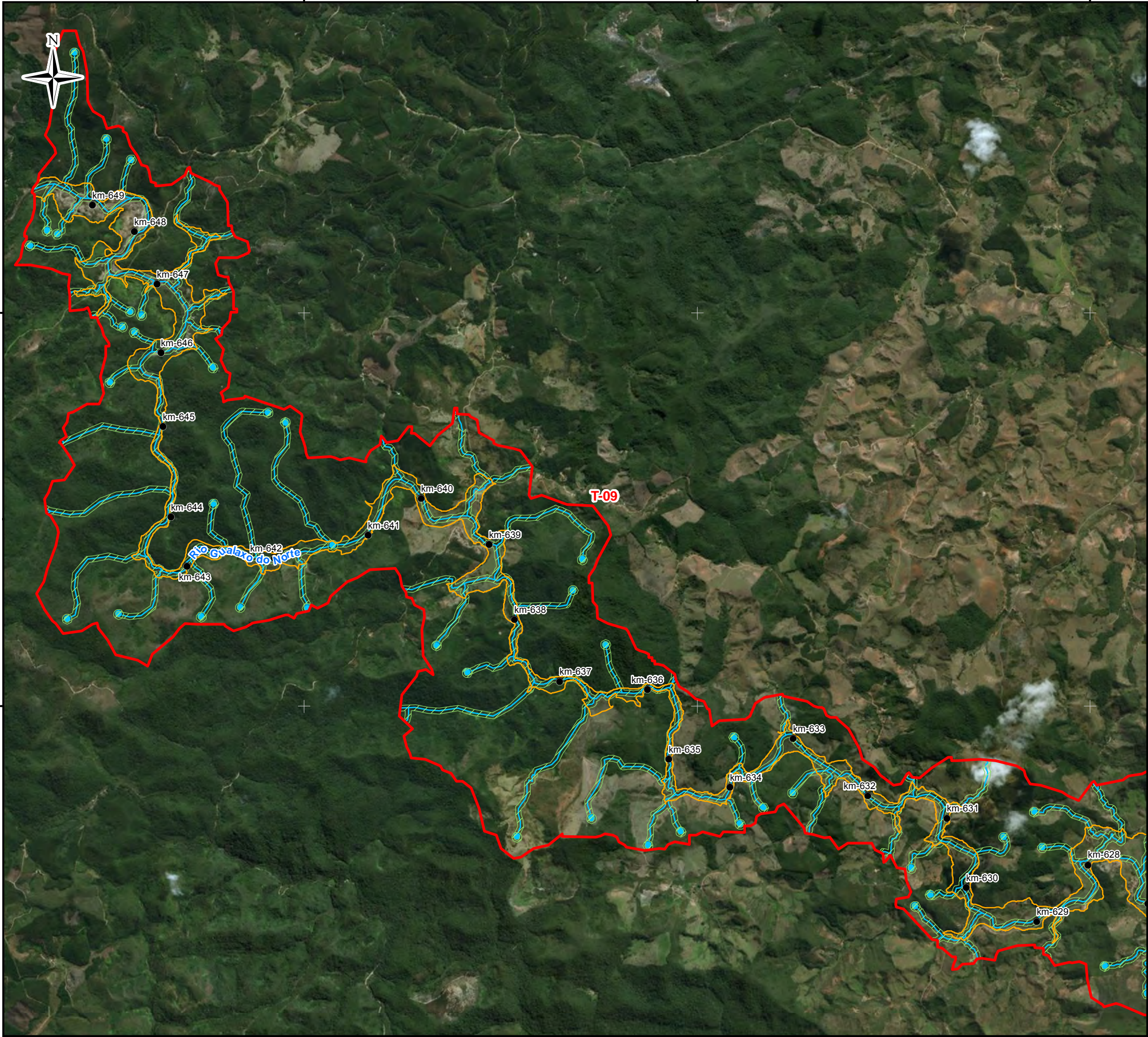
entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, deve possuir um raio mínimo de 50 metros (cinquenta metros) e 30 metros (trinta metros), para os cursos d'água de menos de 10 metros (dez metros) de largura, como é o caso dos trechos analisados. O mapa de APPs do Trecho 9 está apresentado na Figura 18.

A Tabela 2 apresenta o número de nascentes, a extensão dos cursos d'água e a quantificação das áreas de APP encontradas dentro dos limites do Trecho 9, de acordo com os dados do mapeamento do ZAP (EMATER, 2017).

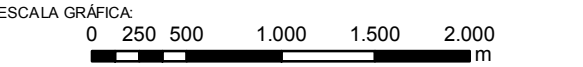
Tabela 2 – Dados do Mapeamento de APP do ZAP

TIPOLOGIA	TRECHO 9
Nascentes (unid.)	99
Extensão de corpos d'água (km)	181
APP (ha)	1137

Fonte: EMATER (2017)



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Nascentes
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



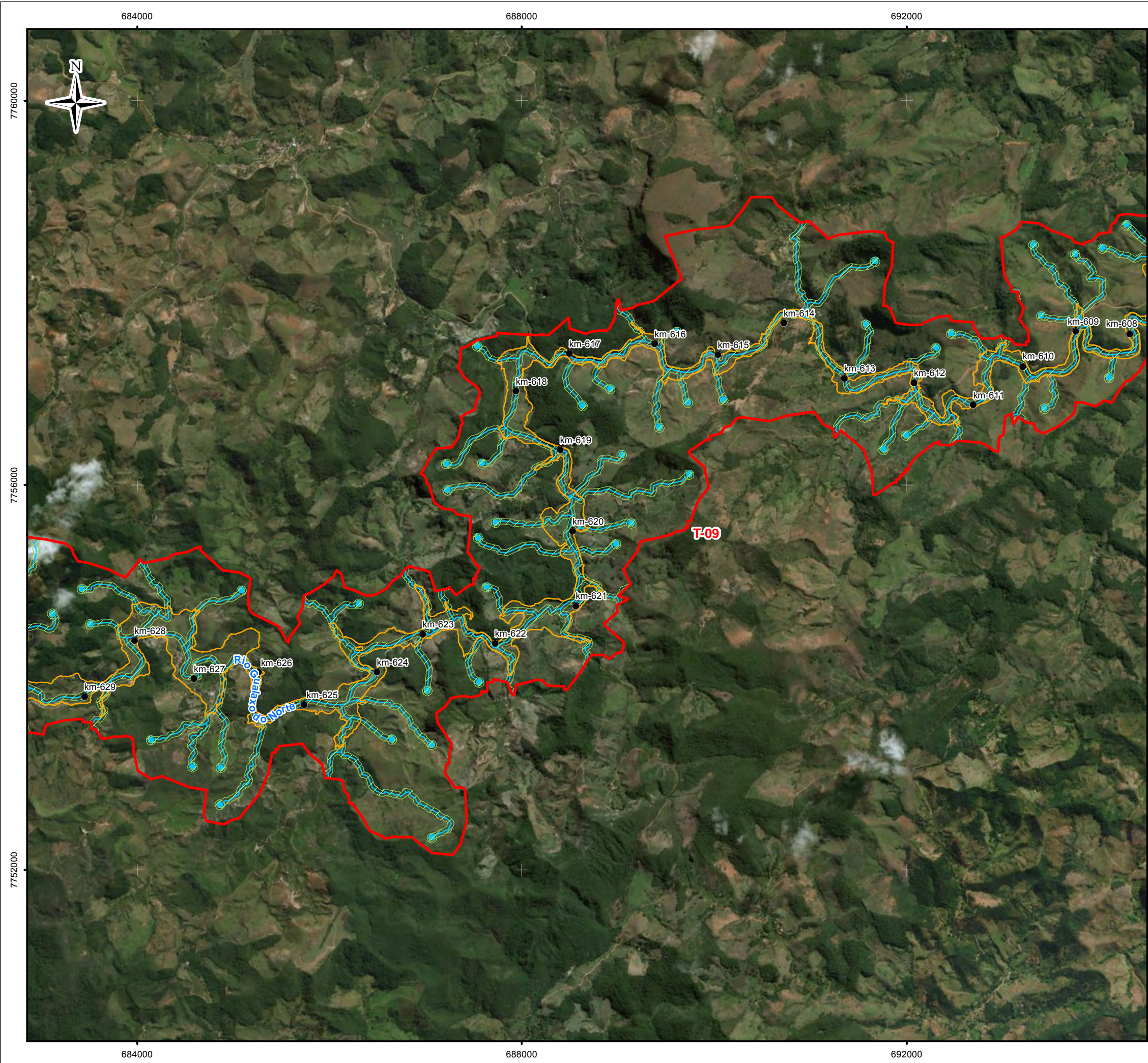
TÍTULO:
Figura 18
Áreas de Preservação Permanente Hídricas (ZAP)
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

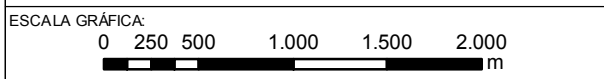
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 18 - Área de Preservação Permanente - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Nascentes
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

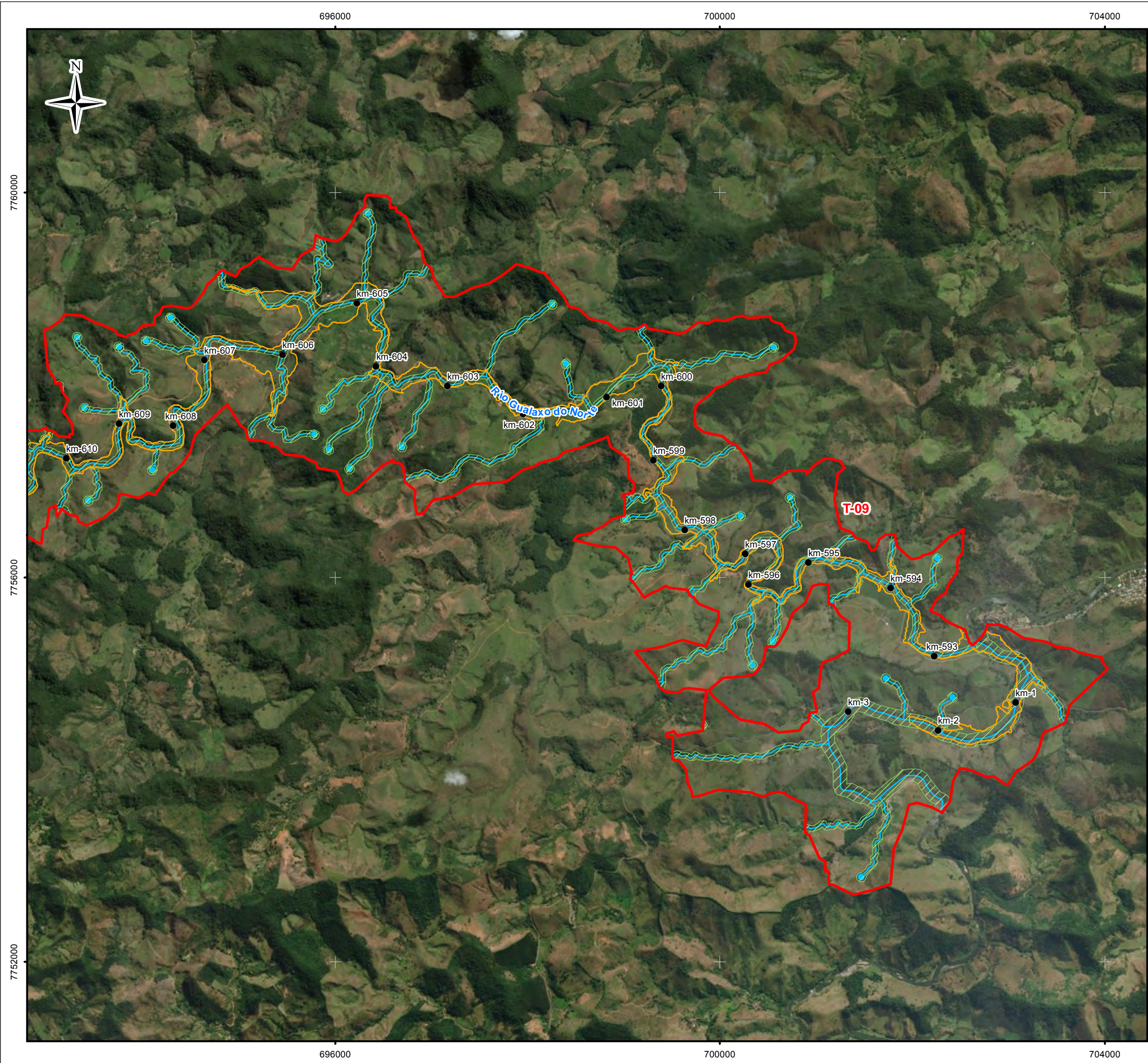


TÍTULO:
Figura 18
Áreas de Preservação Permanente Hídricas (ZAP)
Folha - 2

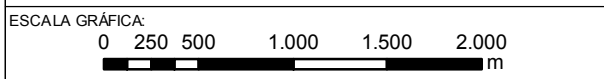
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 18 - Área de Preservação Permanente - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Nascentes
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



TÍTULO:
Figura 18
Áreas de Preservação Permanente Hídricas (ZAP)
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	01/03/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 18 - Área de Preservação Permanente - Trecho 9

5.1.2.2 Unidades de Conservação

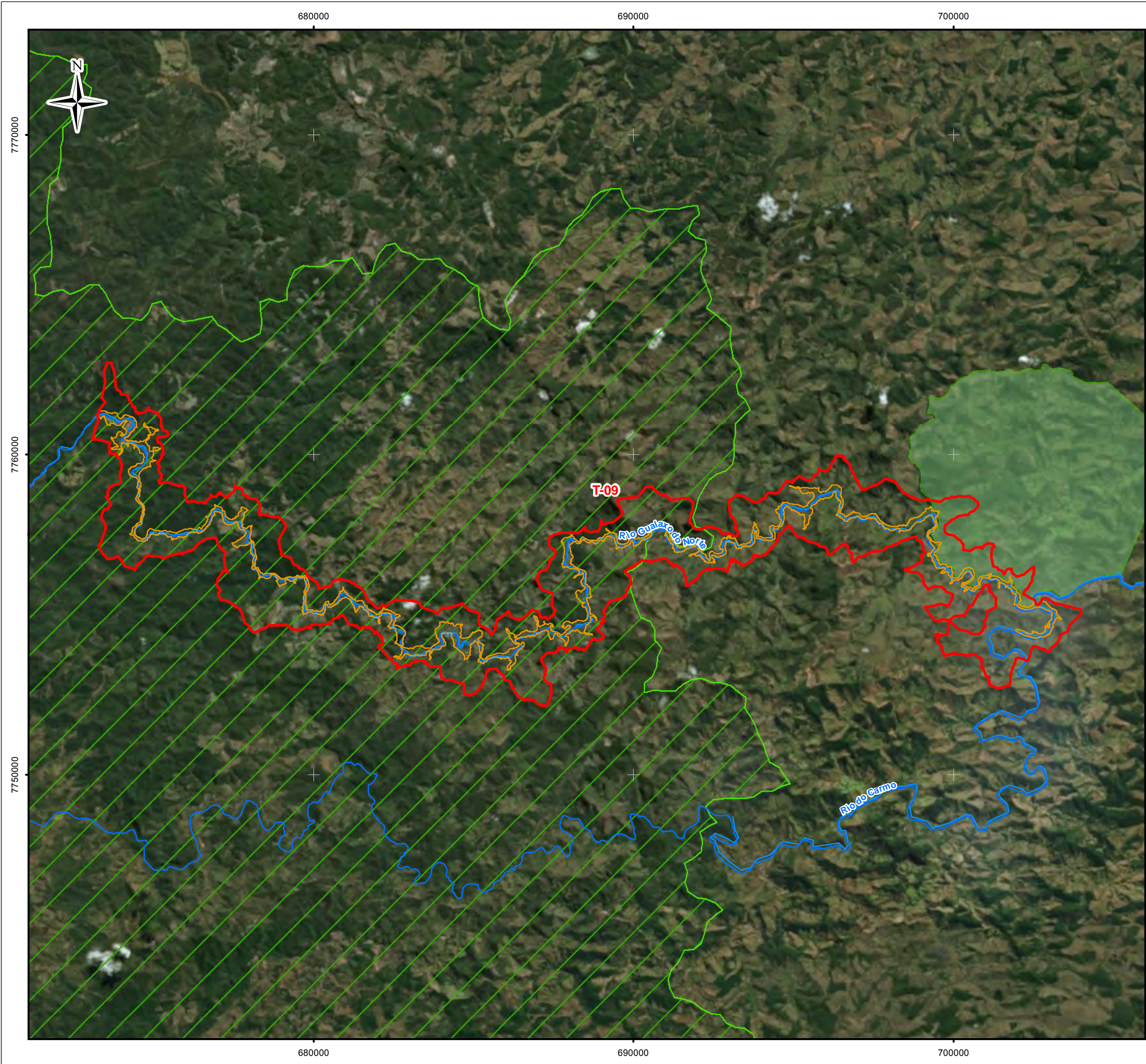
Conforme o “Plano de Trabalho para Estudos de Avaliação dos Impactos Gerados pelo Rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação – Revisão 01” (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a), dentre as unidades de conservação diretamente impactadas, as que se destacam por abranger parte da área de abrangência do Trecho 9 do PMR são a Área de Proteção Especial (APE) Ouro Preto-Mariana e a Área de Proteção Ambiental Municipal de Barra Longa.

A APE Ouro Preto -Mariana possui uma área de 1.274 km² e foi criada com o objetivo de preservação do patrimônio cultural, histórico e paisagístico (Decreto nº 12.224, de 25 de fevereiro de 1981) e a APA Municipal de Barra Longa possui 43.210.000 km².

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 organizadas pelo Programa de Unidades de Conservação (PG39), criado para atendimento à Seção VII do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), Subseção VII.1: Programa de consolidação de unidades de conservação, englobando medidas reparatórias e compensatórias que incluem o custeio dos estudos de impacto nas unidades de conservação afetadas pelo evento.

As oficinas envolverão as contratadas responsáveis, tendo como produto 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.



LEGENDA:

- Trecho 9
- Área Impactada - Trecho 9
- Curso d'água

Unidade de Conservação

- APA Municipal Barra Longa
- APE Estadual Ouro Preto/Mariana

ESCALA GRÁFICA:
0 6251.250 2.500 3.750 5.000 m

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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; ESRI, 2018.
Agência Nacional de Águas - ANA, 2018.
Secretaria do Estado do Meio Ambiente, MG - SEMAD, 2018.
Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2018.

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 19
Unidades de Conservação

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:120.000	DATA: 07/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
----------------------	---------------------	--------------	---------------	---------------	-------------

Figura XXX - Unidades de Conservação - Trecho 9

5.1.3 Avaliação das Ações de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem nas Intervenções Realizadas

Imediatamente após a ocorrência do rompimento da barragem de Fundão e a formação de depósitos de rejeitos sobre as planícies aluvionares do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce, até o reservatório de Candonga, a Samarco iniciou a execução de ações emergenciais de controle da erosão sobre esses depósitos, tendo em vista reduzir o aporte dos mesmos aos rios e, assim, mitigar os efeitos de alteração da qualidade das águas fluviais.

Entre dezembro de 2015 e julho de 2016 foram executadas ações de plantio de gramíneas e leguminosas de crescimento rápido em planícies aluvionares situadas entre a barragem de Fundão e o remanso do reservatório de Candonga, em duas etapas:

- Etapa 1: de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016 total de 250 hectares; e
- Etapa 2: de fevereiro de 2016 a julho de 2016 total de 680 hectares.

Ao mesmo tempo foram implantadas obras de conformação e enrocamentos em margens com erosão ativa e em trechos onde a evolução do processo erosivo implicava riscos para benfeitorias e obras de infraestrutura.

Em seguida foi desenvolvido um Projeto de Recuperação Ambiental dos Rios Principais, cujo Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto (GOLDER ASSOCIATES, 2016b) apresenta as medidas previstas para a regularização de calhas e margens e o controle de processos erosivos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce no trecho a montante da UHE Risoleta Neves. O Projeto visou atender aos requisitos da Cláusula 160 e seu Parágrafo único, do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), estabelecido entre a Samarco e seus acionistas e entidades governamentais nos âmbitos federal e estadual de Minas Gerais e Espírito Santo.

A Cláusula 160 estabelece que “Deverá ser feita pela FUNDAÇÃO 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, a ser aprovado pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS, com conclusão até o último dia útil de dezembro de 2017”.

Este Projeto apresenta um conjunto de alternativas técnicas para a regularização de calhas e margens e o controle de processos erosivos, incluindo métodos de engenharia tradicional e técnicas de bioengenharia.

No contexto das obras de controle de erosão, escopo do Programa de Recuperação da Área Ambiental 1⁵ (PG25), a Fundação Renova dividiu os cursos d'água do córrego de Santarém, rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce em 27 áreas, tendo como base os resultados dos estudos geomorfológico, hidrológico e hidrossedimentológico.

Destas 27 áreas, a Fundação Renova definiu 16 como áreas prioritárias, devido ao maior potencial de erosão e carreamento de sólidos para os rios afetados. Durante a fase de planejamento das obras, as áreas prioritárias 1, 2, 12 (a montante do Dique S4) e 16 (Reservatório de Candonga) foram diagnosticadas com condições muito particulares, em termos dos aspectos socioambientais e socioeconômicos, sendo tratadas em outros projetos e programas da Fundação Renova. Desta forma, as ações de controle de erosão do PG25 foram prioritariamente desenvolvidas nas áreas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 e 15, conforme apresentado na Seção 7.4 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017).

Conforme informado pela Fundação Renova, as obras de controle de erosão nas áreas prioritárias supracitadas foram finalizadas em julho de 2017. As obras nas áreas não-prioritárias, enumeradas de 16 a 27, também foram concluídas até dezembro de 2017.

Após o rompimento da Barragem de Fundão, foram mapeados 101 tributários impactados ambientalmente. A Fase 1 da recuperação dos 101 tributários foi finalizada em junho de 2017.

Esta fase consistiu em reconstrução da seção de escoamento, tomando como base métodos de bioengenharia adequados para cada tributário, incluindo a proteção de margens para evitar novos aportes de solo e sedimentos aos cursos de água.

⁵ Área Ambiental 1: as áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo evento.

As fases seguintes para recuperação ambiental dos tributários serão definidas no âmbito Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água (CT-FLOR).

As ações emergenciais supracitadas contemplam os depósitos de rejeitos classificados na Seção 5.3 do Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017) como **Tipo II - Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas** - formados nos trechos dos vales em forma de V truncado, devido à presença de planícies e terraços aluvionares.

As ações de controle da erosão, dentro de uma lógica de tratamento emergencial, seguiram uma abordagem perfeitamente racional que consistiu em duas etapas:

- **Etapa 1:** obtenção o mais rapidamente possível de uma proteção dos rejeitos contra a ação de desagregação pelo impacto das gotas de chuva e que, adicionalmente, dificultasse o escoamento concentrado das águas pluviais, mantendo o fluxo em modo laminar o máximo possível. Este objetivo foi alcançado com a implantação de uma cobertura vegetal de gramíneas e leguminosas de crescimento rápido, consorciadas com sementes de essências nativas, diretamente sobre os rejeitos, previamente descompactados mecanicamente, com a aplicação de vários métodos, como semeadura a lanço e hidrossemeadura.

Em pouco mais de um mês foi possível obter uma cobertura significativa, como mostram as imagens da Figura 20 a seguir.

Figura 20 – Imagens comparativas a data do plantio – 26/01/2016 e de 16/02/2016. Próximo a Barra longa



Fonte: AGROFLOR (2016).

As imagens da Figura 21 e Figura 22, no entanto, mostram que apenas a implantação da cobertura vegetal não é suficiente, pois a concentração do escoamento superficial ocorre dependendo de fatores como a intensidade das chuvas e da declividade, entre outros, o que enseja a implantação da etapa seguinte.

Figura 21 – Planície aluvionar preparada para o plantio, com desenvolvimento de erosão em sulcos pela concentração do escoamento superficial. Trecho 9, próximo à travessia do gasoduto



Fonte: Imagem obtida por sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, fornecida pela Fundação Renova.

Figura 22 – Cobertura vegetal ainda precoce com desenvolvimento de erosão pela concentração do escoamento superficial



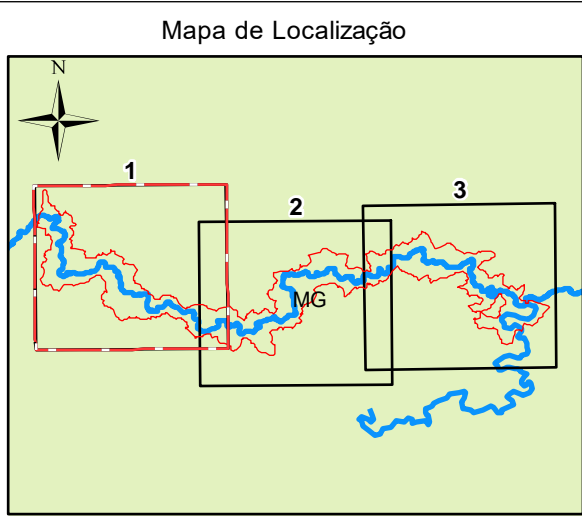
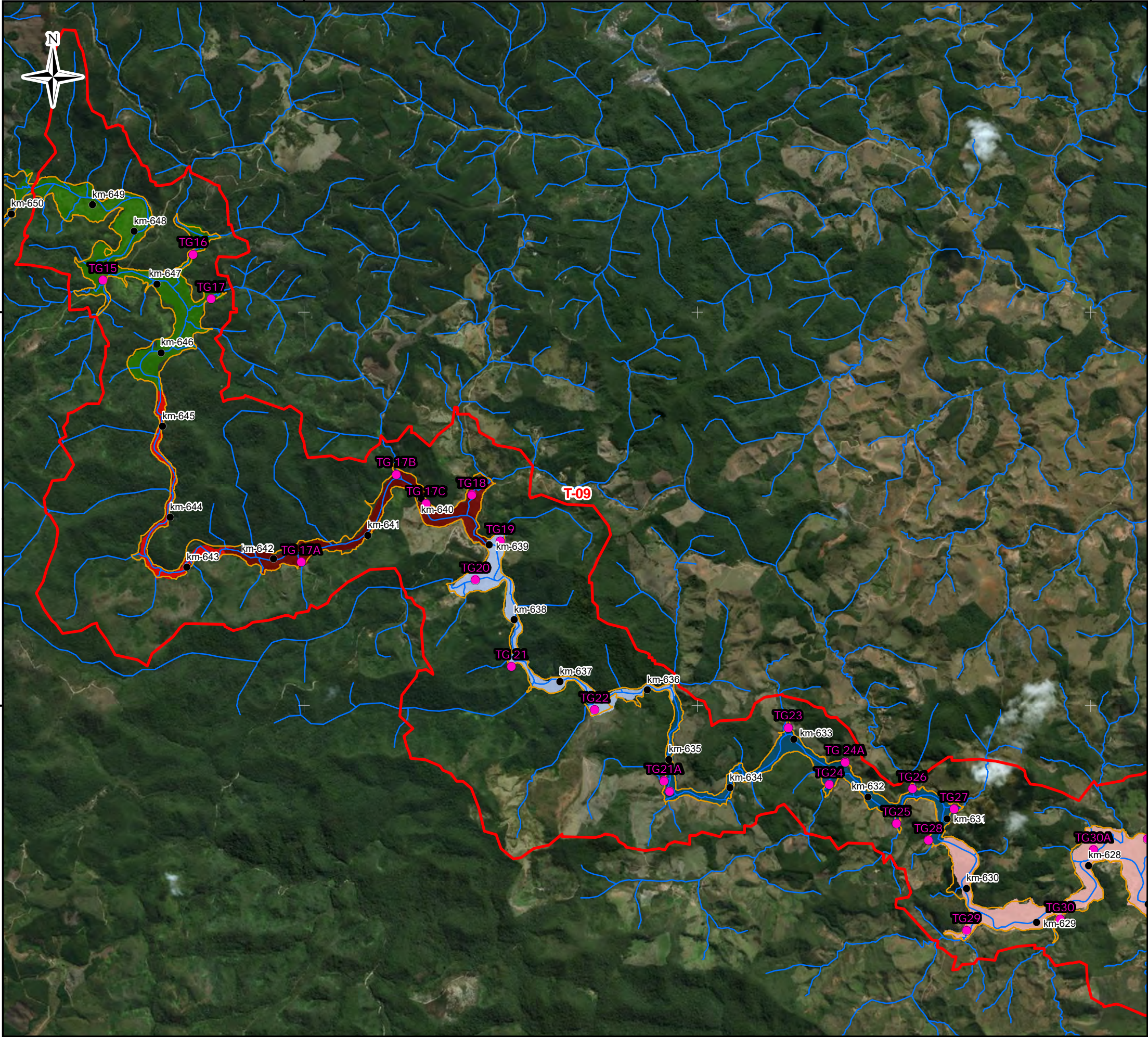
Fonte: AGROFLOR (2016)

- **Etapa 2:** Implantação de obras complementares de controle da erosão através do disciplinamento da drenagem superficial e de proteção das margens. Conforme já apresentado anteriormente (GOLDER ASSOCIATES, 2016b), essas obras consistem de

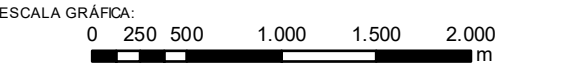
um conjunto de alternativas técnicas que associam métodos de engenharia tradicional, como enrocamentos de margens com erosão ativa e técnicas de bioengenharia, cujas obras durarão apenas o tempo suficiente para que a revegetação, especialmente as essências nativas florestais, se desenvolvam a ponto de dispensar o efeito das obras de drenagem, devido ao efeito de controle máximo da velocidade do escoamento superficial provido pela associação de serapilheira e sistema radicular.

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 do Trecho 9 (Áreas prioritárias 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 e Tributários TG 15 a TG 56). Esta avaliação foi realizada em função dos monitoramentos realizados pelos órgãos ambientais, além de uma visita a campo realizando uma avaliação visual do estado das estruturas.

A Figura 23 apresenta uma visão geral do Trecho 9 em conjunto com as áreas prioritárias e tributários.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Tributários
- Áreas Prioritárias e Não Prioritárias**
- ▭ Área Não Prioritária - 21
 - ▭ Área Não Prioritária - 22
 - ▭ Área Prioritária - 10
 - ▭ Área Prioritária - 11
 - ▭ Área Prioritária - 05
 - ▭ Área Prioritária - 08



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

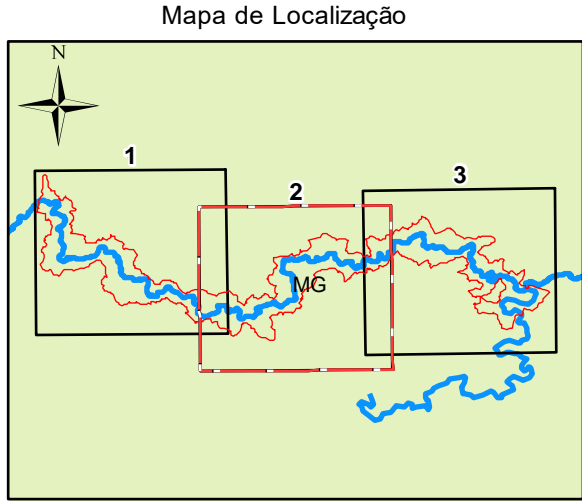
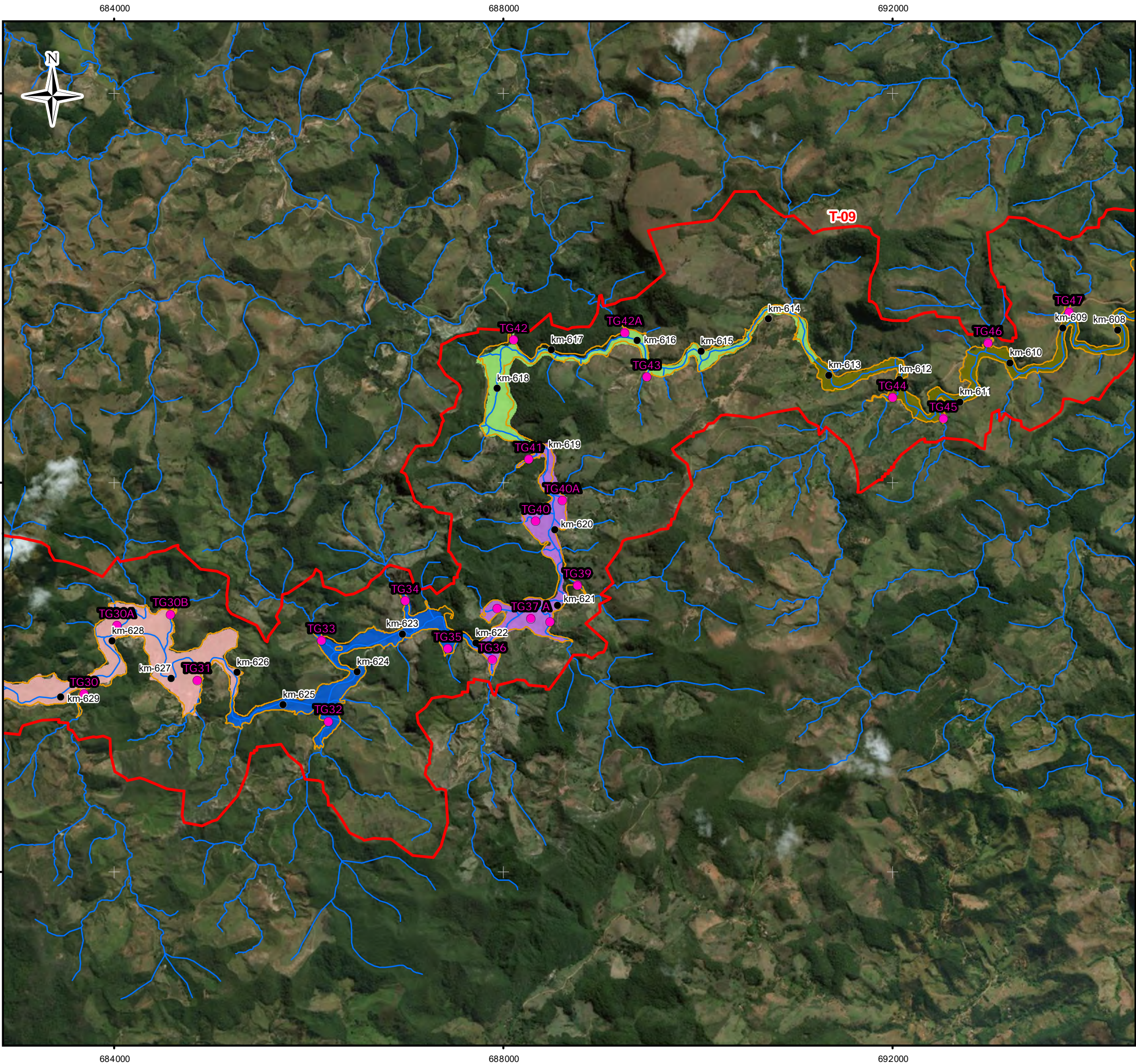
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 23
Áreas Prioritárias e Não-Prioritárias para Medidas de
Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem
Folha - 1

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

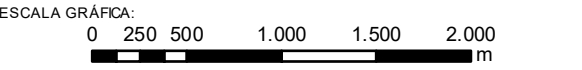


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Tributários

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 23
- ▭ Área Não Prioritária - 24
- ▭ Área Prioritária - 07
- ▭ Área Prioritária - 09
- ▭ Área Prioritária - 05



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS **ch2m.**

TÍTULO:
Figura 23
Áreas Prioritárias e Não-Prioritárias para Medidas de
Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem
Folha - 2

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

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 técnicos disponibilizados referentes à:

- Operação Águas, IBAMA⁶;
- Operação Watu, FEAM⁷.

Os relatórios destas Operações registraram as constatações provenientes do acompanhamento visual das intervenções instaladas. A Operação Águas refere-se às campanhas de fiscalização por parte do IBAMA, adotada como estratégia para analisar o cumprimento das cláusulas 158⁸, 159⁹ e 160¹⁰ 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.

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 dos 66 pontos contidos nos limites do Trecho 9.

A localização dos pontos de monitoramento das Operações Águas e Watu é apresentada na Figura 24.

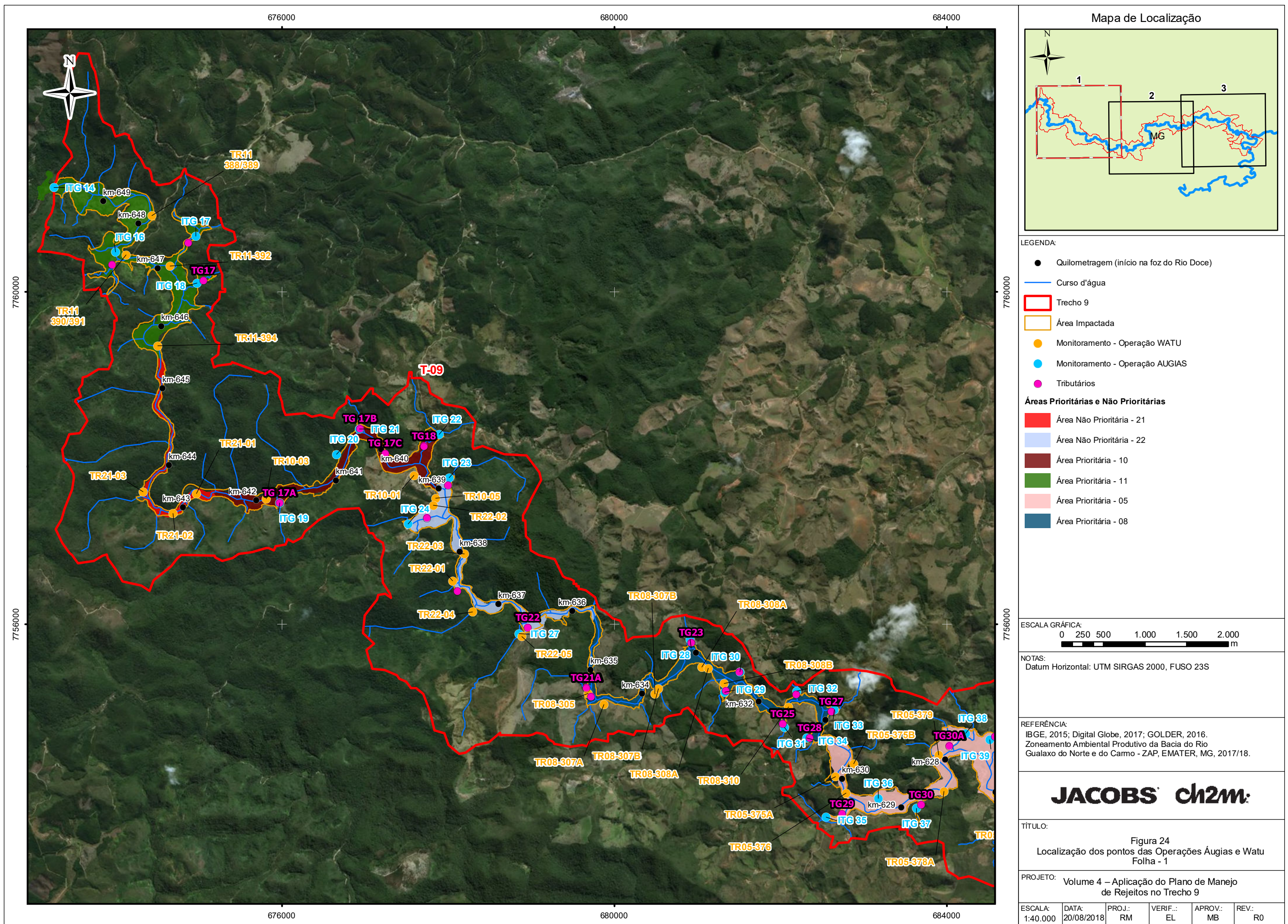
⁶ <http://www.feam.br/noticias/1/1507-operacao-watu-fase-i-fiscaliza-eficacia-de-medidas-emergenciais-no-rio-doce>

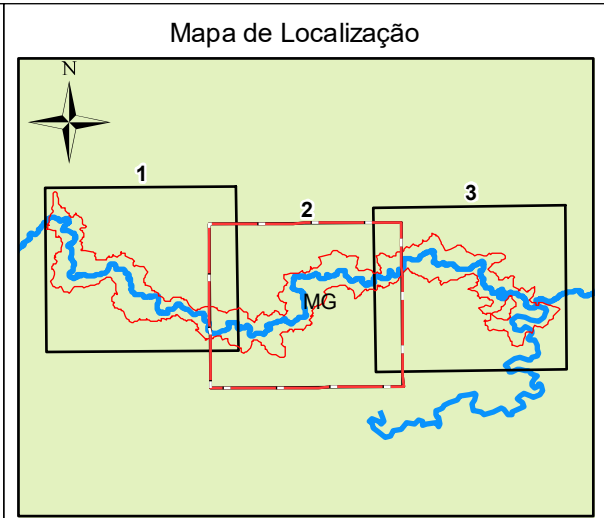
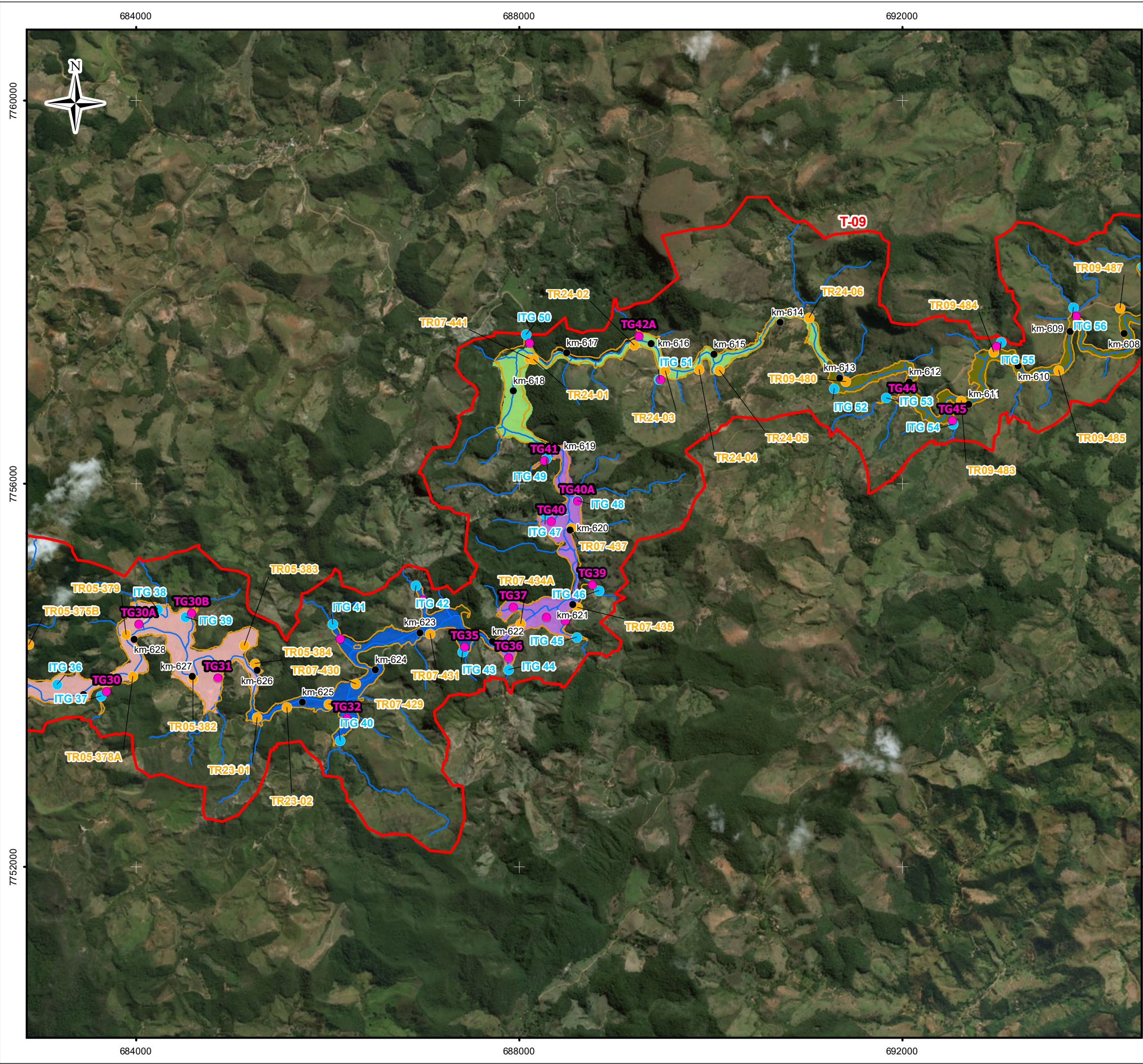
⁷ <http://www.ibama.gov.br/noticias/422-2017/1231-operacao-augias-ibama-divulga-relatorio-de-vistoria-em-areas-impactadas-pelo-rompimento-da-barragem-de-fundao>
<http://www.ibama.gov.br/noticias/422-2017/1231-operacao-augias-ibama-divulga-relatorio-de-vistoria-em-areas-impactadas-pelo-rompimento-da-barragem-de-fundao>

⁸ Cláusula 158: revegetação emergencial numa extensão de 800 ha até 30/06/2016 para redução da erosão laminar e eólica.

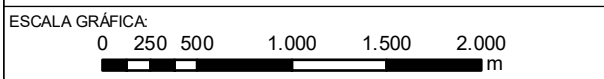
⁹ Cláusula 159: recuperação de 2000 ha na área ambiental 1 em até 4 anos com mais 6 anos de manutenção.

¹⁰ 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.







- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Monitoramento - Operação WATU
 - Monitoramento - Operação ÁGUAS
 - Tributários
- Áreas Prioritárias e Não Prioritárias
- ▭ Área Não Prioritária - 23
 - ▭ Área Não Prioritária - 24
 - ▭ Área Prioritária - 07
 - ▭ Área Prioritária - 09
 - ▭ Área Prioritária - 05



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:

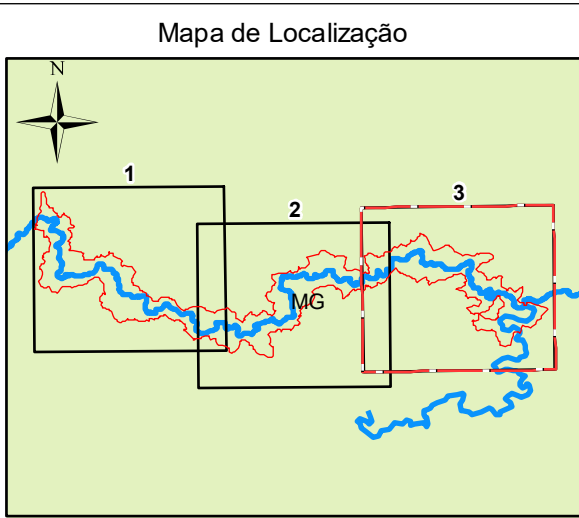
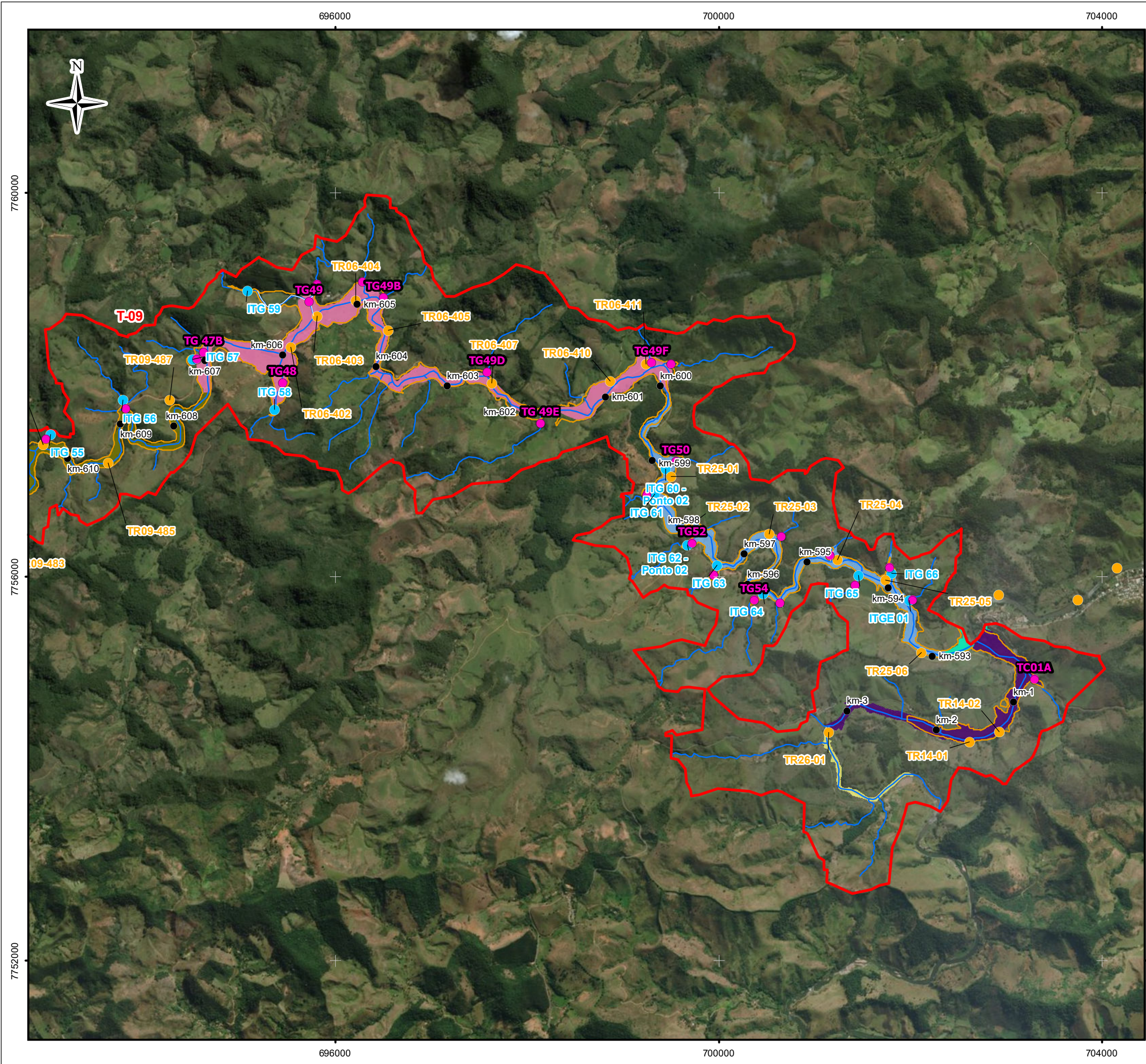
Figura 24
Localização dos pontos das Operações Águas e Watu
Folha - 2

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 24 - Visit Estrut Contr Watu Augias R1

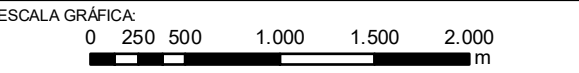


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Monitoramento - Operação WATU
- Monitoramento - Operação AUGIAS
- Tributários

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 25
- ▭ Área Não Prioritária - 26
- ▭ Área Prioritária - 06
- ▭ Área Prioritária - 09
- ▭ Área Prioritária - 15
- ▭ Área Prioritária - 14



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:
Figura 24
Localização dos pontos das Operações Águas e Watu
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

5.1.3.1.1 Operação Águas

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
- Atividades de recuperação ambiental.

Os pontos abrangidos pela Operação Águas que coincidem com a área do Trecho 9 são apresentados na Tabela 3, que sintetiza também as constatações e recomendações realizadas pelo IBAMA, cujos relatos de vistoria são apresentados nos relatórios de campo, anexos do Relatório geral de vistoria operação Águas – Fase Argos – Etapa IV (IBAMA, 2017).

De forma resumida, pôde-se agrupar as constatações realizadas junto aos 52 pontos de monitoramento da Operação Águas (Fase V) no Trecho 9, da seguinte forma:

- “A”: Pontos onde houve a realização das intervenções emergenciais, ações de bioengenharia, instalação de dispositivos de contenção e disciplinamento das drenagens, além de retentores de sedimento, enrocamentos, hidrossemeadura e aplicação de biomanta associado com mix de sementes.
- “B”: Pontos onde foi observado acúmulo de rejeito ou aparição de ilhas de rejeito devido ao rebaixamento do nível do rio.
- “C”: Pontos onde foi observado bom desenvolvimento da vegetação.
- “D”: Pontos onde foi observada necessidade de manutenção por conta de danos nas intervenções já instaladas, como nos enrocamentos ou biomantas, além de pisoteio de vegetação por gado e criação de animais, solo exposto e instalação de processos erosivos.

Também são destacadas na coluna “Constatações específicas” da Tabela 3, as constatações que foram identificadas exclusivamente para determinado ponto de monitoramento.

A Tabela 3 sumariza ainda as recomendações realizadas para cada ponto pelo IBAMA (2017), além das ações realizadas pela Fundação Renova registradas no Relatório de Recuperação de Tributários (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a).

Tabela 3 – Pontos de Monitoramento da Operação Augias Localizados no Trecho 9

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
ITG 14	x	-	x	-	-	As intervenções de bioengenharia no TG14A foram mínimas, priorizando o monitoramento do desenvolvimento da vegetação recolonizadora. As árvores mortas, mas que ainda se mantém em pé, foram mantidas seguindo orientações da SEMAD e visando a preservação de espécies que as utilizam como poleiro. Para locais com processos de ravinamento foram realizados conformação, construção de sistemas de drenagens e ressemeio de mix de sementes visando a eliminação do processo erosivo.
ITG 16	x	-	x	x	-	As intervenções realizadas no TG15 foram concluídas em maio/17, sendo aplicados serviços de Bioengenharia (Conformação de taludes, Revegetação, Aplicação de Biomanta e Enrocamento) apenas no trecho 2 (foz) devido à dificuldade de acesso ao trecho 1 e por este trecho se encontrar com a vegetação já estabelecida.
ITG 17	x	-	-	-	-	As intervenções realizadas no TG16 foram concluídas em janeiro/17, sendo aplicados serviços de Bioengenharia (Conformação de taludes, Revegetação, Aplicação de Biomanta e Enrocamento) parcialmente no trecho 1 e em todo trecho 3. Devido à dificuldade de acesso e a significativa quantidade de árvores em sua planície, o trecho 2 e uma parte do trecho 1 foram executados trabalhos manuais de bioengenharia nas planícies e nas margens, além de preservar a regeneração natural que já está sendo estabelecida entre as estacas 24+0 e 46+0 (trecho 1), e a mesma está sendo monitorada.
ITG 18	x	-	x	-	-	Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
	Constatações específicas					
ITG 19	x	-	-	X	<p>A área afetada no tributário ITG 20 exige ações que englobam o isolamento da área de APP do tributário para evitar o pastoreio e a desestruturação dos taludes marginais para consequente mitigação de processos erosivos;</p> <p>Necessário o enrocamento e revegetação para mitigação da erosão na área próximo a foz do tributário;</p> <p>Deverá ser definida a área efetiva de APP do tributário e seu consequente cercamento para evitar o pastoreio;</p> <p>Tendo em vista a ausência do cercamento da APP e do processo de pastoreio no entorno do tributário, solicitamos que seja cercado por completo a APP em questão;</p> <p>Faz-se necessária a implementação de técnicas de conservação do solo, evitando o carreamento de rejeito e a erosão laminar;</p> <p>Existe a necessidade de intervenções na foz do tributário, buscando sua reconfiguração ideal e assim facilitando sua comunicação com o corpo hídrico principal;</p> <p>Quanto aos entulhos verificados, recomendamos a limpeza manual de parte da galharia e troncos que se encontram dispostos na calha do tributário, de forma que sejam realocados para as margens;</p> <p>A linha de drenagem deve ser adequada, pois se encontra desconfigurada em virtude do acúmulo de rejeito, porém desaconselhamos o enrocamento e reutilização do curso em sua parte mais distante da foz, devido à existência de espécies nativas regenerantes.</p>	-
ITG 19E	x	-	-	-	-	-
ITG 20	x	-	-	-	<p>Considerando que as intervenções observadas até então foram pontuais e limitadas e que a área contínua susceptível aos processos erosivos (laminares e ravinamento), faz-se necessário o devido acompanhamento/monitoramento visando correções pontuais, de forma a se diminuir o aporte de partículas sólidas e coloidais para o interior dos cursos d’água. Tais ações deverão ser concatenadas com as intervenções previstas para as planícies de inundação afetas à calha principal já anunciadas pela Fundação Renova.</p>	-
ITG 21	x	-	x	-	<p>Em relação à nascente verificada junto ao campo de futebol, deverá ser realizado o cercamento e isolamento da APP e a retirada do encanamento atual. Além disso, deverão ser tomadas medidas para a revegetação da área.</p> <p>Deverá ser realizada a remoção do gado da área, além da alteração do local de dessedentação dos mesmos.</p>	<p>As intervenções realizadas no TG-17B foram concluídas em março/17, sendo aplicados serviços de Bioengenharia (Conformação de taludes, Revegetação, Aplicação de Biomanta e Enrocamento) no trecho 2. Não foram orientadas obras de conformação do canal no trecho 1 devido à presença de vegetação e processo de regeneração natural em curso. Apenas tratamentos manuais foram utilizados no trecho 1.</p>
ITG 22	x	-	x	-	<p>Em relação à semeadura, sugere-se que ao invés de se refazer a semeadura com o mix de sementes, deverão ser adotadas as próximas etapas de recuperação da área.</p> <p>Como recomendação, deverá ser realizada a retirada do gado da área, além da alteração do local de dessedentação do mesmo.</p> <p>Recomenda-se a remoção dos resíduos provenientes do acidente.</p>	<p>As obras de bioengenharia no TG18 foram finalizadas em agosto de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>
ITG 23	x	-	x	x	<p>A área se apresentava com boa recuperação não sendo necessárias recomendações. Deverá ser realizado o monitoramento, assim como a manutenção e isolamento da área.</p>	<p>Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>
ITG 24	x	-	x	-	-	<p>As obras de bioengenharia desenvolvidas no TG20 foram finalizadas em agosto de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
				Constatações específicas		
ITG 27	x	-	x	-	<p>As recomendações indicadas na Operação Áugias - Fase Argos II, relacionadas a técnicas de bioengenharia foram cumpridas pela Fundação Renova. Em relação aos pontos de deslizamentos de solo, não houve atendimento.</p> <p>Recomenda-se a Fundação Renova promover o manejo da espécie vegetal oportunista, bem como aplicação de técnicas de engenharia, visando estabilizar os deslizamentos de solo constatados na área.</p> <p>Deve permanecer o monitoramento do desenvolvimento da regeneração sobre o rejeito.</p>	<p>Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>
ITG 28	x	-	x	x	<p>As recomendações indicadas na Operação Áugias - Fase Argos III, relacionadas ao cercamento da área de preservação permanente não foram atendidas. Em relação às obras de drenagem, a Fundação Renova atendeu parcialmente, visto que ainda existe necessidade de correção de alguns pontos a jusante da ponte. Por outro lado, a Fundação Renova promoveu a contenção de processos erosivos sob a biomanta. Deve ser promovido o cercamento de toda a área de preservação permanente, a fim de evitar o pisoteio e pastejo do gado bovino nos taludes das margens direita e esquerda do tributário. A Fundação Renova deve buscar alternativas junto ao proprietário para dessedentação do gado.</p> <p>Recomenda-se efetuar correções nas obras de drenagem situadas às margens do tributário a jusante da ponte, para direcionamento das águas pluviais.</p> <p>Recomenda-se à Fundação Renova promover ações de conscientização do proprietário rural em relação a importância da manutenção do isolamento das áreas de preservação permanente e da manutenção da vegetação regenerante de forma a compatibilizar com as atividades produtivas da propriedade.</p>	<p>As obras de recuperação do TG23 foram finalizadas em junho de 2016. Foram realizadas obras de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal que está em estágio avançado de desenvolvimento. Foram realizadas obras no talude na margem direita. Além disso, foram utilizadas mudas de capim vetiver com a finalidade de fixação do solo através de raízes. O tributário TG23 encontra-se estabilizado e revegetado. Neste é observado a presença de espécies oriundas do mix de sementes aplicado e espécies provenientes do processo de regeneração natural. Não são observados movimentação de taludes, erosões ravinares, falhas nos sistemas de drenagem e/ou falhas no sistema de contenção de sedimentos.</p>
ITG 29	x	-	x	x	<p>Deve ser promovido o cercamento de toda a área de preservação permanente, assim como ações de correção dos processos erosivos (ravinas), nos taludes das margens esquerda e direita, a jusante da estrada e aplicação de técnicas de conservação de solo, a exemplo da construção de ombreiras.</p> <p>Recomenda-se a realização de obras de drenagem na área, inclusive soluções para o canal de drenagem situado na margem da estrada e próximo ao estábulo, conforme citado no Relatório de Vistoria da Operação Áugias - Fase Argos III.</p> <p>Recomenda-se o emprego de técnicas de bioengenharia (biomantas), especialmente nos taludes localizados a jusante da estrada.</p> <p>A Fundação Renova deve buscar alternativas junto com o proprietário para dessedentação do gado.</p> <p>Recomenda-se à Fundação Renova promover ações de conscientização do proprietário rural em relação a importância da manutenção do isolamento das áreas de preservação permanente e da manutenção da vegetação regenerante, bem como da restituição da vazão do curso d’água que atualmente encontra-se interrompida em função do barramento, de forma a compatibilizar com as atividades produtivas da propriedade.</p>	<p>O tributário TG24 encontra-se estabilizado e revegetado. Neste é observado a presença de espécies oriundas do mix de sementes aplicado e espécies provenientes do processo da regeneração natural.</p> <p>Foram realizadas ações de bioengenharia que buscaram a correção dos pontos de drenagem. Atualmente, não são observados no TG24 movimentação de taludes, erosões ravinares, falhas nos sistemas de drenagem e/ou falhas no sistema de contenção de sedimentos.</p> <p>O isolamento das áreas dos tributários, para evitar acesso indesejável de animais, foi realizado durante a execução dos serviços de bioengenharia e no momento estão sendo cercadas as áreas de APP para restauração florestal, conforme Código Florestal e Cláusula 159 do TTAC e encontram-se em processo de validação / autorização do produtor rural responsável pelo imóvel.</p> <p>Ressaltamos ainda que alternativas para dessedentação animal estão sendo tratadas em conjunto com o produtor responsável pelo imóvel rural, compondo as ações do PASEA da propriedade.</p>
ITG 30	x	-	-	x	<p>Ao final da vistoria ao Ponto ITG 31, concluiu-se que a área se encontra em processo de estabilização, se fazendo necessária a adoção de técnicas adequadas para a estabilização do talude natural da margem esquerda à montante da estrada. Tal intervenção deverá ser realizada de forma manual, evitando impactos negativos causados por maquinários em área em processo de estabilização.</p> <p>Ressalta-se a necessidade do controle das espécies exóticas e invasoras para o plantio de mudas de espécies nativas.</p> <p>Sensibilizar os proprietários rurais sobre a importância em se manter o cercamento íntegro, mantendo os seus animais de produção fora da área afetada para que se obtenha sucesso na implementação das ações de recuperação.</p>	<p>Não foram desenvolvidos projetos pela empresa Golder Associates para o tributário TG24A, devido ao fato de o produtor responsável pelo terreno não permitir o desenvolvimento das atividades de bioengenharia em seu imóvel.</p> <p>Cabe ressaltar que TG24A tem sua regeneração natural após a remoção do excesso de rejeito nele depositado em virtude do rompimento da Barragem de Fundão.</p> <p>Atualmente a Fundação Renova busca alternativas junto ao produtor, para que após autorizados, possam ser realizados melhorias nos serviços de conformação, drenagem e revegetação da área.</p> <p>Apesar das interferências, devido a boa cobertura vegetal apresentada no TG24A, serão necessárias ações pontuais para controlar alguns focos erosivos e semeadura do mix de sementes para recobrir os locais com solo exposto.</p> <p>O isolamento das áreas dos tributários, para evitar acesso indesejável de animais, foi realizado durante a execução dos serviços de bioengenharia e no momento estão sendo cercadas as áreas de APP para restauração florestal, conforme Código Florestal e Cláusula 159 do TTAC e encontram-se em processo de validação / autorização do produtor rural responsável pelo imóvel.</p> <p>Toda a movimentação de rejeito das calhas e margens será definida dentro dos</p>

PONTO	CONSTATAÇÕES					RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D			
	Constatações específicas						
ITG 31	x	-	x	x	-	Cercamento total da área afetada; Sensibilizar os proprietários rurais sobre a importância de se manter o cercamento íntegro, mantendo os seus animais de produção fora da área afetada para que se obtenha sucesso nas ações de recuperação implementadas; Plantio de mudas de espécies nativas com o controle das espécies exóticas e invasoras; Monitoramento contínuo da área afetada.	Planos de Manejo de Rejeitos específicos para cada trecho ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. Ressaltamos ainda que alternativas para dessedentação animal estão sendo tratadas em conjunto com o produtor responsável pelo imóvel rural, compondo as ações do PASEA da propriedade. As obras de bioengenharia no TG25 foram finalizadas em maio de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 32	x	-	x	x	-	Cercamento total da área afetada; Sensibilizar os proprietários rurais sobre a importância de se evitar a roçagem da área e se manter o cercamento íntegro, mantendo os seus animais de produção fora da área afetada para que se obtenha sucesso nas ações de recuperação implementadas; Plantio de mudas de espécies nativas com o controle das espécies exóticas e invasoras; Monitoramento contínuo da área afetada.	As obras de bioengenharia no TG26 foram finalizadas em abril de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Com relação à estabilização do talude, os pontos mapeados foram encaminhados para a equipe de manutenção e serão executados pela Fundação Renova, conforme recomendação.
ITG 33	x	-	x	-	-	Plantio de mudas de espécies nativas com o controle das espécies exóticas e invasoras; Sensibilizar os proprietários rurais sobre a importância em se manter o cercamento íntegro, mantendo os seus animais de produção fora da área afetada para que se obtenha sucesso nas ações de recuperação implementadas; Monitoramento contínuo da área afetada.	As obras de bioengenharia no TG27 foram finalizadas em abril de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. O isolamento das áreas dos tributários foi realizado durante a execução dos serviços de bioengenharia e no momento estão sendo cercadas as áreas de APP para restauração florestal, conforme Código Florestal e Cláusula 159 do TTAC e encontram-se em processo de validação / autorização do produtor rural responsável pelo imóvel. Ressaltamos ainda que o controle de espécies exóticas e invasoras indesejáveis serão realizados concomitantemente à restauração florestal da área de APP, com previsão de execução durante os anos de 2018 e 2019 e monitoramento e manutenção até 2026.
ITG 34	x	-	x	-	-	A área se apresentava com boa recuperação não sendo necessárias recomendações. Deverá ser realizado o monitoramento, assim como a manutenção e isolamento da área.	As obras de bioengenharia no TG28 foram finalizadas em abril de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Encontra-se em execução o cercamento das áreas de APP para restauração florestal, conforme Código Florestal e Cláusula 159 do TTAC. O controle de espécies exóticas e invasoras indesejáveis serão realizados concomitantemente à restauração florestal, com previsão de execução durante os anos de 2018 e 2019 e monitoramento e manutenção até 2026.

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)	
	A	B	C	D			
					Constatações específicas		
ITG 35	x	-	x	-	-	A área se apresentava com boa recuperação não sendo necessárias recomendações. Deve ser realizado o monitoramento da área, assim como a manutenção e isolamento.	As obras de bioengenharia no TG29 foram finalizadas em abril de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Encontra-se em execução o cercamento das áreas de APP para restauração florestal, conforme Código Florestal e Cláusula 159 do TTAC. O controle de espécies exóticas e invasoras indesejáveis serão realizados concomitantemente à restauração florestal, com previsão de execução durante os anos de 2018 e 2019 e monitoramento e manutenção até 2026.
ITG 36	x	-	-	-	-	A área se apresentava com boa recuperação não sendo necessárias recomendações. Deverá ser realizado o monitoramento, assim como a manutenção e isolamento da área.	Apesar de não se tratar de um tributário a Fundação Renova está realizando as manutenções necessárias no local, com melhorias no sistema de drenagem e revegetação.
ITG 37	x	-	x	-	-	Assim como solicitado na fase Argos III, deverá ser procedida a avaliação da hidromorfologia da área afetada, considerando suas características originais com o afloramento de lençol, as lagoas (ainda que artificiais) e a existência de um complexo de cursos d’água contribuintes para definir estratégias adequadas para a reconformação do terreno adjacente.	-
ITG 38	x	-	-	-	-	Adequar o reafeiçãoamento do terreno e a reconstituição dos taludes, bem como a execução de obras de contenção no local objetivando a melhor adequação das condições naturais e de mitigação do processo de assoreamento.	-
ITG 39	x	-	x	-	-	Adequar as técnicas de conservação do solo para mitigar ou diminuir a instabilidade dos taludes e a ocorrência de processos erosivos.	As obras de bioengenharia no TG30B foram finalizadas em dezembro de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Os locais pontuados pelo IBAMA foram encaminhados para a equipe de manutenção das obras de bioengenharia e estão em execução pela Fundação Renova. Outras técnicas serão utilizadas durante a etapa de restauração florestal, com previsão de execução durante os anos de 2018 e 2019 e monitoramento e manutenção até 2026.
ITG 40	x	-	-	-	-	Realize o cercamento da APP atingida em toda sua extensão, isolando-a do pastejo do gado bovino; Promova o manejo e controle das gramíneas invasoras na área de APP e entorno; Promova a manutenção das obras de contenção e drenagem instaladas; Avalie a quantidade e localização das valas de drenagem, associadas a implantação de bioretentores de fibra de coco, para o direcionamento do escoamento das águas pluviais e mitigação de processos erosivo; Promova, no âmbito do projeto de recuperação ambiental, a semeadura de espécies (gramíneas, leguminosas e ruderais) que promovam recobrimento do solo, aliado a mudas de espécies nativas locais.	Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 41	x	-	-	x	-	Realize o cercamento da APP atingida, em toda sua extensão, isolando-a do pastejo do gado bovino; Promova a manutenção das obras de contenção e drenagem instaladas; Avalie a quantidade e localização das valas de drenagem, associadas a implantação de bioretentores de fibra de coco, para o direcionamento do escoamento das águas pluviais e mitigação do processo erosivo; Inicie as ações do projeto de recuperação ambiental, com plantio de mudas nativas e promover o manejo e controle das gramíneas invasoras.	Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
	Constatações específicas					
ITG 42	x	-	x	x	<p>Readeque as obras de drenagem da estrada, principalmente o prolongamento e desobstrução do bigode instalado na margem esquerda do tributário e instale um novo bigode na estrada na margem direita do tributário;</p> <p>Readeque, antes do período chuvoso, as obras de reconformação da linha de drenagem do terreno acima da estrada, bem como o retaludamento das margens, das obras de contenção e de drenagem nesta área;</p> <p>Implante técnicas de bioengenharia, associado a biorretentores de fibra de coco, na totalidade das calhas de drenagem existentes e naquelas a serem instaladas, antes do período chuvoso;</p> <p>Inicie as ações do projeto de recuperação ambiental, com plantio de mudas nativas nos locais onde já houve estabilização do terreno e promova o manejo e controle das gramíneas invasoras.</p>	<p>As obras de bioengenharia executadas no TG34 foram finalizadas em agosto de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>
ITG 43	x	-	x	-	<p>Concluiu-se que se faz necessário um melhor disciplinamento das águas pluviais na margem esquerda a montante e a jusante da estrada, de modo a evitar o carreamento de rejeitos oriundos da estrada para o curso do tributário.</p> <p>Ressalta-se a necessidade do controle das espécies exóticas e invasoras para o plantio de mudas de espécies nativas.</p>	-
ITG 44	x	-	x	-	<p>Necessária a adoção de técnicas adequadas para a estabilização do talude da margem direita a montante da estrada pela Fundação Renova, uma vez que o coveamento e revegetação com hidrossemeadura não se mostrou eficaz.</p> <p>Ressalta-se a necessidade do controle das espécies exóticas e invasoras para o plantio de mudas de espécies nativas.</p>	<p>Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>
ITG 45	x	-	-	-	<p>As recomendações indicadas na Operação Águas - Fase Argos III, relacionadas a contenção de processos erosivos nas margens do tributário foram atendidas pela Fundação Renova, constatando-se dentre outros, a construção de enrocamentos e paliçadas confeccionadas nos taludes da margem direita do tributário, a montante do bambuzal. Da mesma forma, houve construção de ombreiras e canais de drenagem. Deve ser providenciado o cercamento total da área de preservação permanente. A Fundação Renova deve buscar alternativas junto com o proprietário para dessedentação do gado.</p> <p>Recomenda-se à Fundação Renova promover ações de conscientização do proprietário rural em relação a importância da manutenção do isolamento das áreas de preservação permanente e da manutenção da vegetação regenerante de forma a compatibilizar com as atividades produtivas da propriedade.</p>	<p>Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais, áreas adjacentes ao tributário e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Para a implantação dos sistemas de drenagens foram realizadas proteção contra o carreamento de sedimentos com a utilização de <i>check dams</i> nas canaletas verdes e aplicação de retentores de sedimentos. Para o desenvolvimento das atividades de recuperação, toda a área foi cercada.</p>
ITG 46	x	-	x	x	<p>A Fundação Renova deve apresentar estudos geotécnicos para definir profundidade e estabilidade das áreas soterradas pelo rejeito, que originalmente se constituíam como corpos d’água e áreas úmidas. Recomenda-se o cercamento e sinalização das citadas áreas, com vistas a isolá-las do trânsito de pessoas e animais, até que se tenha um parecer conclusivo dos referidos estudos.</p> <p>Deve ser promovido o cercamento de toda a área de preservação permanente, a fim de evitar o pisoteio e pastejo do gado bovino nas margens do tributário. A Fundação Renova deve buscar alternativas junto ao proprietário para dessedentação do gado.</p> <p>Recomenda-se a Fundação Renova promover ações de conscientização do proprietário rural em relação a importância da manutenção do isolamento das áreas de preservação permanente e da manutenção da vegetação regenerante, de forma a compatibilizar com as atividades produtivas da propriedade.</p>	<p>As obras de bioengenharia no TG39 foram finalizadas em julho de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.</p>

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
				Constatações específicas		
ITG 47	x	-	x	-	-	As obras de bioengenharia no TG40 foram finalizadas em novembro de 2016. Neste tributário, especificamente, foi necessário o desvio do eixo original do canal em dois pontos. O eixo passava em uma área alagadiça (brejo) e dentro de uma antiga lagoa. Devido as condições de segurança de se operar sobre estas regiões, devido ao solo mole, optou-se por realizar o desvio nestes trechos. O primeiro desvio foi de cerca de 80,00 m com um deslocamento máximo de 35,00 m do alinhamento original. O segundo trecho desviado foi de cerca de 100,00 m com um deslocamento máximo de 30 m.
ITG 48	x	-	-	x	-	As obras de bioengenharia executadas no TG40A foram finalizadas em agosto de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem, primários e secundários e obras de bioengenharia. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Foram realizadas leiras no alto dos taludes tanto para fixação das biomantas quanto para a construção de sistemas de drenagens secundários.
ITG 49	x	-	x	x	-	As obras de bioengenharia no TG41 foram finalizadas em setembro de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 50	x	-	-	-	-	As obras de bioengenharia no TG42 foram finalizadas em maio de 2016. Nele, foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 51	x	-	x	-	-	As obras de recuperação do TG43 foram finalizadas em agosto de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.

PONTO	CONSTATAÇÕES				RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D		
				Constatações específicas		
				seja retirado o rejeito, deverão ser estudadas medidas de recuperação dessas áreas. Como a vistoria foi realizada no período seco, ainda não se sabe como essa área se comportará com a chegada das chuvas, o qual deverá ser observado nas próximas vistorias. Como o solo se apresentava praticamente exposto, deverão ser estudadas medidas para contenção do possível carreamento decorrente das próximas chuvas.		
ITG 52	x	-	-	x	-	A Renova deverá reforçar a sensibilização dos proprietários quanto à importância de não permitir a entrada de animais nas áreas de recuperação do tributário.
ITG 53	x	-	-	-	-	A Renova deverá reforçar a sensibilização dos proprietários quanto à importância de não permitir a entrada de animais nas áreas de recuperação do tributário.
ITG 54	x	-	-	x	-	
ITG 55	x	-	-	-	-	
ITG 56	x	-	x	-	-	Evitar acesso de animais

PONTO	CONSTATAÇÕES					RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D			
					Constatações específicas		mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 57	x	-	x	-	-	Cercamento da APP de toda a área afetada; Avalie a quantidade e localização das valas de drenagem, associadas a implantação de bioretentores; Inicie as ações do projeto de recuperação ambiental, com plantio de mudas nativas nos locais onde já houve estabilização do terreno e promova o manejo e controle das gramíneas invasoras.	Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal que está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 58	x	-	-	-	-	Cercamento da APP de toda a área afetada; Realize o retaludamento e enrocamento de todo o curso do corpo hídrico atingido; Implemente obras de contenção, drenagem e técnicas de bioengenharia biomantas e bioretentores de fibra de coco) para mitigação do processo erosivo no talude da calha do tributário, após isolamento da área; Implemente a semeadura do mix de sementes em toda a área afetada, incluindo o reforço nas áreas onde houve pastejo; Inicie as ações do projeto de recuperação ambiental, com plantio de mudas nativas nos locais onde já houve estabilização do terreno e promova o manejo e controle das gramíneas invasoras.	-
ITG 59	x	-	-	-	-	Recomenda-se o imediato isolamento da Área de Preservação Permanente no contexto do tributário.	As obras de bioengenharia executadas no TG49 e em seu afluente TG49A foram finalizadas em abril de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 60	x	-	x	-	-	Recomenda-se o imediato isolamento da Área de Preservação Permanente no contexto do tributário.	As obras de recuperação executadas no TG50 foram finalizadas em março de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento. Face a característica topográfica deste tributário ser bem encaixada, não houve alteração de traçado em toda sua extensão.
ITG 61	x	-	-	x		Com relação à camada do rejeito na foz do tributário, apontada em vistoria anterior, observou-se desta vez a formação de uma bancada de areia quartzosa sobre o rejeito, fato este a ser considerado no contexto das intervenções na calha principal.	As obras de recuperação executadas no TG51 foram finalizadas em maio de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 62	x	-	x	-	-	Apesar das intervenções terem sido consideradas insatisfatórias, deve ser avaliado neste momento, se a realização de novas intervenções seria cabível, considerando o bom recobrimento vegetal do solo e o início da regeneração natural na área. Recomenda-se o completo isolamento da Área de Preservação Permanente no contexto do tributário.	Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.

PONTO	CONSTATAÇÕES				Constatações específicas	RECOMENDAÇÕES (IBAMA, 2017)	AÇÕES REALIZADAS PELA FUNDAÇÃO RENOVA (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017A)
	A	B	C	D			
ITG 63	x	-	-	-	-	Cercamento total da área afetada; Sensibilizar os proprietários rurais sobre a importância de se evitar a roçagem da área e se manter o cercamento íntegro, mantendo os seus animais de produção fora da área afetada para que se obtenha sucesso nas ações de recuperação implementadas; Obras de contenção como terraceamento e retaludamento na parte a jusante, próximo a foz e obras de drenagem e bioengenharia (utilização de biomanta) em toda a área afetada e aplicação do mix de sementes; Monitoramento contínuo da área afetada. As intervenções recomendadas deverão ser realizadas de forma manual, sem o uso de máquinas pesadas, por se tratar de local de difícil acesso e declividade acentuada. O emprego de máquinas irá causar um impacto maior, podendo aumentar a degradação nas áreas estabilizadas.	As obras de recuperação executadas no TG53 foram finalizadas em junho de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 64	x	-	-	x	-	Recomenda-se: i) manter o isolamento da área, evitando o acesso do gado, para dar continuidade ao processo de regeneração, e ii) isolar a Área de Preservação Permanente a montante do tributário, na região da barragem de captação.	As obras realizadas nesse tributário incluíram remoção dos rejeitos do leito, conformação e proteção dos taludes com execução de dispositivos de drenagem e revegetação.
ITG 65	x	-	-	-	-	-	Foram realizadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITG 66	x	-	x	-	-	Considerando que as intervenções observadas até então foram pontuais e limitadas e que a área contínua susceptível aos processos erosivos (laminares e ravinamento), faz-se necessário o devido acompanhamento/monitoramento visando correções pontuais, de forma a se diminuir o aporte de partículas sólidas e coloidais para o interior dos cursos d’água. Tais ações deverão ser concatenadas com as intervenções previstas para as planícies de inundação afetas à calha principal já anunciadas pela Fundação Renova. - Recomenda-se o imediato cercamento da área. - Ação de extensão rural para boas práticas	As obras de recuperação executadas no TG56 foram finalizadas em março de 2016. Foram executadas atividades de conformação do solo, execução de sistema de drenagem e obras de bioengenharia, conforme previstas em projeto. As áreas expostas (taludes marginais e planícies com ravinas) foram trabalhadas para a mitigação de processos erosivos e estabelecimento da cobertura vegetal, a qual está em estágio avançado de desenvolvimento.
ITGE 01	x	-	-	-	-	De uma forma geral as intervenções foram satisfatórias, podendo-se afirmar positivamente quanto ao atendimento dos objetivos inicialmente propostos (Cláusula 158 do TTAC), considerando-se, portanto, finalizada a etapa emergencial.	-

Nota: Coluna “A”: Realização de Intervenção; “B”: Acúmulo de rejeito aparente; “C”: Bom desenvolvimento da vegetação; “D”: Necessidade de manutenção

No Relatório de Recuperação de Tributários (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a), a Fundação Renova apresentou as ações tomadas em resposta às recomendações do Órgão Ambiental para recuperação dos tributários. De forma geral, conforme apresentado no registro fotográfico da situação dos tributários antes e após as ações, foram evidenciadas as melhorias instaladas.

De todos os pontos abrangidos no Trecho 9, o ITG 58 não foi citado no Relatório de Recuperação de Tributários (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a), constando apenas no relatório emitido pelo Órgão e, desta forma, as recomendações e constatações da avaliação constam na Tabela 3 sem identificação das ações realizadas pela Fundação Renova.

5.1.3.1.2 Operação Watu

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 dos 66 pontos contidos nos limites do Trecho 9.

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 pelo Trecho 9, cujas constatações foram registradas no relatório emitido em dezembro de 2017.

Resumidamente, pôde-se agrupar as constatações realizadas junto aos pontos de monitoramento da Operação Watu no Trecho 9 da seguinte forma:

- Pontos onde houve a realização das intervenções emergenciais, ações de bioengenharia, instalação de dispositivos de contenção e disciplinamento das drenagens, além de retentores de sedimento, enrocamentos, hidrossemeadura e aplicação de biomanta associado com mix de sementes.
- Pontos onde foi observado acúmulo de rejeito ou aparição de ilhas de rejeito devido ao rebaixamento do nível do rio.
- Pontos onde foi observado bom desenvolvimento da vegetação.

- Pontos onde foi observada necessidade de manutenção por conta de danos nas intervenções já instaladas, como nos enrocamentos ou biomantas, além de pisoteio de vegetação por gado e criação de animais, solo exposto e instalação de processos erosivos.

A Tabela 4 abaixo apresenta uma síntese das constatações observadas em cada ponto da Operação Watu correspondente ao Trecho 9.

Tabela 4 – Pontos Vistoriados pela Operação Watu – Trecho 9

PONTO	CONSTATAÇÕES			
	Realização de Intervenção	Acúmulo de rejeito aparente	Bom desenvolvimento da vegetação	Necessidade de manutenção
TR05-375A	x	-	-	-
TR05-375B	x	-	-	-
TR05-376	x	-	-	-
TR05-378A	-	x	-	-
TR05-379	x	x	x	-
TR05-382	x	x	x	x
TR05-383	-	x	-	x
TR05-384	x	x	-	-
TR06-402	x	x	-	x
TR06-403	-	x	-	x
TR06-404	x	x	-	-
TR06-405	x	x	-	x
TR06-407	x	x	-	x
TR06-410	x	x	-	-
TR06-411	x	x	-	-
TR07-429	x	-	-	-
TR07-430	x	x	-	-
TR07-431	x	x	-	x
TR07-434A	x	-	-	x
TR07-435	x	x	-	-
TR07-437	x	-	-	x
TR07-441	x	-	-	-
TR08-305	x	x	-	x
TR08-307A	x	-	-	-
TR08-307B	x	-	-	x
TR08-308	x	-	-	x
TR08-308B	x	x	-	x
TR08-310	x	-	-	x

PONTO	CONSTATAÇÕES			
	Realização de Intervenção	Acúmulo de rejeito aparente	Bom desenvolvimento da vegetação	Necessidade de manutenção
TR09-480	X	-	-	X
TR09-483	X	X	-	X
TR09-484	X	-	-	X
TR09-485	X	-	-	X
TR09-487	X	-	-	X
TR10-01	X	X	X	-
TR10-03	X	-	X	-
TR10-05	-	X	X	-
TR11-388/389	X	X	X	-
TR11-390/391	X	X	X	-
TR11-392	X	-	-	X
TR11-393	X	-	X	-
TR11-394	X	-	X	-
TR14-01	X	-	-	-
TR14-02	X	-	-	X
TR21-01	X	-	-	X
TR21-02	X	X	-	X
TR21-03	X	-	-	X
TR22-01	X	-	-	-
TR22-02	X	-	X	-
TR22-03	X	-	-	-
TR22-04	X	-	-	X
TR22-05	X	-	-	X
TR23-01	X	X	-	-
TR23-02	X	X	-	X
TR24-01	-	X	-	-
TR24-02	X	X	-	-
TR24-03	-	X	-	-
TR24-04	-	X	-	-
TR24-05	X	X	-	-
TR24-06	-	X	-	-
TR25-01	-	X	-	X
TR25-02	-	X	-	-
TR25-03	X	X	X	X
TR25-04	X	-	X	-
TR25-05	X	-	-	-
TR25-06	-	-	-	X
TR26-01	X	X	X	-

Em alguns pontos, foram levantadas constatações específicas que mereceram destaque devido a recomendações do órgão ambiental, como as descritas abaixo:

TR05-375A: Neste ponto existe um pequeno sítio onde foram realizados trabalhos de reabilitação voltados para o reestabelecimento de cultivos agrícolas de subsistência sobre o rejeito. De acordo com a Fundação Renova, as medidas implementadas no local foram solicitadas pelo próprio dono da propriedade. As margens do rio neste ponto, foram hidrossemeadas logo após o acidente com o objetivo de estabilizar o rejeito depositado no local. Durante a Fase III foi possível observar uma grande quantidade de plantas recobrando as margens. Entretanto, na Fase IV algumas plantas se apresentavam praticamente sem folhas.

TR05-378B: Neste ponto foi construído um pátio de apoio, no qual há um depósito de pedras para enrocamento e um estacionamento de máquinas e veículos. Na Fase IV ainda havia um pequeno monte de pedras, porém não foram observados caminhões estacionados no local.

TR05-382: Neste ponto localizado em Paracatu de Baixo, vistoriado pela primeira vez na Fase III, foi possível observar uma série de intervenções visando a contenção de rejeitos: enrocamento e reafeição de terreno em ambas as margens. Entretanto, a Biomanta instalada na margem esquerda do rio estava rasgada e já se podia observar processos erosivos sob a mesma. Na Fase IV, a área apresentava uma vegetação relativamente densa, o que impediu o acesso às margens do rio. Em Paracatu de Baixo foi constatada a presença de uma drenagem correndo entre a estrada e o cercamento, atravessando o distrito até desaguar no Gualaxo do Norte. Além disso, na ocasião foi observado o cercamento e sinalização da área afetada, porém na Fase III da operação havia uma excursão escolar ocorrendo entre os destroços.

TR05-383: Neste ponto a margem esquerda do Gualaxo do Norte é caracterizada por uma grande planície de inundação. Nela havia quatro lagoas, remanescentes da atividade garimpeira na região, que foram preenchidas por rejeito. As lagoas foram cercadas e seu entorno hidrossemeados. No local, existe um diminuto tributário que foi tratado inicialmente como drenagem natural, mas que após os questionamentos levantados pela Fase II foi reconformado e recebeu um leito de pedras. Durante a Fase IV foi possível observar que uma das lagoas está completamente descaracterizada.

TR06-400: Na Fase II foi feita uma tentativa da implementação da vegetação de cobertura por hidrossemeadura, porém na Fase III percebe-se que o proprietário substituiu tal vegetação por braquiária e reestabeleceu o pasto, não permitindo o retorno da vegetação nativa. Na Fase IV observou-se a formação de processos erosivos como efeitos do pastoreio com exposição do rejeito na planície e taludes.

TR07-431: Durante a Fase II foi constatado neste ponto que a margem esquerda do rio recebeu um novo uso antrópico com fins agrícolas, sem anuência dos órgãos ambientais, sendo implantado no local, sobre uma camada de solo de barranco, um cultivo de milho. Fase III foi implementada uma área experimental, na qual vem sendo observado o desenvolvimento de 15 espécies vegetais em três substratos: 1 - solo com rejeito, 2 - solo com tratamento, 3 - solo sem tratamento. O morro utilizado como área de empréstimo, relatado na Fase II, e as margens do rio encontravam-se reconformados e revegetados. Durante a Fase IV, foi constatada a manutenção da área experimental, o aumento das praias de rejeito nas margens do rio e a presença de uma área descampada logo após a área experimental.

TR07-434B: Neste ponto existia uma área brejosa que, após o rompimento da barragem, foi completamente recoberta por rejeito, mas ainda apresentava um alto nível de umidade. Na Fase II foi adotado pela Fundação Renova como estratégia de recuperação a completa drenagem da área seguida da revegetação. Na Fase III foi observado o desenvolvimento de pasto. Na Fase IV as canaletas de drenagem se apresentavam completamente tomadas pela vegetação, mas foi possível observar um certo grau de assoreamento das mesmas.

TR07-437: Neste ponto a margem direita do rio sofreu intervenções emergenciais que visavam a estabilização do rejeito, tais como retaludamento das margens e implantação de enrocamento. A margem esquerda foi completamente refoncormada e hidrossemeada com um mix de sementes. Contudo, durante a Fase IV, foi possível observar um predomínio da espécie crotalaria e a presença de dois taludes na margem esquerda, um originado do corte de estrada e o outro da raspagem do rejeito que se encontram completamente descampados. Segundo os técnicos da Fundação Renova, já foram realizadas intervenções nos taludes visando a revegetação, mas as plantas não se desenvolveram.

TR07-440: Neste ponto existe uma área experimental desde fevereiro de 2017 que avalia o desenvolvimento de 15 espécies vegetais em três substratos distintos: 1 - solo com rejeito, 2 - solo com tratamento, 3 - solo sem tratamento.

TR07-441: Em um ponto mais a montante, existe uma parcela de experimento que visa avaliar a taxa de erosão das áreas em função das intervenções de recuperação. Segundo os técnicos da Fundação Renova que acompanharam a Fase IV, já foram realizadas duas avaliações da taxa de erosão no local. Na margem direita do rio existe outra parcela do experimento que visa avaliar o desenvolvimento das espécies vegetais sobre o rejeito. Nesta área, durante a Fase IV, foi verificada a presença de cavalos dentro da área experimental. Ainda, nesta área existe uma pilha de madeira, recolhidas das áreas em recuperação, que está sob responsabilidade da Fundação Renova e espera autorização de uso.

TR09-482: Neste ponto foi observado área acima da planície de inundação, junto a estrada de acesso cujo rejeito avançou sobre uma área brejosa. A recuperação dessa área constou de hidrossemeadura sob o rejeito, não havendo qualquer recuperação do ambiente de brejo.

TR10-03: Neste ponto foi observado uma área acima da planície de inundação, junto a estrada de acesso cujo rejeito avançou sobre uma área brejosa. A recuperação dessa área constou de hidrossemeadura sob o rejeito, não havendo qualquer recuperação do ambiente de brejo. Na Fase IV foi verificada a intervenção negativa na vegetação e nas margens pela introdução de animais, estando a margem direita com o rejeito exposto novamente. Na margem esquerda, onde o mix ainda se apresenta, mesmo que seco, em meio a regeneração natural, os animais já estão invadindo a área e prejudicando a recuperação.

TR21-02: Neste ponto, vistoriado pela primeira vez na Fase III, foi identificada uma grande lagoa de garimpo, com cerca de 50 m de diâmetro e 5 m de profundidade. Segundo marcas no talude, a lagoa foi escavada com equipamento robusto e os representantes da Fundação Renova informaram que a lagoa foi feita após o rompimento de Fundão e é recorrente a atividade extrativa não regular ao longo do Rio Gualaxo do Norte, já havendo sido encaminhado aos órgãos competentes um relatório a respeito. Há grande risco de desmoronamento dos taludes da lagoa, uma vez que foram observadas trincas e o aspecto construtivo irregular não segue normas técnicas. Além disso é uma forte contribuição para o alto índice de turbidez observado no leito do rio no

local. Este ponto foi novamente vistoriado na Operação Watu Fase IV, sendo que no momento da vistoria não existia movimentação de garimpo. A lagoa de garimpo levantada na Fase III continua da mesma maneira, sendo que ela foi cercada e sinalizada. Além da lagoa descrita na Fase III foi identificada mais uma lagoa neste ponto, que também se encontra cercada e sinalizada. Conforme técnicos da Fundação Renova, os projetos de bioengenharia foram iniciados no ponto, com a colocação de biomantas nos taludes, construção de enrocamentos e colocação de bioretentores de sedimentos na base das margens sob o rejeito depositado.

TR21-03: Neste ponto, vistoriado pela primeira vez na Fase IV, foi possível observar mais três lagoas que foram construídas após o rompimento. Segundo a Fundação Renova, uma das lagoas por estar na margem do rio, foi incluída nas obras de recuperação. Na planície, ao lado da lagoa que está sendo recuperada, existe um grande volume de material, que foi retirado para formação da mesma e que será recoberto por biomanta. As outras duas lagoas de garimpo se encontram sinalizadas e cercadas, sem ações de recuperação. Foi identificado um tributário (coordenada: 674369/7757575) na base das lagoas cercadas, que segundo representantes da Fundação Renova ainda não foi cadastrado.

TR24-03: Neste ponto, vistoriado pela primeira vez na Fase III, foi possível observar na margem esquerda do tributário, a cerca de 20 metros da margem direita do Gualaxo do Norte, que existe um curral que aparenta desaguar resíduos direto no curso d'água.

TR24-06: Neste ponto, vistoriado pela primeira vez na Fase III, foi possível observar a ocorrência de um deslizamento de encosta nas margens do rio que precisa ser estabilizado, uma vez que os detritos estão influenciando a dinâmica fluvial. Neste sentido, deverá ser executado um projeto específico para estabilizar a encosta.

5.1.3.2 Visita a Campo para Avaliação das Ações de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem nas Intervenções Realizadas

Esta etapa do relatório visa avaliar a eficiência das intervenções de bioengenharia já implantadas no Trecho 9. Para isso, a JACOBS CH2M conduziu vistorias de campo, 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 no Trecho 9 foi realizada nos dias 11 a 13 de dezembro de 2017, exceto a área 7 que foi inspecionada no dia 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.

O Trecho 9 possui uma extensão aproximada de 58 km e engloba 7 áreas prioritárias. Apesar da extensão do trecho, o número de intervenções é consideravelmente menor e os danos às mesmas também, quando comparado com os Trechos a montante (6, 7 e 8). Este fato se dá em decorrência do alargamento do vale do rio. Quanto mais largo o leito do rio e área de inundação, menor a velocidade do fluxo de água. Este fato por consequência gera menores danos às obras realizadas, deixando a região menos impactada pelas chuvas intensas.

Em decorrência de direito de propriedade alguns pontos não puderam ser inspecionados, dado a limitações impostas pelos proprietários da terra.

5.1.3.2.1.1 Área Prioritária 11 e Tributários TG14 a TG17.

Esta área, encontra-se a montante do Trecho 9, tendo sido vistoriada no início do período chuvoso (aproximadamente 12 mm acumulados nas estações RGN 01 e RGN 06 - PMQQS), durante o dia 11 de dezembro de 2017. Mesmo nessas condições, avaliou-se visualmente que a

drenagem superficial encontrava-se funcionando de forma satisfatória e os retentores de sedimento, no dado momento, cumpriram o papel do projeto. O enrocamento implantado ao longo do rio apresentou bom comportamento, sem falhas aparentes.

O primeiro tributário do Trecho 9 é o TG14. O mesmo recebe o fluxo do TG14A, que não pôde ser vistoriado dado à vegetação alta e densa desenvolvida em suas margens impossibilitando o acesso ao ponto, acontecendo o mesmo que ocorreu com o desemboque do TG14, conforme a Figura 25.

Figura 25 – TG14 com vegetação bem desenvolvida em suas margens



Nota: Foto tirada em 11 de dezembro 2017. COORDENADAS UTM: 673091.28E 7761259.57N

Fonte: Elaboração própria.

O TG15 localiza-se na margem direita do rio Gualaxo do Norte, entre duas grandes proteções de enrocamento. Foi possível observar que já existe vegetação bem desenvolvida em suas margens, conforme Figura 26.

Figura 26 – Vista Frontal do TG15



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674056.34E 7760406.72N

Fonte: Elaboração própria.

No caso do TG16, a vegetação ocupou de forma intensa as suas margens, o que praticamente já o coloca incorporado ao meio ambiente. As rochas de proteção, na data da visita não apresentaram falhas visíveis. A Figura 27 apresenta o desemboque do TG16 e a Figura 28 a sua vista a montante.

Figura 27 – Vista do Desemboque do TG16



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674706.32E 7760279.82N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 28 – Vista a Montante do TG16



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674706.32E 7760279.82N

Fonte: Elaboração própria.

A calha do tributário TG17 está protegida e a vegetação está desenvolvendo de forma consistente em seu entorno e acredita-se que no curto prazo o mesmo seja incorporado pela

vegetação local. A Figura 29 apresenta a vista do desemboque do tributário TG17 e a Figura 30 a vista de montante a partir do mesmo ponto.

Figura 29 – Vista do Desemboque do TG17



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674812.83E 7760087.11N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 30 – Vista a Montante do TG17



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674812.83E 7760087.11N

Fonte: Elaboração própria.

A região da Área Prioritária 11 encontra-se densamente vegetada, mas ainda existem alguns pontos que exigem atenção para com a vegetação de proteção contra erosão, conforme apresentado na Figura 31. Vale ressaltar que este ponto pertence a uma propriedade privada e que a cobertura vegetal no entorno está adequada.

Figura 31 – Problema Pontual de Cobertura Vegetal próximo ao TG17



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674812.83E 7760087.11N

Fonte: Elaboração própria.

A inspeção de campo não encontrou danos graves nas obras corretivas realizadas ao longo do rio Gualaxo do Norte nas imediações da Área Prioritária 11. Observou-se que os problemas identificados são referentes às erosões nas margens do rio, em locais que não foram implantados enrocamentos ou retentores de sedimentos. Diante disso, recomenda-se realizar rotinas de manutenção frequentes para identificar estes pontos.

A Figura 32 apresenta um ponto onde a proteção foi realizada com retentores de sedimento. Entretanto, no seu extremo, notou-se erosão na margem natural que precisa de reparo.

Figura 32 – Região com erosão ao lado dos retentores.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674796.35E 7759893.97N

Fonte: Elaboração própria.

Outro ponto com problema similar é apresentado na Figura 33, onde foi observada uma erosão na margem do rio Gualaxo do Norte. Nesta região recomenda-se a implantação de enrocamento para paralisação do processo erosivo. A

Figura **34** apresenta outro ponto da margem que precisa ser tratada da mesma forma logo após o período de chuvas.

Figura 33 – Margem do rio erodida devido ao fluxo de água no período de chuvas.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674316.97E 7761187.92N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 34 – Outro ponto com problemas de erosão na margem do rio.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 673964.63E 7761105.45N

Fonte: Elaboração própria.

Nenhuma anomalia significativa foi observada na drenagem superficial. A Figura 35 apresenta a vista geral de uma das drenagens de tratamento funcionando de forma correta.

Figura 35 – Drenagem superficial funcionando de forma adequada.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 673964.63E 7761105.45N

Fonte: Elaboração própria.

Os retentores e barreiras vistoriados encontram-se funcionando de forma adequada, sendo que alguns já foram incorporados ao meio ambiente e a vegetação passará a cumprir o seu papel, conforme pode ser observado na Figura 36. Por outro lado, observou-se que outros retentores serviram de barreira inversa, impedindo que o rejeito transportado pelo rio ocupasse a parte tratada da margem, como apresentado na Figura 37. De modo geral, observou-se que diversos retentores de margem se encontram assoreados, mesmo no início do período chuvoso. Alguns deles já apresentam vegetação desenvolvendo no material retido como apresentado na Figura 38. Outros precisarão de tratamento após o período de chuvas, seja com vegetação ou execução de reforço, conforme apresentado na Figura 39.

Figura 36 – Retentor de sedimentos incorporado ao meio ambiente.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674812.83E 7760087.11N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 37 – Retentor de sedimento evitando danos na área tratada.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674519.95E 7759350.85N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 38 – Retentores com sedimento acumulado e vegetação em desenvolvimento.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 674220.34E 7760422.78N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 39 – Retentores que poderão sofrer tratamento.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 673535.49E 7761324.43N

Fonte: Elaboração própria.

Não foram identificados pontos com avarias nos enrocamentos, a Figura 40 apresenta um exemplo de enrocamento da presente Área Prioritária.

Figura 40 – Enrocamento em excelente estado de conservação.



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 673535.49E 7761324.43N

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 41 apresenta a vegetação típica encontrada em pontos onde não existe ocupação privada ou utilização de terras para outros fins.

Figura 41 – Vegetação típica da região



Notas: Foto tirada dia 11 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 673535.49E 7761324.43N

Fonte: Elaboração própria.

A Área Prioritária 11 possui “as built” as fotos deste documento foram marcadas nos desenhos do **Anexo I** deste documento.

5.1.3.2.1.2 Área Prioritária 10 e Tributários TG17A e TG19

O trabalho de campo foi realizado no dia 13 de dezembro de 2017.

No tributário TG17A, não foram observados problemas de drenagem superficial no dia da vistoria e a vegetação apresentou bom desenvolvimento. O tributário encontra-se incorporado ao meio ambiente, com vegetação envolvendo o mesmo a montante e em seu desemboque. A qualidade visual da água descartada por ele é adequada para o período do ano. A Figura 42 apresenta a vista de montante do tributário e a Figura 43 a vista do desemboque do TG17A.

Figura 42 – Vegetação desenvolvida no entorno do TG17A



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 43 – Vista do desemboque do TG17A



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG17B ainda não foi incorporado ao meio ambiente, mas apresenta adequado desenvolvimento de vegetação em seu entorno. A água descarregada encontra-se em adequada qualidade visual. A Figura 44 apresenta a vista do desemboque do TG17B.

Figura 44 – Vista do desemboque do TG17B envolto em vegetação



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

Na margem direita em frente ao TG17B foi observado um único problema no sistema de drenagem implantado. O enrocamento da descida de água pluvial apresentou erosão em uma de suas laterais e precisará de reparo após o período de chuvas. A Figura 45 apresenta o ponto com problema de erosão junto a cerca de divisa.

Figura 45 – Erosão em obra de correção na margem direita em frente ao TG17B



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

Na região do tributário TG17C a vegetação ocupou o local, tanto a montante quanto em seu desemboque, incorporando o tributário ao meio ambiente. A Figura 46 apresenta a vista a montante do tributário, com a vegetação encobrindo por completo a nascente. A Figura 47 apresenta detalhe do desemboque do TG17C, onde é difícil notar o fluxo para o leito do rio devido à cobertura vegetal, mas sendo possível visualizar água com aparência clara.

Figura 46 – Vista da vegetação a montante do TG17C



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 47 – Vista do desemboque do TG17C envolto em vegetação



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677227.95E 7758105.01N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG18 recebeu tratamento com enrocamento ao longo de suas margens. No momento da visita, não foram observadas falhas, apreciando um funcionamento adequado. A Figura 48 apresenta uma vista geral do tributário e a Figura 49 apresenta o seu desemboque, que se encontra em correto estado, com água visualmente adequada (clara).

Figura 48 – Vista geral do TG18



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677666.17E 7757989.02N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 49 – Vista do desemboque do TG18



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677655.81E 7757956.91N

Fonte: Elaboração própria.

Na margem oposta em frente ao TG18, com coordenadas de referência equivalentes, observou-se o correto comportamento das obras de drenagem superficial e contenção de rejeitos, por meio de retentores, sem observar falhas aparentes conforme apresentado na Figura 50.

Figura 50 – Obras operando conforme projeto



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677655.81E 7757956.91N

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 51 mostra as margens do rio, começando a incorporar o enrocamento pela vegetação local.

Não foram observados pontos significativos sem vegetação e a maioria das regiões com falhas são decorrentes de tráfego de animais. A Figura 52 apresenta a vegetação de cobertura típica da Área Prioritária 10

Figura 51 – Enrocamento em bom estado com incorporação vegetal



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677655.81E 7757956.91N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 52 – Vegetação de proteção para erosão típica da Área Prioritária 10



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677655.81E 7757956.91N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG19 está praticamente encoberto por vegetação. Contudo, durante a vistoria, observou-se que a coloração da água se apresentou mais turva que nos demais pontos vistoriados indicando possível problema em sua proteção de margem. A Figura 53 apresenta a vista do ponto de descarga do tributário TG19.

Figura 53 – Vista do desemboque do TG19



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677959.69E 7757639.14N

Fonte: Elaboração própria.

Ainda nesta região foi observada a completa incorporação das obras de drenagem de superfície ao meio ambiente. Além disso, os retentores de sedimento foram cobertos por vegetação, conforme apresentado na Figura 54.

Figura 54 – Retentores cercados por vegetação



Notas: Foto tirada dia 13 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 677815.91E 7757687.34N

Fonte: Elaboração própria.

A Área Prioritária 10 possui “as built” e a localização das fotos será apresentada no **Anexo II** deste documento.

5.1.3.2.1.3 Área Prioritária 8 e Tributários TG 21 a TG 28

A Figura 55 apresenta o desemboque do TG21B e a Figura 56 o desemboque do TG21A, ambos em condições adequadas e com correto desenvolvimento de vegetação em suas margens e com água com aparência visual clara.

Figura 55 – Vista do desemboque do TG21B



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 680931.31E 7755616.28N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 56 – Vista do desemboque do TG21A com vegetação em suas margens



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 680931.31E 7755616.28N

Fonte: Elaboração própria.

Durante a vistoria, entre os tributários TG23 e TG21B não foi observado nenhum dano relevante ou correção necessária nas obras realizadas, sendo que o TG23 se encontra dentro de vegetação fechada.

A Figura 57 apresenta a vegetação desenvolvida na margem direita do rio em posição oposta ao tributário TG23.

Figura 57 – Vegetação desenvolvida na região do TG23



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 680934.99E 7755608.60N

Fonte: Elaboração própria.

Ainda próximo ao TG23 foi observado um ponto de instabilidade de talude que precisa de tratamento. O ponto em questão já sofreu tratamento com enrocamento no pé do talude. Contudo, a abrangência da solução não pareceu ser suficiente e o talude movimentou-se na parte não protegida pelo enrocamento, devido à erosão no pé.

A recomendação é lançar enrocamento onde ainda existe erosão e tentar recuperar a vegetação no talude rompido, de forma a reduzir o risco de instabilização.

Detalhes sobre a vistoria deste talude podem ser encontrados no **Anexo II** deste documento. A Figura 58 apresenta a situação do talude após as chuvas intensas no dia 12 de dezembro de 2017.

Figura 58 – Talude rompido por erosão no pé, próximo ao TG23



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 680931.31E 7755616.28N

Fonte: Elaboração própria.

O TG24 e TG24A encontram-se praticamente na mesma posição, mas o TG24A na margem esquerda do rio. O TG24, no momento da vistoria, encontrava-se em estado adequado, incluindo seu desemboque, sendo que existe vegetação em desenvolvimento, mas a mesma ainda não é densa. A Figura 59 apresenta o desemboque do TG24, onde observou-se que a água se encontrava, visualmente clara. A Figura 60 mostra a saída de água do TG24A.

Figura 59 – Desemboque do TG24



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 681961.79E 7754950.56N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 60 – Desemboque do TG24A entre a vegetação



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 681961.79E 7754950.56N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG25 está incorporado e encoberto por vegetação nativa. A Figura 61 apresenta uma vista da condição do tributário TG25 em seu desemboque.

Figura 61 – Desemboque do TG25



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 681961.79E 7754950.56N

Fonte: Elaboração própria.

Entre o TG25 e o TG26 foi constatada uma erosão em uma descida de enrocamento. O fluxo de água está margeando o terreno natural e erodindo a descida de água, conforme apresentado na Figura 62. Trata-se de um problema pontual de manutenção do enrocamento.

Figura 62 – Erosão de pequeno porte na lateral da descida de água



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682117.81E 7755015.68N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG26, localizado na margem esquerda do rio, apresenta-se em estado adequado e a água apresenta uma qualidade visual acertada, conforme pode ser observado na Figura 63.

Figura 63 – Vista aproximada do TG26



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682184.43E 7755072.32N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG27, se encontra na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte e, na visita, foi possível constatar que o tributário não apresenta nenhuma anomalia. Devido ao difícil acesso, não foi possível avaliar visualmente a qualidade da água descartada pelo tributário.

A Figura 64 apresenta uma vista geral da região do TG 27 e a Figura 65 apresenta detalhe do mesmo.

Figura 64 – Vista geral do desemboque do TG27



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682416.45E 7754916.20N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 65 – Vista aproximada do TG27



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682416.45E 7754916.20N

Fonte: Elaboração própria.

Finalmente, no TG28, a vegetação nativa já ocupou seu corpo a montante, o que o torna devidamente protegido e integrado ao meio ambiente. A Figura 66 apresenta a vista do desemboque do TG28.

Figura 66 – Vista do desemboque do TG28



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682511.74E 7754602.97N

Fonte: Elaboração própria.

Contudo, ao lado do deste tributário foi notado um processo erosivo na margem, que precisa de tratamento. Provavelmente apenas a implantação de cobertura vegetal solucione o problema. A Figura 67 apresenta a margem sem proteção ao lado do TG28.

Figura 67 – Região da margem junto ao TG28 que precisa de tratamento



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682443.03E 7754674.11N

Fonte: Elaboração própria.

Ainda na região, foi constatada uma erosão de superfície que precisa de tratamento. O projeto implantado na região apresentou falha e deu início a processo erosivo não desejado. A Figura 68 apresenta o ponto que precisa de remediação em sua drenagem de superfície.

Figura 68 – Região com falha no tratamento da drenagem superficial



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682447.65E 7754716.03N

Fonte: Elaboração própria.

Um problema generalizado nesta Área Prioritária 8, é referente ao preenchimento dos retentores de sedimento. Os mesmos cumprem seu papel de projeto e evitam o fluxo de rejeitos para o leito do rio. Entretanto, os retentores precisarão de manutenção após o período de chuvas. Recomenda-se a aplicação de cobertura vegetal dos rejeitos retidos e eventualmente a criação de nova linha de retentores, quando viável. A Figura 69 apresenta uma das linhas de retentores de sedimento completamente preenchidas de rejeitos, já em dezembro de 2017.

Figura 69 – Retentores de rejeito preenchidos por rejeitos transportados



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682998.55E 7753859.23N

Fonte: Elaboração própria.

Outro fato positivo observado é o início da incorporação dos enrocamentos por vegetação. A vegetação começa a ocupar alguns pontos onde o enrocamento foi lançado. Tal fato indica que em breve o enrocamento terá função secundária, visto que a vegetação começará a manter a estabilidade das margens. A Figura 70 apresenta um exemplo de enrocamento com início de incorporação por vegetação.

Figura 70 – Enrocamento com início de incorporação vegetal



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682998.55E 7753859.23N

Fonte: Elaboração própria.

A cobertura vegetal do trecho possui muita diversidade, dado ao uso do solo por terceiros. Existem pontos com cultivo agrícola ou destinado a alimentação de gado. Por este motivo, alguns pontos apresentam carência de desenvolvimento de vegetação de proteção para erosão. A Figura 71 apresenta um dos locais com vegetação adaptada para uso de terceiros.

Figura 71 – Cobertura vegetal para tratamento de gado em área de terceiros



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 682427.82E 7754697.64N

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se em diversos pontos o desenvolvimento de vegetação natural ao longo da margem do rio Gualaxo, como apontado na Figura 72, o que reduz os riscos de erosão ao longo do leito.

A localização das fotos no “as built” das obras implantadas na Área Prioritária 8 encontram-se apresentadas no **Anexo I** deste documento.

Figura 72 – Desenvolvimento de vegetação ao longo das margens do rio



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 680582.37E 7755243.95N

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3.2.1.4 Área Prioritária 5 e Tributários TG29 a TG31

A vegetação de proteção contra erosão desenvolveu-se consideravelmente na região do TG29, incorporando o tributário ao meio ambiente. A Figura 73 apresenta a vista do desemboque do TG29.

Figura 73 – Vista do desemboque do TG29



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 683016.53E 7753830.80N

Fonte: Elaboração própria.

O TG30 encontra-se incorporado ao meio ambiente, com vegetação nativa em suas margens. O fluxo de água é cristalino e não apresenta sinais de carreamento de sólidos. A Figura 74 apresenta a vista do tributário TG30 com vegetação nativa ocupando as suas margens.

Figura 74 – Margens e desemboque do TG30 com boa cobertura vegetal



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 683723.30E 7753904.00N

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 75 apresenta a vista frontal do TG30A e suas respectivas coordenadas. O TG30A está incorporado ao meio ambiente, possui densa vegetação em suas margens e água visualmente com boa aparência (claridade).

Figura 75 – Vista frontal do desemboque do TG30A



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 684103.09E 7754432.49N

Fonte: Elaboração própria.

O TG30B também se encontra incorporado ao meio ambiente, com vegetação de proteção para erosão em sua margem. Contudo, o seu desemboque apresenta uma pequena parcela sem cobertura vegetal com rejeito exposto. Por este motivo, recomenda-se monitorar este ponto para verificar se demandará manutenção. A Figura 76 apresenta o detalhe do desemboque sem cobertura vegetal no encontro com o rio Gualaxo.

Figura 76 – Vista frontal do desemboque do TG30B com falha na cobertura vegetal



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 684493.96E 7754275.52N

Fonte: Elaboração própria.

O TG31 encontra-se incorporado ao meio ambiente, com vegetação densa. A Figura 77 apresenta a vista geral do TG31 e a vegetação densa em sua margem, que não permitiu que o desemboque fosse inspecionado.

Figura 77 – Vista geral do TG31 com vegetação densa em suas margens



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 684895.68E 7754089.86N

Fonte: Elaboração própria.

Nos pontos onde foram lançados enrocamentos para controle de erosão, estes estão cumprindo a sua função, mantendo os taludes estáveis, conforme pode ser observado na Figura 78.

Figura 78 – Ponto com tratamento de talude e vegetação adequados



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 684493.23E 7754285.94N

Fonte: Elaboração própria.

Os retentores de sedimento precisam de revisão após o período de chuvas, para inserção de vegetação no material assoreado e eventualmente implantação de reforços em alguns pontos. A Figura 79 apresenta linha de retentores assoreada.

Figura 79 – Região com retentores assoreados



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 684071.77E 7754140.20N

Fonte: Elaboração própria.

A Área Prioritária 5 também 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.

5.1.3.2.1.5 Área Prioritária 7 e Tributários TG36 a TG41

A vegetação das margens no desemboque do TG36 estava desenvolvida e a montante a nascente já foi incorporada ao meio ambiente. A Figura 80 apresenta a vista do desemboque do TG36 e a Figura 81 apresenta a vista a montante do mesmo tributário.

Figura 80 – Vista do desemboque do TG36



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 687753.54E 7754297.57N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 81 – Vegetação a montante do TG36 já incorporado ao meio ambiente



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 687753.54E 7754297.57N

Fonte: Elaboração própria.

O TG37 se encontra na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte, absorvido pela vegetação, conforme apresentado na Figura 82.

Figura 82 – Vista da margem esquerda do rio, onde o TG37 deveria ser visualizado



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688224.82E 7754677.29N

Fonte: Elaboração própria.

O TG37A se encontra na margem direita do rio, a sua água está com aparência clara e as margens do mesmo já foram incorporadas ao meio ambiente. A Figura 83 apresenta a vista do desemboque do TG37A e a Figura 84 a região a montante coberta por vegetação nativa.

Figura 83 – Vista do desemboque do TG37A



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688300.46E 7754649.56N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 84 – Vista a montante com o tributário incorporado pela vegetação



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688300.46E 7754649.56N

Fonte: Elaboração própria.

No TG38, foi possível visualizar a água clara e que o tributário se encontra tomado por vegetação nativa. A Figura 85 apresenta a vista geral do tributário TG38.

Figura 85 – Vista geral do TG38



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688478.17E 7754603.66N

Fonte: Elaboração própria.

A qualidade visual da água do TG39 é adequada, entretanto, apresenta pouca vegetação de cobertura, conforme pode ser observado na Figura 86. A Figura 87 apresenta o desemboque do tributário com condições similares de cobertura de margem.

Figura 86 – Vista de montante do TG39



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688625.56E 7755061.86N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 87 – Desemboque do TG39 com pouca cobertura vegetal em sua margem



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688625.56E 7755061.86N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG40 se localiza na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte. A água que desemboca do tributário para o rio Gualaxo do Norte apresentava adequada qualidade visual. O tributário estava completamente tomado por vegetação e já se encontrava incorporado ao meio ambiente. A Figura 88 apresenta a vista frontal do tributário TG40.

Figura 88 – Vista frontal do tributário TG40



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688544.06E 7755709.69N

Fonte: Elaboração própria.

No TG40A, o desenvolvimento da vegetação a montante não foi pleno devido ao leito rochoso. Porém, observa-se o fluxo de água com adequada qualidade visual. A jusante do mesmo, a vegetação se desenvolveu de forma plena, reincorporando o tributário ao meio ambiente. A Figura 89 apresenta a vista a montante do tributário e a Figura 90 apresenta a vista de jusante, com a vegetação encobrindo o seu leito.

Figura 89 – Vista a montante do tributário TG40A



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688622.44E 7755846.90N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 90 – Vista a jusante do tributário TG40A com vegetação desenvolvida



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688622.44E 7755846.90N

Fonte: Elaboração própria.

O TG41 se encontra na margem esquerda do rio e está completamente integrado a área, com vegetação encobrindo seu leito, como pode ser observado na Figura 91. Apesar da presença de rejeitos o desemboque do tributário se encontra estável, conforme apresentado na Figura 92.

Figura 91 – Vista a montante do tributário TG41 encoberto por vegetação



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688352.21E 7756355.72N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 92 – Desemboque do TG41



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688352.21E 7756355.72N

Fonte: Elaboração própria.

Não foi notado nenhum dano significativo em retentores de margem ao longo da inspeção de campo, apenas assoreamentos. A Figura 93 apresenta um retentor que precisará de reforço ou cobertura vegetal após o período de chuvas.

Figura 93 – Retentores de sedimento preenchidos por rejeitos



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 687766.49E 7754296.87N

Fonte: Elaboração própria.

Não foram notados danos nos enrocamentos de proteção da margem do rio, conforme apresentado na Figura 94.

Figura 94 – Enrocamento tipo na margem do rio da Área Prioritária 7



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 687766.49E 7754296.87N

Fonte: Elaboração própria.

Próximo ao TG36 foi observada uma descida de água que teve seu enrocamento carregado pelas chuvas. A manta permaneceu no local e protege parcialmente contra erosões, porém a manutenção e adequação do problema deve acontecer após o período de chuvas. A Figura 95 apresenta o estado da descida no dia 21 de dezembro de 2017.

Além disso, o fluxo de água considerável ocorrido na região, carregou parte do enrocamento e dirigiu o fluxo para local não adequado. Este problema provocou uma erosão significativa em sua margem direita do rio Gualaxo do Norte. Tal adversidade, poderá provocar erosão de maior porte e danificar seriamente a descida de água. A Figura 96 apresenta uma vista geral da erosão na descida de água.

Figura 95 – Descida de água com enrocamento carregado



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 687764.77E 7754321.47N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 96 – Descida de água com erosão na margem direita



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688614.05E 7754716.66N

Fonte: Elaboração própria.

Um outro problema observado foi o pé que se apresenta côncavo, com inclinação negativa em alguns pontos, que por sua vez poderá provocar rupturas ainda no período de chuvas. O tratamento do ponto precisa acontecer assim que o período de chuvas acabar. A Figura 97 apresenta o ponto onde o talude precisa de correção e o **Anexo II** apresenta o laudo da vistoria de campo.

Figura 97 – Instabilidade de talude na margem do rio na Área Prioritária 7



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688169.53E 7756436.10N

Fonte: Elaboração própria.

Não foi observado nenhum ponto de falha significativa de cobertura vegetal ao longo do trecho vistoriado. A Figura 98 apresenta a vegetação típica da Área Prioritária 7.

Figura 98 – Vegetação típica da Área Prioritária 7



Notas: Foto tirada dia 21 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688169.53E 7756436.10N

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3.2.1.6 Tributários TG 42 a TG43

O tributário TG42 se localiza na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte, com vegetação de cobertura desenvolvida e qualidade da água visualmente clara. A Figura 99 apresenta a vista frontal do TG42. O tributário TG42A, possui características semelhantes ao TG42 conforme apresentado na Figura 100.

Figura 99 – Vista do desemboque do TG42A



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688070.39E 7757107.59N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 100 – Vista do desemboque do TG42A



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 689253.49E 7757452.94N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG43 se localiza na margem direita do rio Gualaxo do Norte. A vegetação cobriu suas margens e a visualização do fluxo de água ficou praticamente encoberta, conforme apresentado na Figura 101.

Figura 101 – Margens e desemboque do TG43 com boa cobertura vegetal



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 689516,22E 7757174,04N

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 102 apresenta uma linha de retentores completamente preenchida por sedimentos, que deverá ser inspecionado após período de chuvas. Não foram observados pontos de falha ou necessidade de correção nos enrocamentos. A Figura 103 apresenta a vista geral de um dos enrocamentos implantados na área.

Figura 102 – Retentores de sedimento preenchidos por rejeito



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688070.27E 7757097.07N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 103 – Vista geral de um enrocamento com descida de água implantado na Área Não Prioritária



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688070.39E 7757107.59N

Fonte: Elaboração própria.

A vegetação de superfície se encontra desenvolvida ao longo da Área Não Prioritária 24. A Figura 104 apresenta a vista geral da vegetação encontrada na região.

Figura 104 – Vegetação observada durante a vistoria da Área Não Prioritária



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 688404.31E 7756411.07N

Fonte: Elaboração própria.

Foram observados também dois pontos de instabilidade que precisam de tratamento superficial. Em ambos os casos, faz-se necessário a conformação de ângulos e a proteção superficial dos taludes para evitar a propagação da erosão. Recomenda-se apenas intervenção manual para ajustar a cobertura a ser implantada. A Figura 105 e Figura 106 apresentam os pontos com problema com suas respectivas coordenadas de localização.

Figura 105 – Talude rompido sem cobertura vegetal que precisa se ajustar



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 689429.80E 7757362.99N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 106 – Talude com necessidade de tratamento



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 689164.06E 7757444.29N

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3.2.1.7 Área Prioritária 9 e Tributários TG44 a TG47

O TG44 se localiza na margem direita do rio Gualaxo do Norte. Na região da curva do tributário foi constatada uma erosão na margem que precisa de tratamento para evitar danos ao talude. Recomenda-se tratar também os pontos sem vegetação, de forma a reter melhor os rejeitos sedimentados na região. A Figura 107 apresenta a vista do tributário com pontos sem vegetação e com a margem erodida.

Figura 107 – Tributário TG44 com falha de vegetação e margem erodida



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 692053.99E 7757233.68N

Fonte: Elaboração própria.

Durante a vistoria não foi observada nenhuma anomalia no tributário TG45. O TG46 apresentou apropriada recuperação de vegetação superficial e se encontra integrado ao meio ambiente, conforme examinado na Figura 108. A qualidade da água descartada pelo mesmo é considerada visualmente correta.

O tributário TG47 também se encontra integrado ao meio ambiente e com adequada qualidade visual da água, conforme Figura 109.

Figura 108 – Tributário TG46 encoberto pela vegetação



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 692966.57E 7757370.76N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 109 – Tributário TG47 com margens vegetadas



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 692966.57E 7757370.76N

Fonte: Elaboração própria.

Os retentores de sedimento cumpriram seu papel e em dezembro já se encontravam preenchidos por rejeitos, conforme Figura 110. Isso implica que após o período de chuvas os mesmos precisam ser trabalhados com revegetação ou reforço.

Figura 110 – Retentores de sedimento assoreados



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 691377.10E 7757141.66N

Fonte: Elaboração própria.

A vegetação se desenvolveu de forma adequada, conforme Figura 111. A Figura 112 mostra uma região tratada sem problemas aparentes de drenagem superficial e com cobertura da vegetação.

A Área prioritária 9 também possui “as built” e a localização das fotos serão apresentadas nos correspondentes desenhos no **Anexo I** deste documento.

Figura 111 – Vegetação típica da área 9



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 691380.67E 7757142.95N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 112 – Área tratada operando em condições adequadas



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 692074.58E 7757243.64N

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3.2.1.8 Área Prioritária 6 e Tributários TG47A a TG49

O ponto de descarga do tributário TG47A fica na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte. A montante, o mesmo foi protegido com enrocamento no leito e suas margens foram protegidas com mantas orgânica para revegetação. A Figura 113 apresenta a vista de montante do tributário TG47A e a Figura 114 apresenta o desemboque do tributário. Neste tributário a vegetação de proteção para erosão ainda não incorporou o mesmo de forma plena em toda sua extensão.

Figura 113 – Montante do tributário TG47A com pouca vegetação na margem



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 694646.17E 7758296.37N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 114 – Desemboque do tributário TG47A



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 694646.17E 7758296.37N

Fonte: Elaboração própria.

O TG47B apresentou adequada cobertura vegetal e já está praticamente incorporado ao meio ambiente, conforme segue na Figura 115. A qualidade visual da água é adequada para o período do ano.

Figura 115 – Desemboque do tributário TG47B com boa vegetação nas margens



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 694633.99E 7758337.36N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG48 não pôde ser inspecionado, pois o mesmo se encontrava em terra de terceiro que não permite acesso à área. Os tributários TG49A (Figura 116) e TG49 (Figura 117), estão em adequado estado e a vegetação começa a incorporar os mesmos ao meio ambiente. A qualidade visual da água é correta para o período do ano.

Figura 116 – Tributário TG49A em seu ponto de descarga no TG49



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 695639.00E 7758923.80N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 117 – Margens do tributário TG49 pouco antes de se fundir ao TG49A



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 695766.27E 7758924.02N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG49C (Figura 118) foi tomado pela vegetação e não foi possível visualizar seu desemboque por falta de acesso.

Figura 118 – Vista do tributário TG49C



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 696309.78E 7758956.39N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG49B fica próximo a uma fazenda que possui criação de gado. A vegetação da nascente se desenvolveu, mesmo com bovinos se alimentando na região. A qualidade visual da água é adequada para o período do ano. A Figura 119 mostra a vista de montante e a Figura 120 apresenta o desemboque do tributário TG49B, ambos com vegetação bem desenvolvida.

Figura 119 – Vista a montante do tributário TG49B com presença de gado



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 696476.43E 7758918.84N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 120 – Desemboque TG49B com vegetação bem desenvolvida



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 696476.43E 7758918.84N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG49D se encontra em correto estado de conservação e tem toda sua margem coberta por vegetação nativa, estando praticamente incorporado ao meio ambiente (Figura 121). A qualidade visual da água é adequada para o período do ano.

Figura 121 – Desemboque TG49D praticamente incorporado pelo meio ambiente



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 696476.43E 7758918.84N

Fonte: Elaboração própria.

O tributário TG49E se localiza na margem direita do rio Gualaxo do Norte. A Figura 122 apresenta-o com vegetação bem desenvolvida e distribuída de forma uniforme.

Figura 122 – Tributário TG49E camuflado pela vegetação local



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 698146.07E 7757732.41N

Fonte: Elaboração própria.

O TG49F, Figura 123, apresenta-se com a vegetação de proteção para erosão ocupando praticamente toda sua extensão, mas ainda com alguns pontos de falha de cobertura. Já o TG49G foi completamente tomado pela vegetação nativa, sendo dificultoso ver seu desemboque no rio (Figura 124). Ambos apresentam adequada qualidade visual da água.

Figura 123 – Tributário TG49F com pontos de falha na proteção de margem



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 699289.82E 7758270.99N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 124 – Tributário TG49G completamente tomado pela vegetação



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 699474.82E 7758185.81N

Fonte: Elaboração própria.

As regiões com enrocamento estão estáveis e servem de pontos de sedimentação para rejeitos, que se acumulam por cima dele (Figura 125). Os retentores estão trabalhando de forma adequada e alguns deles já começam a ser incorporados pelo meio ambiente.

Figura 125 – Vista panorâmica de região com obras integradas ao meio ambiente



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 694637.39E 7758342.53N

Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 126, observa-se um problema de erosão nas proximidades do tributário TG49E. Ainda nestas proximidades, entre o TG49E e F, foi detectado falha na manta de cobertura, deixando parte do talude expostos, conforme apontado na Figura 127. Recomenda-se tratar o ponto em questão após o período de chuvas.

Figura 126 – Erosão por falta de drenagem adequada na pista



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: Indefinido por falha no GPS.
COORDENADAS UTM TG49E: 699289.82E 7758270.99N

Fonte: Elaboração própria.

Figura 127 – Manta de proteção superficial do talude com necessidade de reparo



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: Indefinido por falha no GPS.
COORDENADAS UTM TG49E: 699289.82E 7758270.99N

Fonte: Elaboração própria.

O talude apresentado na Figura 128 se localiza fora da Área Prioritária 6, na parte final da mesma. O ponto em questão apresenta lavagem do pé do talude e por consequência a instabilização do mesmo. Neste ponto recomenda-se a proteção do pé do talude no leito do rio com enrocamento. O **Anexo II** deste documento apresenta o laudo de inspeção do talude.

Figura 128 – Talude com problema de estabilidade devido à erosão em seu pé



Notas: Foto tirada dia 12 de dezembro de 2017. COORDENADAS UTM: 699471.90E 7758185.95N

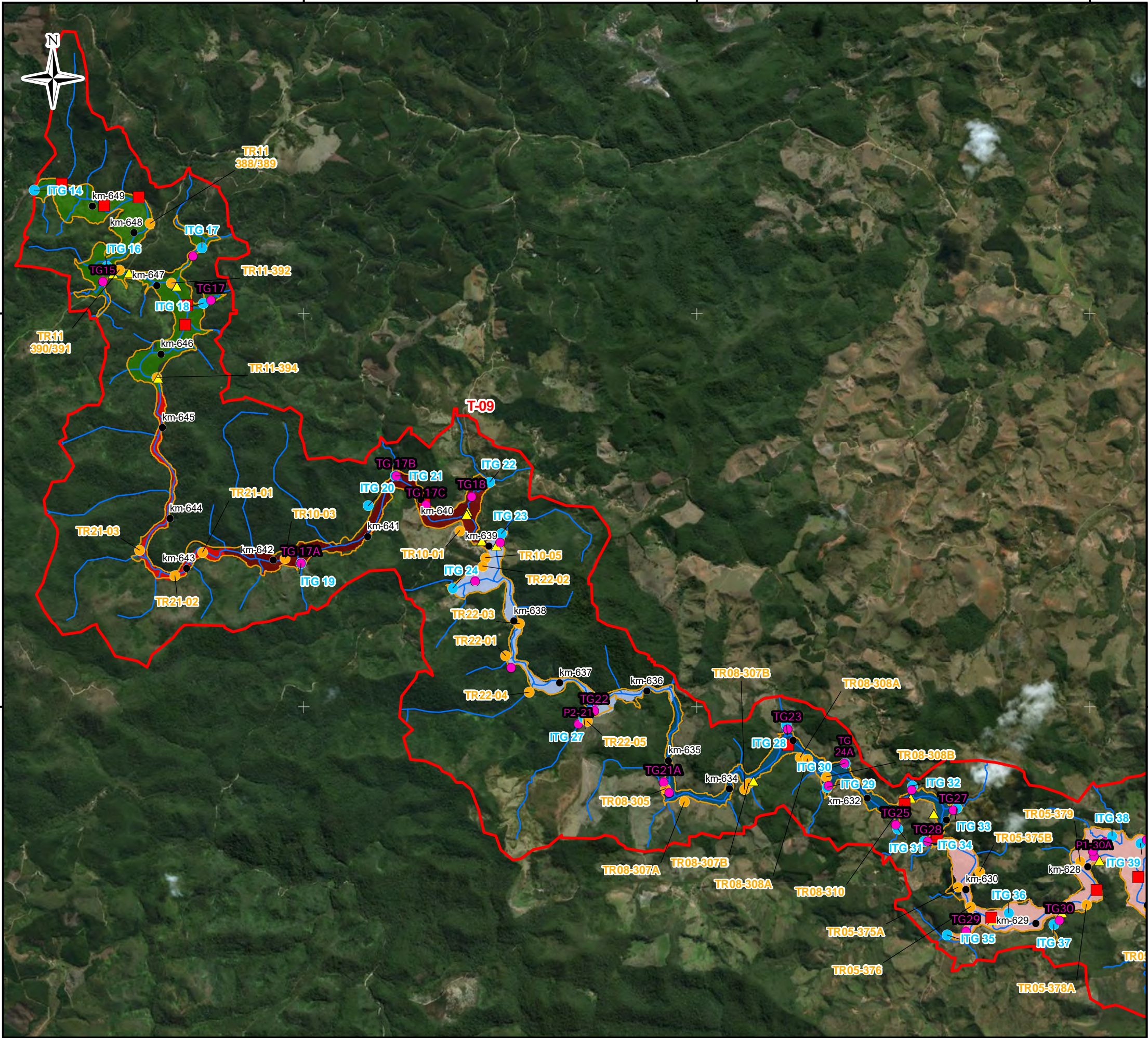
Fonte: Elaboração própria.

A Área Prioritária 6 também possui “as built” levantado. Por este motivo, com intuito de facilitar a localização dos problemas repostados no campo, optou-se por definir a posição das fotos nos desenhos. Estes desenhos farão parte do **Anexo I** do documento.

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

A modo de resumo, a Figura 129 apresenta os pontos de monitoramento das operações Áugias e Watu, além dos pontos vistoriados pela JACOBS 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.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Monitoramento - Operação WATU
 - Monitoramento - Operação
 - ▲ Visita de campo da JACOBS/CH2M
 - Pontos identificados com necessidade de manutenção
 - Tributários
- Áreas Prioritárias e Não Prioritárias
- Área Não Prioritária - 21
 - Área Não Prioritária - 22
 - Área Prioritária - 10
 - Área Prioritária - 11
 - Área Prioritária - 05
 - Área Prioritária - 08

ESCALA GRÁFICA:
0 250 500 1.000 1.500 2.000
m

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

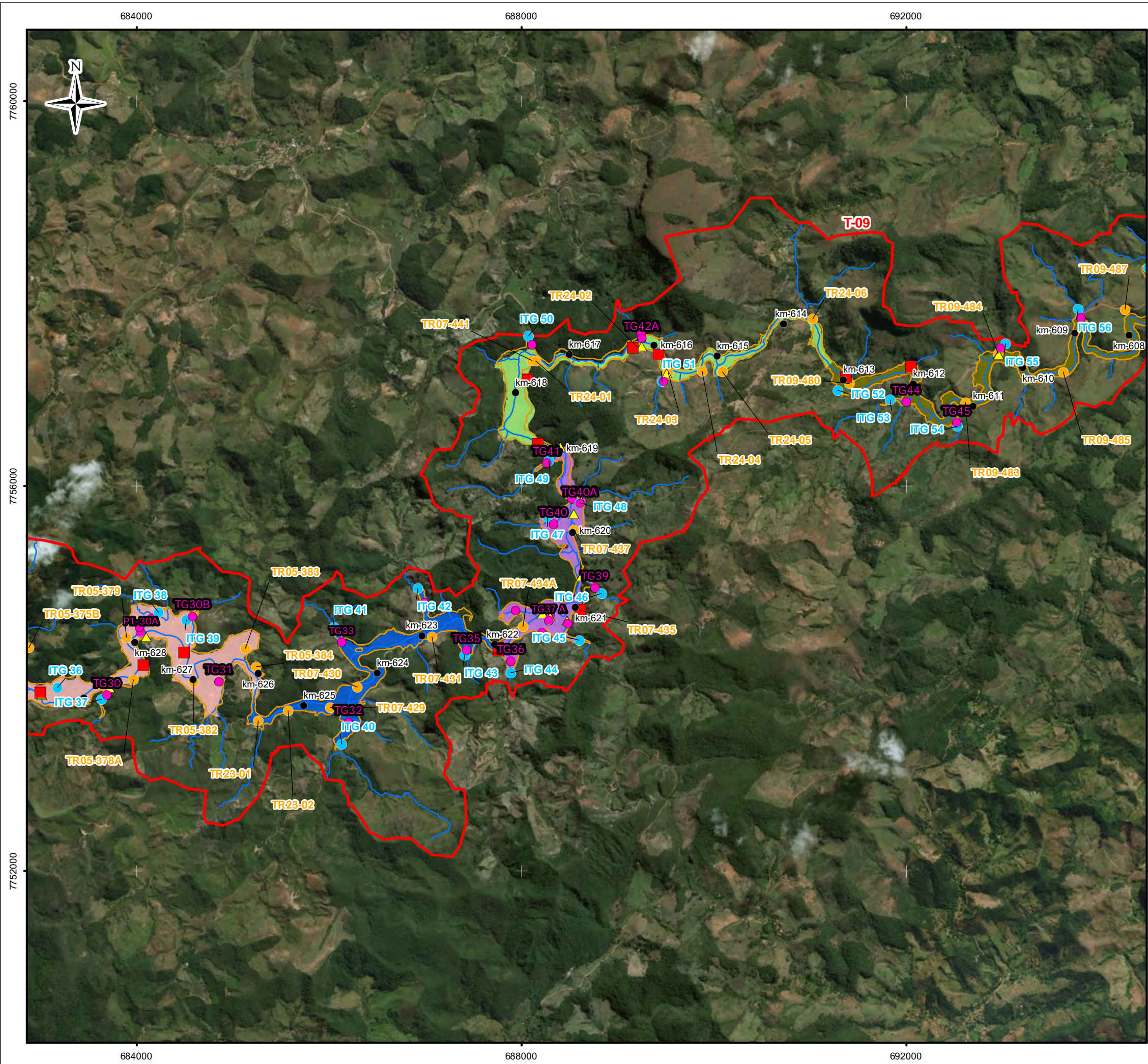
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS **ch2m**

TÍTULO:
Visita das estruturas de controle de erosão e disciplinamento
das drenagens
Folha - 1

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Monitoramento - Operação WATU
- Monitoramento - Operação
- ▲ Visita de campo da JACOBS/CH2M
- Pontos identificados com necessidade de manutenção
- Tributários

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- Área Não Prioritária - 23
- Área Não Prioritária - 24
- Área Prioritária - 07
- Área Prioritária - 09
- Área Prioritária - 05

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016. Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:

Figura 129
Visita das estruturas de controle de erosão e disciplinamento das drenagens
Folha - 2

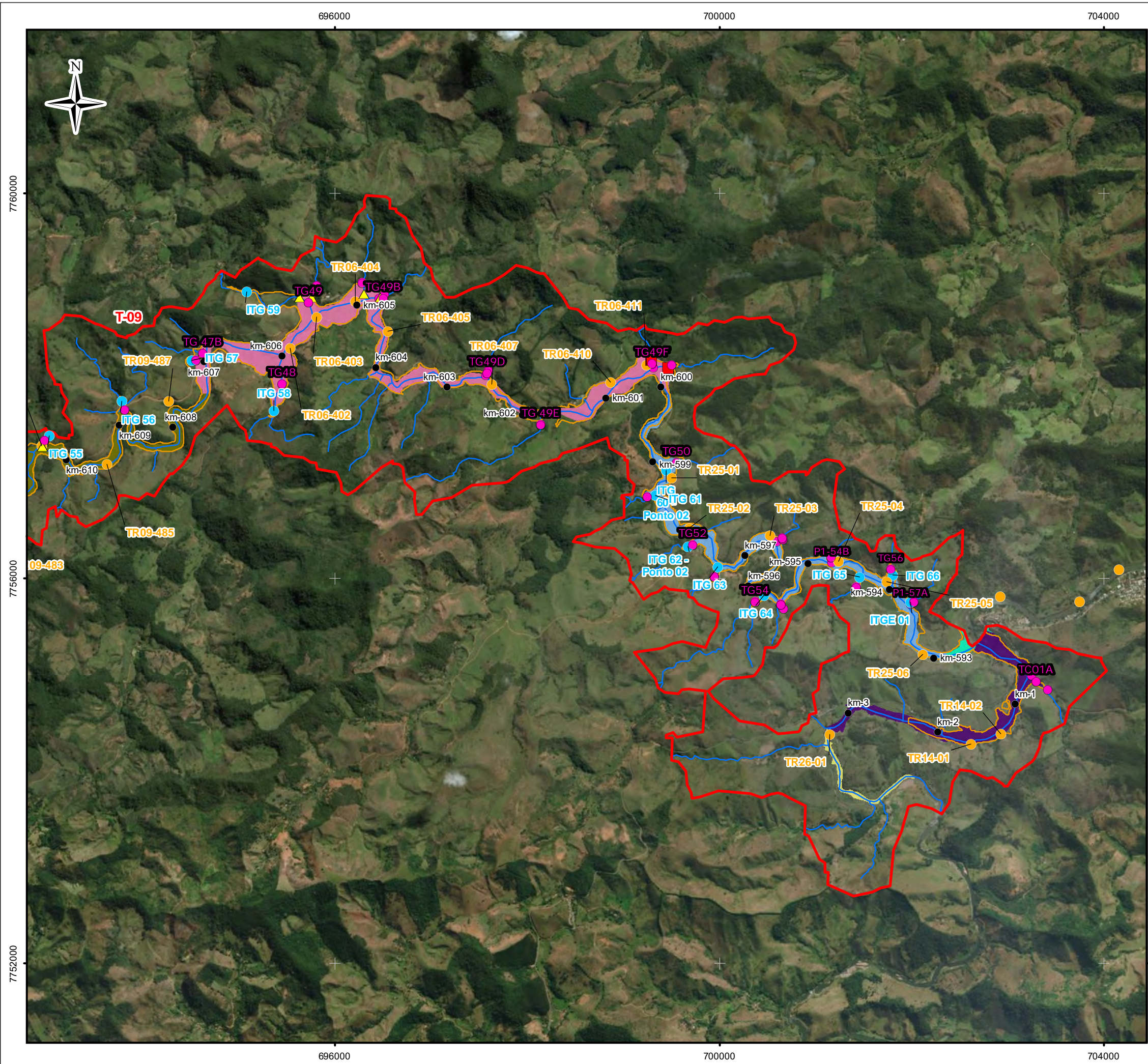
PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 129 - Visit Estrut Contr Erosão Disc Drenag R1



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Monitoramento - Operação WATU
- Monitoramento - Operação
- ▲ Visita de campo da JACOBS/CH2M
- Pontos identificados com necessidade de manutenção
- Tributários

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- Área Não Prioritária - 25
- Área Não Prioritária - 26
- Área Prioritária - 06
- Área Prioritária - 09
- Área Prioritária - 15
- Área Prioritária - 14

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016. Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:

Figura 129
Visita das estruturas de controle de erosão e disciplinamento das drenagens
Folha - 3

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 129 - Visit Estrut Contr Erosão Disc Drenag R1

A modo de resumo, nas seções a seguir encontram-se descritas as principais considerações identificadas para cada trecho na vistoria realizada em dezembro de 2017. A data da inspeção foi adequada, uma vez que o período de chuvas intensas mostra a real eficiência dos sistemas instalados para contenção de sedimentos e tratamento da drenagem superficial. As inspeções ocorreram após algumas chuvas intensas, que provocaram enchentes no entorno de Mariana, sendo então uma prova adequada para avaliação da qualidade e eficiência das obras implantadas.

Apesar da adequada resposta do sistema implantado o monitoramento e manutenção contínua das áreas atingidas ainda são necessários, até que a recuperação e integração da obra seja plena, de forma a garantir a estabilidade física das drenagens superficiais, margens e taludes da região.

De forma geral, as intervenções ao longo de todo o Trecho 9 encontram-se trabalhando de forma adequada, atendendo às expectativas de projeto, e precisam de correções pontuais.

Os retentores de sedimento cumpriram seu papel de projeto e poucos sofreram danos. Grande maioria destes estão preenchidos de rejeitos e já se incorporando ao meio ambiente. Uma questão recorrente observada, é o assoreamento dos retentores de sedimento ao longo das margens. Vários destes já estão completamente assoreados. Por este motivo, recomenda-se uma revisão completa destas estruturas logo após o período de chuvas.

As margens do rio em grande parte do trecho estão em excelente estado e a vegetação natural já protege grande de sua área. Os enrocamentos de proteção foram eficientes e poucos pontos apresentaram necessidade de correção.

O grande dificultador da inspeção e manutenção do Trecho 9 é que grande maioria das terras pertencem a terceiros. Tal fato dificulta a recuperação vegetal da região e manutenção das drenagens superficiais tratadas, visto que diversos pontos têm livre acesso de animais de grande porte. Ainda assim, em diversos locais, a vegetação se desenvolveu de forma tão intensa que a inspeção não foi possível por falta de acesso.

No geral, a vegetação de proteção para erosão também se desenvolveu corretamente em toda região. São raros os pontos com carência de vegetação. Em muitos locais nota-se o desenvolvimento de arbustivas.

As drenagens superficiais inspecionáveis estavam de forma geral em excelente estado, com poucos pontos de correção necessários. Os tributários apresentaram-se em correto estado, com grande incorporação de vegetação e água com turbidez adequada para o período do ano, com algumas exceções como:

- TG14, que apresentou fluxo de água com turbidez, provocada por pontos que precisarão ser tratados posteriormente. Não existe emergência no tratamento destes pontos, apenas remediação pontual após o período de chuvas.
- TG19, que apresentou fluxo de água com turbidez acima do esperado. Recomenda-se inspeção no mesmo para descobrir a causa e atuar no problema.
- TG44 precisa de atenção devido à erosão em uma de suas margens, conforme previamente abordado neste tópico.

Na **Área Prioritária 11** os problemas de drenagem superficial não foram evidenciados. As intervenções inspecionadas estão em adequado funcionamento e não apresentam nenhum tipo de dano.

As margens tratadas com enrocamento encontram-se em correto estado. Não foi observado nenhum dano das estruturas implantadas. Entretanto, alguns pontos com erosão de margem que não foram previamente tratados e que surgiram após as chuvas precisarão de tratamento, conforme comentado neste tópico.

Na **Área Prioritária 10** os problemas de drenagem superficial foram pontuais e de baixa relevância. O mais significativo foi uma erosão ao lado de uma descida de água em enrocamento, que ainda assim é um problema de baixa relevância.

As margens encontram-se em excelente estado com muitos pontos com incorporação de vegetação. Não foi observado em toda a extensão da área prioritária nenhum ponto de falha visível.

Poucos problemas de drenagem superficial foram notados na **Área Prioritária 8**. Ainda assim, são problemas de baixa relevância e os danos gerados são pouco significativos. Acredita-se que os problemas possam ser sanados no próximo período de seca sem maiores consequências.

A Área Prioritária 8 também apresenta ocupação de terceiros que prejudica a recuperação plena da vegetação na região. Em diversos locais, observou-se animais de grande porte se alimentando na região, o que por sua vez danificam as drenagens e geram falhas na vegetação.

Na **Área Prioritária 5** apreciaram-se margens mais largas e velocidade de fluxo não tão elevada. As obras de drenagem superficial trabalharam de forma muito adequada e não foi observado nenhum ponto que precise de reparos.

A **Área Prioritária 7** apresentou excelente condição geral de recuperação e poucos problemas que precisam de atenção especial. Os enrocamentos implantados estão trabalhando de forma adequada, sem qualquer dano que precise de reparo. Nesta área, foi detectado apenas um problema de estabilidade de taludes que merece tratamento especial.

Na **Área Prioritária 9** não se observou nenhum problema de drenagem que merecesse atenção. Os problemas observados são insignificantes e naturais para a época do ano. As áreas tratadas não apresentaram nenhum dano visível até a data da inspeção.

A **Área Prioritária 6** possui 11 tributários espalhados ao longo do rio Gualaxo do Norte. Trata-se de uma área muito extensa. Mesmo assim, a mesma não apresentou nenhum problema significativo que merecesse atenção. O único problema de margem observado que merece atenção específica, foi a falha da manta que igualmente é uma inconsistência de baixa relevância.

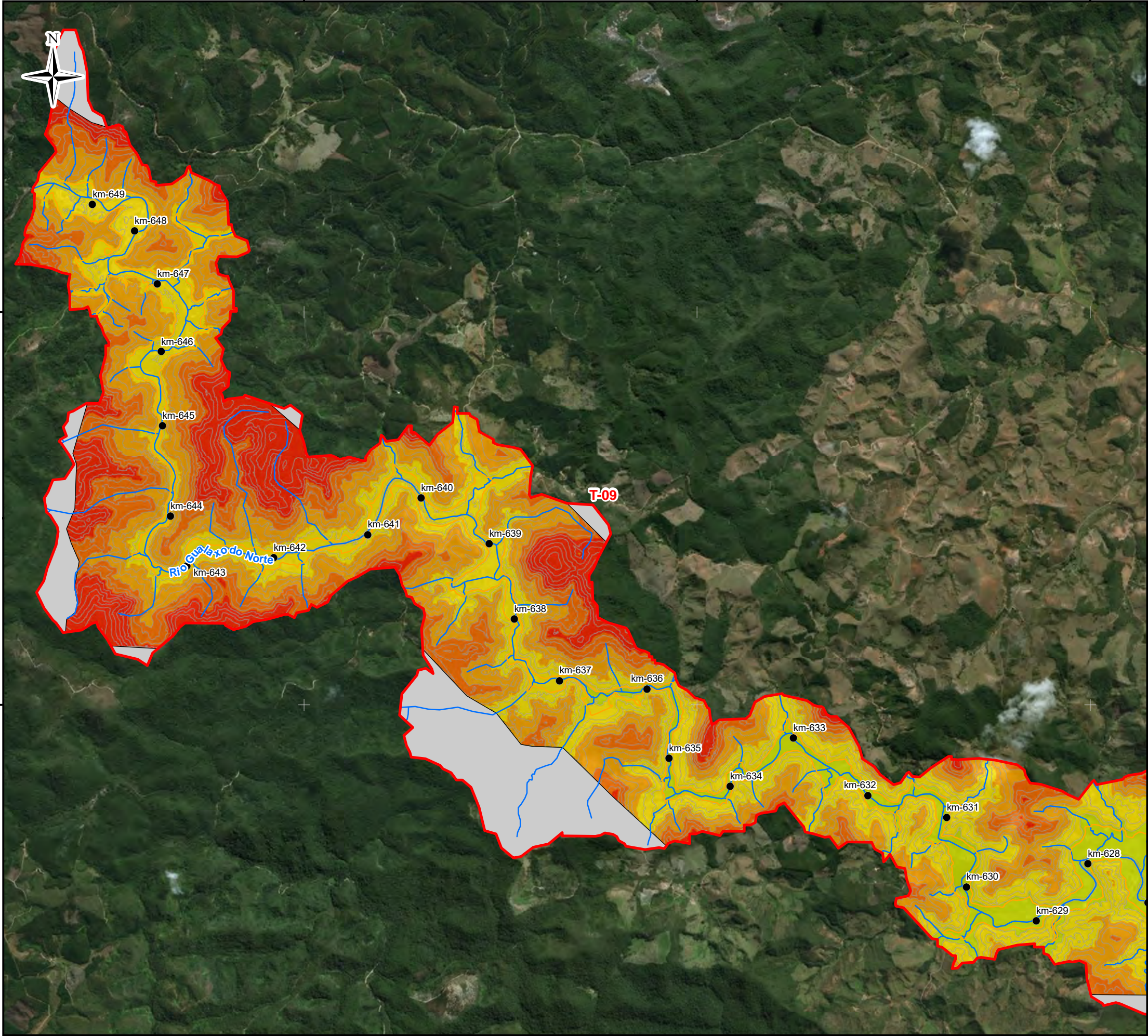
As obras de drenagem superficial vistoriadas funcionaram de forma adequada. Os poucos pontos problemáticos observados estão ligados a problema de drenagem de acesso, que margeiam o rio ao longo de todo o trecho. Ainda assim, os danos observados são muito pequenos dado a dimensão da área prioritária.

5.1.4 Levantamento Planialtimétrico

O Mapa Hipsométrico do Trecho 9, apresentado na Figura 130, foi elaborado a partir do levantamento planialtimétrico realizado por meio dos dados de elevação do LiDAR (*Light Detection and Ranging*). De acordo com este mapa, as altitudes no Trecho 9 variam de mais de 700 metros nos morros na porção montante do trecho, a menos de 400 metros na porção jusante do trecho, onde ocorre a confluência do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo.

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 menos de 400 metros na jusante até elevações entre 550 e 600 metros, a montante.

As maiores altitudes estão concentradas nos topos de morros, os quais estão mais presentes no Trecho 9 entre os km 636 e 646 do rio, considerando o km 0 na foz do rio Doce. Nos 10 quilômetros supracitados, os morros têm elevações acima de 700 metros.

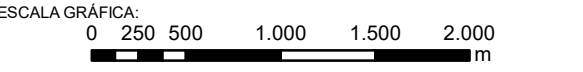


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Curva de Nível (20 - 20m)
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Classes hipsométricas (m)

- Até 400m
- 400 - 450m
- 450 - 500m
- 500 - 550m
- 550 - 600m
- 600 - 650m
- 650 - 700m
- Acima de 700
- Áreas sem cobertura do LIDAR*



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; Esri, 2018.
Levantamento LIDAR, fornecido por Fundação Renova, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



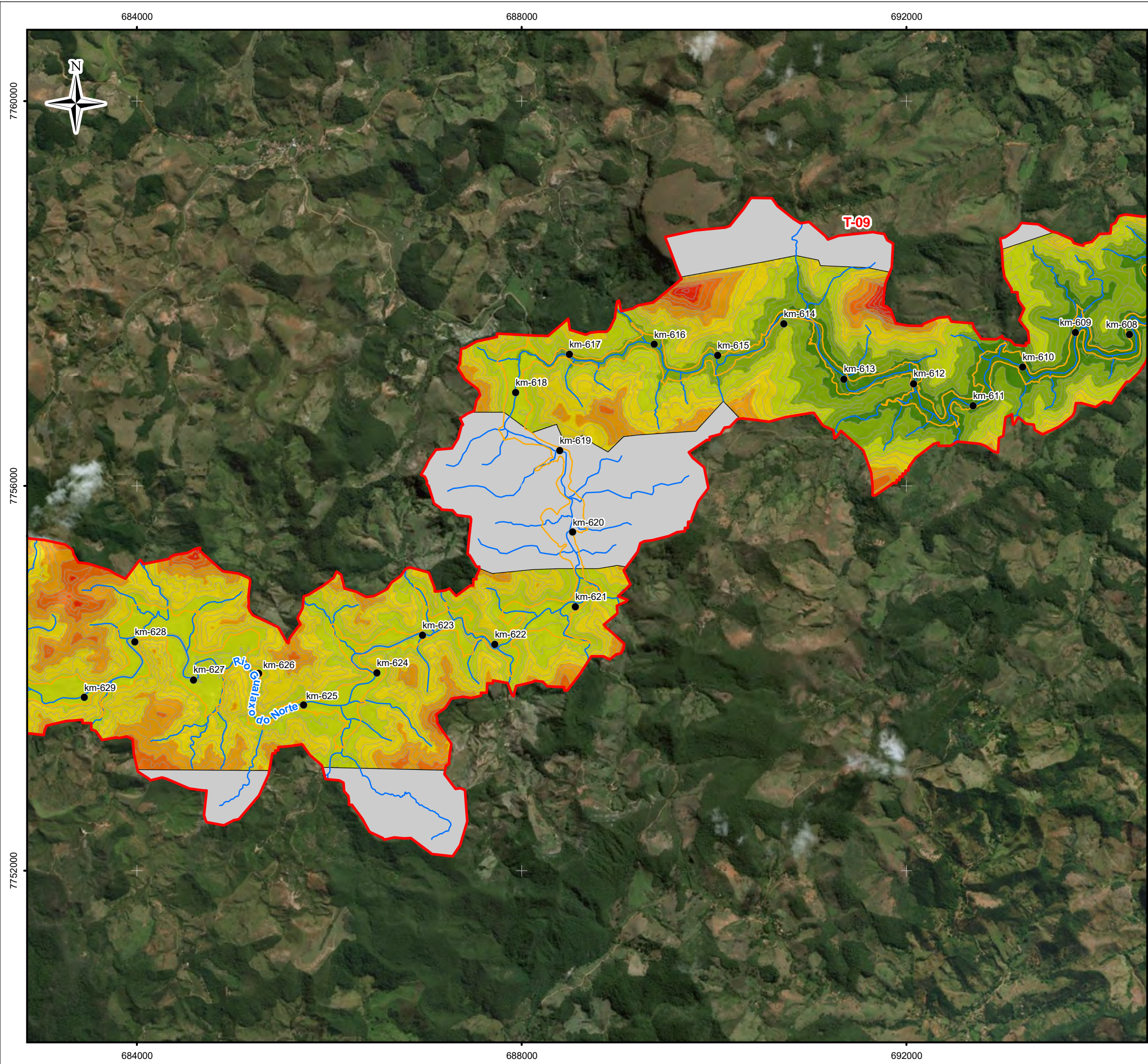
TÍTULO:

Figura 130
Mapa Hipsométrico
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 130 - Hipsométrico - Trecho 9



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Curva de Nível (20 - 20m)
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Classes hipsométricas (m)

Até 400m
400 - 450m
450 - 500m
500 - 550m
550 - 600m
600 - 650m
650 - 700m
Acima de 700
Áreas sem cobertura do LIDAR*

ESCALA GRÁFICA:

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; Esri, 2018.
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 130
Mapa Hipsométrico
Folha - 2

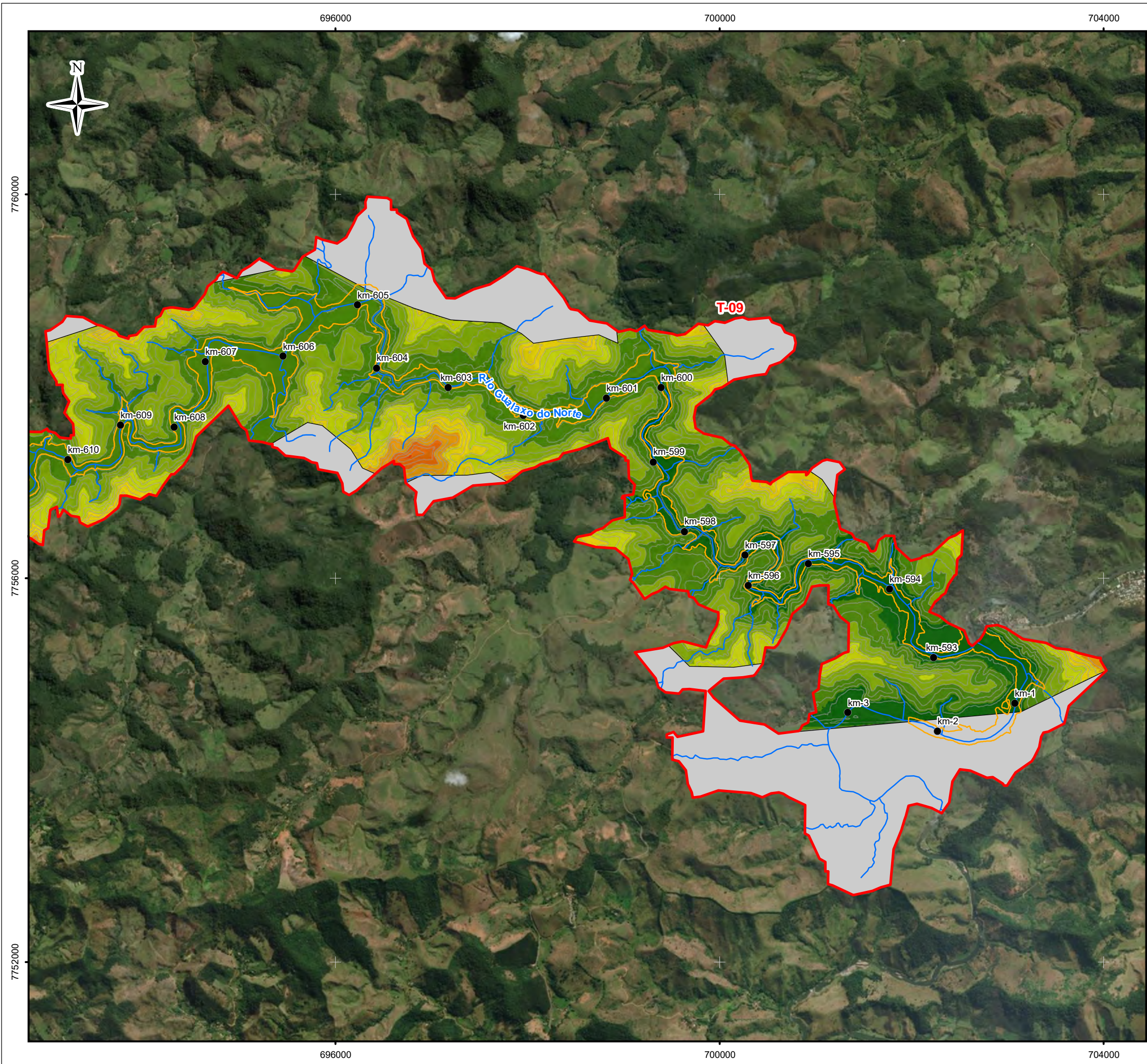
PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 130 - Hipsométrico - Trecho 9

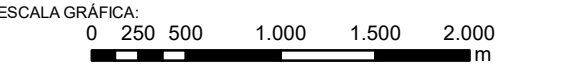


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Curva de Nível (20 - 20m)
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Classes hipsométricas (m)

Até 400m
400 - 450m
450 - 500m
500 - 550m
550 - 600m
600 - 650m
650 - 700m
Acima de 700
Áreas sem cobertura do LIDAR*



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; Esri, 2018.
Levantamento LIDAR, fornecido por Fundação Renova, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



TÍTULO:

Figura 130
Mapa Hipsométrico
Folha - 3

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

5.1.5 Unidades da Paisagem

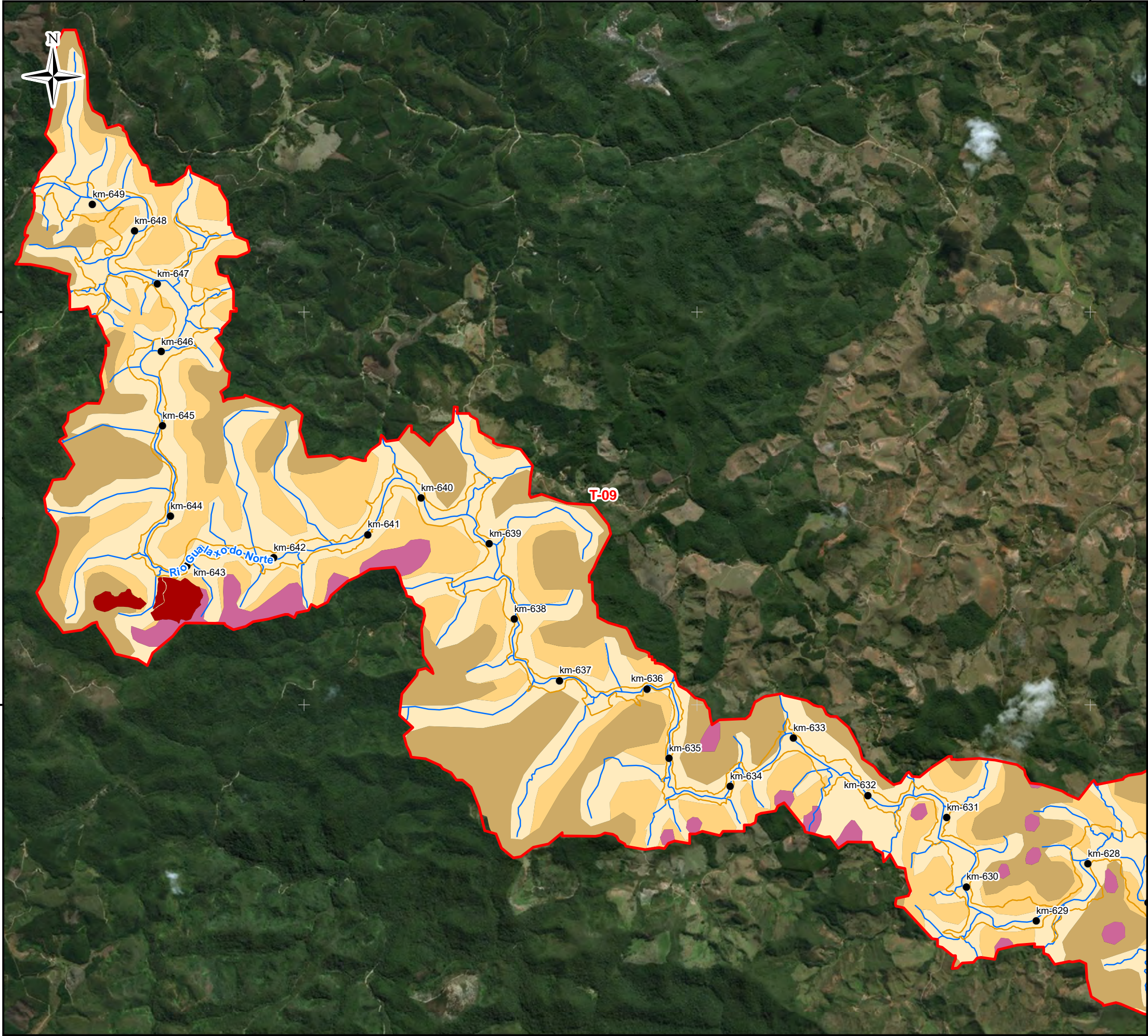
Para identificação das unidades de paisagem do Trecho 9 foram compiladas as informações oferecidas pelos Zoneamentos Ambientais Produtivos – ZAP – de 2017 da bacia do rio Gualaxo do Norte e do rio do Carmo.

Tabela 5 – Unidades de paisagem no Trecho 9

CLASSIFICAÇÃO	TRECHO 9 (HA)
Afloramento rochoso	26
Colina do topo alongado	1604
Rampa de colúvio	1020
Terraço fluvial	1475
Vale encaixado com vertente ravinada	2507
Vertente convexa com inclusão cônica	364
Vertente côncava	44

Fonte: 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 131.



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Unidades da Paisagem (ZAP)

- Planície Fluvial
- Vale Encaixado com Vertente Ravinada
- Rampa de Colúvio
- Colina de Topo Alongado
- Afloramento Rochoso
- Vertente Convexa com Inclusão Cônica

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 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 e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:

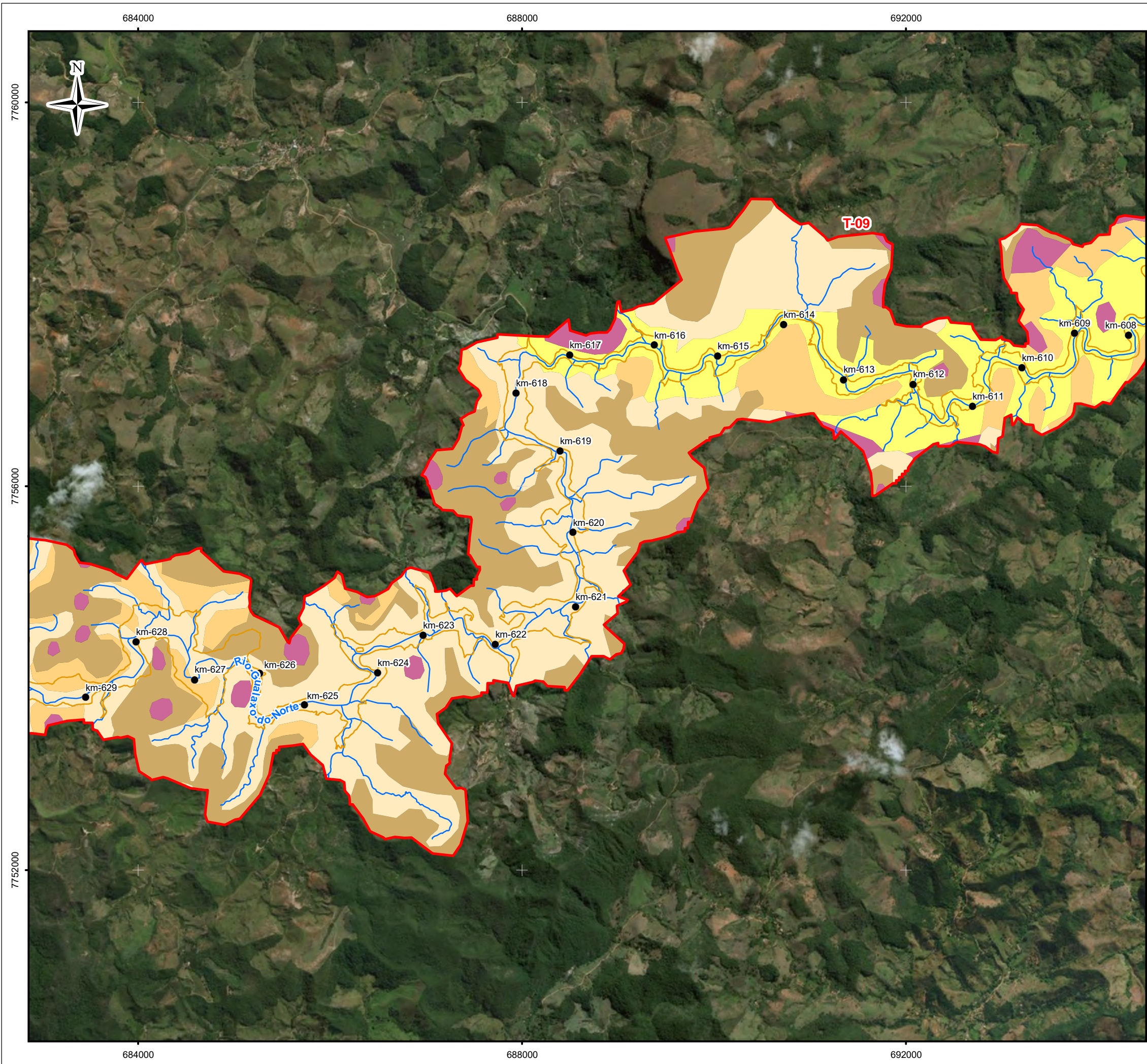
Figura 131
Unidades da Paisagem
Folha - 1

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 131 - Unidades da Paisagem - Trecho 9

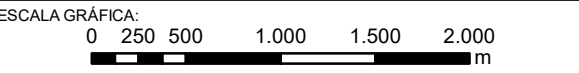


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Unidades da Paisagem (ZAP)

- Planície Fluvial
- Vale Encaixado com Vertente Ravinada
- Rampa de Colúvio
- Colina de Topo Alongado
- Afloramento Rochoso
- Vertente Convexa com Inclusão Cônica



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

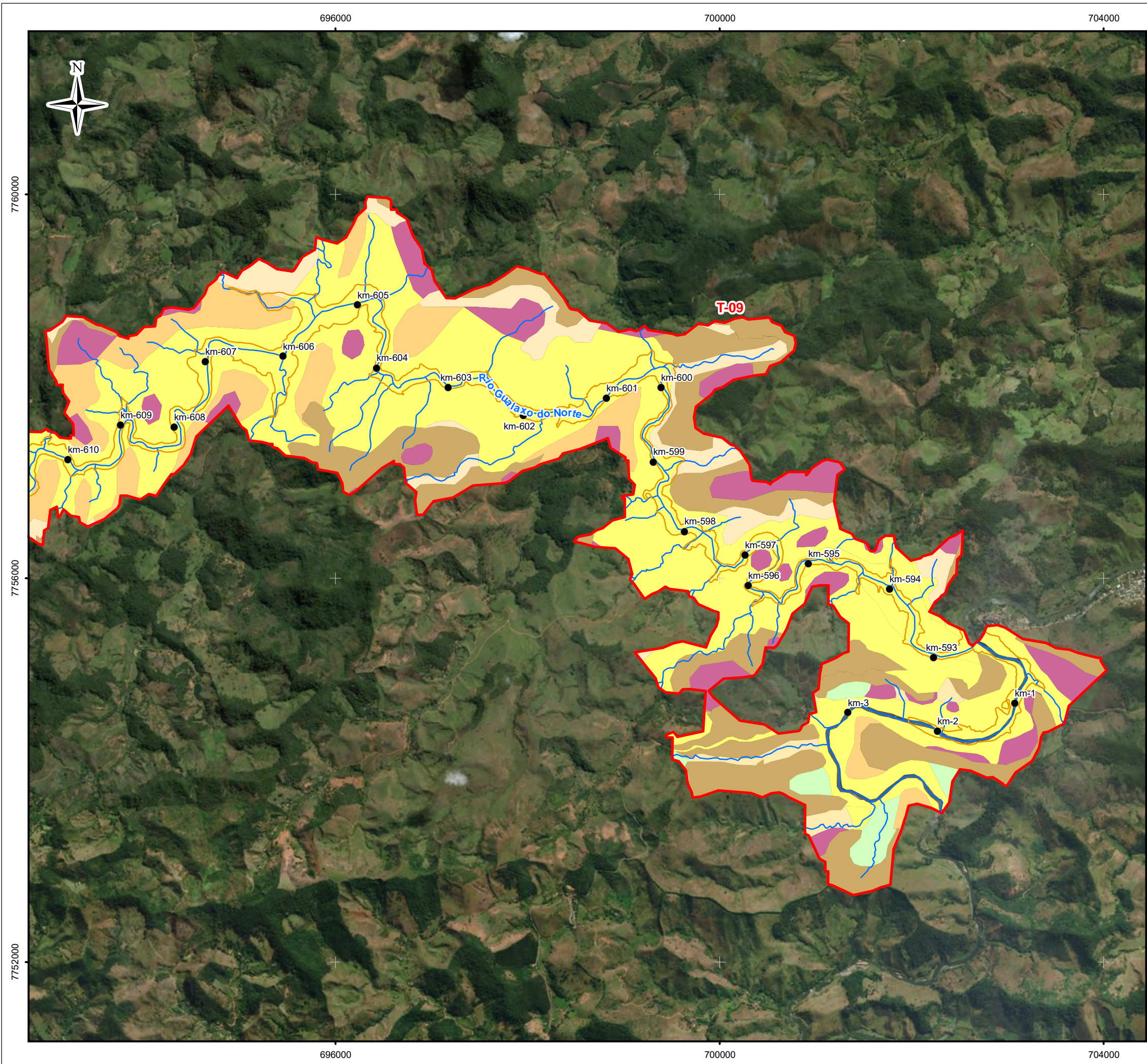


TÍTULO:
Figura 131
Unidades da Paisagem
Folha - 2

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 131 - Unidades da Paisagem - Trecho 9



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Unidades da Paisagem (ZAP)

- Planície Fluvial
- Vale Encaixado com Vertente Ravinada
- Rampa de Colúvio
- Colina de Topo Alongado
- Vertente Convexa com Inclusão Cônica

ESCALA GRÁFICA:
0 250 500 1.000 1.500 2.000 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 e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 131
Unidades da Paisagem
Folha - 3

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:40.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	-------------

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 131 - Unidades da Paisagem - Trecho 9

5.1.6 Identificação das Lagoas Marginais no Trecho 9

A identificação e mapeamento das lagoas marginais no entorno no Trecho 9 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, foram em parte suprimidas por deposição dos rejeitos e dos trabalhos de controle emergencial dos processos erosivos. Desta forma, fez-se necessária a caracterização da evolução das mesmas, identificando-as 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 d'água, 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 do rio Gualaxo do Norte e que se configuram como terraços elevados, pouco susceptíveis a inundações sazonais.

A definição do contorno de cada lagoa (polígonos em azul nas figuras de localização apresentadas no **Anexo X**) levou em consideração a delimitação na sua imagem de referência, excetuando-se os casos em que a lagoa foi suprimida pelo evento. Nesse caso manteve-se a delimitação 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 (imageamento mais antigo identificado no Google Earth);
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%.

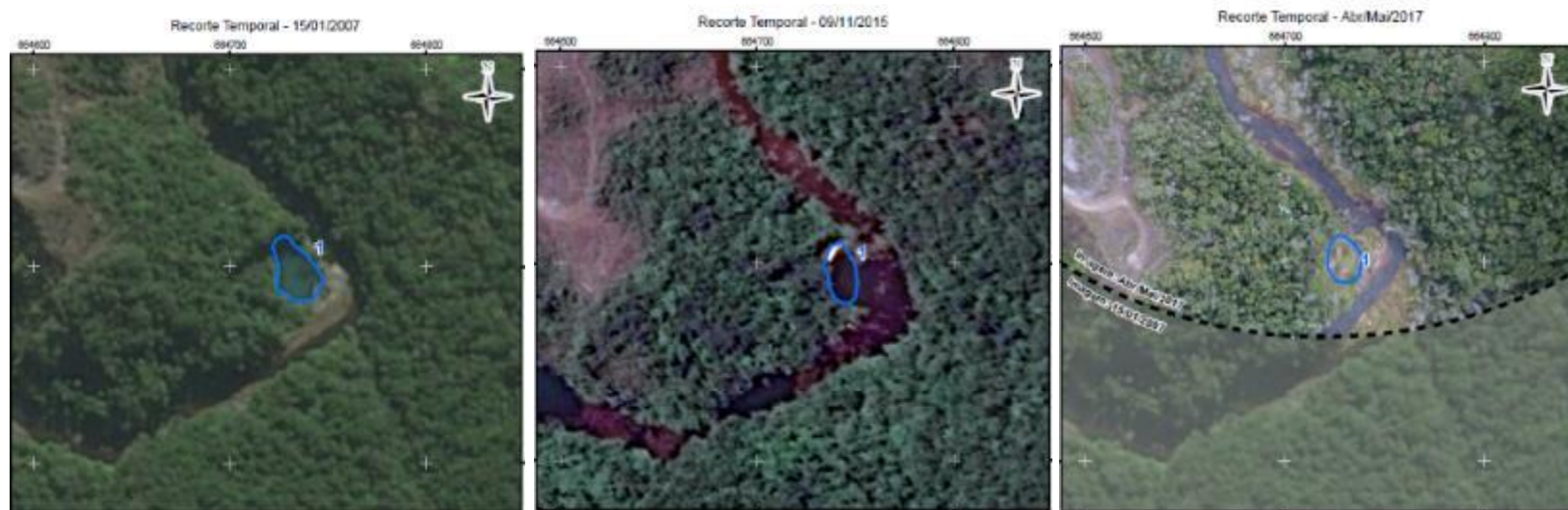
Para o Trecho 9, foram utilizados os imageamentos aéreos identificados na Tabela 6, selecionados de acordo com os critérios supracitados.

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 pixels
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 132 abaixo apresenta exemplos da identificação das lagoas marginais através da utilização das imagens áreas supracitadas.

Figura 132 – Exemplo de Mapeamento de Lagoa utilizando a Imagem de Referência para o Momento Pré-evento (esquerda), Imediatamente após o Evento (central) e mais Recente (direita)



Fonte: Elaboração própria.

Durante a avaliação visual por meio do imageamento das lagoas marginais, observou-se que a origem de diversas destas lagoas está claramente vinculada às atividades de garimpo características desta área, conforme apresentado na Seção 5.1.8. Um exemplo disso pode ser observado no início do Trecho 9, onde as imagens de Google Earth de 11/6/2007 mostram como a atividade garimpeira encontrava-se ainda ativa nesse período em alguns setores como o exemplificado, conforme apresentado na Figura 133. Na foto dessa data pode ser observado como o curso natural do rio sofre alterações devido às lagoas ativas para garimpo e como há supressão da vegetação na área. Já na imagem de 10/8/2015, antes do evento, pode ser visualizado que as atividades de garimpo cessaram e o curso do rio está normalizado e, ainda, como diminuiu a quantidade de lagoas marginais presentes na área.

A foto do dia 9/11/2015 mostra o impacto do evento na área em questão, alcançando toda a superfície com supressão de vegetação e preenchendo as lagoas ainda existentes até o evento. Na foto de 26/07/2016 observa-se como o rio continua com o curso natural e a grande maioria das lagoas foi soterrada pelo evento.

Figura 133 – Lagoas Marginais e Atividade Garimpeira

11/6/2007



10/8/2014



9/11/2015



26/7/2016



Nota: Coordenadas UTM: 673828.19 E 7761057.54 S

Fonte: GOOGLE EARTH.

A partir da identificação das lagoas por meio de imageamento foi possível realizar sua classificação 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 ou algum tributário do rio Gualaxo do Norte. Foram identificadas 142 lagoas no Trecho 9. A distribuição por classe das lagoas e categorias é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação das Lagoas Identificadas no Trecho 9

SITUAÇÃO PRÉ EVENTO	SITUAÇÃO PÓS EVENTO			TOTAL
	Soterradas	Isolada	Conectada	
CONECTADA	72	0	29	101
ISOLADA	10	15	0	25
NÃO EXISTIAM EM JAN/2007*	3	10	3	16
TOTAL	85	25	32	142

Nota: * Estima-se que essas lagoas tenham sido formadas por atividades de garimpo realizadas entre o ano de 2007 e a data do evento, em novembro de 2015

Não foi identificado no ZAP nenhum tipo de uso econômico para as lagoas mapeadas.

A Fundação Renova forneceu a localização dos viveiros de peixes apresentados em polígonos, sendo que das 142 lagoas mapeadas 38 serão recondicionadas para viveiros de peixes.

Conforme Relatório de Planejamento das Operações Agroflorestais disponibilizado pela Fundação Renova, a Empresa Tractebel, responsável pela elaboração dos projetos dos Viveiros de Peixes, iniciou suas atividades com visita técnica de campo, acompanhada pela Fundação Renova e EPAMIG no mês de dezembro de 2017. Essa atividade foi seguida da fase de “esclarecimentos técnicos” e desenvolvimento de engenharia pela Tractebel com visitas às propriedades rurais. Os projetos executivos estão previstos para serem emitidos em maio de 2018.

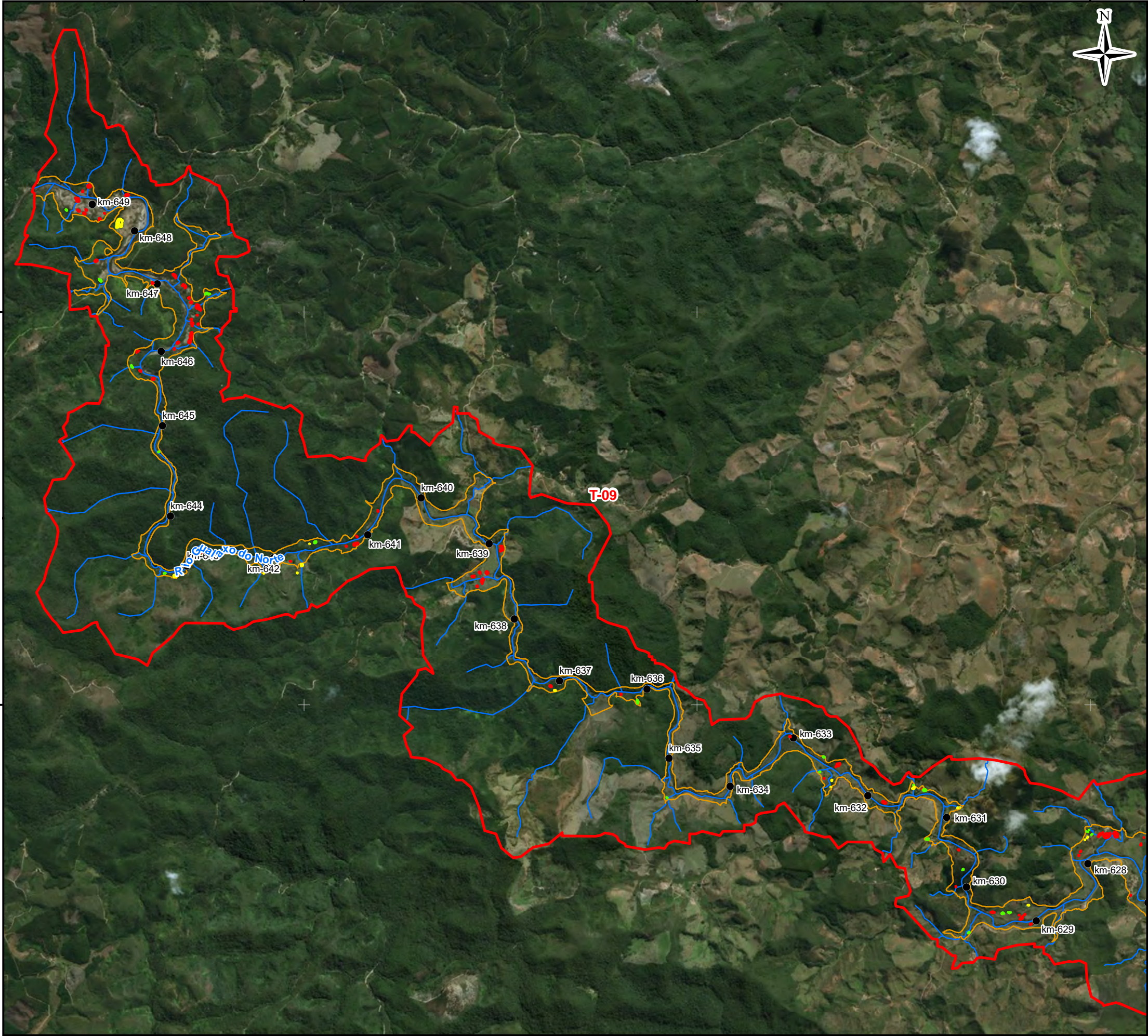
As lagoas marginais que serão destinadas para viveiros de peixe já possuem uma alternativa de manejo definida e em andamento e, por isso, não serão consideradas no processo de tomada de decisão. Desta maneira, o total de lagoas a ser considerado dentro do Trecho 9, que será motivo de estudo e avaliação, encontra-se apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação das lagoas identificadas no Trecho 9 excluindo Viveiros de Peixes

SITUAÇÃO PRÉ EVENTO	SITUAÇÃO PÓS EVENTO			TOTAL
	Soterradas	Isolada	Conectada	
CONECTADA	55	0	17	72
ISOLADA	7	12	0	19
NÃO EXISTIAM EM JAN/2007*	3	7	3	13
TOTAL	65	19	20	104

Nota: * Estima-se que essas lagoas tenham sido formadas por atividades de garimpo realizadas entre o ano de 2007 e a data do evento, em novembro de 2015

As figuras geradas para análise temporal das lagoas marginais encontram-se apresentadas no **Anexo X**. Na Figura 134 encontra-se apresentada a localização das Lagoas Marginais na situação pós evento dentro do Trecho 9.



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Conectada
- Isolada
- Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 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 e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:

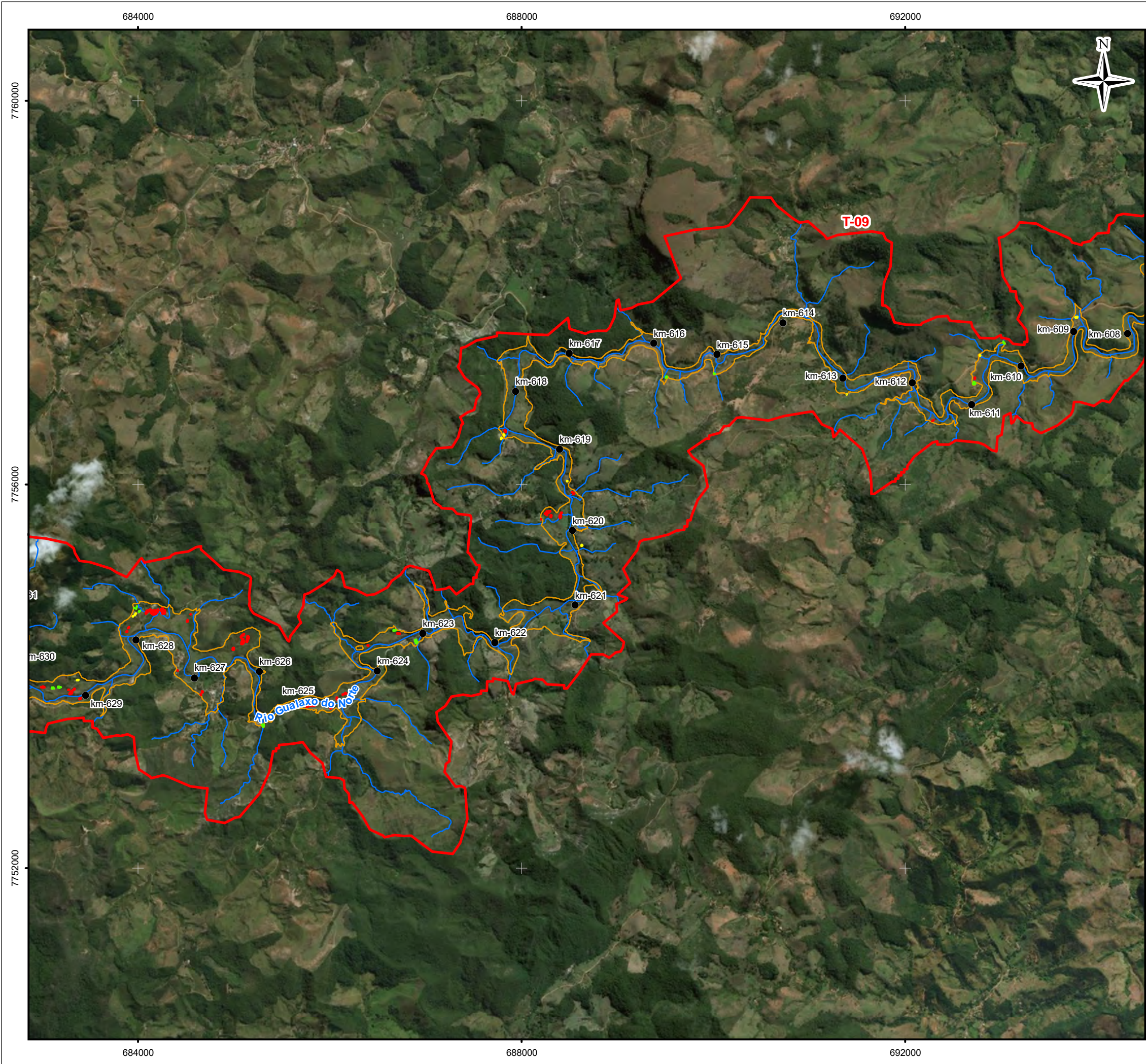
Figura 134
Indentificação das Lagoas Marginais
Folha - 1

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 134 - Identificação das Lagoas Marginais - Trecho 9

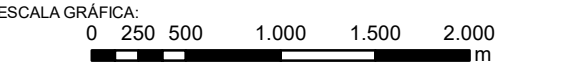


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017

- Conectada
- Isolada
- Soterrada



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

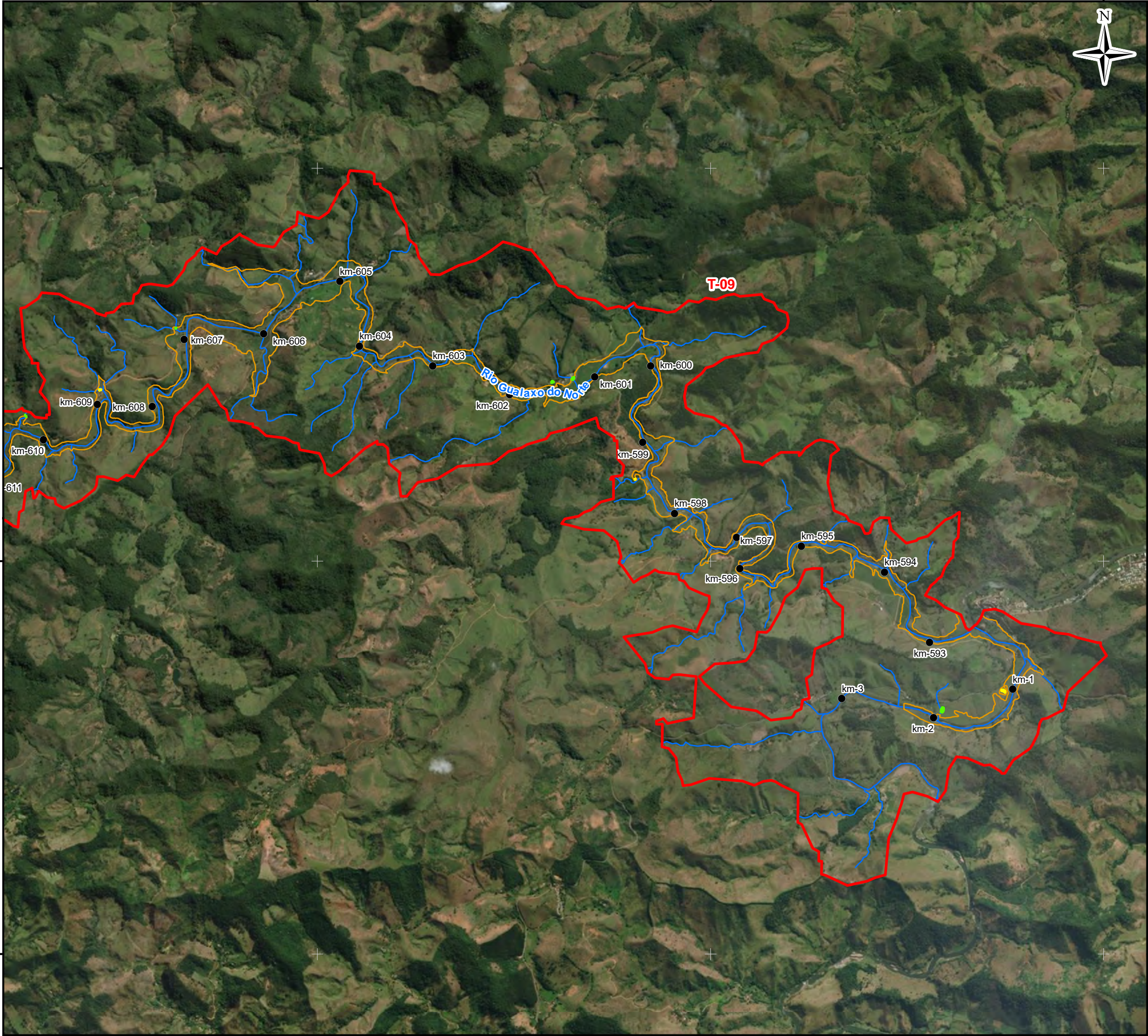


TÍTULO:
Figura 134
Indentificação das Lagoas Marginais
Folha - 2

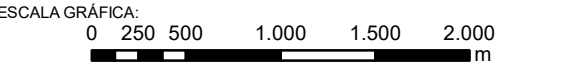
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 134 - Identificação das Lagoas Marginais - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
- Lagoa Marginal em Jun/Jul/2017**
- Conectada
 - Isolada
 - Soterrada



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:
Figura 134
Indentificação das Lagoas Marginais
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 134 - Identificação das Lagoas Marginais - Trecho 9

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 Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções (PMQQVAI) – Anexo D do PMQQS.

A seguir serão descritos os programas e estudos avaliados. 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 (GOLDER ASSOCIATES, 2017c):

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

O PMQQVAI corresponde a um anexo do PMQQS e consiste no monitoramento qualitativo das águas do Rio Doce e seus tributários que foram sujeitados a intervenções, de forma a acompanhar eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas. 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 bentônicos.

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 Fundação Renova realizou no período logo após o evento do rompimento da barragem.

Para as intervenções realizadas no âmbito do Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25) 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 Associates 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 no Trecho 9 para

análise das concentrações de metais; os quais foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009) (valores de prevenção e investigação para uso agrícola, residencial e industrial) além do padrão de referência da Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 (MINAS GERAIS, 2011).

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

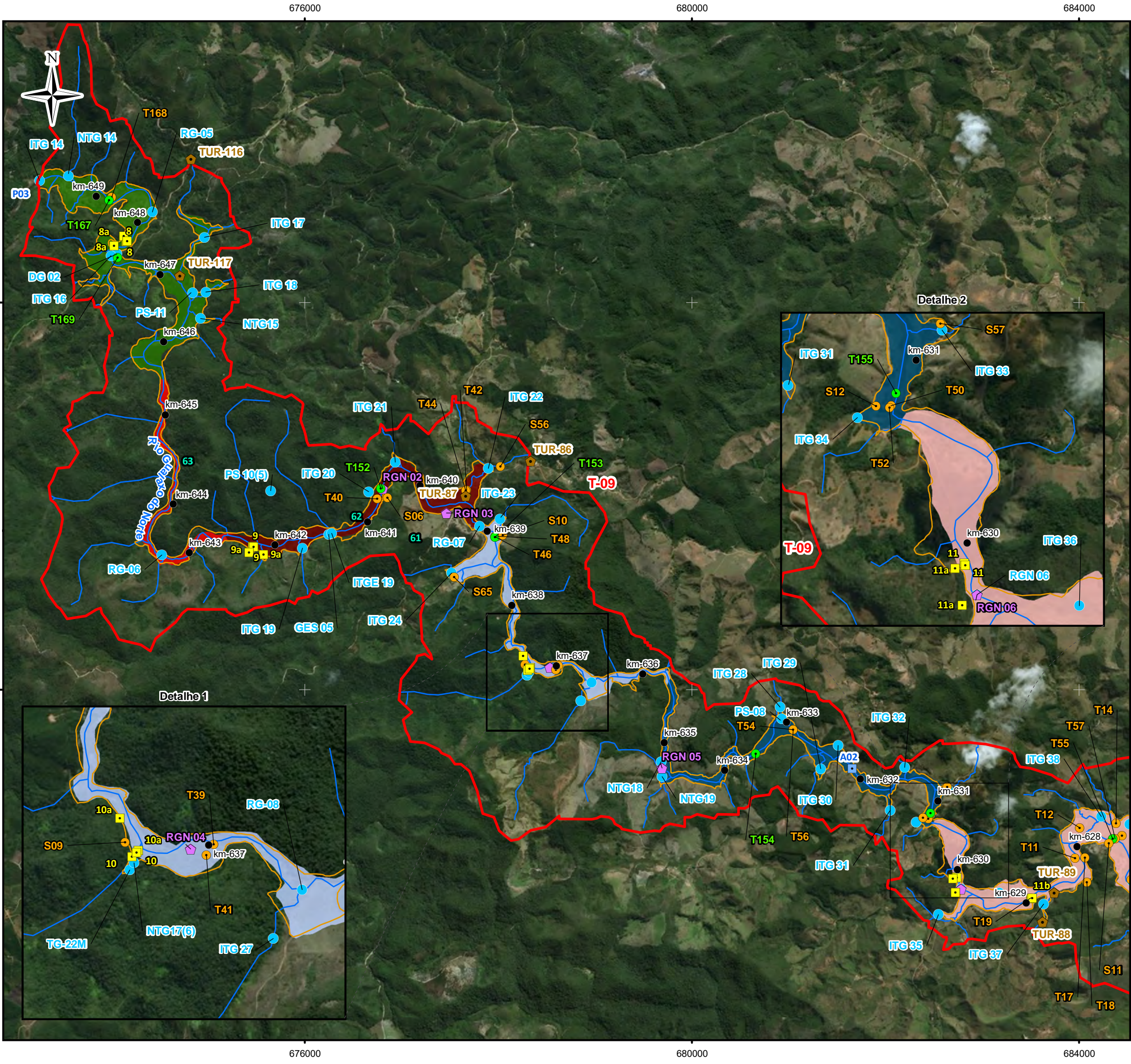
- PMQQS (inclui o monitoramento hídrico do TTAC) – iniciado no mês de agosto de 2017;
- PMQQVAI – iniciado em outubro de 2017;
- Biodiversidade – iniciado em 21/04/2017;
- Monitoramento de intervenções emergenciais – a empresa Golder Associates iniciou os trabalhos de monitoramento contratualmente para 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 9 apresenta os pontos de monitoramento utilizados em estudos e monitoramentos realizados no Trecho 9.

Tabela 9 – Pontos de monitoramento no Trecho 9

PROGRAMA	PONTO	MONITORAMENTO / ESTUDO
PG23	Solo: T168, T40, S56, T42, T44, S65, T46, T48, T39, T41, T54, T56, S57, T50, T52, T09, T10, T11, T12, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T55, T57, S58, T62, T64, T58, T60, T70, T72, T74, T76, S59, T59, T61, S15, S60, T21, T24, T25, T26, T27, T63A, T63B, T65, T67, T69, S61, T80, T28, T30, T82, T84, S06, S10, S09, S12, S11, S18, S16, S28, S13, S17, S32, S34 Sedimento: T167, T152, T153, T154, T155, T156, T157, T158, T159, T160, T161, T162, T163, T166, SD169, T169, SD05	Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos
PG25	RDC-24; RDC-25	Turbidez
PG38	RGN 02; RGN 03; RGN 04; RGN 05; RGN 06; RGN 07; RGN 08	PMQQS
PG38	DG 02; DG 03; GES 05; ITG 14; ITG 16; ITG 17; ITG 18; ITG19; ITG 20; ITG 21; ITG 22; ITG 23; ITG 24; ITG 27; ITG 28; ITG 29; ITG 30; ITG 32; ITGE 19; ITG 31; ITG 33; ITG 34; ITG 35; ITG 36; ITG 37; ITG 38; ITG 39; ITG 40; ITG 41; ITG 42; ITG 43; ITG 44; ITG 45; ITG 46; ITG 47; ITG 48; ITG 49; ITG 51; ITG 52; ITG 53; ITG 54; ITG 55; ITG 56; ITG 57; ITG 58; ITG 59; ITG 60; ITG 60-Ponto 2; ITG 61; ITG 62; ITG 62-Ponto 2; ITG 63; ITG 64; ITG 65; ITG 66; ITGE 01; PS 05; PS 06; PS 07; PS 08; PS 09; PS 10; PS 11; PS 14; RG 05; RG 06; RG 07; RG 08; RG 09; RG 10; RG 11; RG 12; RG 13; RGN 08; RGN 09; TG 22M; TG 49A-M	PMQQVAI
-	RGN 06; RGN 08	Precipitação e Turbidez
PG25	8, 8a, 9, 9a, 10, 10a, 11, 11a, 12, 12a, 13/, 13a, 14, 14a, 15, 15a, 16, 16a, 17 e 17a	Levantamento Fitossociológico
PG25	Áreas: 5,6,7,8,9,10,11,15	Áreas Prioritárias
PG28	A01*, A02, N01*, N02*	Monitoramento de Fauna Aquática (*pontos fora do Trecho 9, porém estão a montante e a jusante e são importantes para a caracterização da fauna aquática)
PG30	61,62,63	Monitoramento Fauna Terrestre (Plano)

A Figura 135 apresenta os pontos de monitoramento utilizados em estudos e monitoramentos realizados no Trecho 9 em planta.

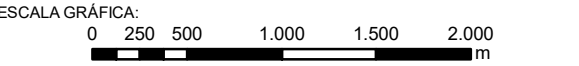


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Geoquímico - amostra de solo
- Geoquímico - amostra de sedimento
- Pontos fitossociológico (levant. florístico)
- Pontos utilizados para análise de turbidez
- ◆ PMQGS
- PMQQVAI
- Monitoramento de biodiversidade

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

Área Não Prioritária - 21	Área Prioritária - 11
Área Não Prioritária - 22	Área Prioritária - 05
Área Prioritária - 10	Área Prioritária - 08



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

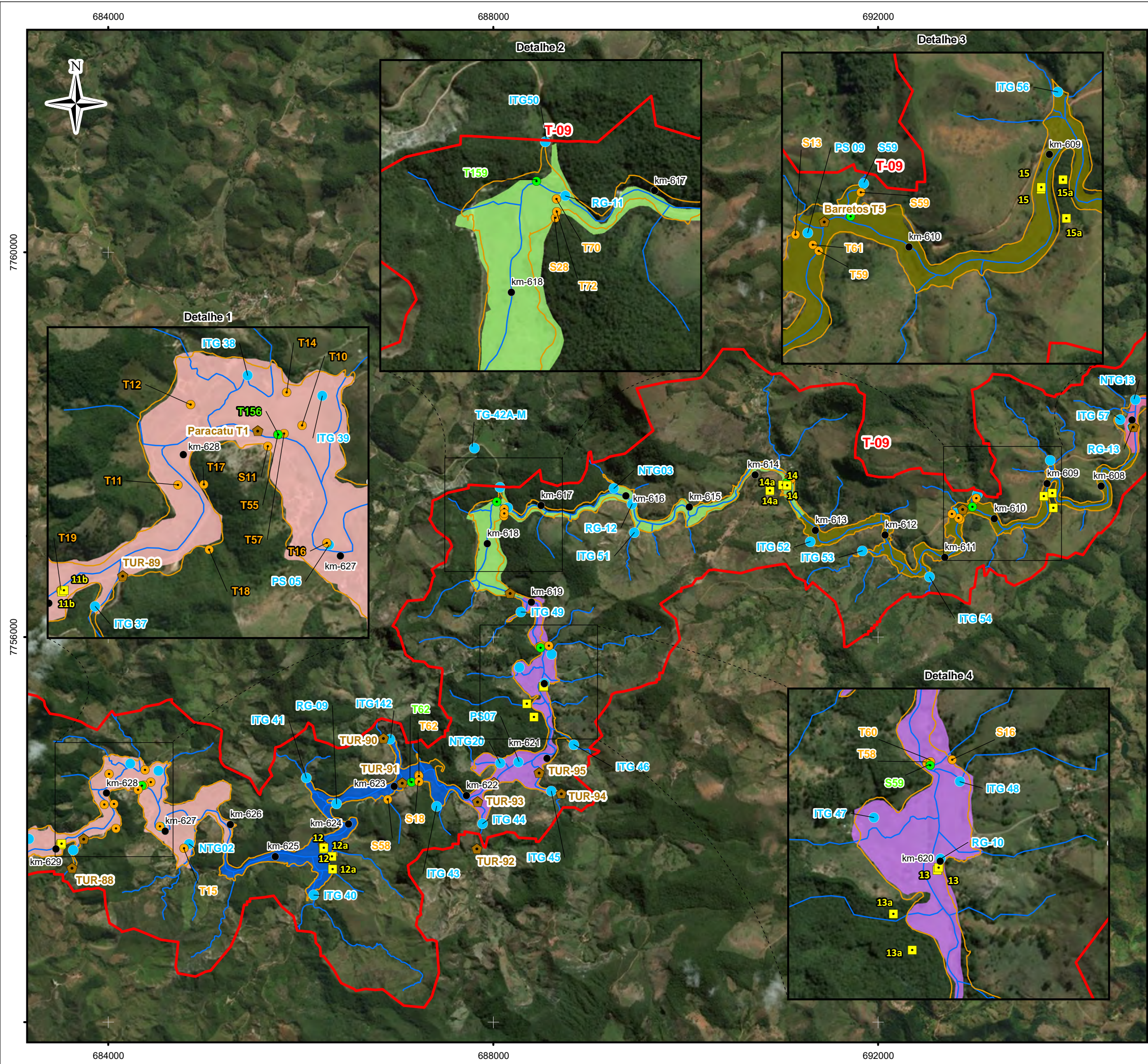
TÍTULO:
Figura 135
Monitoramentos
Folha 1

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 135 - Monitoramentos (1) - Trecho 9

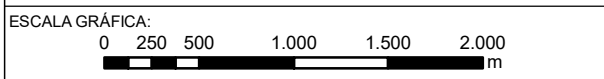


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Geoquímico - amostra de solo
- Geoquímico - amostra de sedimento
- ▭ Pontos fitossociológico (levant. florístico)
- ▭ Pontos utilizados para análise de turbidez
- PMQQVAI

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 23
- ▭ Área Não Prioritária - 24
- ▭ Área Prioritária - 07
- ▭ Área Prioritária - 06
- ▭ Área Prioritária - 09
- ▭ Área Prioritária - 05



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

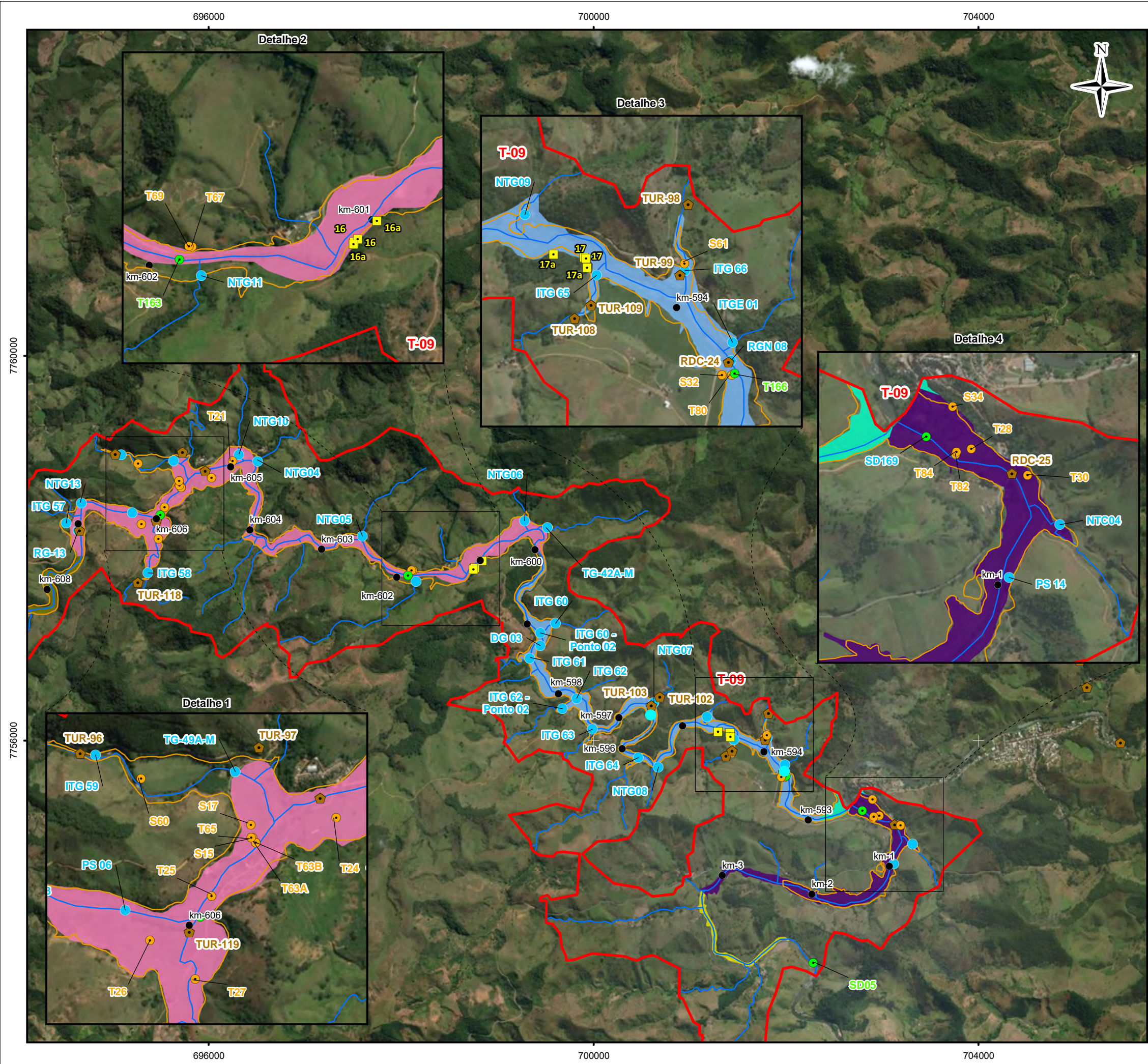
JACOBS ch2m.

TÍTULO: Figura 135
Monitoramentos
Folha 02

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:40.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
------------------	----------------	-----------	------------	------------	----------

Figura 135 - Monitoramentos (2) - Trecho 9



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Geoquímico - amostra de solo
- Geoquímico - amostra de sedimento
- Pontos fitossociológico (levant. florístico)
- Pontos utilizados para análise de turbidez
- PMQQVAI

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- Área Não Prioritária - 25
- Área Não Prioritária - 26
- Área Prioritária - 06
- Área Prioritária - 09
- Área Prioritária - 15
- Área Prioritária - 14

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDBERGER, 2016. Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS **ch2m**

TÍTULO:

Figura 135
Monitoramentos
Folha 03

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 135 - Monitoramentos (3) - Trecho 9

5.1.7.1 Aspectos Físicos

Conforme apresentado no Plano de Manejo de Rejeito – Revisão 01 (CH2M, 2017), O Trecho 9, Médio e Baixo Gualaxo do Norte, possui uma extensão de 58 km e se caracteriza por um vale em forma de V truncado, marcado pela presença de terraços aluvionares, de largura variável, comumente em torno de 100 metros, mas podendo ultrapassar 200 m, especialmente na confluência dos tributários do rio Gualaxo do Norte.

Esses terraços não são mais afetados pelas inundações sazonais e, em consequência, eram explorados economicamente como pastagem para o gado e, secundariamente, para cultivos anuais.

Uma feição relativamente comum nesses terraços era constituída por pequenas lagoas, resultantes de operações de garimpo recentes e antigas dos séculos XVIII e XIX desativadas e que haviam se transformado em importantes habitats da fauna aquática, assumindo funções equivalentes às lagoas marginais naturais. Essas lagoas foram completamente devastadas pela passagem do fluxo de rejeito, restando parcialmente assoreadas, de modo que a maior parte delas não mais intercepta o lençol freático e nem é alimentada pelo rio Gualaxo do Norte ou por seus tributários.

O relatório da Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão (GOLDER ASSOCIATES, 2016a) 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 supracitado 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, além da tendência de erosão do rejeito, contribuindo com o aumento do nível de turbidez, além de cor, que estão relacionados à presença de material em suspensão.

Diante dessas constatações, foram selecionadas áreas prioritárias para intervenção através de medidas de controle da erosão (ver Seção 5.1.3) 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 ASSOCIATES, 2016a).

As características físicas dos depósitos de rejeito, com base nos dados primários coletados, além da descrição dos tipos de depósito de rejeito identificados no Trecho 9, encontram-se apresentadas na Seção 5.2 do presente relatório.

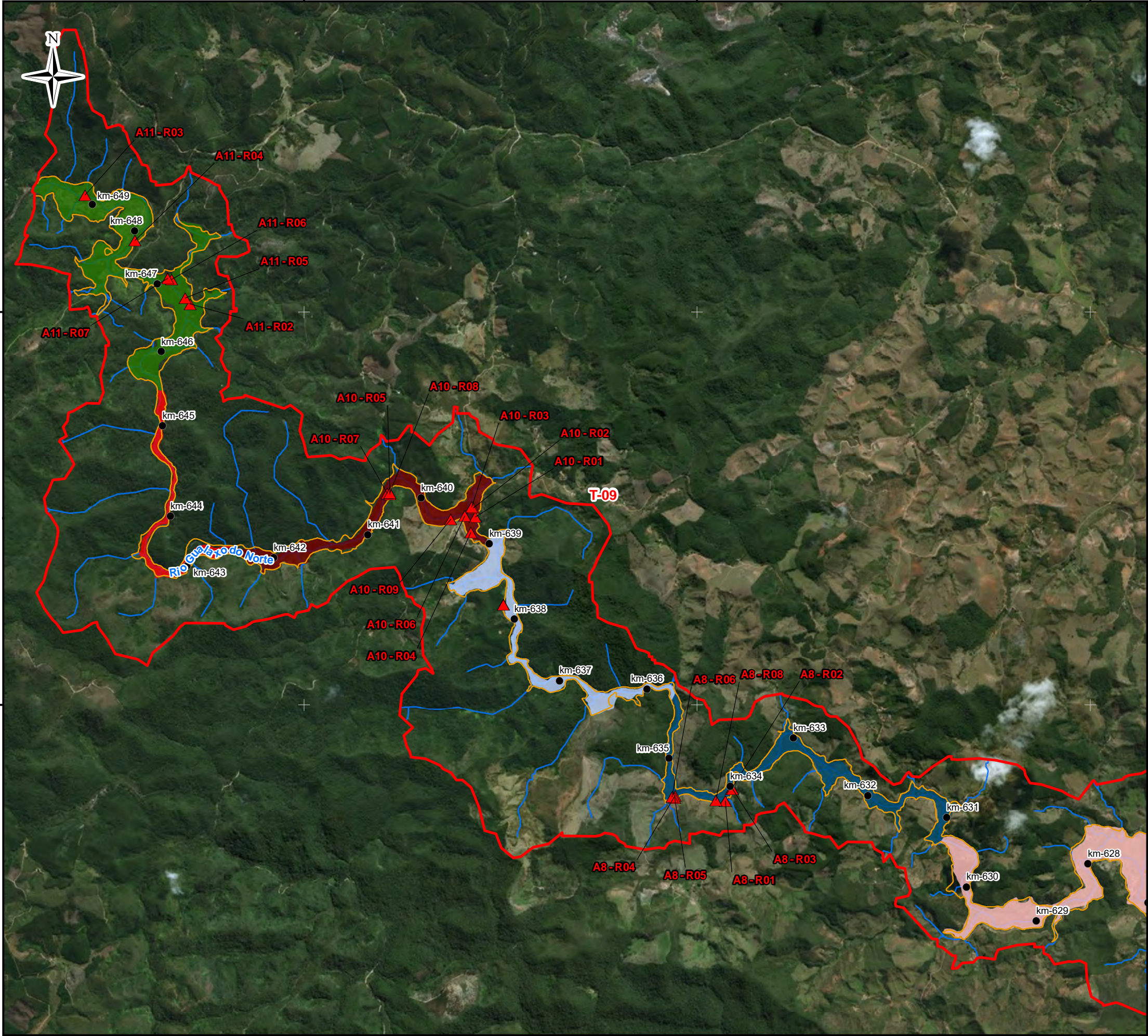
5.1.7.1.1 Monitoramento de erosão

A partir do fluxo de rejeitos no momento do evento, houve a remoção da cobertura vegetal e do solo, desencadeando, conseqüentemente, processos erosivos. Segundo a Golder Associates (2017a), houve deposição de sedimentos, especialmente no intervalo entre a Barragem de Fundão e o Reservatório de Candonga, local onde se encontra, dentre outras áreas de abrangência do PMR, o Trecho 9.

Diante disso, o Monitoramento de Erosão foi realizado pela Golder Associates em duas campanhas registradas no Relatório do Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias (GOLDER ASSOCIATES, 2017a) e utilizou da instalação de réguas junto às estruturas de contenção para obter resultados de medições do acúmulo de sedimentos retidos.

Do total de 78 réguas instaladas ao longo do Trecho 9, 29 apresentaram acúmulo de sedimentos, sendo que 20 dessas tiveram o acúmulo estabilizado e a espessura máxima medida foi de 40 cm na régua A6_R13.

Segundo a Golder Associates (2017a), nos casos onde houve acúmulo significativo de sedimento, geralmente isto ocorreu de maneira concentrada no início do período de observação e diminuiu quando concluído o sistema de drenagem e estabelecida a cobertura vegetal nas áreas a montante, diminuindo a geração de sedimentos e indicando que o projeto de controle de erosão está sendo eficaz. Esta constatação foi observada nos pontos A6-R11, A8-R03, A10-R04, A10-R05, A10-R06, A11-R04 dentro do Trecho 9. A localização das réguas encontra-se apresentada na Figura 137.

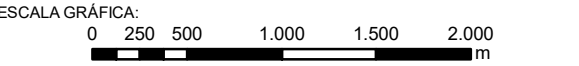


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- ▲ Monitoramento de erosão
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 21
- ▭ Área Não Prioritária - 22
- ▭ Área Prioritária - 10
- ▭ Área Prioritária - 11
- ▭ Área Prioritária - 05
- ▭ Área Prioritária - 08



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

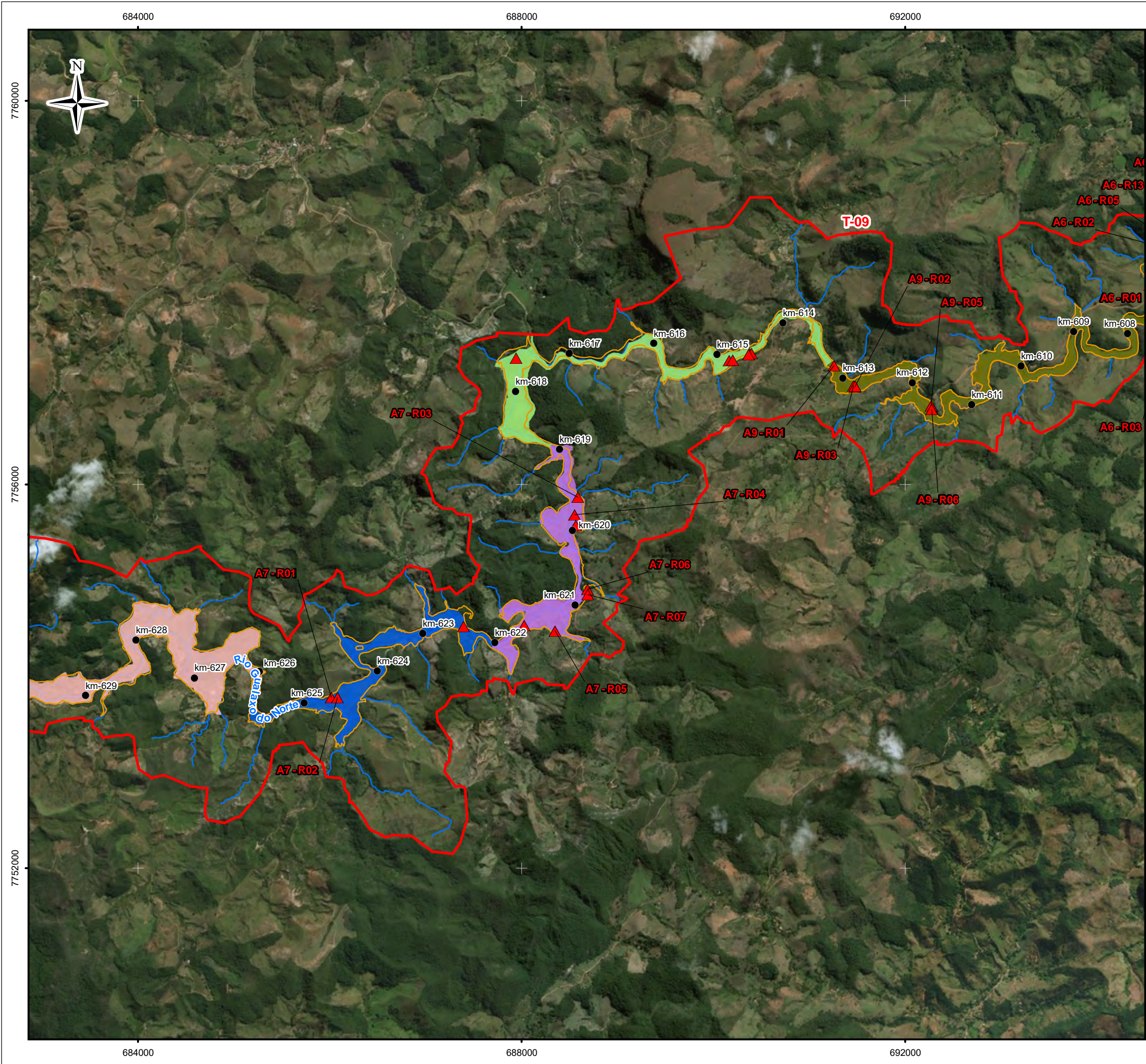
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:
Figura 136
Monitoramento de Erosão
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

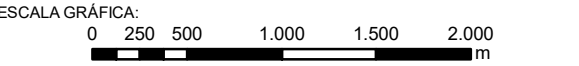


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- ▲ Monitoramento de erosão
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 23
- ▭ Área Não Prioritária - 24
- ▭ Área Prioritária - 07
- ▭ Área Prioritária - 06
- ▭ Área Prioritária - 09
- ▭ Área Prioritária - 05
- ▭ Área Prioritária - 08



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDBER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

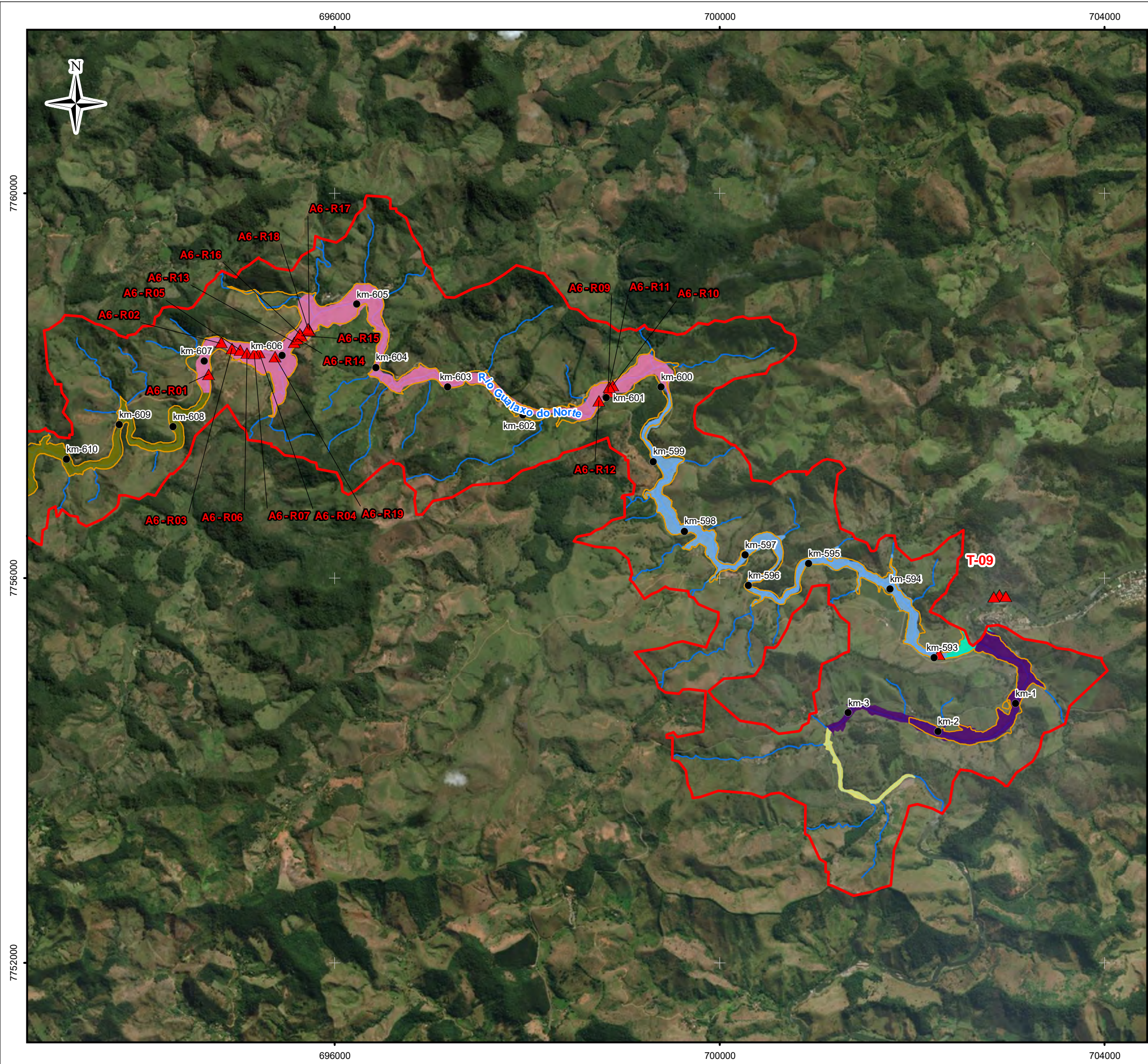
JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 136
Monitoramento de Erosão
Folha - 2

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:40.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	-------------

Figura 136 - Monitoramento de Erosão - Trecho 9

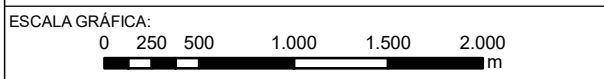


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- ▲ Monitoramento de erosão
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Áreas Prioritárias e Não Prioritárias

- ▭ Área Não Prioritária - 25
- ▭ Área Não Prioritária - 26
- ▭ Área Prioritária - 06
- ▭ Área Prioritária - 09
- ▭ Área Prioritária - 15
- ▭ Área Prioritária - 14



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:
Figura 136
Monitoramento de Erosão
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 136 - Monitoramento de Erosão - Trecho 9

5.1.7.1.2 Monitoramento de Qualidade do Ar

Para a análise da qualidade do ar do Trecho 9, foram consultados os estudos e planos realizados para a área de estudo pela Fundação Renova. Foram considerados os seguintes relatórios:

- ✓ Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas (RTC170173-R2), elaborado pela Ecosoft (2017a).
- ✓ Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia e Análise Química das Partículas Totais em Suspensão - Barra Longa/MG, referente ao período de 18/02/2016 a 18/02/2017), elaborado pela Ecosoft (2017b);
- ✓ Relatório Anual do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia em Barra Longa/MG, elaborado pela Ecosoft (2017c).

O Relatório Anual do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia em Barra Longa/MG e o Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade Do Ar e Meteorologia e Análise Química das Partículas Totais em Suspensão - Barra Longa/MG, referente ao período de 18/02/2016 a 18/02/2017), elaborados pela Ecosoft, consideram pontos de monitoramento de qualidade do ar que estão localizados em Barra Longa e, portanto, não foram considerados nesta análise e serão apresentados no Volume 5 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 10 e 11.

No Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas estão inseridos no Trecho 9 dois pontos de monitoramentos (Estação Paracatu de Baixo e Estação Gesteira), embora ainda não tenham sido disponibilizados resultados destas medições.

O Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas, elaborado pela ECOSOFT em 2017, apresenta ações que visam evitar ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos programas executados pela Fundação Renova. Será também realizado o monitoramento por meio de estações fixas manuais e/ou automáticas e monitoramento móvel, com o objetivo de acompanhar os efeitos das emissões atmosféricas e avaliar o grau de exposição da população às concentrações de material particulado.

Ainda estão previstas análises químicas e morfológicas das partículas, bem como a elaboração de inventários de emissões atmosféricas, a fim de aprimorar o entendimento da qualidade do ar e auxiliar no planejamento e gestão atmosférica da região, onde estão sendo executadas as atividades da Fundação Renova (ECOSOFT, 2017a).

As atividades de controle de emissões atmosféricas serão avaliadas por meio de acompanhamento semanal das ações de controle implementadas, e nas fichas de controle operacional dos dispositivos de mitigação empregados pela FUNDAÇÃO. A partir das informações obtidas com o acompanhamento semanal será elaborado um relatório mensal contendo a compilação desses dados (ECOSOFT, 2017a).

De forma geral, as principais atividades identificadas como geradoras de emissões atmosféricas das atividades em execução da Fundação, nas áreas afetadas, são: movimentação de materiais, áreas expostas suscetíveis à erosão eólica, operações (escavação, terraplanagem, etc.), ressuspensão de partículas nas vias de tráfego, escapamento de veículos, máquinas e equipamentos (ECOSOFT, 2017a).

Para a identificação das fontes emissoras de poluentes atmosféricos, foi realizado um mapeamento das áreas entre o Distrito de Bento Rodrigues e Santa Cruz do Escalvado, abrangendo as margens dos corpos d'água, assim como as comunidades e distritos habitados. Adicionalmente, em visitas de campo, foi realizado o reconhecimento dos principais pontos potenciais de emissões atmosféricas. De modo geral, os processos descritos para as ações de controle das emissões estão espacialmente inseridos nas seguintes localidades: Parque de Exposições de Barra Longa; Usina Hidroelétrica Risoleta Neves; e Vias de Tráfego (ECOSOFT, 2017a).

As medidas de controle de emissões atmosféricas indicadas no plano que podem ser utilizadas nas fontes emissoras identificadas na região, destacam-se: Umectação das Vias de Tráfego Não-Pavimentadas; Limpeza e Umectação das Vias de Tráfego Pavimentadas; Umectação com Canhão de Névoa; Monitoramento para Controle de Fumaça Preta (ECOSOFT, 2017a).

O monitoramento da qualidade do ar deverá proporcionar a avaliação de curto, médio e longo prazo das alterações das concentrações de poluentes experimentadas pela atmosfera da área

de abrangência do plano, na qual estão sendo executados os programas socioambientais e socioeconômicos (ECOSOFT, 2017a).

Para isso, o monitoramento conta com uma rede de sete estações de monitoramento de qualidade do ar da região compreendida entre o Distrito de Bento Rodrigues e Santa Cruz do Escalvado. A descrição dos pontos de monitoramento e os respectivos parâmetros estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Locais Selecionados para a Instalação das Estações Fixas de Monitoramento da Qualidade do Ar

ESTAÇÕES	REGIÃO	STATUS	PARÂMETROS	LAT (°)	LONG (°)
Estação Barra Longa Centro	Barra Longa	Já existente em Barra Longa, desde 2016	PTS, PM10, PM2,5, VV, DV, TA, UR, PP	-20,282569	-43,040342
Estação Barra Longa Volta da Capela	Barra Longa	Instalada em agosto de 2017		-20,287785	-43,054853
Estação Paracatu de Baixo	Distrito de Paracatu de Baixo	Estação de monitoramento manual ou automática		-20,306371	-43,229846
Estação Gesteira	Distrito de Gesteira		PM10	-20,257264	-43,124406
Estação Rio Doce	Rio Doce		-20,245521	-42,89511	
Estação Santana do Deserto	Rio Doce		-20,197536	-42,834988	
Legenda:					
PTS - Partículas Totais em Suspensão		DV - Direção do Vento		TA - Temperatura do Ar	
PM10 - Partículas Inaláveis (<10 µm)		VV - Velocidade do Vento		UR - Umidade Relativa do Ar	
PM2.5 - Partículas Respiráveis (<2,5 µm)		PP - Precipitação Pluviométrica			

Fonte: ECOSOFT (2017a)

A escolha de monitorar as estações a serem instaladas, a princípio, somente o PM10 é justificada por este poluente atmosférico ter padrão de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, além de causar efeitos adversos à saúde, em decorrência de sua granulometria fina. Sendo assim, visto que não existem informações de *baseline* nas regiões afetadas pelo evento, a medição das concentrações de PM10 será uma iniciativa de monitoramento. Caso sejam detectados valores críticos no monitoramento, este poderá ser acrescido de outros parâmetros da qualidade do ar (ECOSOFT, 2017a).

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 fevereiro de 2018 – Avaliação dos Dados do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos – Relatório Trimestral, o qual faz uma análise dos dados do mês de agosto, setembro e outubro de 2017 (HIDROGEO, 2018). A frequência de amostragem dos pontos é mensal.

Em 22 de fevereiro de 2018, o Grupo Técnico de Acompanhamento do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (GTA-PMQQS) emitiu a Nota Técnica (NT) N° 06/2018 com a análise do Relatório Técnico do PMQQS mencionado. Nesta NT, o GTA se manifesta a respeito do conteúdo do relatório, validade dos dados apresentados e avaliação técnica e afirma as considerações que deverão ser apresentadas nos próximos relatórios trimestrais do Programa. A Fundação Renova foi notificada a este respeito e atualmente está trabalhando para atendimento ao TTAC assinado.

A NT “se manifesta pela reprovação deste Relatório” e recomenda a Fundação Renova a “atender a todas as avaliações apresentadas nesta Nota Técnica”. Entretanto, a Fundação Renova entende ser necessária a utilização dos dados do PMQQS na presente caracterização ambiental considerando o objetivo da Aplicação do PMR no Trecho 9.

Até a elaboração do presente PMR não houve um relatório técnico do PMQQVAI, desta forma, os resultados analíticos deste programa foram extraídos do banco de dados do monitoramento, do período de outubro de 2017 até fevereiro de 2018.

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 (BRASIL, 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 (MINAS GERAIS, 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 11 e Tabela 12) apresentam os resultados analíticos em desconformidade legal disponíveis dos pontos do PMQQS e PMQQVAI que são monitorados em área que abrange este PMR, conforme listados anteriormente na Tabela 9. A localização destes pontos já foi apresentada na Figura 135 na Seção 5.1.7.

Tabela 11 – Dados de qualidade de água superficial do PMQQS – amostras em desconformidade legal

PONTO	DATA	ESCHERICHIA COLI (NMP/100ML)	MANGANÊS TOTAL (mg/L)	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	pH	TURBIDEZ (NTU)
COPAM 01/08 - Água Doce, Classe II		1000	0,1	≥5	6,0-9,0	100
RGN 08	09/08/2017 17:08	3500	0,066	-	7,9	-
RGN 08	09/08/2017 17:08	-	-	4	8	90
RGN 02	07/08/2017 14:40	68	0,14	-	7	-
RGN 02	07/08/2017 14:40	-	-	4	8	72
RGN 03	07/08/2017 17:15	-	-	4	8	58
RGN 04	08/08/2017 12:03	170	0,279	-	7,9	-
RGN 05	08/08/2017 15:55	260	0,128	-	8	-
RGN 05	08/08/2017 15:55	-	-	4	8	182
RGN 06	08/08/2017 10:02	68	0,148	-	7,7	-
RGN 03	04/09/2017 15:00	-	-	4	8	28
RGN 04	05/09/2017 09:34	112	0,105	-	7,6	-
RGN 04	05/09/2017 09:34	-	-	4	8	26
RGN 05	05/09/2017 11:33	-	-	4,71	8,23	32,2
RGN 07	11/09/2017 09:48	-	-	4	8	19
RGN 08	06/10/2017 09:25	230	0,107	-	5,6	-
RGN 02	04/10/2017 09:20	700	0,153	-	8	-
RGN 02	04/10/2017 09:20	-	-	4	8	44
RGN 03	04/10/2017 10:45	170	0,153	-	8,1	-
RGN 03	04/10/2017 10:45	-	-	4	8	41
RGN 04	04/10/2017 13:35	170	0,124	-	7,2	-
RGN 05	05/10/2017 08:50	170	0,13	-	6,1	-
RGN 05	05/10/2017 08:50	-	-	4	8	36
RGN 06	05/10/2017 10:40	220	0,13	-	6,4	-
RGN 07	05/10/2017 13:58	700	0,101	-	6,6	-

Legenda: (-) não houve análise; **(XX)**: resultado analítico superior ao valor orientador. **Fonte:** FUNDAÇÃO RENOVA (2018).

Tabela 12 – Dados de qualidade de água superficial do PMQQVAI – amostras em desconformidade legal

PONTO	DATA	ALUMÍNIO DISSOLVIDO (mg/L)	ALUMÍNIO TOTAL (mg/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg/L)	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (mg/L)	CLOROFILA A (µG/L)	CONDUTIVIDADE (µS/CM)	COR VERDADEIRA (mgPT/L)
COPAM, ÁGUA DOCE, CLASSE II		0,1	-	0,01	-	30	-	75
RG 13	10/11/2017 13:47	0,0452	0,228	<0,001	6,2	<3	73,6	14
RGN 08-I	31/10/2017 09:51	0,0705	1,06	0,00185	18,2	<3	69,5	11,2
RGN 08-I	09/11/2017 10:07	0,0588	0,435	<0,001	3,8	<3	71	12,8
RGN 08-I	24/11/2017 13:45	0,0684	1,24	0,00135	5,1	<3	67,1	20
RGN 08-I	07/12/2017 10:49	0,0662	1,03	0,00153	7,8	<3	44,4	13,7
RGN 08-I	20/12/2017 10:05	0,0753	0,359	<0,001	3,6	<3	62,8	16,7
RG-05	10/11/2017 15:15	0,0638	0,125	<0,001	1,4	<3	90,3	<5
RG-05	14/12/2017 11:01	0,058	0,568	<0,001	2,2	<3	66,1	21,7
RG-06	10/11/2017 08:35	0,0753	0,221	<0,001	5,5	<3	85,2	7,6
RG-06	13/12/2017 13:22	0,0377	0,286	<0,001	1,9	<3	68,1	19,4
RG-07	10/11/2017 11:00	0,0433	0,142	<0,001	4,7	<3	81,8	6,8
RG-07	13/12/2017 08:26	0,0708	0,329	<0,001	3,4	<3	64,9	11,5
RG-08	27/11/2017 10:50	0,0471	0,329	<0,001	3	<3	69,6	6,1
RG-08	13/12/2017 09:08	0,0417	0,434	0,00103	2,3	<3	64,4	17,3
RG-09	16/11/2017 09:59	0,0591	0,351	<0,001	19	<3	84,1	10,6
RG-09	21/12/2017 09:28	0,064	0,269	<0,001	2,3	<3	69,1	<5
RG-10	17/11/2017 09:21	0,0396	0,231	<0,001	<1		86,4	22,5
RG-10	13/12/2017 12:33	0,0401	0,552	0,00124	1,6	<3	66,4	14,7
RG-11	17/11/2017 09:28	0,0451	0,188	<0,001	5,2		82,9	15,1
RG-11	14/12/2017 10:14	0,0694	0,805	0,00128	2	<3	66,4	16,9
RG-12	26/10/2017 11:23	0,0585	0,0874	<0,001	2,7	<3	87,7	<5
RG-12	10/11/2017 09:05	0,0627	0,261	<0,001	2,7	<3	76,6	8,8
RG-12	14/12/2017 11:33	0,0707	0,722	<0,001	2,6	<3	63,4	13,4
TG-22M	08/11/2017 10:10	0,14	0,198	<0,001	11,5	<3		83,7
TG-22M	22/11/2017 10:10	0,116	0,674	<0,001	17,4	<3	29,5	91,3
TG-22M	05/12/2017 09:35	0,0341	0,29	<0,001	11,3	<3	27	71,5
TG-22M	21/12/2017 10:12	0,0766	0,125	<0,001	22,2	<3	40,2	45,5

(Continuação **Tabela 12** – Dados de qualidade de água superficial do PMQQVAI – amostras em desconformidade legal)

PONTO	DATA	DBO (mgO ₂ /L)	FERRO DISSOLVIDO (mg/L)	FERRO TOTAL (mg/L)	FÓSFORO DISSOLVIDO (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	MANGANÊS DISSOLVIDO (mg/L)	MANGANÊS TOTAL (mg/L)	MERCÚRIO TOTAL (mg/L)	NITRATO (mg/L)
COPAM, ÁGUA DOCE, CLASSE II		5	0,3	-	-	0,1	-	0,1	0,0002	10
RG 13	10/11/2017 13:47	<3	0,256	1,02	0,01	0,04	0,0111	0,146	<0,0001	<0,5
RGN 08 – I	31/10/2017 09:51	<3	0,218	2	0,07	0,24	0,0171	1,34	<0,0001	<0,5
RGN 08 – I	09/11/2017 10:07	<3	0,159	1,38	<0,01	0,06	0,0189	0,223	<0,0001	<0,5
RGN 08 – I	24/11/2017 13:45	<3	0,174	3,5	0,02	0,17	0,0385	1,05	<0,0001	0,71
RGN 08 – I	07/12/2017 10:49	<3	0,245	3,17	0,06	0,24	0,0282	1,4	<0,0001	<0,5
RGN 08 – I	20/12/2017 10:05	<3	0,455	1,55	<0,01	0,254	0,0217	0,286	<0,0001	<0,5
RG-05	10/11/2017 15:15	<3	0,159	0,522	<0,01	0,03	0,0223	0,133	<0,0001	<0,5
RG-05	14/12/2017 11:01	<3	0,112	1,91	0,02	0,0708	0,0422	0,464	<0,0001	<0,5
RG-06	10/11/2017 08:35	<3	0,209	1,01	<0,01	0,04	0,0227	0,232	<0,0001	<0,5
RG-06	13/12/2017 13:22	<3	0,157	1,22	0,02	0,062	0,0415	0,445	<0,0001	<0,5
RG-07	10/11/2017 11:00	<3	0,145	0,405	<0,01	0,05	0,0204	0,157	<0,0001	<0,5
RG-07	13/12/2017 08:26	<3	0,298	1,44	0,03	0,0698	0,0443	0,475	<0,0001	<0,5
RG-08	27/11/2017 10:50	<3	0,172	1,5	<0,01	0,07	0,0287	0,238	<0,0001	0,54
RG-08	13/12/2017 09:08	<3	0,257	1,78	0,03	0,0735	0,0343	0,562	<0,0001	<0,5
RG-09	16/11/2017 09:59	<3	0,12	0,948	0,03	0,03	0,011	0,109	<0,0001	<0,5
RG-09	21/12/2017 09:28	<3	0,176	1,12	0,0416	0,136	0,0221	0,235	<0,0001	<0,5
RG-10	17/11/2017 09:21	<3	0,0494	0,613	<0,01	0,05	0,00799	0,11	<0,0001	<0,5
RG-10	13/12/2017 12:33	<3	0,246	2,54	0,03	0,0894	0,0256	0,645	<0,0001	<0,5

PONTO	DATA	DBO (mgO ₂ /L)	FERRO DISSOLVIDO (mg/L)	FERRO TOTAL (mg/L)	FÓSFORO DISSOLVIDO (mg/L)	FOSFORO TOTAL (mg/L)	MANGANÊS DISSOLVIDO (mg/L)	MANGANÊS TOTAL (mg/L)	MERCÚRIO TOTAL (mg/L)	NITRATO (mg/L)
RG-11	17/11/2017 09:28	<3	0,11	0,637	0,01	0,04	0,0172	0,126	<0,0001	<0,5
RG-11	14/12/2017 10:14	<3	0,183	2,72	0,02	0,0767	0,0258	0,523	<0,0001	<0,5
RG-12	26/10/2017 11:23	<3	0,0545	0,185	0,01	0,02	0,0131	0,0773	<0,0001	<0,5
RG-12	10/11/2017 09:05	<3	0,277	1,18	<0,01	0,05	0,0118	0,183	<0,0001	<0,5
RG-12	14/12/2017 11:33	<3	0,233	2,58	0,01	0,069	0,0192	0,471	<0,0001	<0,5
TG-22M	08/11/2017 10:10	<3	0,511	0,699	<0,01	0,03	0,0134	0,0258	<0,0001	<0,5
TG-22M	22/11/2017 10:10	5,4	0,407	0,748	0,04	0,06	0,0166	0,0262	<0,0001	0,61
TG-22M	05/12/2017 09:35	<3	0,15	0,5	0,02	0,03	0,0108	0,0156	<0,0001	0,92
TG-22M	21/12/2017 10:12	<3	0,261	0,813	0,039	0,095	0,0206	0,0263	<0,0001	<0,5

(Continuação **Tabela 12** – Dados de qualidade de água superficial do PMQQVAI – amostras em desconformidade legal)

PONTO	DATA	NITRITO (mg/L)	NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg/L)	NITROGÊNIO ORGÂNICO (mg/L)	pH
COPAM, ÁGUA DOCE, CLASSE II		1	3,7MG/L N, PARA PH ≤ 7,5 2,0 MG/L N, PARA 7,5 < PH ≤ 8,0 1,0 MG/L N, PARA 8,0 < PH ≤ 8,5 0,5 MG/L N, PARA PH > 8,5	-	6,0 – 9,0
RG 13	10/11/2017 13:47	<0,01	<0,1	0,38	5,51
RGN 08 - I	31/10/2017 09:51	<0,02	<0,1	0,73	7,37
RGN 08 - I	09/11/2017 10:07	<0,01	<0,1	0,27	5,68
RGN 08 - I	24/11/2017 13:45	<0,01	0,41	0,17	7,07
RGN 08 - I	07/12/2017 10:49	<0,01	<0,1	0,4	3,39
RGN 08 - I	20/12/2017 10:05	0,01	<0,1	0,24	6,96
RG-05	10/11/2017 15:15	<0,01	<0,1	0,36	5,4
RG-05	14/12/2017 11:01	<0,01	<0,1	0,28	7,2
RG-06	10/11/2017 08:35	<0,01	<0,1	0,28	5,69
RG-06	13/12/2017 13:22	<0,01	<0,1	0,36	7,17
RG-07	10/11/2017 11:00	<0,01	<0,1	0,35	5,48
RG-07	13/12/2017 08:26	0,01	<0,1	0,76	7,2
RG-08	27/11/2017 10:50	0,02	<0,1	0,26	7,05
RG-08	13/12/2017 09:08	<0,01	<0,1	0,43	7,22
RG-09	16/11/2017 09:59	<0,01	<0,1	0,3	7,66
RG-09	21/12/2017 09:28	0,02	<0,1	0,41	6,78
RG-10	17/11/2017 09:21	<0,01	<0,1	0,24	7,32
RG-10	13/12/2017 12:33	<0,01	<0,1	0,49	7,04
RG-11	17/11/2017 09:28	<0,01	<0,1	0,27	7,4
RG-11	14/12/2017 10:14	<0,01	<0,1	0,47	6,82
RG-12	26/10/2017 11:23	<0,02	<0,1	0,23	7,5
RG-12	10/11/2017 09:05	<0,01	<0,1	0,33	5,49
RG-12	14/12/2017 11:33	<0,01	<0,1	0,39	7,12
TG-22M	08/11/2017 10:10	<0,01	0,12	0,53	
TG-22M	22/11/2017 10:10	<0,01	<0,1	0,51	7,03
TG-22M	05/12/2017 09:35	<0,01	<0,1	0,73	7,01
TG-22M	21/12/2017 10:12	<0,01	<0,1	0,34	7,41

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

Fonte: Banco de dados do PMQQVAI (formato excel) fornecido pela Fundação Renova.

Conforme observado acima as amostras de água coletadas pelo PMQQS, um dos parâmetros em desconformidade legal foi manganês total para todos os pontos inseridos no Trecho 9 do PMR. No mês de outubro todos os pontos indicaram concentrações do metal acima do permitido e em agosto foram 4 pontos. Em contrapartida, em setembro o mesmo ocorreu somente no RGN 04. As concentrações estavam próximas ao limite, com exceção do RGN 04 em agosto, quando atingiu quase o triplo do permitido. No entanto, o parâmetro manganês dissolvido apresentou concentrações inferiores a 0,10 mg/L e a Fundação Renova afirma em seu relatório técnico do PMQQS que isto comprova que valores mais elevados de manganês total estão associados a partículas em suspensão e não ao metal dissolvido em solução.

O estudo citado ainda faz um comparativo com os resultados de monitoramento do IGAM em estação próxima aos pontos monitorados, considerando média, máxima e mínima com período pós-rompimento. Não foi realizada comparação com o período pré-rompimento devido à ausência de dados. A estação do IGAM utilizada na comparação foi a RD011 (coincidente com o RGN 08), a qual registrou média (5,31 mg/L) e máxima (103,80 mg/L) do manganês total em água também acima do limite estabelecido (0,1 mg/L).

Além disso, foram detectados outros parâmetros acima do limite legal no monitoramento do PMQQS:

- Escherichia coli: RGN 04 em agosto;
- pH: RGN 08 em agosto;
- Turbidez: RGN 05 em agosto;
- Oxigênio dissolvido (OD): em agosto os pontos RGN 02, RGN 03, RGN 05, RGN 08; em setembro os pontos RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 07; e em outubro os pontos RGN 03 e RGN 05. O relatório técnico trimestral do PMQQS ressalta que o valor de OD abaixo do limite permitido também foi registrado em um ponto de monitoramento (RGN 01) localizado a montante das influências do rompimento da Barragem de Fundão (fora do Trecho 9 deste PMR).

Com relação às amostras do PMQQVAI, de outubro de 2017 a janeiro de 2018 foram coletadas 665 amostras no total em 77 pontos. Das amostras coletadas, 27 indicaram concentrações

fora do limite estabelecido pelo valor orientador definido pela COPAM 01/08 e distribuídos entre 11 pontos.

Os parâmetros que estavam fora do limite permitido foram:

- Alumínio dissolvido
- cor verdadeira
- DBO
- Ferro dissolvido
- Fósforo total
- Manganês total
- pH

Assim como observado nos resultados das amostras do PMQQS (monitorado de agosto a outubro de 2017), o manganês total esteve acima do limite permitido na maioria das amostras analisadas no monitoramento da qualidade de água no Trecho 9 do PMR pelo PMQQVAI nos meses de outubro de 2017 a janeiro de 2018.

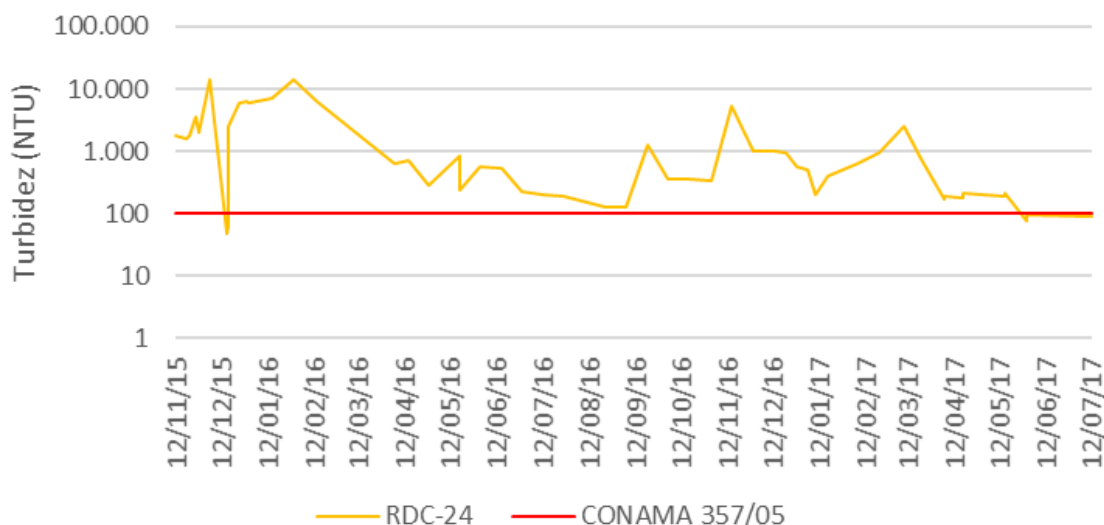
5.1.7.2.2 Turbidez

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 no Trecho 9 desde o evento de rompimento da barragem de Fundão foram compilados os dados de dois pontos localizados próximos da confluência do rio Gualaxo do Norte com o rio do Carmo: um na foz do Gualaxo do Norte (RDC-24) e outro no Carmo (RDC-25) a montante da confluência com o Gualaxo. Estes foram disponibilizados pela Fundação Renova através de um banco de dados de monitoramento (“BDGERAL”). A localização destes pontos já foi apresentada na Figura 135 na Seção 5.1.7.

Nas Figura 137 e Figura 138 estão os compilados os dados de média diária de turbidez nos pontos avaliados em comparação com o valor permitido pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para água doce, classe II de 100 NTU para o período de 12 de novembro de 2015 a meados de junho/julho de 2017.

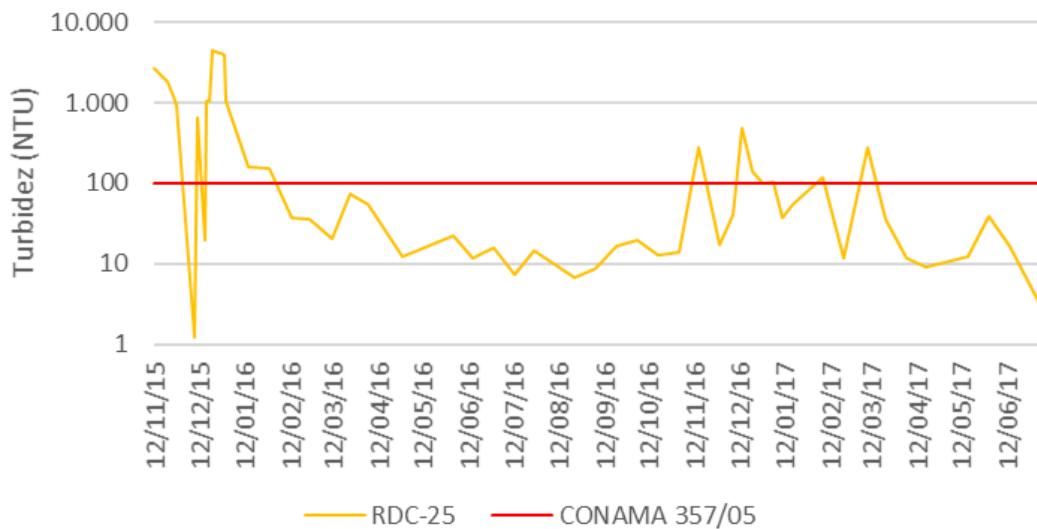
Figura 137 – Série Temporal de Turbidez no rio Gualaxo do Norte (RDC-24)



Fonte: Banco de dados “BDGERAL” (formato excel) fornecido pela Fundação Renova.

O ponto na foz do rio Gualaxo do Norte (RDC-24) registrou valores de turbidez acima do limite legal permitido em quase todo período monitorado, com exceção no início de dezembro de 2015. Os maiores números atingidos foram na primeira semana de dezembro de 2015 e final de janeiro de 2016, com aproximadamente 10.000 NTU. Logo em seguida teve uma queda significativa na turbidez no início de abril até os meses de junho a setembro de 2016, os quais são os meses mais secos. No fim de setembro de 2016 até março de 2017, a turbidez tendeu a um aumento com oscilações entre 500 até 5.500 NTU aproximadamente. Já no período de junho e julho de 2017, os níveis de turbidez estavam abaixo dos 100 NTU.

Figura 138 – Série Temporal de Turbidez no Rio do Carmo (RDC-25)



Fonte: Banco de dados “BDGERAL” (formato excel) fornecido pela Fundação Renova.

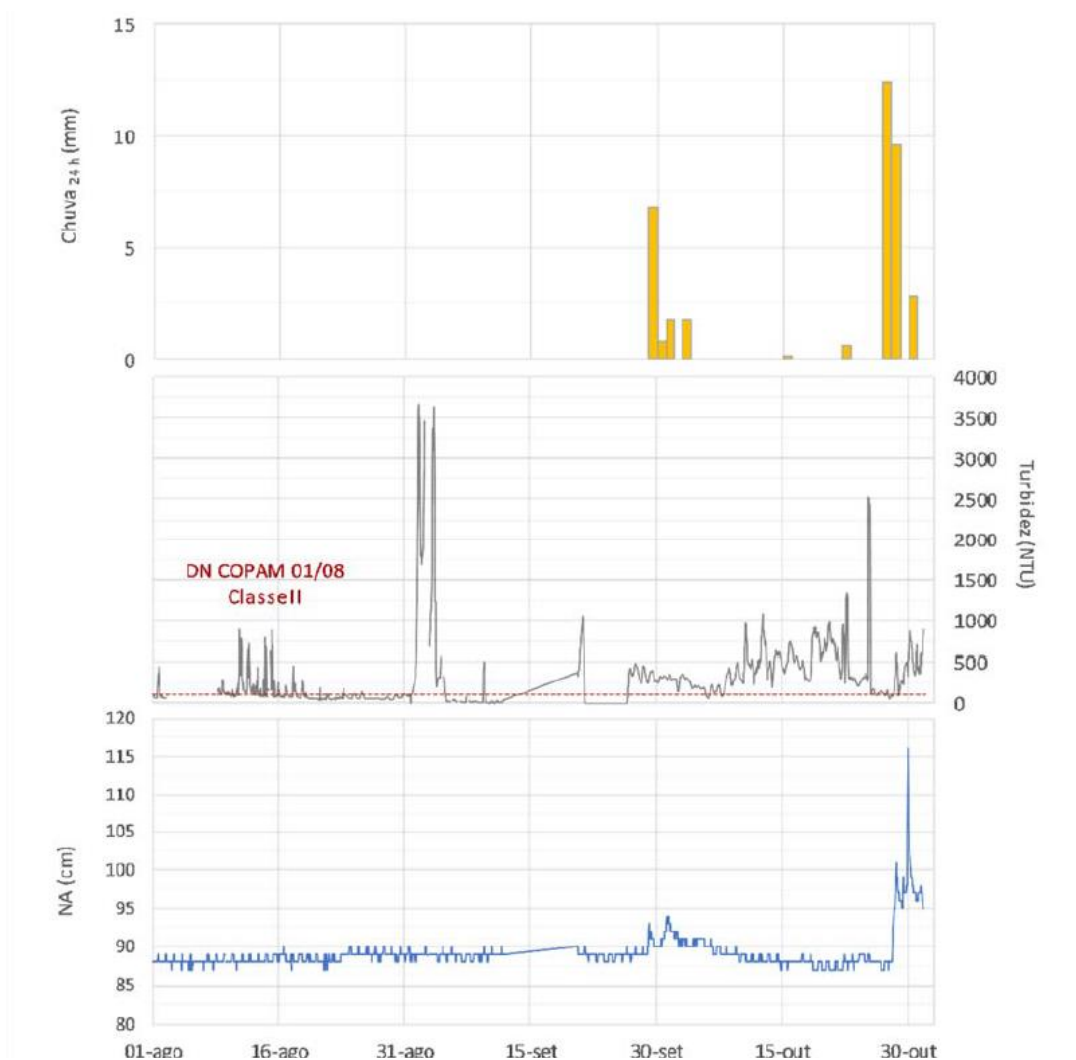
Conforme apontado anteriormente, o ponto RDC-25 está localizado no rio do Carmo a montante da confluência deste rio com o rio Gualaxo do Norte, por onde percorreu a lama de rejeito proveniente do rompimento da barragem de Fundão no dia 5 de novembro de 2015. Neste ponto de monitoramento da turbidez observa-se que o final de 2015 foi o período com os registros mais altos, atingindo quase 5.000 NTU no fim de dezembro de 2015. Entretanto, no início de 2016 a figura demonstra uma queda significativa na turbidez atingindo valores aceitáveis para a qualidade da água. O restante do ano se mantém assim, até novembro quando os valores estão em desconformidade legal até meados de março de 2017, oscilando entre 10 a 500 NTU aproximadamente. Os meses seguintes, abril a junho de 2017, a turbidez se manteve abaixo de 100 NTU.

Além das análises laboratoriais, o PMQQS conta com 22 estações automáticas contemplando monitoramento em tempo real em rios, composto por estrutura fixa no local de medição, onde foram instalados equipamentos para medição de nível d’água bem como sondas de medição contínua, de parâmetros de qualidade da água, com início da operação entre junho e julho de 2017. Além disso, as estações contam com equipamento de medição de parâmetros meteorológicos.

Para o presente PMR serão utilizados os dados de duas estações automáticas: RGN 06 e RGN 08, inseridas no Trecho 9. Estas são do tipo I, ou seja, estações telemétricas de monitoramento de nível do rio (modelo de pressão ou de radar), sensor pluviométrico (modelo do tipo báscula), temperatura do ar e turbidímetro Modelo OBS500 da Campbell. A localização destes pontos já foi apresentada na Figura 135 na Seção 5.1.7.

A Figura 139 apresenta gráficos com dados de pluviosidade, turbidez e nível d'água registros na Estação Automática RGN 06 no período de agosto a outubro de 2017 que foram extraídos do relatório técnico trimestral do PMQQS, referente aos meses de agosto a outubro de 2017, elaborado em fevereiro de 2018 pela Fundação Renova.

Figura 139 – Dados de Turbidez, Pluviosidade e Nível d'Água – RGN 06 (agosto a outubro/17)

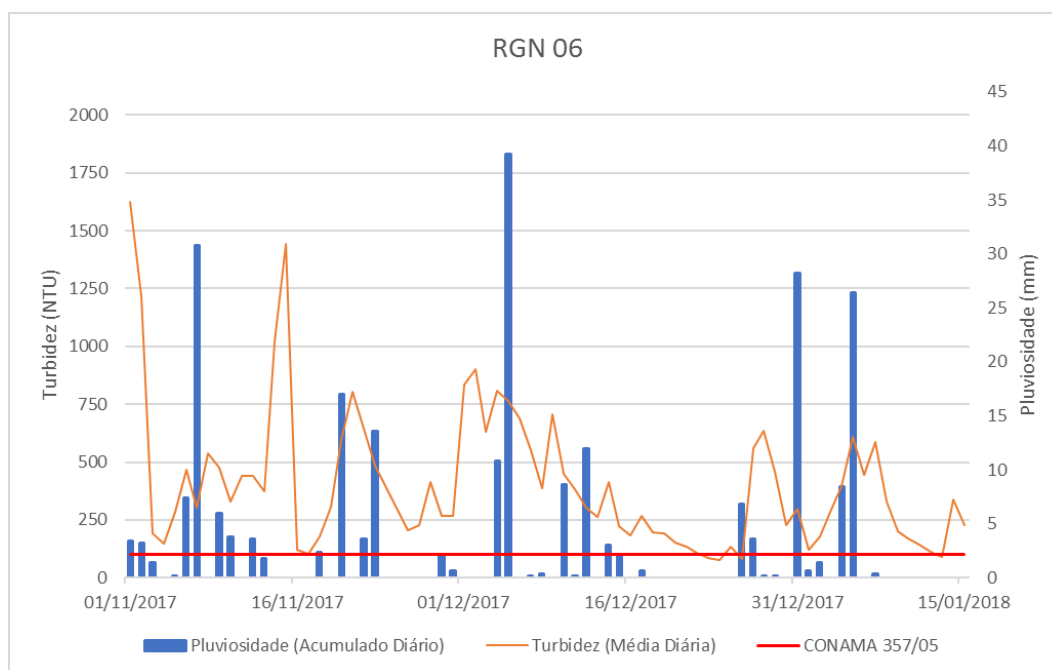


Fonte: HIDROGEO (2018)

As médias mensais de turbidez estavam acima do limite permitido pela DN COPAM 01/08 de 100 NTU: 127 NTU em agosto; 394 NTU em setembro e 424 NTU em outubro. Os períodos com maiores valores foi início de setembro com aproximadamente 3.500 NTU e na segunda quinzena de setembro com 2.500 NTU, no entanto nestes dias o gráfico indica precipitação de 0 mm e o nível d'água do rio aproximadamente 85 a 90 cm. Além disso, nos meses de agosto e setembro, observam-se diversos períodos com níveis de turbidez na ordem ou abaixo dos 100 NTU. Nos últimos dias de outubro choveu significativamente o que, consequentemente, gerou um aumento no nível d'água e a turbidez estava entre 500 a 1.000 NTU.

Para complementar a análise, a Fundação Renova disponibilizou os dados de monitoramento de pluviosidade e turbidez do RGN 06 dos meses seguintes (novembro de 2017 a janeiro de 2018) e que serão contemplados no próximo relatório trimestral do PMQQS que se encontra em fase de elaboração. Os dados são apresentados na Figura 140, a qual indica médias diárias de turbidez oscilaram de 100 a 1.600 NTU aproximadamente, sendo os picos no início e no fim da primeira quinzena de novembro. Logo na sequência dos dois picos, a turbidez reduziu significativamente para quase 100 NTU nos períodos sem chuvas. No entanto, os dias mais chuvosos não coincidem com esses valores mais altos de turbidez.

Figura 140 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 06 (novembro/17 a janeiro/18)



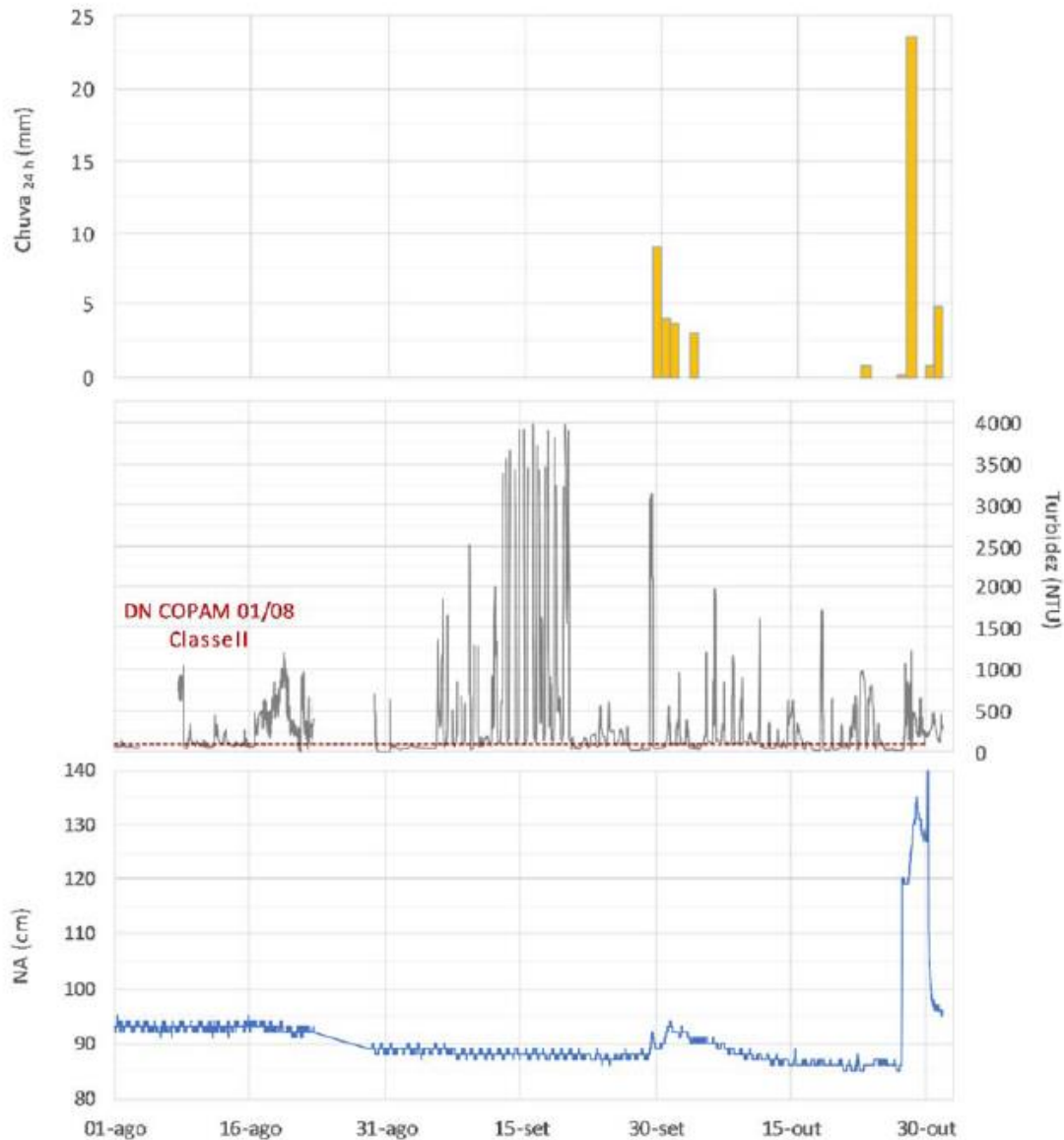
Fonte: HIDROGEO (2018)

De acordo com o relatório citado, alguns valores elevados de turbidez identificados estão relacionados à presença de algas aderidas no turbidímetro que foram observadas durante visitas de manutenção semanais das estações. No entanto, a NT N° 06/2018 emitida pela GTA-PMQQS mencionada anteriormente afirma que “os dados que eventualmente estão associados a falhas de medição devem ser desqualificados e não registrados nos gráficos para evitar equívoco na avaliação das informações”. Além disso, a NT também considera que “quando ocorrer acúmulo de algas nas Estações Automatizadas, seja acúmulo na sonda ou na gaiola de proteção, deve ser realizada a medida de Turbidez com sonda reserva, conforme estabelecido no PMQQS, de forma que seja possível identificar se as algas estão interferindo na medição do parâmetro Turbidez”.

Outra justificativa dada é a influência das obras de engenharia e movimentação de terra realizadas a montante da estação por meio do programa de regularização de calhas e margens dos rios e afluentes, as quais foram concluídas no fim de dezembro de 2017.

A Figura 141 apresenta os dados de turbidez, pluviosidade e nível d'água no ponto RGN 08 para o período de agosto a outubro de 2017, sendo o gráfico também extraído do relatório trimestral do PMQQS elaborado pela Fundação Renova (HIDROGEO, 2018).

Figura 141 – Dados de turbidez, pluviosidade e nível d'água – RGN 08 (agosto a outubro/17)



Fonte: HIDROGEO (2018)

De acordo com o gráfico, a turbidez durante a segunda semana de setembro atingiu quase 4.000 NTU (valor limite de quantificação da sonda multiparamétrica) quando a precipitação de chuva foi de 0 mm. Outro pico foi detectado no fim de setembro com mais de 3.000 NTU e a precipitação foi quase 10 mm, entretanto, a Fundação Renova afirma que estes valores não são esperados para a estação de estiagem. Nestes períodos, o RGN 06 (estação a montante do RGN 08) registrou turbidez por volta de 500 NTU. Ressalta-se que, apesar de valores altos de turbidez,

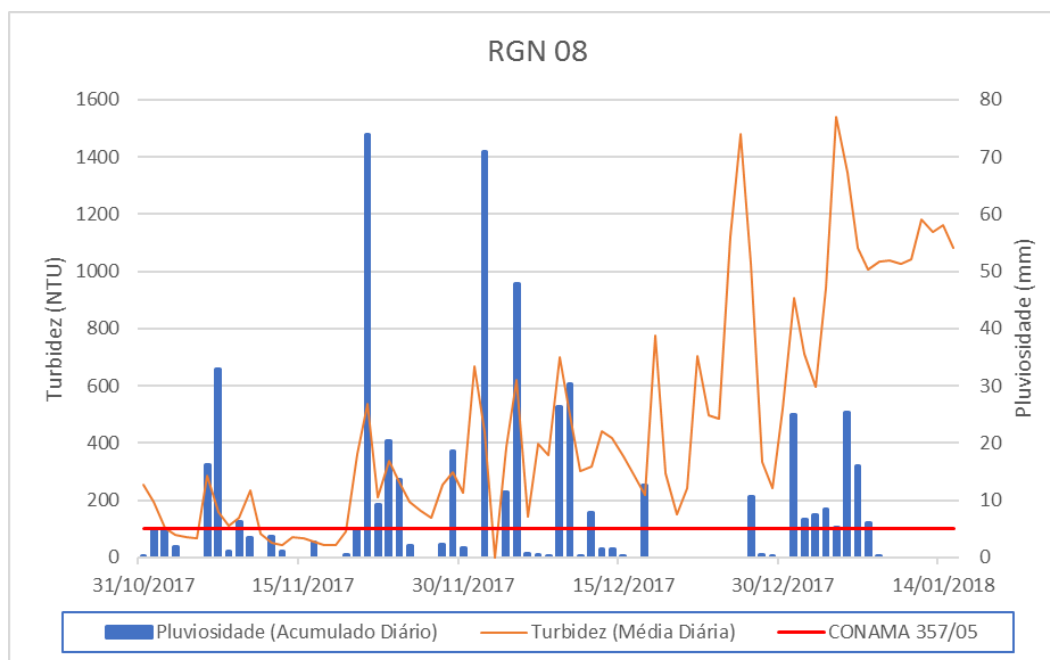
a estação também detectou concentrações menores que 100 NTU e, portanto, em atendimento à referência legal, em todos os meses.

Segundo o relatório citado, assim como verificado no RGN 06, no ponto RGN 08 foram observadas algas aderidas no turbidímetro, que podem ter influenciado alguns valores elevados de turbidez. Aqui se faz novamente a ressalva que a NT N° 06/2018 fez sobre “quando ocorrer acúmulo de algas nas Estações Automatizadas, seja acúmulo na sonda ou na gaiola de proteção, deve ser realizada a medida de Turbidez com sonda reserva, conforme estabelecido no PMQQS, de forma que seja possível identificar se as algas estão interferindo na medição do parâmetro Turbidez”.

Os períodos mais chuvosos no RGN 08 foram no fim de setembro e início de outubro e no fim de outubro, quando o nível d’água do rio se elevou de aproximadamente 90 cm para 140 cm, mas a turbidez não aumentou proporcionalmente.

Como feito para os dados do RGN 06, a Figura 142 apresenta os dados de turbidez (média diária) e pluviosidade (acumulada diária) de novembro de 2017 a janeiro de 2018 do ponto RGN 08. Em linhas gerais, observa-se que a turbidez foi aumentando de outubro a janeiro passando de aproximadamente 200 NTU a 1500 NTU. Os menores valores foram do início de outubro até a primeira quinzena de dezembro e os maiores valores no fim de dezembro até início de janeiro. Já a pluviosidade no período foi mais alta na segunda quinzena de novembro e no início de dezembro.

Figura 142 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 08 (novembro/17 a janeiro/18)

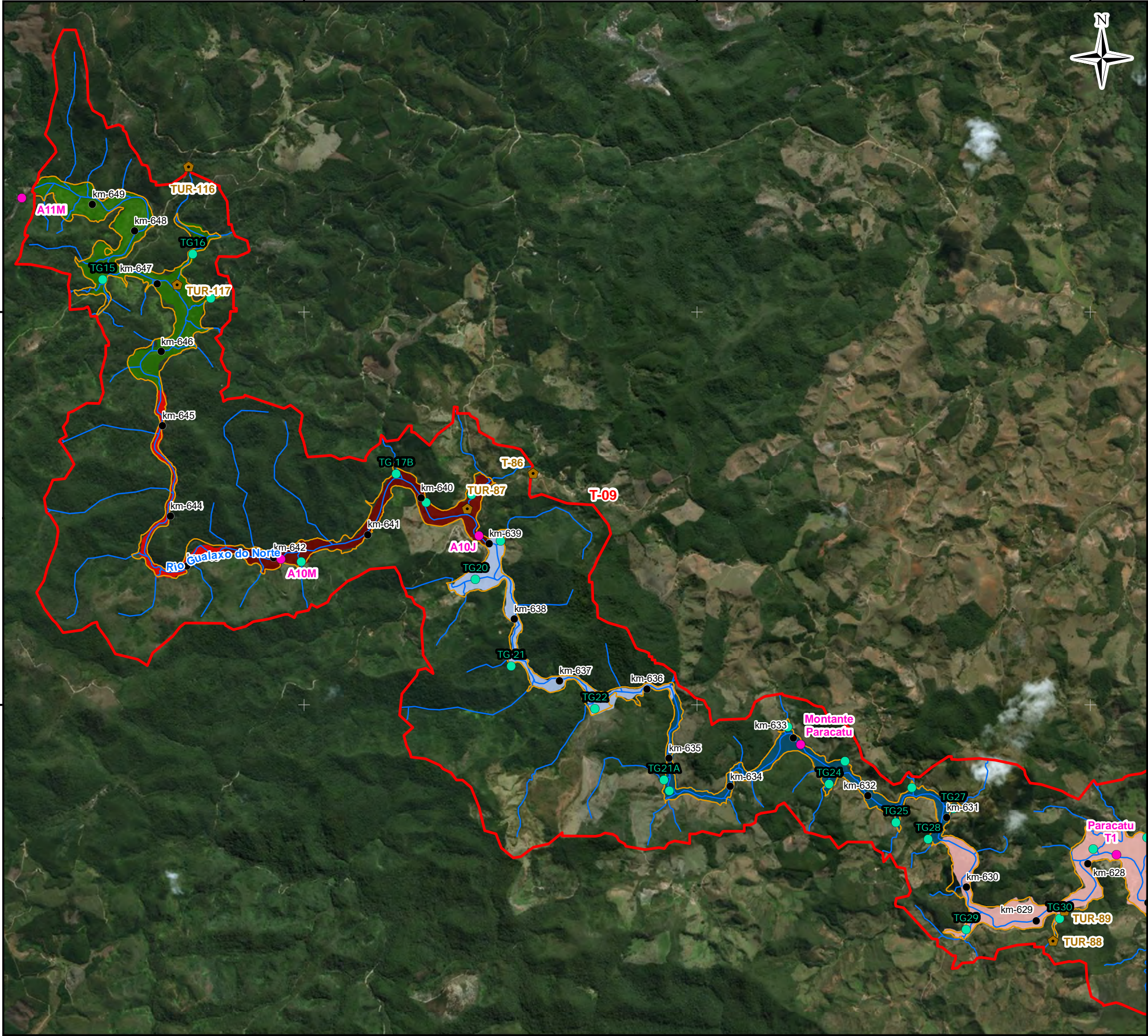


Fonte: HIDROGEO (2018)

5.1.7.2.2.1 Obras de intervenções

O Programa de Monitoramento das Intervenções Prioritárias realizou o monitoramento da turbidez na água superficial antes, durante e após as obras de drenagem e contenção e bioengenharia realizados em tributários do rio Gualaxo do Norte. Ademais, o rio foi monitorado durante o mês de agosto. Aqui serão descritos os dados de turbidez apresentados no relatório do Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias, 1ª e 2ª campanha (GOLDER ASSOCIATES, 2017d) tanto nos tributários, como no rio.

A Figura 143 indica a localização dos tributários e pontos de monitoramento da turbidez do Programa de Monitoramento das Intervenções Prioritárias.



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Monitoramento Rio Gualaxo do Norte
- Pontos utilizados para análise de turbidez
- Tributários

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 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.
GOLDER, 2016.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:

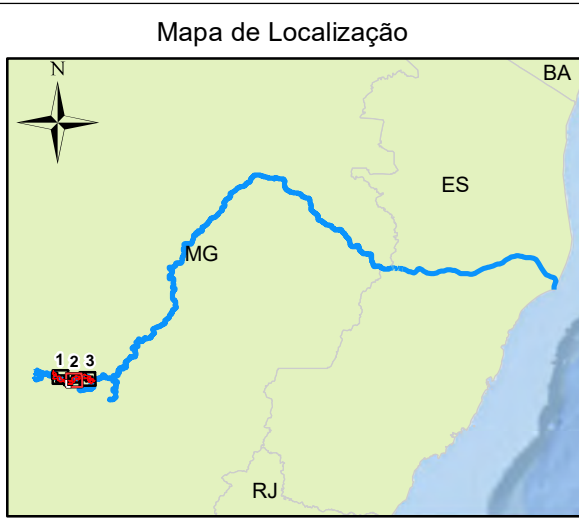
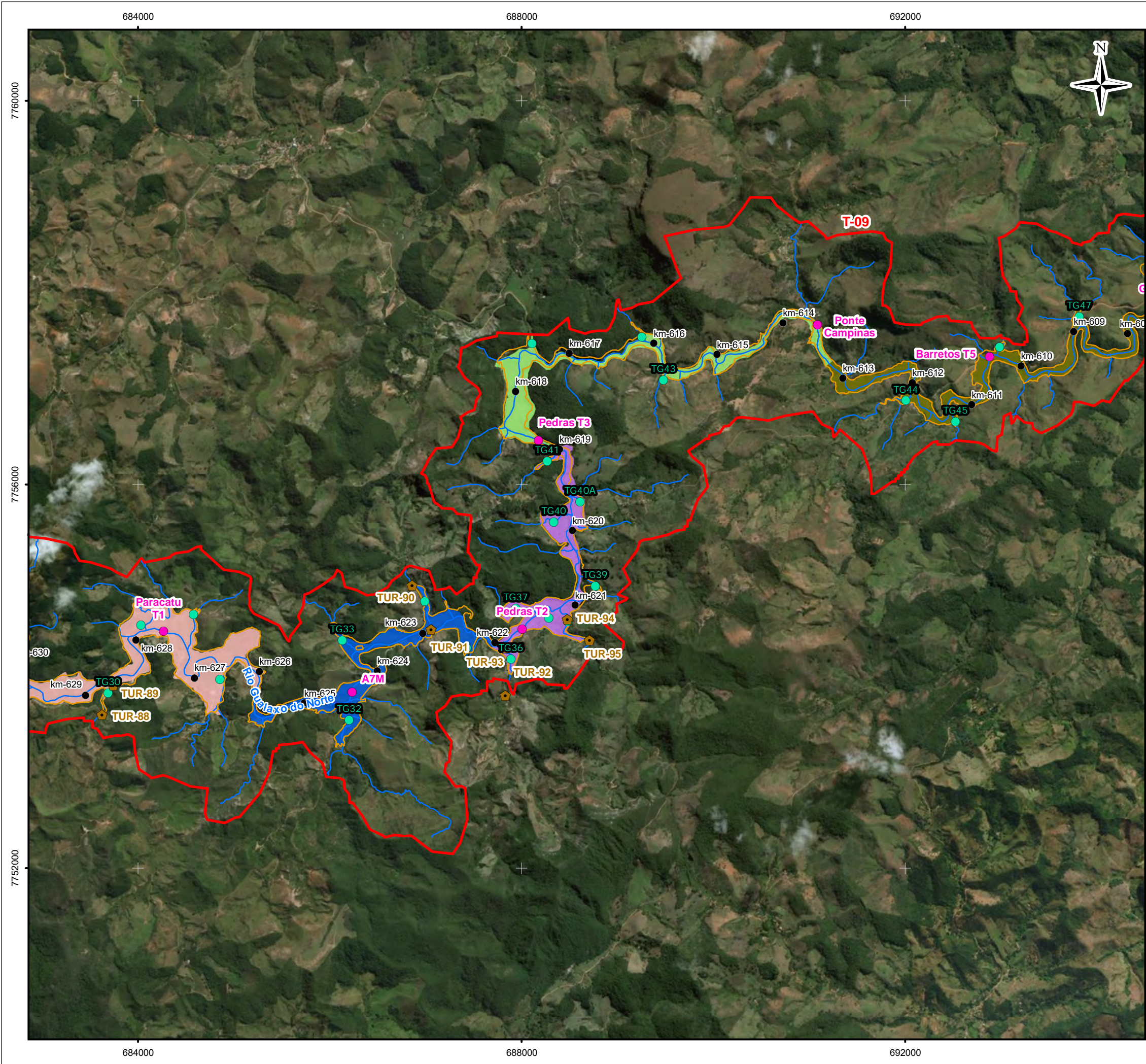
Figura 143
Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários -
Intervenções Prioritárias
Folha - 1

PROJETO:

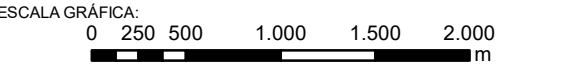
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 143 - Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários (1) - Intervenções Prioritárias - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Monitoramento Rio Gualaxo do Norte
 - Pontos utilizados para análise de turbidez
 - Tributários



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.
GOLDER, 2016.

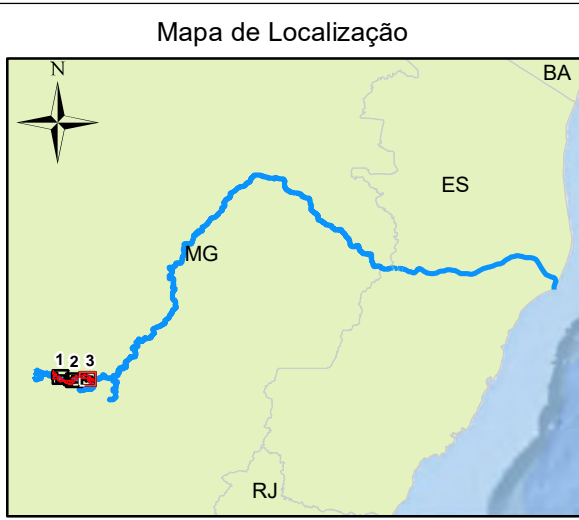
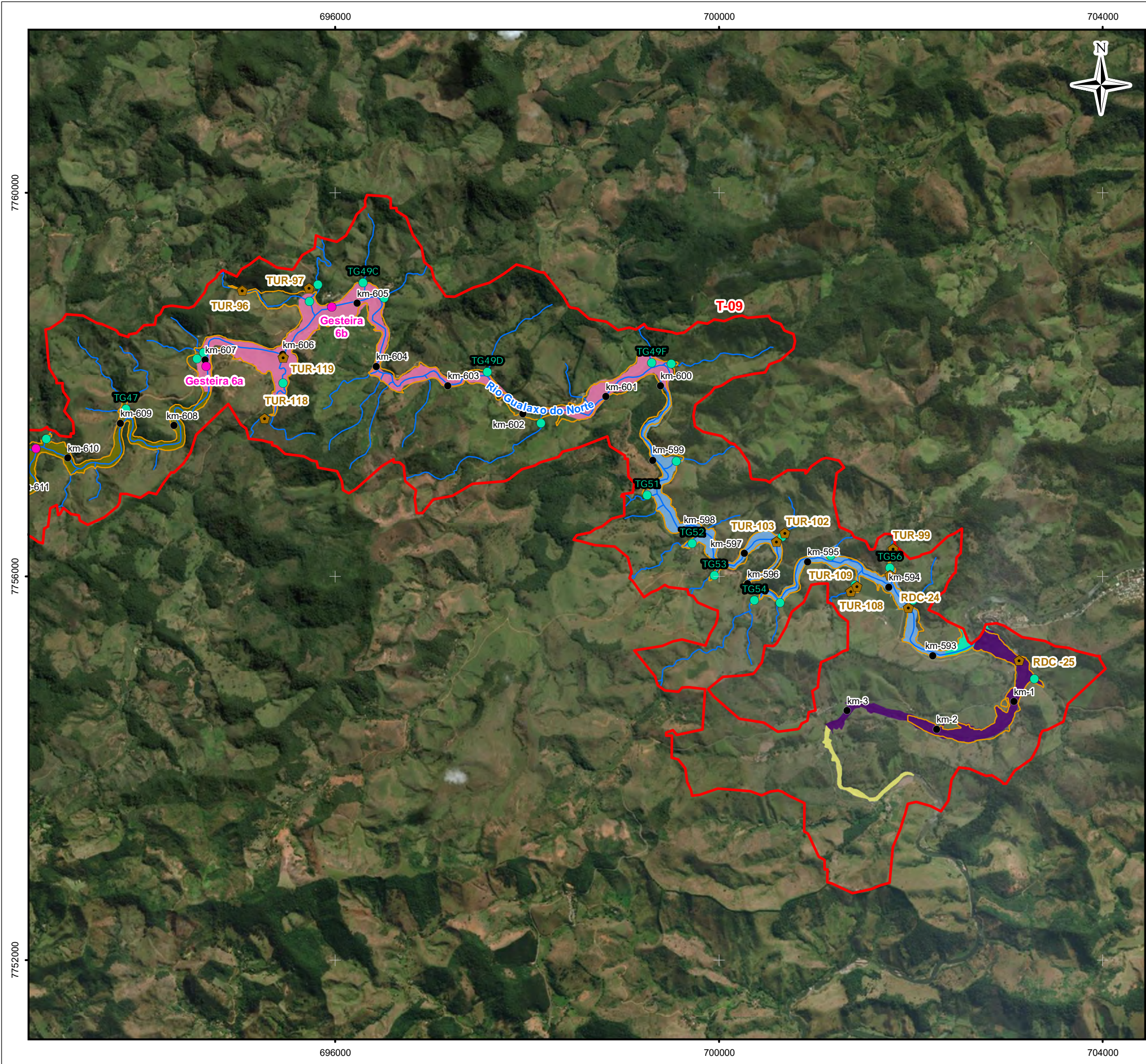
JACOBS **ch2m.**

TÍTULO:
Figura 143
Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários -
Intervenções Prioritárias
Folha - 2

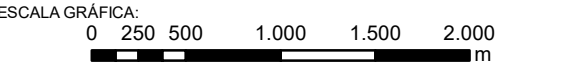
PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 143 - Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários (1) – Intervenções Prioritárias - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Monitoramento Rio Gualaxo do Norte
 - Pontos utilizados para análise de turbidez
 - Tributários



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.
GOLDER, 2016.



TÍTULO:
Figura 143
Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários -
Intervenções Prioritárias
Folha - 3

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 143 - Pontos de Monitoramento da Turbidez e Tributários (1) – Intervenções Prioritárias - Trecho 9

a) Tributários

Na Tabela 13 constam informações sobre os tributários monitorados, período de obras, quantidade de amostras coletadas e quantas tiveram o resultado acima do valor permitido pela Resolução CONAMA 357/05 de 100 NTU (BRASIL, 2005).

Tabela 13 – Informações sobre período de obras em tributários e monitoramento da turbidez nos tributários

TRIBUTÁRIO	PERÍODO DE OBRAS	PERÍODO DE MONITORAMENTO	PONTO	QUANTIDADE DE AMOSTRAS			
				Antes/durante obras		Pós obras	
				Total	>100 NTU	Total	>100 NTU
TG 16	Sem intervenções	16/01 a 31/08/17	TUR-116 (montante)	111	0	-	-
TG 16	Sem intervenções	16/01 a 31/08/17	TUR-117 (jusante)	111	24	-	-
TG 18	16/05 a 05/08/16	26/07/16 a 31/08/17	TUR-86 (montante)	10	0	267	9
TG 18	16/05 a 05/08/16	26/07/16 a 31/08/17	TUR-87 (jusante)	10	0	267	17
TG 30	11/02 a 07/07/16	26/07/16 a 10/05/17	TUR-88 (montante)	-	-	322	7
TG 30	11/02 a 07/07/16	26/07/16 a 10/05/17	TUR-89 (jusante)	-	-	322	8
TG 34	14/06 a 08/08/16	26/07a 05/10/16 e 30/07 a 30/08/17	TUR-90 (montante)	13	0	67	0
TG 34	14/06 a 08/08/16	26/07a 05/10/16 e 30/07 a 30/08/17	TUR-91 (jusante)	13	11	67	15
TG 36	04/07 a 19/08/16	26/07/16 a 30/06/17	TUR-92 (montante)	24	0	140	5
TG 36	04/07 a 19/08/16	26/07/16 a 16/01/17	TUR-93 (jusante)	24	3	140	31
TG 38	26/04/ a 20/07/16	26/07/16 a 30/06/17	TUR-94 (montante)	-	-	268	7
TG 38	26/04/ a 20/07/16	26/07/16 a 30/06/17	TUR-95 (jusante)	-	-	268	10
TG 48	01/04 a 30/05/16	16/01 a 30/08/17	TUR-118 (montante)	-	-	158	0
TG 48	01/04 a 30/05/16	16/01 a 30/08/17	TUR-119 (jusante)	-	-	267	1
TG 49	16/03 a 05/04/16	26/07/16 a 30/08/17	TUR-96 (montante)	-	-	277	12
TG 49	16/03 a 05/04/16	26/07/16 a 30/08/17	TUR-97 (jusante)	-	-	277	15
TG 53A	07/02 a 10/02/17	09/08/16 a 16/01/17	TUR-102 (montante)	150	2	-	-
TG 53A	07/02 a 10/02/17	09/08/16 a 16/01/17	TUR-103 (jusante)	150	2	-	-
TG 55	21/10/16 a 11/01/17	07/10/16 a 16/01/17	TUR-108 (montante)	86	1	5	0
TG 55	21/10/16 a 11/01/17	07/10/16 a 16/01/17	TUR-109 (jusante)	86	1	5	0
TG 56	01/02 a 16/03/16	26/07/16 a 30/06/17	TUR-99 (montante)	-	-	267	1
TG 56	01/02 a 16/03/16	26/07/16 a 30/06/17	TUR-98 (jusante)	-	-	267	3

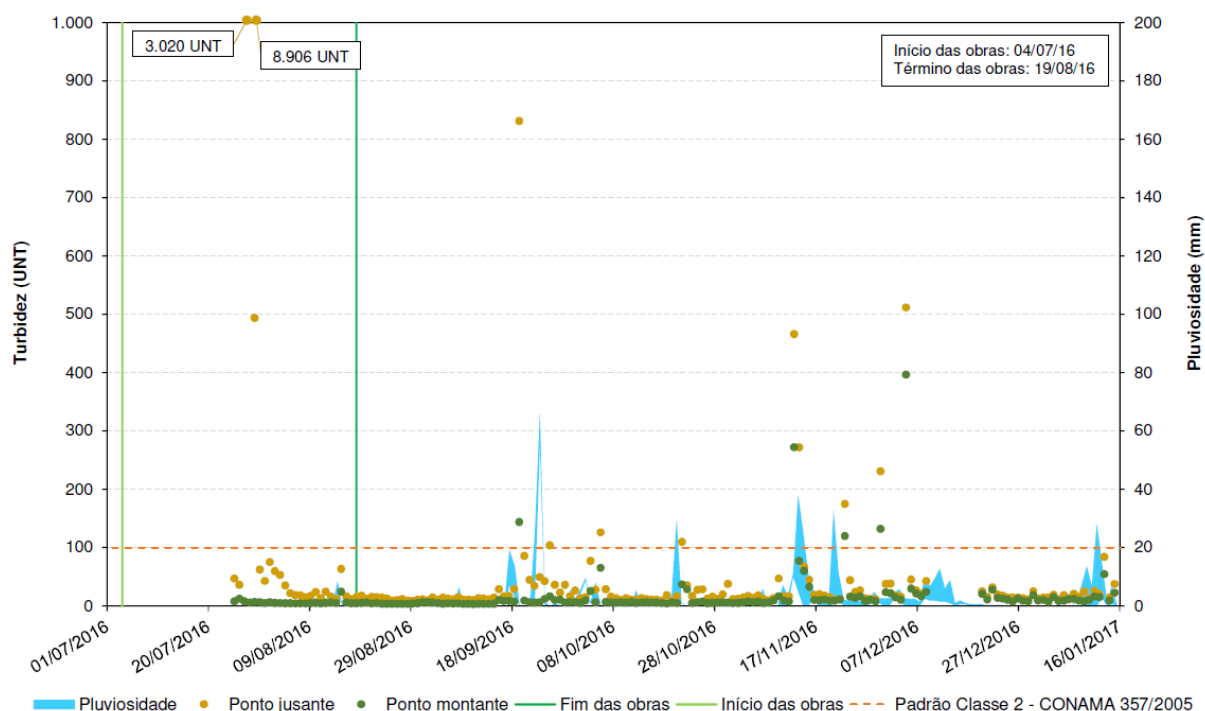
Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017d)

Para a caracterização da turbidez nos tributários, foram selecionados 3 tributários ao longo do Rio Gualaxo do Norte e que estivessem inseridos no Trecho 9 deste PMR. As **Figura 144**, **Figura 145** e **Figura 146** apresentam gráficos de série temporal de monitoramento dos tributários selecionados. Cada figura indica os resultados em ponto a montante e a jusante do tributário, período de obras e pluviosidade. Dos três tributários apresentados, somente um (TG36) foi monitorado durante e depois das obras; os outros dois (TG49 e TG56) foram monitorados após a conclusão das obras.

De modo geral, nos tributários avaliados a maioria dos valores de turbidez estavam em conformidade com o limite legal permitido (100 NTU) e os picos de turbidez observados nos pontos a jusante após o término das obras estiveram geralmente acompanhados de picos de turbidez nos pontos a montante e de pluviosidade.

No TG-36 (**Figura 144**) em julho e início de agosto de 2016, quando ocorriam as obras, a turbidez estava mais alta do que após as obras, mas sem ultrapassar o valor máximo permitido. No entanto, durante as obras houve três desvios, todos no ponto a jusante da obra no período de seca, atingindo até 8.906 NTU. O relatório técnico referenciado aponta a probabilidade de que estes desvios tenham sido provocados pelas obras, através da movimentação de máquinas e equipamentos que podem provocar, momentaneamente, a ressuspensão de sedimentos. Já no período posterior às obras, verificou-se uma tendência da turbidez a extrapolar o limite quando a pluviosidade era maior.

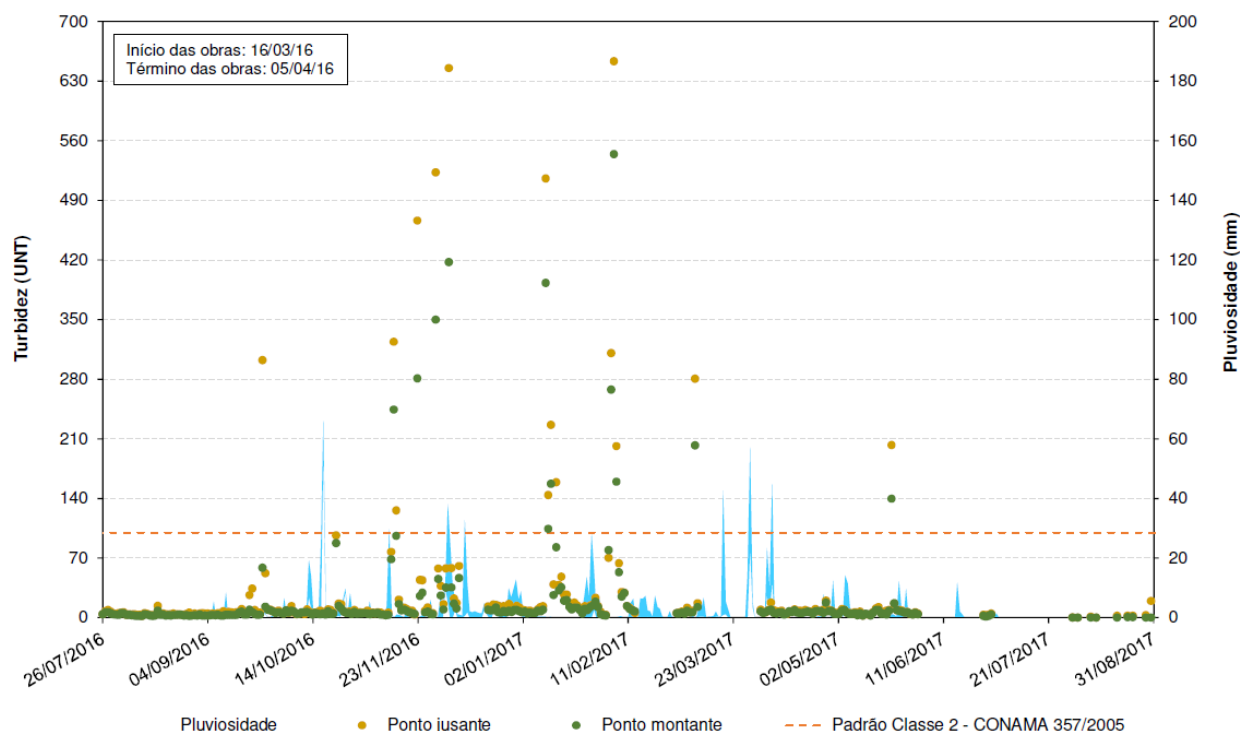
Figura 144 – Resultados de monitoramento de turbidez TG 36



Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017d)

No TG-49 (**Figura 145**), verificou-se que a turbidez se manteve abaixo do limite na maioria do período monitorado, sendo que as não-conformidades ocorreram em meados de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 quando a pluviosidade aumentou, em período pós-obras tanto a montante como a jusante. O valor máximo atingido foi aproximadamente 650 NTU no ponto a jusante do tributário.

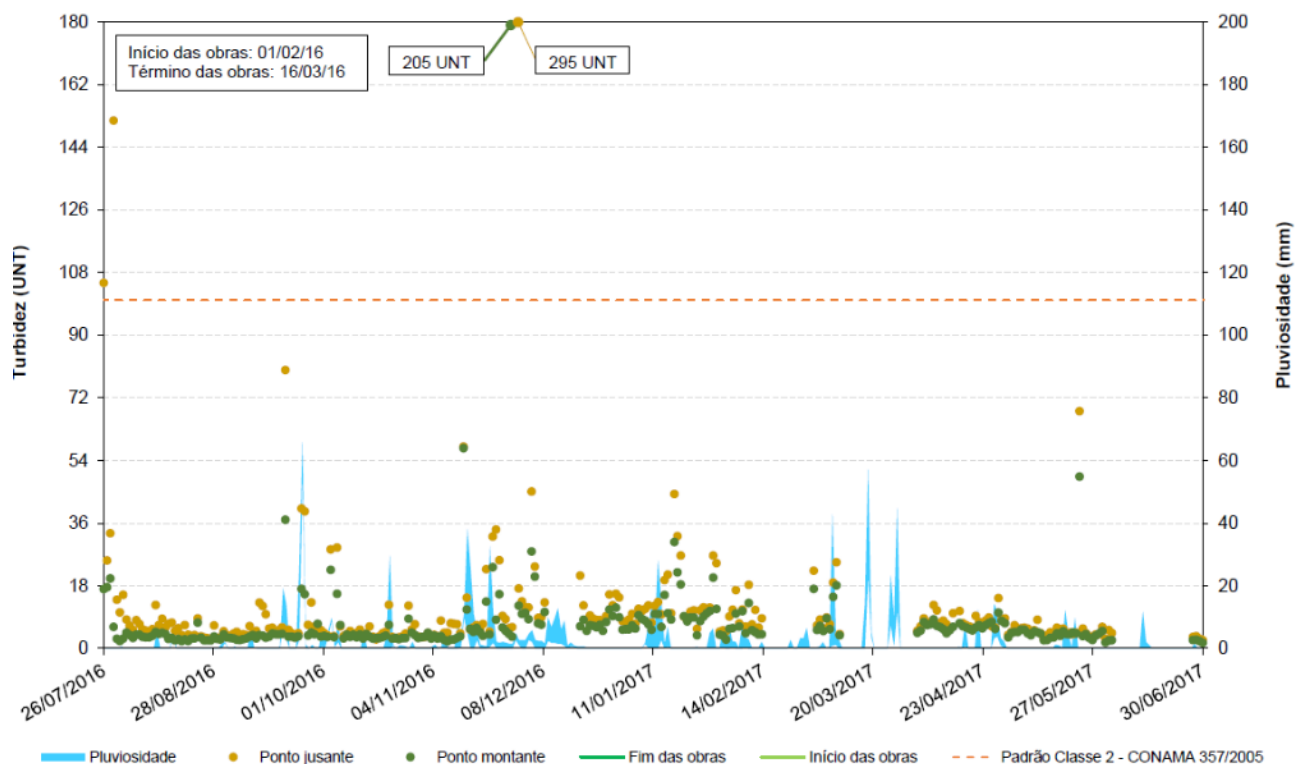
Figura 145 – Resultados de monitoramento de turbidez TG 49



Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017d)

No TG56 (**Figura 146**), a turbidez também se manteve abaixo do limite na maioria do período monitorado, com exceção no final de julho (período seco) e início de dezembro de 2016 (período chuvoso). Observando as três figuras, verifica-se que no início de dezembro houve um aumento relevante da turbidez nos três tributários, quando a pluviosidade também aumentou. Porém o máximo registrado no TG-56 (295 NTU) foi significativamente menor do que o máximo no TG-49 (650 NTU).

Figura 146 – Resultados de monitoramento de turbidez TG-56

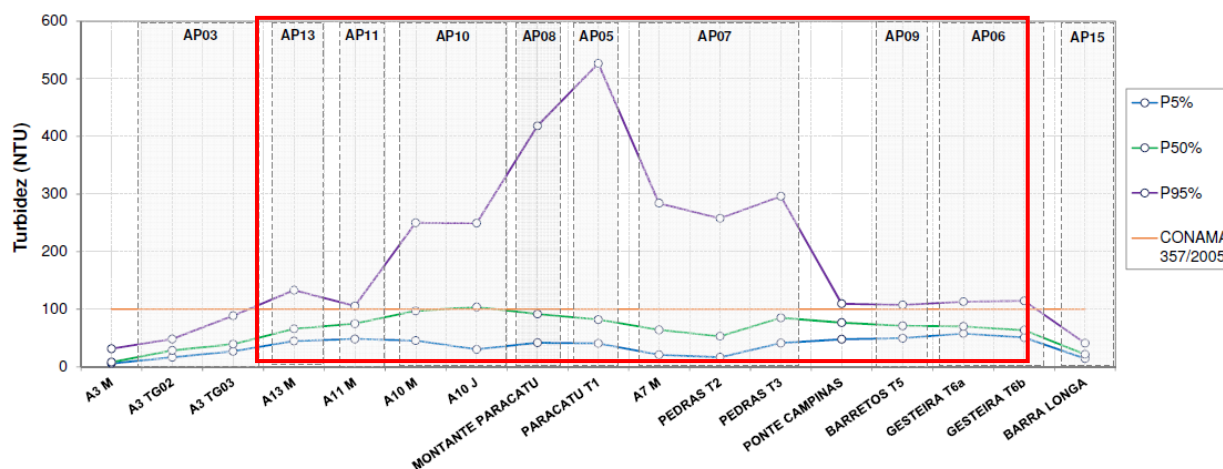


Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017d)

b) Rio Gualaxo do Norte

O rio Gualaxo do Norte foi monitorado pelo estudo citado durante o mês de agosto de 2017 nos pontos listados na Figura 143. A Figura 147 compila os dados coletados por meio de percentis de 5%, 50% e 95%, conforme o relatório do Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias, 1ª e 2ª campanha (GOLDER ASSOCIATES, 2017d). O quadrado vermelho destaca as Área Prioritárias (AP) de interesse para o presente PMR uma vez que estão inseridas no Trecho 9 e os pontos de monitoramento das AP estão posicionados no sentido de montante para jusante.

Figura 147 – Valores de Turbidez nos Pontos de Monitoramento no rio Gualaxo do Norte no mês de Agosto de 2017



Nota: Em destaque vermelho, as Áreas Prioritárias inseridas no Trecho 9

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017d)

Conforme concluído pelo estudo de monitoramento (GOLDER ASSOCIATES, 2017d), ao longo do período monitorado, durante a estação seca, não foram registrados eventos de chuva relevantes que pudessem influenciar de alguma forma os valores de turbidez. Em linhas gerais, observa-se que os resultados do percentil 5% e 50% em todos os pontos avaliados (dentro do Trecho 9 destacados no quadrado vermelho) estavam abaixo do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 de 100 NTU (BRASIL, 2005). Em contrapartida, a linha do percentil 95% em todos os pontos estava acima do permitido, com destaque para as áreas de montante Paracatu (AP08) e Paracatu (AP05) que atingiram aproximadamente 400 e 520 NTU respectivamente. As áreas seguintes, a jusante, AP07, AP09 e AP06 a turbidez diminui.

O estudo citado afirma que os valores de turbidez medidos nos dias 7 e 8 de agosto de 2017 foram responsáveis pelos valores mais elevados do percentil 95% nas áreas avaliadas e que nestes dias estavam sendo realizadas obras a montante da AP 10. Ademais, atividade de garimpo no rio Gualaxo do Norte estava ocorrendo nas proximidades do ponto Montante Paracatu (AP08). Consequentemente, as obras causaram um aumento na concentração de turbidez no local.

5.1.7.3 Aspectos Biológicos

Para a caracterização da biodiversidade do Trecho 9, foram considerados os resultados parciais do Programa de Conservação da Biodiversidade, que contempla o monitoramento

periódico da fauna aquática, terrestre e da vegetação (em áreas de fragmentos florestais, de revegetação e regeneração natural).

Para o levantamento da vegetação foi utilizado os resultados do Estudo Fitossociológico, elaborado pela Econservation (2017a), que contempla pontos amostrais no trecho em análise, além do resultado dos monitoramentos das ações de plantios de revegetação e regeneração natural.

Nos ambientes aquáticos, há pontos de monitoramento de ictiofauna, carcinofauna, perifíton, 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.

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 9, os pontos amostrais encontram-se próximos destes trechos, localizados no rio Gualaxo do Norte, ou no entorno e a montante, podendo ser úteis para a caracterização regional da biota desta área.

5.1.7.3.1 Cobertura Vegetal e Flora

A área de estudo, referente ao Trecho 9, 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, 2012), 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).

Antes do rompimento da barragem, o uso do solo no Trecho 9 era predominantemente antropizado, com usos como pastagens, agricultura e áreas de infraestrutura, permeados por remanescentes de vegetação. A área impactada pela deposição do rejeito no Trecho 9 afetou uma área, aproximada, de 88,83 hectares (ha) de cobertura vegetal de fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (FES), de acordo com mapeamento de uso do solo prévio e pós evento (datado de 2017), fornecidos pela Fundação Renova. A Tabela 14 apresenta a quantificação das áreas de cobertura vegetal antes e depois do evento do rompimento da barragem.

Tabela 14 – Quantificação da Cobertura Vegetal na Área Impactada Antes e Após o Evento no Trecho 9

COBERTURA VEGETAL NA ÁREA IMPACTADA (HA)	
Prévio ao evento *	175
Pós evento (2017)**	86

Fonte: os cálculos de cobertura vegetal foram baseados no levantamento de uso do solo elaborado pela empresa COFFEY fornecidos como base de dados pela Fundação Renova(*) e pelo Zoneamento Ambiental Produtivo - ZAP (EMATER, 2017) (**)

Os resultados do Levantamento Fitossociológico realizado pela Econservation (2017a), no contexto do Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25), nos pontos amostrais nos Trechos 9 (pontos 8, 8a, 9, 9a, 10, 10a, 11, 11a, 12, 12a, 13, 13a, 14, 14a, 15, 15a, 16, 16a, 17 e 17a), conforme apresentados no Mapa de Pontos de Monitoramento na Figura 135, identificaram formações florestais com vegetação secundária em estágio inicial e médio de regeneração e áreas de revegetação.

O Trecho 9 apresenta cobertura vegetal na maior parte do seu território, com fragmentos densos e interceptados por áreas de pastagem. Estes fragmentos remanescentes de vegetação nativa, apresentam aspectos estruturais e de composição florística similar à de outros trechos de floresta estacional semidecidual no estado de Minas Gerais. As famílias botânicas que apresentaram maior quantidade de espécies foram Fabaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rubiaceae, Annonaceae e Lauraceae, famílias típicas em fragmentos nativos de FES (ECONSERVATION, 2017a). A participação das espécies de Fabaceae (34) e Myrtaceae (20) estão associadas ao componente arbóreo das áreas amostradas no referido estudo, o qual teve mais parcelas em fragmentos do estágio médio.

A vegetação em estágio inicial amostrada nas adjacências da área afetada apresenta fitofisionomia de porte baixo (médias ente 4 e 8 m) com estratificação pouco evidenciada e predomínio de espécies pioneiras com baixa amplitude diamétrica. Predomínio de baixa ocorrência de epifitismo e fina e esparsa camada de serapilheira, em alguns locais o solo é coberto por gramíneas exóticas oriundas de pastagens do entorno (ECONSERVATION, 2017a). O levantamento em campo nos remanescentes amostrados em floresta em estágio inicial no Trecho 9, registrou 18 espécies que estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Espécies registradas em fragmentos em estágio inicial levantadas no ponto amostral no Trecho 9

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	G.E.	PORTE
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeirinha-vermelha	PI	Arb
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo	PI	Ar
Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	pimenta-de-macaco	PI	Ar
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	candeia, candeia-de-folha-miúda	PI	Arb
Cyperaceae	<i>Cyperus haspan</i> L.	tiririca		Her
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	samambaia		Her
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	vinhático-branco, vinhático-rajado, vinhático-do-campo	PI	Ar
	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	barbatimão-da-mata	SI	Ar
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	murici	PI	Ar
Melastomataceae	<i>Clidemia urceolata</i> DC.			SubArb
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	mexerica-do-cerrado, canela-de-velho	PI	Arb
Poaceae	<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro ex Benth.			Her
	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	sapê		Her
	<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	capim meloso		Her
	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	braquiária		Her
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	guaçatonga, cabroé, cafezeiro-do-mato	PI	Ar
Sapindaceae	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	camboatá, camboatão, pau-magro	PI	Ar
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	negramina, negamina, capitú, limoeiro-bravo	SI	Arb

Legenda: G.E.= Grupo Ecofisiológico: PI= pioneira; SI= secundária inicial.

Fonte: ECONSERVATION (2017a)

A amostragem do estrato arbóreo dos pontos com floresta em estágio inicial registrou *Xylopia sericea*, *Tapirira guianensis* e *Byrsonima crassifolia* dentre as espécies de maior Valor de Importância, corroborando com os resultados nas amostragens do inventário florestal de Minas Gerais em remanescentes do vale do rio Doce em municípios do entorno da região do presente estudo, em ambientes em melhor estado de conservação (SOUZA *et al.* 2008, *apud* ECONSERVATION, 2017a).

No estrato arbustivo, destacam-se as espécies *Schinus terebinthifolius*, *Eremanthus erythropappus*, *Miconia albicans*, *Siparuna guianensis* (ECONSERVATION, 2017a), dentre as quais as duas primeiras tiveram os maiores Valores de Importância.

No estrato herbáceo dos fragmentos em estágio inicial destaca-se a presença de *Cyperus haspan* (tiririca), *Pteridium arachnoideum* (samambaia do campo), *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* (braquiária). A maioria destas espécies são consideradas plantas daninhas e foram encontradas em pontos amostrais nas bordas de fragmentos.

A vegetação em estágio médio amostrada nos fragmentos remanescentes apresenta altura média entre 7 e 10 m, com estratificação característica, pela formação de dossel contínuo e sub-bosque e ampla distribuição diamétrica (média entre 11 a 15 cm) entre os indivíduos lenhosos. Ocorrem muitas espécies não pioneiras e o epifitismo não é evidenciado (ECONSERVATION, 2017a). As espécies registradas no levantamento em campo nos fragmentos em estágio médio no Trecho 9 registraram 185 espécies que estão apresentadas no **Anexo III**.

A amostragem do estrato arbóreo nos pontos de floresta em estágio médio verificou a presença significativa das espécies *Apuleia leiocarpa* e *Albizia polycephala*, *Dalbergia nigra*, *Plathymenia reticulata*, *Tapirira guianensis*, *Casearia decandra*, *Cupania vernalis*, *Anadenanthera colubrina*, que tiveram destaque com elevado Valor de Importância (VI) (ECONSERVATION, 2017a).

C. vernalis e *D. 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). Além dessas, outras espécies amostradas nos fragmentos de estágio médio foram também registradas por esses autores dentre as mais abundantes nos ambientes ciliares, como *Amaioua guianensis*, *Casearia sylvestris*, *Himatanthus lancifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Platypodium elegans*, *Pseudopiptadenia contorta* e *Schinus terebinthifolius* (ECONSERVATION, 2017a).

No estrato arbustivo dos fragmentos em estágio médio destacam-se com elevado Valor de Importância as espécies *Siparuna guianensis*, *Dalbergia nigra*, *Casearia decandra*, *Guarea macrophylla*, *Machaerium hirtum*, *Apuleia leiocarpa* e *Cupania vernalis* (ECONSERVATION, 2017a). A maior parte dos indivíduos do estrato arbustivo do estágio médio pertencem às espécies pioneiras, embora o grupo das secundárias iniciais e secundárias tardias apareçam com maior percentual que nas avaliações dos estratos e nos fragmentos em estágio inicial, e representam um indicativo promissor de avanço da comunidade arbórea dos

remanescentes para estágios sucessionais mais avançados (Souza *et al.* (2012) e Franco *et al.* (2014) apud ECONSERVATION, 2017a).

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 (pontos 9, 11, 12, 14, 15 e 17). 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 continuidade dos processos naturais da dinâmica florestal nesses locais (ECONSERVATION, 2017a).

No estrato herbáceo destaque para a espécie *Parodiolyra micrantha* (taquarinha), que apresentou o maior Valor de Importância no estudo fitossociológico, espécie exótica (naturalizadas) e considerada planta daninhas (LORENZI, 2008 *apud* ECONSERVATION, 2017a).

De acordo com os resultados do Monitoramento das Intervenções nas Áreas Prioritárias, na análise da vegetação das áreas prioritárias definidas para a implantação das ações emergenciais no Trecho 9, estabelecidas pela Golder Associates (2017e), nas planícies do Rio Gualaxo do Norte e tributários, na maior parte destas áreas, o solo exposto decorrente do impactos de supressão da vegetação causada pelo evento do rompimento da barragem, foi recoberto por vegetação de porte herbáceo e arbustivo decorrente do plantio de revegetação emergencial e regeneração natural, conforme apresenta os dados da Tabela 16.

Tabela 16 – Descrição das ações realizadas de plantio de revegetação nas Áreas Prioritárias.

TIPO	ÁREA PRIORITÁRIA	SUB- ÁREA	DESCRIÇÃO/AÇÕES	ESPÉCIES PREDOMINANTES	ÁREA	COBERTURA VEGETAL (HA)		BIOMASSA	
						Antes (2015)	Após evento (jan/2017)	Seca (Kg)	Média estimada (ton/ha)
Planície	11	B-36	Área com histórico de uso por garimpos e reduzida cobertura vegetal, com dificuldade de estabelecimento de cobertura de porte florestal em decorrência das cheias do rio. Após o evento e as chuvas de 2015/2016, foi observada uma cobertura vegetal parcial, com ocorrência de espécies hidrófilas (taboa - <i>Typha domingensis</i> , e lírio do brejo - <i>Hedychium coronarium</i>), com baixa capacidade de proteção do substrato, estando presente processos erosivos ativos. Após a implantação de novas atividades de revegetação (semeio manual e hidrossemeadura), houve um aumento na cobertura vegetal e minimização dos processos erosivos.	<i>Mimosa setosa</i> , crotalária, calopogônio, feijão-guando e braquiária	11	2,43	7,27	16,37	13,64
Planície	10	M-08	As intervenções emergenciais (semeio manual) realizadas, proporcionaram o desenvolvimento de uma cobertura vegetal herbácea, contribuindo com a redução de processos de erosão. Foi observada ocorrência de regeneração natural comum importante catalizador do desenvolvimento da cobertura vegetal nestas áreas, provavelmente pela proximidade de fragmentos remanescentes e presença de indivíduos arbóreos mortos pelo evento, mas que funcionando como poleiros de fauna, beneficiando o transporte de sementes e propágulos.	<i>Ludwigia elegans</i> , <i>Cyperus odoratus</i> , crotalária, calopogônio, feijão-guando, feijão-de-porco	5,16	5,13	3,19	8,74	7,29
Planície	8	B-65	Planície em curva acentuada no rio Gualaxo do Norte, em que naturalmente há deposição de sedimentos e vegetação herbáceas/arbustiva e adaptadas a ambientes alagadiços. Após as chuvas de 2016/2017, atividades de reconformação do solo e revegetação, foi observado recobrimento da vegetação herbácea-arbustiva. Foi observada a ocorrência predominante da espécie <i>Mimosa setosa</i> Benth., que embora tenha um crescimento agressivo, trata-se de uma leguminosa fornecendo matéria orgânica e nitrogênio ao solo, além de proporcionar proteção ao solo contra processos erosivos. .	crotalária, calopogônio, feijão-guando, feijão-de-porco, capim-vaqueiro, <i>Sida sp</i> , sorgo, <i>Alternanthera tenella</i> , braquiária	2,63	2,46	1,96	16,31	13,6
Planície	5	B-82	Foram identificados processos erosivos mesmo após as ações de revegetação em 2016. Em 2017, foram realizadas atividades de bioengenharia e novos plantios, além do cercamento do tributário que secciona a planície, resultando no desenvolvimento da cobertura vegetal, sobretudo, por herbáceas, na planície.	crotalária, calopogônio, feijão-guandu, feijão-de-porco, capim-navalha, capim-vaqueiro, <i>Ipomea sp</i> , braquiária	7,23	6,27	7,08	11,6	9,67
Planície	7	B-98	Foram executadas reconformação da topografia, dispositivos de drenagens e de proteção as margens e ações revegetação. Paralelo as estas ações, foi realizado o plantio de gramíneas forrageiras exóticas (<i>Urochloa sp</i>) pelos proprietários, de modo que foi desenvolvido um tapete verde nestas planícies, promovendo proteção contra erosões, mas prejudicando a regeneração natural florestal nestas áreas.	braquiária rasteira, <i>Pluchea sagittalis</i> , capim gordura, malvaceae, <i>Sida glaziovii</i> , tiririca	0,58	0,36	0,18	3,55	5,93
Planície	9	B-139	Esta planície tem histórico da presença de vegetação herbácea/pastagem, a qual foi suprimida após o evento. Após o evento, foi aplicado pelo proprietário da área material de empréstimo em quase toda a totalidade da planície e revegetação com plantio de braquiária, visando a formação de pastagem, o qual tece sucesso no desenvolvimento dessa cobertura vegetal.	braquiária, <i>Mimosa pudica</i>	12,47	10,74	11	6,075	5,06
Tributário	10	TG-20	Neste tributário é observado espécies herbáceas e arbustivas consorciadas em pleno desenvolvimento, sendo notado matéria orgânica depositadas no solo.	braquiária de rama, crotalária, feijão guandu e <i>Alternanthera tenella</i>	10,1			9,78	16,73
Tributário	7	TG-34	É observado a alternância entre trechos com vegetação arbustiva e herbácea. No trecho mais a montante, há predomínio de braquiárias, e mais próximo ao Gualaxo do Norte, as áreas são cobertas por crotalária, feijão-guando, estilosantes e calopogônio. Ademais, foi observado presença de espécies espontâneas nas margens do curso d'água e entre o enrocamento, como <i>Ludwigia elegans</i> .	braquiária, crotalária, feijão-guandu, estilosantes e calopogônio	4,49			8,5	15,45
Tributário	9	TG-44	Em geral, a vegetação presente neste tributário é predominantemente herbácea decorrente das ações de plantio de revegetação e outras espécies espontâneas, que na margem direita ocorrem espécies arbustivas.	crotalária, calopogônio, <i>Alternanthera tenella</i> , assa-peixe e espécies espontâneas	3,22			3,09	6,28

Fonte: (GOLDER ASSOCIATES, 2017d)

Nestas áreas, as espécies predominantes registradas foram de estrato herbáceo representadas por: calopogônio, *Althernanthera tenella*, *Ludwigia elegans*, *Cyperus rotundus*, feijão-guandu, crotalaria, braquiária, malvaceas, feijão-de-porco, estilosantes, entre outras gramíneas, além das espécies de ocorrência espontânea.

O total de biomassa seca medida nas áreas amostrais variou de 3,09 a 16,37 Kg, as áreas que obtiveram os maiores valores de biomassa com percentual de cobertura de 100%, teve domínio da espécie *Mimosa setosa* e *Alternanthera tenella*, crotalaria, feijão-de-porco e feijão-guandu e calopogônio. Nestas áreas percebe-se o estabelecimento da cobertura vegetal herbácea, com a presença de espécies agressivas com grande potencial de recobrimento, no entanto, não é observado o desenvolvimento de espécies arbóreas e estrutura florestal.

Nestas áreas também 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, as plantas apresentam pouca quantidade de raízes, embora com bom desenvolvimento da parte aérea e boa fixação na camada superficial do solo. De acordo com os resultados em campo, as raízes apresentaram-se pouco volumosas e as plantas apresentam características distintas quanto ao desenvolvimento das raízes, de modo que foi observado maior desenvolvimento lateral em superfície (entre a camada de 0 a 20 cm do solo, com máxima observada de 32 cm) em relação ao crescimento vertical, e maior produção de raízes finas em comparação às mais grossas, considerando os parâmetros do IBGE (2007) (GOLDER ASSOCIATES, 2017d).

Foram também encontrados nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico associados às raízes de diferentes plantas, especialmente espécies leguminosas utilizadas no plantio de revegetação (GOLDER ASSOCIATES, 2017d).

O estudo conclui que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas avaliadas, podem ter sido prejudicadas pelo grau de compactação do solo/rejeito, em superfície e subsuperfície, embora os resultados não tenham verificado um padrão claro para o tamanho médio das raízes e indicaram

que as espécies respondem de modo distinto à compactação do solo (GOLDER ASSOCIATES, 2017d).

Ainda, foram para o estabelecimento da correlação entre espécies e solo foram realizadas análises laboratoriais com relação à presença de macronutrientes e micronutrientes em tecidos vegetais e análises de solo no ponto de amostragem na área de revegetação (P11) no Trecho 9. As análises físicas e químicas dos solos no referido ponto de coleta demonstraram que os solos em questão estão com baixo teor dos nutrientes analisados, especificamente para os macronutrientes Ca, K, Zn, Cu e B, e com níveis elevados dos micronutrientes Fe e Mn que, em excesso, são considerados tóxicos dependendo do pH do solo. As plantas pertencentes ao gênero *Crotalaria* apresentaram deficiência nutricional, refletindo o estado destes solos. Mesmo com os solos analisados estarem apresentando uma deficiência de nutrientes, as plantas do gênero *Cyperus* e *Brachiaria* apresentaram nutrição adequada (ECONSERVATION. 2017a).

Além das medidas de revegetação em ação emergencial, estão sendo realizados teste de plantio piloto em campo para testar alternativas de revegetação, com objetivo de otimizar esforços e custos e maximização das intervenções a serem realizadas em grande escala para a revegetação, em decorrência dos impactos do evento causados a vegetação (GOLDER ASSOCIATES, 2017e).

Para a realização dos testes piloto foi escolhida metodologia de recuperação de florestas tropicais, que se desenvolve em duas etapas: uma inicial de recobrimento (utilizando espécies de crescimento rápido e cobertura); uma segunda de enriquecimento (utilizando um número maior de espécies de modo a aumentar a diversidade do plantio) (GOLDER ASSOCIATES, 2017e).

Os testes de plantio piloto estão sendo realizados em duas propriedades inseridas em Paracatu de Baixo, no município de Mariana. Foram instaladas 75 parcelas com réplicas de dois tipos de preparo do substrato (homogeneização e subsolagem e homogeneização e subsolagem acompanhada de gessagem, calcariamento e adubação) e três estratégias de repovoamento (plantio de mudas arbóreas nativas, semeadura de arbóreas nativas e regeneração natural) (GOLDER ASSOCIATES, 2017e).

A avaliação inicial da implantação da etapa de recobrimento foi realizada em maio de 2017, 60 dias após o plantio, registrou um índice de 9% de mortalidade, índice comum para projetos de reflorestamento e resultado bom para a situação do substrato atual. Foram registrados pouco sinais de

herbivoria e presença de formigas não-cortadeiras. Foram identificados processos erosivos em 15 das áreas de amostragem de monitoramento. Os resultados da germinação in-loco e regeneração natural foram muito baixos. As áreas amostrais do monitoramento apresentaram mais da metade com predomínio de cobertura de gramíneas, principalmente o apaga-fogo (*Alternanthera tenella*) (GOLDER ASSOCIATES, 2017e).

Após esta etapa serão realizadas outras campanhas de monitoramento e o plantio da fase de enriquecimento. Estes resultados não foram disponibilizados até o presente momento (GOLDER ASSOCIATES, 2017e).

5.1.7.3.2 *Conectividade de habitats*

A vegetação no Trecho 9 é composta por fragmentos remanescentes nativos contíguos que recobrem os vales encaixados ao longo do rio Gualaxo do Norte, que são mais conservados nas áreas no início do trecho e interceptados por áreas antropizadas de pastagens, sobretudo, nas áreas do meio para o fim do trecho. As áreas afetadas extracalha pelo evento nestes trechos atingiram porções de vegetação nativa e pastagens nas APPs (planícies), 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 o Trecho 9 está inserido 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 (MMA, 2004).

Outro aspecto da paisagem que tange à conectividade de ambientes é com relação às lagoas marginais. Das lagoas marginais presentes no Trecho 9, parte delas 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 destes sistemas rio-lagoas. As lagoas remanescentes, foram alvo de depósitos de rejeito também, porém em menor escala, permanecendo com espelho d'água, e estas são conectadas aos cursos d'água ou isoladas.

Em condições normais, as lagoas marginais naturais conectadas são áreas inundáveis pelos rios durante os períodos chuvosos e, durante o período de seca essas áreas ficam desconectadas. 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.

Importante ressaltar que estas lagoas remanescentes no Trecho 9 são oriundas das ações de garimpos abandonados que eram realizados nas planícies do Rio Gualaxo do Norte. Embora estas sejam de origem antrópica, em virtude da comunicação com os cursos d'água, que aportam matéria orgânica, propágulos e espécies da fauna aquática, estas lagoas acabam estabelecendo habitats e funções ecológicas no sistema.

5.1.7.3.3 *Fauna terrestre*

O PG30 – Programa de Conservação da Fauna e Flora Terrestre está estruturado em 4 fases, que são:

- ✓ Fase 1: de Avaliação do Impacto sobre as espécies. Identificação e mensuração dos impactos oriundos do rompimento da Barragem de Fundão sobre as espécies de fauna e flora terrestre. Esta fase já foi finalizada com o trabalho Avaliação dos Impactos e Monitoramento da Fauna e Flora Terrestre nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, elaborado pela Golder Associates (2016), já provado pelo CIF (Deliberação CIF 91).
- ✓ Fase 2: Projeto de elaboração de Plano de Ação Nacional. Elaborar Plano de Ação Nacional (PAN) para conservação de espécies de fauna e flora terrestre na Área Ambiental 1 e respectiva área de influência direta (buffer definido pelo estudo de avaliação de impacto ambiental aprovado pela Deliberação CIF nº 91).
- ✓ Fase 3: Processo de monitoramento da fauna e flora terrestre. Avaliação dos impactos sobre a fauna e flora terrestre do rio Doce, mapeamento de fitofisionomias e avaliação dos solos na Área Ambiental 1 e área de influência direta.
- ✓ Fase 4: Processo de execução do Plano de Ação Nacional. Executar ações para conservação da fauna e flora terrestre, conforme resultados do estudo de avaliação de impacto ambiental (entregue em atendimento ao caput da Cláusula 168) e ações elencadas pelo PAN.

O monitoramento de campo de fauna terrestre contempla duas campanhas de campo (estação seca e chuvosa), com levantamentos de vertebrados (herpetofauna, mastofauna e avifauna) e

invertebrados (borboletas, abelhas, besouros e minhocas), que deverão amostrar 66 áreas distribuídas em 14 sítios amostrais no total. No Trecho 9 estão inseridos três pontos amostrais (61, 62 e 63), conforme apresentado no Mapa de Pontos de Monitoramento na Figura 135.

Os dados coletados serão analisados em termos de riqueza, abundância, índices ecológicos de diversidade, curva de acumulação de espécies e análises comparativas entre áreas afetadas e de referência (controle).

Até o fechamento deste relatório, estes dados não foram disponibilizados para análise e inclusão neste volume.

5.1.7.3.4 *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. Serão considerados os resultados coletados entre maio e outubro de 2017, nos pontos A01 e N01, no rio Gualaxo do Norte, a montante do Trecho 9, ponto A02, ainda no mesmo, mas localizado no próprio trecho, e ponto N02, no rio do Carmo. Os pontos N01 e N02 são pontos controle, localizados em áreas não impactadas pelo rejeito. Estes pontos estão espacializados no Mapa de Pontos de Monitoramento da Figura 135.

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 próximos ao Trecho 9. 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).

5.1.7.3.4.1 *Ictiofauna*

Estudos realizados nas sub-drenagens do alto Piracicaba, desde suas nascentes até o reservatório da UHE Sá Carvalho, próximo a área de análise, e no rio Gualaxo do Norte, 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).

Para esta compilação de dados, o referido EIA utilizou entre publicações acadêmicas e estudos de avaliação de impacto ambientais, o resultado de 74 áreas amostrais, em diferentes períodos sazonais (seca/chuva), incluindo ambientes lênticos e lóticos. A lista dos estudos utilizados no EIA (AMPLO, 2017) resultou no registro de 40 espécies de peixes, que estão apresentas no **Anexo III**.

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 gariepinus*, *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* (piauí-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 (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2017) 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 trecho 8.

Na mesma região foco do presente estudo, Santos et al. (2017) 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.

Conforme resultado dos resultados das campanhas mensais de maio a outubro de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do Rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b), nos pontos A01, A02, N01 e N02 registraram 14 espécies, representadas pelos Characiformes (sete), Perciformes (três) e Siluriformes (duas), conforme apresenta a Lista de espécies no **Anexo III**.

No ponto A02 (localizado no Trecho 9), foram registradas duas espécies *Geophagus brasiliensis* (cará) e *Sarotherodon niloticus* (tilápia do Nilo), ambas da ordem Perciformes e família Cichlidae, e coletadas apenas em uma campanha (setembro de 2017). No ponto a montante do Trecho 9, o ponto A01, localizado no Trecho 8, foi registrada apenas uma espécie, o *Astyanax bimaculatus*, na campanha de julho de 2017.

Os pontos definidos como controle, localizados em áreas não impactadas pelo evento, foram os locais em que foram registrados os maiores números de espécies. No ponto N01, a montante do Trecho 9, foram registradas duas espécies, a *G.brasiliensis* e *Loricariichthys castaneus*, este último representante da ordem dos Siluriformes. Já no ponto N02, inserido no rio do Carmo, a jusante do Trecho 9, foram levantadas 13 espécies, representadas pelas ordens: Characiformes (*Astyanax bimaculatus*, *Astyanax sp.*, *Astyanax taeniatus*, *Hoplias malabaricus*, *Hypomasticus mormyrops*, *Leporinus conirostris*, *Leporinus copelandii* e *Leporinus steindachneri*), Perciformes (*Sarotherodon niloticus* e *Geophagus brasiliensis*) e Siluriformes (*Loricariichthys castaneus* e *Hypostomus luetkeni*).

Os resultados destas campanhas mostraram que os pontos em trechos mais afastados da barragem rompida e não impactados pelo rejeito, como o caso do ponto N02, apresentaram maior riqueza de espécies de ictiofauna.

As espécies levantadas nos pontos inseridos no rio Gualaxo do Norte em área impactada (A01 e A02) são espécies mais generalistas, resistentes a ambientes menos conservados e apresentam dieta onívora, aspectos biológicos que correspondem as condições ambientais pós evento deste habitas.

Destaque para a espécie registrada no ponto A02, o *Sarotherodon niloticus* (tilápia do Nilo), espécie exótica, introduzida para criação e alimentação, embora seja naturalmente herbívora (fitoplantófaga), também se alimenta de outras fontes animais. É uma espécie altamente tolerante ao

habitat com baixos níveis de oxigênio e grandes variações de pH, permitindo a sua sobrevivência em ambientes de baixa qualidade de água, onde a maior parte das espécies não tolera. Por este motivo, é utilizada em lagoas de estabilização, por melhorarem a qualidade do efluente no tratamento. Ainda, possuem uma estratégia de reprodutiva, a incubação bucal, que auxilia e facilita a sobrevivência das larvas. Em decorrência de sua precocidade e rusticidade são muito utilizados em criadouros de peixes (MATHEUS, 1986).

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 do rio Gualaxo do Norte, rio Doce, e pontos de referência (não impactados) dos afluentes (rio Piranga, rio Piracicaba, rio Santo Antônio). Embora o estudo não apresente pontos amostrais inseridos especificamente no Trechos 9, 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). Foram registradas 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.

5.1.7.3.4.2 Comunidade bentônica

Estudos realizados em cursos d'água a montante do Trecho 9 (rio Piracicaba, córrego Brumado, córrego Natividade), referente ao período de 2008 a 2012, resultaram numa listagem de invertebrados bentônicos predominantemente composta por insetos bentônicos, pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, 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 das campanhas de maio a outubro de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b) nos pontos A01, A02, N01 e N02 registraram 70 táxons, representas por cinco classes; com destaque para a classe Insecta (60 espécies), com destaque para a ordem Diptera (39), representados em sua maioria pela família Chironomidae (32), conforme apresenta a Lista de espécies no **Anexo III**.

Para o ponto localizado no Trecho 9 (ponto A02), as amostragens registraram 23 táxons, no período de maio a outubro de 2017, sendo que 12 táxons não tiveram classificação ao nível de espécie, apenas até família. Nestes resultados tiveram um predomínio de artrópodes bentônicos da classe Insecta (22), com destaque para a ordem Diptera com 12 táxons, e na sequência, as ordens Trichoptera (4), Ephemeroptera (2) e Odonota, Megaloptera e Lepidoptera com uma espécie (1). Em menor ocorrência também estão presentes uma espécie de molusco bivalve (*Corbicula fluminea*) e um anelídeo da ordem Clitellata.

Este predomínio da ocorrência de artrópodes bentônicos (27), da ordem Diptera (21) e Família Chironomidae (14) também foram verificados no ponto amostral A01, à montante do Trecho 9, localizado no Trecho 8. Neste ponto, foi registrado um total de 30 espécies, durante as campanhas mensais de maio e outubro de 2017.

Os pontos definidos como controle, localizados em áreas não impactadas pelo evento, foram os locais em que foram registrados os maiores números de espécies. No ponto N01, a montante do Trecho 9, foram registradas 37 espécies, e no ponto N02, inserido no rio do Carmo, a jusante do Trecho 9, foram levantadas 43 espécies, no qual também mantem o predomínio da ordem Díptera (família Chironomidae) com 22 e 29 espécies, respectivamente. Os resultados destas campanhas mostraram que os pontos em áreas não impactados pelo rejeito, como o caso dos pontos N01 e N02, apresentaram maior riqueza de espécies de ictiofauna.

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, representada por 32 espécies. A família Chironomidae é um dos mais abundantes e ricos grupos de organismos encontrados em riachos, ocorrendo em quase todos os ambientes de água doce, em sistemas lóticos e lênticos (SANSEVERINO & NESSIMIAN, 2008), sendo o grupo possivelmente mais amplamente adaptado em relação aos demais insetos aquáticos, apresentando adaptações ecológicas e biológicas permitindo explorar diferentes habitats (PINDER, 1983, apud TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 2005). Suas larvas são importantes na dieta dos peixes e

funcionam como bioindicadores da qualidade ambiental (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 2005).

Os táxons que tiveram ocorrência em quase todos os quatro pontos amostrados (A01, A02, N01, N02), em todas as campanhas amostradas, foram dos gêneros *Caladomyia* e *Polypedilum*, típicos de substratos arenosos de ambientes lóticos (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 2005).

Outro gênero registrado na maioria das campanhas e pontos foi o *Cryptochironomus*, característico de áreas poluídas, com baixa concentração de oxigênio dissolvido, porém podendo ser encontrado em diversos tipos de habitats e condições de água. A predominância desse gênero indica, provavelmente, uma qualidade de água reduzida nessa estação (MARQUES et al., 1999).

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 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.

5.1.7.3.4.3 Fitoplâncton

Estudos realizados na sub-bacias a montante do Trecho 9, 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 (BICUDO & MENEZES et al., 2010), 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 sésil e associada a substratos litorais (perifíticas) (WETZEL, 2001, apud AMPLO, 2017).

Após o evento de rompimento da barragem, os resultados das campanhas de maio à outubro de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b) nos pontos A01, A02 e N02 registraram 113 táxons, representas por sete filos; com destaque para o Charophyta (61), seguido por Bacillariophyta (38), Cyanobacteria (8), Euglenophyta (2), Miozoa (2) e Rhodophyta (1), conforme apresenta a Lista de espécies no **Anexo III**.

Para o ponto localizado no Trecho 9 (ponto A02), as amostragens registraram 50 táxons no período de maio a outubro de 2017, com predomínio das classes Conjugatophyceae (18) e Bacillariophyceae (17) e Chlorophyceae (10). Em menor ocorrência estão presentes táxons das classes Mediophyceae (2), Dinophyceae (2), Coscinodiscophyceae (1) e Euglenophyceae (1).

Este predomínio da ocorrência táxons das classes Conjugatophyceae e Bacillariophyceae também ocorre, com 19 espécies em cada grupo, no ponto A01, a montante do Trecho 9. As classes Cyanophyceae e Chlorophyceae apresentam 8 e 7 espécies, respectivamente.

O ponto controle, localizado no rio do Carmo, em área não impactada pelo evento, foi o ponto amostrado com maior riqueza de espécies, onde foram registradas 76 espécies, mantendo o padrão de predomínio das famílias Chlorophyceae (26), Bacillariophyceae (22) e Chlorophyceae (14).

As espécies que foram registradas em todos os pontos e em quase todas as campanhas foram representantes da classe Bacillariophyceae (*Cymbella affinis*, *Cymbella tumida*, *Encyonema silesiacum*, *Fragilaria goulardii* e *Ulnaria ulna*) e Coscinodiscophyceae (*Melosira varians*).

As diatomáceas (Bacillariophyceae) estão amplamente distribuídas na natureza, uma vez que, assim como as cianobactérias e as algas verdes, estão aptas a colonizar a maioria dos ambientes aquáticos, exercendo um papel importante como produtores primários (REVIERS, 2006 apud JUNIOR et al, 2016).

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 de 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.

5.1.7.3.4.4 Zooplâncton

Em estudos realizados em cursos d'água a montante do Trecho 9 (rio Piracicaba, córrego Brumado, córrego Natividade), referente ao período de 2008 a 2012, foram identificados 48 táxons zooplancônicos, representantes de protozoários (23), rotíferos (21) e crustáceos (4). As análises da comunidade zooplancônica 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 (IUCN¹¹). Não foram registradas espécies exóticas ou invasoras (AMPLO, 2017).

Os resultados das campanhas de maio a outubro de 2017 do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do rio Doce nos MG e ES (ECONSERVATION, 2017b) nos pontos A01, A02 e N02 registraram 64 táxons, representados por três divisões; com destaque para os Protozoa da classe Amoebozoa (29), Animalia (26) e Chromista (6), conforme apresenta a Lista de espécies no **Anexo III**.

Para o ponto localizado no Trecho 9 (ponto A02), as amostragens registraram 22 táxons no período de maio a outubro de 2017, com predomínio das classes Amoebozoa (7), Rotífera (6) e Arthropoda (5), e com menor ocorrência as espécies de Cercozoa (2), Ciliophora (1) e Heliozoa (1).

¹¹ Lista de espécies ameaçadas Versão 2017-3. Disponível em <http://www.iucnredlist.org/search>

Este predomínio da ocorrência táxons das classes Amoebozoa (9) e Rotífera (7) também ocorre, no ponto A01, a montante do Trecho 9, onde foi registrado um total de 24 táxons.

O ponto controle, localizado no rio do Carmo, em área não impactada pelo evento, foi o ponto amostrado com maior riqueza de espécies, onde foram registradas 50 espécies, mantendo o padrão de predomínio das classes Amoebozoa (28) e Rotífera (1).

Os zooplânctons apresentam resposta rápida a alterações ambientais, funcionando com bioindicadores 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.

5.1.7.3.4.5 Potencial ecotoxicológico

Para todos os trechos do rio Doce, área que não inclui o Trecho 9, 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 espécie *Hyaella azteca*, mas não foi observada diferença dos níveis de toxicidade para os períodos de antes e depois do evento, apenas uma 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 (APLYSIA, 2017).

Embora estes dados não sejam relativos especificamente ao Trecho 9, 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 Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias (PG17). A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (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 (EMATER, 2017), 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 do Trecho 9, porém na área do Trecho 9 que compreende o córrego dos Camargo, foi utilizado o ZAP da sub-bacia homônima ao Rio. O ISA e o PASEA são referentes ao estabelecimento rural, e ainda estão em fase de finalização.

Com relação à atividade econômica da região, de modo geral é importante comentar que o estado de Minas Gerais, e principalmente os municípios localizados em áreas do Quadrilátero Ferrífero (região geológica de 7.000 km², situada no centro-sudeste do estado de Minas Gerais), são conhecidos pela sua tradição na atividade de extração mineral como ferro, manganês, pedras preciosas e ouro. 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 (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 e Comunidades

Na identificação das propriedades particulares existentes ao longo do rio Gualaxo do Norte realizada por meio de documentos georreferenciados fornecidos pela Fundação Renova, foram identificadas 590 propriedades distribuídas entre 140 proprietários físicos no Trecho 9, conforme o cadastro (CAR – Cadastro Ambiental Rural) realizado pela Fundação Renova e disponibilizado na plataforma GIS.

Destacam-se dentro dos limites do Trecho 9, as comunidades de Ponte da Gama, Paracatu, Pedras e Campinas, no município de Mariana, e Barreto e Gesteira no município de Barra Longa, que foram diretamente impactadas pela onda de rejeitos.

A comunidade de Ponte da Gama, possui características rurais e a economia local gira entorno da produção rural de subsistência. Além da ponte sobre o rio (destruída após o acidente, inviabilizando o acesso ao local), os rejeitos da barragem de Fundão atingiram os principais pontos de lazer e convivência locais, como o centro comunitário da Associação de Ponte do Gama, o campo de futebol e a Igreja de Nossa Senhora Aparecida. Havia, nas imediações, uma cachoeira que também foi atingida. Foram cadastradas 18 famílias impactadas em Ponte da Gama, somando um total de 60 indivíduos, sendo o principal impacto produto do acidente a falta de mobilidade, seguida pela falta de lazer. O rejeito atingiu espaços de lazer e cultura reconhecidos na comunidade, tais como o Centro Comunitário da Associação de Ponte do Gama, a igreja Nossa Senhora Aparecida, o campo de futebol e a Arena da Cavalgada (HERKENOFF & PRATES, 2016).

A comunidade de Paracatu, encontra-se dividida pelo rio Gualaxo do Norte, criando duas freguesias: Paracatu de Cima e Paracatu de Baixo. A primeira delas é caracterizada por propriedades rurais distantes umas das outras. Paracatu de Baixo, por sua vez, contava com um centro urbanizado e com maior adensamento, com ruas, calçadas, aglomerado de casas e equipamentos públicos, praça, escola, igreja e campo de futebol (HERKENOFF & PRATES, 2016).

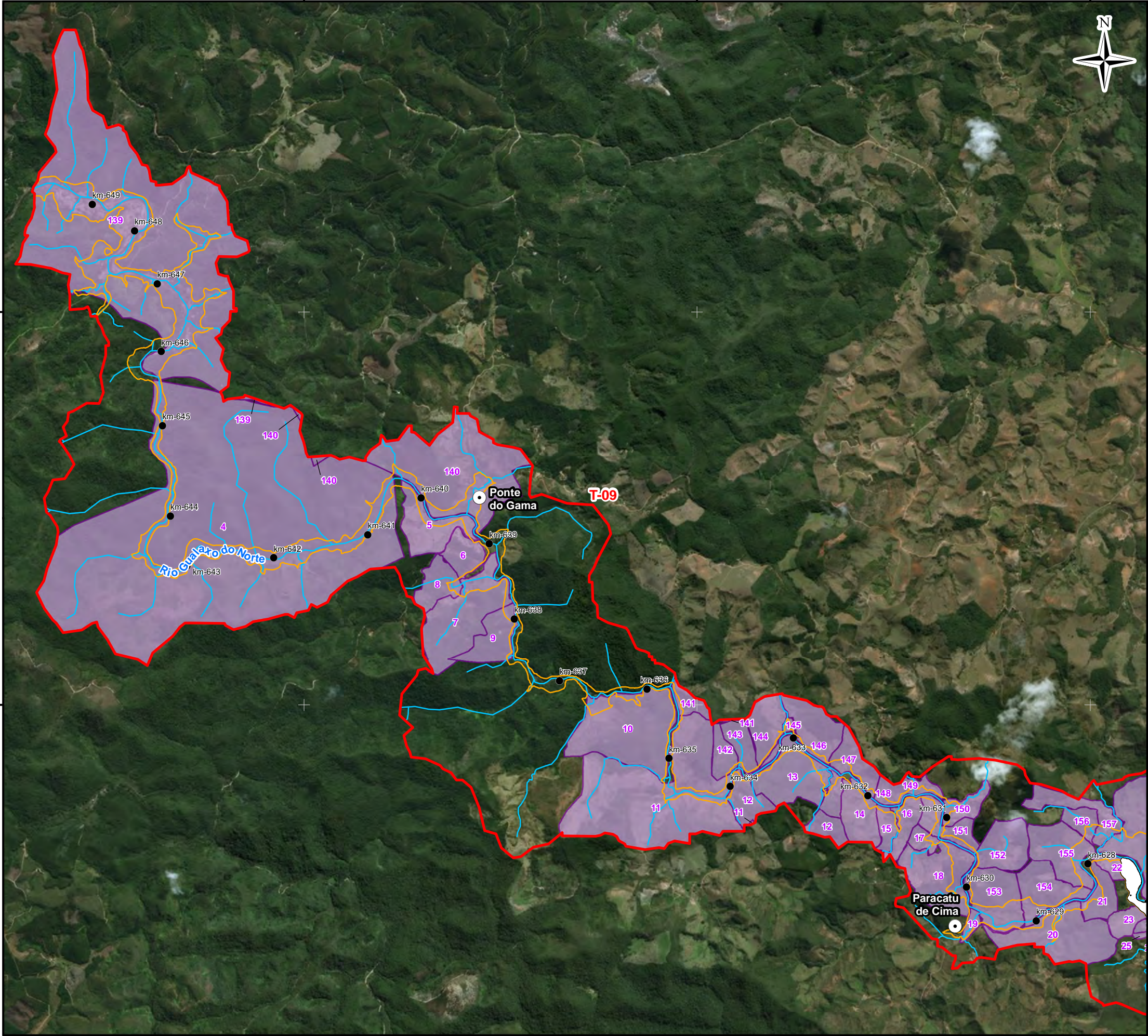
A economia regional da comunidade é marcada pela produção rural, além de que a comunidade se encontra localizada no circuito da Estrada Real, de forma que o turismo é uma atividade relevante. Aspectos históricos, religiosos e as belezas naturais são os principais atrativos desta comunidade. Os rejeitos da barragem de Fundão geraram profundos impactos na comunidade de Paracatu, comprometendo residências e propriedades rurais, além de estruturas comunitárias como igrejas, escolas, o Centro Comunitário e o campo de futebol. Em Paracatu de Baixo, que margeia o rio Gualaxo, o impacto foi ainda maior, visto que mais de 90% da população foi desalojada. Em total, foram cadastradas 159 famílias impactadas, somando um total de 491 indivíduos. Os dois principais impactos são o deslocamento físico e a edificação residencial, sendo o impacto negativo no lazer o terceiro mais frequente (HERKENOFF & PRATES, 2016).

Com relação à comunidade de Pedras, a mesma conta com ruas pavimentadas e um pequeno aglomerado de residências, sendo a produção de leite a principal atividade econômica da comunidade. Por ficar acima do nível do rio, o centro da vila não foi diretamente atingido pelo rejeito. Sua principal via de acesso foi interrompida após o acidente, deixando os moradores isolados por alguns dias. O fornecimento de energia elétrica também foi comprometido logo após o evento. O rejeito destruiu os pastos do gado leiteiro, as plantações rurais, os poços de criação de peixe e as propriedades localizadas às margens do rio. Na comunidade de Pedras, foram cadastradas 29 famílias impactadas, somando um total de 81 indivíduos. Entre os impactos mais recorrentes, estão a mobilidade e a subsistência (HERKENOFF & PRATES, 2016).

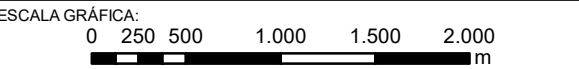
A comunidade de Campinas é composta por pequenas propriedades rurais familiares e alguns poucos sítios de maior produção. O acidente danificou algumas propriedades à beira do rio Gualaxo do Norte, sem atingir o aglomerado central. A interrupção no fornecimento de energia elétrica e o impedimento de acesso que ligava Campinas ao lugarejo de Barreto, devido às condições das estradas e à queda de uma ponte, foram os impactos mais imediatos causados pelo acidente, todos eles já sanados. Na comunidade de Campinas, foram cadastradas 34 famílias impactadas, somando um total de 113 indivíduos (HERKENOFF & PRATES, 2016).

Já no município de Barra Longa, as comunidades de Barretos e Gesteira, como produto do rompimento da barragem de Fundão, tiveram edificações pontuais atingidas, como também severa destruição – sobretudo por sua localização às margens do Rio Gualaxo do Norte. Além disso, essas comunidades sofreram de impactos que dificultaram a mobilidade e acessos às comunidades, como os danos nas vias de acesso e nas pontes Ponte de Gesteira e Ponte de Barreto e trecho de estrada entre Barra Longa/Gesteira/Barreto. Na comunidade de Barretos, 37 edificações foram impactadas (23 residenciais) e na comunidade de Gesteira, um total de 90 edificações foram impactados (45 residências) incluindo a escola e a igreja. Além disso, em Gesteira, teve impactos nas redes de distribuição de água, drenagem, esgoto, energia eléctrica e iluminação pública (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2017).

A Figura 148 apresenta a visão geral dos polígonos de propriedades cadastrados no CAR e das Comunidades localizadas no Trecho 9.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ⊙ Comunidades Afetadas
 - ▭ Propriedades



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

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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



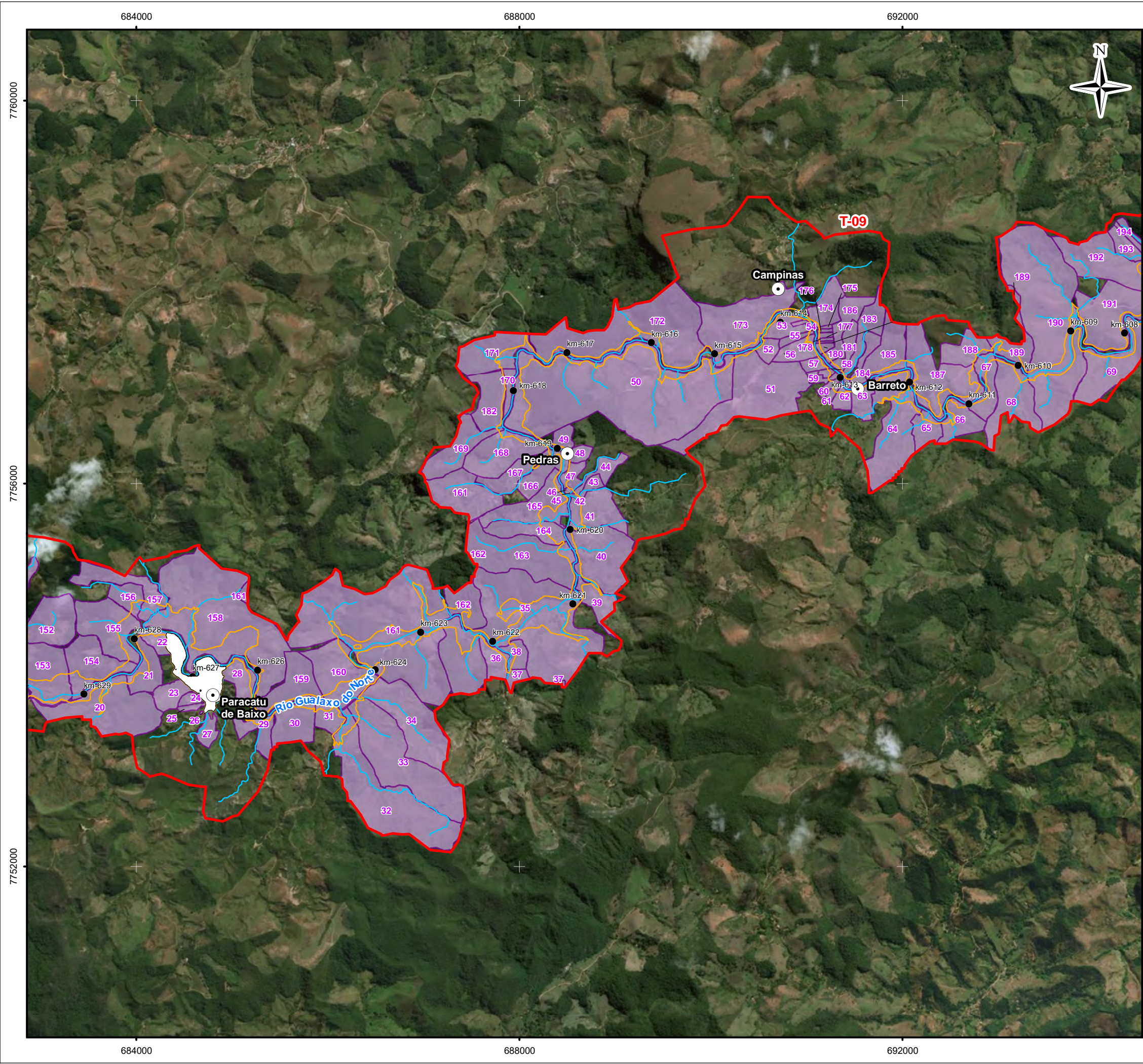
TÍTULO:

Figura 148
Proprietários
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- ⊙ Comunidades Afetadas
- ▭ Propriedades

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

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

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.

TÍTULO:

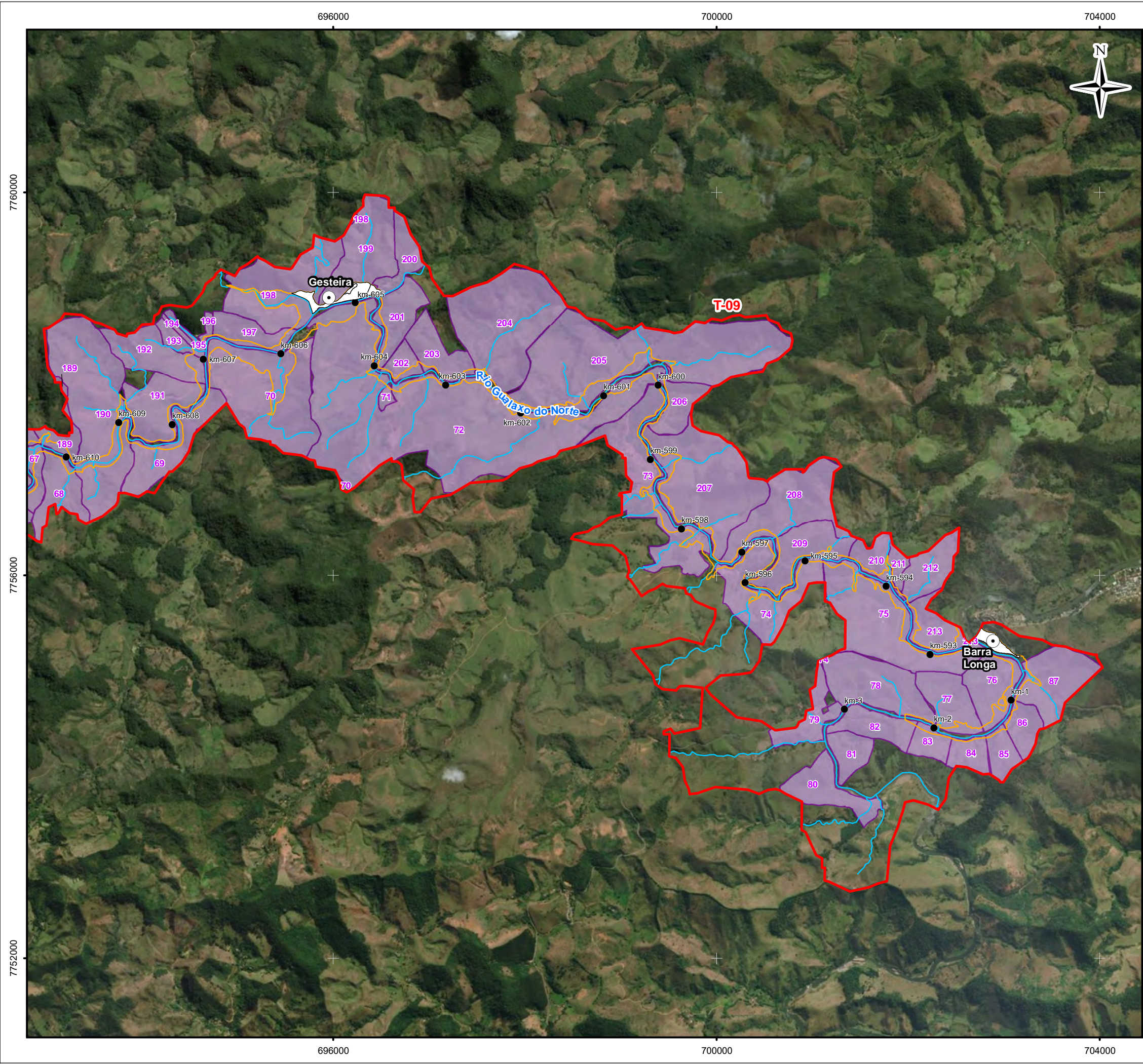
Figura 148
Proprietários
Folha - 2

PROJETO:

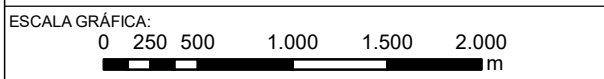
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 148 - Proprietários - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - ⊙ Comunidades Afetadas
 - ▭ Propriedades



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

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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte - ZAP, EMATER, MG, 2017.



TÍTULO:
Figura 148
Proprietários
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

5.1.8.2 *Reassentamento – Paracatu de Baixo e Gesteira*

No caso de Paracatu de Baixo, o Ministério Público registrou em ação ajuizada em 01 de novembro de 2017 que a área original de Paracatu de Baixo ainda possui risco e, portanto, toda a população da comunidade deve ser reassentada (fls. 22 e 41 da petição inicial do Processo nº 0400.15.004335-6, em trâmite na 2ª Vara Cível da Comarca de Mariana), conforme o Relatório Resposta ao Relatório Técnico SUGA/SEMAD-SPUR/SECIR Nº 01/2017 (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017b).

O subdistrito de Paracatu de Baixo está localizado a 53 km de Bento Rodrigues, 34 km de Mariana e 9 km de Monsenhor Horta. Como este subdistrito surgiu após o distrito de Monsenhor Horta, historiadores acreditam que a comunidade seja datada posteriormente ao ano de 1730, segundo dados da Prefeitura Municipal de Mariana, utilizados no “Estudo das relações estabelecidas em Paracatu de Baixo na comunicação do maior desastre ambiental brasileiro”. Além disso, o estudo aponta para a baixa ocupação demográfica na localidade, e que o subdistrito compreende uma população essencialmente rural (FURLANI, 2016).

Conforme se observa, a localização original da comunidade de Paracatu, assim como a de Gesteira foi impactada pelo rejeito e, portanto, será reassentada. A área impactada pelo rejeito é demonstrada a partir do polígono de coloração laranja das Figura 149 e Figura 150.

Figura 149 – Localização Original da Comunidade de Paracatu



Notas: Imagens de satélite de 2017. Coordenadas UTM: 684758 L, 7753740 S, 23K.

Fonte: GOOGLE EARTH.

Figura 150 – Localização Original da Comunidade de Gesteira



Notas: Imagens de satélite de 2017. Coordenadas UTM: 695644 L, 7758504 S, 23K.

Fonte: GOOGLE EARTH.

A Fundação Renova apresentou relatório sobre o processo de reassentamento de Paracatu de Baixo, registrando as ações que estão sendo executadas para atendimento às Cláusulas 76 a 78 do

TTAC e à Ação Civil Pública nº 0043356-50.2015.8.13.04002, que conferem às comunidades de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira, as duas últimas pertencentes ao Trecho 9, sua reconstrução, recuperação e realocação, considerando as condições socioeconômicas das áreas atingidas.

Paracatu de Baixo e Gesteira, localizadas dentro dos limites do Trecho 9, compreendiam ocupações surgidas de forma espontânea ao longo dos anos, algumas há décadas, e que, por isso, não observaram o Marco Legal, em especial o Plano Diretor do Município de Mariana. Diante disso, a Fundação Renova está executando uma série de ações de forma a conciliar o atendimento à obrigação legal com as demandas das comunidades.

O Ministério Público registrou em ação ajuizada em 01 de novembro de 2017 que a área original de Paracatu de Baixo ainda possui risco e, portanto, toda a população da comunidade deve ser reassentada. O MP reforça que a própria comunidade deixou claro o interesse por não retornar à área (fls. 22 e 41 da petição inicial do Processo nº 0400.15.004335-6, em trâmite na 2ª Vara Cível da Comarca de Mariana).

Todo o processo vem acontecendo com o envolvimento da comunidade que expressou suas expectativas e interesses para a reconstrução do Subdistrito de Paracatu de Baixo.

De forma cronológica, as ações junto ao “Programa de reconstrução, recuperação e realocação de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira”, segundo o “Relatório Resposta ao Relatório Técnico SUGA/SEMAD-SPUR/SECIR Nº 01/2017” (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017b), iniciaram com a seleção da área anfitriã que durou de janeiro a setembro de 2016 e foi precedido da definição dos critérios necessários junto à comunidade, seguido de estudos e busca da área.

Os critérios foram listados e classificados de acordo com a prioridade, conforme a Tabela 17.

Tabela 17 – Critérios para eleição da área anfitriã do reassentamento de Paracatu de Baixo.

CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO
1º	Abastecimento de água
2º	Disponibilidade de energia
3º	Proximidade à Paracatu de Baixo
4º	Facilidade de acesso
5º	Acesso à transporte público
6º	Manutenção da vizinhança de Paracatu
7º	Relevo-Topografia adequada

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA (2017b)

Conforme descreve a Fundação Renova (2017b), o processo de construção do projeto urbanístico se deu pelas etapas de (i) levantamento de expectativas; (ii) autodelimitação; (iii) elaboração de plano urbanístico e projetos arquitetônicos; e (iv) definição dos limites das propriedades.

Foi informada pela Fundação Renova uma série de desvios que ocorreram ao longo do processo de seleção da área anfitriã, da aquisição dos imóveis, dentre outros que possam ter atrasado ou paralisado as atividades.

Segundo informado pela Fundação Renova, ainda se encontram pendentes:

- A finalização dos estudos da nova área;
- Aquisição dos imóveis em sua totalidade;
- Apresentação formal e presencial dos estudos realizados para a Comissão, Ministério Público e Prefeitura por parte da Fundação Renova;
- Finalizar discussão sobre o projeto urbanístico;
- Posicionamento institucional junto ao Ministério Público e Assessoria com relação à inclusão de sitiantes que não foram impactados fisicamente ou foram menos impactados fisicamente, considerando que esta inclusão elevou significativamente a área total do reassentamento.

Na data da elaboração do presente documento, a Fundação Renova informou sobre a elaboração do relatório em resposta à SECIR e SEMAD que encontrava-se dentro do prazo estipulado

pelo órgão (01/03/2018) e que as próximas ações correspondem à finalização da construção do projeto urbanístico junto à comissão de moradores atingidos e execução da oficina de Diagnóstico Rápido Participativo com toda a comunidade de Paracatu de Baixo, seguidas do detalhamento do projeto urbanístico e licenciamento ambiental para, posteriormente, iniciar a fase de supressão vegetal.

Para a comunidade de Gesteira, também objeto das Cláusulas 76 a 78 do TTAC e da Ação Civil Pública nº 0043356-50.2015.8.13.04002 supracitadas, foi apresentado relatório de empresa terceirizada (EY) para execução de auditorias junto aos procedimentos de eleição da área a serem reconstruídos os imóveis, lotes e equipamentos sociais afetados no Distrito.

Conforme ata de reunião datada de 20 de setembro de 2017, estiveram presentes os representantes das comunidades atingidas pelo rejeito (Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima, Ponte do Gama, Pedras e Gesteira), Assessoria Técnica (Cáritas), Poder Público (Ministério Público Federal e Ministério Público de Minas Gerais) e, por fim, a Fundação Renova, onde foram apresentadas as ações desenvolvidas pela Fundação para salvaguardar os bens culturais de natureza imaterial impactados pelo evento.

Dentre diversos questionamentos dos interessados, o Poder Público destacou a questão da manifestação das populações de matriz africana, uma vez que foi informado pelos atingidos que a comunidade de Paracatu de Baixo possui características próprias de comunidades remanescentes quilombolas. Diante disso, a Fundação Renova reforça o caráter emergencial desta questão e que, até a data da realização desta reunião, haviam sido identificadas apenas religiões cristãs.

Também foi possível identificar na plataforma de geoprocessamento da Fundação Renova o mapa de uso e ocupação do solo, criado em 15 de fevereiro de 2018, o qual apresenta que para ambas as comunidades, Gesteira e Paracatu, o uso predominante do solo se dava por meio de agricultura e pecuária.

A Samarco apresentou uma cartilha de Ações Humanitárias – Reconstrução de Gesteira, contendo estudos dos terrenos candidatos à área anfitriã, com levantamento de oferta de água superficial, qualidade da água, pontos de captação para abastecimento, relevo e um resumo comparativo dos terrenos.

A Ernst & Young Auditores Independentes S. S. acompanhou todo o processo de votação do terreno eleito, apresentando-o em relatório e registrando a documentação da eleição realizada no dia 25 de junho de 2016.

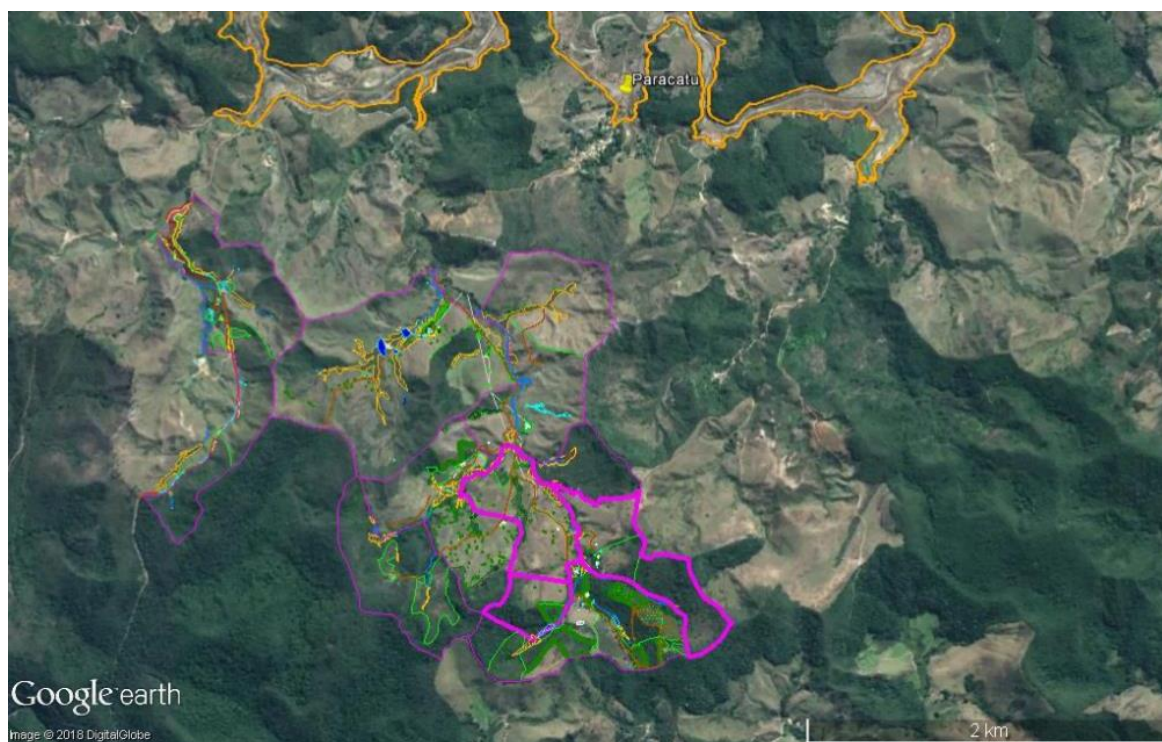
Figura 151 – Área eleita para Reassentamento da Comunidade de Gesteira



Notas: Imagens de satélite de 2017. Coordenadas UTM: 684758 L, 7753740 S, 23K.

Fonte: GOOGLE EARTH.

Figura 152 – Área eleita para Reassentamento da Comunidade de Paracatu de Baixo



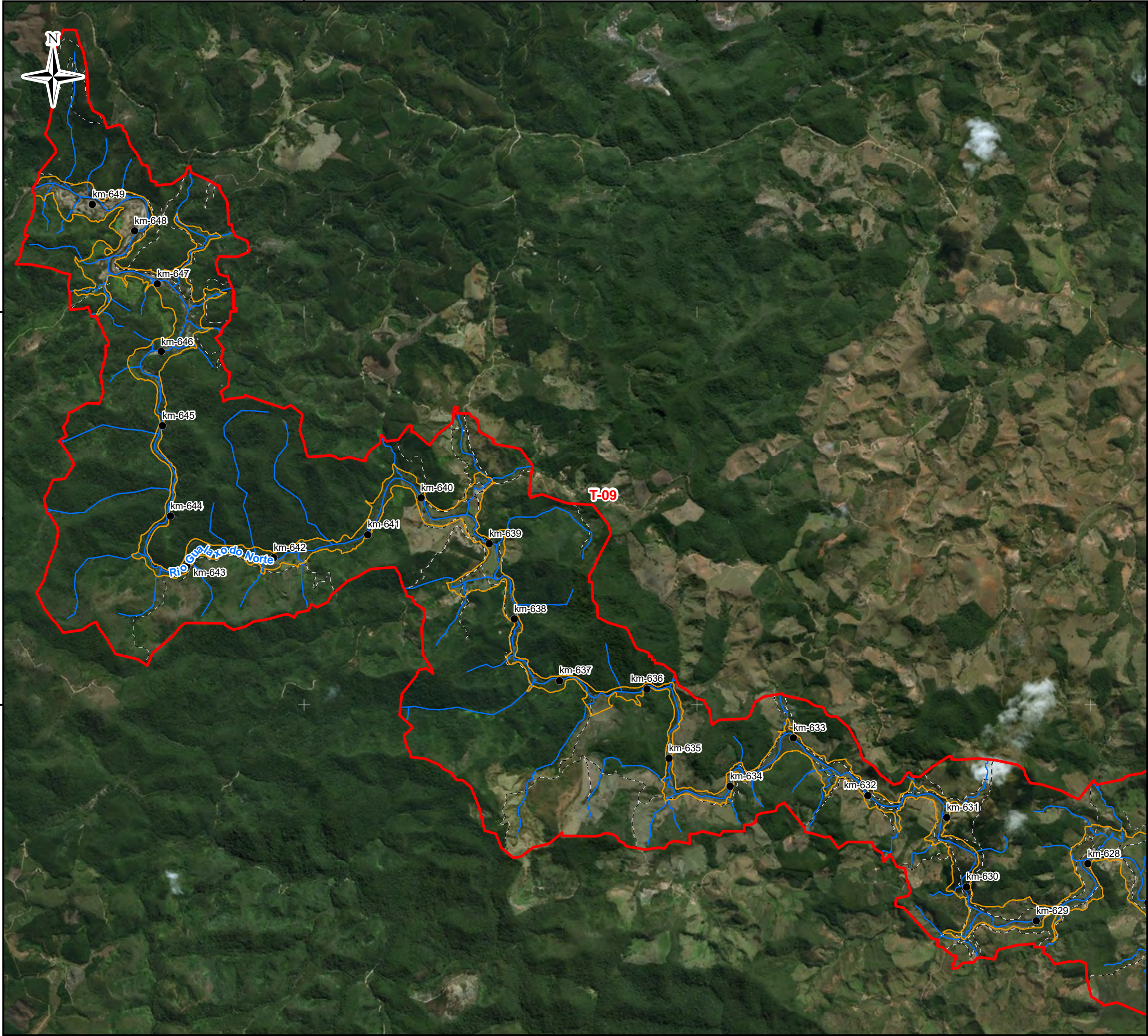
Notas: Imagens de satélite de 2017. Coordenadas UTM: 695644 L, 7758504 S, 23K.

Fonte: GOOGLE EARTH.

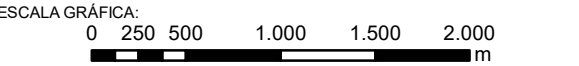
5.1.8.3 Acessos

A Figura 153 apresenta o mapa de acessos dentro da área de abrangência do Trecho 9. Nesta figura, pode ser observado que a rodovia MG-326 corre praticamente em paralelo ao Rio Gualaxo do Norte a partir da comunidade de Gesteira e na referida comunidade encontra-se uma ponte onde é possível a travessia sobre o Gualaxo do Norte imediatamente para a porção da comunidade que será reassentada.

A área de abrangência é delineada por acessos em sua margem direita (no sentido do rio) que conectam as duas margens por pontes, dando acesso da comunidade de Paracatu de Baixo à margem esquerda, a qual, a partir da comunidade de Gesteira, é delineada pela rodovia estadual MG-326.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Acessos



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

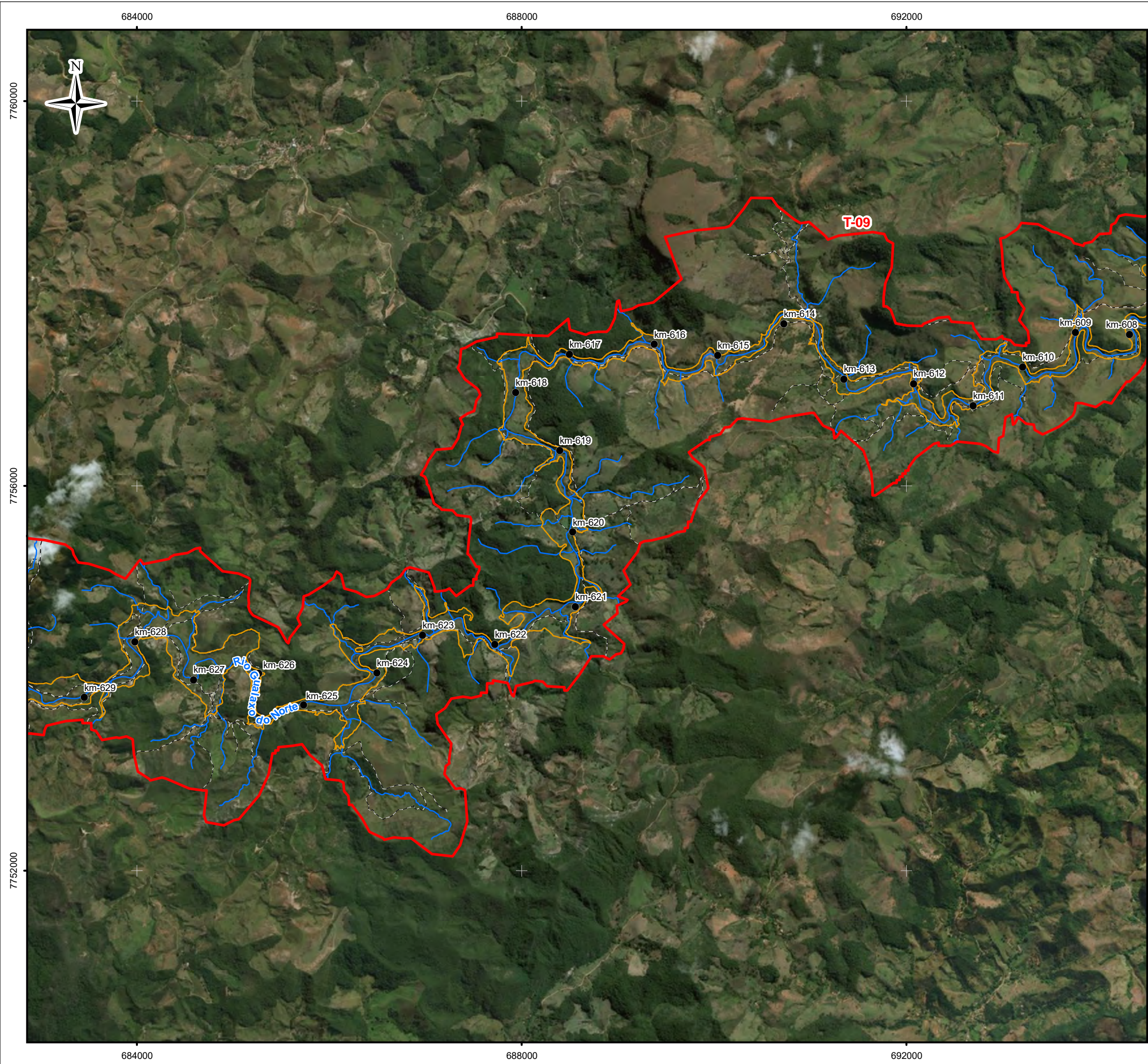
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS **ch2m.**

TÍTULO:
Figura 153
Acessos
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Acessos

ESCALA GRÁFICA:

0 250 500 1.000 1.500 2.000 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 e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:

Figura 153
Acessos
Folha - 2

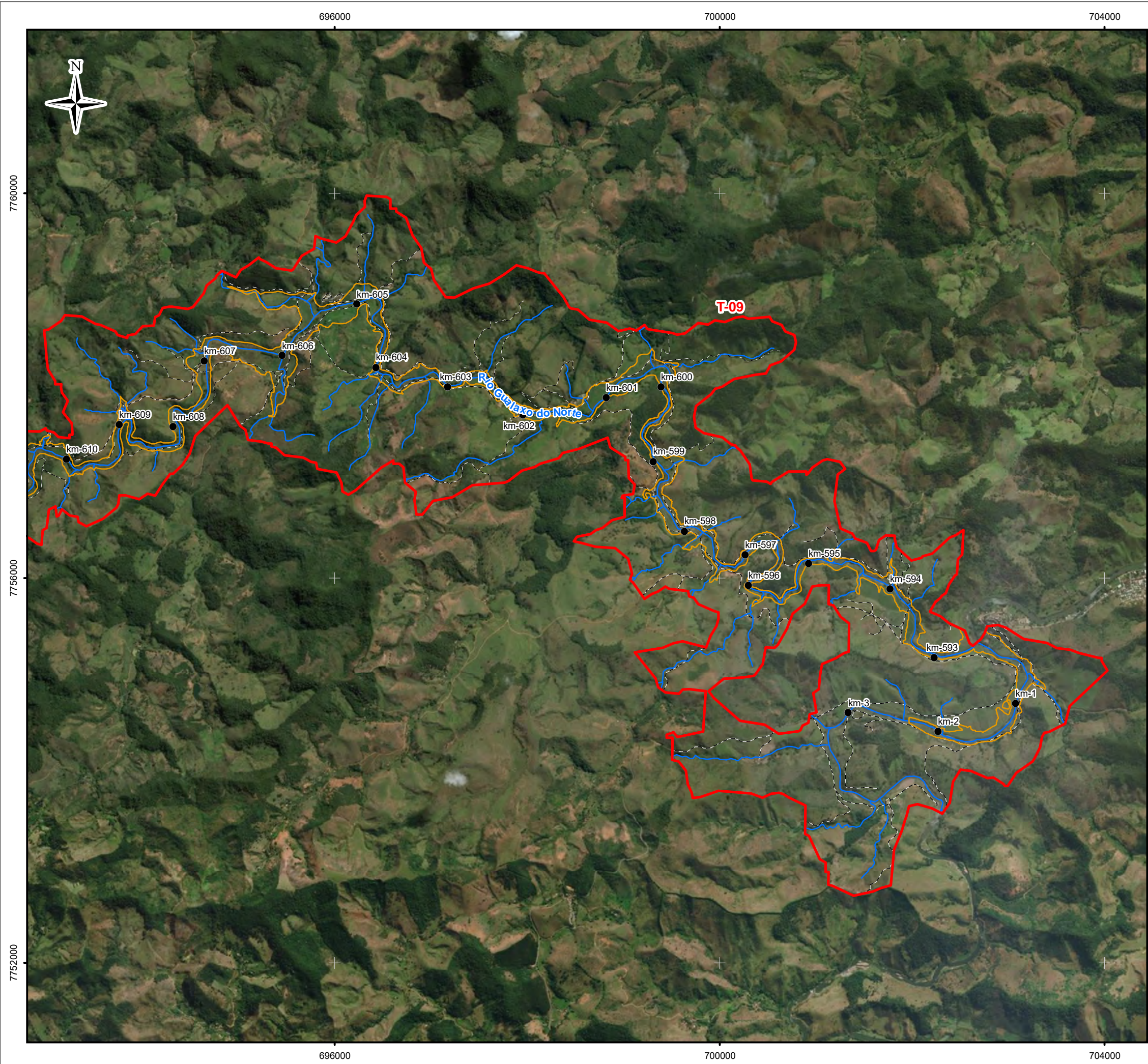
PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

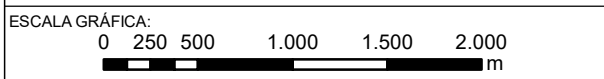
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 153 - Acessos - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - - - Acessos



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.



TÍTULO:
Figura 153
Acessos
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

5.1.8.4 Uso e ocupação do solo

A Tabela 18 apresenta o uso e ocupação do solo na área do Trecho 9, de acordo com o Zoneamento Ambiental Produtivo de 2017 da bacia do rio Gualaxo do Norte.

Tabela 18 – Uso do Solo no Trecho 9 (Área definida pelas Ottobacias)

CLASSIFICAÇÃO	TRECHO 9 (HA)
Pastagem	2.960
Silvicultura	106
Solo exposto	93
Vegetação	3.260
Lavoura	35
Comunidade rural	32
Área impactada	774

Fonte: EMATER (2017).

Ressalta-se que a área impactada para o Trecho 9 apresentada na **Tabela 18** refere-se à área identificada pelo levantamento do ZAP, que não coincide com a área delimitada conforme a Seção 5.1.1, que possui 852 ha.

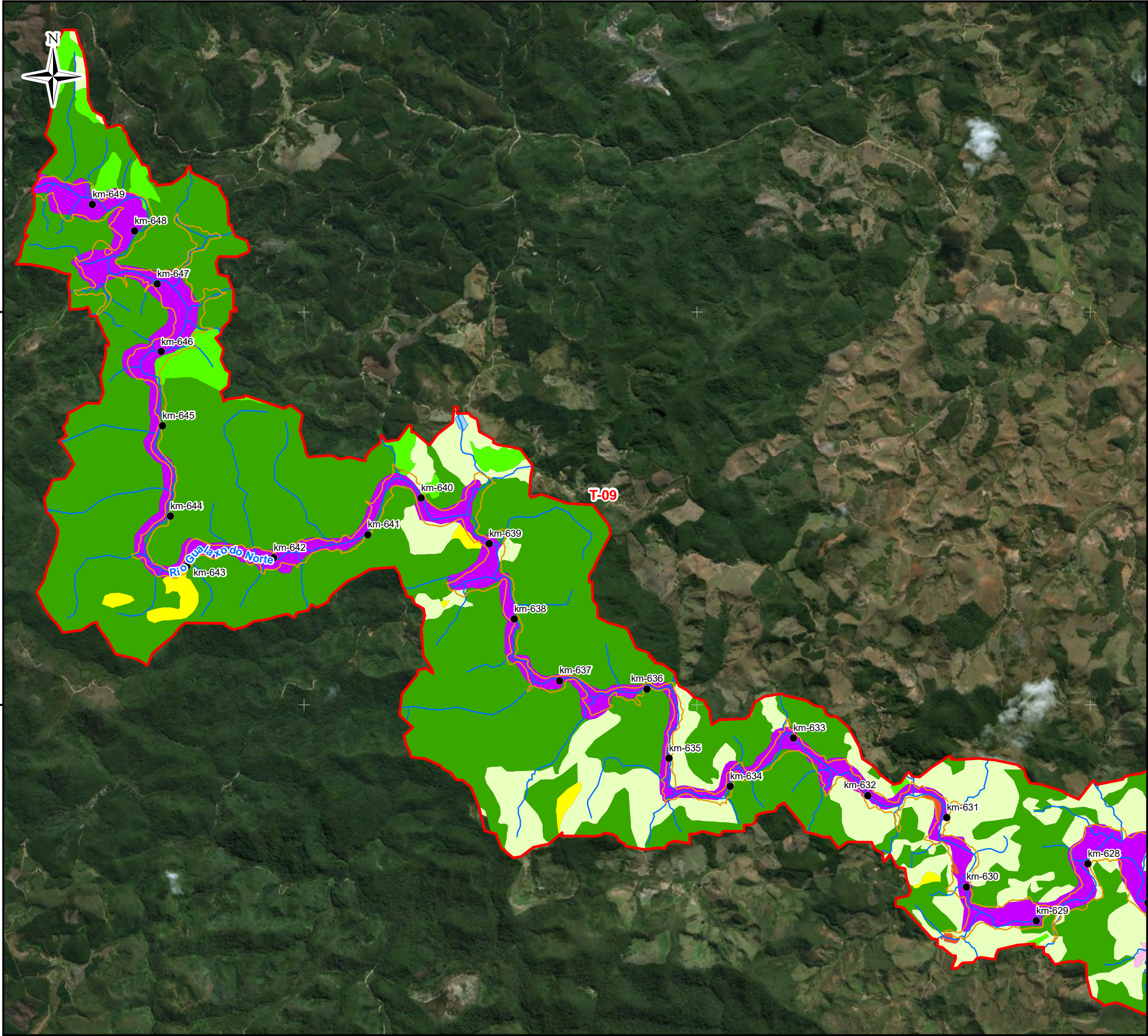
O referido zoneamento apresenta o mapeamento das áreas conservadas e antropizadas. Foram consideradas como área conservada as feições Vegetação Nativa e Afloramento Rochoso, e como antropizada as demais, com exceção de curso d'água. Para o Trecho 9 tem-se as seguintes áreas:

Tabela 19 – Quantitativos de Áreas Conservadas e Áreas Antropizadas no Trecho 9

ÁREAS	TRECHO 9 (HA)
Área Conservada	3.260
Área antropizada	4.000
Total	7.260
Taxa de conservação (%)	45

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

O ZAP, portanto, não apresenta um mapeamento do uso e ocupação do solo na área afetada diretamente pela deposição dos rejeitos. A Figura 154 apresenta o mapa de uso do solo do Trecho 9.

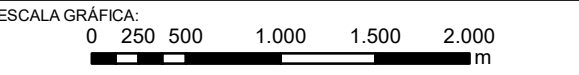


LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Uso do Solo (ZAP)

- ▭ Área Diretamente Impactada
- ▭ Solo Exposto
- ▭ Comunidade Rural
- ▭ Pastagem
- ▭ Silvicultura
- ▭ Vegetação
- ▭ Lavoura
- ▭ Corpo d'água



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.

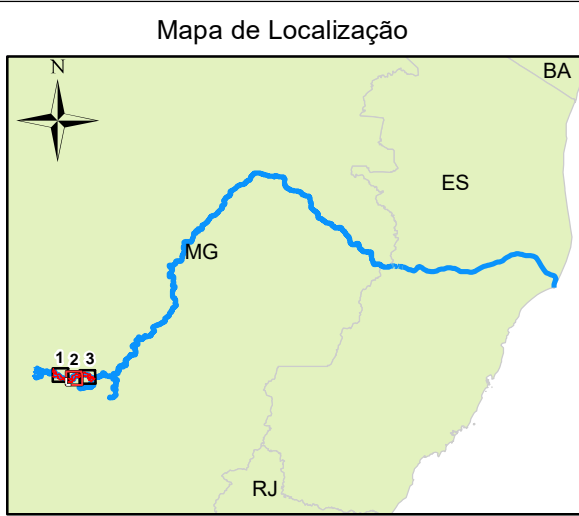
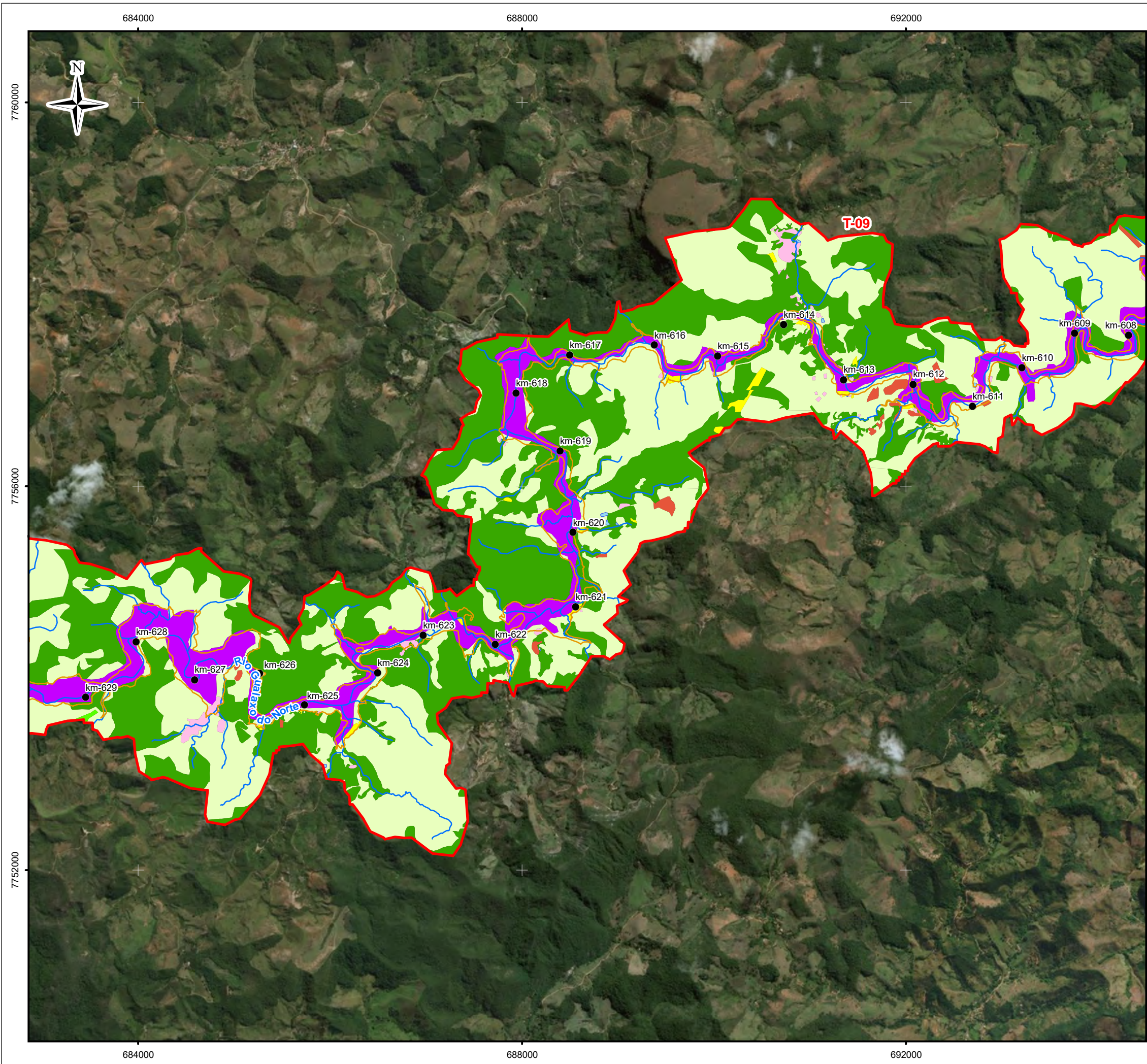


TÍTULO:
Figura 154
Uso do Solo
Folha - 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

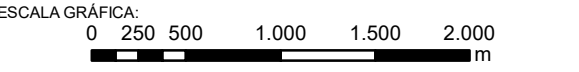
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 154 - Uso do Solo - Trecho 9



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Uso do Solo (ZAP)**
 - ▭ Área Diretamente Impactada
 - ▭ Solo Exposto
 - ▭ Comunidade Rural
 - ▭ Pastagem
 - ▭ Silvicultura
 - ▭ Vegetação
 - ▭ Lavoura
 - ▭ Corpo d'água



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.

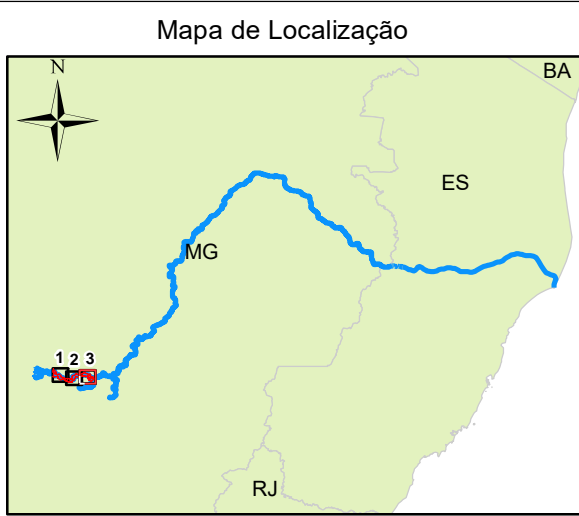
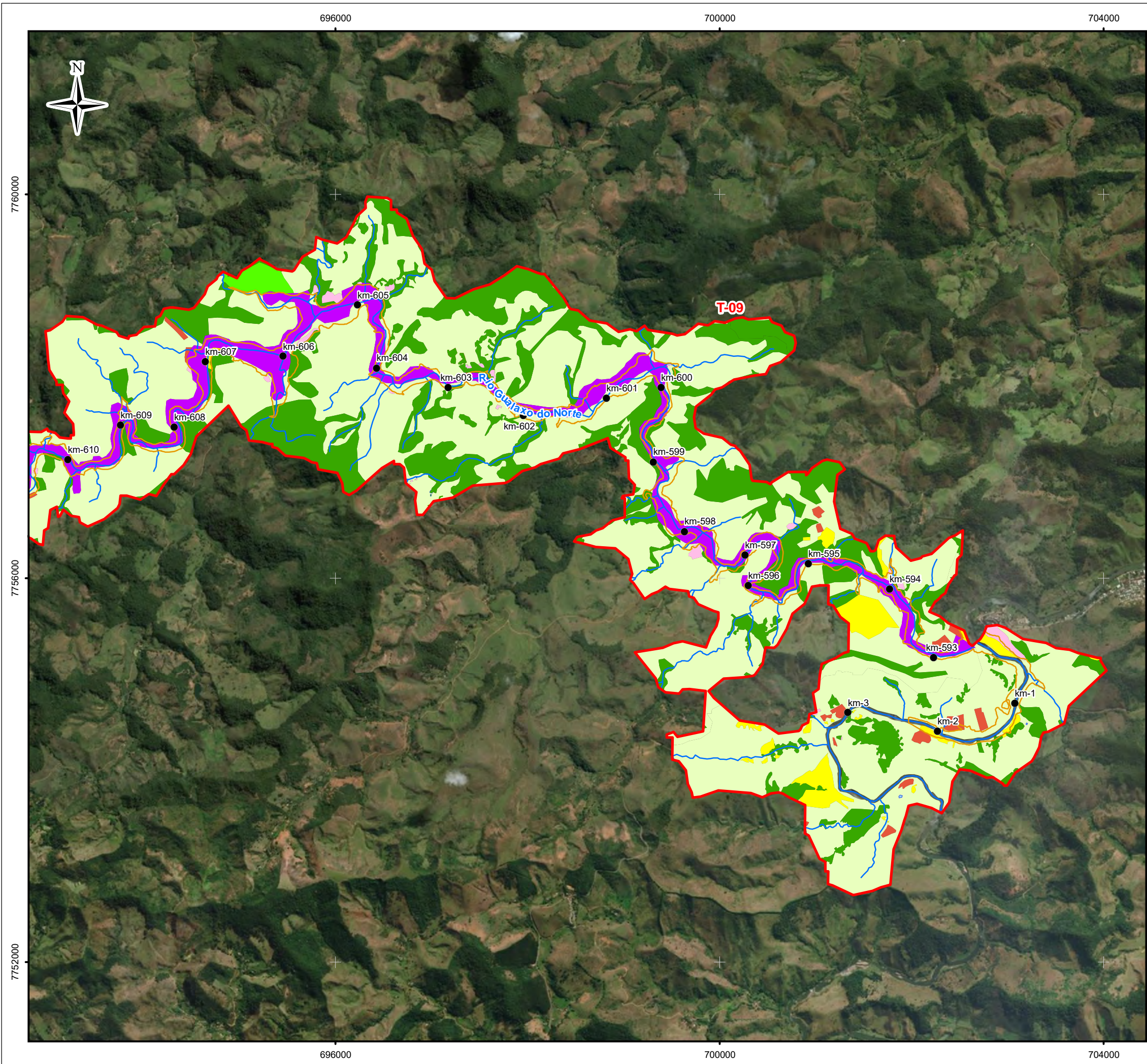


TÍTULO:
Figura 154
Uso do Solo
Folha - 2

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

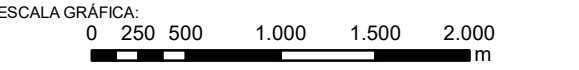
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 154 - Uso do Solo - Trecho 9



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Uso do Solo (ZAP)**
 - ▭ Área Diretamente Impactada
 - ▭ Solo Exposto
 - ▭ Comunidade Rural
 - ▭ Pastagem
 - ▭ Silvicultura
 - ▭ Vegetação
 - ▭ Lavoura
 - ▭ Corpo d'água



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.



TÍTULO:
Figura 154
Uso do Solo
Folha - 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 154 - Uso do Solo - Trecho 9

5.1.8.5 Alteração de cota do terreno/drenagem

No processo de avanço da “onda de rejeitos” sobre o Trecho 9, 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 sedimentação 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 desgaste da superfície original do terreno decorrente da erosão sofrida na primeira fase da passagem da onda de rejeitos não pode ser calculado, já que não há medições ou referências prévias confiáveis.

Consequentemente, não se pode avaliar com exatidão o resultado 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) – pode-se concluir que o resultado é uma menor suscetibilidade desses terrenos às inundações fluviais.

5.1.8.6 *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, para o período 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, para o Trecho 9, foram identificados cadastros de uso de água superficial proveniente de nascentes nos municípios de Barra Longa, Mariana, Ipatinga e Belo Horizonte conforme a Tabela 20.

Tabela 20 – Levantamento de usos da água pelo cadastro de uso insignificante

MUNICÍPIO	BAIRRO	CADASTRO	FONTE	CAPTAÇÃO	FINALIDADE
Barra Longa	Gesteira	L. C. C. G	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Dessedentação de animais e irrigação
Mariana	Colina	J. J. M. P.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Dessedentação de animais e irrigação
Mariana	Campinas	J. V. F.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Consumo humano
Mariana	Campinas	J. I. A.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Consumo humano
Barra Longa	-	F. A. B.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Consumo humano
Mariana	Zona rural	J. M. F.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Consumo humano
Barra Longa	Zona rural	Emflortec Empreendimento Logísticos e Ambientais Ltda.	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Irrigação
Barra Longa	Zona rural	Emflortec Empreendimento	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	Irrigação

MUNICÍPIO	BAIRRO	CADASTRO Logísticos e Ambientais Ltda.	FONTE	CAPTAÇÃO	FINALIDADE
Barra Longa	Zona rural	Fundação Renova	Superficial	Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)	-

Fonte: EMATER (2017)

5.1.9 Potencial de Inundação das Planícies e Encostas

5.1.9.1 Séries históricas de vazões

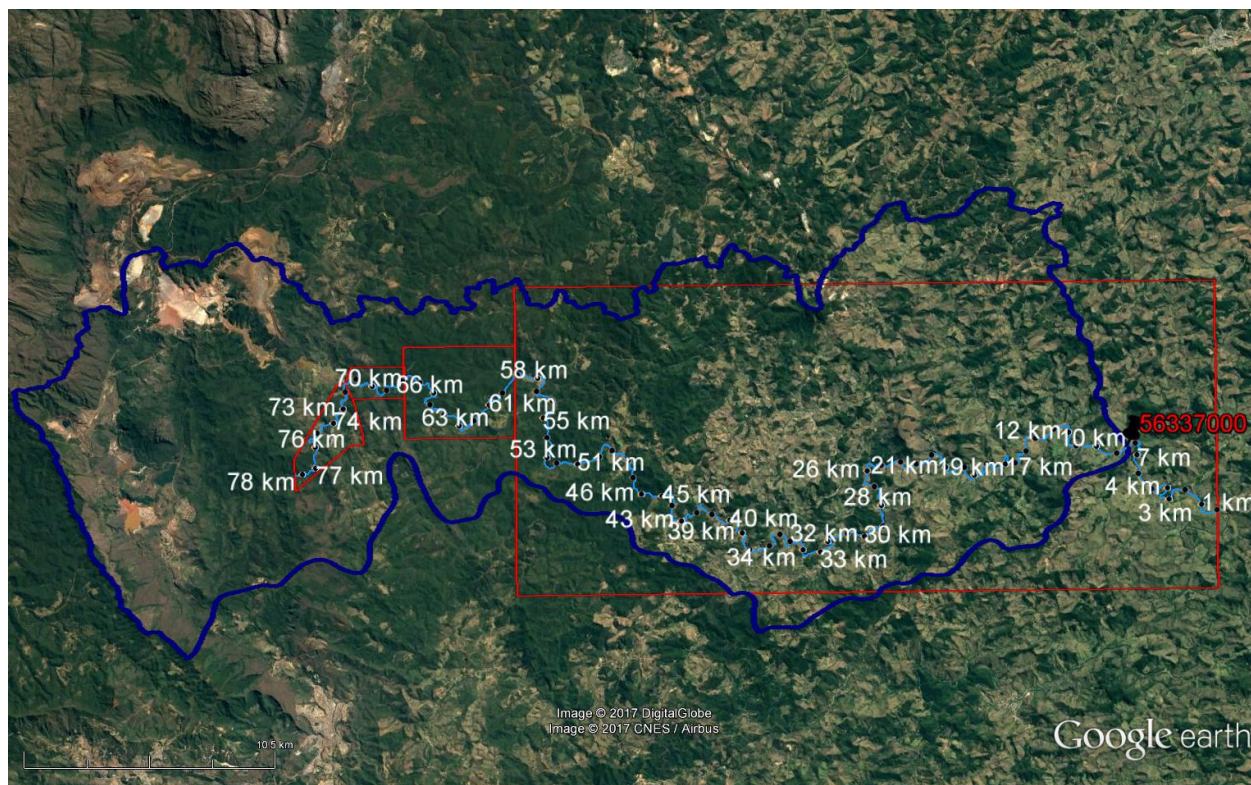
Através do levantamento de estações fluviométricas disponíveis com histórico de dados registrados e ainda de acordo com outros relatórios de estudos hidrológicos, foi identificada apenas uma estação de monitoramento com dados históricos, cuja bacia compreende o rio Gualaxo do Norte e, conseqüentemente, o trecho de interesse desse projeto de concepção. Os dados foram obtidos através do portal Hidroweb da ANA¹². Os dados da estação fluviométrica considerada são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Dados da Estação Fluviométrica Fazenda Ocidente

CÓDIGO	56337000
Nome	FAZENDA OCIDENTE
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO LESTE (5)
Sub-bacia	RIO DOCE (56)
Rio	RIO GUALAXO DO NORTE
Estado	MINAS GERAIS
Município	BARRA LONGA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-20:16:2
Longitude	-43:6:3
Altitude (m)	549
Área de Drenagem (km ²)	529

A área da bacia hidrográfica correspondente à Estação Fluviométrica 56337000, denominada como FAZENDA OCIDENTE, é apresentada na **Figura 155**.

Figura 155 – Localização da Estação 56337000 e bacia hidrográfica correspondente



Nota: Quilômetro 0 na foz do rio Gualaxo do Norte

A estação 56337000 compreende dados brutos de vazão de 1938 a 2005 e dados consistidos de 2008 a abril de 2015. A vazão média da série histórica da estação é de $12,8 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que a vazão com 50% de frequência é de $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$. A partir da curva de permanência calculada em função dos últimos 30 anos de vazões disponíveis (Figura 156), observa-se que aproximadamente 70% das vazões ocorrem abaixo da média.

Na **Tabela 22** – Vazões observadas nos últimos 30 anos na estação 56337000 **Tabela 22** estão apresentadas as estatísticas de vazões, enquanto na Figura 157 estão apresentadas as médias anuais calculadas para os últimos 30 anos na estação 56337000. Nessa figura, observou-se que o período de vazões baixas começa no mês de abril, estendendo-se até o mês de setembro, sendo que os meses com maiores vazões são dezembro e janeiro.

Tabela 22 – Vazões observadas nos últimos 30 anos na estação 56337000

SÉRIE DE VAZÕES (M³/S)	
Média	12,8
Máxima	540,0
Mínima	2,2
Mediana	9,7
Q _{7,10}	4,8

Figura 156 – Curva de Permanência da Estação 56337000

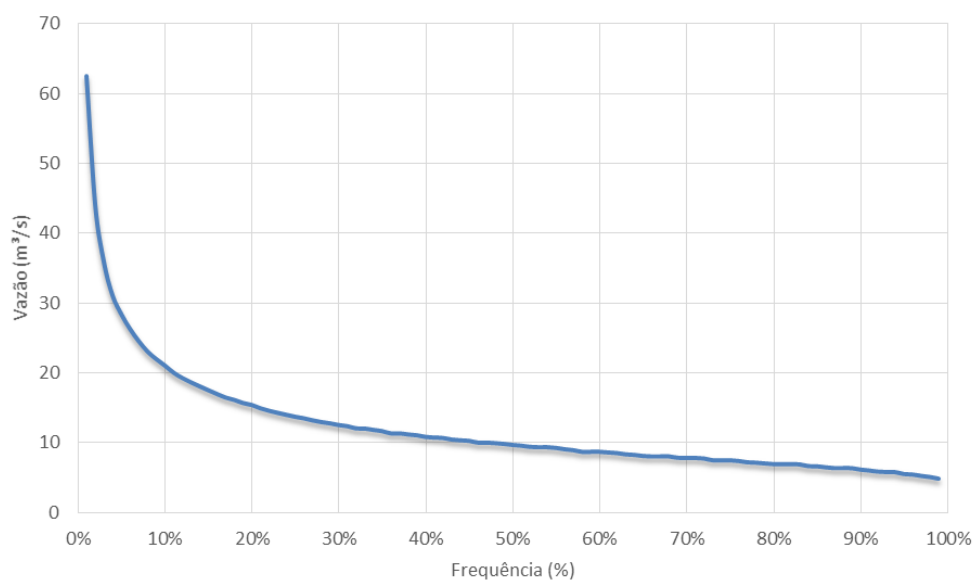
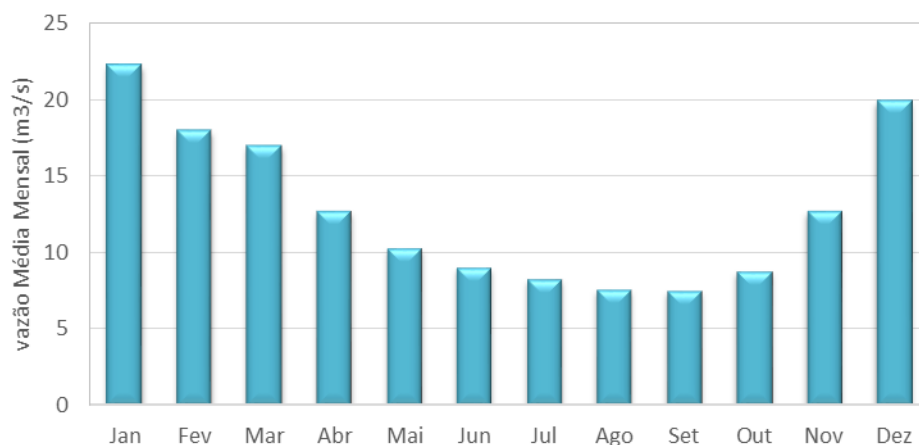


Figura 157 – Vazões médias mensais da série histórica da estação 56337000



5.1.9.2 Resultados da Modelagem Hidráulica

A modelagem hidráulica desta fase do projeto, apresentada no **Anexo IV**, foi realizada de maneira simplificada com o objetivo de 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, 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 levantamentos topobatimétricos, 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 do Trecho 9, 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 23** apresenta as vazões simuladas para esta análise.

Tabela 23 – 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 [M ³ /S]	VALOR A JUSANTE [M ³ /S]	VALOR MEDIDO NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA OCIDENTE [M ³ /S]
Q _{50%}	Vazão com frequência diária 50%	3,9	9,54	9,54
Q _{méd}	Vazão média diária (1980-2015)	5,4	13,19	13,19
Q _{TR02}	Vazão com período de retorno de 2 anos	53,2	130,65	130,65

VAZÃO	DESCRIÇÃO	VALOR A MONTANTE [M³/S]	VALOR A JUSANTE [M³/S]	VALOR MEDIDO NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA OCIDENTE [M³/S]
Q_{TR05}	Vazão com período de retorno de 5 anos	94,8	232,64	232,64
Q_{TR10}	Vazão com período de retorno de 5 anos	122,3	232,64	232,64
Q_{TR25}	Vazão com período de retorno de 25 anos	157,1	385,48	385,48

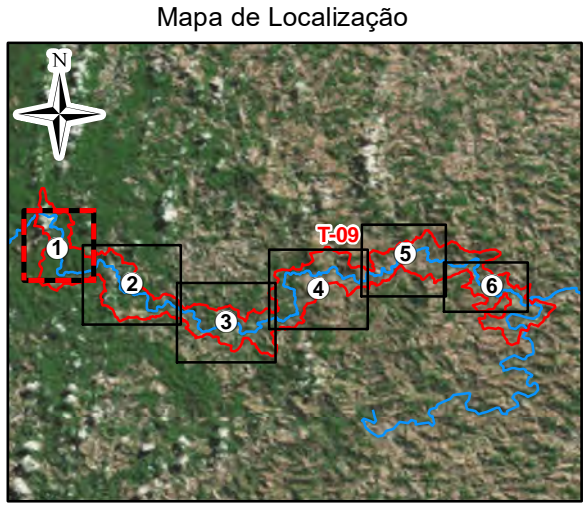
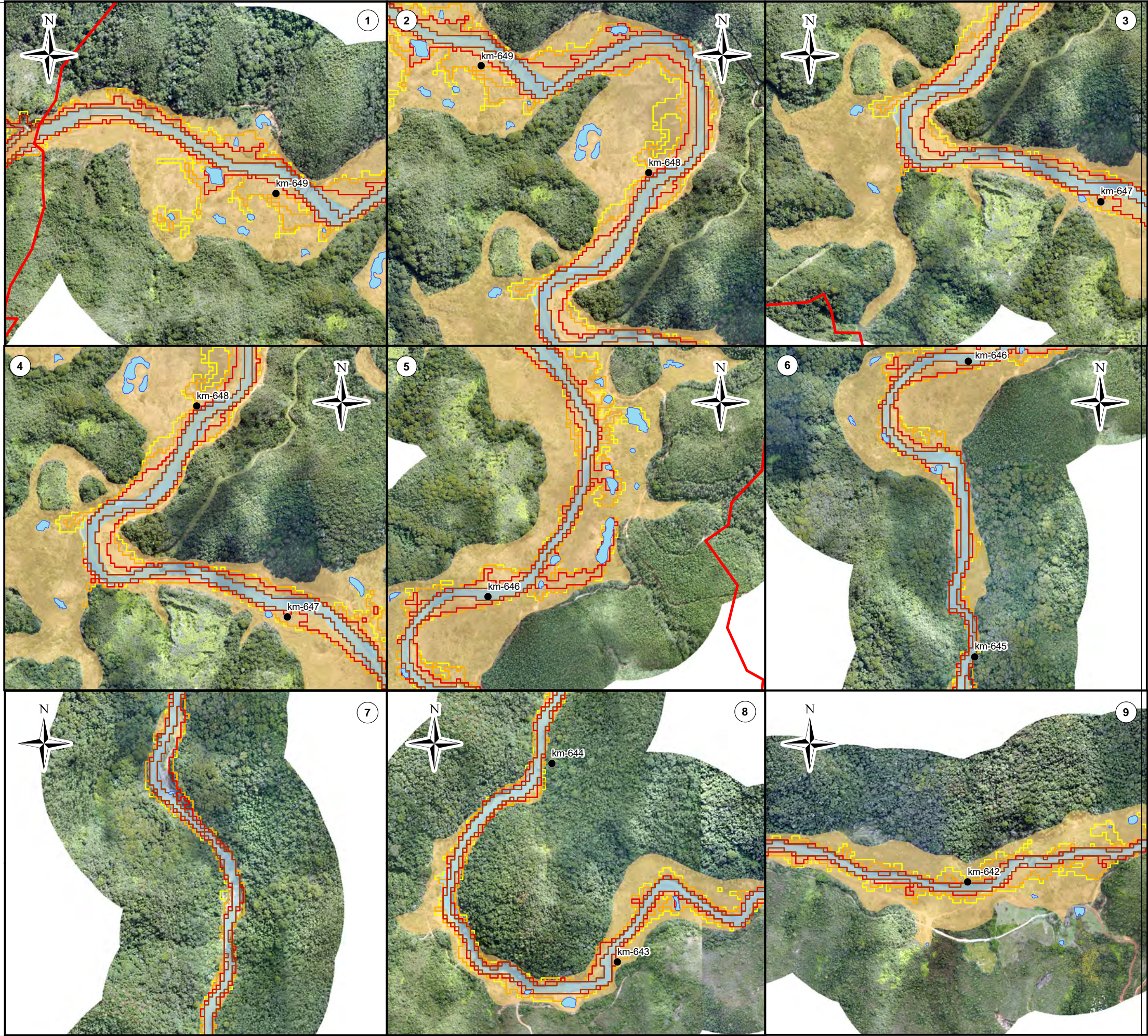
Com as simulações realizadas no Modelo Hidráulico apresentado no **Anexo IV**, foram obtidas diferentes manchas de inundação sobre o terreno. A partir do geoprocessamento dos resultados obtidos, foram geradas curvas de contorno da altura máxima atingida pelo nível d'água.

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
- Q_{TR2} : Vazão com período de retorno de 2 anos
- Q_{TR10} : Vazão com período de retorno de 10 anos
- Q_{TR25} : 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 158. 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 à 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, e a erosão em encostas e planícies acontecerá apenas por escoamento superficial.



LEGENDA:

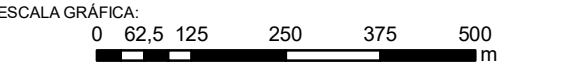
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície

Curvas de Contorno de Nível d'água

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



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

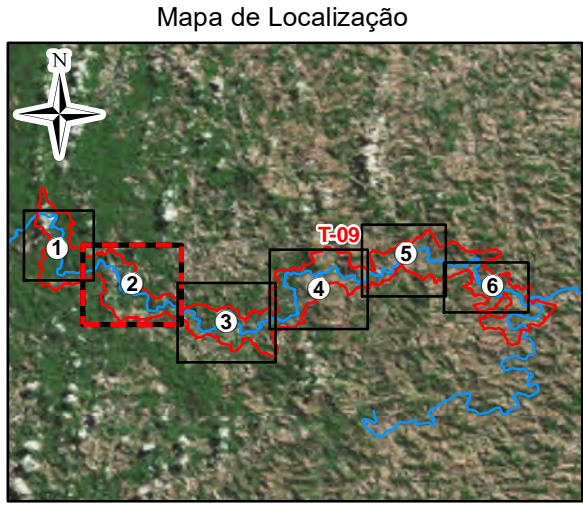
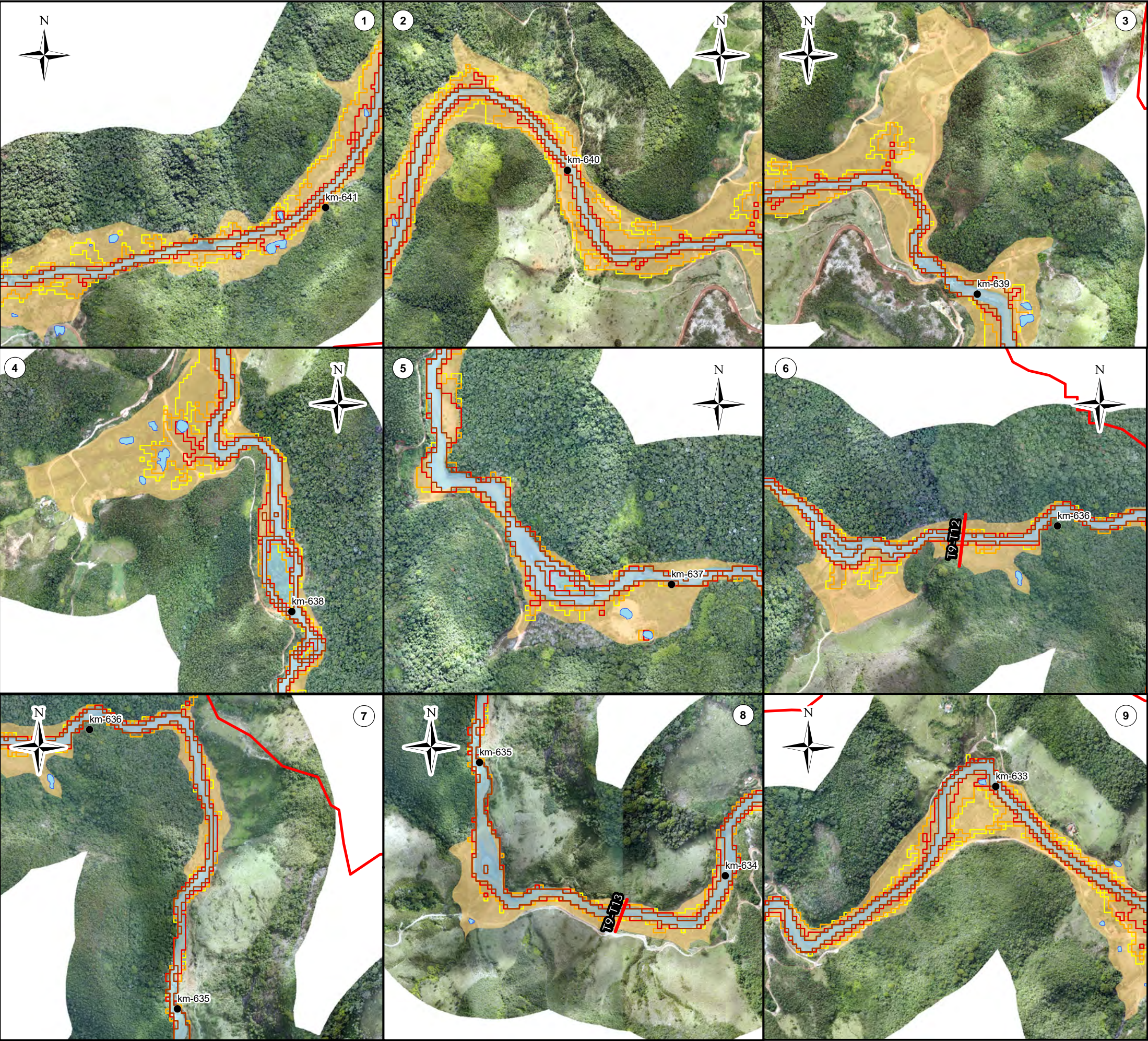
JACOBS ch2m.

TÍTULO: Figura 158
Curva de contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25
Folha 1

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (1) - Trecho 9



LEGENDA:

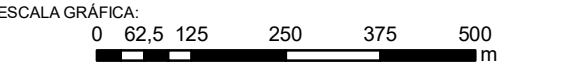
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície

Curvas de Contorno de Nível d'água

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



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

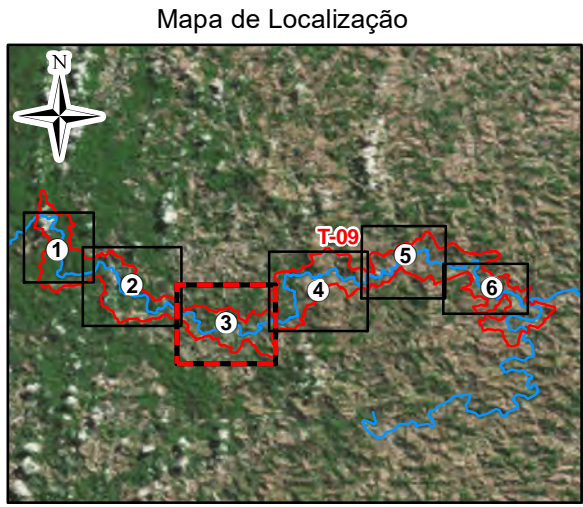
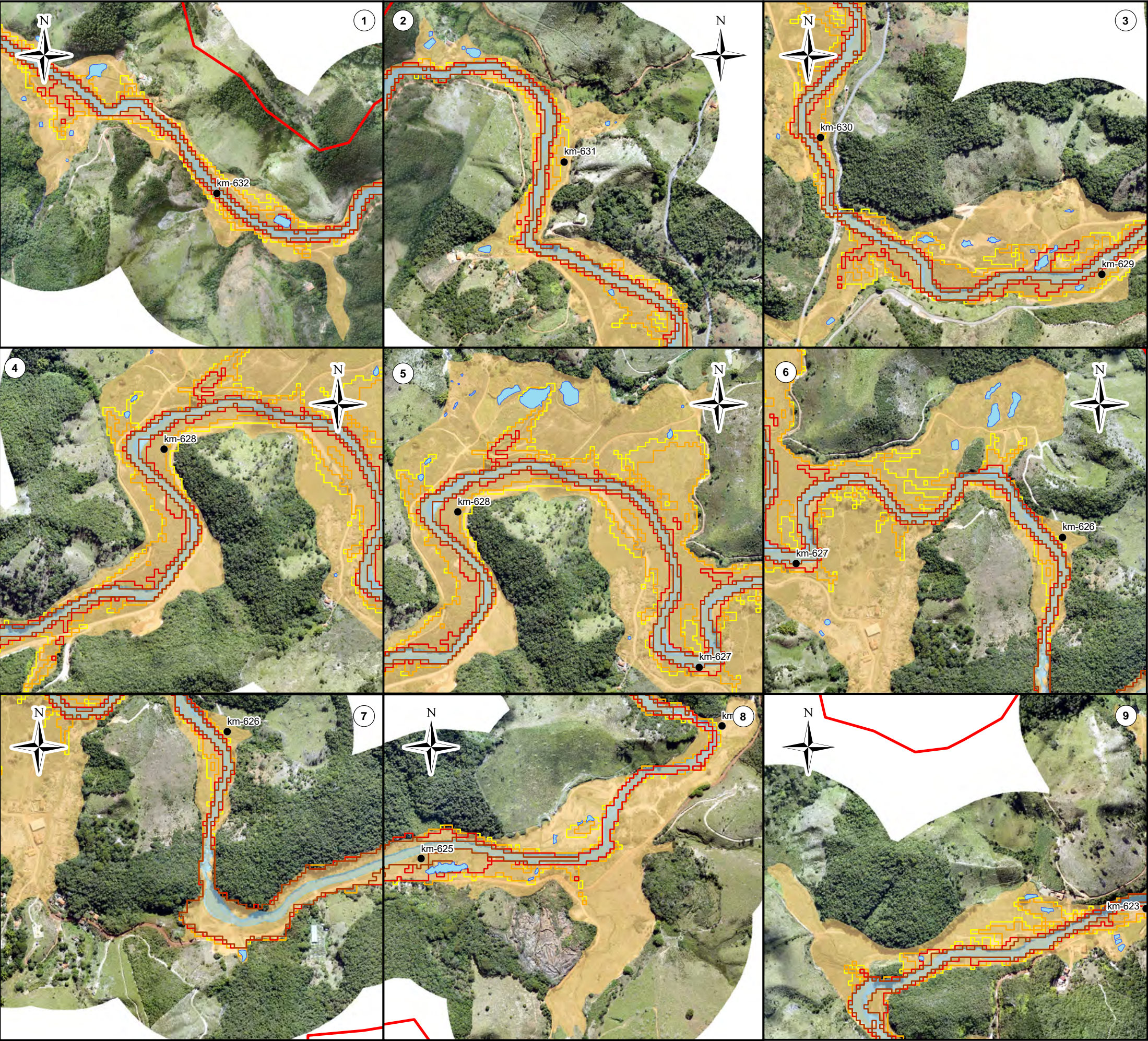
JACOBS ch2m.

TÍTULO: Figura 158
Curva de contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25
Folha 2

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:10.000	8/2/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (2) - Trecho 9



LEGENDA:

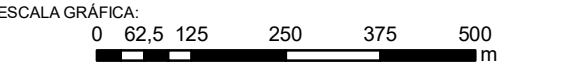
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície

Curvas de Contorno de Nível d'água

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



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

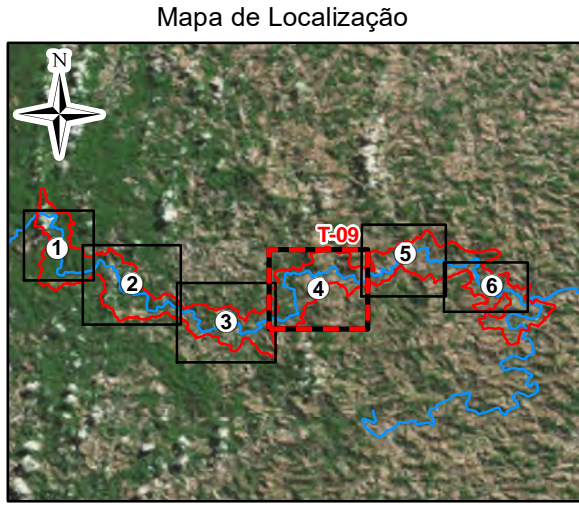
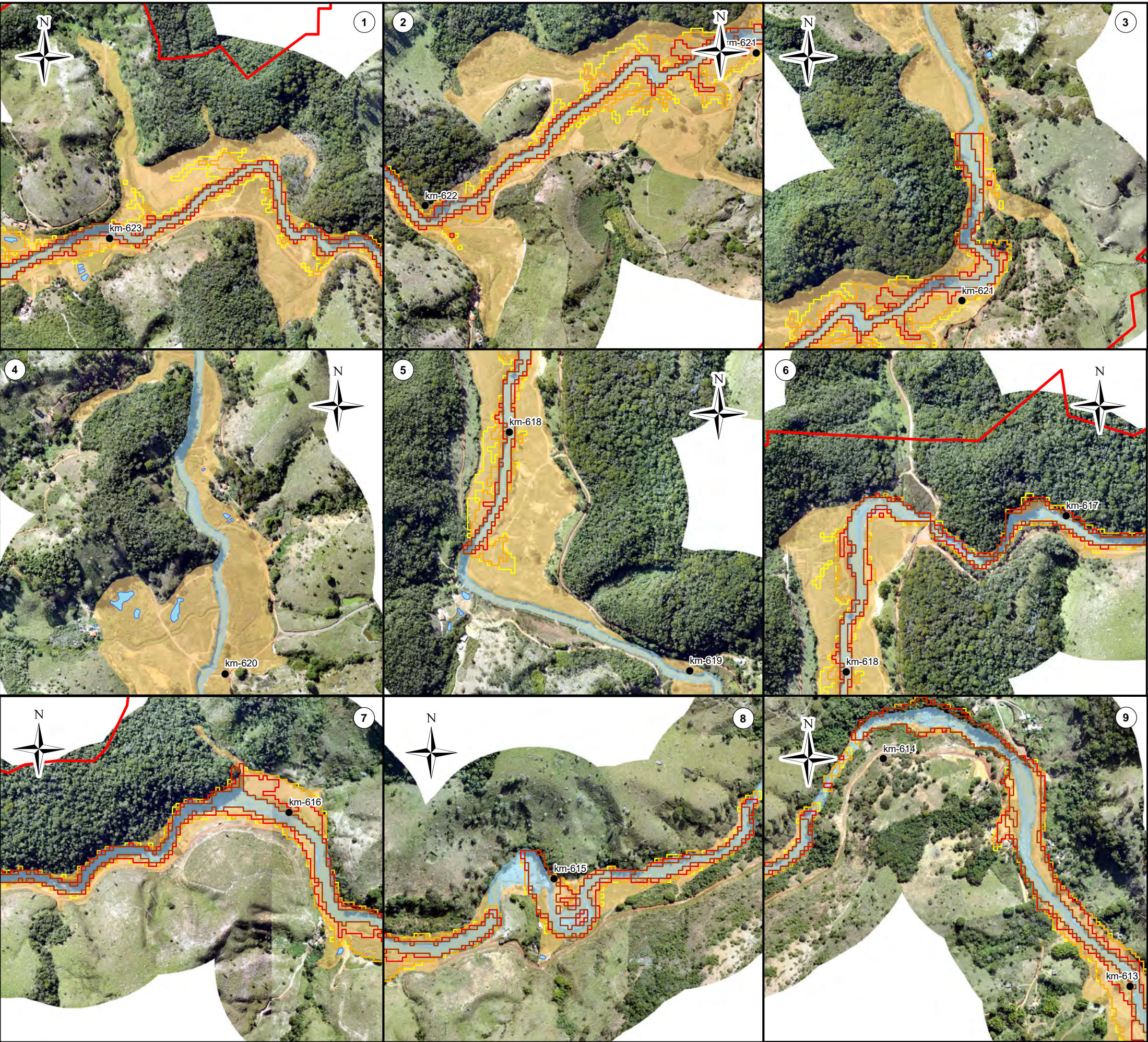
JACOBS ch2m.

TÍTULO: Figura 158
Curva de contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25
Folha 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (3) - Trecho 9



LEGENDA:

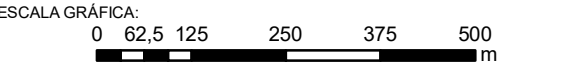
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície

Curvas de Contorno de Nível d'água

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



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

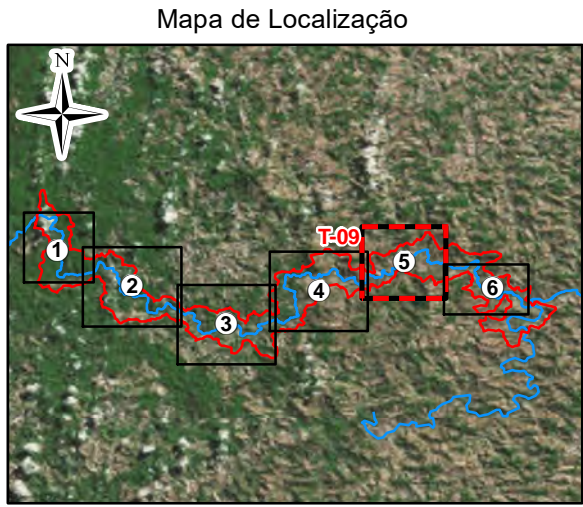
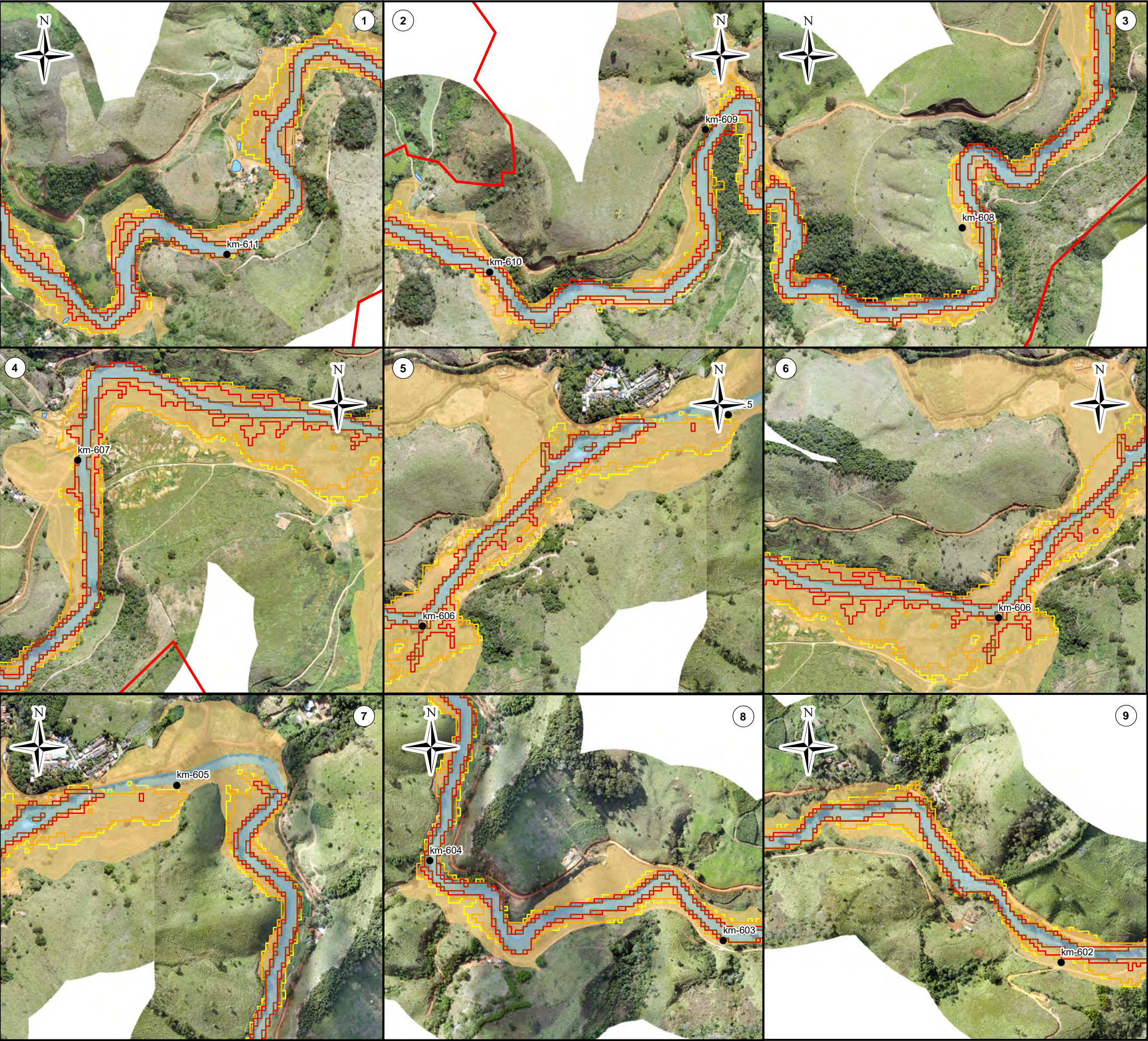
JACOBS ch2m.

TÍTULO: **Figura 158**
Curva de contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10, QTR25
Folha 4

PROJETO: **Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo**
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:10.000	8/2/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (4) - Trecho 9



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície

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 62,5 125 250 375 500 m

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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

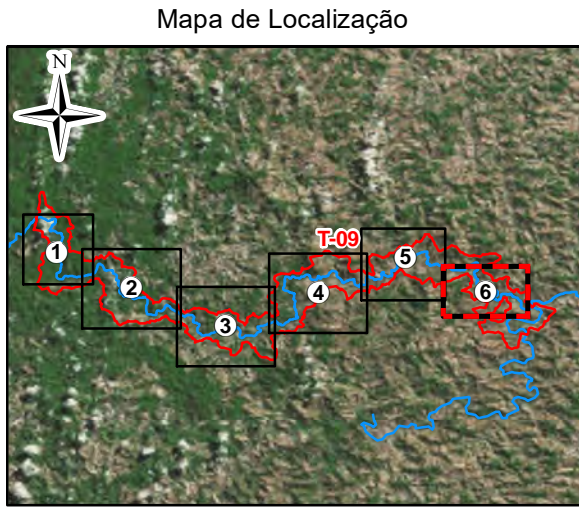
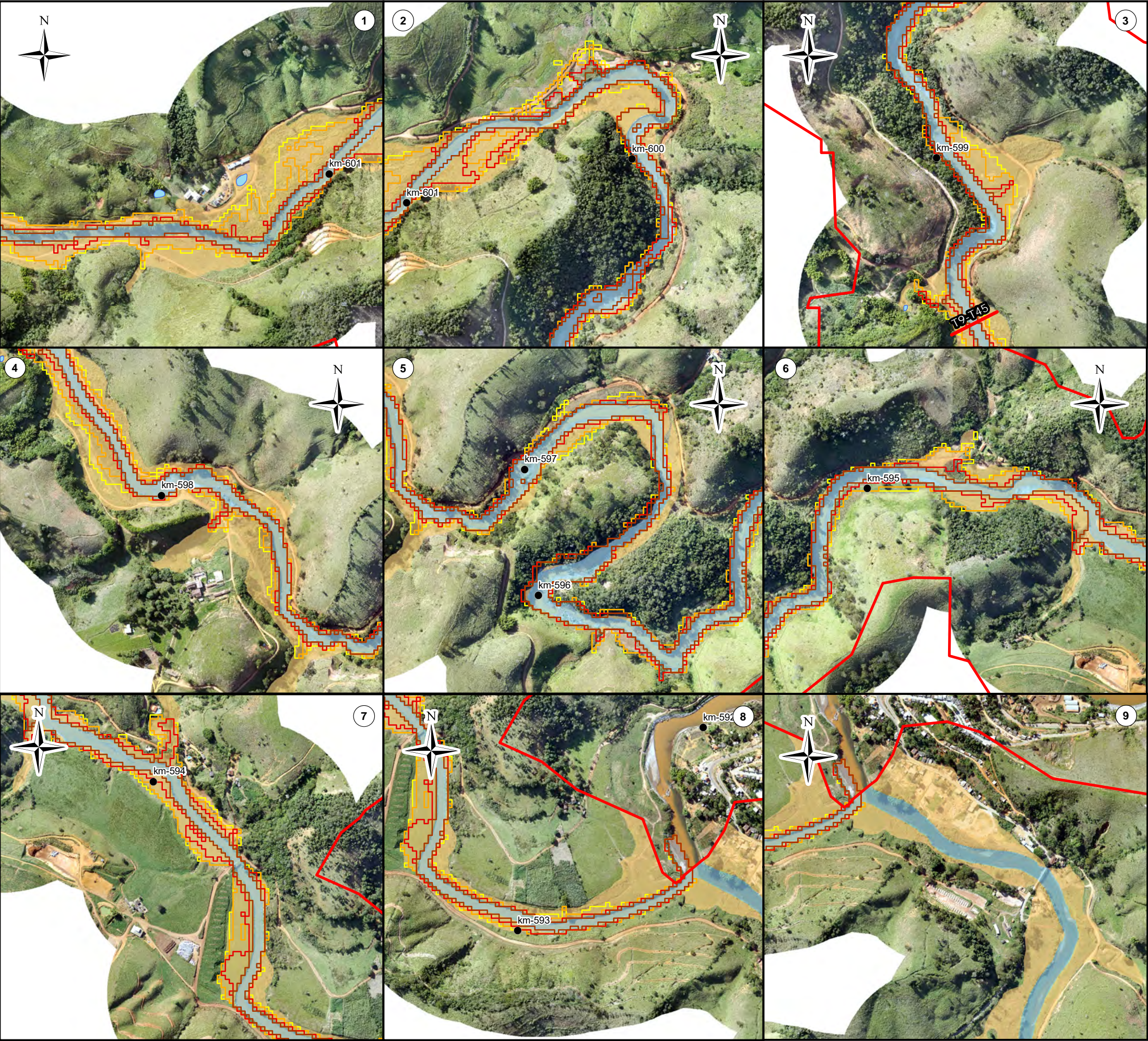
JACOBS ch2m.

TÍTULO: Figura 158
Curva de contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25
Folha 5

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (5) - Trecho 9



LEGENDA:

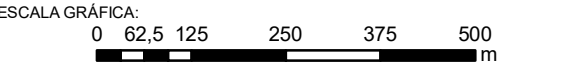
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais

Área Impactada

- ▭ Calha
- ▭ Planície


Curvas de Contorno de Nível d'água

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



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.



TÍTULO: Figura 158
Curva de Contorno do nível d'água gerada pela
simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25
Folha 6

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------

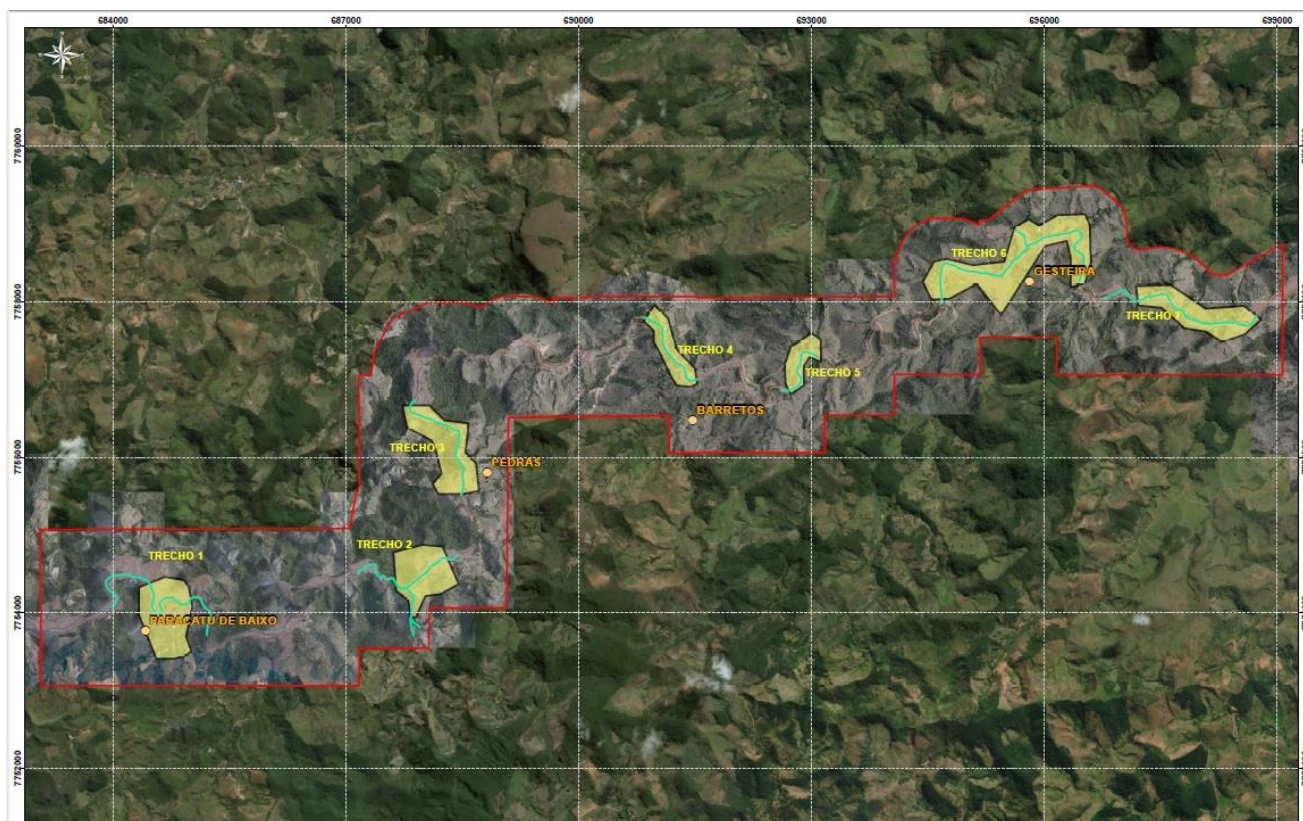
Figura 158 - Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q50, QTR2, QTR10 e QTR25 (6) - Trecho 9

5.1.10 Delimitação de Áreas Inundáveis – Estudo Pretérito

A empresa Potamos elaborou estudos hidrológicos e de hidráulica fluvial, para fins de delimitação de áreas inundáveis ao longo de sete trechos fluviais do rio Gualaxo do Norte compreendidos entre o Distrito de Bento Rodrigues e o Município de Barra Longa – MG (todos inseridos no Trecho 9 do atual Plano de Manejo de Rejeitos). O objetivo dos trabalhos foi avaliar a possível interferência dos processos de degradação e sedimentação de rejeitos ao longo da calha fluvial e suas planícies, em função da ruptura da Barragem do Fundão, sobre o regime de inundações do rio Gualaxo do Norte. Em junho de 2017, a consultoria emitiu o documento Estudos de Hidráulica Fluvial e Delimitação de Áreas Inundáveis – Produto 5: Relatório Final (POTAMOS, 2017).

Em linhas gerais, os trabalhos realizados serão resumidos a seguir. Os trechos citados referem-se aos trechos do estudo da Potamos (trechos 1 a 7 indicados na Figura 159), sendo todos inseridos no Trecho 9 deste PMR.

Figura 159 - Localização dos trechos do estudo de estimativa de espessura de rejeito



Fonte: POTAMOS (2017)

5.1.10.1 Topobatimetria e medição de vazão

O levantamento topobatimétrico foi realizado a partir de pontos de controle implantados com equipamentos GNSS, com a representação das seções transversais ao longo do rio Gualaxo do Norte e alguns de seus afluentes nos trechos de interesse para o estudo. As seções transversais (topobatimétricas) subsidiaram a construção dos modelos matemáticos de escoamentos unidimensional (HEC-RAS) e bidimensional (SMS/RiverFlow2D®), definindo os limites de controle nas calhas fluviais e planícies de inundação.

Os levantamentos das seções topobatimétricas foram referenciados e amarrados planialtimetricamente ao Sistema Geodésico Brasileiro, coordenadas UTM, a partir de Referências de Níveis (RN's) conhecidas, considerando o datum horizontal SIRGAS 2000 e o datum vertical marégrafo de Imbituba/SC.

As seções foram levantadas com pontos de medição a cada 3 m e em todas as variações bruscas de elevação ao longo da seção foram levantadas e registradas, afloramentos rochosos, massa de água, terrenos saturados, edificações etc. Nos casos de terreno íngreme, foram levantados pontos cotados no pé e na crista do talude.

Adicionalmente, foram realizadas sete campanhas de medição de descarga líquida, sendo uma em cada trecho de interesse, pelo método convencional, com a utilização de molinete hidrométrico, determinando a área da seção de escoamento e a velocidade médio do fluxo de água.

Tabela 24 - Síntese dos resultados das medições de vazão – Potamos, 2017

TRECHO	DATA	COTA ¹ (m)	ELEVAÇÃO N.A. (m)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA (m²)	LARGURA (m)	PROF. (m)	VAZÃO (m³/s)
Trecho 01	07/03/17	-	527,794	0,722	9,56	18,00	0,53	6,90
Trecho 02	08/03/17	-	504,419	0,714	5,59	16,50	0,34	3,99
Trecho 03	08/03/17	-	501,030	0,699	5,95	17,50	0,34	4,16
Trecho 04	03/03/17	1,19	429,169	0,614	9,02	25,50	0,35	5,54
Trecho 05	02/03/17	0,14	420,346	0,607	7,23	18,50	0,39	4,39

TRECHO	DATA	COTA ¹ (m)	ELEVAÇÃO N.A. (m)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA (m ²)	LARGURA (m)	PROF. (m)	VAZÃO (m ³ /s)
Trecho 06	02/03/17	0,97	411,180	0,735	7,75	22,00	0,35	5,70
Trecho 07	22/02/17	0,35	400,839	0,624	9,57	27,00	0,35	5,98

Nota: (1) Cota linimétrica da estação fluviométrica instalada no local. As estações fluviométricas dos Trechos 1, 2 e 3 não estavam instaladas na data das medições de vazão.

Fonte: POTAMOS (2017)

5.1.10.2 Investigações Geofísicas e Sondagens

Estas investigações foram realizadas para estimativa de espessura rejeito dos trechos e serão abordadas na Seção 5.2.5 deste relatório.

5.1.10.3 Levantamento Planialtimétrico

O levantamento planialtimétrico foi realizado a partir de dados estereoscópicos orbitais com apoio de pontos de controle GNSS em feições topográficas notáveis e não notáveis, para auxiliar na geração do modelo digital de terreno, antes da ocorrência da ruptura da Barragem do Fundão, e na sua respectiva calibração. Este levantamento serviu de orientação para a construção do modelo digital de terreno para o cenário de pré-ruptura, com a remoção das camadas de depósito de rejeitos da superfície.

5.1.10.4 Modelo digital de terreno

O modelo digital de terreno consiste da base topográfica adotada nas simulações matemáticas de hidráulica fluvial, delimitado pela calha fluvial e planície de inundação do rio Gualaxo do Norte entre as regiões de Paracatu de Baixo e Gesteira. Para tanto, foram utilizadas as seguintes informações topográficas: superfície topográfica obtida a partir de perfilamento a laser e seções topobatimétricas obtidas pelo método topográfico convencional (estação total, baliza graduada com prisma e a vau) ao longo dos trechos de interesse para o estudo, totalizando uma quantidade de 78 seções, no período de janeiro a março de 2017.

Os resultados mostraram que os dados topográficos obtidos a partir do perfilamento a laser e pelo levantamento topobatimétrico estão bem compatíveis, com pequenas diferenças nas planícies de inundação, as quais são pouco significativas para a modelagem de hidráulica fluvial, além da calha

abaixo do espelho de água. Portanto, para a construção do modelo digital de terreno foi considerado a superfície gerada pelo perfilamento a laser.

5.1.10.5 Estudos hidrológicos e hidráulicos

Os estudos hidrológicos e hidráulicos foram elaborados para a definição das vazões de projeto a serem adotadas nos trechos fluviais de interesse para o estudo. Nesta etapa foram realizados os seguintes trabalhos:

- Obtenção dos registros diários de níveis de água e vazão e os resumos de descarga da estação fluviométrica de referência para o rio Gualaxo do Norte;
- Construção do modelo hidráulico unidimensional (HEC-RAS) do trecho fluvial do rio Gualaxo do Norte, onde existe a estação fluviométrica da ANA (Fazenda Ocidente no Trecho 7);
- Calibração dos coeficientes de rugosidade na calha fluvial do rio Gualaxo do Norte, considerando as campanhas de medição de vazão e os resumos de descarga disponibilizados pela ANA no local da estação fluviométrica;
- Avaliação da curva de descarga da ANA e construção da nova curva de descarga para o cenário após a ruptura da Barragem do Fundão, considerando o levantamento topobatimétrico realizado na região da estação fluviométrica existente.

Após estes trabalhos, foram definidas as áreas de drenagens nas seções fluviais de interesse do estudo e calculadas as vazões de referência, associadas a determinados períodos de retorno obtidas por proporcionalidade entre as respectivas áreas, conforme a Tabela 25.

Tabela 25 - Vazões de projeto determinados para os trechos fluviais de interesse para o estudo

TRECHO FLUVIAL	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	Q _{2ANOS} (m ³ /s)	Q _{5ANOS} (m ³ /s)	Q _{10ANOS} (m ³ /s)	Q _{25ANOS} (m ³ /s)	Q _{50ANOS} (m ³ /s)	Q _{100ANOS} (m ³ /s)
Trecho 1	297	50,4	75,2	95,7	127	154	185
Trecho 2	314	53,3	79,5	101	134	163	196
Trecho 3	323	54,9	81,9	104	138	168	202
Trecho 4	417	70,8	106	134	178	216	260

TRECHO FLUVIAL	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	Q _{2ANOS} (m ³ /s)	Q _{5ANOS} (m ³ /s)	Q _{10ANOS} (m ³ /s)	Q _{25ANOS} (m ³ /s)	Q _{50ANOS} (m ³ /s)	Q _{100ANOS} (m ³ /s)
Trecho 5	425	72,1	108	137	181	220	265
Trecho 6	527	89,6	134	170	225	274	329
Trecho 7	536	91,0	136	173	229	278	334

Fonte: POTAMOS (2017)

5.1.10.6 Modelagem bidimensional, delimitação de áreas inundáveis e de riscos hidrodinâmicos

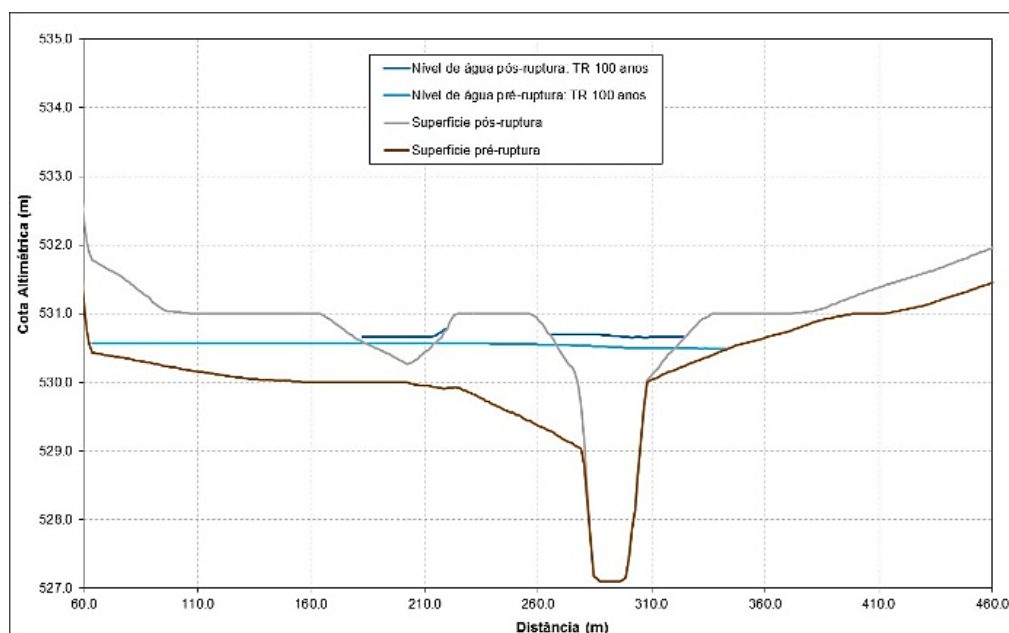
As simulações hidráulicas para a delimitação das áreas inundáveis e de risco hidrodinâmico foram desenvolvidas no ambiente do modelo computacional RiverFlow2D®. Dentre outras ferramentas, o RiverFlow2D® é capaz de modelar fenômenos hidráulicos em regime permanente e não permanente com representação bidimensional do transporte de massa por terrenos complexos com elevada resolução.

O modelo utiliza uma representação do terreno em malha triangular, aumentando a fidelidade da informação geomorfológica atribuída ao modelo digital do terreno (MDT). Apresenta interface com o *software Surface-Water Modeling System (SMS)* e produz resultados compatíveis com aplicativos GIS. O processamento numérico do RiverFlow2D® é realizado por um preciso e estável método de volumes finitos, resolvendo equações que governam os processos físicos envolvidos.

Desta forma, foram realizadas simulações bidimensionais com a delimitação das áreas inundáveis e de risco hidrodinâmico em cada trecho de interesse. A Potamos, em análise das simulações feitas da modelagem bidimensional, conclui que:

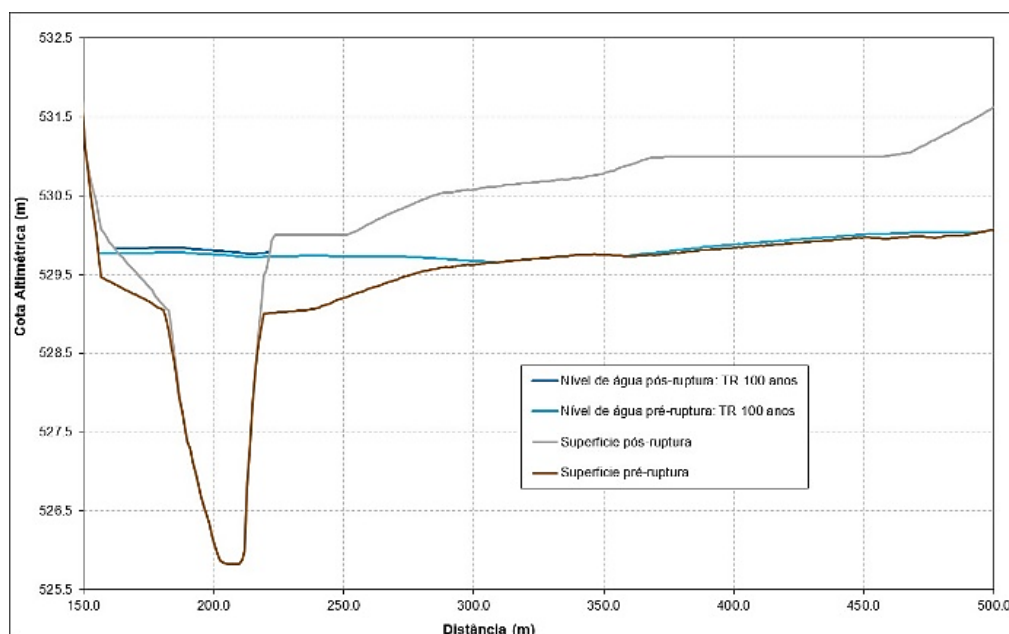
Conforme indicado em Potamos (2017), de modo geral, os depósitos de rejeito ao longo do rio Gualaxo do Norte, nos trechos de interesse para o estudo, reduziram o impacto das inundações decorrentes das cheias de projeto deste curso de água. Esta redução se deve ao confinamento do fluxo de água dentro da calha fluvial. Dois exemplos são mostrados nas Figura 160 e Figura 161.

Figura 160 – Seção fluvial (S1) do Trecho 1, destacando a camada de rejeito depositada, o confinamento e o espalhamento da lâmina de água, antes e após a ruptura da Barragem do Fundão, respectivamente, considerando a cheia de TR=100 anos



Fonte: POTAMOS (2017)

Figura 161 – Seção fluvial (S2) do Trecho 1, destacando a camada de rejeito depositada, o confinamento e o espalhamento da lâmina de água, antes e após a ruptura da Barragem do Fundão, respectivamente, considerando a cheia de TR=100 anos



Fonte: POTAMOS (2017)

- No Trecho 1 o impacto ocorre principalmente no acesso à comunidade de Paracatu de Baixo a partir de cheias de 50 anos de período de retorno. Impactos às edificações somente foram observadas na análise do cenário de pré-ruptura.
- No Trecho 2 não se observa impacto às edificações antes e após a ruptura da Barragem do Fundão. Os impactos ficam restritos à ocupação das planícies de inundações e ao acesso principal da margem direita a partir de cheias de TR=25 anos (pós-ruptura) e de TR=5 anos (pré-ruptura).
- No Trecho 3 não foram observados impactos decorrentes das cheias do rio Gualaxo do Norte, apenas com a ocupação parcial da planície de inundação, sem afetar acessos e edificações.
- No Trecho 4 foram observados impactos apenas nos acessos marginais a partir de cheias de TR=5 anos (pré e pós ruptura), sem ocupação de edificações e benfeitorias.
- No Trecho 5 foram observados impactos apenas nos acessos marginais a partir de cheias superiores a TR=25 anos, sem impacto às edificações ribeirinhas.
- No Trecho 6 os maiores problemas observados foram próximo à seção próxima a uma igreja que foi atingida pela lama da onda de ruptura da Barragem do Fundão. Neste local foram observados impactos (pré-ruptura) para cheias a partir de TR = 2 anos, sendo as edificações atingidas por cheias de TR = 25 anos (pré e pós ruptura).
- No Trecho 7 foram observados problemas apenas no acesso principal da margem esquerda a partir de inundações decorrentes de cheias de TR=5 anos, sem impactos a alguma edificação na região.
- De modo geral, não houve aumento do risco de inundação nas áreas edificadas pelas manchas referentes às cheias de projeto obtidas para o rio Gualaxo do Norte.

Finalmente, o estudo da Potamos (2017), indica que os resultados das modelagens bidimensionais apontam para a viabilidade de recomposição vegetal das planícies afetadas, em vez de se proceder à retirada dos rejeitos e sedimentos depositados ao longo dos sete trechos do rio Gualaxo do Norte avaliados no estudo, comparando-se o cenário de pré e pós ruptura da Barragem do Fundão.

5.1.11 Identificação das Áreas de Disposição Dentro da Área de Abrangência

A seguir serão apresentadas todas as áreas previstas para a disposição de rejeito localizadas no Trecho 9, conforme apresenta o Mapa das Áreas de Disposição na Figura 162.

Aterro Fazenda Vista Alegre

Para a disposição do rejeito proveniente da Barragem de Fundão retirados da área urbana de Barra Longa e entorno foi projetado um aterro faseado (Fase 1, 2 e 3), localizado na Fazenda Vista Alegre, zona rural município de Barra Longa, sentido ao Distrito de Barretos, a 500 m das margens do rio Gualaxo do Norte, no fim do Trecho 9, conforme apresentado Figura 162. Todas as informações descritas neste item foram retiradas do Relatório Técnico elaborado pela H3M Meio Ambiente e Geotecnologia.

O projeto do aterro é dividido em três fases devido ao fato de não ter sido possível estimar o volume de material que foi retirado das áreas afetadas, sendo cada fase executada à medida que a demanda para armazenar o material foi aumentada, de modo que uma das fases poderia não ser executada, reduzindo assim impactos e riscos ambientais.

A Fase 1 já foi utilizada em sua capacidade máxima de disposição dos rejeitos. A Fase 2 consistiu em realizar um alteamento na estrutura projetada na Fase 1, de forma a manter suas premissas de projeto e elevar a capacidade de armazenamento no local. Esta área possui disponibilidade para receber mais materiais. Na Fase 3, caso necessário, está prevista a realização de abertura de uma outra área localizada anexa à área disponibilizada para a Fase 1 e 2. É importante ressaltar que esta área de disposição já foi licenciada, pois entrou dentro do escopo no plano emergencial.

A Tabela 26 apresenta as dimensões projetadas de área e capacidade volumétrica das áreas de disposição e o atual status de utilização de disposição dos rejeitos.

Tabela 26 – Quantitativos da capacidade volumétrica e áreas das áreas de disposição de rejeito do Aterro de Barra Longa por fases do projeto

FASE	ÁREA (HA)	CAPACIDADE TOTAL ESTIMADA (M³)	VOLUME DEPOSITADO (M³)
Fase 1	1,5	119.850	119.850
Fase 2 (6° berma*)	1,5	11.930	1.631,12
Fase 3	3	174.855	-
TOTAL		306.635	121.481,12

Notas: * O valor obtido no levantamento do dia 04/08/2017, igual a 1.631,126 m³, trata-se do material que está depositado na sexta berma aguardando o espalhamento. Logo esse valor não corresponde ao volume total de material depositado na sexta berma, fase 2. O volume total de material depositado da fase 2 não foi medido pela H3M.

Fonte: H3M (2017)

Aterro Ponte do Gama (ADME 04)

Para a disposição do rejeito proveniente da Barragem de Fundão retirados do Distrito de Ponte do Gama, localizado no município de Mariana, foi projetado o Aterro – Ponte do Gama, localizado a 100 m das margens do rio Gualaxo do Norte, no início do Trecho 9, conforme apresentado Figura 162. Todas as informações descritas neste item foram retiradas do Relatório Técnico elaborado pela H3M Meio Ambiente e Geotecnologia desenvolvido no âmbito do Projeto Executivo do aterro.

O Aterro de Ponte do Gama será construído a partir dos projetos, procedimentos e especificações elaboradas pela equipe da H3M, com a supervisão contínua da Fundação Renova. Para a elaboração do projeto executivo do aterro foi utilizada a norma NBR 13029/2006, devido às características dos materiais e condições da área de disposição.

O projeto contemplou estudos hidrológicos, hidráulicos e geotécnicos, onde foram verificadas as condições de estabilidade e de drenagem da estrutura projetada. O canal de drenagem foi dimensionado para atender o descomissionamento do aterro.

A configuração final do Aterro Ponte do Gama, se estende em uma área de projeção horizontal de, aproximadamente 1,8 hectares, com o pé do aterro na elevação 575,9m e topo na elevação 596,0 m. A geometria do aterro é constituída por bancos com 4,0 m de altura e 4,0m de largura das bermas. A inclinação das faces dos taludes são de 2,0H : 1,0V (27°) e 2,5H : 1,0V (22°) perfazendo-se um ângulo geral de aproximadamente 16,0°. A altura máxima do aterro será de 18,35 m. O volume de rejeito seco obtido para a configuração final (volume a ser disposto) é de, aproximadamente, 41.640,00 m³.

Os taludes finais da pilha deverão ser reconformados para a situação final de arranjo, formando-se os acessos de manutenção definitivos da pilha. Após a reconformação, os taludes deverão ser revegetados visando evitar ravinamentos e carreamento de finos que podem comprometer o sistema de drenagem superficial por assoreamentos. Além disso, leiras de proteção instaladas na crista dos taludes da pilha deverão ser previstas, com o intuito de aumentar o nível de segurança da estrutura. Os materiais orgânicos encontrados na região da fundação do aterro deverão ser removidos e dispostos em pilha de estoque, para posterior utilização na recuperação e cobrimento da área.

O acesso para disposição do material em aterro foi desenvolvido no corpo da estrutura, que servirá como acesso definitivo após a recuperação da área. O acesso foi projetado para permitir o acesso a todas as bermas, podendo ser utilizado para manutenção e monitoramento da estrutura.

ADME 7 - Paracatu

Esta área é prevista para a disposição de rejeitos, o projeto executivo está em fase de elaboração. Inserida em propriedade rural (de Sra. Marte Celestino), possui área de 6,67 hectares, localizada no município de Mariana, no meio do Trecho 9, com acesso principal a 400 metros e a 500 metros do rio Gualaxo do Norte (área afetada), conforme apresentado Figura 162.

ADME 8 - Paracatu

Esta área é prevista para a disposição de rejeitos, o projeto executivo está em fase de elaboração. Inserida em propriedade rural (de Sr. Ivaldi de Souza), possui área de cerca de 1,27 hectares, localizada no município de Mariana, no meio do Trecho 9, ao lado do acesso principal e do rio Gualaxo do Norte (área afetada), conforme apresentado Figura 162.

ADME 9 – Barretos

Esta está inserida em duas propriedades rurais (do Sr. José João Madaleno e da Sra. Ana Felipe) no município de Barra Longa, conforme apresentado Figura 162.

Conforme especificações projetadas pela H3M para a ADME 9, o depósito se estenderá por uma área de projeção horizontal de aproximadamente 1,48 hectares, com o pé da aterro na elevação 469,00 m e topo na elevação 449,25 m. Com bancos e largura das bermas variados, a inclinação das faces dos taludes serão de 3,0H : 1,0V (18,0°), altura máxima de 19,75 m e ângulo geral de aproximadamente 15,0°. Estima-se que esta configuração comporte a disposição de aproximadamente

42.637,00 m³ de rejeito seco. Os acessos foram projetados com declividade máxima de 10% e largura mínima de 5 m (H3M, 2018a).

Os procedimentos para encerramento do aterro serão os mesmos previstos para a ADME 04, incluindo reconformação, revegetação e instalação de leiras de proteção. Após finalizado, o aterro deverá ser reabilitado como pastagem, de forma que o proprietário receba a área passível de ser utilizada para os fins anteriormente destinados.

ADME 10 - Pedras

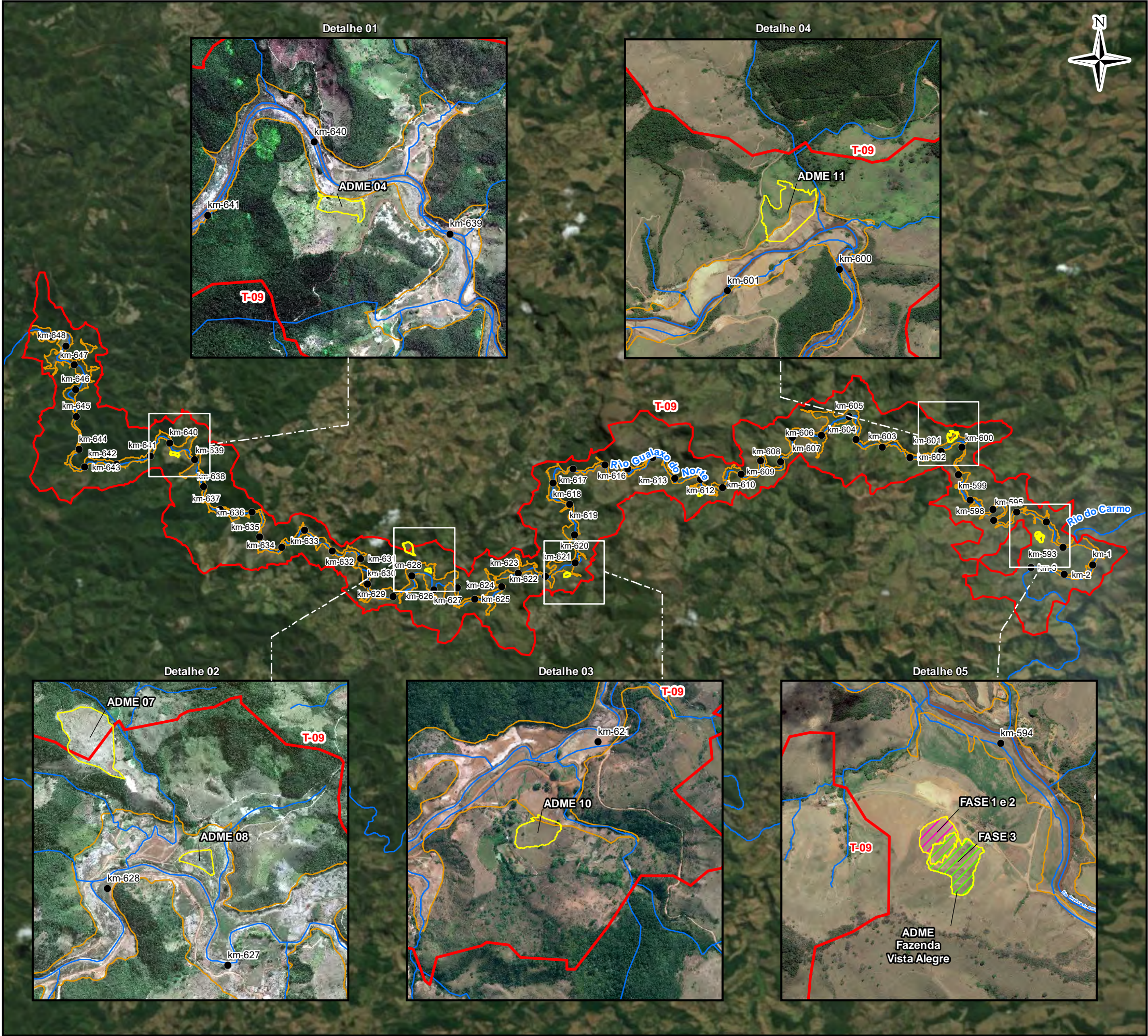
Esta área é prevista para disposição de rejeitos, o projeto executivo está em fase de elaboração. Inserida em propriedade rural (de Sr. Clodoardo Cerceau), possui área de 1,49 hectares, localizada no município de Mariana, no meio do Trecho 9, com acesso principal no local e ao lado do rio Gualaxo do Norte (área afetada), conforme apresentado Figura 162.

De acordo com relatório da H3M, a área de disposição na ADME 10 irá se estender de por aproximadamente 1,63 hectares, com o pé da aterro na elevação 513,66 m e topo na elevação 525,00 m. A geometria da aterro será constituída por bancos e largura das bermas variados devido ao acesso na face do aterro, com inclinação das faces dos taludes de 3,0H : 1,0V (18,0°) perfazendo um ângulo geral de aproximadamente 11,0°. Esta configuração final terá altura máxima de 11,44 m e permitirá a disposição de aproximadamente 45.500,00 m³ de rejeito seco (H3M, 2018b).

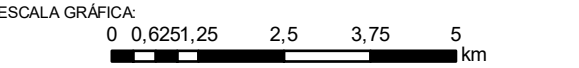
Os procedimentos de encerramento da disposição de rejeiros e a reabilitação da área da ADME 10 seguirá os mesmos moldes do das ADMEs 4 e 9.

ADME 11 – Gesteira

Esta área é prevista para disposição de rejeitos, o projeto executivo está em fase de elaboração. Inserida em propriedade rural (de Sr. Maurício Machado Gomes), possui área de 5,25 hectares, localizada no município de Barra Longa, no fim do Trecho 9, com acesso principal a 200 metros e a 500 metros do rio Gualaxo do Norte (área afetada), conforme apresentado Figura 162.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada - Trecho 9
 - ▭ Áreas de Disposição de Rejeito - ADME 10, 09, 07, 08, 04 e Fazenda Vista Alegre)
 - ▨ ADME Fazenda Vista Alegre (Fase 1 e 2)
 - ▨ ADME Fazenda Vista Alegre (Fase 3)



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; ESRI, 2018.
Digital Globe, 2017.
Agência Nacional de Águas - ANA, 2018.

JACOBS ch2m

TÍTULO:
Figura 162
Áreas de Disposição de Rejeito

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:110.000	20/08/2018	RM	EL	MB	R0

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 (CH2M, 2017) estão sumarizadas na Tabela 27.

Tabela 27 – Tipos de depósito de Rejeitos Classificados por Contexto

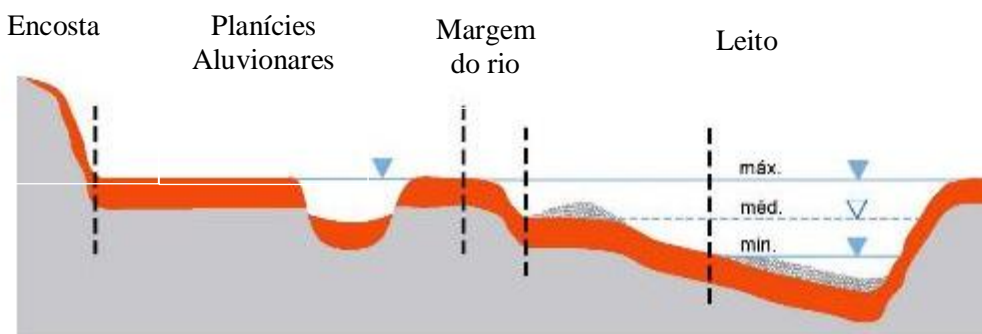
TIPO DE DEPÓSITO	CONTEXTO
<i>Depósito Extracalha</i>	Depósitos sobre rochas ou solos parcialmente decapados, em <u>encostas</u> declivosas
	Depósitos sobre <u>planícies ou terraços aluvionares</u> e baixas vertentes suavizadas
	Depósitos sobre <u>lagoas marginais</u> , depósitos finos sobre cavas e depressões antrópicas
	Depósitos sobre <u>margens</u> , área limite entre calhas e planícies
<i>Depósito Intracalha</i>	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

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 (CH2M, 2017) onde foram identificados os diferentes tipos de depósitos.

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 e solos presentes nos contextos intracalha e extracalha. Também fazem parte da composição do rejeito, as frações minoritárias em volume e compostas por cascalhos remobilizados dos sedimentos aluvionares das calhas e da própria planície

aluvionar afetada pela onda de cheia, além de fragmentos rochosos remobilizados das encostas pela erosão, transportados por arraste de fundo e depositados quando da perda de velocidade do fluxo. A Figura 163 ilustra os tipos de depósitos apresentados.

Figura 163 – Ilustração dos Tipos de Depósitos de Rejeito nas Seções Intracalha e Extracalha



A aplicação do PMR no Trecho 9 abrangerá os dois tipos de depósitos de rejeito identificados na área impactada:

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

Sobre essas planícies e terraços e, ainda, sobre a porção basal das encostas suavizadas dos morros lindeiros a essas planícies, houve uma ampla deposição de rejeitos, por processo de sedimentação dos sólidos transportados em suspensão durante o fluxo resultante do rompimento da barragem de Fundão.

Considerando a sedimentação dos sólidos em suspensão na onda de cheia como o processo dominante de formação dos depósitos de rejeitos, espera-se que a sua espessura seja diretamente proporcional ao tempo em que a área ficou submersa e que, além disso, a camada tenha se depositado uniformemente, independentemente da topografia do terreno.

Essa consideração é relevante para a estimativa das espessuras dos depósitos de rejeitos. Como boa parte das planícies aluvionares afetadas foram objeto de obras de controle de erosão, modificações na topografia, mesmo de pequena ordem, podem ter alterado a espessura original desses

depósitos, devendo-se analisar os resultados obtidos sob a ótica do processo de formação dos mesmos, que resultou em espessuras bastante uniformes e proporcionais ao tempo de submersão pela onda de cheia. Desde as primeiras medições realizadas logo após o evento, os resultados não ultrapassam o limite de 90 cm a um metro de espessura, mesmo nas planícies onde a inundação se prolongou por maior tempo.

Outro fator relevante inerente às características dos depósitos de rejeitos diz respeito à sua granulometria. Dois tipos de rejeitos eram codispostos na barragem de Fundão: um tipo denominado “Arenoso”, constituído a grosso modo por 50% de areia fina e 50% de silte, e um rejeito de “Lama”, constituído, também a grosso modo, por 80% de silte e 20% de argila (GOLDER ASSOCIATES, 2016a). Disto resulta a baixa coesão desse material o qual, exposto à ação das águas, é facilmente remobilizado, desenvolvendo erosão laminar e linear intensa, conforme se observou nos períodos imediatamente posteriores ao evento, e até que a implantação da cobertura vegetal apresentasse seus primeiros resultados. Um exemplo disto é apresentado na Figura 164, onde podem ser visualizados aspectos de erosão laminar e em sulcos antes das intervenções emergenciais.

Figura 164 – Aspectos da Erosão Laminar e em Sulcos desenvolvida sobre os Depósitos de Rejeitos Extracalha, na região de Barra Longa, antes das Intervenções Emergenciais



Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2016a).

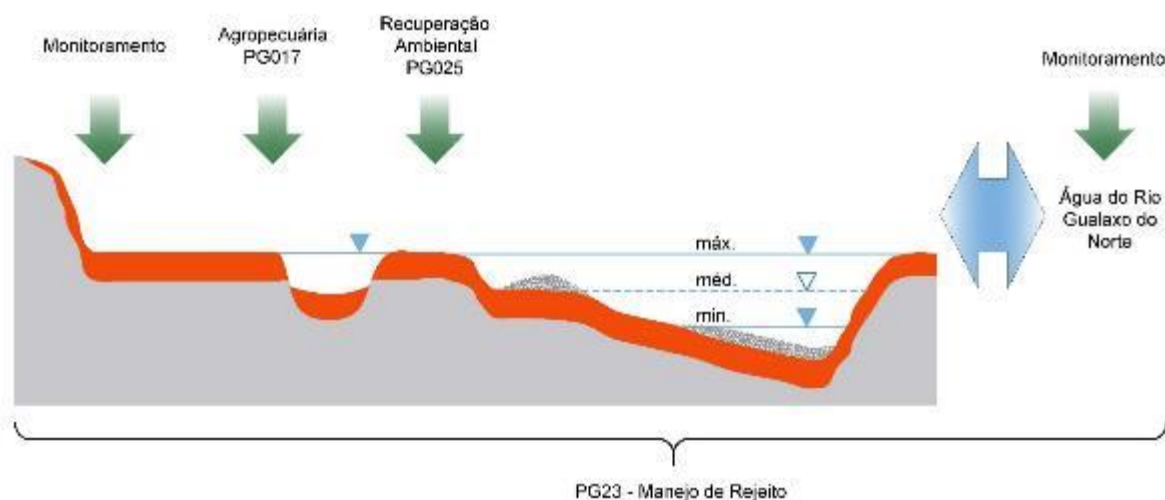
Observando-se os processos erosivos que se desenvolviam sobre os depósitos extracalha formados sobre as planícies aluvionares entre a barragem de Fundão e o remanso do reservatório de Candonga, é forçoso concluir que quando estes estavam completamente descobertos, sem qualquer

proteção, o processo erosivo se inicia com a desagregação das partículas resultante do impacto das gotas de chuva, já facilitada pela baixa coesão desses materiais. Uma vez desagregadas, as partículas sólidas são arrastadas inicialmente pelo fluxo laminar das águas pluviais, o que origina a erosão laminar, para, logo em seguida, com a concentração do escoamento em pequenos caudais, transformar-se em erosão linear, com capacidade de arraste cada vez maior, à medida em que os pequenos caudais se juntam, formando enxurradas e, assim, aumentando a intensidade da erosão e formando sulcos e ravinas cada vez maiores e lançando os materiais transportados nos rios adjacentes.

No caso específico dos depósitos em lagoas marginais, sejam de origem natural ou antrópica (garimpo ilegal, viveiro de peixes, etc.), 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 depósito de rejeitos. Outras tiveram depósitos menores, mantendo-se como depressões com acumulações de águas, conectadas ou não aos cursos d'água.

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 165.

Figura 165 – Programas socioambientais que possuem interface com o Programa de Manejo de Rejeito (PG23) e abrangência conforme os tipos de depósito



5.2.2 Estudos Prévios

5.2.2.1 Avaliação da Contaminação em Sedimentos por Metais Pesados (PACHECO, 2015)

Em 2015 foi elaborada uma tese de doutorado apresentada à Universidade Federal de Viçosa como Avaliação da Contaminação em Solos e Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce por Metais Pesados e sua Relação com o Fundo Geoquímico Natural (Pacheco, 2015). Entre os objetivos do estudo foi a determinação dos valores do Fundo Geoquímico Natural para a bacia hidrográfica do Rio Doce para os metais pesados: vanádio, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, molibdênio, cádmio, bário, mercúrio e chumbo. Além disso, verificar a influência antrópica nos processos de contaminação por metais pesados nos sedimentos da bacia do rio Doce.

Segundo Pacheco, 2015, o valor do fundo geoquímico natural (FGN) indica a concentração natural de uma substância (ou elemento) em solos que não tenha sofrido impacto antropogênico. A principal aplicação dessa variável é fornecer subsídio para a avaliação da qualidade dos solos, assim como compreender a forma em que eles estão presentes nos solos.

O estudo foi baseado na coleta de amostras de solo e sedimentos fluviais na calha principal do rio Doce, incluindo um ponto de coleta de amostras de solo (P12) e três pontos de coleta de amostras de sedimentos localizados no Trecho 11 do PMR. Os pontos de sedimentos são: foz do rio Piranga (S1); foz do Rio do Carmo (S2) e nascente do rio Doce (S3). Considerando que não houve coleta de amostras no Trecho 12 pelo referido estudo, esta Seção irá abordar os dados das amostras apresentadas no Volume 5 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trecho 10 e 11, CH2M JACOBS, 2018.

Em cada ponto de caracterização de sedimentos foram coletadas 3 amostras em diferentes profundidades e no ponto de caracterização do solo foram coletadas 9 amostras também em diferentes profundidades. As características físicas das amostras citadas são apresentadas na **Tabela 28** e **Tabela 29**

Tabela 28 – Caracterização física dos sedimentos fluviais das margens esquerda e direita do rio Doce

PROF. (CM)	AG ^{1/}	AF ^{2/}	SILTE	ARGILA	S/A ^{3/}	AG/AF ^{4/}	ADA ^{5/}	DP ^{6/}	TEXTURA
-----g Kg ⁻¹ -----						dag kg ⁻¹	kg dm ⁻³		
S1 - Foz do Rio Piranga									
Margem Direita									
0-10	180	690	40	90	0,44	0,26	3	2,44	ARF
10-20	540	400	10	50	0,2	1,35	3	2,66	AR
20-30	290	480	100	130	0,77	0,6	3	2,53	FAR
S2 - Foz do Rio do Carmo									
Margem Esquerda									
0-10	610	330	40	20	2	1,85	1	2,85	AR
10-20	560	420	10	10	1	1,33	1	2,7	AR
20-30	500	489	5	6	0,83	1,02	1	2,5	AR
S3 - Nascente do Rio Doce									
Margem Esquerda									
0-10	120	750	70	60	1,17	0,16	2	2,44	ARF
10-20	140	410	230	220	1,05	0,34	4	2,41	FAAR
20-30	200	690	40	70	0,57	0,29	1	2,56	AR
Margem Direita									
0-10	160	710	70	60	1,17	0,23	2	2,5	ARF

Legenda: 1/ Areia Grossa; 2/ Areia Fina; 3/ Relação Silte/Argila; 4/ Relação Areia Grossa/Areia Fina; 5/ Argila Dispersa em Água; 6/ Densidade de Partícula. Textura: FAR - Franco-Arenosa; FAAR - Franco-Argilo-Arenosa; A – Argila; ARF – Areia-Franca; AR – Areia; FA – Franco-Argilosa; F – Franca; PROF. - Profundidade.

Fonte: PACHECO, 2015

Tabela 29 – Caracterização física dos Neossolos Flúvicos

HOR.	PROF. (CM)	AG ^{1/}	AF ^{2/}	SILTE	ARGILA	S/A ^{3/}	AG/AF ^{4/}	ADA ^{5/}	DP ^{6/}	TEXTURA	COR (MUNSELL)		
											Seca	Úmida	
----- g kg ⁻¹ -----												dag kg ⁻¹	kg dm ⁻³
P12 - Neossolo Flúvico Ta Distrófico típico													
A	0 -10	130	640	130	100	1,3	0,2	2	2,69	FAR	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6	
C1	10-20	70	690	120	120	1	0,1	1	2,77	FAR	7,5 YR 6/4	7,5 YR 5/4	
C2	20 - 33	80	550	190	180	1,06	0,15	3	2,67	FAR	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6	
C3	33 - 40	70	560	190	180	1,06	0,13	3	2,78	FAR	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6	
C4	40 - 55	60	650	180	110	1,64	0,09	1	2,76	FAR	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4	
C5	55 - 65	110	680	120	90	1,33	0,16	2	2,85	FAR	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4	
C6	65 - 90	50	790	40	120	0,33	0,06	2	2,66	ARF	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4	
C7	90 - 120	30	480	280	210	1,33	0,06	3	2,73	F	7,5 YR 6/4	7,5 YR 5/4	
C8	120 - 180+	40	550	240	170	1,41	0,07	3	2,75	FAR	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4	

Legenda: 1/ Areia Grossa; 2/ Areia Fina; 3/ Relação Silte/Argila; 4/ Relação Areia Grossa/Areia Fina; 5/ Argila Dispersa em Água; 6/ Densidade de Partícula. Textura: FAR - Franco-Arenosa; FAAR - Franco-Argilo-Arenosa; A – Argila; ARF – Areia-Franca; AR – Areia; FA – Franco-Argilosa; F – Franca; HOR – Horizonte; PROF. - Profundidade

Os teores totais de metais pesados dos solos, Neossolos Flúvicos e sedimentos da bacia do rio Doce foram determinados pela fluorescência de raios-X (FRX) e os teores de vanádio, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, molibdênio, cádmio, bário e chumbo dos solos foram utilizados na definição do valor do fundo geoquímico natural para a bacia. Para a determinação dos valores do fundo geoquímico natural utilizou-se os teores de metais pesados da profundidade de 80 a 100 cm dos solos coletados, sem influência de atividade antrópica da bacia do rio Doce. Assim, foram calculados o quartil 75%, percentil 90% e percentil 95%, sendo o quartil 75% dos teores de metais pesados adotado como valor de fundo geoquímico natural pelo estudo.

A **Tabela 30** apresenta a comparação dos valores de referência legal de qualidade em comparação com o quartil 75% que foi adotado como valor do fundo geoquímico natural (FGN).

Tabela 30 – Valores do Quartil 75 %, Percentil 90 % e Percentil 95 % das profundidades de 0 – 20 e 80 – 100 cm dos solos da bacia do rio Doce; Valor de referência de qualidade - VRQs; Valor de prevenção - VPs

Prof. (cm)	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Pb
-----µg g ⁻¹ -----												
Quartil 75%¹												
0-20	134,5	117,7	24,7	44,7	28,8	68,0	2,6	1,4	2,2	3,0	194,6	29,6
80-100	163,4	152,2	18,6	66,9	28,2	62,5	1,8	0,6	2,3	2,8	177,6	41,1
Percentil 90%¹												
0-20	147,7	144,0	36,5	73,9	32,2	86,3	27,2	1,8	2,6	3,1	392,1	44,9
80-100	202,2	161,5	38,4	83,7	46,2	94,9	3,4	0,7	2,8	3,0	421,2	53,6
Percentil 95%¹												
0-20	155,0	150,0	43,8	78,2	33,8	96,6	50,4	1,8	2,8	3,1	489,4	51,4
80-100	214,0	163,6	46,4	95,4	48,7	97,6	4,7	0,7	3,0	3,1	469,8	54,1
COPAM (2011)²												
Valor de Referência de Qualidade - VRQs - Minas Gerais												
0-20	129,0	75,0	6,0	21,5	49,0	46,5	0,5	0,5	0,9	0,4	93,0	19,5
CONAMA (2009)³												
Valor de Prevenção - VP												
0-20	129,0	75,0	25,0	30,0	60,0	300,0	15,0	5,0	30,0	1,3	150,0	72,0
Valor de Investigação - VI												
Agrícola												
0-20	-	150	35	70	200	450	35	-	50	3	300	180
Residencial												
0-20	-	300	65	100	400	1000	55	-	100	8	500	300
Industrial												
0-20	-	400	90	130	600	2000	150	-	120	20	750	900
Teores Médios de Metais Pesados em Rochas												
Rocha	79,9	54,8	12,1	10,1	11,0	59,2	0,5	0,5	0,6	0,1	752,0	25,8

Legenda: 1/Determinados com os teores de metais pela fluorescência de raios-X nos solos do presente estudo; 2/Deliberação Normativa COPAM nº 166, 2011 - valores de referência de qualidade para os solos de Minas Gerais; 3/Resolução CONAMA nº 420, 2009 – valores determinados com base em análises de risco; 4/Análise geoquímica de rochas representativas da Bacia do rio Doce baseados na literatura (Bilal et al., 2000; Oliveira, 2002; Gonçalves, 2009; Uhlein, 2014 *apud* Pacheco, 2015).

Fonte: PACHECO, 2015

Em comparação entre os valores do fundo geoquímico natural e os VRQs estabelecidos pela COPAM 166/11, verifica-se que com exceção de cobre, arsênio e selênio, o restante dos metais avaliados indicou valores FGN maiores. Ainda, os valores FGN de vanádio, cromo, níquel, cádmio e bário também foram superiores aos respectivos Valores de Prevenção (VPs) da CONAMA 420/09. Pacheco (2015) infere que, considerando que os valores do fundo geoquímico natural foram determinados em solos sem influência de atividade antrópica, os valores superiores aos VPs refletem que estes são de ocorrência natural na bacia do rio Doce.

Para a avaliação da contaminação do meio ambiente por metais pesados devido às atividades antrópicas, foram determinados os teores totais destes compostos nos solos aluviais e sedimentos ao longo do rio Doce. Assim, Pacheco, 2015, agrupo os resultados por proximidade de coleta em “ÁREAS” desde a nascente do rio Doce até Regência/ES. O Trecho 11 do PMR está inserido na Área 1. A seguir (**Tabela 31 e Tabela 32**) são apresentados os resultados das amostras de solo e sedimentos coletadas dentro na Área 1.

Tabela 31 – Teores de metais pesados para os sedimentos da bacia do rio Doce

PROF. (CM)	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Hg	Pb
-----µg/g-----													
S1 - Foz do Rio Piranga													
Margem Direita													
0-10	50,80	82,50	12,00	58,10	20,10	54,00	n.d	n.d	2,20	2,60	588,30	n.d	19,90
10-20	24,50	93,30	15,40	53,30	16,80	48,60	n.d	n.d	5,60	3,00	557,90	n.d	17,50
20-30	56,00	92,50	19,30	61,30	22,60	62,20	n.d	n.d	2,90	2,40	516,80	n.d	21,80
S2 - Foz do Rio do Carmo													
Margem Esquerda													
0-10	33,60	91,40	35,00	39,30	11,40	33,60	51,00	n.d	1,30	1,60	318,60	n.d	14,50
10-20	25,90	72,00	32,40	38,00	14,30	30,60	55,60	n.d	1,60	2,00	269,60	n.d	14,10
20-30	20,50	50,50	13,00	28,60	7,40	18,80	34,10	n.d	1,30	2,20	313,90	n.d	9,50
S3 - Nascente do Rio Doce													
Margem Esquerda													
0-10	52,50	85,80	16,00	46,30	19,80	37,30	85,30	n.d	1,90	1,90	287,80	n.d	16,50
10-20	146,90	158,30	45,60	113,30	53,30	80,70	152,50	n.d	2,60	2,90	678,70	n.d	33,70
20-30	41,60	77,90	10,00	50,00	21,70	39,40	41,10	n.d	2,20	2,40	609,70	n.d	16,90
Margem Direita (Antes)													
0-10	41,90	73,30	12,00	51,70	18,30	41,80	18,40	n.d	1,80	2,20	477,00	n.d	13,90

Fonte: PACHECO, 2015

Tabela 32 – Teores de metais pesados para os Neossolos Flúvicos da bacia do rio Doce

Hor.	Prof. (cm)	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Hg	Pb
µg/g														
P12 - Neossolo Flúvico Ta Distrófico típico														
A	0 -10	54,8	93,4	14	58	20	48	32,7	n.d	1,5	2	486	n.d	22
C1	10-20	55,4	98,4	22	66	26	54	31,1	n.d	1,8	3	525	n.d	20
C2	20 - 33	101	123	3	74	31	71	25,2	n.d	1,9	3	571	n.d	24
C3	33 - 40	77,9	132	40	74	32	62	43,1	n.d	1,5	2	479	n.d	22
C4	40 - 55	60,7	98,8	3	56	22	46	56,5	n.d	2	2	461	n.d	19
C5	55 - 65	58,1	91,9	14	57	25	40	53,1	n.d	2,1	2	563	n.d	17
C6	65 - 90	89,3	149	30	74	26	52	78,3	n.d	1,8	2	611	n.d	25
C7	90 - 120	109	142	19	80	55	66	163	n.d	1,8	3	582	n.d	29
C8	120 -180+	82,2	136	14	72	29	46	207	n.d	2,1	3	532	n.d	23

Fonte: PACHECO, 2015

Comparando os resultados das análises das amostras da Área 1 com os valores de FGN, verificou-se altos valores de arsênio, que o estudo afirma serem consequências da influência da litologia do Quadrilátero Ferrífero por onde o rio do Carmo, afluente do rio Doce, passa pelas atividades minerárias nas cidades de Ouro Preto e Mariana (CPRM, 2005; Varejão *et al.*, 2009 *apud* Pacheco, 2015). As fontes naturais de contaminação por arsênio estão relacionadas às rochas que hospedam depósitos auríferos sulfetados, como as da região do Quadrilátero Ferrífero (MG) e as fontes antropogênicas estão relacionadas com atividades de mineração e refino de minério de alguns destes depósitos auríferos. Desta forma, só o Quadrilátero Ferrífero respondeu pela produção de 1.300 t de ouro nos últimos três séculos e, considerando a razão As/Au nos minérios, estima-se que pelo menos 390.000 t de arsênio devem ter sido liberadas para o ambiente (Matschullat *et al.*, 2000, *apud* Pacheco, 2015).

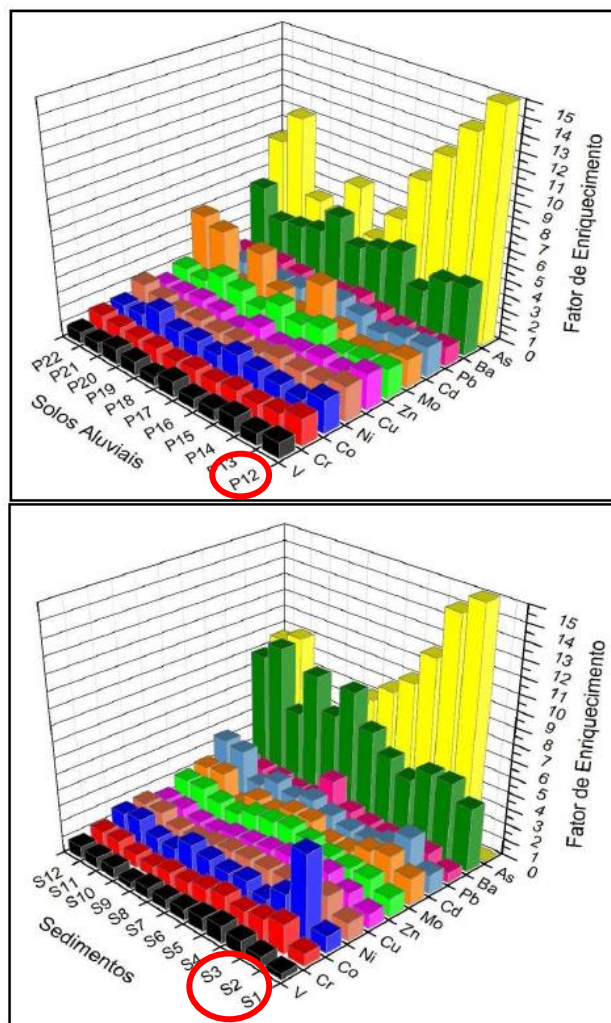
Outro metal que foi detectado em altos valores foi o bário que foi detectado na faixa de 287,80 a 678,70 µg/ g entre as amostras da Área 1, sendo esta área formada por gnaisses e granitos. O estudo justifica essa faixa de valor pelo fato de que o bário possui afinidade litológica e é comumente concentrado em rochas ígneas ácidas e sedimentos argilosos com teores de 250 a 1200 µg/g do composto (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007, *apud* Pacheco, 2015).

Pacheco, 2015, também faz uma análise para distinguir os metais pesados provenientes de atividades humanas dos teores naturais através do cálculo do Fator de Enriquecimento (FE) que, segundo Lima & Moraes, s/d, é uma ferramenta para averiguar quais elementos estão sendo acrescidos ao sedimento, considerando o efeito matriz em cada nível de profundidade, separando

desta forma a origem antrópica dos contaminantes. O cálculo é feito com base na concentração do metal pesado nos Neossolos Flúvicos e sedimentos em relação ao fundo geoquímico natural definido no estudo (Salomons et al, 1984; Dickinson et al., 1996 *apud* Pacheco, 2015), utilizando o titânio como elemento normalizador (Reimann & Caritat, 2004 *apud* Pacheco, 2015). Para esta avaliação se considerou contribuições naturais ($FE < 2$) e antrópicas ($FE > 2$) (Sposito, 1989 *apud* Pacheco, 2015).

A **Figura 166** apresenta os valores de Fator de Enriquecimento calculado no estudo referenciado ao longo do rio Doce, desde sua nascente no encontro do rio Piranga e do Carmo até sua foz na cidade de Regência (ES), sendo que as amostras que foram coletadas no Trecho 11 do PMR estão destacadas pelos círculos vermelhos.

Figura 166 – Avaliação do Fator de Enriquecimento normalizado pelo titânio para metais pesados ao longo da bacia do rio Doce



Nota: As amostras destacadas nos círculos vermelhos estão inseridas no Trecho 11 deste PMR.

Fonte: Pacheco, 2015

Os resultados mostraram que os elementos de maior contribuição por contaminação antrópica foram o arsênio, bário, molibdênio e zinco para os Neossolos Flúvicos (Brewer & Taylor, 1997; Rezaee et al., 2010 *apud* Pacheco, 2015) e de arsênio, bário, cobalto, chumbo e cádmio para os sedimentos do rio Doce (Aprile & Bouvy, 2008; Mortatti et al., 2010, *apud* Pacheco, 2015). Apenas para arsênio e bário o FE se mostrou muito superior ao valor 2 que limita a contribuição natural, evidenciando uma alta contaminação por estes elementos. Ao observar o FE do arsênio ao longo do rio Doce, se observa que existe um decréscimo neste índice à medida que se distancia da nascente, sendo o rio do Carmo a maior fonte deste elemento, influenciada pela litologia e atividades minerárias da região.

A tese conclui que o fundo geoquímico natural determinado para os metais pesados vanádio, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, molibdênio, cádmio, bário e chumbo dos Neossolos Flúvicos e sedimentos desta bacia apresentaram-se acima do fundo geoquímico natural na maior parte das profundidades analisadas. Também conclui que pela forma que o estudo foi conduzido, não foi possível atribuir a responsabilidade dos teores de metais pesados apenas às atividades humanas nem qual é o principal processo de contaminação que se ocorre na bacia.

5.2.2.2 *Caracterização da Bacia do Rio Gualaxo Do Norte, MG, Brasil: Avaliação Geoquímica Ambiental e Proposição de Valores de Background (RODRIGUES, 2012)*

A tese de doutorado com o tema “CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO GUALAXO DO NORTE, MG, BRASIL: AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA AMBIENTAL E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE BACKGROUND” foi elaborada com o objetivo de realizar uma caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), MG, Brasil (RODRIGUES, 2012), avaliando-se as condições ambientais do rio principal da bacia, possibilitando associações entre a condição física do período em que foi elaborada a teste e possíveis níveis de contaminação por elementos químicos.

Um dos principais resultados da tese, foi a realização de uma avaliação do potencial risco de contaminação em sedimentos das localidades estudadas a época e a proposição de valores de *background* locais para os elementos Fe, As, Pb, Mn, Ba, Zn e Ni (RODRIGUES, 2012), com a conclusão de que as atividades antropogênicas evidenciadas na bacia estudada influenciam não somente a distribuição química de elementos importantes para o meio ambiente e saúde pública, como ocasionou ao longo da história de exploração de minérios, um substancial aumento na concentração de elementos como Ba, Fe, As e Pb, na bacia (RODRIGUES, 2012).

A apresenta a proposição de valores de concentrações background obtidas por Rodrigues (2012) para os sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo de Norte, durante o estudo mencionado.

Figura 167 – Proposição de Valores Background de Concentrações de Metais na Bacia do rio Gualaxo do Norte

Referência	Elementos (mg.kg ⁻¹)						
	As	Fe ¹	Pb	Ba	Mn	Zn	Ni
Crommentuijn <i>et al.</i> (2000)							
Concentração negligível (CN)	31,0	-	132,0	157,0	-	145,0	35,0
Concentração máxima permitida (CMP)	190,0	-	4800,0	300,0	-	620,0	44,0
Concentração <i>background</i> (CB)	29,0	-	85,0	155,0	-	140,0	35,0
Legislação canadense (CCME, 2001)							
TEL	5,9	-	35,0	-	-	123,0	18,0
PEL	17,0	-	91,3	-	-	315,0	35,9
Legislação norte americana (USEPA, 2003)							
TEL	-	-	30,2	-	-	-	124,0
PEL	-	-	112,0	-	-	-	271,0
Legislação brasileira (CONAMA, 2004)²							
Nível 1	5,9	-	35,0	-	-	123,0	18,0
Nível 2	17,0	-	91,3	-	-	315,0	35,9
Costa <i>et al.</i> (2007)							
<i>Método geoquímico</i> ³	2,0 (10,0)	-	-	25,0 (130,0)	218,0 (1911,0)	68,0 (513,0)	18,0 (104,0)
<i>Método estatístico</i>³							
Bacia do ribeirão do Carmo	35,3 (810,0)	-	-	18,5 (-)	189,8 (5800,0)	124,0 (-)	53,1 (-)
Fácies argilosas	10,2 (241,4)	-	-	18,1 (196,1)	189,7 (-)	118,9 (-)	12,0 (50,1)
Fácies cascalhosas	229,3 (705,0)	-	-	51,9 (655,0)	398,1 (1694,6)	39,0 (124,0)	104,4 (-)
Presente estudo							
	64,2	8,2	43,8	141,4	1636,0	65,3	39,0

¹Valores apresentados em porcentagem.²Os valores orientadores, adotados pelo CONAMA (2004) têm como referência os trabalhos do *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 2001); Long *et al.* (1995) e *Florida Department of Environmental Protection's* (FDEP, 1994).³Os números indicam a média e o valor máximo (entre parêntese) das concentrações obtidas. (-): valores não estabelecidos ou não encontrados na literatura.

Fonte: RODRIGUES (2012).

5.2.2.3 Qualidade das Águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo, Afluentes do Alto do Rio Doce (WATU) (FERNANDES, 2017)

A dissertação de mestrado cujo tema é a “Qualidade das Águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo, Afluentes do Alto do Rio Doce (WATU): Metais, Metalóides, e Índice de Qualidade das Águas Antes e Após o Rompimento da Barragem de Rejeitos Fundão da

Samarco/Vale/BHP Billiton, em Mariana, MG” foi elaborada com o objetivo de reunir resultados amostrais de água pretéritos (fontes secundárias) e posteriores (fonte primária) ao evento do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio do Carmo, de forma a colaborar para o diagnóstico ambiental da Bacia do rio do Carmo na avaliação dos efeitos e impactos ambientais decorrentes do evento (FERNANDES, 2017). Em relação à sedimentos, também é feita uma comparação dos resultados antes e depois do evento, porém os dados posteriores a data do evento não foram coletados pela autora, de forma que também são de fonte secundária (da CPRM).

A Figura 168 apresenta um resumo dos principais resultados obtidos no estudo, mostrando, por exemplo, que de acordo com as fontes secundárias utilizadas, os sedimentos do Rio Gualaxo do Norte apresentavam já anteriormente ao evento acima dos valores orientadores os seguintes metais e metalóides:

- Em sedimentos: As, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni e S;
- Em água: Al, Cd, Fe, Hg, Mn, P, Pb, S e Zn.

Observando os resultados dos metais em sedimentos posteriores ao evento no rio Gualaxo do Norte, verifica-se apenas a presença de arsênio. A autora propõe que uma ampla parcela dos metais pesados encontrados nos sedimentos do Rio Gualaxo do Norte no período pré-evento em concentrações acima dos valores orientadores foram diluídos pelo fluxo da lama de rejeitos. Todavia, o material até então sedimentado foi revolvido de maneira a ocorrer a ressolubilização de metais que se encontravam imobilizados no leito desses rios.

Figura 168 - Metais e metaloides acima dos padrões brasileiros de sedimentos e água antes e depois do rompimento da barragem de Fundão

Metais e metaloides acima dos padrões brasileiros em:	Rio Gualaxo do Norte e afluentes		Rio Gualaxo do Sul e afluentes		Alto Rio do Carmo e afluentes		Baixo Rio do Carmo, Alto Rio Doce e afluentes	
	ARB	DRB	ARB	DRB	ARB	DRB	ARB	DRB
Sedimentos	As, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni e S	As	-	-	As, Ba, Cd, Co, Cr, Hg, Ni e Pb	As	As, Cr e Sb	-
Água	Al, Cd, Fe, Hg, Mn, P, Pb, S e Zn	Al, As, Cd, Fe, Hg, Mn, P, S, Sb, Se e Zn	As, Fe, Mn, P e S	Fe, P e S	Al, As, Cd, Fe, Hg, Mn, P, S e Zn	Al, As, Cr, Fe, Mn, P, Pb, S e Zn	Al, As, Fe, Hg, Mn, P, S, Sb e Zn	As, Cd, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Se e Sb

Nota: Os padrões utilizados para sedimentos foram os limites de prevenção para uso agrícola e residencial da Resolução CONAMA 420 (2009); e para água foram os limites classes 1 e 2 e para cultivo de organismos aquáticos segundo as Resoluções COPAM-CERH/MG 01 (2008) e CONAMA 357 (2005). ARB – antes do evento; DRB – depois do evento. Nas referências utilizadas, a amostragem de mercúrio (Hg) em sedimentos só foi realizada antes do rompimento da barragem de Fundão e, portanto, a ausência desse elemento nas células de sedimentos DRB não representa a diminuição da concentração do mesmo.

Fonte: FERNANDES (2017)

5.2.2.4 Distribuição de Mercúrio e Arsênio nos Sedimentos de Área Afetada por Garimpo de Ouro – Rio Gualaxo do Norte, Mariana – MG. (RHODES, 2010)

A dissertação de mestrado sobre a “Distribuição de Mercúrio e Arsênio nos Sedimentos de Área Afetada por Garimpo de Ouro – Rio Gualaxo do Norte, Mariana – MG” foi desenvolvida 5 anos antes do rompimento da barragem de Fundão e teve como propósito avaliar os impactos da mineração de ouro na qualidade da água e do sedimento no rio Gualaxo do Norte. Para isso, foi realizada uma campanha de amostragem no período seco e uma campanha de amostragem no período chuvoso, as quais contemplaram a amostragem e análise de águas e sedimentos do rio Gualaxo do Norte.

Neste estudo, dividiu-se o rio Gualaxo do Norte entre alto, médio e baixo, sendo o foco do estudo o curso médio do rio, que compreende a região entre os povoados de Bento Rodrigues e Gesteira. Os pontos de amostragem desse estudo se dão nos Trechos 8 e 9 e ocorreram em agosto de 2008 (fim do período hidrológico seco) e abril de 2009 (fim do período hidrológico chuvoso).

A autora conclui que embora tenha ocorrido grande redução da atividade garimpeira na região do rio Gualaxo do Norte, os metais mercúrio e arsênio ainda estavam presentes nos sedimentos do rio, com teores variando de 0,14 a 0,53 mg/kg (Hg) e 8,6 a 82,4 mg/kg (As), demonstrando a forte influência do garimpo de ouro nas concentrações de metais no sedimento desse rio (RHODES, 2010).

5.2.2.5 Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos

A caracterização ambiental do solo e sedimentos foi realizada com base no Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos elaborado pela Golder Associates em outubro/2017 (GOLDER ASSOCIATES, 2017b), o qual teve como objetivo executar testes geoquímicos em 311 amostras para dar subsídio na tomada de decisões relativas ao manejo dos rejeitos liberados no rompimento da barragem de Fundão. Para tanto, foram coletadas, em novembro/2015, amostras de rejeitos (amostras compostas), rejeitos em pilhas erguidas em Barra Longa, solo de áreas não afetadas, sedimentos de áreas não afetadas e sedimentos e solo de áreas afetadas, em locais definidos pela consultoria.

Os resultados analíticos de metais em solo foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009) (valores de prevenção e investigação para uso agrícola, residencial e industrial) além do padrão de referência da Deliberação Normativa COPAM nº 166 de 2011 (MINAS GERAIS, 2011). Já os de sedimentos foram comparados com a Resolução CONAMA 454/2012 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 1 e Nível 2 (BRASIL, 2012b). Esta Resolução 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.

No presente estudo serão abordadas as amostras coletadas dentro dos limites do Trecho 9, assim como seus resultados analíticos. O intuito, é comparar os resultados pretéritos com os dados primários atualmente coletados conforme apresentado na Seção 5.2.4.7.

O estudo geoquímico elaborado pela Golder Associates (2017b), define os tipos de amostras como:

- Rejeito: amostras coletadas na barragem de Rejeitos de Germano para caracterização da composição química e distribuição granulométrica dos rejeitos-fonte. São amostras usadas como sendo as mais próximas dos rejeitos depositados na barragem de Rejeitos de Fundão antes de seu rompimento. À época não foram coletadas amostras na barragem de Fundão por questões de segurança para a equipes de campo.

- Solo e sedimentos de áreas afetadas: amostras de solo e sedimentos coletadas em áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Estes materiais representam misturas entre rejeito, solo natural, sedimentos e outros detritos (por exemplo, vegetação e/ou materiais antropogênicos, como esgoto e detritos de construção) em diferentes proporções. As amostras de solo em área afetada foram coletadas em planície de inundação e na barragem de Fundão; já os sedimentos em área afetada em calha, planície de inundação e no reservatório de Santarém.
- Solo e sedimentos de áreas não afetadas: amostras de solo e sedimentos coletadas em áreas não afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. As amostras de solo em área não afetada foram coletadas em encosta; já os sedimentos em área não afetada em calha e planície de inundação.

A Figura 135 que consta na Seção 5.1.7 apresenta a localização destas amostras. As tabelas do **Anexo XI** apresentam os resultados analíticos que serão discutidos.

5.2.2.5.1 Solo

No total foram 69 amostras de solo coletadas no estudo geoquímico dentro do Trecho 9. Para a abordagem dos resultados analíticos nesta Seção, a Tabela 33 apresenta os resultados de metais que deram concentração acima de um dos limites permitidos estabelecidos pelas normas aplicadas (Deliberação Normativa COPAM nº 166/11 - Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2011) e Resolução CONAMA 420/2009 – Valores de Prevenção e Valores de Investigação para uso agrícola, residencial e industrial) (BRASIL, 2009). A tabela também indica a classificação da amostra de solo, segundo a Resolução CONAMA 420/09, sendo as classes apresentadas anteriormente. Ressalta-se que as amostras classe 1 não são apresentadas na tabela, uma vez que não apresentaram nenhum parâmetro em concentração acima do VRQ. Os resultados destas estão no **Anexo XI**.

A Resolução CONAMA 420/2009, segundo definição do próprio documento:

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas,

A Resolução CONAMA 420/2009 define que o Valor de Referência de Qualidade (VRQ) é “...é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos”. Já o Valor de Prevenção (VP) é definido pela mesma resolução como “...a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais de acordo com o art. 3o.”

O Valor de Investigação (VI), menos restritivo que o Valor de Prevenção, é definido pela Resolução CONAMA 420/2009 como “...a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado. ”

As classes estabelecidas pela Resolução CONAMA 420/2009 são (BRASIL, 2009):

- I - Classe 1 - Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ;
- II - Classe 2 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP;
- III - Classe 3 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI; e
- IV - Classe 4 - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

Uma vez classificado o solo, o Artigo 20 determina que deverão ser observados os seguintes procedimentos de prevenção e controle da qualidade do solo:






- I - Classe 1: não requer ações;
- II - Classe 2: poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição, com indicativos de ações preventivas de controle, quando couber, não envolvendo necessariamente investigação;
- III - Classe 3: requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea; e
- IV - Classe 4: requer as ações estabelecidas no Capítulo IV da Resolução N° 420/09 – Das Diretrizes para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Tabela 33 – Resultados das Análises De solo do Estudo Geoquímico

ID	ÁREA AFETADA	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	CROMO	NÍQUEL	VANÁDIO	ZINCO	CLASSE
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
D.N.COPAM 166/11		0,5	8	93	19,5	6	49	75	21,5	129	46,5	
VP - CONAMA 420/2009		2	15	150	72	25	60	75	30	-	300	
VI – Agrícola - CONAMA 420/2009		5	35	300	180	35	200	150	70	-	450	
VI – Residencial - CONAMA 420/2009		10	55	500	300	65	400	300	100	-	1000	
VI – Industrial - CONAMA 420/2009		25	150	750	900	90	600	400	130	1000	2000	
T168	Dentro	2,11	10,2	57,4	9	<8	5,46	13,7	4,68	11,3	18,9	3
T40	Dentro	<1	9,76	28,5	<8	<8	6,18	7,98	3,99	<8	13	2
S56	Dentro	<1	1,1	101	16	8,4	6,64	48	17,5	35,3	28,9	2
T42	Dentro	1,22	32,4	221	<8	9	10,2	30	16,7	20,7	28,2	3
T44	Dentro	<1	11,9	45,4	<8	21	8,58	7,98	6,49	9	17	2
T10	Dentro	<1	11,1	33,7	<8	<8	7,64	<3	5,95	12,9	21,8	2
T11	Dentro	<1	11,3	37,5	<8	<8	7,45	3,97	5,66	14,9	19,9	2
T17	Dentro	<1	14,5	85,4	<8	<8	9,46	9,95	9,06	15,9	24,9	2
T19	Dentro	1,25	12,3	69,3	<8	13,8	15,2	8,9	12,9	25,7	28,7	2
T57	Dentro	1,17	6,27	22,2	26,8	<8	5,58	14	3,99	12,6	21,8	2
S59	Dentro	<1	3,09	78,4	13	10	22,4	60,5	22,9	57,5	38	2
T58	Dentro	1,34	13,1	93,6	21,9	<8	3,67	11,9	4,46	16	30,9	2
T60	Dentro	<1	8,62	41	9	12	6,8	21	6,1	13,2	22,1	2
T70	Dentro	<1	27,4	180	<8	10	9,07	8,97	9,17	10	18,9	3
T72	Dentro	<1	13,5	22,8	<8	<8	6,25	7,94	4,96	8,9	13,9	2
S15	Dentro	1,65	10,6	78,8	14,9	<8	23,3	58,6	19,1	77	33,1	2
S60	Dentro	<1	3	110	9	12	22,5	62,5	28	55,3	36,7	2
T25	Dentro	1,95	8,49	36,5	<8	<8	7,98	<3	5,52	13,8	21,7	2

ID	ÁREA AFETADA	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	CROMO	NÍQUEL	VANÁDIO	ZINCO	CLASSE
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
T26	Dentro	<1	8,66	23,4	<8	<8	7,63	<3	6,14	13,9	22,8	2
T80	Dentro	1,02	9,22	35,7	<8	<8	8,64	17,9	9,34	14,5	24,5	2
T82	Dentro	<1	63,4	103	14,9	14,9	24,1	66,4	29,4	49,6	42,8	4
S09	Fora	<1	3,09	78,4	25,8	<8	<3	4,8	<3	<8	7,97	2
S16	Fora	<1	2,89	11,3	13	12	17,5	30	6,9	190	22,2	2
S28	Fora	<1	2,4	11,3	50	36,9	42,9	48,9	12,7	368	43,9	4
S13	Fora	<1	2,32	42,2	17,7	24,8	69,9	173	48,9	128	44,7	4
S17	Fora	<1	1,5	51,5	21,7	15	43,9	71,8	30,1	102	38,9	4
S32	Fora	<1	2,19	34,2	19,9	10,9	29,7	43,8	17,8	79,8	35,7	2
S34	Fora	<1	<1	50,7	<8	59,9	102	166	40,2	549	72	4
S65	Dentro	<1	<1	40,8	27,8	<8	5,01	28,1	8,49	27	24	2
T18	Dentro	<1	6,72	32,2	<8	54	12,9	<3	10,2	12	25	4
S57	Dentro	<1	1,09	20,3	26,8	<8	6,95	29,6	8,27	53,2	23,9	

Legenda:

	Valor acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 166/11 - 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 acima do limite de quantificação laboratorial, mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais
-	Não há valor orientador definido

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017b)

Conforme apresentado na Tabela 33, das 69 amostras de solo, 31 amostras detectaram um ou mais metais acima dos valores permitidos nos seguintes locais: planície de inundação, Paracatu de Baixo, Gesteira ou encosta.

Na Tabela 34 são indicadas o percentual de amostras que deram acima de um dos limites adotados, por metal, assim como o percentual de amostras em desconformidade e a sua localização, como definido pelo estudo geoquímico.

O restante dos metais analisados e não listados na Tabela 34 foram detectados em concentrações aceitáveis, sendo estes: berílio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, enxofre, ferro, fósforo, lítio, magnésio, manganês, mercúrio, molibdênio, nitrogênio, potássio, prata, selênio, sódio, tálio, titânio e urânio. No **Anexo XI** do presente relatório constam todos os resultados analíticos.

Tabela 34 – Resumo dos Resultados Analíticos das Amostras de Solo – Estudo Pretérito

METAL	ÁREA AFETADA	COPAM 166/11	RESOLUÇÃO CONAMA 420/11			
		VRQ	VP	AGRÍCOLA	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL
Antimônio	Área afetada	8,70%	2,90%	0%	0%	0%
Arsênio	Área afetada	20,29%	2,90%	0%	1,45%	0%
Bário	Área afetada	5,80%	2,90%	0%	0%	0%
Chumbo	Área afetada	5,8%	0%	0%	0%	0%
Chumbo	Área não afetada	5,80%	0%	0%	0%	0%
Cobalto	Área afetada	13,04%	0%	1,45%	0%	0%
Cobalto	Área não afetada	5,80%	0%	2,90%	0%	0%
Cobre	Área não afetada	0%	2,90%	0%	0%	0%
Cromo	Área não afetada	0%	0%	2,90%	0%	0%
Níquel	Área afetada	4,35%	0,00%	0%	0%	0%
Níquel	Área não afetada	0%	4,35%	0%	0%	0%
Vanádio	Área não afetada	4,35%	0%	0%	0%	0%
Zinco	Área não afetada	1,45%	0%	0%	0%	0%

Legenda: VMP – Valor Máximo Permitido pela Deliberação Normativa COPAM nº 166/11 - Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais e Resolução CONAMA 420/2011 – Valores de Prevenção e Valores de Investigação para uso agrícola, residencial e industrial

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017b)

Dos resultados em desconformidade com os valores de referência de qualidade adotados, foram detectadas amostras em área considerada como não impactada pelo estudo da Golder com concentrações de chumbo, cobalto, cobre, cromo, níquel, vanádio e zinco. Os metais antimônio, arsênio, bário, chumbo, cobalto e níquel foram detectados em áreas afetadas.

Verifica-se que das 69 amostras de solo analisadas para metal, 25% detectaram arsênio acima de um ou mais valores de referência adotados, sendo que desta porcentagem, 20% esteve acima do VRQ; 2,9% acima do VP e 1,45% acima do valor de intervenção para uso residencial.

Em seguida, esteve o cobalto que foi constatado, no total, em 23% das amostras em não conformidade legal. Desta porcentagem, a minoria esteve em área não afetada, com 5,8% acima do VRQ e 2,90% acima do valor de investigação agrícola, ao passo que a maioria foi detectada em área afetada, com 13% acima do VRQ e 1,45% acima do valor de investigação agrícola.

O cobre e o cromo foram detectados nas mesmas duas amostras em concentrações não aceitáveis, em área considerada não afetada pelo estudo e em encosta. O vanádio e o zinco também foram identificados somente em área não afetada e em encosta.

De modo geral, verifica-se que os valores de referência de qualidade estabelecidos pela COPAM são os mais restritivos, sendo este o valor que indicou maiores porcentagens de amostras em não conformidade ao passo que o limite de valores de investigação para uso industrial, o menos restritivo, não teve nenhuma desconformidade.

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 o Antimônio e Cobalto. Nestas amostras, não foi possível definir se o valor de referência estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM 166/11 foi ultrapassado.

Com relação à classificação do solo, segundo a Resolução CONAMA 420/09, das 69 amostras:

- 38 amostras foram classificadas como classe 1, ou seja, solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ.
- 22 amostras foram classificadas como classe 2, ou seja, solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP.

- 3 amostras foram classificadas como classe 3, ou seja, solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI.

- 6 amostras foram classificadas como classe 4, ou seja, solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

5.2.2.5.2 Sedimentos

Para a análise de sedimentos, o estudo de geoquímica coletou 17 amostras dentro do limite do Trecho 9 deste PMR. No **Anexo XI** do presente relatório constam todos os resultados analíticos.

Assim como abordado para as amostras de solo, a Tabela 35 apresenta os resultados de metais em sedimento que deram concentração acima de um dos limites permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 454 – Água Doce, Nível 1 e Nível 2.

Tabela 35 – Resultados das Análises de Sedimento do Estudo Geoquímico

ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	ARSÊNIO mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				5,9
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				17
T154	Sedimento	Calha	Dentro	15,5
T156	Sedimento	Calha	Dentro	36,3
T158	Sedimento	Calha	Dentro	36
SD05	Sedimento	Calha	Fora	82,5

Legenda:

- Valor acima do limite estabelecido pela Res. CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 1
- Valor acima do limite estabelecido pela Res. CONAMA Nº 454 – Níveis de Classificação para Água Doce – Nível 2

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017b)

Dos metais analisados em sedimento, somente arsênio esteve em concentrações acima dos limites permitidos, sendo observado em quatro das 17 amostras coletadas no estudo avaliado, todas coletadas em calha e somente uma coletada em área não afetada.

Os outros metais avaliados foram: alumínio, antimônio, bário, berílio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, enxofre, ferro, fósforo, lítio, magnésio, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, nitrogênio, potássio, prata, selênio, sódio, tálio, titânio, urânio, vanádio e zinco.

Dentre os resultados obtidos, as maiores concentrações em todos os pontos são de Alumínio, Ferro e Manganês, assim como verificado nas amostras de solo analisadas para estes trechos. Para esses três parâmetros não são estabelecidos valores de referência. Além disso, os resultados de cádmio foram menores que o limite de quantificação laboratorial, mas acima do limite de Nível 1, Água Doce da Resolução CONAMA 454/2012.

5.2.3 Metodologias Estabelecidas para Coleta de Dados de Campo

5.2.3.1 Definição dos Pontos de Sondagem / Amostragem

Transectos

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 imagens orbitais 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, com a tentativa de coleta de dados a cada quilometro linear de rio;
- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem (segurança individual e patrimonial – proprietários);
- Presença de banco de sedimentação (na margem ou ilhas);
- Presença de estruturas antrópicas que poderiam aumentar a sedimentação na calha do rio (ex. hidrelétricas, barragens, etc.);
- Presença de indícios da execução de obras de movimentação de terra após o evento que pudesse mascarar as medições de espessura do rejeito.

Ao todo foram selecionados 52 locais para a realização dos transectos no Trecho 9.

Foi realizado aproximadamente 1 transecto por quilômetro do rio Gualaxo do Norte, distribuídos de maneira que representassem as diversas características dos trechos, oferecendo maior representatividade dos dados coletados.

Os dados coletados na seção extracalha (também chamada seção seca) foram diferenciados e estudados em 3 contextos, sendo estes, encostas, planícies e margens, identificados pela posição em relação ao rio e pela declividade. Esta forma de estudo permite o cálculo da estimativa de volume de rejeito depositado em cada contexto do rio, visando facilitar a identificação de alternativas de manejo durante a tomada de decisão. A seção intracalha (também chamada seção molhada) foi considerada como unidade de análise única, dentro do contexto denominado “depósitos indiscriminados de calha”.

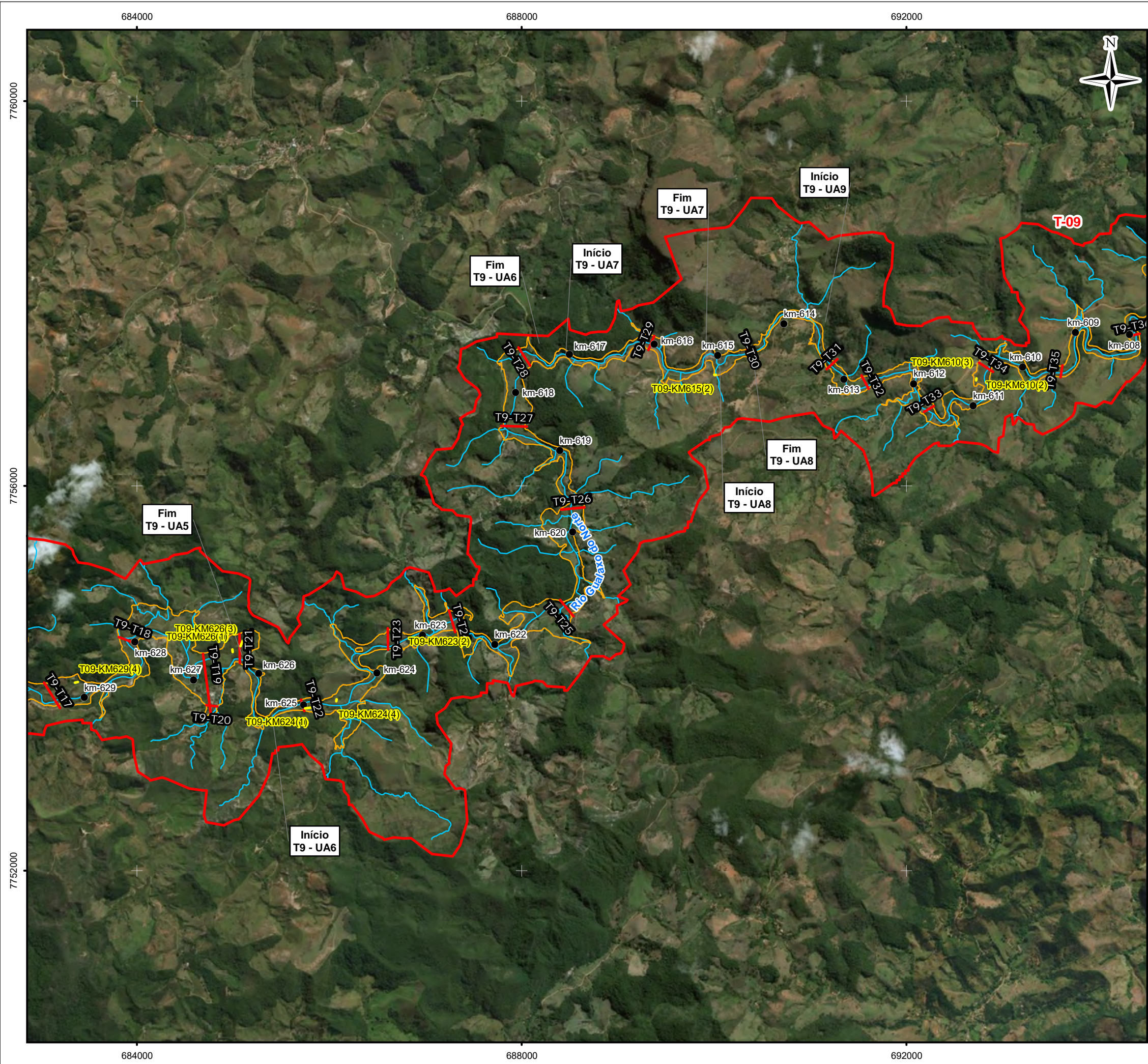
A Tabela 36 apresenta a localização, características e pontos com coleta de amostras, dos transectos realizados do Trecho 9.

Tabela 36 – Transectos Selecionados para o Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DO TRANSECTO	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRAS (GRANULOMETRIA, QUÍMICA E FERTILIDADE)
T9T1	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T2	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T3	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T4	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T5	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T6	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T7	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T8	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T9	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T10	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T11	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T12	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T13	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T14	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T15	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T16	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T17	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T18	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T19	Rio Gualaxo do Norte	Não

IDENTIFICAÇÃO DO TRANSECTO	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRAS (GRANULOMETRIA, QUÍMICA E FERTILIDADE)
T9T20	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T21	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T22	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T23	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T24	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T25	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T26	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T27	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T28	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T29	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T30	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T31	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T32	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T33	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T34	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T35	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T36	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T37	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T38	Tributário	Sim
T9T39	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T40	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T41	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T42	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T43	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T44	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T45	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T46	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T47	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T48	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T49	Rio Gualaxo do Norte	Não
T9T50	Rio Gualaxo do Norte	Sim
T9T51	Rio do Carmo	Não
T9T52	Rio do Carmo	Sim

A Figura 169 apresenta a localização dos transectos do Trecho 9, listados acima.



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Transectos
- Transectos Lagoas
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Unidades de Análise

Unidade de Análise 01	Unidade de Análise 06
Unidade de Análise 02	Unidade de Análise 07
Unidade de Análise 03	Unidade de análise 08
Unidade de Análise 04	Unidade de Análise 09
Unidade de Análise 05	Unidade de Análise 10
	Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

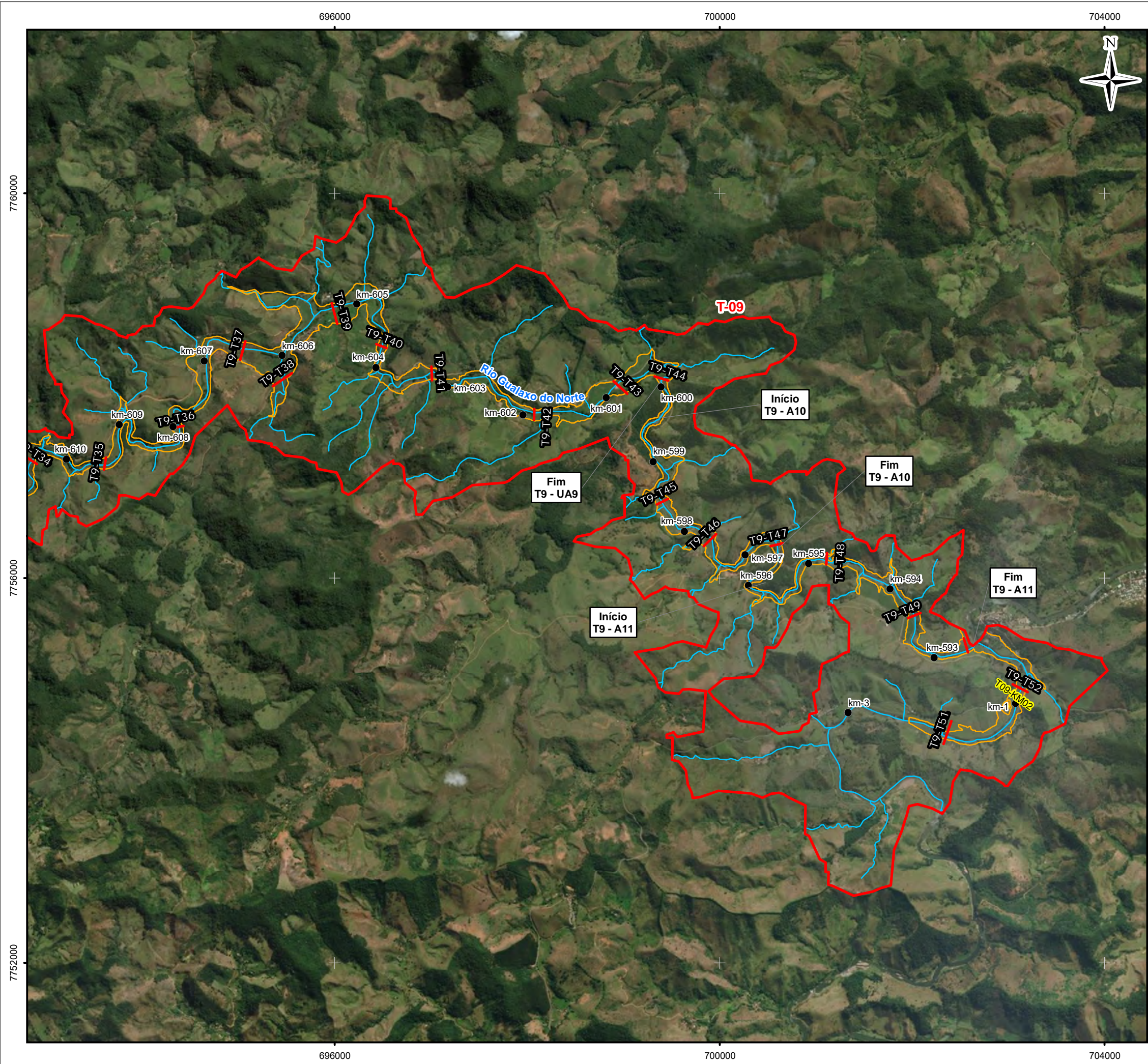
Figura 169
Transectos e Unidades de Análise (UA)
Folha - 2

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 169 - Transectos e Unidades de Análise (UA)1 - Trecho 9



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Transectos
- Transectos Lagoas
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada

Unidades de Análise

Unidade de Análise 01	Unidade de Análise 06
Unidade de Análise 02	Unidade de Análise 07
Unidade de Análise 03	Unidade de análise 08
Unidade de Análise 04	Unidade de Análise 09
Unidade de Análise 05	Unidade de Análise 10
	Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Esri, 2018.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 169
Transectos e Unidades de Análise (UA)
Folha - 3

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 169 - Transectos e Unidades de Análise (UA)1 - Trecho 9

Lagoas Marginais

Os pontos de sondagem e amostragem das Lagoas Marginais do Trecho 9 foram definidos de acordo com o tipo de deposição de rejeito e a classificação de cada uma após o evento do rompimento da Barragem de Fundão. As lagoas sofreram um processo de deposição que variou dependendo da localização. As mais impactadas foram totalmente soterradas (assim também classificadas) durante a inundação decorrente do rompimento de Fundão e no período imediatamente posterior e, mesmo, por ações de nivelamento do terreno durante a execução das medidas emergenciais de estabilização e proteção contra a erosão executadas nos anos de 2016 e 2017.

Outras Lagoas, mesmo tendo sofrido deposição de uma camada de rejeitos durante a inundação, mantiveram-se como depressões e com capacidade de acumulação de águas. Estas últimas foram classificadas em 2 grupos: Isoladas e Conectadas, conforme descrito na Seção 5.1.6 e apresentado no **Anexo X**. As Lagoas Isoladas são as lagoas remanescentes, ainda que geometricamente alteradas, e que não possuem conexão permanente com o rio Gualaxo do Norte ou com seus tributários (conexão eventual ou sazonal que pode ocorrer durante os períodos chuvosos e épocas de cheia do rio). Já as Lagoas Conectadas possuem características semelhantes de deposição e acúmulo de rejeito das isoladas, mas possuem conexão hídrica permanente com o rio Gualaxo do Norte ou com seus tributários, por meio de canais de ligação que possibilite os fluxos de troca entre esses corpos d'água mesmo em épocas de seca.

Cabe ressaltar que a avaliação da condição mais recente das lagoas foi realizada por meio de imagens obtidas com drone e disponibilizadas pela Samarco, obtidas em meados de 2017.

Durante o processo de identificação das lagoas marginais, descrito na seção 5.1.5, constatou-se a existência de 142 lagoas marginais ao longo do Trecho 9, das quais, 38 são ou serão habilitadas ao uso para viveiro de peixes e não foram consideradas no estudo em questão, uma vez que as ações de manejo já estão definidas em programa específico, restando então 104, as quais foram distribuídas entre as classificações supramencionadas (soterradas, isoladas e conectadas).

A Tabela 37 apresenta um resumo das lagoas marginais identificadas no Trecho 9, bem como a condição em que se encontravam no momento do estudo.

Tabela 37 – Relação das Lagoas Marginais Identificadas no Trecho 9

SITUAÇÃO	LAGOAS COM VIVEIRO DE PEIXES	CONTAGEM	LAGOAS SEM VIVEIRO DE PEIXES	CONTAGEM
Conectada	T09-GN-KM607 (1), T09-GN-KM610 (1), T09-GN-KM623 (3), T09-GN-KM623 (4), T09-GN-KM623 (5), T09-GN-KM623 (6), T09-GN-KM625 (1), T09-GN-KM629-1 (3), T09-GN-KM629-1 (4), T09-GN-KM630 (3), T09-GN-KM630-1 (1), T09-GN-KM636 (2)	12	T09-CARA-KM02 (1), T09-GN-KM601 (1), T09-GN-KM601 (2), T09-GN-KM610 (4), T09-GN-KM615 (1), T09-GN-KM615 (2), T09-GN-KM627-1 (5), T09-GN-KM629-1 (1), T09-GN-KM631 (2), T09-GN-KM631 (5), T09-GN-KM632 (1), T09-GN-KM632 (2), T09-GN-KM634 (1), T09-GN-KM642 (6), T09-GN-KM643 (1), T09-GN-KM644 (1), T09-GN-KM645 (1), T09-GN-KM646 (11), T09-GN-KM647 (2), T09-GN-KM649 (1)	20
Isolada	T09-GN-KM609 (1), T09-GN-KM609 (2), T09-GN-KM618 (1), T09-GN-KM619 (5), T09-GN-KM632 (4), T09-GN-KM632 (5)	6	T09-CARA-KM01 (1), T09-GN-KM598 (1), T09-GN-KM610 (3), T09-GN-KM612 (1), T09-GN-KM618 (2), T09-GN-KM620 (1), T09-GN-KM627-1 (3), T09-GN-KM627-1 (4), T09-GN-KM629 (4), T09-GN-KM630-1 (2), T09-GN-KM630-1 (3), T09-GN-KM631 (3), T09-GN-KM637 (2), T09-GN-KM642 (1), T09-GN-KM642 (3), T09-GN-KM642 (4), T09-GN-KM642 (5), T09-GN-KM643 (2), T09-GN-KM648 (1)	19

SITUAÇÃO	LAGOAS COM VIVEIRO DE PEIXES	CONTAGEM	LAGOAS SEM VIVEIRO DE PEIXES	CONTAGEM
Soterrada	T09-GN-KM611 (1), T09-GN-KM618 (3), T09-GN-KM619 (2), T09-GN-KM619 (3), T09-GN-KM619 (4), T09-GN-KM619 (6), T09-GN-KM627-1 (6), T09-GN-KM627-1 (7), T09-GN-KM627-1 (8), T09-GN-KM629 (2), T09-GN-KM629 (3), T09-GN-KM629 (5), T09-GN-KM629-1 (2), T09-GN-KM630 (2), T09-GN-KM632 (6), T09-GN-KM638 (1), T09-GN-KM638 (2), T09-GN-KM638 (3), T09-GN-KM638 (4), T09-GN-KM638 (5)	20	T09-GN-KM610 (2), T09-GN-KM619 (1), T09-GN-KM619 (7), T09-GN-KM619 (8), T09-GN-KM623 (1), T09-GN-KM623 (2), T09-GN-KM624 (1), T09-GN-KM624 (2), T09-GN-KM624 (3), T09-GN-KM624 (4), T09-GN-KM624 (5), T09-GN-KM624 (6), T09-GN-KM626 (1), T09-GN-KM626 (2), T09-GN-KM626 (3), T09-GN-KM626 (4), T09-GN-KM626-1 (1), T09-GN-KM626-1 (2), T09-GN-KM626-1 (3), T09-GN-KM627 (1), T09-GN-KM627 (2), T09-GN-KM627-1 (1), T09-GN-KM627-1 (2), T09-GN-KM629 (1), T09-GN-KM630 (1), T09-GN-KM631 (1), T09-GN-KM631 (4), T09-GN-KM632 (3), T09-GN-KM633 (1), T09-GN-KM636 (1), T09-GN-KM637 (1), T09-GN-KM638 (6), T09-GN-KM638 (7), T09-GN-KM641 (1), T09-GN-KM641 (2), T09-GN-KM641 (3), T09-GN-KM641 (4), T09-GN-KM642 (2), T09-GN-KM643 (3), T09-GN-KM645 (2), T09-GN-KM645 (3), T09-GN-KM645 (4), T09-GN-KM645 (5), T09-GN-KM645 (6), T09-GN-KM645 (7), T09-GN-KM646 (1), T09-GN-KM646 (10), T09-GN-KM646 (2), T09-GN-KM646 (3), T09-GN-KM646 (4), T09-GN-KM646 (5), T09-GN-KM646 (6), T09-GN-KM646 (7), T09-GN-KM646 (8), T09-GN-KM646 (9), T09-GN-KM647 (1), T09-GN-KM648 (2), T09-GN-KM649 (2), T09-GN-KM649 (3), T09-GN-KM649 (4), T09-GN-KM649 (5), T09-GN-KM649 (6), T09-GN-KM649 (7), T09-GN-KM649 (8), T09-GN-KM649 (9)	65
Total	Com viveiro de peixes	38	Sem viveiro de peixes	104

Devido à grande quantidade de lagoas no Trecho 9, optou-se por estabelecer critérios para amostragem parcial, com o objetivo de viabilizar as atividades de campo e atender os prazos estipulados, mantendo-se ainda a representatividade dos dados obtidos nas sondagens e coleta de amostras. As lagoas amostradas formam um campo amostral cujos critérios considerados foram:

- Representatividade: Proporção aproximada semelhante a cada grupo (soterradas, isoladas e conectadas);
- Distribuição espacial homogênea ao longo do Trecho 9;
- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem (segurança individual e patrimonial – diligência com proprietários);

A Tabela 38 relaciona as 18 lagoas selecionadas para sondagem / amostragem no Trecho 9, bem como as nomenclaturas adotadas.

Tabela 38 – Lagoas Marginais Sondadas e Amostradas no Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DA LAGOA	LOCALIZAÇÃO	SITUAÇÃO
T09-GN-KM610 (2)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM610 (3)	Rio Gualaxo do Norte	Isolada
T09-GN-KM615 (2)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada
T09-GN-KM623 (2)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM624 (4)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM624 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM626 (3)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM626 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM629 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada
T09-GN-KM629 (4)	Rio Gualaxo do Norte	Isolada
T09-GN-KM631 (5)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada
T09-GN-KM631 (3)	Rio Gualaxo do Norte	Isolada
T09-GN-KM632 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada
T09-GN-KM642 (4)	Rio Gualaxo do Norte	Isolada
T09-GN-KM646 (3)	Rio Gualaxo do Norte	Soterrada
T09-GN-KM647 (2)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada
T09-GN-KM648 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Isolada
T09-GN-KM649 (1)	Rio Gualaxo do Norte	Conectada

A Figura 134, apresenta a localização das lagoas identificadas no Trecho 9, distinguindo as selecionadas para sondagem e amostragem. O detalhamento da identificação das lagoas encontra-se apresentado no **Anexo X**.

5.2.3.2 Atividades de Campo

As atividades de campo, realizadas entre os dias 9 de novembro a 16 de dezembro 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.

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. Foi prevista a realização de 9 sondagens, em média, em cada transecto, sendo: 3 na lateral esquerda, 3 na lateral direita e 3 na calha. Contudo, devido a condições encontradas em campo, como segurança de acessos, estabilidade do piso, e ausência de rejeito em alguns pontos da encosta, não foi possível a realização de todas as sondagens.

As sondagens foram executadas pela equipe da empresa ServSolo Sondagens com supervisão integral da JACOBS CH2M. As figuras apresentadas na seção anterior (Figura 169) 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, permitindo a delimitação da espessura da camada de rejeito.

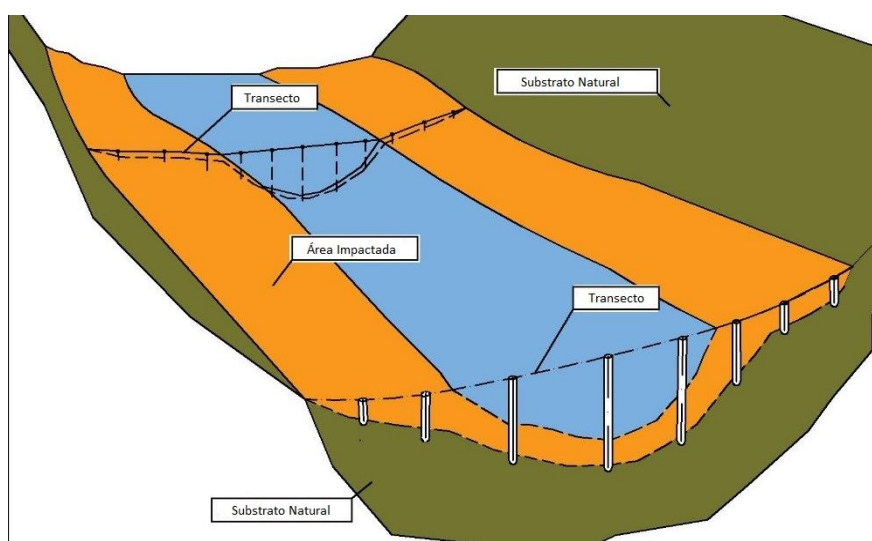
O rejeito possui uma característica própria, sendo formado por porções de areia fina, silte e pouca argila, com uma coloração marrom avermelhada característica e que contrasta das cores dominantes no substrato natural, permitindo uma diferenciação fácil e segura entre tais materiais.

O substrato natural extracalha variou bastante em sua composição, dependendo do local da sondagem: silte de coloração cinza, areia fina a média de coloração cinza escuro ou marrom clara, areia fina de coloração amarelada ou avermelhada, argila arenosa de coloração cinza esverdeada, areia pouco argilosa de coloração marrom clara e rocha são impenetráveis, alguns destes pontos com presença de matéria orgânica.

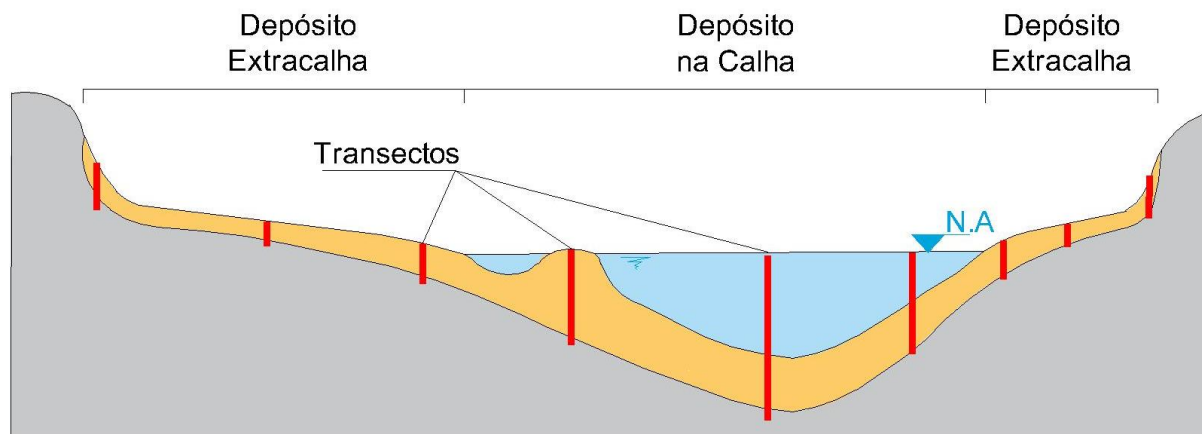
Uma vez encontrado o substrato natural, a profundidade de contato entre as duas camadas foi medida (i) com trena, onde foi possível a observação direta, como nas encostas, ou (ii) por correlação da profundidade alcançada pelo amostrador, tendo como base o nível do terreno, para as sondagens extracalha, ou o leito do rio, para as sondagens intracalha, sendo este registrado nas fichas de sondagem.

A Figura 170 e a Figura 171 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 170 – Ilustração dos Pontos de Amostragem por Meio dos Transectos



Fonte: CH2M (2017)

Figura 171 – Seção Transversal dos Pontos de Sondagem nos Transectos

Fonte: CH2M (2017)

Foram coletadas amostras em transectos selecionados (vide Tabela 36) 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 (macronutrientes, pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, porosidade e densidade). 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. As amostras para metais foram coletadas a aproximadamente 30 cm de profundidade contados da 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 5.2.3.2.1.

Para as lagoas marginais foram coletadas 2 amostras simples para granulometria (1 para camada de rejeito e 1 para a camada do substrato natural) e 2 amostras compostas para concentrações de metais (1 para camada de rejeito e 1 para a camada do substrato natural).

A Tabela 39 apresenta a quantidade e camadas que foram coletadas as amostras em cada um dos transectos selecionados. Cabe ressaltar que em alguns transectos e lagoas não foram encontradas todas as camadas mencionadas, seja por condições adversas (por exemplo: climáticas, segurança) ou técnicas (por exemplo: equipamentos, decisões de campo).

Tabela 39 – Quantidade e Camadas de Coleta das Amostras para cada Transecto Selecionado nas Encosta, Planície, Margem e Calha – Trecho 9

ANÁLISE EM LABORATÓRIO	INTRACALHA				EXTRACALHA				LAGOAS			
	Nº de Amostras	Nº de Amostra por Camada	Camada a ser Coletada	Tipo de Amostra	Nº Total de Amostras	Nº de Amostra por Camada	Camada a ser Coletada	Tipo de Amostra	Nº Total de Amostras	Nº de Amostra por Camada	Camada a ser Coletada	Tipo de Amostra
Granulometria	3	1	Rejeito Lavado	Simple	2	1	Rejeito	Simple	2	1	Rejeito	Simple
		1	Rejeito Inconsolidado	Simple		1	Substrato Natural	Simple		1	Substrato Natural	Simple
		1	Substrato Natural	Simple								
Metais	3	1	Rejeito Lavado	Composta	2	1	Rejeito	Composta	2	1	Rejeito	Composta
		1	Rejeito Inconsolidado	Composta		1	Substrato Natural	Composta		1	Substrato Natural	Composta
		1	Substrato Natural	Composta								
Fertilidade do Solo*	-	-	-	-	1	1	Rejeito da Planície de Inundação Mais Larga	Composta	-	-	Rejeito da Planície de Inundação Mais Larga	Composta

Nota: *Análise para Macronutrientes, pH, Matéria Orgânica, Capacidade de Troca de Cátions, Indeformada (densidade, granulometria, porosidade, umidade)

5.2.3.2.1 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 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 da JACOBS CH2M e das equipes de sondagem definiram a melhor técnica de 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 avaliação 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 aluvionares a aproximadamente 20 cm de profundidade, com exceção da amostra indeformada, onde foi coletada somente uma amostra 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 (distinguindo-se as amostras intracalha e extracalha). 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 em:

“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”.

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.

5.2.3.2.2 Coleta de Amostras Compostas

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 sedimentação, 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 sedimentação, quando os movimentos turbulentos reduzem ou cessam e, assim também as forças que mantêm 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 sedimentação 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 sedimentação, 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 sedimentação 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 apresentados assim que as coletas e análises laboratoriais estejam concluídas.

5.2.3.2.3 Amostras Simples vs. Amostras Compostas

5.2.3.2.3.1 Introdução e Objetivos

A JACOBS CH2M, em sua abordagem de coleta de dados em campo utilizou a metodologia de amostragem composta para avaliação das concentrações de metais nas camadas de rejeito e substrato natural, seguindo a ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de Resíduos Sólidos. Esta abordagem foi embasada na premissa fundamental de que os depósitos de rejeitos 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, solo das encostas e planícies e sedimento do leito do rio, 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 mantêm 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 vertical 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.

Com o objetivo de verificar a hipótese acima descrita e atendendo ao questionamento da Nota Técnica GESAD/FEAM Nº 08/2017, sobre a possibilidade das amostras compostas estarem “diluindo” as concentrações das amostras simples, a JACOBS CH2M realizou uma análise comparativa de amostras individuais (simples) e de amostras compostas.

5.2.3.2.3.2 Metodologias

Seleção dos Pontos de Sondagens

A área selecionada para a realização do estudo foi uma planície aluvionar ao lado de um tributário, localizada no final do Trecho 8, entre os transectos T8T10 e T8T10i. A área contém depósitos de rejeitos extracalha e não foi afetada pelos trabalhos de controle emergencial de erosão, fertilização do solo ou qualquer outra obra, com o objetivo de se analisar as concentrações de metais em depósitos não influenciados ou alterados por ação humana após a deposição primária. A realização das sondagens seguiu a metodologia informada pela Norma Técnica ABNT – NBR 15492:2007 Sondagem de Reconhecimento para Fins de Qualidade Ambiental – Procedimento.

A **Figura 172** apresenta a localização das sondagens realizadas para a coleta de amostras para o estudo em questão.



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Amostras Simples/Composta
- Trecho 8
- Transectos**
 - Transecto Intermediário
 - Transecto Principal

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.

TÍTULO:

Figura 172
Sondagens Realizadas para Análise Comparativa -
Amostras Simples x Compostas

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:1.500	02/08/2018	RU	EL	MB	RA0

Figura 172 – Sond Realiz Anal Comp Simples x Compostas

Coleta de Amostras

A metodologia empregada para coleta de amostras compostas ocorreu por meio da coleta de alíquotas do rejeito, a uma profundidade de aproximadamente 30 cm, em cada um dos 5 dos pontos de sondagem realizados (A, B, C, D e E), cuja localização é apresentada na **Figura 172**.

Para cada um dos pontos de sondagem, foram coletadas amostras simples, seguindo os procedimentos de amostragem de modo a evitar qualquer contaminação cruzada da amostra, acondicionadas nos frascos fornecidos pelo laboratório e armazenadas em caixas térmicas, de modo a se manter a temperatura em aproximadamente 4°C. As amostras simples, são definidas pela Norma Técnica ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de Resíduos Sólidos, como “Parcela do resíduo a ser estudada, obtida através de um processo de amostragem em um único ponto ou profundidade”.

As mesmas alíquotas de solo dos 5 pontos de sondagens realizados, remanescentes após o enfrascamento das amostras simples, 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, passou pelo processo de quarteamento, segundo a ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de Resíduos Sólidos, consiste em:

“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”.

Após o quarteamento a alíquota de solo foi distribuída nos frascos fornecidos pelo laboratório e acondicionadas em caixas térmicas com gelo, de modo a manter a temperatura em torno dos 4°C. Para a amostra composta, optou-se por coletar 3 amostras do mesmo material homogeneizado, amostra original, uma duplicata e uma triplicata, para obter-se maior assertividade e minimizar inconsistências na análise comparativa.

As amostras compostas e simples 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).

Visando a ampliação de dados obtidos e a qualidade da análise comparativa, todo o procedimento descrito acima foi realizado novamente, para os mesmos pontos de sondagem com o mesmo procedimento de manipulação do solo e coleta de amostras em duplicata para cada um dos pontos. Serão apresentados, portanto, resultados para 06 amostras compostas e 10 amostras simples.

Adotou-se os prefixos “AC” para identificação de amostras compostas e “AS” para amostras simples. As amostras duplicatas possuem a adição da letra “H” em sua identificação.

A Figura 173 e a Figura 174 apresentam o procedimento de campo para a realização deste estudo.

Figura 173 – Fotos de Campo – Procedimento de Amostragem



Figura 174 – Fotos de Campo – Procedimento de Amostragem



Fonte: JACOBS CH2M (2018)

A relação das amostras coletadas e as respectivas informações gerais estão apresentadas na Tabela 40.

Tabela 40 – Relação das Amostras Coletadas para Análise Comparativa

IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DUPLICATAS	DATA DAS COLETAS	MATRIZ	TIPO	PARÂMETROS ANALISADOS
AC-01	AC-01-H	13/04/2018	SL	Composta	Metais Totais
AC-02	AC-02-H	13/04/2018	SL	Composta	Metais Totais
AC-03	AC-03-H	13/04/2018	SL	Composta	Metais Totais
AS-A	AS-A-H	13/04/2018	SL	Simples	Metais Totais
AS-B	AS-B-H	13/04/2018	SL	Simples	Metais Totais
AS-C	AS-C-H	13/04/2018	SL	Simples	Metais Totais
AS-D	AS-D-H	13/04/2018	SL	Simples	Metais Totais
AS-E	AS-E-H	13/04/2018	SL	Simples	Metais Totais

5.2.3.2.3.3 Resultados e Discussão

Um resumo dos resultados laboratoriais obtidos é apresentado na Tabela 41 (os resultados das amostras principais e duplicatas estão agrupadas em pares para facilitar a visualização e comparação) juntamente com os valores de referência de qualidade do solo, com base na Resolução CONAMA nº 420/2009 (prevenção e investigação agrícola), que estabelece critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e metais, e em consonância com a Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011.

Tabela 41 – Resultados Laboratoriais das Amostras Principais

PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE ²	VALOR DE PREVENÇÃO ¹	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA ¹	AC-01	AC-01-H	AC-02	AC-02-H	AC-03	AC-03-H	AS-A	AS-A-H	AS-B	AS-B-H	AS-C	AS-C-H	AS-D	AS-D-H	AS-E	AS-E-H
Alumínio Total	mg/kg	-	-	-	4994,3	2546,2	3299,1	2934,4	2045,5	2246	3677,5	2268,7	2542,7	2036,4	2001,1	2227,9	2706,4	2551,2	2253,1	2402,1
Antimônio Total	mg/kg	0,5	2	5	< 1,14	< 1,15	< 1,14	< 1,15	< 1,14	< 1,15	< 1,12	< 1,11	< 1,14	< 1,14	< 1,14	< 1,15	< 1,15	< 1,28	< 1,14	< 1,15
Arsênio Total	mg/kg	8	15	35	< 1,71	< 1,73	< 1,71	< 1,73	< 1,70	< 1,73	< 1,67	< 1,67	< 1,71	< 1,71	< 1,71	< 1,72	< 1,72	< 1,92	< 1,70	< 1,73
Bário Total	mg/kg	93	150	300	22,8	35,8	19	20,8	31,4	15,6	86,8	40	25	17,5	48,2	31,8	19,8	15,6	13,8	15,9
Boro Total	mg/kg	11,5	-	-	< 4,57	< 4,62	< 4,57	< 4,60	< 4,55	< 4,62	< 4,46	< 4,46	< 4,55	< 4,55	< 4,56	< 4,58	< 4,59	< 5,12	< 4,54	< 4,61
Cádmio Total	mg/kg	0,4	1,3	3	< 1,14	< 1,15	< 1,14	< 1,15	< 1,14	< 1,15	< 1,12	< 1,11	< 1,14	< 1,14	< 1,14	< 1,15	< 1,15	< 1,28	< 1,14	< 1,15
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	6,13	5,97	5,83	5,82	4,74	5,57	7,05	6,12	6,13	4,91	5,02	6,11	6,57	5,79	5,86	5,78
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	< 1,71	< 1,73	< 1,71	< 1,73	< 1,70	< 1,73	< 1,67	< 1,67	< 1,71	< 1,71	< 1,71	< 1,72	< 1,72	< 1,92	< 1,70	< 1,73
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	10,9	9,34	10,6	8,25	10	8,06	8,73	9,53	11,9	6,47	9,03	9,36	11,8	8,33	9,75	8,88
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	12,4	11,4	15,4	12	9,85	9,58	13,2	10,6	12,9	14,4	9,07	12,3	12,8	12,2	10,2	11,8
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	116164,4	114030	113242	106357,9	82738,6	108308,3	154151,8	95535,1	107394,8	84584,8	90547,3	97394	113795,9	102544,8	109449,5	107165,9
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	397,8	592,4	397	394,1	410,8	390,5	780,5	482,5	438,4	324,7	447,4	316,3	420,2	356,8	357,9	333,6
Mercúrio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0,114	< 0,115	< 0,114	< 0,115	< 0,114	< 0,115	< 0,112	< 0,111	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,115	< 0,115	< 0,128	< 0,114	< 0,115
Molibdênio Total	mg/kg	0,9	30	50	< 2,28	< 2,31	< 2,28	< 2,30	< 2,27	< 2,31	< 2,23	< 2,23	< 2,28	< 2,28	< 2,28	< 2,29	< 2,29	< 2,56	< 2,27	< 2,30
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	< 2,28	< 2,31	< 2,28	< 2,30	< 2,27	< 2,31	< 2,23	< 2,23	< 2,28	< 2,28	< 2,28	< 2,29	< 2,29	< 2,56	< 2,27	< 2,30
Prata Total	mg/kg	0,45	2	25	< 1,71	< 1,73	< 1,71	< 1,73	< 1,70	< 1,73	< 1,67	< 1,67	< 1,71	< 1,71	< 1,71	< 1,72	< 1,72	< 1,92	< 1,70	< 1,73
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	< 1,71	< 1,73	< 1,71	< 1,73	< 1,70	< 1,73	< 1,67	< 1,67	< 1,71	< 1,71	< 1,71	< 1,72	< 1,72	< 1,92	< 1,70	< 1,73
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	9,32	10,4	9,6	9,5	7,31	8,17	11,8	8,22	10,3	7,36	7,3	9,59	9,58	8,99	9,07	8,8
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	19,5	18,7	17,1	16,4	13,3	15,8	20,8	17,2	18,6	13,8	14,2	14,7	17,7	15,2	16,2	16,9

¹ Resolução CONAMA 420. Critérios e valores orientadores de qualidade do solo.

² Deliberação Normativa COPAM nº 166. Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 41 permite concluir que:

- 1) As amostras compostas, tanto para as amostras principais quanto para as amostras duplicatas, apresentaram concentrações de ordem de grandeza semelhantes às concentrações das amostras simples (utilizadas para compor a amostra composta) para todos os parâmetros analisados; algumas inclusive, apresentaram diferenças de concentrações apenas nas casas decimais;
- 2) As amostras compostas, tanto para as amostras principais quanto para as amostras duplicatas, apresentaram concentrações de ordem de grandeza semelhantes entre si para todos os parâmetros analisados; algumas inclusive, apresentaram diferenças de concentrações apenas nas casas decimais;
- 3) As amostras duplicatas representaram a mesma ordem de grandeza, às concentrações das amostras originais, validando as concentrações obtidas;
- 4) As amostras simples, representaram com concentrações semelhantes, a homogeneidade presumida do rejeito;
- 5) Nenhum resultado obtido superou os valores orientadores adotados como referência de qualidade;
- 6) Os resultados indicam que a variação entre as concentrações das amostras simples e composta, é similar encontrada entre os resultados das amostras simples, se comparadas entre si, e das compostas, se comparadas entre si. Uma variação similar também pode ser notada entre as amostras, tanto simples quanto composta, e suas respectivas amostras duplicatas;
- 7) Os resultados confirmam também a hipótese apresentada de que os depósitos de rejeito sofreram uma homogeneização durante a movimentação da massa fluida, após o rompimento da barragem de Fundão.

A análise comparativa de amostras individuais (simples) e de amostras compostas indicam resultados semelhantes entre as amostras coletadas via as diferentes metodologias, onde as variações encontradas, provavelmente inerente do método analítico, não implicam em alterações nas interpretações (concentrações acima ou abaixo da Resolução CONAMA 420/2009 ou Deliberação Normativa COPAM 166/2011) e nem nas conclusões. Desta forma, a metodologia de coleta de amostras compostas se demonstra capaz de obter resultados das concentrações químicas (metais) similares as concentrações coletadas por meio de amostragem simples.

5.2.3.2.4 Identificação de Sondagens e Amostras

No presente estudo foi adotada nomenclatura própria para identificação das sondagens e amostras realizadas, conforme segue.

Identificação das Sondagens

A identificação das sondagens na execução dos transectos seguiu o seguinte padrão:

“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.

Já, as sondagens realizadas nas lagoas foram identificadas pelo seguinte modelo:

“T” seguido pelo nº do Trecho + Sigla do Rio em que se localiza + Km do rio + Numeração sequencial de execução

Desta forma, uma sondagem denominada T09-GN-K626-Ponto 01, corresponde à primeira sondagem realizada na lagoa marginal presente no km 626 do Rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9.

Identificação das Amostras

Para as amostras coletadas, adotou-se a seguinte nomenclatura:

Nº do Trecho + nº do Transecto + Intra ou Extracalha + Camada Coletada

Onde:

Local: IC: Intracalha

EC: Extracalha

Camada: 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.

Para a identificação das amostras coletadas nas sondagens das lagoas marginais, adotou-se:

“T” seguido pelo nº do Trecho + Sigla do Rio em que se localiza + KM do rio + Camada amostrada

Desta forma, uma sondagem denominada T09-GN-K626-RE corresponde à amostra coletada na camada de rejeito (conforme legenda acima), em sondagem realizada na lagoa marginal presente no km 626 do Rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9.

5.2.3.2.5 *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.

5.2.3.2.6 *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.

5.2.3.3 *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 Custódia.

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
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

Parâmetro	Unidade	Parâmetros Acreditados	
		Grupo de Análise	Metodologia de Referência
Soma de Bases	mmolc/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Fósforo Remanescente (CaCl ₂ +60 mg P/L)	mg/L	Fósforo Remanescente (CaCl ₂ +60 mg P/L)	USEPA 6010C:2007
Fósforo	mg/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Potássio	mg/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Cálcio	mg/kg	Metais Totais	IAC 2001
Magnésio	mg/kg	Metais Totais	IAC 2001
Enxofre	mg/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Alumínio	mg/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Saturação de Bases	%	Saturação de Bases	IAC 2001
Saturação Al	%	Saturação Al	IAC 2001
H+Al	mmolc/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
CTC	mmolc/dm ³	Metais Totais	IAC 2001
Fosforo Resina	mg/dm ³	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

5.2.3.4 Unidades de Análise

A fim de facilitar o diagnóstico e avaliação de impactos no rio, o Trecho 9 foi subdividido em doze unidades de análise. Estas unidades foram determinadas de acordo com a geomorfologia identificando os segmentos de vale em gargantas, com corredeiras ou quedas-d'água, sem planícies aluvionares adjacentes e onde os depósitos de rejeitos estão praticamente ausentes, os quais separam os segmentos de vale do rio Gualaxo do Norte que possuem formato em V truncado, com a formação de planícies aluvionares, onde houve deposição de rejeitos, tanto sobre a própria planície como sobre as encostas adjacentes, quando também afetadas pela inundação resultante da ruptura da barragem de Fundão.

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 42.

$$Declividade [\%] = \frac{\Delta \text{Elevação [m]}}{\Delta \text{Extensão [m]}} * 1000$$

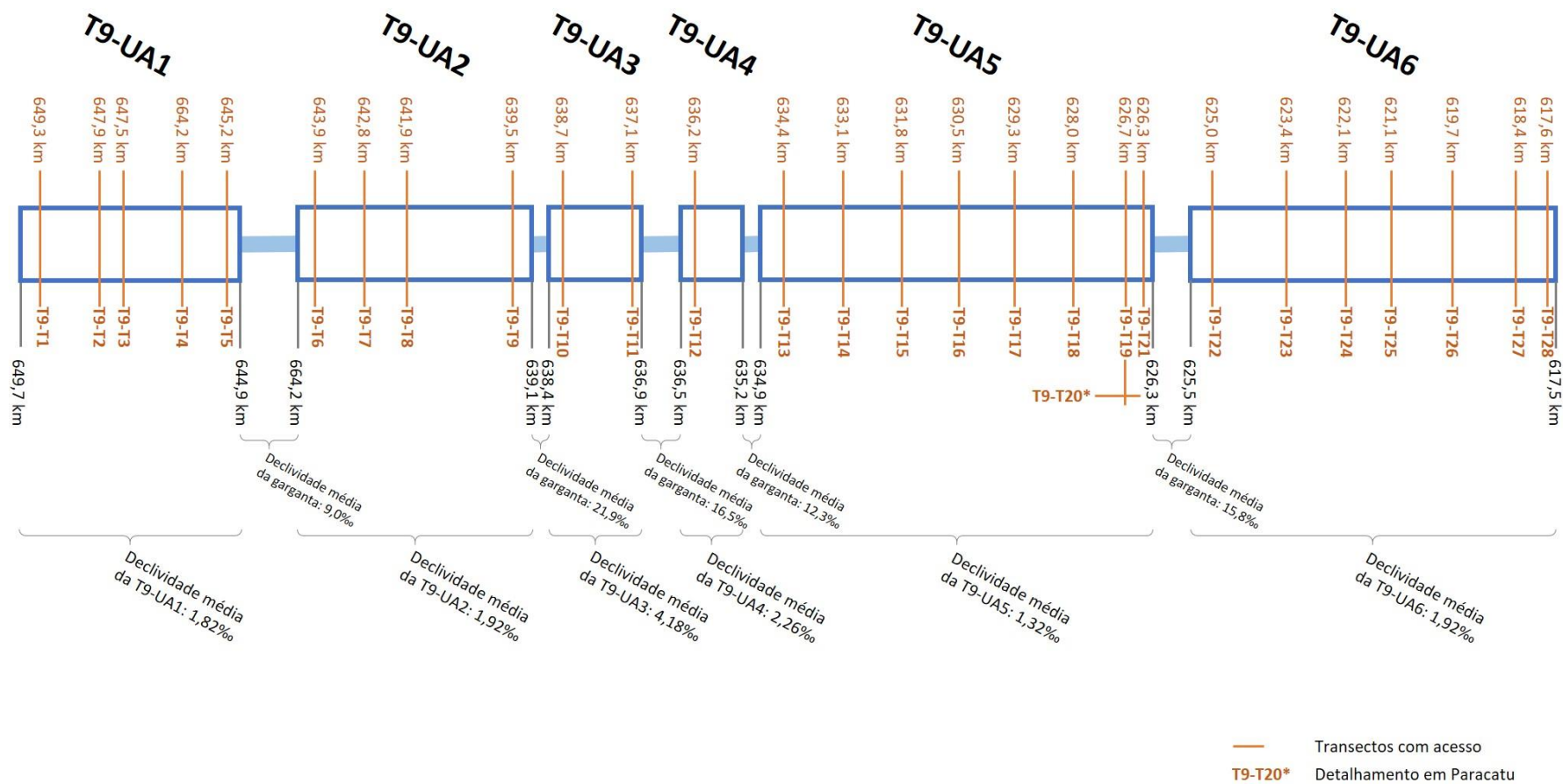
Tabela 42 – Declividades Médias das Unidades de Análise

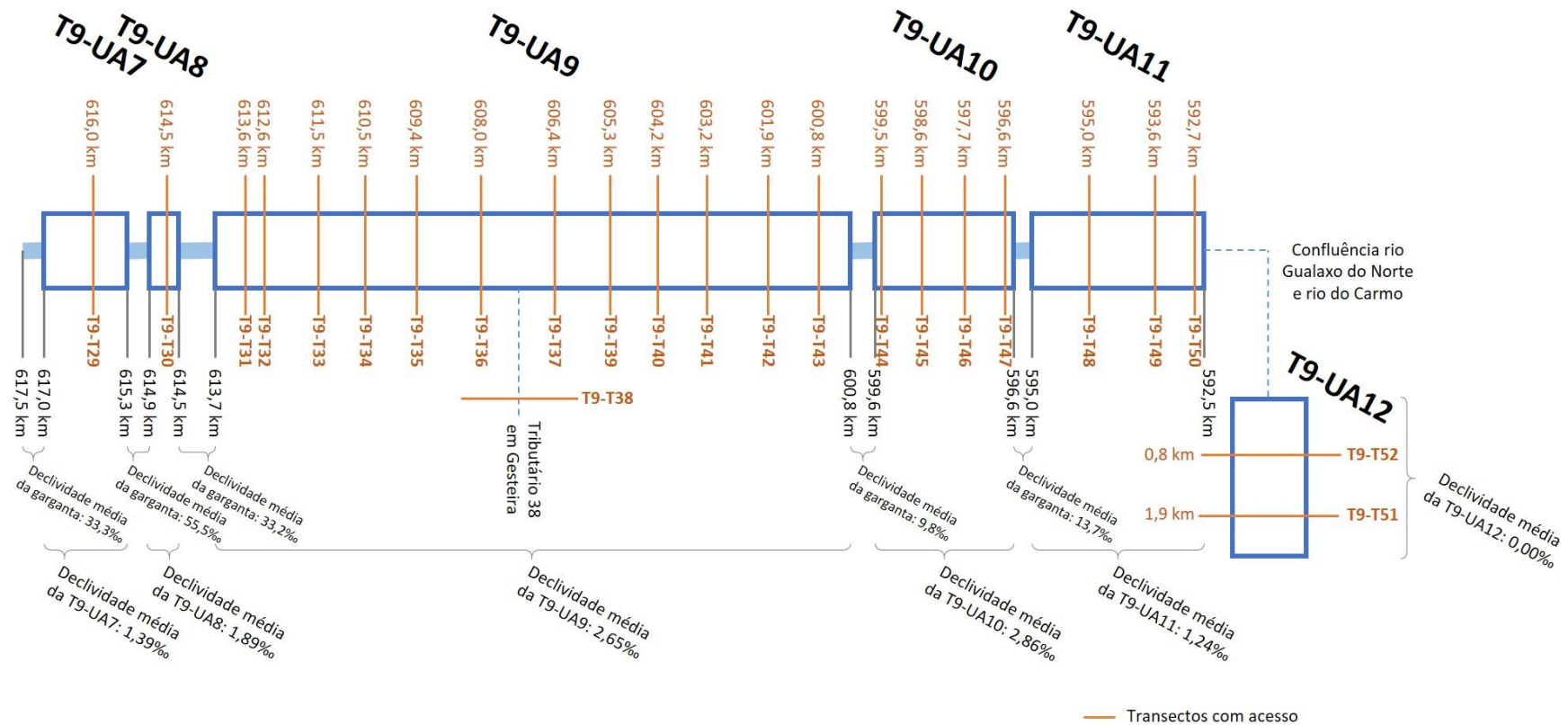
UNIDADE DE ANÁLISE	Δ EXTENSÃO [M]	Δ ELEVAÇÃO [M]	DECLIVIDADE MÉDIA [%]
T9-UA1	4820	9	1,82
T9-UA2	5120	10	1,92
T9-UA3	2020	8	4,18
T9-UA4	1360	3	2,26
T9-UA5	8600	11	1,32
T9-UA6	8000	15	1,92
T9-UA7	1770	2	1,39
T9-UA8	410	1	1,89
T9-UA9	13570	36	2,65
T9-UA10	2970	8	2,86
T9-UA11	3660	5	1,24
T9-UA12	2400	1	0,00

Foram identificadas dez gargantas no Trecho 9, 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. A unidade de análise T9-UA12, diferentemente das demais, está localizada no rio do Carmo, sendo constituída pelo segmento da calha fluvial e da planície aluvionar adjacente afetado pelo avanço da inundação no contrafluxo do rio.

O diagrama da Figura 175 ilustra cada unidade de análise referenciada na quilometragem do rio Gualaxo do Norte (considerando km 0 na foz do rio Doce e quilometragem crescente em direção a montante), suas declividades médias e a posição das gargantas ao longo do trecho. As localizações do transectos definidos para coleta de dados e Unidades de Análise no Trecho 9 são apresentadas na **Figura 175**.

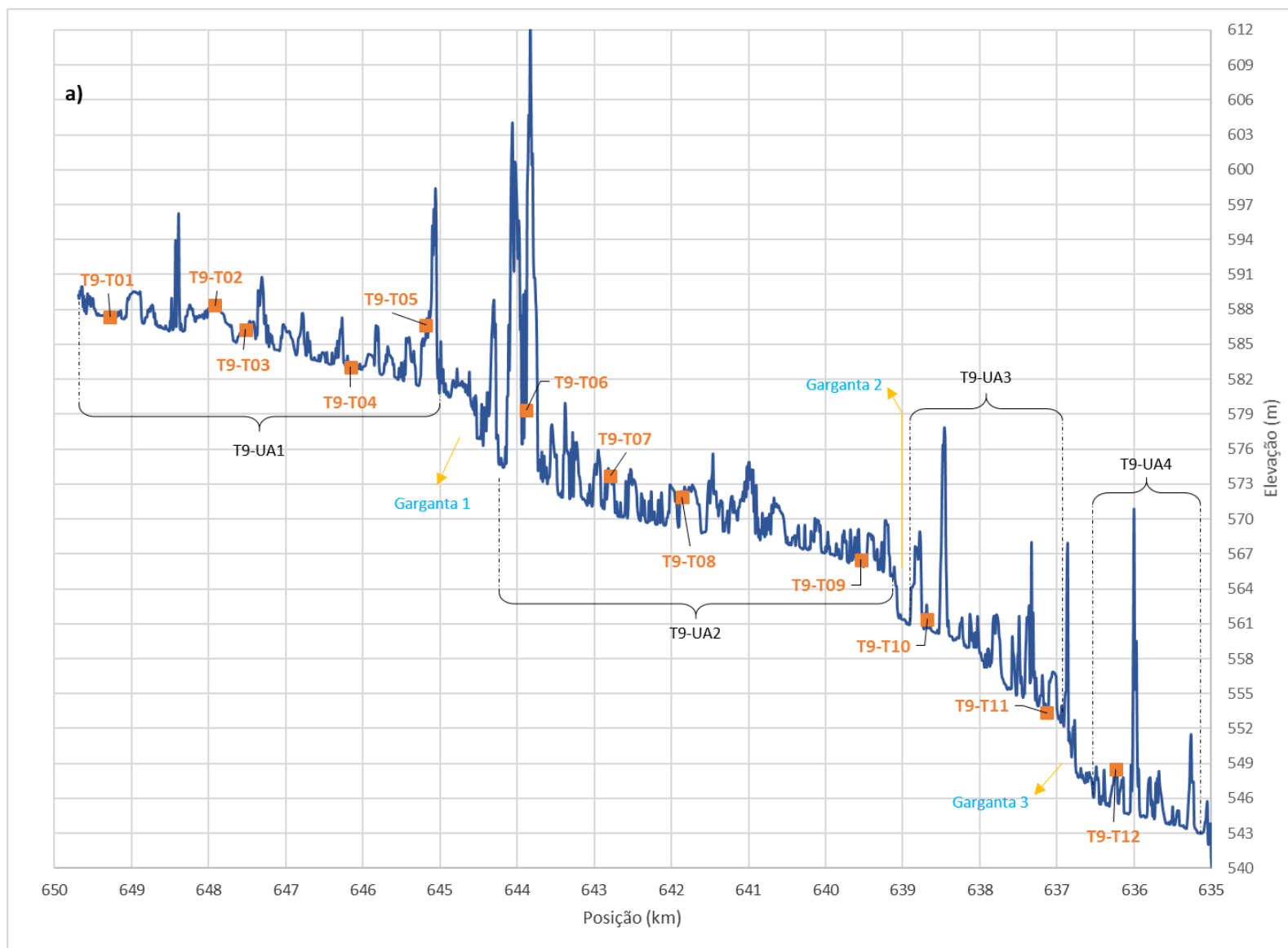
Figura 175 – Unidades de Análise dos Transectos no Trecho 9

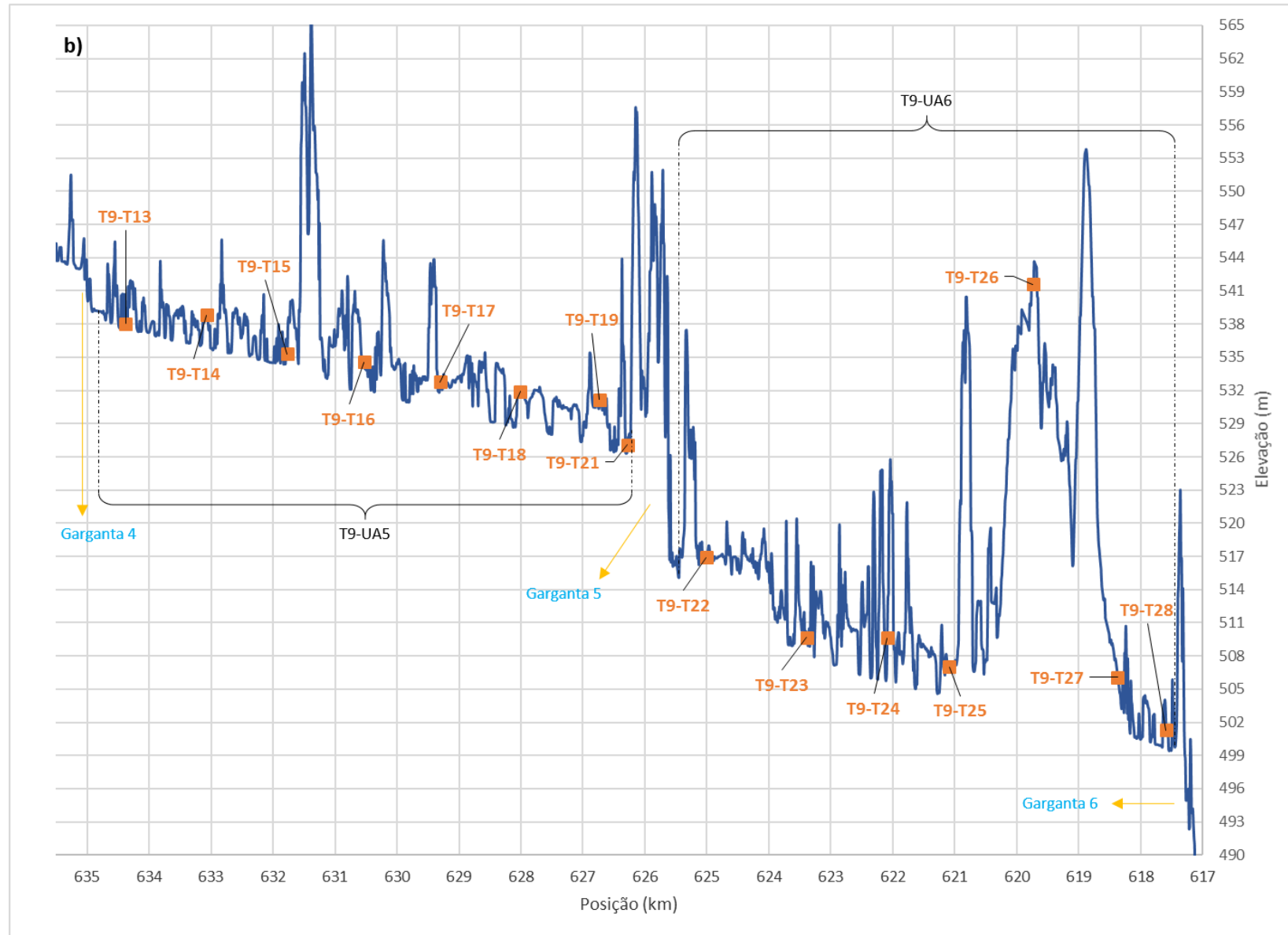


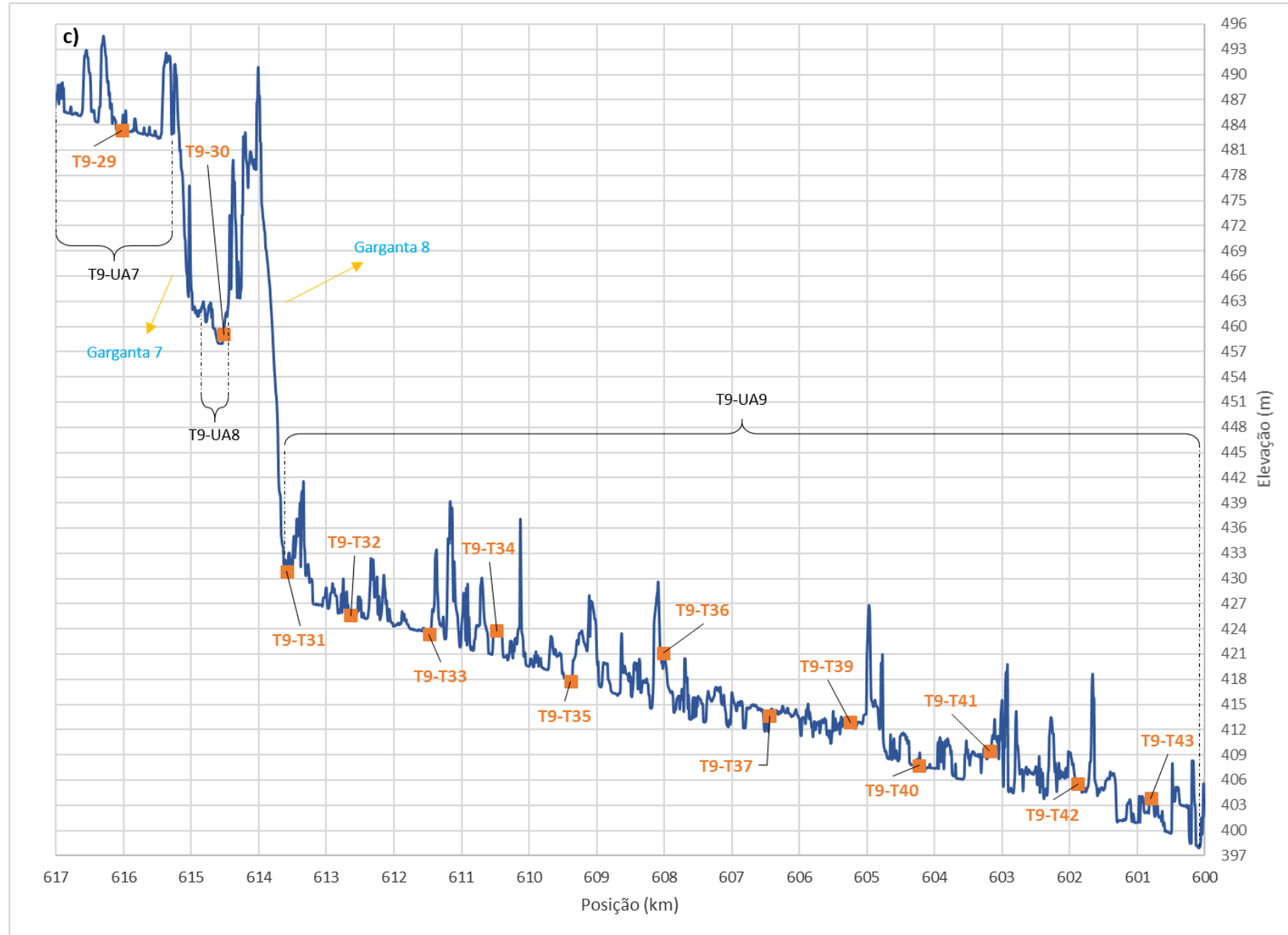


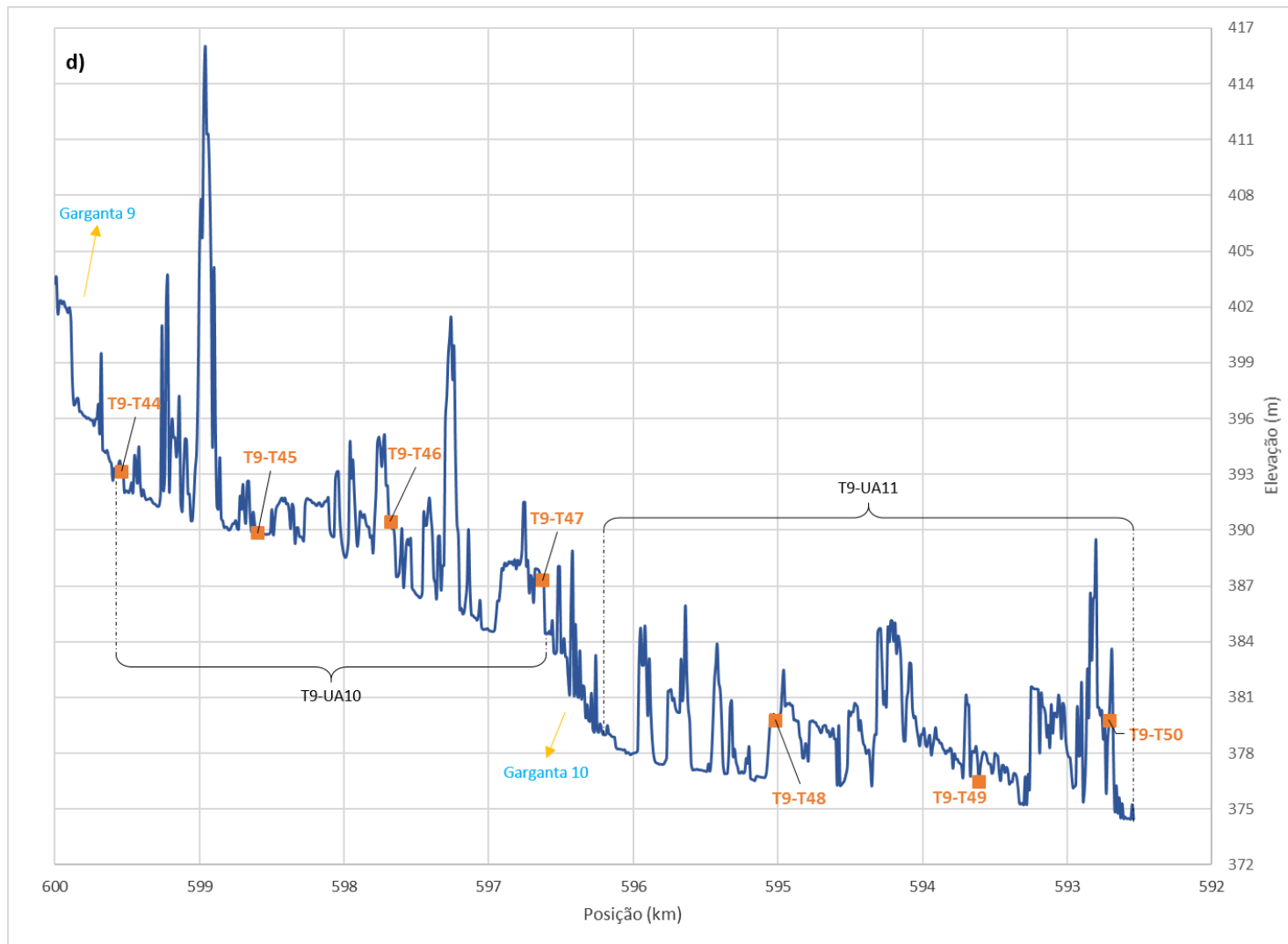
Para melhor ilustrar como foram definidas as unidades de análise acima, a Figura 176 mostra gráficos do perfil longitudinal do Trecho 9 do rio. A figura apresenta cinco escalas diferentes do perfil, ambas incluindo também a localização das gargantas identificadas: a) mostra o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise T9-UA1 a T9-UA4; b) mostra as unidades de análise T9-UA5 e T9-UA6; c) mostra o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise T9-UA7, T9-UA8 e T9-UA9, sendo a Garganta 8 a maior do Trecho 9, a qual precede a maior unidade de análise deste trecho (T9-UA9), que não apresenta variações de elevação abruptas por uma extensão de mais de 13,5 km; d) mostra as duas últimas unidades de análise do Trecho 9 no rio Gualaxo do Norte, T9-UA10 e T9-UA11; e) mostra a unidade de análise T9-UA12, localizada na porção do rio do Carmo antes da confluência com o rio Gualaxo do Norte, impactada pelo remanso da onda de inundação resultante da ruptura da barragem.

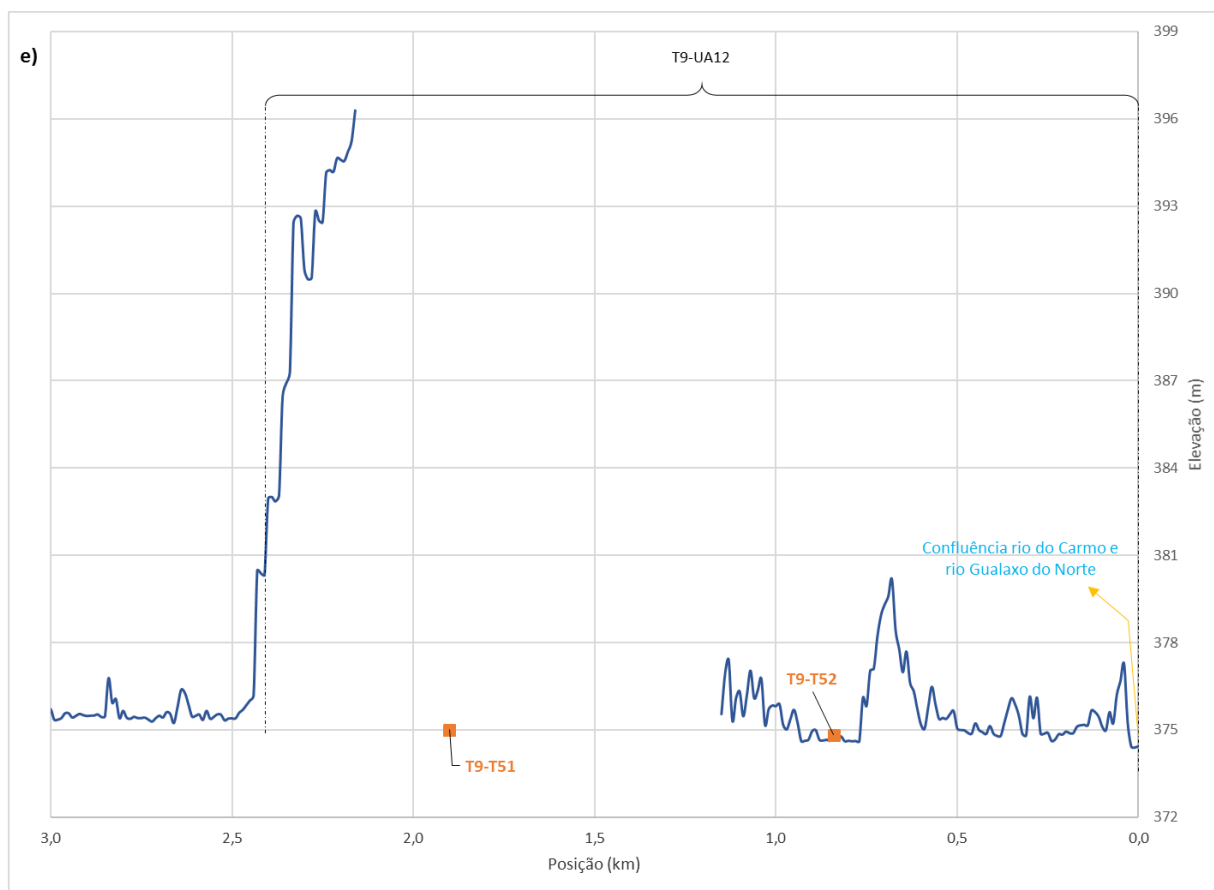
Figura 176 – Perfil Longitudinal do Trecho 9, Localização dos Transectos e Unidades de Análise Definidas











Nota: Entre 1,1 km e 2,1 km (onde está locado o transecto T9-T51) não há informações topográficas, pois, o LiDAR não foi realizado nessa porção. O pico demonstrado onde estaria locado o fim da T9-UA12 se trata de um ruído e por isso foi considerado o ponto mais coerente de elevação em aproximadamente 2,5 km.

5.2.3.5 Utilização dos Dados de Campo na Caracterização do Depósito

Os dados coletados são incorporados no processo de tomada de decisão, conforme listado abaixo.

Tabela 43 – 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 <i>lag layer</i> no leito do rio	Registro da espessura do <i>lag layer</i> 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 <i>lag layer</i> é distribuído ao longo do rio
Granulometria das diferentes camadas na calha do rio (<i>lag layer</i> , 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 e 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 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 macronutrientes e outros parâmetros para verificar a fertilidade do solo / rejeito	Verificar se o rejeito que se encontra depositado nas áreas impactadas contém os macronutrientes e condições físicas para sustentar diferentes estágios de regeneração da vegetação e dos usos econômicos
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 Resultados 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 análise 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) no Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte.

A Tabela 44 apresenta a relação dos transectos selecionados para a realização das sondagens no Trecho 9, juntamente com as respectivas informações gerais relacionadas.

Tabela 44 – Relação de Transectos e as Respectivas Sondagens no Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
TRANSECTOS	SONDAGENS		LESTE	NORTE		
T9T1	T9T1-01	Encosta Esquerda	673.639	7.761.303	1,61	15/11/17
	T9T1-02	Planície Esquerda	673.642	7.761.271	1,73	15/11/17
	T9T1-03	Planície Esquerda	673.645	7.761.238	0,96	15/11/17
	T9T1-04	Planície Esquerda	673.692	7.761.194	1,31	15/11/17
	T9T1-05	Margem Esquerda	673.687	7.761.185	1,11	15/11/17
	T9T1-06	Calha	673.682	7.761.182	1,09	15/11/17
	T9T1-07	Calha	673.615	7.761.202	1,72	15/11/17
	T9T1-08	Calha	673.613	7.761.168	1,52	15/11/17
	T9T1-09	Margem Direita	673.600	7.761.126	0,91	15/11/17
	T9T1-10	Planície Direita	673.546	7.761.076	0,85	15/11/17
	T9T1-11	Encosta Direita	673.517	7.761.041	0,27	15/11/17
T9T2	T9T2-01	Encosta Esquerda	665.404	7.746.038	0,32	15/11/17
	T9T2-02	Planície Esquerda	674.304	7.760.749	1,40	15/11/17
	T9T2-03	Margem Esquerda	674.306	7.760.748	0,82	15/11/17
	T9T2-04	Calha	674.428	7.760.760	1,25	15/11/17
	T9T2-05	Calha	674.264	7.760.763	1,36	15/11/17
	T9T2-06	Calha	674.254	7.760.766	0,90	15/11/17
	T9T2-07	Margem Direita	674.243	7.760.772	0,61	15/11/17
	T9T2-08	Planície Direita	674.196	7.760.783	1,25	15/11/17
	T9T2-09	Planície Direita	674.153	7.760.810	1,10	15/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T3	T9T2-10	Planície Direita	674.125	7.760.891	0,65	15/11/17
	T9T2-11	Encosta Direita	674.063	7.760.853	0,64	15/11/17
	T9T3-01	Encosta Esquerda	674.115	7.760.480	0,50	15/11/17
	T9T3-02	Planície Esquerda	674.067	7.760.462	0,70	15/11/17
	T9T3-03	Margem Esquerda	674.036	7.760.440	1,25	15/11/17
	T9T3-04	Calha	674.023	7.760.433	1,40	14/11/17
	T9T3-05	Calha	674.017	7.760.428	1,05	14/11/17
	T9T3-06	Calha	674.001	7.760.422	1,97	15/11/17
	T9T3-07	Margem Direita	673.978	7.760.419	1,00	15/11/17
	T9T3-08	Planície Direita	673.935	7.760.398	0,90	15/11/17
	T9T3-09	Planície Direita	673.885	7.760.403	1,70	15/11/17
T9T4	T9T3-10	Planície Direita	673.835	7.760.376	1,40	15/11/17
	T9T3-11	Encosta Direita	673.817	7.760.372	0,58	15/11/17
	T9T4-01	Encosta Esquerda	674.890	7.759.756	0,70	09/11/17
	T9T4-02	Planície Esquerda	674.935	7.754.848	3,70	27/10/17
	T9T4-03	Planície Esquerda	674.807	7.759.777	0,70	09/11/17
	T9T4-04	Margem Esquerda	674.779	7.759.811	0,73	27/10/17
	T9T4-05	Calha	-	-	0,92	09/11/17
	T9T4-06	Calha	674.774	7.759.850	1,20	09/11/17
	T9T4-07	Calha	674.774	7.759.850	0,90	09/11/17
	T9T4-08	Margem Direita	674.759	7.759.844	0,80	09/11/17
	T9T4-09	Planície Direita	674.728	7.759.850	1,30	09/11/17
T9T5	T9T4-10	Encosta Direita	674.662	7.759.872	0,53	09/11/17
	T9T5-02	Encosta Esquerda	674.592	7.759.022	0,47	16/12/17
	T9T5-03	Planície Esquerda	674.576	7.759.015	0,73	16/12/17
	T9T5-04	Planície Esquerda	674.561	7.759.009	0,51	16/12/17
	T9T5-05	Margem Esquerda	674.521	7.758.997	1,48	16/12/17
	T9T5-06	Calha	674.512	7.758.995	1,81	16/12/17
	T9T5-07	Calha	674.501	7.758.994	1,30	16/12/17
	T9T5-08	Calha	674.496	7.758.993	1,40	16/12/17
	T9T5-09	Margem Direita	674.490	7.758.984	0,78	16/12/17
	T9T5-10	Encosta Direita	674.474	7.758.981	0,60	16/12/17
T9T6	T9T6-01	Encosta Esquerda	674.449	7.757.689	0,35	16/12/17
	T9T6-02	Planície Esquerda	674.423	7.757.691	0,20	16/12/17
	T9T6-03	Margem Esquerda	674.410	7.757.704	0,80	16/12/17
	T9T6-04	Calha	674.397	7.757.655	0,85	16/12/17
	T9T6-05	Calha	674.391	7.757.658	1,26	16/12/17
	T9T6-06	Calha	674.387	7.757.663	1,10	16/12/17
	T9T6-07	Margem Direita	674.387	7.757.663	0,70	16/12/17
	T9T6-08	Planície Direita	674.357	7.757.641	0,80	16/12/17
	T9T6-09	Encosta Direita	674.322	7.757.630	0,45	16/12/17
T9T7	T9T7-01	Encosta Esquerda	674.801	7.757.605	0,94	11/11/17
	T9T7-02	Planície Esquerda	674.846	7.757.563	0,88	11/11/17
	T9T7-03	Margem Esquerda	674.871	7.757.568	0,73	11/11/17

IDENTIFICAÇÃO	CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA		
	T9T7-04	Calha	674.877	7.757.557	0,83	11/11/17	
	T9T7-05	Calha	674.883	7.757.556	0,80	11/11/17	
	T9T7-06	Calha	674.888	7.757.553	1,00	11/11/17	
	T9T7-07	Margem Direita	674.900	7.757.555	0,80	11/11/17	
	T9T7-08	Planície Direita	674.910	7.757.539	1,00	11/11/17	
	T9T7-09	Planície Direita	674.916	7.757.520	1,70	11/11/17	
	T9T7-10	Encosta Direita	674.925	7.757.502	0,40	11/11/17	
	T9T8	T9T8-01	Encosta Esquerda	675.811	7.757.628	0,40	11/11/17
		T9T8-02	Planície Esquerda	675.810	7.757.593	1,50	11/11/17
		T9T8-03	Margem Esquerda	675.829	7.757.569	1,05	11/11/17
T9T8-04		Calha	675.836	7.757.561	0,68	11/11/17	
T9T8-05		Calha	675.840	7.757.554	1,40	11/11/17	
T9T8-06		Calha	675.843	7.757.555	0,55	11/09/17	
T9T8-07		Margem Direita	675.847	7.757.533	1,00	11/11/17	
T9T8-08		Planície Direita	675.820	7.757.511	0,80	11/11/17	
T9T8-09		Planície Direita	675.829	7.757.463	0,50	11/11/17	
T9T8-10		Encosta Direita	675.835	7.757.434	0,35	11/11/17	
T9T9	T9T9-01	Encosta Esquerda	665.893	7.759.871	0,37	10/11/17	
	T9T9-02	Planície Esquerda	677.514	7.757.954	1,07	10/11/17	
	T9T9-03	Margem Esquerda	677.512	7.757.973	0,67	10/11/17	
	T9T9-04	Calha	677.493	7.757.920	0,97	10/11/17	
	T9T9-05	Calha	677.490	7.757.918	1,17	10/11/17	
	T9T9-06	Calha	677.488	7.757.911	1,20	10/11/17	
	T9T9-07	Margem Direita	677.496	7.757.901	0,80	10/11/17	
	T9T9-08	Planície Direita	677.474	7.757.881	0,94	10/11/17	
	T9T9-09	Encosta Direita	677.455	7.757.851	0,27	10/11/17	
T9T10	T9T10-01	Encosta Esquerda	678.029	7.757.386	0,40	10/11/17	
	T9T10-02	Planície Esquerda	679.010	7.757.400	0,30	10/11/17	
	T9T10-03	Margem Esquerda	677.995	7.757.431	0,93	10/11/17	
	T9T10-04	Calha	-	-	1,05	10/11/17	
	T9T10-05	Calha	-	-	1,05	10/11/17	
	T9T10-06	Calha	-	-	0,90	10/11/17	
	T9T10-07	Margem Direita	677.964	7.757.434	0,60	10/11/17	
	T9T10-08	Planície Direita	677.914	7.757.438	1,10	10/11/17	
	T9T10-09	Planície Direita	677.841	7.757.474	1,40	10/11/17	
	T9T10-10	Encosta Direita	677.841	7.757.474	0,40	10/11/17	
T9T11	T9T11-01	Encosta Esquerda	678.437	7.756.267	0,36	14/11/17	
	T9T11-02	Planície Esquerda	678.448	7.756.261	1,65	14/11/17	
	T9T11-03	Margem Esquerda	678.460	7.756.247	1,03	14/11/17	
	T9T11-04	Calha	678.471	7.756.238	1,09	14/11/17	
	T9T11-05	Calha	678.477	7.756.231	0,82	14/11/17	
	T9T11-06	Calha	678.478	7.756.229	0,83	14/11/17	
	T9T11-07	Margem Direita	678.532	7.756.239	0,36	14/11/17	
	T9T11-08	Planície Direita	678.567	7.756.207	1,11	14/11/17	

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
	T9T11-09	Planície Direita	678.595	7.756.171	1,72	14/11/17
	T9T11-10	Encosta Direita	678.602	7.756.147	0,78	14/11/17
T9T12	T9T12-01	Encosta Esquerda	679.258	7.756.187	0,33	14/11/17
	T9T12-02	Planície Esquerda	679.249	7.756.174	1,25	14/11/17
	T9T12-03	Margem Esquerda	679.250	7.756.156	0,50	14/11/17
	T9T12-04	Calha	679.251	7.756.143	1,20	14/11/17
	T9T12-05	Calha	679.249	7.756.134	1,20	14/11/17
	T9T12-06	Calha	679.247	7.756.130	1,60	14/11/17
	T9T12-07	Margem Direita	679.251	7.756.120	0,60	14/11/17
	T9T12-08	Planície Direita	679.253	7.756.089	0,85	14/11/17
	T9T12-09	Encosta Direita	679.241	7.756.071	0,66	14/11/17
	T9T13	T9T13-01	Encosta Esquerda	680.085	7.755.101	0,22
T9T13-02		Planície Esquerda	680.085	7.755.101	0,57	13/11/17
T9T13-03		Margem Esquerda	680.080	7.755.092	0,81	13/11/17
T9T13-04		Calha	680.080	7.755.083	0,60	13/11/17
T9T13-05		Calha	680.081	7.755.078	0,99	13/11/17
T9T13-06		Calha	680.081	7.755.073	0,48	13/11/17
T9T13-07		Margem Direita	680.075	7.755.075	0,82	13/11/17
T9T13-08		Planície Direita	680.063	7.755.041	0,37	13/11/17
T9T13-09		Encosta Direita	680.060	7.755.035	0,18	13/11/17
T9T14	T9T14-01	Encosta Esquerda	680.884	7.755.738	0,35	13/11/17
	T9T14-02	Margem Esquerda	680.903	7.755.727	2,15	13/11/17
	T9T14-04	Calha	680.908	7.755.713	0,80	13/11/17
	T9T14-05	Calha	680.911	7.755.707	1,71	13/11/17
	T9T14-06	Calha	680.906	7.755.696	1,38	13/11/17
	T9T14-07	Planície Direita	680.940	7.755.697	2,00	13/11/17
	T9T14-08	Planície Direita	680.913	7.755.659	1,60	13/11/17
	T9T14-09	Planície Direita	680.950	7.755.620	1,00	13/11/17
	T9T14-10	Planície Direita	680.976	7.755.565	1,40	13/11/17
	T9T14-11	Encosta Direita	680.974	7.755.547	0,57	13/11/17
T9T15	T9T15-01	Encosta Esquerda	681.942	7.755.019	0,32	08/12/17
	T9T15-02	Planície Esquerda	681.935	7.755.007	1,63	08/12/17
	T9T15-03	Margem Esquerda	681.929	7.754.985	0,71	08/12/17
	T9T15-04	Calha	681.937	7.754.978	2,00	11/12/17
	T9T15-05	Calha	681.937	7.754.966	1,80	11/12/17
	T9T15-06	Calha	681.929	7.754.960	1,90	11/12/17
	T9T15-07	Margem Direita	681.923	7.754.958	0,77	08/12/17
	T9T15-08	Planície Direita	681.922	7.754.926	0,82	08/12/17
	T9T15-09	Encosta Direita	681.914	7.754.908	0,13	08/12/17
T9T16	T916-01	Encosta Esquerda	682.722	7.754.612	1,69	08/12/17
	T916-02	Planície Esquerda	682.704	7.754.594	0,82	08/12/17
	T916-03	Margem Esquerda	682.700	7.754.561	0,53	08/12/17
	T916-04	Calha	682.689	7.754.562	2,01	11/12/17
	T916-05	Calha	682.695	7.754.548	1,73	11/12/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
	T916-06	Calha	682.689	7.754.539	1,23	11/12/17
	T916-07	Margem Direita	682.688	7.754.527	0,81	08/12/17
	T916-08	Planície Direita	682.679	7.754.499	1,85	08/12/17
	T916-09	Planície Direita	682.669	7.754.444	2,73	08/12/17
	T916-10	Planície Direita	682.637	7.754.431	1,66	08/12/17
	T916-11	Encosta Direita	682.620	7.754.409	0,43	08/12/17
	T9T17-01	Encosta Esquerda	683.055	7.753.959	Não Realizada	16/11/17
	T9T17-02	Planície Esquerda	683.064	7.753.910	1,08	16/11/17
	T9T17-03	Planície Esquerda	683.093	7.753.862	0,40	16/11/17
T9T17	T9T17-04	Planície Esquerda	683.140	7.753.807	0,36	16/11/17
	T9T17-05	Margem Esquerda	683.140	7.753.780	0,74	16/11/17
	T9T17-06	Calha	683.145	7.753.765	1,13	16/11/17
	T9T17-07	Calha	683.145	7.753.759	0,76	16/11/17
	T9T17-08	Calha	683.148	7.753.755	0,76	16/11/17
	T9T17-09	Calha	683.155	7.753.756	0,91	16/11/17
	T9T17-10	Margem Direita	683.165	7.753.747	0,84	16/11/17
	T9T17-11	Encosta Direita	683.166	7.753.728	0,30	16/11/17
	T9T18	T9T18-01	Encosta Esquerda	683.816	7.754.433	0,40
T9T18-02		Planície Esquerda	683.853	7.754.422	1,90	16/11/17
T9T18-03		Margem Esquerda	683.885	7.754.412	1,30	16/11/17
T9T18-04		Calha	-	-	1,40	16/11/17
T9T18-05		Calha	683.907	7.754.394	2,40	16/11/17
T9T18-06		Calha	683.918	7.754.388	1,85	16/11/17
T9T18-07		Margem Direita	683.927	7.754.387	4,40	16/11/17
T9T18-08		Planície Direita	683.959	7.754.369	0,85	16/11/17
T9T18-09		Planície Direita	683.816	7.754.433	0,90	16/11/17
T9T19	T9T19-01	Encosta Esquerda	684.687	7.754.252	0,45	17/11/17
	T9T19-02	Planície Esquerda	684.692	7.754.229	1,20	17/11/17
	T9T19-03	Margem Esquerda	684.696	7.754.212	0,95	17/11/17
	T9T19-04	Calha	684.695	7.754.200	1,20	17/11/17
	T9T19-05	Calha	684.697	7.754.193	1,20	17/11/17
	T9T19-06	Calha	684.698	7.754.187	1,02	17/11/17
	T9T19-07	Margem Direita	684.701	7.754.179	1,40	17/11/17
	T9T19-08	Planície Direita	684.712	7.754.136	1,25	17/11/17
	T9T19-09	Planície Direita	684.711	7.754.080	1,20	17/11/17
	T9T19-10	Planície Direita	684.718	7.754.023	2,27	17/11/17
	T9T19-11	Planície Direita	684.724	7.753.980	1,40	17/11/17
	T9T19-12	Planície Direita	684.727	7.753.025	1,21	17/11/17
	T9T19-13	Planície Direita	684.735	7.753.870	1,27	17/11/17
	T9T19-14	Planície Direita	684.742	7.753.805	1,31	17/11/17
	T9T19-15	Planície Direita	684.742	7.753.762	1,10	17/11/17
	T9T19-16	Planície Direita	684.752	7.753.719	0,72	17/11/17
	T9T19-17	Planície Direita	684.774	7.753.642	0,72	17/11/17
T9T20	T9T20-01	Planície Direita	684.739	7.753.710	0,77	17/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T20	T9T20-02	Planície Direita	684.748	7.753.713	0,48	17/11/17
	T9T20-03	Planície Direita	684.790	7.753.719	1,70	17/11/17
	T9T20-04	Planície Direita	684.805	7.753.716	1,13	17/11/17
	T9T20-05	Planície Direita	684.826	7.753.716	0,97	17/11/17
	T9T21-01	Encosta Esquerda	685.070	7.754.464	0,55	15/12/17
	T9T21-02	Planície Esquerda	685.066	7.754.375	0,85	15/12/17
	T9T21-03	Planície Esquerda	685.068	7.754.341	0,70	15/12/17
	T9T21-04B	Planície Esquerda	685.071	7.754.265	1,52	15/12/17
	T9T21-05	Margem Esquerda	685.071	7.754.226	1,43	15/12/17
	T9T21-06	Calha	685.073	7.754.215	1,27	15/12/17
T9T21	T9T21-07	Calha	685.075	7.754.211	1,15	15/12/17
	T9T21-08	Calha	685.077	7.754.200	1,03	15/12/17
	T9T21-09	Margem Direita	685.074	7.754.190	0,75	15/12/17
	T9T21-10	Planície Direita	685.079	7.754.180	1,31	15/12/17
	T9T21-11	Encosta Direita	685.082	7.754.158	0,98	15/12/17
	T9T22-01	Encosta Esquerda	685.704	7.753.785	0,63	25/11/17
	T9T22-02	Planície Esquerda	685.713	7.753.767	0,78	25/11/17
	T9T22-03	Margem Esquerda	685.718	7.753.757	0,65	25/11/17
	T9T22-04	Calha	685.722	7.753.745	0,87	25/11/17
	T9T22-05	Calha	685.723	7.753.739	1,01	25/11/17
T9T22	T9T22-06	Calha	685.725	7.753.734	1,50	25/11/17
	T9T22-07	Margem Direita	685.737	7.753.730	0,80	21/11/17
	T9T22-08	Planície Direita	685.733	7.753.698	2,20	21/11/17
	T9T22-09	Encosta Direita	685.725	7.753.665	0,40	21/11/17
	T9T23-01	Encosta Esquerda	686.661	7.754.473	0,35	21/11/17
	T9T23-02	Planície Esquerda	686.605	7.754.460	2,00	21/11/17
	T9T23-03	Planície Esquerda	686.611	7.754.404	0,61	21/11/17
	T9T23-04	Margem Esquerda	686.618	7.754.349	2,10	21/11/17
	T9T23-05	Calha	686.607	7.754.338	1,35	25/11/17
	T9T23-06	Calha	686.602	7.754.335	1,50	25/11/17
T9T23	T9T23-07	Calha	686.609	7.754.325	1,80	25/11/17
	T9T23-08	Margem Direita	-	-	-	-
	T9T23-09	Planície Direita	686.614	7.754.321	1,37	21/11/17
	T9T23-10	Encosta Direita	686.608	7.754.302	0,78	21/11/17
	T9T24-01	Encosta Esquerda	687.224	7.754.696	0,87	29/11/17
	T9T24-02	Planície Esquerda	687.263	7.754.643	1,40	29/11/17
	T9T24-03	Margem Esquerda	687.260	7.754.609	1,15	29/11/17
	T9T24-04	Calha	687.254	7.754.593	0,87	29/11/17
	T9T24-05	Calha	687.264	7.754.585	0,87	29/11/17
	T9T24-06	Calha	687.242	7.754.563	1,34	29/11/17
T9T24	T9T24-07	Margem Direita	687.297	7.754.592	0,73	29/11/17
	T9T24-08	Planície Direita	687.300	7.754.555	1,20	29/11/17
	T9T24-09	Planície Direita	687.306	7.754.524	1,53	29/11/17
	T9T24-10	Encosta Direita	687.311	7.754.499	0,67	29/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T25	T9T25-01	Planície Esquerda	688.387	7.754.808	1,26	22/11/17
	T9T25-02	Planície Esquerda	688.426	7.754.784	1,58	22/11/17
	T9T25-03	Margem Esquerda	688.434	7.754.765	1,92	22/11/17
	T9T25-04	Calha	688.443	7.754.765	1,56	11/12/17
	T9T25-05	Calha	688.448	7.754.760	1,93	11/12/17
	T9T25-06	Calha	688.453	7.754.754	1,42	11/12/17
	T9T25-07	Margem Direita	688.453	7.754.744	1,13	22/11/17
	T9T25-08	Planície Direita	688.473	7.754.718	0,38	22/11/17
	T9T25-09	Encosta Direita	688.506	7.754.681	0,24	22/11/17
	T9T25-10	Encosta Direita	688.537	7.754.654	0,20	22/11/17
T9T26	T9T26-01	Encosta Esquerda	688.423	7.755.755	0,52	11/12/17
	T9T26-02	Planície Esquerda	688.458	7.755.750	1,86	11/12/17
	T9T26-03	Margem Esquerda	688.500	7.755.759	1,21	11/12/17
	T9T26-04	Calha	688.504	7.755.766	2,01	11/12/17
	T9T26-05	Calha	688.513	7.755.762	1,35	11/12/17
	T9T26-06	Calha	688.519	7.755.766	1,56	11/12/17
	T9T26-07	Margem Direita	688.529	7.755.762	1,00	22/11/17
	T9T26-08	Planície Direita	688.554	7.755.775	0,85	22/11/17
	T9T26-09	Planície Direita	688.599	7.755.776	1,55	22/11/17
	T9T26-10	Encosta Direita	688.649	7.755.792	0,67	22/11/17
T9T27	T9T27-01	Encosta Esquerda	687.787	7.756.624	0,28	29/11/17
	T9T27-02	Encosta Esquerda	687.793	7.756.620	0,35	29/11/17
	T9T27-03	Margem Esquerda	687.807	7.756.613	0,89	29/11/17
	T9T27-04	Calha	687.812	7.756.623	0,95	29/11/17
	T9T27-05	Calha	687.818	7.756.622	1,25	29/11/17
	T9T27-06	Calha	687.821	7.756.623	1,60	29/11/17
	T9T27-07	Margem Direita	687.836	7.756.621	1,16	29/11/17
	T9T27-08	Planície Direita	687.887	7.756.621	1,09	29/11/17
	T9T27-09	Planície Direita	687.940	7.756.621	1,20	29/11/17
	T9T27-10	Planície Direita	687.991	7.756.620	0,96	29/11/17
	T9T27-11	Encosta Direita	688.031	7.756.623	0,45	29/11/17
T9T28	T9T28-01	Encosta Esquerda	687.992	7.757.502	0,25	22/11/17
	T9T28-02	Planície Esquerda	687.974	7.757.426	1,10	22/11/17
	T9T28-03	Margem Esquerda	687.983	7.757.415	0,80	22/11/17
	T9T28-04	Calha	687.992	7.757.402	1,20	27/11/17
	T9T28-05	Calha	687.998	7.757.391	1,50	27/11/17
	T9T28-06	Calha	688.006	7.757.381	1,45	27/11/17
	T9T28-07	Margem Direita	688.009	7.757.368	1,90	22/11/17
	T9T28-08	Planície Direita	688.034	7.757.329	3,00	22/11/17
	T9T28-09	Planície Direita	688.060	7.757.292	1,65	22/11/17
	T9T28-10	Encosta Direita	688.076	7.757.257	0,45	22/11/17
T9T29	T9T29-01	Encosta Esquerda	689.383	7.757.552	0,73	27/11/17
	T9T29-02	Planície Esquerda	689.367	7.757.522	1,10	27/11/17
	T9T29-03	Margem Esquerda	689.358	7.757.485	0,82	27/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
	T9T29-04	Calha	689.356	7.757.478	1,35	27/11/17
	T9T29-05	Calha	689.353	7.757.471	1,45	27/11/17
	T9T29-06	Calha	689.345	7.757.462	1,45	27/11/17
	T9T29-07	Margem Direita	689.338	7.757.449	0,51	22/11/17
	T9T29-08	Planície Direita	689.334	7.757.433	0,26	22/11/17
	T9T29-09	Encosta Direita	689.319	7.757.413	0,42	22/11/17
	T9T30-01	Encosta Esquerda	690.281	7.757.398	0,57	27/11/17
	T9T30-02	Planície Esquerda	690.316	7.757.401	0,47	27/11/17
	T9T30-03	Margem Esquerda	690.314	7.757.394	0,70	27/11/17
T9T30	T9T30-04	Calha	690.323	7.757.388	1,05	27/11/17
	T9T30-05	Calha	690.331	7.757.382	2,33	27/11/17
	T9T30-06	Calha	690.344	7.757.376	0,96	27/11/17
	T9T30-07	Margem Direita	690.356	7.757.374	0,78	23/11/17
	T9T30-08	Planície Direita	690.365	7.757.354	0,49	23/11/17
	T9T30-09	Encosta Direita	690.374	7.757.338	0,52	23/11/17
	T9T30-Adicional #1	Planície Direita	690.381	7.757.431	0,90	27/11/17
	T9T30-Adicional #2	Planície Direita	690.388	7.757.375	0,62	27/11/17
	T9T30-Adicional #3	Planície Direita	690.393	7.757.366	0,73	27/11/17
T9T31	T9T31-01	Encosta Esquerda	691.258	7.757.286	0,60	15/12/17
	T9T31-02	Planície Esquerda	691.229	7.757.281	0,55	15/12/17
	T9T31-03	Margem Esquerda	691.223	7.757.273	0,72	15/12/17
	T9T31-04	Calha	691.228	7.757.252	0,89	15/12/17
	T9T31-05	Calha	691.226	7.757.248	1,60	15/12/17
	T9T31-06	Calha	691.223	7.757.245	1,00	15/12/17
	T9T31-07	Margem Direita	691.198	7.757.246	1,05	15/12/17
	T9T31-08	Planície Direita	691.186	7.757.230	1,45	15/12/17
	T9T31-09	Encosta Direita	691.174	7.757.228	0,28	15/12/17
T9T32	T9T32-01	Encosta Esquerda	691.544	7.757.131	0,67	23/11/17
	T9T32-02	Planície Esquerda	691.546	7.757.124	0,57	23/11/17
	T9T32-03	Planície Esquerda	691.565	7.757.092	1,05	23/11/17
	T9T32-04	Margem Esquerda	691.585	7.757.053	0,69	23/11/17
	T9T32-05	Calha	691.593	7.757.043	1,35	27/11/17
	T9T32-06	Calha	691.595	7.757.038	1,01	27/11/17
	T9T32-07	Calha	691.597	7.757.032	0,71	27/11/17
	T9T32-08	Margem Direita	691.584	7.757.016	0,66	27/11/17
	T9T32-09	Encosta Direita	691.591	7.757.012	0,45	27/11/17
	T9T32-Adicional #1	Planície Direita	691.384	7.756.990	0,85	27/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T33	T9T32-Adicional #2	Planície Direita	691.364	7.756.987	0,75	27/11/17
	T9T32-Adicional #3	Planície Direita	691.350	7.756.974	0,80	27/11/17
	T9T32-Adicional #4	Planície Direita	691.345	7.756.968	0,55	27/11/17
	T9T33-01	Encosta Esquerda	692.277	7.756.837	0,25	25/11/17
	T9T33-02	Planície Esquerda	692.269	7.756.805	0,86	25/11/17
	T9T33-03	Margem Esquerda	692.272	7.756.781	0,66	25/11/17
	T9T33-04	Calha	692.207	7.756.803	1,05	25/11/17
	T9T33-05	Calha	692.193	7.756.796	1,50	25/11/17
	T9T33-06	Calha	692.193	7.756.791	1,70	25/11/17
	T9T33-07	Margem Direita	692.345	7.756.667	0,50	23/11/17
T9T34	T9T33-08	Planície Direita	692.337	7.756.650	0,70	23/11/17
	T9T33-09	Encosta Direita	692.332	7.756.635	0,40	23/11/17
	T9T34-01	Encosta Esquerda	692.758	7.758.279	0,30	23/11/17
	T9T34-02	Planície Esquerda	692.783	7.757.264	0,81	23/11/17
	T9T34-03	Planície Esquerda	692.821	7.757.243	1,12	23/11/17
	T9T34-04	Margem Esquerda	692.846	7.757.220	0,38	23/11/17
	T9T34-05	Calha	692.872	7.757.273	1,46	25/11/17
	T9T34-06	Calha	692.862	7.757.219	1,25	25/11/17
	T9T34-07	Calha	692.852	7.757.192	1,07	24/11/17
T9T35	T9T34-08	Margem Direita	692.867	7.757.186	0,60	24/11/17
	T9T34-09	Encosta Direita	692.863	7.757.166	0,52	24/11/17
	T9T35-01	Encosta Direita	693.593	7.757.134	0,36	24/11/17
	T9T35-02	Planície Direita	693.593	7.757.151	0,88	24/11/17
	T9T35-03	Margem Direita	693.594	7.757.160	1,00	24/11/17
	T9T35-04	Calha	693.646	7.757.164	1,60	24/11/17
	T9T35-05	Calha	693.644	7.757.174	1,60	24/11/17
	T9T35-06	Calha	693.647	7.757.183	1,40	24/11/17
	T9T35-07	Margem Esquerda	693.642	7.757.194	0,85	24/11/17
T9T36	T9T35-08	Planície Esquerda	693.634	7.757.216	1,05	24/11/17
	T9T35-09	Encosta Esquerda	693.628	7.757.232	1,08	24/11/17
	T9T36-01	Encosta Esquerda	694.317	7.757.558	0,21	07/12/17
	T9T36-02	Planície Esquerda	694.342	7.757.565	0,33	07/12/17
	T9T36-03	Margem Esquerda	694.364	7.757.562	0,79	07/12/17
	T9T36-04	Calha	694.375	7.757.565	0,51	07/12/17
	T9T36-05	Calha	694.384	7.757.564	0,86	07/12/17
	T9T36-06	Calha	694.389	7.757.563	0,79	07/12/17
T9T37	T9T36-07	Margem Direita	694.395	7.757.579	1,09	24/11/17
	T9T36-08	Encosta Direita	694.411	7.757.581	0,27	24/11/17
	T9T37-01	Encosta Esquerda	695.075	7.758.443	0,30	28/11/17
	T9T37-02	Planície Esquerda	695.061	7.758.429	1,16	28/11/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA	
	T9T37-03	Margem Esquerda	695.047	7.758.402	1,05	28/11/17	
	T9T37-04	Calha	695.046	7.758.394	1,40	28/11/17	
	T9T37-05	Calha	695.045	7.758.385	1,22	28/11/17	
	T9T37-06	Calha	695.043	7.758.376	1,10	28/11/17	
	T9T37-07	Margem Direita	695.043	7.758.368	0,55	28/11/17	
	T9T37-08	Planície Direita	695.022	7.758.339	1,35	28/11/17	
	T9T37-09	Planície Direita	695.034	7.758.299	0,80	28/11/17	
	T9T37-10	Encosta Direita	695.016	7.758.279	0,70	28/11/17	
	T9T38	T9T38-01	Planície Esquerda	695.377	7.758.014	0,60	28/11/17
		T9T38-02	Planície Esquerda	695.402	7.758.005	1,14	28/11/17
T9T38-03		Planície Esquerda	695.414	7.758.022	1,04	28/11/17	
T9T38-04		Planície Esquerda	695.429	7.758.045	1,02	28/11/17	
T9T38-05		Margem Esquerda	695.440	7.758.061	0,84	28/11/17	
T9T38-06		Calha	695.447	7.758.071	0,63	28/11/17	
T9T38-07		Calha	695.447	7.758.068	0,81	28/11/17	
T9T38-08		Calha	695.452	7.758.093	0,93	28/11/17	
T9T38-09		Margem Direita	695.456	7.758.074	1,58	28/11/17	
T9T38-10		Planície Direita	695.481	7.758.092	1,27	28/11/17	
T9T38-11		Planície Direita	695.513	7.758.111	1,70	27/11/17	
T9T38-12		Encosta Direita	695.544	7.758.120	0,76	28/11/17	
T9T39	T9T39-01	Encosta Esquerda	695.971	7.758.841	0,44	07/12/17	
	T9T39-02	Planície Esquerda	695.969	7.758.837	0,70	07/12/17	
	T9T39-03	Margem Esquerda	695.977	7.758.834	1,65	07/12/17	
	T9T39-04	Calha	696.068	7.758.848	1,90	15/12/17	
	T9T39-05	Calha	696.074	7.758.837	1,60	15/12/17	
	T9T39-06	Calha	696.078	7.758.830	2,00	15/12/17	
	T9T39-07	Margem Direita	695.979	7.758.791	1,70	07/12/17	
	T9T39-08	Planície Direita	695.994	7.758.744	1,95	07/12/17	
	T9T39-09	Planície Direita	696.008	7.758.693	0,46	07/12/17	
	T9T39-10	Encosta Direita	696.023	7.758.653	0,48	07/12/17	
T9T40	T9T40-01	Encosta Esquerda	696.529	7.758.305	0,35	01/12/17	
	T9T40-02	Planície Esquerda	696.522	7.758.400	0,42	01/12/17	
	T9T40-03	Margem Esquerda	696.504	7.758.405	0,20	01/12/17	
	T9T40-04	Calha	696.501	7.758.415	0,44	13/12/17	
	T9T40-05	Calha	696.490	7.758.419	0,43	13/12/17	
	T9T40-06	Calha	696.481	7.758.426	0,64	13/12/17	
	T9T40-07	Planície Direita	696.460	7.758.411	1,20	01/12/17	
	T9T40-07B	Margem Direita	696.471	7.758.410	0,89	01/12/17	
	T9T40-08	Planície Direita	696.452	7.758.418	1,58	01/12/17	
	T9T40-09	Encosta Direita	696.444	7.758.423	0,57	01/12/17	
T9T41	T9T41-01	Encosta Esquerda	697.060	7.758.192	1,25	01/12/17	
	T9T41-02	Planície Esquerda	697.050	7.758.183	0,90	01/12/17	
	T9T41-03	Margem Esquerda	697.037	7.758.165	1,31	01/12/17	
	T9T41-04	Calha	696.967	7.758.128	1,80	12/12/17	

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
	T9T41-05	Calha	696.965	7.758.114	0,83	12/12/17
	T9T41-06	Calha	696.973	7.758.109	0,82	12/12/17
	T9T41-07	Margem Direita	697.021	7.758.124	0,58	01/12/17
	T9T41-08	Planície Direita	697.014	7.758.103	0,67	01/12/17
	T9T41-09	Planície Direita	697.012	7.758.084	0,58	01/12/17
	T9T41-10	Encosta Direita	697.015	7.758.070	0,41	01/12/17
T9T42	T9T42-01	Encosta Esquerda	698.079	7.757.750	0,25	01/12/17
	T9T42-02	Encosta Esquerda	698.080	7.757.749	0,44	01/12/17
	T9T42-03	Margem Esquerda	698.072	7.757.729	1,42	01/12/17
	T9T42-04	Calha	698.059	7.757.727	1,50	12/12/17
	T9T42-05	Calha	698.048	7.757.730	0,65	12/12/17
	T9T42-06	Calha	698.022	7.757.715	0,58	12/12/17
	T9T42-07	Margem Direita	698.070	7.757.697	0,87	01/12/17
	T9T42-08	Planície Direita	698.067	7.757.679	0,85	01/12/17
	T9T42-09	Planície Direita	698.067	7.757.649	0,43	01/12/17
T9T43	T9T43-01	Encosta Esquerda	698.899	7.758.042	0,31	15/12/17
	T9T43-02	Planície Esquerda	698.913	7.758.031	1,03	15/12/17
	T9T43-03	Margem Esquerda	698.924	7.758.024	1,43	15/12/17
	T9T43-04	Calha	698.923	7.758.013	1,82	15/12/17
	T9T43-05	Calha	698.932	7.758.008	1,40	15/12/17
	T9T43-06	Calha	698.938	7.758.003	1,10	15/12/17
	T9T43-07	Margem Direita	698.955	7.757.999	0,54	15/12/17
	T9T43-08	Planície Direita	698.981	7.757.966	0,46	15/12/17
	T9T43-09	Planície Direita	699.013	7.757.947	2,31	15/12/17
	T9T43-10	Encosta Direita	699.029	7.757.927	0,82	15/12/17
T9T44	T9T44-01	Encosta Esquerda	699.450	7.758.044	0,83	14/12/17
	T9T44-02	Planície Esquerda	699.939	7.758.045	0,72	14/12/17
	T9T44-03	Margem Esquerda	699.424	7.758.049	0,64	14/12/17
	T9T44-04	Calha	699.420	7.758.074	1,00	14/12/17
	T9T44-05	Calha	699.409	7.758.080	1,60	14/12/17
	T9T44-06	Calha	699.410	7.758.090	1,72	14/12/17
	T9T44-07	Margem Direita	699.378	7.758.067	1,20	14/12/17
	T9T44-08	Planície Direita	699.356	7.758.086	0,60	14/12/17
	T9T44-09	Encosta Direita	699.326	7.758.100	0,47	14/12/17
T9T45	T9T45-01	Planície Esquerda	699.464	7.756.825	0,74	05/12/17
	T9T45-02	Planície Esquerda	699.449	7.756.817	1,03	05/12/17
	T9T45-03	Planície Esquerda	699.430	7.756.806	0,81	05/12/17
	T9T45-04	Planície Esquerda	699.417	7.756.802	1,23	05/12/17
	T9T45-05	Calha	699.359	7.756.937	0,82	12/12/17
	T9T45-06	Calha	699.351	7.756.947	0,63	12/12/17
	T9T45-07	Calha	699.334	7.756.942	1,70	12/12/17
	T9T45-08	Margem Direita	699.388	7.756.787	1,70	05/12/17
	T9T45-09	Planície Direita	699.369	7.756.779	1,01	05/12/17
	T9T45-10	Encosta Direita	699.349	7.756.768	0,37	05/12/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T46	T9T46-01	Planície Esquerda	699.956	7.756.455	0,30	05/12/17
	T9T46-02	Planície Esquerda	699.941	7.756.434	0,53	05/12/17
	T9T46-03	Margem Esquerda	699.927	7.756.428	1,21	05/12/17
	T9T46-04	Calha	699.922	7.756.415	1,78	12/12/17
	T9T46-05	Calha	699.916	7.756.414	1,41	12/12/17
	T9T46-06	Calha	699.914	7.756.406	2,09	12/12/17
	T9T46-07	Margem Direita	699.905	7.756.392	0,72	05/12/17
	T9T46-08	Planície Direita	699.872	7.756.366	1,03	05/12/17
	T9T46-09	Encosta Direita	699.839	7.756.333	0,33	05/12/17
T9T47	T9T47-01	Encosta Esquerda	700.646	7.756.364	0,57	14/12/17
	T9T47-02	Planície Esquerda	700.636	7.756.352	0,65	14/12/17
	T9T47-03	Planície Esquerda	700.627	7.756.347	0,78	14/12/17
	T9T47-04	Margem Esquerda	700.617	7.756.345	1,02	14/12/17
	T9T47-05	Calha	700.606	7.756.357	1,00	14/12/17
	T9T47-06	Calha	700.599	7.756.357	0,52	14/12/17
	T9T47-07	Calha	700.592	7.756.348	1,55	14/12/17
	T9T47-08	Planície Direita	700.578	7.756.344	1,02	14/12/17
	T9T47-09	Planície Direita	700.561	7.756.337	0,82	14/12/17
	T9T47-10	Encosta Direita	700.538	7.756.335	0,73	14/12/17
T9T48	T9T48-01	Encosta Esquerda	701.112	7.756.262	0,46	05/12/17
	T9T48-02	Planície Esquerda	701.118	7.756.244	1,70	05/12/17
	T9T48-03	Planície Esquerda	701.126	7.756.215	1,00	05/12/17
	T9T48-04	Margem Esquerda	701.124	7.756.181	0,90	05/12/17
	T9T48-05	Calha	701.120	7.756.170	0,96	13/12/17
	T9T48-06	Calha	701.117	7.756.167	0,47	13/12/17
	T9T48-07	Calha	701.114	7.756.164	1,20	13/12/17
	T9T48-08	Margem Direita	701.106	7.756.162	0,98	13/12/17
	T9T48-09	Planície Direita	701.103	7.756.152	0,87	13/12/17
	T9T48-10	Encosta Direita	701.099	7.756.147	0,43	13/12/17
T9T49	T9T49-01	Encosta Esquerda	702.077	7.755.630	0,40	05/12/17
	T9T49-02	Encosta Esquerda	702.053	7.755.630	0,55	15/12/17
	T9T49-03	Margem Esquerda	702.037	7.755.624	0,57	05/12/17
	T9T49-04	Calha	702.035	7.756.612	1,08	12/12/17
	T9T49-05	Calha	702.028	7.756.611	1,60	12/12/17
	T9T49-06	Calha	702.016	7.755.608	1,90	12/12/17
	T9T49-07	Planície Direita	702.003	7.755.601	0,76	05/12/17
	T9T49-08	Planície Direita	701.986	7.755.593	0,83	05/12/17
	T9T49-09	Encosta Direita	701.967	7.755.580	0,51	05/12/17
T9T50	T9T50-01	Planície Esquerda	702.545	7.755.374	0,32	07/12/17
	T9T50-02	Planície Esquerda	702.548	7.755.343	0,53	07/12/17
	T9T50-03	Planície Esquerda	702.552	7.755.323	1,23	07/12/17
	T9T50-04	Planície Esquerda	702.552	7.755.288	1,02	07/12/17
	T9T50-05	Margem Esquerda	702.563	7.755.261	1,06	07/12/17
	T9T50-06	Calha	702.564	7.755.252	1,21	13/12/17

IDENTIFICAÇÃO		CONTEXTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (23K)		PROFUNDIDADE (M)	DATA
T9T51	T9T50-07	Calha	702.563	7.755.244	1,70	13/12/17
	T9T50-08	Calha	702.372	7.755.237	1,79	13/12/17
	T9T50-09	Margem Direita	702.575	7.755.234	0,74	07/12/17
	T9T50-10	Encosta Direita	702.578	7.755.226	0,67	07/12/17
	T9T50-Adicional 1	Planície Direita	702.674	7.755.263	0,63	07/12/17
	T9T51-01	Planície Esquerda	702.413	7.754.506	0,20	05/12/17
	T9T51-02	Planície Esquerda	702.390	7.754.463	0,41	05/12/17
	T9T51-03	Planície Esquerda	702.386	7.754.414	0,38	05/12/17
	T9T51-04	Margem Esquerda	702.385	7.754.375	0,53	05/12/17
	T9T51-08	Margem Direita	702.350	7.754.331	0,52	05/12/17
T9T52	T9T51-09	Planície Direita	702.343	7.754.307	1,43	05/12/17
	T9T51-10	Planície Direita	702.357	7.754.288	0,58	05/12/17
	T9T52-01	Planície Esquerda	703.088	7.754.876	0,53	05/12/17
	T9T52-02A	Planície Esquerda	703.089	7.754.874	0,52	05/12/17
	T9T52-02B	Planície Esquerda	703.108	7.754.864	0,72	05/12/17
	T9T52-03	Margem Esquerda	703.113	7.754.859	0,73	05/12/17
	T9T52-07	Margem Direita	703.158	7.754.836	0,95	05/12/17
	T9T52-08	Planície Direita	703.170	7.754.827	0,74	05/12/17
	T9T52-09	Encosta Direita	703.174	7.754.823	0,29	05/12/17

Os dados desta avaliação foram detalhados e são apresentados na Tabela 45, Tabela 46 e Tabela 47.

Tabela 45 – Resultados de Espessura de Rejeito nos Transectos

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T1	T9T1-01	Encosta Esquerda	-	-	-	1,33	1,33
	T9T1-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,50	1,50
	T9T1-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,64	0,64
	T9T1-04	Planície Esquerda	-	-	-	1,23	1,23
	T9T1-05	Margem Esquerda	-	-	-	1,03	1,03
	T9T1-06	Calha	0,15	0,88	-	-	1,03
	T9T1-07	Calha	0,23	1,07	-	-	1,30
	T9T1-08	Calha	0,17	1,03	-	-	1,20
	T9T1-09	Margem Direita	-	-	-	0,61	0,61
	T9T1-10	Planície Direita	-	-	-	0,71	0,71
	T9T1-11	Encosta Direita	-	-	-	0,27	0,27
T9T2	T9T2-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,14	0,14
	T9T2-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,27	1,27
	T9T2-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,69	0,69
	T9T2-04	Calha	1,05	0,00	-	-	1,05
	T9T2-05	Calha	0,67	0,17	-	-	0,84
	T9T2-06	Calha	0,40	0,00	-	-	0,40
	T9T2-07	Margem Direita	-	-	-	0,61	0,61
	T9T2-08	Planície Direita	-	-	-	1,05	1,05
	T9T2-09	Planície Direita	-	-	-	0,90	0,90
	T9T2-10	Planície Direita	-	-	-	0,52	0,52
	T9T2-11	Encosta Direita	-	-	-	0,53	0,53
T9T3	T9T3-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,37	0,37
	T9T3-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,50	0,50
	T9T3-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,95	0,95
	T9T3-04	Calha	0,97	0,00	-	-	0,97
	T9T3-05	Calha	0,00	0,60	-	-	0,60
	T9T3-06	Calha	0,22	1,39	-	-	1,61
	T9T3-07	Margem Direita	-	-	-	0,80	0,80
	T9T3-08	Planície Direita	-	-	-	0,60	0,60
	T9T3-09	Planície Direita	-	-	-	1,60	1,60
	T9T3-10	Planície Direita	-	-	-	1,30	1,30
	T9T3-11	Encosta Direita	-	-	-	0,35	0,35
T9T4	T9T4-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,56	0,56
	T9T4-02	Planície Esquerda	-	-	-	3,58	3,58
	T9T4-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,50	0,50
	T9T4-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,54	0,54
	T9T4-05	Calha	0,40	0,40	-	-	0,80
	T9T4-06	Calha	0,30	0,40	-	-	0,70
	T9T4-07	Calha	0,00	0,50	-	-	0,50
	T9T4-08	Margem Direita	-	-	-	0,66	0,66
	T9T4-09	Planície Direita	-	-	-	1,30	1,30

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T5	T9T4-10	Encosta Direita	-	-	-	0,43	0,43
	T9T5-02	Encosta Esquerda	-	-	-	0,23	0,23
	T9T5-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,51	0,51
	T9T5-04	Planície Esquerda	-	-	-	0,42	0,42
	T9T5-05	Margem Esquerda	-	-	-	1,27	1,27
	T9T5-06	Calha	0,13	0,52	-	-	0,65
	T9T5-07	Calha	0,66	0,00	-	-	0,66
	T9T5-08	Calha	0,21	0,00	-	-	0,21
	T9T5-09	Margem Direita	-	-	-	0,56	0,56
	T9T5-10	Encosta Direita	-	-	-	0,44	0,44
T9T6	T9T6-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,25	0,25
	T9T6-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,20	0,20
	T9T6-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,40	0,40
	T9T6-04	Calha	0,28	0,00	-	-	0,28
	T9T6-05	Calha	0,81	0,35	-	-	1,16
	T9T6-06	Calha	0,90	0,00	-	-	0,90
	T9T6-07	Margem Direita	-	-	-	0,30	0,30
	T9T6-08	Planície Direita	-	-	-	0,55	0,55
	T9T6-09	Encosta Direita	-	-	-	0,30	0,30
T9T7	T9T7-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,67	0,67
	T9T7-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,73	0,73
	T9T7-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,57	0,57
	T9T7-04	Calha	0,35	0,28	-	-	0,63
	T9T7-05	Calha	0,30	0,35	-	-	0,65
	T9T7-06	Calha	0,30	0,40	-	-	0,70
	T9T7-07	Margem Direita	-	-	-	0,60	0,60
	T9T7-08	Planície Direita	-	-	-	0,70	0,70
	T9T7-09	Planície Direita	-	-	-	1,55	1,55
	T9T7-10	Encosta Direita	-	-	-	0,27	0,27
T9T8	T9T8-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,15	0,15
	T9T8-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,35	1,35
	T9T8-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,77	0,77
	T9T8-04	Calha	0,40	0,15	-	-	0,55
	T9T8-05	Calha	0,22	0,58	-	-	0,80
	T9T8-06	Calha	0,30	0,15	-	-	0,45
	T9T8-07	Margem Direita	-	-	-	0,74	0,74
	T9T8-08	Planície Direita	-	-	-	0,60	0,60
	T9T8-09	Planície Direita	-	-	-	0,40	0,40
	T9T8-10	Encosta Direita	-	-	-	0,10	0,10
T9T9	T9T9-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,24	0,24
	T9T9-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,96	0,96
	T9T9-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,50	0,50
	T9T9-04	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T9-05	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T10	T9T9-06	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T9-07	Margem Direita	-	-	-	0,46	0,46
	T9T9-08	Planície Direita	-	-	-	0,63	0,63
	T9T9-09	Encosta Direita	-	-	-	0,18	0,18
	T9T10-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,22	0,22
	T9T10-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,12	0,12
	T9T10-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,55	0,55
	T9T10-04	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T10-05	Calha	0,51	0,00	-	-	0,51
	T9T10-06	Calha	0,45	0,15	-	-	0,60
	T9T10-07	Margem Direita	-	-	-	0,20	0,20
	T9T10-08	Planície Direita	-	-	-	0,91	0,91
	T9T10-09	Planície Direita	-	-	-	1,20	1,20
	T9T10-10	Encosta Direita	-	-	-	0,20	0,20
T9T11	T9T11-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,28	0,28
	T9T11-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,41	1,41
	T9T11-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,79	0,79
	T9T11-04	Calha	0,40	0,35	-	-	0,75
	T9T11-05	Calha	0,18	0,23	-	-	0,41
	T9T11-06	Calha	0,13	0,00	-	-	0,13
	T9T11-07	Margem Direita	-	-	-	0,22	0,22
	T9T11-08	Planície Direita	-	-	-	1,06	1,06
	T9T11-09	Planície Direita	-	-	-	1,53	1,53
	T9T11-10	Encosta Direita	-	-	-	0,67	0,67
T9T12	T9T12-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,17	0,17
	T9T12-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,00	1,00
	T9T12-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,35	0,35
	T9T12-04	Calha	0,44	0,00	-	-	0,44
	T9T12-05	Calha	0,18	0,36	-	-	0,54
	T9T12-06	Calha	0,70	0,00	-	-	0,70
	T9T12-07	Margem Direita	-	-	-	0,50	0,50
	T9T12-08	Planície Direita	-	-	-	0,65	0,65
	T9T12-09	Encosta Direita	-	-	-	0,42	0,42
T9T13	T9T13-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,08	0,08
	T9T13-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,40	0,40
	T9T13-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,08	0,08
	T9T13-04	Calha	0,42	0,00	-	-	0,42
	T9T13-05	Calha	0,60	0,24	-	-	0,84
	T9T13-06	Calha	0,38	0,00	-	-	0,38
	T9T13-07	Margem Direita	-	-	-	0,65	0,65
	T9T13-08	Planície Direita	-	-	-	0,22	0,22
	T9T13-09	Encosta Direita	-	-	-	0,08	0,08
T9T14	T9T14-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,22	0,22
	T9T14-02	Margem Esquerda	-	-	-	2,02	2,02

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
	T9T14-04	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T14-05	Calha	0,90	0,00	-	-	0,90
	T9T14-06	Calha	0,71	0,09	-	-	0,80
	T9T14-07	Planície Direita	-	-	-	1,80	1,80
	T9T14-08	Planície Direita	-	-	-	1,40	1,40
	T9T14-09	Planície Direita	-	-	-	0,72	0,72
	T9T14-10	Planície Direita	-	-	-	1,30	1,30
	T9T14-11	Encosta Direita	-	-	-	0,42	0,42
	T9T15-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,12	0,12
	T9T15-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,40	1,40
	T9T15-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,40	0,40
T9T15	T9T15-04	Calha	1,45	0,00	-	-	1,45
	T9T15-05	Calha	0,54	0,00	-	-	0,54
	T9T15-06	Calha	0,78	0,00	-	-	0,78
	T9T15-07	Margem Direita	-	-	-	0,38	0,38
	T9T15-08	Planície Direita	-	-	-	0,40	0,40
	T9T15-09	Encosta Direita	-	-	-	0,06	0,06
	T9T16-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,98	0,98
	T9T16-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,66	0,66
T9T16	T9T16-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,21	0,21
	T9T16-04	Calha	0,33	0,34	-	-	0,67
	T9T16-05	Calha	0,65	0,00	-	-	0,65
	T9T16-06	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T16-07	Margem Direita	-	-	0,21	0,36	0,57
	T9T16-08	Planície Direita	-	-	0,37	1,26	1,63
	T9T16-09	Planície Direita	-	-	0,11	2,46	2,57
	T9T16-10	Planície Direita	-	-	0,28	1,04	1,32
	T9T16-11	Encosta Direita	-	-	-	0,23	0,23
	T9T17-01	Encosta Esquerda	-	-	-	-	0,00
	T9T17-02	Planície Esquerda	-	-	0,51	0,40	0,91
T9T17	T9T17-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,12	0,12
	T9T17-04	Planície Esquerda	-	-	-	0,13	0,13
	T9T17-05	Margem Esquerda	-	-	-	0,47	0,47
	T9T17-06	Calha	0,16	0,68	-	-	0,84
	T9T17-07*	Calha	0,21	0,34	-	-	0,54
	T9T17-08	Calha	0,21	0,00	-	-	0,21
	T9T17-09	Calha	0,14	0,00	-	-	0,14
	T9T17-10	Margem Direita	-	-	0,42	0,30	0,72
	T9T17-11	Encosta Direita	-	-	-	0,07	0,07
	T9T18-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,20	0,20
	T9T18-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,60	1,60
T9T18	T9T18-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,10	1,10
	T9T18-04	Calha	0,30	0,85	-	-	1,15
	T9T18-05	Calha	0,32	1,98	-	-	2,30

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T19	T9T18-06	Calha	1,55	0,15	-	-	1,70
	T9T18-07	Margem Direita	-	-	-	4,20	4,20
	T9T18-08	Planície Direita	-	-	-	0,60	0,60
	T9T18-09	Planície Direita	-	-	-	0,80	0,80
	T9T19-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,20	0,20
	T9T19-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,00	1,00
	T9T19-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,70	0,70
	T9T19-04	Calha	0,00	0,35	-	-	0,35
	T9T19-05	Calha	0,25	0,17	-	-	0,42
	T9T19-06	Calha	0,36	0,44	-	-	0,80
	T9T19-07	Margem Direita	-	-	-	1,00	1,00
	T9T19-08	Planície Direita	-	-	-	1,15	1,15
	T9T19-09	Planície Direita	-	-	-	1,00	1,00
	T9T19-10	Planície Direita	-	-	-	2,05	2,05
	T9T19-11	Planície Direita	-	-	-	1,20	1,20
	T9T19-12	Planície Direita	-	-	-	1,02	1,02
	T9T19-13	Planície Direita	-	-	-	1,16	1,16
T9T20	T9T19-14	Planície Direita	-	-	-	1,19	1,19
	T9T19-15	Planície Direita	-	-	-	0,91	0,91
	T9T19-16	Planície Direita	-	-	-	0,48	0,48
	T9T19-17	Planície Direita	-	-	-	0,41	0,41
	T9T20-01	Planície Direita	-	-	-	0,46	0,46
T9T21	T9T20-02	Planície Direita	-	-	-	0,48	0,48
	T9T20-03	Planície Direita	-	-	-	1,60	1,60
	T9T20-04	Planície Direita	-	-	-	1,02	1,02
	T9T20-05	Planície Direita	-	-	-	0,72	0,72
	T9T21-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,25	0,25
	T9T21-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,30	0,30
	T9T21-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,47	0,47
	T9T21-04B	Planície Esquerda	-	-	-	1,34	1,34
	T9T21-05	Margem Esquerda	-	-	-	1,15	1,15
	T9T21-06	Calha	0,29	0,77	-	-	1,06
	T9T21-07	Calha	0,19	0,65	-	-	0,84
T9T22	T9T21-08	Calha	0,12	0,00	-	-	0,12
	T9T21-09	Margem Direita	-	-	-	0,19	0,19
	T9T21-10	Planície Direita	-	-	-	0,37	0,37
	T9T21-11	Encosta Direita	-	-	-	0,53	0,53
	T9T22-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,36	0,36
	T9T22-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,60	0,60
	T9T22-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,43	0,43
T9T22	T9T22-04	Calha	0,00	0,22	-	-	0,22
	T9T22-05	Calha	0,00	0,23	-	-	0,23
	T9T22-06	Calha	0,00	0,27	-	-	0,27
	T9T22-07	Margem Direita	-	-	-	0,40	0,40

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T23	T9T22-08	Planície Direita	-	-	-	2,00	2,00
	T9T22-09	Encosta Direita	-	-	-	0,15	0,15
	T9T23-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T23-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,90	1,90
	T9T23-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,46	0,46
	T9T23-04	Margem Esquerda	-	-	-	2,00	2,00
	T9T23-05	Calha	0,58	0,26	-	-	0,84
	T9T23-06	Calha	1,30	0,00	-	-	1,30
	T9T23-07	Calha	1,56	0,00	-	-	1,56
	T9T23-08	Margem Direita	-	-	-	-	0,00
	T9T23-09	Planície Direita	-	-	-	1,18	1,18
	T9T23-10	Encosta Direita	-	-	-	0,46	0,46
T9T24	T9T24-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,68	0,68
	T9T24-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,25	1,25
	T9T24-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,95	0,95
	T9T24-04	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T24-05	Calha	0,24	0,16	-	-	0,40
	T9T24-06	Calha	0,29	0,58	-	-	0,87
	T9T24-07	Margem Direita	-	-	-	0,55	0,55
	T9T24-08	Planície Direita	-	-	0,16	0,91	1,07
	T9T24-09	Planície Direita	-	-	-	1,28	1,28
	T9T24-10	Encosta Direita	-	-	-	0,43	0,43
T9T25	T9T25-01	Planície Esquerda	-	-	-	1,15	1,15
	T9T25-02	Planície Esquerda	-	-	0,33	1,18	1,51
	T9T25-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,58	1,58
	T9T25-04	Calha	0,00	0,21	-	-	0,21
	T9T25-05*	Calha	0,21	0,37	-	-	0,58
	T9T25-06	Calha	0,82	0,00	-	-	0,82
	T9T25-07	Margem Direita	-	-	0,22	0,79	1,01
	T9T25-08	Planície Direita	-	-	0,21	0,12	0,33
	T9T25-09	Encosta Direita	-	-	-	0,00	0,00
T9T26	T9T25-10	Encosta Direita	-	-	-	0,00	0,00
	T9T26-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,11	0,11
	T9T26-02	Planície Esquerda	-	-	0,46	0,75	1,21
	T9T26-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,13	1,13
	T9T26-04	Calha	0,22	0,00	-	-	0,22
	T9T26-05	Calha	0,51	0,00	-	-	0,51
	T9T26-06	Calha	0,36	0,00	-	-	0,36
	T9T26-07	Margem Direita	-	-	-	0,65	0,65
	T9T26-08	Planície Direita	-	-	-	0,40	0,40
	T9T26-09	Planície Direita	-	-	-	1,37	1,37
T9T27	T9T26-10	Encosta Direita	-	-	-	0,45	0,45
	T9T27-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,16	0,16
	T9T27-02	Encosta Esquerda	-	-	-	0,04	0,04

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
	T9T27-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,45	0,45
	T9T27-04	Calha	0,12	0,00	-	-	0,12
	T9T27-05	Calha	0,58	0,13	-	-	0,71
	T9T27-06	Calha	0,60	0,12	-	-	0,72
	T9T27-07	Margem Direita	-	-	0,18	0,88	1,06
	T9T27-08	Planície Direita	-	-	0,23	0,57	0,80
	T9T27-09	Planície Direita	-	-	0,20	0,82	1,02
	T9T27-10	Planície Direita	-	-	0,07	0,71	0,78
	T9T27-11	Encosta Direita	-	-	0,08	0,22	0,30
T9T28	T9T28-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,15	0,15
	T9T28-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,00	1,00
	T9T28-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,70	0,70
	T9T28-04	Calha	0,39	0,32	-	-	0,71
	T9T28-05	Calha	0,45	0,76	-	-	1,21
	T9T28-06	Calha	0,15	1,05	-	-	1,20
	T9T28-07	Margem Direita	-	-	-	1,70	1,70
	T9T28-08	Planície Direita	-	-	0,10	2,70	2,80
	T9T28-09	Planície Direita	-	-	-	1,40	1,40
	T9T28-10	Encosta Direita	-	-	-	0,17	0,17
T9T29	T9T29-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,51	0,51
	T9T29-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,88	0,88
	T9T29-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,32	0,32
	T9T29-04	Calha	0,68	0,00	-	-	0,68
	T9T29-05	Calha	0,60	0,22	-	-	0,82
	T9T29-06	Calha	0,73	0,00	-	-	0,73
	T9T29-07	Margem Direita	-	-	-	0,16	0,16
	T9T29-08	Planície Direita	-	-	-	0,19	0,19
	T9T29-09	Encosta Direita	-	-	-	0,00	0,00
T9T30	T9T30-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,23	0,23
	T9T30-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,17	0,17
	T9T30-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,62	0,62
	T9T30-04	Calha	0,38	0,24	-	-	0,62
	T9T30-05	Calha	0,49	1,35	-	-	1,84
	T9T30-06*	Calha	0,56	0,13	-	-	0,69
	T9T30-07	Margem Direita	-	-	-	0,57	0,57
	T9T30-08	Planície Direita	-	-	-	0,37	0,37
	T9T30-09	Encosta Direita	-	-	-	0,31	0,31
	T9T30-Adicional #1	Planície Direita	-	-	-	0,63	0,63
	T9T30-Adicional #2	Planície Direita	-	-	-	0,25	0,25
	T9T30-Adicional #3	Planície Direita	-	-	-	0,27	0,27
T9T31	T9T31-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,08	0,08
	T9T31-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,34	0,34
	T9T31-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,72	0,72
	T9T31-04	Calha	0,48	0,13	-	-	0,61

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T32	T9T31-05	Calha	0,54	0,25	-	-	0,79
	T9T31-06	Calha	0,81	0,11	-	-	0,92
	T9T31-07	Margem Direita	-	-	-	0,92	0,92
	T9T31-08	Planície Direita	-	-	-	1,15	1,15
	T9T31-09	Encosta Direita	-	-	-	0,07	0,07
	T9T32-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,43	0,43
	T9T32-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,07	0,07
	T9T32-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,82	0,82
	T9T32-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,36	0,36
	T9T32-05	Calha	0,25	0,46	-	-	0,71
	T9T32-06	Calha	0,42	0,00	-	-	0,42
	T9T32-07	Calha	0,23	0,00	-	-	0,23
	T9T32-08	Margem Direita	-	-	-	0,44	0,44
	T9T32-09	Encosta Direita	-	-	-	0,21	0,21
	T9T32-Adicional #1	Planície Direita	-	-	-	0,51	0,51
	T9T32-Adicional #2	Planície Direita	-	-	0,25	0,30	0,55
T9T33	T9T32-Adicional #3	Planície Direita	-	-	-	0,00	0,00
	T9T32-Adicional #4	Planície Direita	-	-	-	0,30	0,30
	T9T33-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,08	0,08
	T9T33-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,70	0,70
	T9T33-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,38	0,38
	T9T33-04	Calha	0,90	0,00	-	-	0,90
	T9T33-05	Calha	1,15	0,10	-	-	1,25
	T9T33-06	Calha	1,55	0,00	-	-	1,55
	T9T33-07	Margem Direita	-	-	-	0,26	0,26
T9T34	T9T33-08	Planície Direita	-	-	-	0,50	0,50
	T9T33-09	Encosta Direita	-	-	-	0,20	0,20
	T9T34-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,11	0,11
	T9T34-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T34-03	Planície Esquerda	-	-	-	1,06	1,06
	T9T34-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,33	0,33
	T9T34-05	Calha	0,48	0,00	-	-	0,48
	T9T34-06	Calha	0,41	0,43	-	-	0,84
	T9T34-07	Calha	0,19	0,45	-	-	0,64
T9T35	T9T34-08	Margem Direita	-	-	-	0,52	0,52
	T9T34-09	Encosta Direita	-	-	-	0,36	0,36
	T9T35-01	Encosta Direita	-	-	-	0,12	0,12
	T9T35-02	Planície Direita	-	-	-	0,77	0,77
	T9T35-03	Margem Direita	-	-	-	0,55	0,55
	T9T35-04	Calha	1,40	0,00	-	-	1,40
	T9T35-05	Calha	0,51	0,64	-	-	1,15
	T9T35-06	Calha	1,00	0,00	-	-	1,00
	T9T35-07	Margem Esquerda	-	-	-	0,49	0,49
	T9T35-08	Planície Esquerda	-	-	-	0,83	0,83

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T36	T9T35-09	Encosta Esquerda	-	-	-	0,86	0,86
	T9T36-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,12	0,12
	T9T36-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,16	0,16
	T9T36-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,57	0,57
	T9T36-04	Calha	0,10	0,00	-	-	0,10
	T9T36-05	Calha	0,52	0,19	-	-	0,71
	T9T36-06	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T36-07	Margem Direita	-	-	-	1,03	1,03
	T9T36-08	Encosta Direita	-	-	-	0,16	0,16
T9T37	T9T37-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,02	0,02
	T9T37-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,94	0,94
	T9T37-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,63	0,63
	T9T37-04	Calha	0,17	0,37	-	-	0,54
	T9T37-05	Calha	0,42	0,36	-	-	0,78
	T9T37-06	Calha	0,58	0,00	-	-	0,58
	T9T37-07	Margem Direita	-	-	-	0,17	0,17
	T9T37-08	Planície Direita	-	-	0,33	0,90	1,23
	T9T37-09	Planície Direita	-	-	-	0,15	0,15
	T9T37-10	Encosta Direita	-	-	-	0,12	0,12
T9T38	T9T38-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,37	0,37
	T9T38-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,97	0,97
	T9T38-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,85	0,85
	T9T38-04	Planície Esquerda	-	-	-	0,84	0,84
	T9T38-05	Margem Esquerda	-	-	-	0,67	0,67
	T9T38-06	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T38-07	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T38-08	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T38-09	Margem Direita	-	-	-	1,44	1,44
	T9T38-10	Planície Direita	-	-	-	1,09	1,09
	T9T38-11	Planície Direita	-	-	-	1,54	1,54
	T9T38-12	Encosta Direita	-	-	-	0,66	0,66
T9T39	T9T39-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,11	0,11
	T9T39-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,26	0,26
	T9T39-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,30	1,30
	T9T39-04	Calha	0,34	0,00	-	-	0,34
	T9T39-05	Calha	0,61	0,00	-	-	0,61
	T9T39-06	Calha	1,98	0,00	-	-	1,98
	T9T39-07	Margem Direita	-	-	-	0,00	0,00
	T9T39-08	Planície Direita	-	-	1,30	0,30	1,60
	T9T39-09	Planície Direita	-	-	-	0,18	0,18
	T9T39-10	Encosta Direita	-	-	-	0,25	0,25
T9T40	T9T40-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,15	0,15
	T9T40-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,30	0,30
	T9T40-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,20	0,20

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
	T9T40-04	Calha	0,17	0,00	-	-	0,17
	T9T40-05	Calha	0,19	0,00	-	-	0,19
	T9T40-06	Calha	0,21	0,00	-	-	0,21
	T9T40-07	Planície Direita	-	-	-	1,01	1,01
	T9T40-07B	Margem Direita	-	-	-	0,76	0,76
	T9T40-08	Planície Direita	-	-	-	1,47	1,47
	T9T40-09	Encosta Direita	-	-	-	0,02	0,02
	T9T41-01	Encosta Esquerda	-	-	-	1,00	1,00
	T9T41-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,70	0,70
	T9T41-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,05	1,05
T9T41	T9T41-04	Calha	0,92	0,51	-	-	1,43
	T9T41-05	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T41-06	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T41-07	Margem Direita	-	-	-	0,33	0,33
	T9T41-08	Planície Direita	-	-	-	0,37	0,37
	T9T41-09	Planície Direita	-	-	-	0,32	0,32
	T9T41-10	Encosta Direita	-	-	-	0,07	0,07
T9T42	T9T42-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,10	0,10
	T9T42-02	Encosta Esquerda	-	-	-	0,30	0,30
	T9T42-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,00	1,00
	T9T42-04	Calha	0,42	0,53	-	-	0,95
	T9T42-05	Calha	0,44	0,00	-	-	0,44
	T9T42-06	Calha	0,32	0,00	-	-	0,32
	T9T42-07	Margem Direita	-	-	0,15	0,39	0,54
	T9T42-08	Planície Direita	-	-	-	0,58	0,58
	T9T42-09	Planície Direita	-	-	-	0,15	0,15
T9T43	T9T43-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T43-02	Planície Esquerda	-	-	0,58	0,43	1,01
	T9T43-03	Margem Esquerda	-	-	0,18	1,13	1,31
	T9T43-04	Calha	0,26	0,00	-	-	0,26
	T9T43-05	Calha	0,32	0,00	-	-	0,32
	T9T43-06	Calha	0,30	0,00	-	-	0,30
	T9T43-07	Margem Direita	-	-	0,17	0,37	0,54
	T9T43-08	Planície Direita	-	-	0,13	0,33	0,46
	T9T43-09	Planície Direita	-	-	0,18	2,04	2,22
	T9T43-10	Encosta Direita	-	-	-	0,26	0,26
T9T44	T9T44-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,07	0,07
	T9T44-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,50	0,50
	T9T44-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,26	0,26
	T9T44-04	Calha	0,19	0,00	-	-	0,19
	T9T44-05	Calha	0,75	0,00	-	-	0,75
	T9T44-06	Calha	1,32	0,00	-	-	1,32
	T9T44-07	Margem Direita	-	-	-	0,96	0,96
	T9T44-08	Planície Direita	-	-	-	0,14	0,14

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T45	T9T44-09	Encosta Direita	-	-	-	0,30	0,30
	T9T45-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,16	0,16
	T9T45-02	Planície Esquerda	-	-	0,22	0,56	0,78
	T9T45-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,48	0,48
	T9T45-04	Planície Esquerda	-	-	-	1,08	1,08
	T9T45-05	Calha	0,16	0,22	-	-	0,38
	T9T45-06	Calha	0,11	0,00	-	-	0,11
	T9T45-07	Calha	0,22	0,46	-	-	0,68
	T9T45-08	Margem Direita	-	-	-	0,32	0,32
	T9T45-09	Planície Direita	-	-	0,11	0,81	0,92
	T9T45-10	Encosta Direita	-	-	-	0,15	0,15
T9T46	T9T46-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,16	0,16
	T9T46-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,11	0,11
	T9T46-03	Margem Esquerda	-	-	-	1,21	1,21
	T9T46-04	Calha	0,33	0,00	-	-	0,33
	T9T46-05	Calha	0,66	0,27	-	-	0,93
	T9T46-06	Calha	0,45	0,10	-	-	0,55
	T9T46-07	Margem Direita	-	-	-	0,35	0,35
	T9T46-08	Planície Direita	-	-	0,35	0,63	0,98
	T9T46-09	Encosta Direita	-	-	-	0,00	0,00
T9T47	T9T47-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T47-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,36	0,36
	T9T47-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,41	0,73
	T9T47-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,68	0,68
	T9T47-05	Calha	0,00	0,00	-	-	0,00
	T9T47-06	Calha	0,52	0,00	-	-	0,52
	T9T47-07	Calha	0,41	0,00	-	-	0,41
	T9T47-08	Planície Direita	-	-	-	0,75	0,75
	T9T47-09	Planície Direita	-	-	-	0,52	0,52
	T9T47-10	Encosta Direita	-	-	-	0,19	0,19
T9T48	T9T48-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,20	0,20
	T9T48-02	Planície Esquerda	-	-	-	1,30	1,30
	T9T48-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,70	0,70
	T9T48-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,72	0,72
	T9T48-05	Calha	0,68	0,00	-	-	0,68
	T9T48-06	Calha	0,35	0,00	-	-	0,35
	T9T48-07	Calha	0,24	0,30	-	-	0,54
	T9T48-08	Margem Direita	-	-	-	0,67	0,67
	T9T48-09	Planície Direita	-	-	-	0,59	0,59
	T9T48-10	Encosta Direita	-	-	-	0,21	0,21
T9T49	T9T49-01	Encosta Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T49-02	Encosta Esquerda	-	-	-	0,25	0,25
	T9T49-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,28	0,28
	T9T49-04	Calha	0,32	0,00	-	-	0,32

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	CONTEXTO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ATERRO EXTRACALHA	ESPESSURA DO REJEITO EXTRACALHA	ESPESSURA TOTAL DO REJEITO
T9T50	T9T49-05	Calha	0,74	0,00	-	-	0,74
	T9T49-06	Calha	0,25	0,34	-	-	0,59
	T9T49-07	Planície Direita	-	-	-	0,27	0,27
	T9T49-08	Planície Direita	-	-	-	0,53	0,53
	T9T49-09	Encosta Direita	-	-	-	0,08	0,08
	T9T50-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,14	0,14
	T9T50-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,33	0,33
	T9T50-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,94	0,94
	T9T50-04	Planície Esquerda	-	-	-	0,82	0,82
	T9T50-05	Margem Esquerda	-	-	-	0,48	0,48
	T9T50-06	Calha	0,62	0,40	-	-	1,02
	T9T50-07	Calha	0,75	0,67	-	-	1,42
	T9T50-08	Calha	0,91	0,45	-	-	1,36
	T9T50-09	Margem Direita	-	-	-	0,40	0,40
	T9T50-10	Encosta Direita	-	-	-	0,33	0,33
T9T51	T9T50-Adicional 1	Planície Direita	-	-	-	0,63	0,63
	T9T51-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T51-02	Planície Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T51-03	Planície Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T51-04	Margem Esquerda	-	-	-	0,37	0,37
	T9T51-08	Margem Direita	-	-	0,16	0,25	0,41
	T9T51-09	Planície Direita	-	-	0,16	1,01	1,17
T9T52	T9T51-10	Planície Direita	-	-	-	0,00	0,00
	T9T52-01	Planície Esquerda	-	-	-	0,00	0,00
	T9T52-02A	Planície Esquerda	-	-	-	0,26	0,26
	T9T52-02B	Planície Esquerda	-	-	-	0,43	0,43
	T9T52-03	Margem Esquerda	-	-	-	0,59	0,59
	T9T52-07	Margem Direita	-	-	-	0,61	0,61
	T9T52-08	Planície Direita	-	-	-	0,38	0,38
	T9T52-09	Encosta Direita	-	-	-	0,08	0,08

*Nestas sondagens, as espessuras de sedimento natural encontradas nas camadas superiores das sondagens foram consideradas nas espessuras de rejeito lavado por atuarem como camada capeadora da mesma forma.

Tabela 46 – Resultados de Espessura: Médias de Rejeito

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ESPESSURA TOTAL DAS MÉDIAS DO REJEITO INTRACALHA	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO EXTRACALHA
T9T1	0,18	0,99	1,18	0,92
T9T2	0,71	0,06	0,76	0,71
T9T3	0,4	0,66	1,06	0,81
T9T4	0,23	0,43	0,67	1,08
T9T5	0,33	0,17	0,51	0,57
T9T6	0,66	0,12	0,78	0,33
T9T7	0,32	0,34	0,66	0,73
T9T8	0,31	0,29	0,6	0,59
T9T9	0	0	0	0,5
T9T10	0,32	0,05	0,37	0,49
T9T11	0,24	0,19	0,43	0,85
T9T12	0,44	0,12	0,56	0,52
T9T13	0,47	0,08	0,55	0,25
T9T14	0,54	0,03	0,57	1,13
T9T15	0,92	0	0,92	0,46
T9T16	0,33	0,11	0,44	0,9
T9T17*	0,18	0,26	0,44	0,25
T9T18	0,72	0,99	1,72	1,42
T9T19	0,2	0,32	0,52	0,96
T9T20	-	-	-	0,86
T9T21	0,2	0,47	0,91	0,58
T9T22	0	0,24	1,31	0,66
T9T23	1,15	0,09	1,23	1
T9T24	0,18	0,25	0,42	0,86
T9T25	0,34	0,19	0,54	0,69
T9T26	0,36	0	0,36	0,69
T9T27	0,43	0,08	0,52	0,48
T9T28	0,33	0,71	1,04	1,12
T9T29	0,67	0,07	1,61	0,34
T9T30	0,48	0,57	1,82	0,38
T9T31	0,61	0,16	1,34	0,55
T9T32	0,3	0,15	0,78	0,34
T9T33	1,2	0,03	1,89	0,35
T9T34	0,36	0,29	0,65	0,4
T9T35	0,97	0,21	1,45	0,6
T9T36	0,21	0,06	0,75	0,41
T9T37	0,39	0,24	0,63	0,42
T9T38	0	0	0,98	0,94
T9T39	0,98	0	0,98	0,34
T9T40	0,19	0	0,19	0,56
T9T41	0,31	0,17	0,48	0,55
T9T42	0,39	0,18	0,57	0,42
T9T43	0,29	0	0,29	0,65

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO LAVADO	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO INCONSOLIDADO	ESPESSURA TOTAL DAS MÉDIAS DO REJEITO INTRACALHA	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO EXTRACALHA
T9T44	0,75	0	0,75	0,37
T9T45	0,16	0,23	0,39	0,51
T9T46	0,48	0,12	0,6	0,41
T9T47	0,31	0	0,31	0,42
T9T48	0,42	0,1	0,52	0,63
T9T49	0,44	0,11	0,55	0,24
T9T50	0,76	0,51	1,27	0,51
T9T51	-	-	-	0,23
T9T52	-	-	-	0,34

Tabela 47 – Resultados de Espessura de Rejeito por Contexto

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA POR CONTEXTO						CALHA
	ENCOSTA		PLANÍCIE		MARGEM		
	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	
T9T1	0,27	1,33	0,71	1,12	0,61	1,03	1,18
T9T2	0,53	0,14	0,82	1,27	0,61	0,69	0,76
T9T3	0,35	0,37	1,17	0,5	0,8	0,95	1,06
T9T4	0,43	0,56	1,3	2,04	0,66	0,54	0,67
T9T5	0,44	0,23	-	0,47	0,56	1,27	0,51
T9T6	0,3	0,25	0,55	0,2	0,3	0,4	0,78
T9T7	0,27	0,67	1,13	0,73	0,6	0,57	0,66
T9T8	0,1	0,15	0,5	1,35	0,74	0,77	0,6
T9T9	0,18	0,24	0,63	0,96	0,46	0,5	0
T9T10	0,2	0,22	1,06	0,12	0,2	0,55	0,37
T9T11	0,67	0,28	1,3	1,41	0,22	0,79	0,43
T9T12	0,42	0,17	0,65	1	0,5	0,35	0,56
T9T13	0,08	0,08	0,22	0,4	0,65	0,08	0,55
T9T14	0,42	0,22	1,31	-	-	2,02	0,57
T9T15	0,06	0,12	0,4	1,4	0,38	0,4	0,92
T9T16	0,23	0,98	1,84	0,66	0,57	0,21	0,44
T9T17	0,07	0	-	0,39	0,72	0,47	0,44
T9T18	-	0,2	0,7	1,6	4,2	1,1	1,72
T9T19	-	0,2	1,08	1	1	0,7	0,52
T9T20	-	-	0,86	-	-	-	-
T9T21	0,53	0,25	0,37	0,7	0,19	1,15	0,67
T9T22	0,15	0,36	2	0,6	0,4	0,43	0,24
T9T23	0,46	0	1,18	1,18	0	2	1,23
T9T24	0,43	0,68	1,18	1,25	0,55	0,95	0,42
T9T25	0	-	0,33	1,33	1,01	1,58	0,54
T9T26	0,45	0,11	0,89	1,21	0,65	1,13	0,36

IDENTIFICAÇÃO DOS TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA POR CONTEXTO						CALHA
	ENCOSTA		PLANÍCIE		MARGEM		
	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	DIREITA	ESQUERDA	
T9T27	0,3	0,1	0,87	-	1,06	0,45	0,52
T9T28	0,17	0,15	2,1	1	1,7	0,7	1,04
T9T29	0	0,51	0,19	0,88	0,16	0,32	0,74
T9T30	0,31	0,23	0,38	0,17	0,57	0,62	1,05
T9T31	0,07	0,08	1,15	0,34	0,92	0,72	0,77
T9T32	0,21	0,43	0,34	0,45	0,44	0,36	0,45
T9T33	0,2	0,08	0,5	0,7	0,26	0,38	1,23
T9T34	0,36	0,11	-	0,53	0,52	0,33	0,65
T9T35	0,12	0,86	0,77	0,83	0,55	0,49	1,18
T9T36	0,16	0,12	-	0,16	1,03	0,57	0,27
T9T37	0,12	0,02	0,69	0,94	0,17	0,63	0,63
T9T38	0,66	-	1,32	0,76	1,44	0,67	0
T9T39	0,25	0,11	0,89	0,26	0	1,3	0,98
T9T40	0,02	0,15	1,24	0,3	0,76	0,2	0,19
T9T41	0,07	1	0,35	0,7	0,33	1,05	0,48
T9T42	-	0,2	0,37	-	0,54	1	0,57
T9T43	0,26	0	1,34	1,01	0,54	1,31	0,29
T9T44	0,3	0,07	0,14	0,5	0,96	0,26	0,75
T9T45	0,15	-	0,92	0,63	0,32	-	0,39
T9T46	0	-	0,98	0,14	0,35	1,21	0,6
T9T47	0,19	0	0,64	0,55	-	0,68	0,31
T9T48	0,21	0,2	0,59	1	0,67	0,72	0,52
T9T49	0,08	0,13	0,4	-	-	0,28	0,55
T9T50	0,33	-	0,63	0,56	0,4	0,48	1,27
T9T51	-	-	0,59	0	0,41	0,37	-
T9T52	0,08	-	0,38	0,23	0,61	0,59	-

As características litológicas gerais encontradas durante as atividades de sondagem para o Trecho 9 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 coloração marrom avermelhado, pouco plástico, inconsolidado e saturado;
- **Substrato Natural (SN) (leito original do rio):** Material com características diversas, 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 coloração marrom avermelhado, pouco plástico, úmido, mas não saturado;
- **Substrato Natural (SN):** Material com características diversas, 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.

5.2.4.1.1 Espessuras Extracalha

Os resultados das medições das espessuras dos rejeitos extracalha nas sondagens dentro do Trecho 9 indicaram uma média de 0,61 m de espessura, com uma variação de 0,0 (ocorrido basicamente em encostas de alguns transectos) a 4,20 m (T9T18).

Já a média de espessura de rejeito por transecto foi de 0,60 m, com média mínima de 0,23 m (T9T51 – Rio do Carmo) e máxima de 1,42 m (T9T18 – Rio Gualaxo do Norte). Dentre os 52 transectos realizados, 20 apresentaram médias de depósito superior à média geral (aproximadamente 38% dos transectos), sendo estes:

- T9T1, T9T2, T9T3, T9T4, T9T7, T9T11, T9T14, T9T16, T9T18, T9T19 (Paracatu), T9T20 (Paracatu), T9T22, T9T23, T9T24, T9T25, T9T26, T9T28, T9T38, T9T43 e T9T48.

O restante, 72% dos transectos, ficaram abaixo da média de espessura identificada nos Trecho 9, inclusive o T9T39 que se encontra na localidade de Gesteira.

Os transectos localizados em Paracatu de Baixo (T919 e T9T20) tiveram medição máxima de espessura de rejeito de 2,05 m, como pode ser observado na Tabela 45, sendo esta sondagem realizada nas proximidades do campo de futebol vizinho à igreja de Paracatu, uma área plana. A menor espessura foi 0,20 m, em sondagem realizada na encosta esquerda do transecto T9T19. A média de todas sondagens extracalha realizadas em Paracatu foi de 0,93 m, superando a média calculada para o Trecho 9. As espessuras médias de cada contexto do Trecho 9, incluindo Paracatu de Baixo, foram calculadas e apresentadas na Tabela 47.

As sondagens extracalha realizadas na localidade de Gesteira, por meio do transecto T9T39, apresentaram medição máxima de espessura de rejeito de 1,30 m, mínima de 0,0 m (margem direita) e média de 0,34 m (inferior à média calculada para o Trecho 9).

Constatou-se durante as atividades de campo, em alguns transectos, a presença de camada de um material sobre a camada de rejeito, com características distintas do rejeito, a qual foi denominada “Aterro Extracalha”, como pode-se observar na Tabela 45. Tal material pode ser associado às obras de bioengenharia ou às ações dos proprietários dos terrenos em que foram realizados os transectos. As espessuras desta camada foram agregadas às espessuras de rejeito para o cálculo de volume de rejeito, uma vez que não seria possível tratar as camadas de forma individual para as alternativas de manejo. Vale mencionar que na sondagem número 8, realizada na planície direita do transecto T9T39 (Gesteira), foi encontrada uma camada deste material com 1,30 m de espessura.

Observou-se uma tendência de maior deposição de rejeito na seção extracalha nos transectos localizados a montante de “gargantas”, isto é, afunilamentos rochosos no curso do rio que funcionam 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 sedimentação e deposição do material em suspensão. O mesmo ocorre em transectos localizados a montante de meandros acentuados do rio Gualaxo do Norte, com limites em topos rochosos, também atuando como agente redutor da velocidade do fluxo do material proveniente do evento.

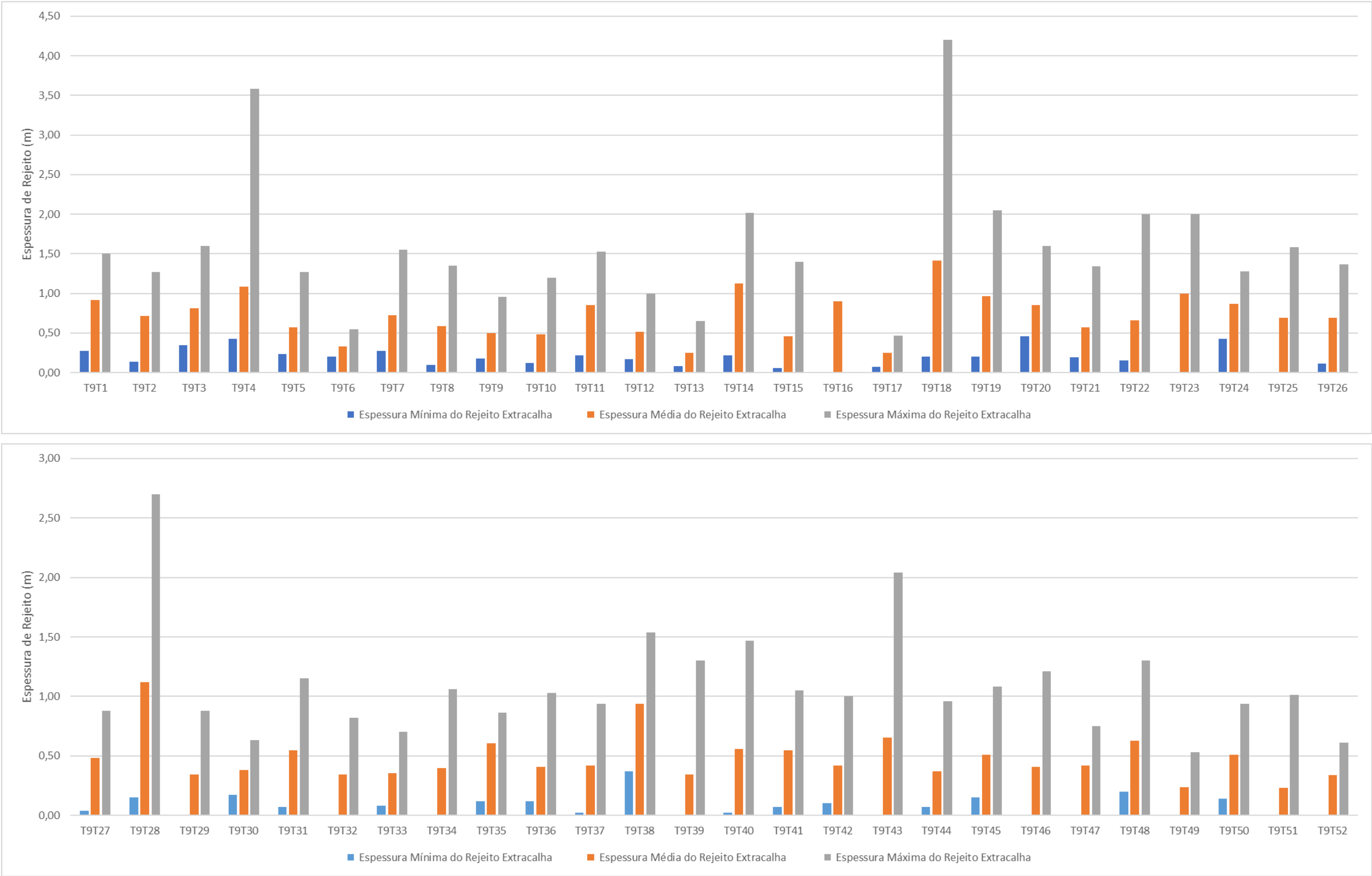
Deve-se destacar que a causa das espessuras maiores identificadas nos depósitos extracalha pode ser resultante da remobilização mecânica dos rejeitos eventualmente realizada nos trabalhos de

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.

As figuras do **Anexo XIII** apresentam a localização e, graficamente, as espessuras encontradas nas sondagens da seção extracalha e intracalha (esta última será apresentada adiante neste relatório).

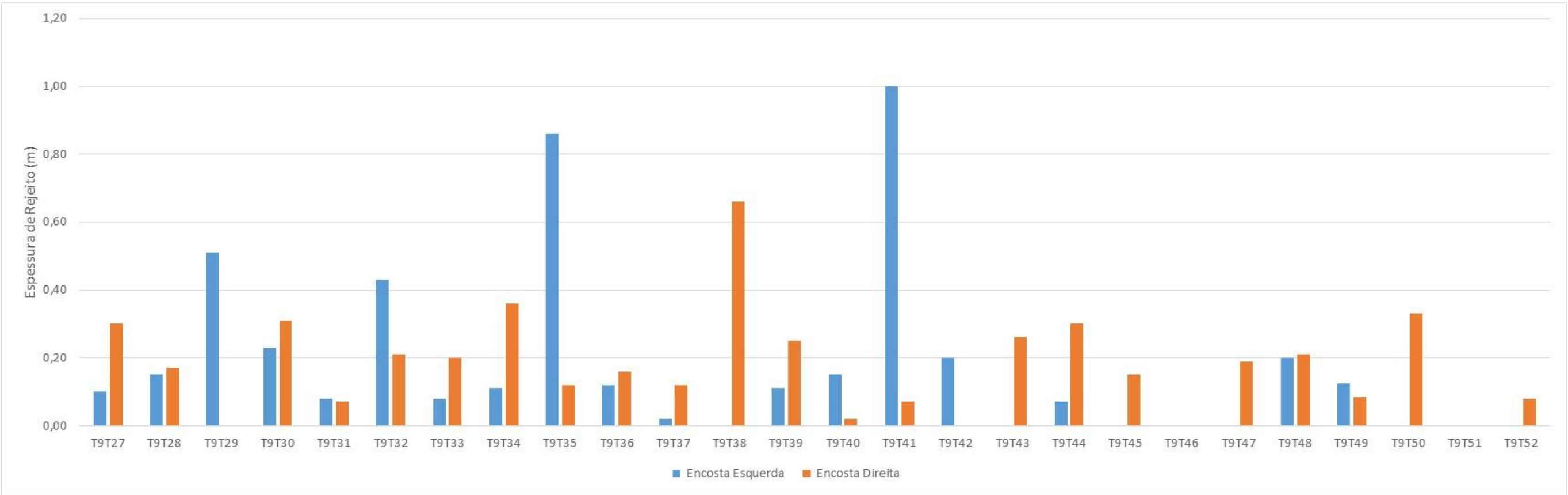
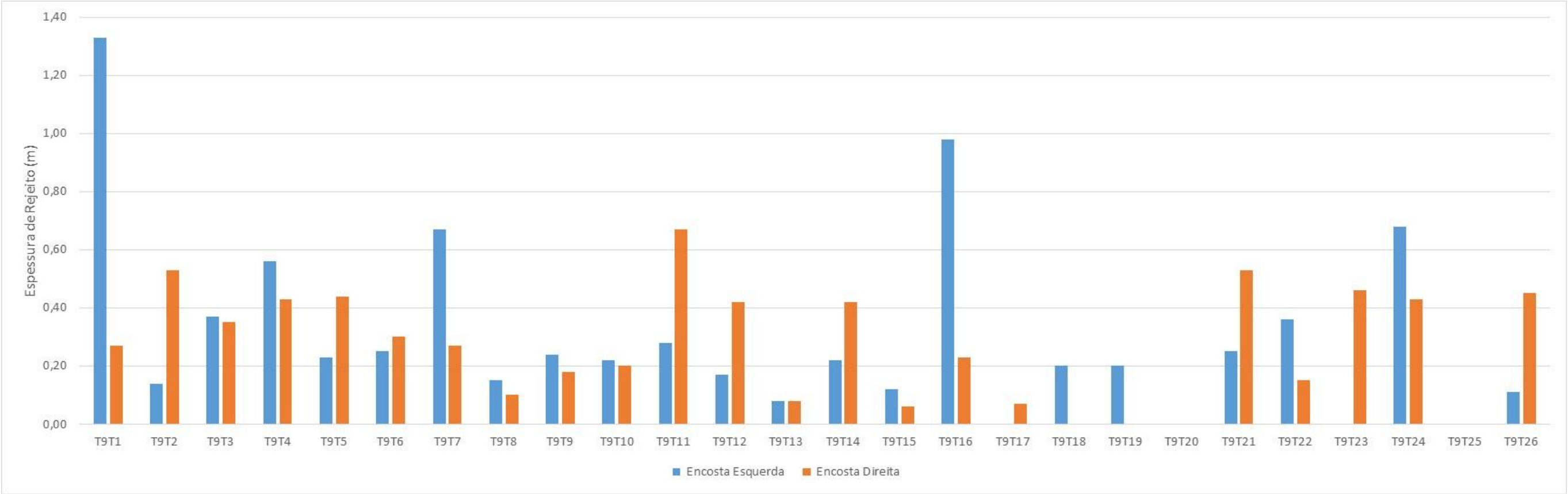
Os resultados das medições das espessuras de rejeito na seção extracalha são graficamente apresentados na Figura 177, com a média dos resultados encontrados nas sondagens realizadas em cada um dos transectos da seção extracalha realizados neste estudo, bem como as espessuras médias e mínima identificadas.

Figura 177 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados na Porção Extracalha



As espessuras de rejeito depositado na seção extracalha foram ainda avaliadas entre os diversos contextos, sendo estas ilustradas pelas Figura 178, Figura 179, Figura 180, com as médias das espessuras identificadas em cada contexto de cada transecto do Trecho 9.

Figura 178 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Encostas da Seção Extracalha



De maneira geral, a deposição de rejeito nas encostas do Trecho 9 apresenta uma diversidade de espessuras relacionada às características locais de cada transecto, quais sejam:

- Declividade da encosta: quanto maior a declividade, menor a deposição de rejeito e maior impacto da erosão;
- Presença de vegetação: em linhas gerais, quanto mais densa vegetação, menor a erosão e maior a retenção de rejeito;
- Represamento do rejeito em gargantas no curso do rio durante o evento do rompimento da Barragem de Fundão, promovendo maior tempo de sedimentação do rejeito.

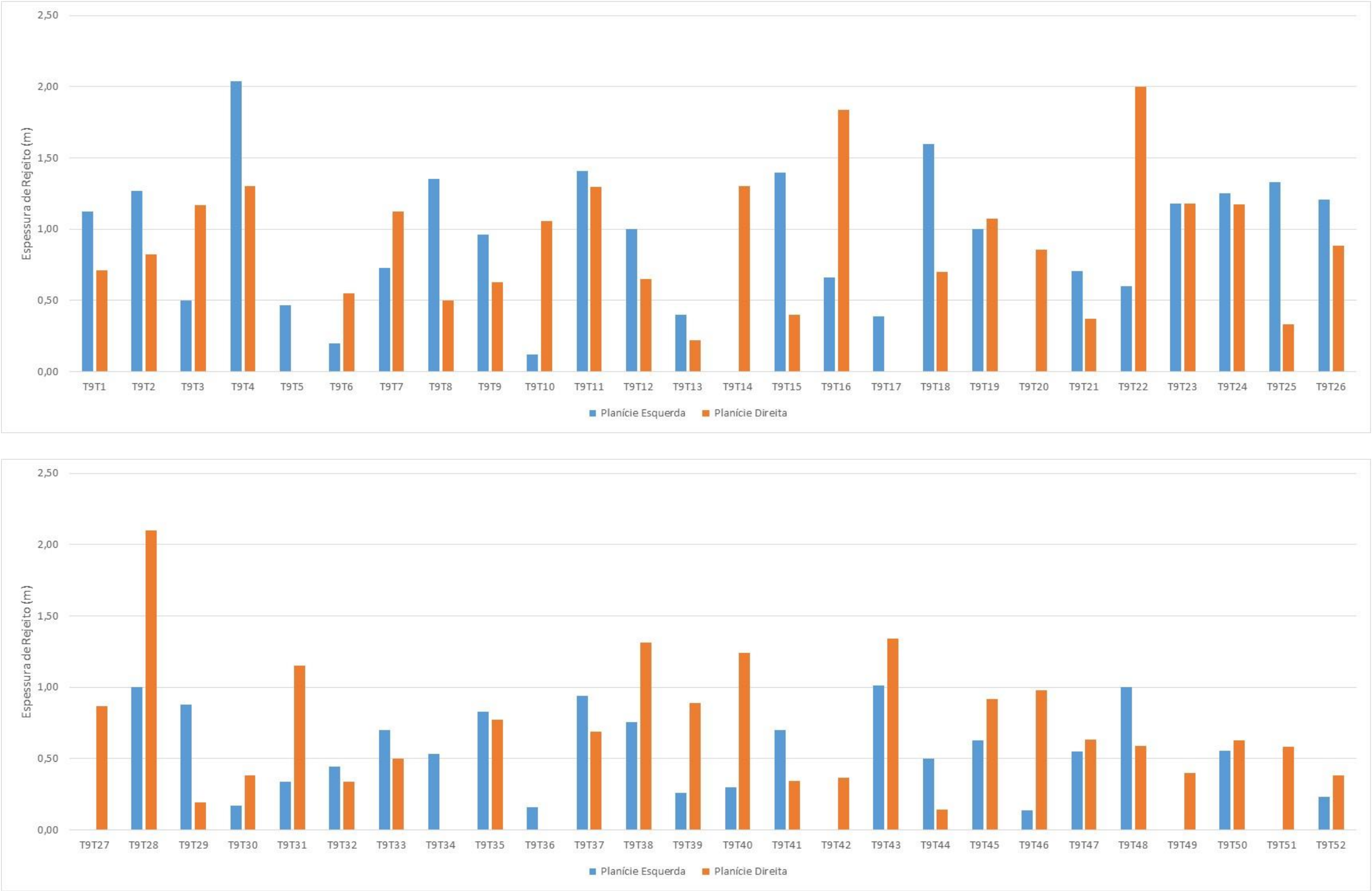
As espessuras de rejeito na encosta direita variaram de 0,00 a 0,67 m e apresentaram média de 0,25 m. Para a encosta esquerda, a espessura mínima identificada foi de 0,00 m, enquanto que a máxima foi de 1,33 m e a média foi de 0,28 m (variação de 0,03 m entre as médias).

Para a área de Paracatu, representada pelos transectos T9T19 e T9T20, observou-se a deposição de 0,20 m de rejeito na encosta esquerda do T9T19. Já a encosta direita não foi delimitada, uma vez que a planície do Rio Gualaxo do Norte se estendeu até Paracatu devido à ausência de declividade que pudesse determinar a encosta. Para o T9T20, transecto realizado no interior de Paracatu, sem alcançar o leito do rio (como pode-se observar na Figura 169), as espessuras estão apresentadas no contexto planície direita adiante neste documento.

A área de Gesteira, representada pela transecto T9T39, teve medição de 0,25 m de rejeito na encosta direita e 0,11 m na encosta esquerda, com média de 0,18 m para este contexto.

As medidas de espessura de rejeito nas planícies do Trecho 9 foram compiladas e resumidas na sequência de gráficos apresentados na Figura 179.

Figura 179 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Planícies da Seção Extracalha



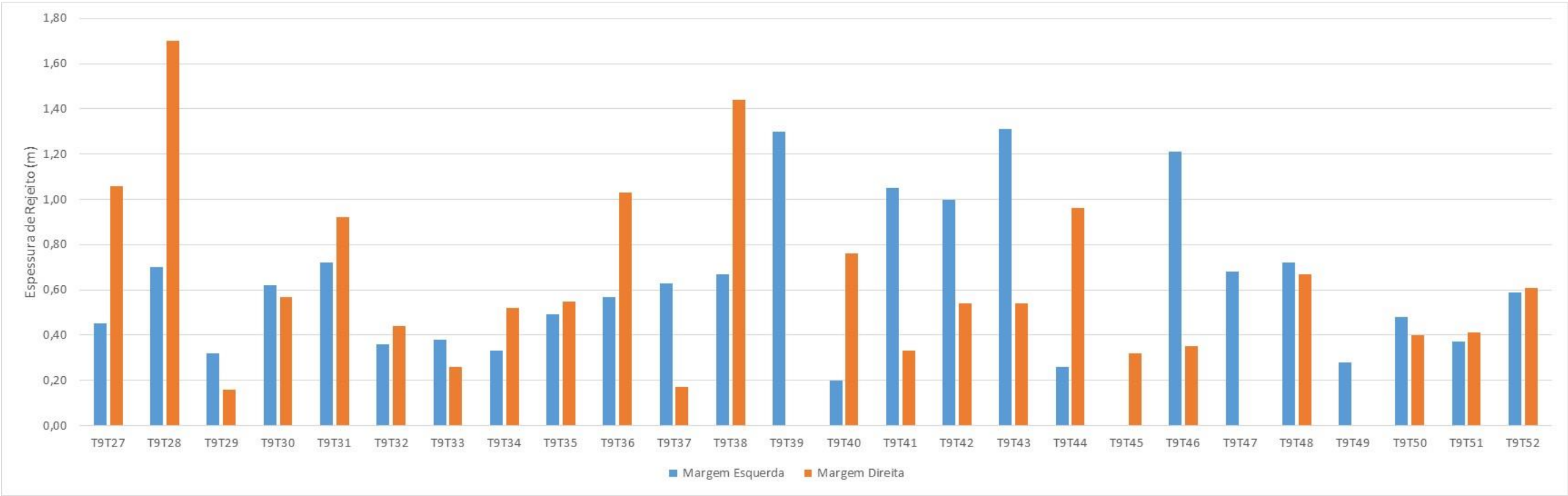
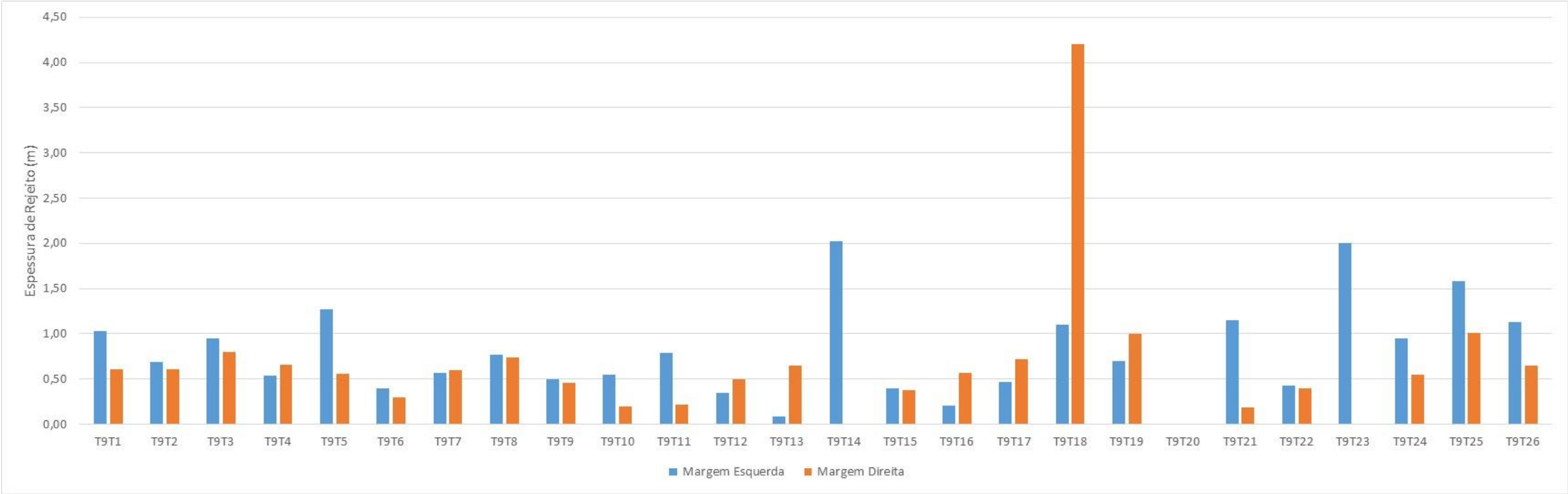
Os depósitos em planícies apresentaram espessuras entre 0,14 m e 2,10 m, com média de 0,83 m para as planícies direitas. Para as planícies esquerdas, o mínimo de espessura encontrado foi de 0,00 m e o máximo foi de 2,04 m, com média de 0,76 m. Não se observou, portanto, grande disparidade para as médias de espessura entre as planícies direita e esquerda do Trecho 9.

O transecto T9T19, localizado na área de Paracatu de Baixo, teve espessura mínima de 0,41 m e máxima de 2,05, ambos em sua planície direita. No transecto T9T20, localizado dentro de Paracatu de Baixo e considerado integralmente como planície direita, a média foi de 0,86 m, com mínima de 0,46 m e máxima de 1,60 m.

Na área de Gesteira, representada pelo transecto T9T39, o depósito de rejeito na planície apresentou média de 0,89 m, com espessura máxima de 0,30 m e mínima de 0,18 m na planície direita e 0,26 m na planície esquerda. Cabe salientar que na sondagem com espessura máxima de rejeito na planície direita, encontrou-se uma camada de aterro de 1,30 m sobre o rejeito (material colocado após o evento do rompimento da barragem).

A Figura 180 apresenta graficamente as espessuras de rejeito identificadas nas margens do Trecho 9.

Figura 180 – Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito Encontrados nas Margens da Seção Extracalha



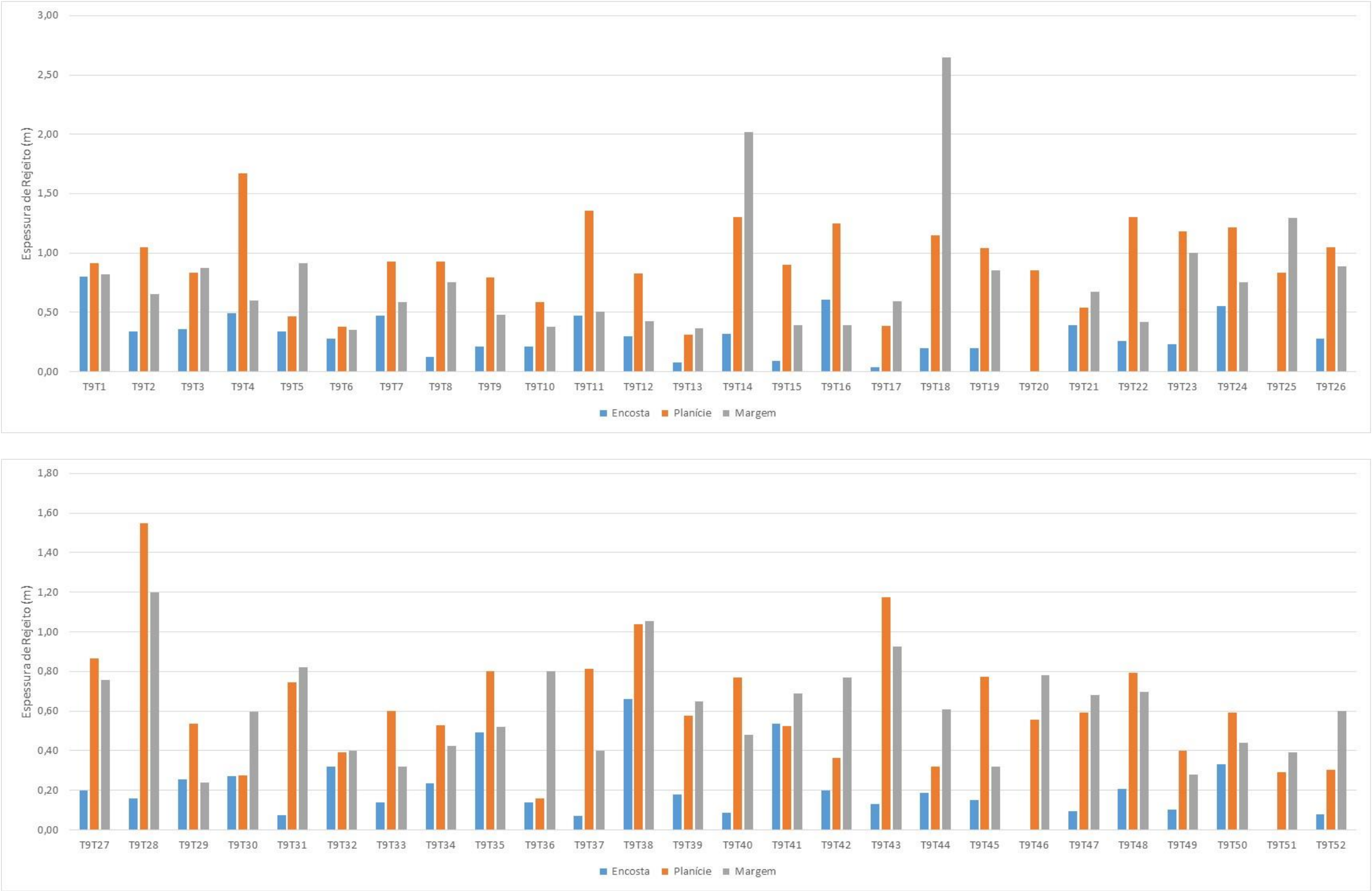
Os depósitos de rejeito em margem esquerda apresentaram média de 0,73 m, com espessura mínima de 0,08 m e máxima de 2,02 m. Na margem direita, a média encontrada foi de 0,65 m, com espessura mínima de 0,00 m e máxima de 4,2 m. Apesar da diferença entre as espessuras máximas encontradas nas margens direita e esquerda, percebe-se que as médias apresentaram disparidade de 0,08 m.

Em Paracatu de Baixo, a margem direita teve medição de 1,00 m de espessura de rejeito e a margem esquerda de 0,70 m (ambos em T9T19), com média de 0,85 m. Conforme mencionado anteriormente, o T9T20 está alocado integralmente dentro de Paracatu de Baixo e foi considerado como planície direita em sua totalidade.

Para Gesteira, a margem direita apresentou 0,00 m de espessura na sondagem realizada, enquanto que na margem esquerda foi encontrado 1,30 m de espessura de rejeito.

Para melhor visualização e comparação das espessuras por contextos, os dados dos gráficos anteriores estão compilados na Figura 181, a qual apresenta as médias de espessura de rejeito de cada contexto dos transectos do Trecho 9.

Figura 181 – Comparativo das Espessuras Médias dos Depósitos de Rejeito em Cada Contexto da Seção Extracalha



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.

5.2.4.1.2 Espessuras Intracalha

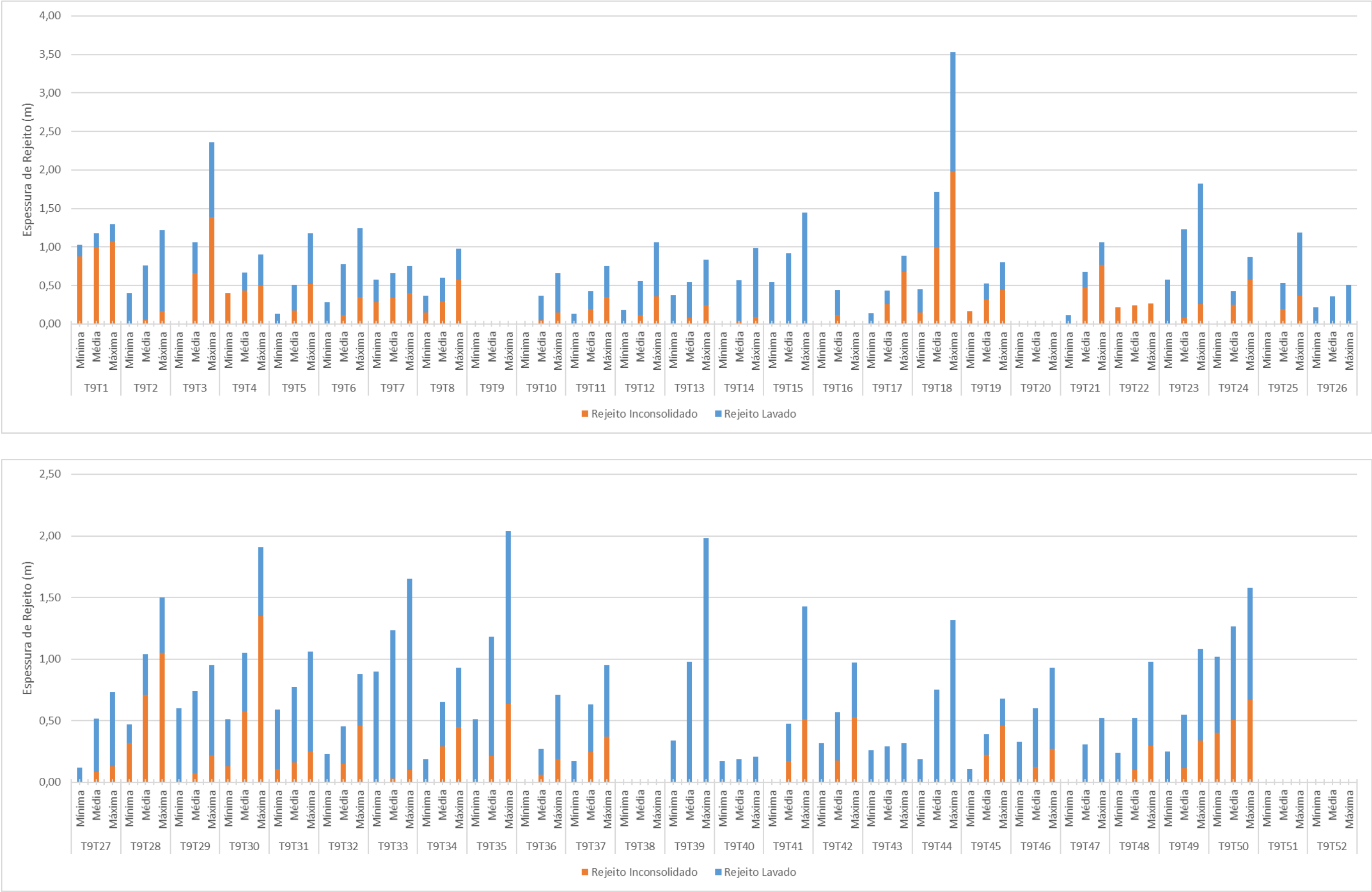
Para as espessuras de rejeito na seção intracalha, identificou-se rejeito lavado (*lag layer*), nas sondagens realizadas no Trecho 9 com média de 0,43 m de espessura com um valor mínimo de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem) e um máximo de 1,98 m de espessura (T9T39 – Área de Gesteira). As médias do rejeito lavado em cada transecto variaram de 0,00 m (T9T9 e T9T38) a 1,20 m (T9T33).

O rejeito inconsolidado apresentou igual amplitude na variação da espessura, de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem) a 1,98 m (T9T18). Já as médias das espessuras por transecto variaram de 0,0 m (alguns transectos) a 0,99 m no T9T18.

Cabe salientar que nas sondagens T9T17-07, T9T25-05 e T9T30-06, as espessuras de substrato natural encontradas nas camadas superiores dos pontos de sondagem foram associadas às espessuras de rejeito lavado, uma vez que ambas camadas atuam da mesma forma, como camada capeadora (*lag layer*) acima do rejeito inconsolidado. Salienta-se ainda, que tais camadas aparecem na representação gráfica das figuras do **Anexo XIII** como substrato natural, pois assim foram determinadas em campo, supondo que este material tenha sido carregado pelo arraste de fundo do rio a partir de áreas não impactadas ou de áreas com substrato natural exposto.

Os dados das médias dos rejeitos, lavado e inconsolidado, de cada um dos transectos são apresentados na Figura 182.

Figura 182 – Depósitos de Rejeito Lavado e Inconsolidado Encontrados na Seção Intracalha



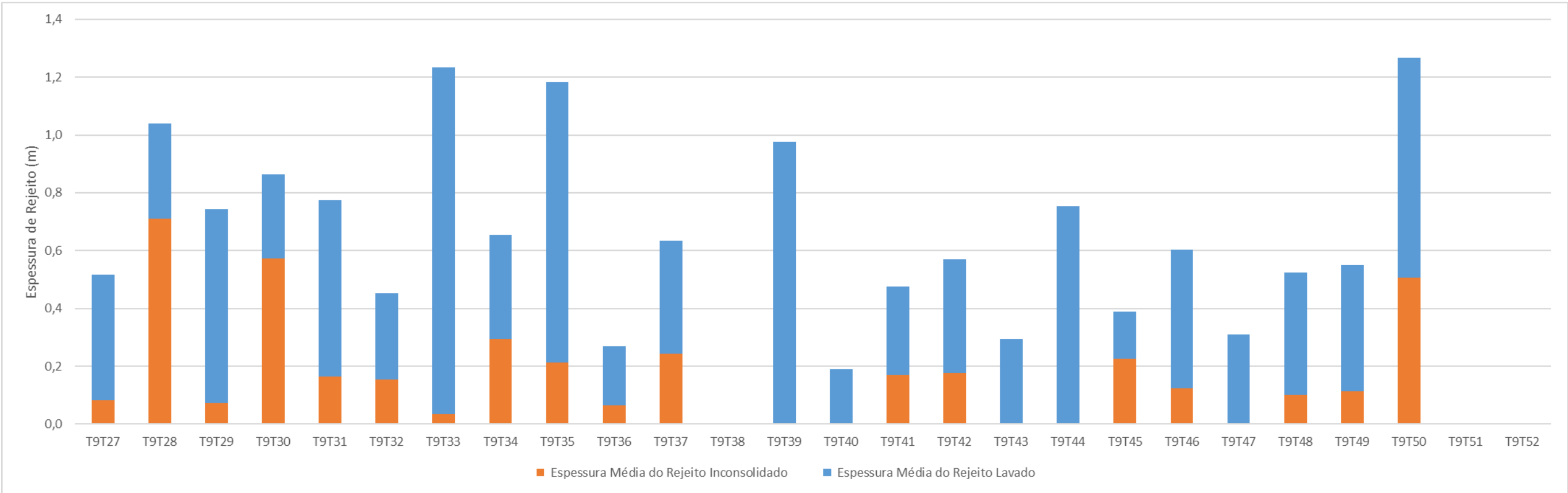
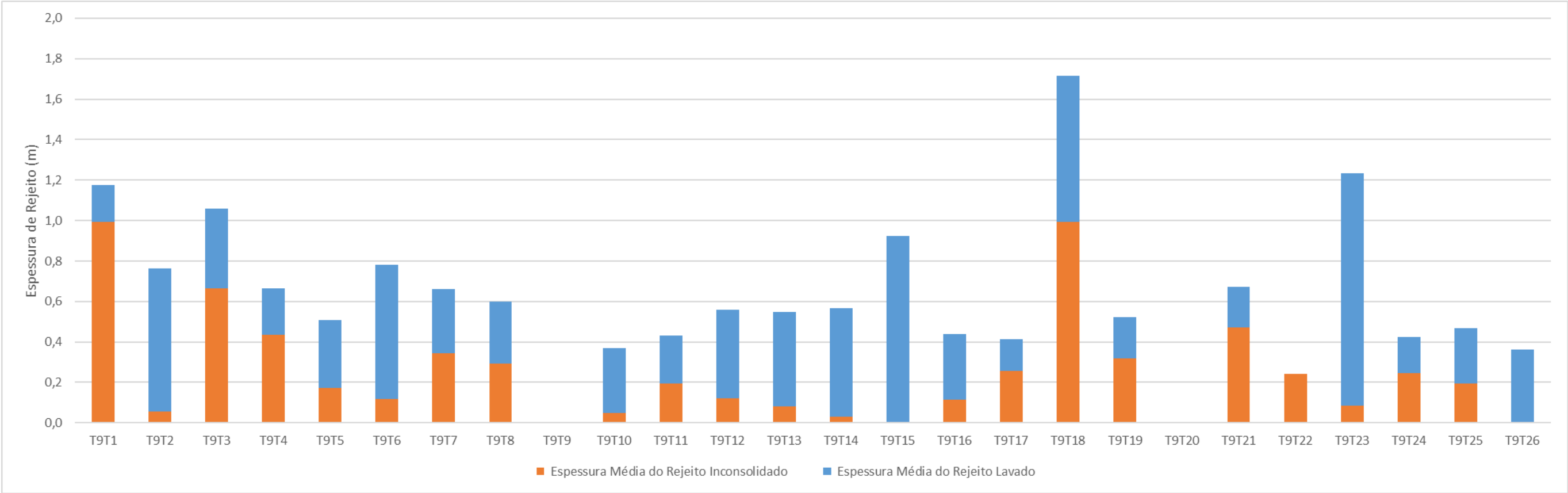
O rejeito lavado (lag layer) foi encontrado com média de espessura igual ou superior a 0,40 m em 22 dos 52 transectos. Outros três transectos tiveram resultados nulos por não terem sido sondados na seção intracalha, sendo estes o T9T20 (interior de Paracatu de Baixo), T951 e T952 (estes dois últimos localizados no rio do Carmo e não foram sondados devido à condição insegura encontrada na seção intracalha, com profundidade elevada da lâmina d'água e forte correnteza). Resultados iguais a zero de espessura de rejeito lavado foram encontrados em três transectos (T9T9, T9T22 e T9T38).

Em Paracatu de Baixo (T9T19), o rejeito lavado teve três medições: 0,00 m, 0,25 m e 0,36 m, com média de 0,20 m. Neste mesmo transecto, o rejeito inconsolidado apresentou espessuras de 0,35 m, 0,17 m e 0,44 m, com média de 0,32 m.

Em Gesteira (T9T39), também foram realizadas três medições para a seção intracalha, sendo estas: 0,34 m, 0,61 m e 1,98 m para o rejeito lavado (média de 0,98 m) e sem detecção de rejeito inconsolidado (0,00 m nas três sondagens realizadas).

As médias de depósitos de rejeitos inconsolidado e lavado somados são apresentadas na Figura 183.

Figura 183 – Médias de Espessuras de Rejeitos Lavado e Inconsolidado da Seção Intracalha do Trecho 9



5.2.4.2 Espessura de Rejeito nas Lagoas Marginais

Com base nas descrições das sondagens realizadas, foram determinadas as espessuras do material encontrado nos diferentes depósitos das lagoas marginais do Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte. Conforme descrito na seção 5.2.3.1, adotou-se critérios de seleção a fim de se obter uma amostragem representativa entre os grupos de lagoas identificadas. A avaliação teve como resultado a seleção de 18 lagoas dentre as 104 existentes que não são habilitadas para uso como viveiro de peixes (38 serão habilitadas para esta função).

A Tabela 48 apresenta a relação das lagoas selecionadas no Trecho 9, com a localização e profundidade das respectivas sondagens realizadas. As figuras do **Anexo XIV** apresentam a localização e, graficamente, as espessuras encontradas nas sondagens realizadas nas lagoas.

Tabela 48 – Relação das Lagoas Marginais e as Respectivas Sondagens no Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DAS LAGOAS	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			PROFUNDIDADE DAS SONDAGENS	DATA DAS SONDAGENS
		FUSO	LESTE	NORTE		
T09-GN-KM610 (2)	Lagoa ponto 01	23 K	692.723	7.757.219	0,50	22/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	692.733	7.757.112	1,20	22/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	692.723	7.757.097	1,50	22/01/18
T09-GN-KM610 (3)	Lagoa ponto 01	23 K	692.772	7.757.329	2,50	22/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	692.779	7.757.347	1,00	22/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	692.781	7.757.351	1,50	22/01/18
T09-GN-KM615 (2)	Lagoa ponto 01	23 K	690.010	7.757.158	2,40	22/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	690.009	7.757.157	1,50	22/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	690.022	7.757.163	0,65	22/01/18
T09-GN-KM623 (2)	Lagoa ponto 01	23 K	686.703	7.754.450	5,15	23/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	686.719	7.754.446	6,90	22/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	686.729	7.754.462	1,60	21/01/18
T09-GN-KM624 (4)	Lagoa ponto 01	23 K	686.077	7.753.763	4,30	23/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	686.076	7.753.770	4,70	23/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	686.075	7.753.779	4,45	23/01/18
T09-GN-KM624 (1)	Lagoa ponto 01	23 K	685.748	7.753.681	2,55	18/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	685.803	7.753.698	4,25	18/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	685.843	7.753.706	3,40	18/01/18
T09-GN-KM626 (3)	Lagoa ponto 01	23 K	685.101	7.754.389	5,50	19/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	685.095	7.754.365	5,30	19/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	685.078	7.754.332	0,70	19/01/18
T09-GN-KM626 (1)	Lagoa ponto 01	23 K	684.989	7.754.296	1,30	19/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	684.995	7.754.288	4,35	19/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	684.997	7.754.276	4,25	19/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	682.752	7.753.675	0,60	17/01/18

IDENTIFICAÇÃO DAS LAGOAS	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			PROFUNDIDADE DAS SONDAGENS	DATA DAS SONDAGENS
		FUSO	LESTE	NORTE		
T09-GN-KM629- 1 (1)	Lagoa ponto 02	23 K	682.759	7.753.686	1,60	17/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	682.775	7.753.689	2,10	17/01/18
T09-GN-KM629 (4)	Lagoa ponto 01	23 K	683.349	7.753.958	2,45	17/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	683.377	7.753.967	2,25	17/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	683.378	7.753.963	2,10	17/01/18
T09-GN-KM631 (5)	Lagoa ponto 01	23 K	682.286	7.755.135	0,50	18/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	682.303	7.755.124	1,20	18/01/18
	Lagoa ponto 02-1	23 K	682.317	7.755.138	0,90	18/01/18
T09-GN-KM631 (3)	Lagoa ponto 03	23 K	682.328	7.755.132	0,60	18/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	682.191	7.755.145	1,80	18/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	682.206	7.755.151	0,75	18/01/18
T09-GN-KM632 (1)	Lagoa ponto 03	23 K	682.216	7.755.164	1,30	18/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	681.234	7.755.333	0,40	24/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	681.250	7.755.315	0,70	24/01/18
T09-GN-KM642 (4)	Lagoa ponto 03	23 K	681.251	7.755.322	0,40	24/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	675.965	7.757.424	1,30	05/02/18
	Lagoa ponto 02	23 K	675.983	7.757.420	2,10	06/02/18
T09-GN-KM646 (3)	Lagoa ponto 02-1	23 K	675.984	7.757.434	1,60	06/02/18
	Lagoa ponto 03	23 K	675.993	7.757.425	0,85	06/02/18
	Lagoa ponto 01	23 K	674.789	7.760.283	4,00	25/01/18
T09-GN-KM647 (2)	Lagoa ponto 02	23 K	674.782	7.760.264	3,80	25/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	674.794	7.760.248	4,20	25/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	673.866	7.760.361	4,60	25/01/18
T09-GN-KM648 (1)	Lagoa ponto 02	23 K	673.899	7.760.327	7,50	25/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	673.940	7.760.234	5,30	25/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	674.106	7.760.952	5,40	16/01/18
T09-GN-KM649 (1)	Lagoa ponto 02	23 K	674.112	7.760.899	6,15	16/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	674.100	7.760.827	3,40	16/01/18
	Lagoa ponto 01	23 K	673.581	7.761.022	1,20	15/01/18
	Lagoa ponto 02	23 K	673.611	7.761.053	7,20	15/01/18
	Lagoa ponto 03	23 K	673.641	7.761.084	2,80	15/01/18

Os resultados desta avaliação foram detalhados e são apresentados na **Tabela 49**, com as medidas de espessuras das diferentes camadas encontradas em cada sondagem, bem como as médias calculadas e a situação em que cada lagoa se encontrava no momento da avaliação.

Tabela 49 – Resultados de Espessura das Lagoas Marginais do Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO	SITUAÇÃO
T09-GN-KM610 (2)	Lagoa ponto 01	0,24	0,88	Soterrada
	Lagoa ponto 02	1,10		
	Lagoa ponto 03	1,30		
T09-GN-KM610 (3)	Lagoa ponto 01	2,00	0,80	Isolada
	Lagoa ponto 02	0,20		
	Lagoa ponto 03	0,20		
T09-GN-KM615 (2)	Lagoa ponto 01	0,00	0,00	Conectada
	Lagoa ponto 02	0,00		
	Lagoa ponto 03	0,00		
T09-GN-KM623 (2)	Lagoa ponto 01	4,75	4,28	Soterrada
	Lagoa ponto 02	6,60		
	Lagoa ponto 03	1,50		
T09-GN-KM624 (4)	Lagoa ponto 01	4,20	4,15	Soterrada
	Lagoa ponto 02	4,20		
	Lagoa ponto 03	4,05		
T09-GN-KM624 (1)	Lagoa ponto 01	2,10	2,73	Soterrada
	Lagoa ponto 02	3,60		
	Lagoa ponto 03	2,50		
T09-GN-KM626 (3)	Lagoa ponto 01	5,00	3,17	Soterrada
	Lagoa ponto 02	4,10		
	Lagoa ponto 03	0,40		
T09-GN-KM626 (1)	Lagoa ponto 01	0,65	2,93	Soterrada
	Lagoa ponto 02	4,15		
	Lagoa ponto 03	4,00		
T09-GN-KM629-1 (1)	Lagoa ponto 01	0,33	0,64	Conectada
	Lagoa ponto 02	0,10		
	Lagoa ponto 03	1,50		
T09-GN-KM629 (4)	Lagoa ponto 01	1,95	1,68	Isolada
	Lagoa ponto 02	1,45		
	Lagoa ponto 03	1,65		
T09-GN-KM631 (5)	Lagoa ponto 01	0,20	0,15	Conectada
	Lagoa ponto 02	0,00		
	Lagoa ponto 02-1	0,20		
	Lagoa ponto 03	0,20		
T09-GN-KM631 (3)	Lagoa ponto 01	1,00	0,53	Isolada
	Lagoa ponto 02	0,60		
	Lagoa ponto 03	0,00		
T09-GN-KM632 (1)	Lagoa ponto 01	0,25	0,20	Conectada
	Lagoa ponto 02	0,15		

IDENTIFICAÇÃO DAS SONDAGENS	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS	ESPESSURA DO REJEITO	ESPESSURA MÉDIA DO REJEITO	SITUAÇÃO
T09-GN-KM642 (4)	Lagoa ponto 03	0,20	0,00	Isolada
	Lagoa ponto 01	0,00		
	Lagoa ponto 02	0,00		
	Lagoa ponto 02-1	0,00		
	Lagoa ponto 03	0,00		
T09-GN-KM646 (3)	Lagoa ponto 01	3,85	3,83	Soterrada
	Lagoa ponto 02	3,60		
	Lagoa ponto 03	4,05		
T09-GN-KM647 (2)	Lagoa ponto 01	4,45	5,58	Conectada
	Lagoa ponto 02	7,20		
	Lagoa ponto 03	5,10		
T09-GN-KM648 (1)	Lagoa ponto 01	4,85	4,01	Isolada
	Lagoa ponto 02	5,65		
	Lagoa ponto 03	1,52		
T09-GN-KM649 (1)	Lagoa ponto 01	1,10	3,50	Conectada
	Lagoa ponto 02	7,00		
	Lagoa ponto 03	2,40		

Nas sondagens foram identificadas espessuras entre 0,0 m (nas lagoas T09-GN-KM615 (2) e T09-GN-KM642 (4)) e 7,20 m, (na lagoa T09-GN-KM647 (2)), sendo esta uma lagoa do tipo “conectada”. As lagoas com medidas nulas de espessura podem ter sofrido impactos mínimos, já atenuados ou mascarados pelo tempo, não mais identificáveis em campo.

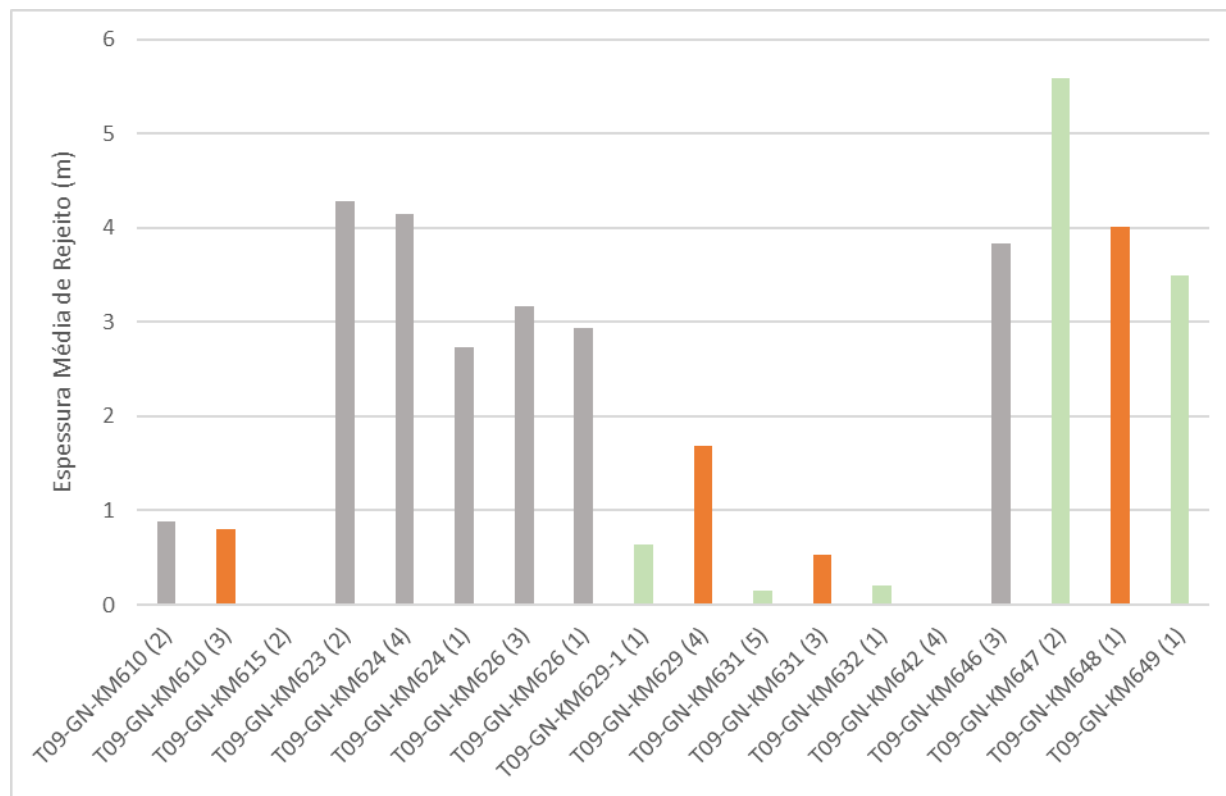
Excluindo-se as lagoas com medidas de espessuras nulas, as médias variaram de 0,15 m (lagoa conectada T09-GN-KM631 (5)) a 5,58 m (lagoa conectada T09-GN-KM647 (2)).

As médias identificadas entre as lagoas de mesmo grupo de situação são:

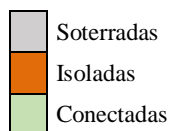
- Soterradas (7 lagoas): 3,14 m;
- Isoladas (5 lagoas): 1,32 m;
- Conectadas (6 lagoas): 1,60 m.

Para melhor visualização das médias de espessura por lagoa, é apresentada a Figura 184, a qual distingue as medidas por situação das lagoas.

Figura 184 – Médias das Espessuras de Rejeito Identificadas nas Lagoas Marginais do Trecho 9



Legenda:



As figuras do **Anexo XIV** apresentam a localização e a representação gráfica dos perfis das sondagens realizadas em cada lagoa. Cabe ressaltar que os pontos de sondagem foram alocados nas figuras com as coordenadas obtidas em campo por meio do GPS Garmin 64S, que possui margem de erro variada de acordo com as condições climáticas e presença de nuvens. Portanto, deve-se levar essa informação em consideração ao observar que algumas sondagens pareçam estar fora do perímetro das lagoas.

Salienta-se ainda que algumas lagoas sofreram alterações nas nomenclaturas após as atividades de campo, uma vez que a nomenclatura é relacionada com a localização de cada lagoa no rio, conforme mencionado na Seção 5.2.3.2.3, e após reavaliação das localizações e validação das imagens, julgou-se por necessário as alterações. A preocupação se deve ao fato de que nas figuras de

espessuras de rejeito e no relatório fotográfico, pode-se observar placas com a nomenclatura das lagoas, que eventualmente podem não ser os nomes praticados neste relatório.

As sondagens foram realizadas com a mesma metodologia de sondagem dos transectos e realizadas distributivamente no perímetro das lagoas marginais, justamente com o objetivo de determinar as diferentes espessuras de rejeito.

5.2.4.3 *Análise de Granulometria*

5.2.4.3.1 *Transectos*

Os resultados laboratoriais de granulometria são apresentados no **Anexo VI**. Um resumo dos resultados de granulometria de material nos transectos para o Trecho 9 é apresentado na Tabela 50.

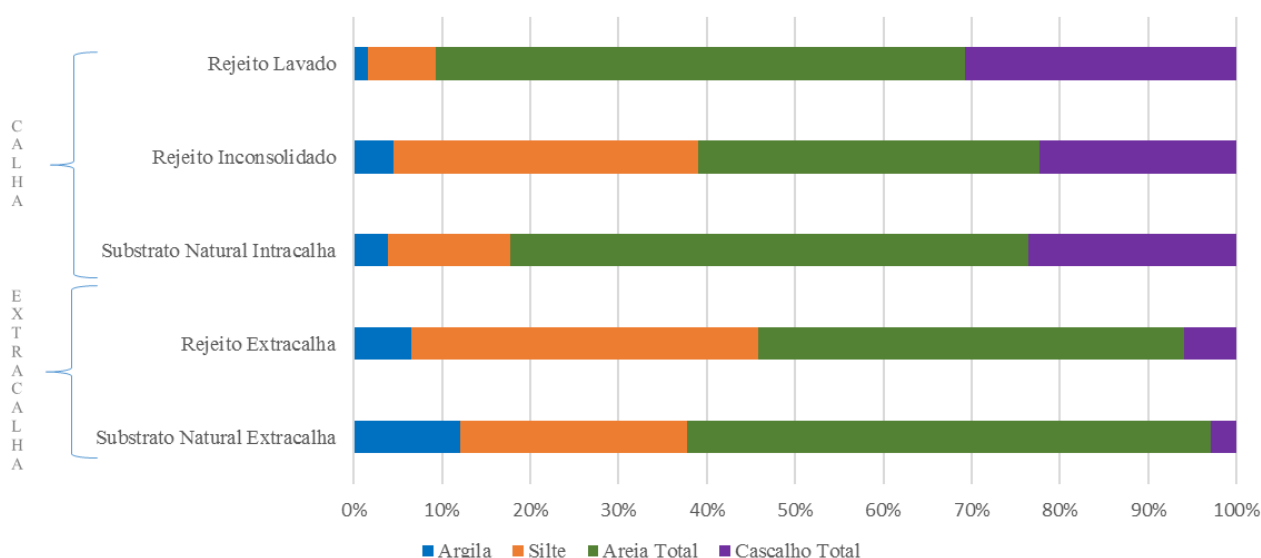
Tabela 50 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Transectos Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	SEÇÃO DO RIO	CAMADA	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)
0901-02-EC-RI	Extracalha	Rejeito Inconsolidado	8,18	39,5	16,2	14	13,5	4,7	3,92	52,34	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0901-07-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,9429	35,1	6,33	10,3	5,57	2,54	2,27	27,03	> 2mm	5,09	17,9	14
0901-07-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,7332	1,87	4,37	32,5	47,3	6,57	3,44	94,14	> 2mm	2,41	0,8946	< 0,1100
0901-10-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,69	44,1	4,46	18,4	21,6	2,35	1,49	48,3	> 2mm	1,86	< 0,1100	< 0,1100
0901-10-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	6,59	11,8	35,2	20,3	14,5	6,93	4,51	81,51	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0901-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,87	42,4	17,9	16,8	10,2	4,83	< 0,1100	49,83	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0905-06-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	0,7264	5,39	11,8	5,85	1,15	0,8929	1,38	21,06	> 2mm	36,6	36,2	< 0,1100
0905-06-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,3269	0,832	3,32	6,82	1,97	0,587	0,8379	13,53	> 2mm	37,8	47,5	< 0,1100
0905-06-IC-SN	Calha	Substrato Natural	5,9	23,3	35,6	23,4	9,6	2,12	0,112	70,84	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0905-08-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	2,56	18,3	13,2	4,72	0,8693	0,4811	0,94	20,22	> 2mm	32,1	26,9	< 0,1100
0905-08-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	14,2	28	10,5	18,5	18,6	7,57	1,89	57,1	> 2mm	0,5267	< 0,1100	< 0,1100
0907-08-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,94	40,9	32,2	12	2,35	0,8328	0,9412	48,35	> 2mm	4,73	< 0,1100	3,66
0907-08-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	1,59	16	36,3	40,3	4,74	0,4145	0,2813	82,09	> 2mm	0,2975	< 0,1100	< 0,1100
0907-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,65	40,5	32	14,4	2,52	0,8619	0,8788	50,63	> 2mm	2,27	< 0,1100	< 0,1100
0907-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	1,27	35,6	7,58	5,24	3,94	4,32	5,16	26,25	> 2mm	9,53	14,3	< 0,1100
0907-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,9649	13,8	41,7	22,1	8,21	3,8	1,73	77,52	> 2mm	3,01	4,73	< 0,1100
0907-IC-SN	Calha	Substrato Natural	1,4	27,8	7,87	9,69	10,6	11,3	6,22	45,6	> 2mm	7,14	14,5	< 0,1100
0910-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,43	44,4	31,9	14,7	2,37	0,5811	0,376	49,86	> 2mm	0,2783	< 0,1100	< 0,1100
0910-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,56	46,2	30,6	14,1	2,13	0,6112	0,6759	48,19	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0910-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	15,8	54,5	12,9	6,12	4,71	3,51	2,47	29,67	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0914-04-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,1174	3,42	7,67	16,7	13,5	9,15	12	59,09	> 2mm	14,1	23,4	< 0,1100
0914-04-IC-SN	Calha	Substrato Natural	2,86	13,8	37,2	26,6	3,79	0,3718	0,2128	68,19	> 2mm	5,36	9,85	< 0,1100
0914-10-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,01	32,9	20,5	14,8	3,27	1,06	< 0,1100	39,72	> 2mm	5,98	16,4	< 0,1100
0914-10-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	7,22	46,6	22,9	16,4	5	1,77	< 0,1100	46,11	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0914-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7	41,8	29,8	16	3,16	1,15	1,02	50,21	> 2mm	0,1956	< 0,1100	< 0,1100
0917-03-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,45	44,5	27,8	13,2	3,07	1,07	0,4431	45,57	> 2mm	0,7799	3,71	< 0,1100
0917-03-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	7,12	17,2	12,9	15,2	16,5	10,5	5,74	60,74	> 2mm	12,8	2,14	< 0,1100
0917-06-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	6,59	47,4	20,4	4,82	1,65	1,53	4,16	32,54	> 2mm	13,5	< 0,1100	3,83
0917-06-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,1226	2,47	7,71	20,1	16,2	9,49	9,17	62,66	> 2mm	15	19,8	< 0,1100
0917-08-IC-SN	Calha	Substrato Natural	12,8	23,1	12,4	15,8	15,5	9,7	5,06	58,43	> 2mm	3,13	2,49	< 0,1100
0917-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,86	35,4	29,8	14,8	2,92	1,45	2,04	51,02	> 2mm	7,7	< 0,1100	< 0,1100
0910-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,4128	2,26	7,72	24,6	17,9	8,1	8,29	66,58	> 2mm	16,3	10,7	3,83
0910-IC-SN	Calha	Substrato Natural	10,7	17,6	19,9	27,3	17,2	5,11	2,09	71,69	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0920-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,16	45,1	30,9	14	2	0,4108	0,2468	47,58	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0920-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,68	44,5	31,5	13,7	2,02	0,3614	0,2022	47,76	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0920-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	23,2	26,1	14,5	18,9	12	3,74	1,09	50,18	> 2mm	0,3877	< 0,1100	< 0,1100
0921-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,5	42,4	31,9	12,2	2,38	0,9041	0,835	48,28	> 2mm	< 0,1100	1,51	< 0,1100
0921-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,73	36,3	28,5	12,5	1,73	2,09	1,63	46,46	> 2mm	10,5	< 0,1100	< 0,1100
0921-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	3,97	7,32	34,1	39,3	12	2,43	0,7121	88,52	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0921-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	7,24	43	33,3	8,59	3,08	1,49	2,62	49,12	> 2mm	0,526	< 0,1100	< 0,1100
0921-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	9,57	6,05	55,4	25,3	1,25	< 0,1100	2,05	84,15	> 2mm	0,2443	< 0,1100	< 0,1100
0921-IC-SN	Calha	Substrato Natural	0,303	0,1724	1,17	5,77	20,8	9,1	7,42	44,25	> 2mm	36,5	18,6	< 0,1100
0924-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,59	42,9	36,5	10,3	0,1219	< 0,1100	< 0,1100	46,96	> 2mm	< 0,1100	3,6	< 0,1100
0924-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,88	42,1	36,1	10	0,2445	< 0,1100	< 0,1100	46,45	> 2mm	< 0,1100	4,62	< 0,1100
0924-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	3,46	17,3	38,7	15	9,1	11,6	4,43	78,85	> 2mm	0,4147	< 0,1100	< 0,1100
0924-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	4,23	85,5	8,06	1,69	0,3866	< 0,1100	< 0,1100	10,24	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0924-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,2967	5,14	14,1	4,04	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100	18,13	> 2mm	27,1	32,3	17
0924-IC-SN	Calha	Substrato Natural	1,6	10,1	10,9	24,4	26,5	16,5	9,9	88,31	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0927-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,4	45,6	35,7	7,41	2,11	0,6281	0,3891	46,29	> 2mm	0,792	< 0,1100	< 0,1100
0927-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,05	44,1	30,6	13,3	2,34	0,625	0,7623	47,59	> 2mm	1,09	< 0,1100	< 0,1100
0927-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	5,26	34,3	34,4	20,4	4,45	0,8978	0,3436	60,41	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	SEÇÃO DO RIO	CAMADA	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)
0927-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	3,1	10,1	19,5	31,4	6,18	3,15	3,99	64,24	> 2mm	9,62	12,8	< 0,1100
0927-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	3,29	< 0,1100	3,12	29,1	36,7	12,6	4,66	86,13	> 2mm	7,28	3,08	< 0,1100
0927-IC-SN	Calha	Substrato Natural	1,25	23,2	7,78	20,3	19	5,3	7,4	59,8	> 2mm	8,71	6,94	< 0,1100
0931-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,13	38,3	27,1	10,6	3,78	3,34	4,05	48,91	> 2mm	5,41	< 0,1100	< 0,1100
0931-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,76	44,1	32,7	12,4	1,9	0,4374	0,7222	48,19	> 2mm	0,8487	< 0,1100	< 0,1100
0931-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	31,5	30,5	8,35	14,3	7,67	4,42	2,79	37,5	> 2mm	0,3476	< 0,1100	< 0,1100
0931-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	4,96	25,8	16	7,83	8,38	7,75	9,73	49,68	> 2mm	19,1	< 0,1100	< 0,1100
0931-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	1,34	0,6199	8,07	32,1	28,8	14,3	9,46	92,68	> 2mm	5,04	< 0,1100	< 0,1100
0931-IC-SN	Calha	Substrato Natural	1,95	4,94	10,1	22,1	20,9	11,7	11,5	76,35	> 2mm	16,7	< 0,1100	< 0,1100
0935-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,3	38,3	26,2	13,2	3,28	1,85	2,83	47,43	> 2mm	6,79	< 0,1100	< 0,1100
0935-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,8	44,6	31,3	14	2,1	0,5137	0,3679	48,36	> 2mm	0,1395	< 0,1100	< 0,1100
0935-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	17,5	41,9	16,6	13,8	7,38	1,55	0,8779	40,18	> 2mm	0,2166	< 0,1100	< 0,1100
0935-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	1,18	13,4	14,4	7,86	3,88	3,35	2,26	31,77	> 2mm	45,9	7,72	< 0,1100
0935-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,6296	0,6941	3,39	14,1	9,26	5,11	4,81	36,62	> 2mm	32	29,9	< 0,1100
0935-IC-SN	Calha	Substrato Natural	0,5087	2,4	5,76	11,1	7,12	2,71	1,85	28,52	> 2mm	21,6	28,7	18,2
0938-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,61	45,2	28,7	14,7	2,64	0,7163	0,3104	46,99	> 2mm	0,1337	< 0,1100	< 0,1100
0938-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,39	44,8	30,4	14,7	2,61	0,708	0,3068	48,66	> 2mm	0,1321	< 0,1100	< 0,1100
0938-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	11,9	26,9	16,6	12,9	12,6	8,03	4,51	54,64	> 2mm	6,54	< 0,1100	< 0,1100
0938-IC-SN	Calha	Substrato Natural	0,2444	0,4221	0,5167	1,64	2,13	1,8	1,97	8,04	> 2mm	23,3	30,6	37,4
0939-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	8,27	40,1	30,2	14,4	3,66	1,5	0,8369	50,57	> 2mm	0,9871	< 0,1100	< 0,1100
0939-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,71	44	31,4	14,5	2,25	0,4891	0,3747	49,07	> 2mm	0,1784	< 0,1100	< 0,1100
0939-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,7147	3,72	26,4	27,9	14,2	8,08	6,04	82,6	> 2mm	13	< 0,1100	< 0,1100
0939-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	33,3	16,4	7,67	13,7	7,76	10,4	4,89	44,42	> 2mm	5,9	< 0,1100	< 0,1100
0939-IC-SN	Calha	Substrato Natural	6,36	30,1	12,7	18,4	17	6,79	7,48	62,38	> 2mm	1,12	< 0,1100	< 0,1100
0943-05-IC-RE	Calha	Rejeito Extracalha	0,8195	4,73	12,4	10,1	12,6	11,4	19,7	66,12	> 2mm	17,9	10,3	< 0,1100
0943-06-IC-SN	Calha	Substrato Natural	6,44	9,08	33,4	21	18,7	7,02	3,14	83,29	> 2mm	1,16	< 0,1100	< 0,1100
0943-09-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	4,18	29,8	23,3	13,8	7,49	2,82	4,42	51,89	> 2mm	6,89	7	< 0,1100
0943-09-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,15	29,9	12,9	13	7,03	5,44	4,3	42,59	> 2mm	5,87	15,4	< 0,1100
0943-09-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	11,3	15,8	26,5	15,3	13,8	4,69	6,38	66,67	> 2mm	6,27	< 0,1100	< 0,1100
0947-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,44	40,6	26,8	16,7	6,04	1,12	0,901	51,5	> 2mm	1,48	< 0,1100	< 0,1100
0947-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,69	40,7	26	15	3,46	1,16	5,14	50,79	> 2mm	1,6	< 0,1100	< 0,1100
0947-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	2,07	1,29	18,5	23,4	14,7	11,6	17,3	85,4	> 2mm	11,2	< 0,1100	< 0,1100
0947-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	0,648	0,6853	15,6	20,4	13,2	15	13,3	77,52	> 2mm	9,73	11,5	< 0,1100
0947-IC-SN	Calha	Substrato Natural	3,72	15,6	37	16,3	4,92	6,77	8,34	73,37	> 2mm	7,32	< 0,1100	< 0,1100
0950-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	8,28	40,2	33,6	14,3	2,14	0,6259	0,9204	51,58	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0950-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	8,02	41	26,2	12,9	6,54	2,77	2,58	50,98	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0950-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	10	38,6	14,2	22,4	5,96	6,27	2,45	51,28	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0950-IC-RI	Calha	Rejeito Inconsolidado	6,75	37,1	29,1	11,8	1,71	1,57	2,51	46,78	> 2mm	9,37	< 0,1100	< 0,1100
0950-IC-RL	Calha	Rejeito Lavado	2,86	5,91	18,8	48,3	16,3	5,01	1,83	90,21	> 2mm	1,06	< 0,1100	< 0,1100
0950-IC-SN	Calha	Substrato Natural	5,74	19,9	29,4	21,1	10,9	10,9	2,2	74,45	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100
0952-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,53	42,4	34,2	9,37	2,6	0,9929	2,22	49,41	> 2mm	0,5948	< 0,1100	< 0,1100
0952-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,5	37,4	32,2	10,6	3,16	1,67	1,64	49,26	> 2mm	0,2755	5,56	< 0,1100
0952-EC-SN	Extracalha	Substrato Natural	10,9	34,3	21,2	21,5	7,12	2,31	2,12	54,25	> 2mm	0,3441	< 0,1100	< 0,1100
0952-IC-SN	Calha	Substrato Natural	<0,1100	0,1231	< 0,1100	0,524	8,44	8,7	6,3	23,98	> 2mm	50,1	25,7	< 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 substrato natural, intracalha: rejeito lavado, rejeito inconsolidado e sedimento natural) para elaboração da Figura 185.

Figura 185 – Médias das Porcentagens de Argila, Silte, Areia Total e Cascalho Total nos Transectos do Trecho 9



A Figura 185, acima, indica porcentagens similares de argila, silte, areia e cascalho nas médias dos resultados de granulometria de substrato 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 substrato natural são bem parecidas.

Por outro lado, os resultados de granulometria para as camadas intracalha apresentaram diferença. No rejeito lavado foi detectada uma alta porcentagem de areia, média de 60,1%, e baixa proporção de material mais fino como argila e silte, média de 9,3%. Já no rejeito inconsolidado foi detectada proporções similares de material silte, média de 35%, e de areia, média de 38,4%. A camada mais profunda intracalha, de substrato natural, apresentou textura grosseira, areia e cascalho foram predominantes.

Foi observado que a maior proporção de cascalho (30,7%) foi encontrada na camada de rejeito lavado, o que indica que este material mais grosseiro constitui o material remanescente do processo de remobilização dos rejeitos, embora também possa ter uma fração constituída por materiais

provenientes de montante, transportados em eventos de cheia do rio e depositado nas seções do Trecho 9. A presença de cascalho no material indicado como rejeito inconsolidado, ainda que em menor percentual, indica uma mistura de materiais (rejeitos e substratos naturais) pois esta fração granulométrica não está presente no rejeito original da barragem de Fundão.

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, atuando de forma geral como uma camada tampão do rejeito inconsolidado. Este rejeito lavado é formado por material de granulometria maior (areia e cascalho com mais de 90%) e tem pouca contribuição para o aumento de turbidez do rio, uma vez que a maior parte do material mais fino (silte e argila) já foi carregado pelo processo de remobilização, 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, isto é, essencialmente por sedimentação 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.

5.2.4.3.2 Lagoas

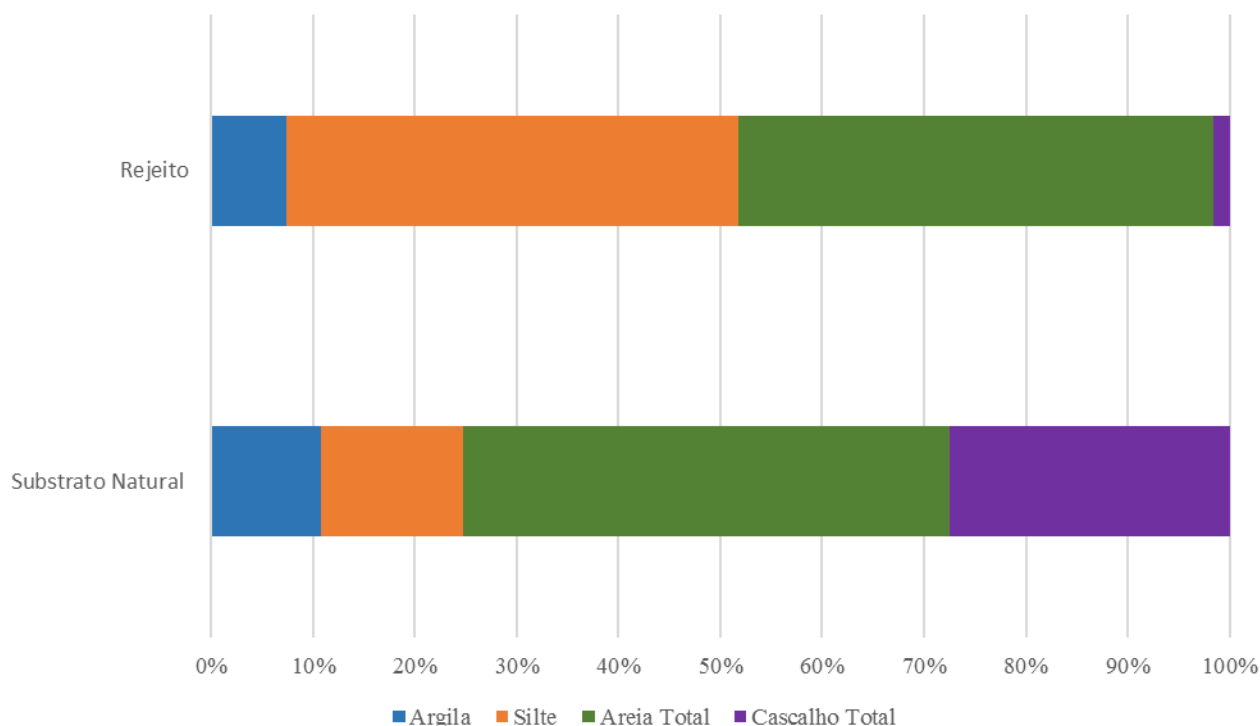
Os resultados laboratoriais de granulometria são apresentados no **Anexo VI**. Um resumo dos resultados de granulometria de material nas lagoas para o Trecho 9 é apresentado na Tabela 51.

Tabela 51 – Resumo dos Resultados de Granulometria – Lagoas do Trecho 9

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	CAMADA	PERCENTAGEM DE SÓLIDOS (%)	GRANULOMETRIA (%)										FRAÇÃO (2,0 - 4,8MM)	FRAÇÃO (4,8 - 19,1MM)	FRAÇÃO (> 19,1MM)
			ARGILA	SILTE	AREIA MUITO FINA	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	AREIA MUITO GROSSA	AREIA TOTAL	CASCALHO				
T08-GN-KM654 RE	Rejeito Extracalha	86,8	6,89	48,1	21,1	17,8	4,03	1,41	0,6838	45,07	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T08-GN-KM654 SN	Substrato Natural	74,1	5,34	10,7	14,6	9,04	5,03	1,93	3,73	34,38	> 2mm	0,4287	49,2	0,11	
T09-CARA-KM01-RE	Rejeito Extracalha	89,6	7,02	47,1	23,2	16,8	4,03	1,25	0,5944	45,9	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-CARA-KM01-SN	Substrato Natural	87,2	6,36	32,7	10,9	8,33	4,15	2,19	5,09	30,69	> 2mm	1,95	28,3	0,11	
T09-GN-KM612-RE	Rejeito Extracalha	86,2	7,56	37,8	29,8	18,6	4,26	1,31	0,6271	54,53	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM612-SN	Substrato Natural	78,6	12	12,9	36,9	24	10,5	1,42	2,34	75,2	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM615 SN	Substrato Natural	78,3	12,6	14,5	36,1	23,5	10,2	2,13	0,9103	72,84	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM625-RE	Rejeito Extracalha	88,8	5,06	44,4	21,4	12,4	4,62	1,14	0,5436	40,13	> 2mm	1,69	8,72	0,11	
T09-GN-KM625-SN	Substrato Natural	80,4	10,7	19,7	31,8	18,7	6,94	6,56	5,6	69,59	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM626-RE	Rejeito Extracalha	93,2	6,84	46,6	20	19,4	4,61	1,49	1,08	46,56	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM626-SN	Substrato Natural	85,1	4,58	6,38	9,74	6,66	4,01	2,32	4,77	27,5	> 2mm	31,7	29,8	0,11	
T09-GN-KM629-RE	Rejeito Extracalha	89,4	7,05	46	21,8	18,7	4,22	1,44	0,7001	46,93	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM629-SN	Substrato Natural	86,0	20,7	16,4	28,2	16,4	5,19	2,19	8,27	60,21	> 2mm	2,69	0,11	0,11	
T09-GN-KM631-RE	Rejeito Extracalha	87,1	9,65	41,6	23,1	18,7	4,12	1,44	1,19	48,56	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM631-SN	Substrato Natural	82,5	20,9	11,7	17,1	12	5,11	1,34	0,5079	36,03	> 2mm	3,32	28,1	0,11	
T09-GN-KM648-RE	Rejeito Extracalha	91,4	9,5	43,7	26,8	16,6	2,28	1	0,2238	46,82	> 2mm	0,11	0,11	0,11	
T09-GN-KM648-SN	Substrato Natural	85,7	3,77	1,42	4,56	3,25	4,73	4,83	6,69	24,06	> 2mm	42,4	28,3	0,11	

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 (rejeito e sedimento natural) para elaboração da Figura 186.

Figura 186 – Médias das Porcentagens de Argila, Silte, Areia Total e Cascalho Total nas Lagoas do Trecho 9



No rejeito foram detectadas proporções similares de material fino (argila e silte), média de 51,9% e de areia, média de 46,8%. A camada mais profunda, de substrato natural, apresentou textura grosseira, principalmente pela representação de areia (47,8%), se comparada com o material mais fino, média de 24,8%. Foi observado que a maior proporção de cascalho (27,5%) foi encontrada na camada de substrato natural, em contraste com a média de 1,6% de cascalho total no rejeito extracalha.

5.2.4.4 Modelo Conceitual – Formação do Novo “Lag layer”

Conforme discutido ao longo deste relatório, as amostras do material coletado na calha do rio indicaram a existência de três camadas distintas: rejeito lavado, rejeito inconsolidado e substrato natural.

Dados dos córregos locais não afetados, conforme estudos apresentados (GOLDER ASSOCIATES, 2016b) e amostras coletas pela CH2M no Trecho 9, indicam que a camada de

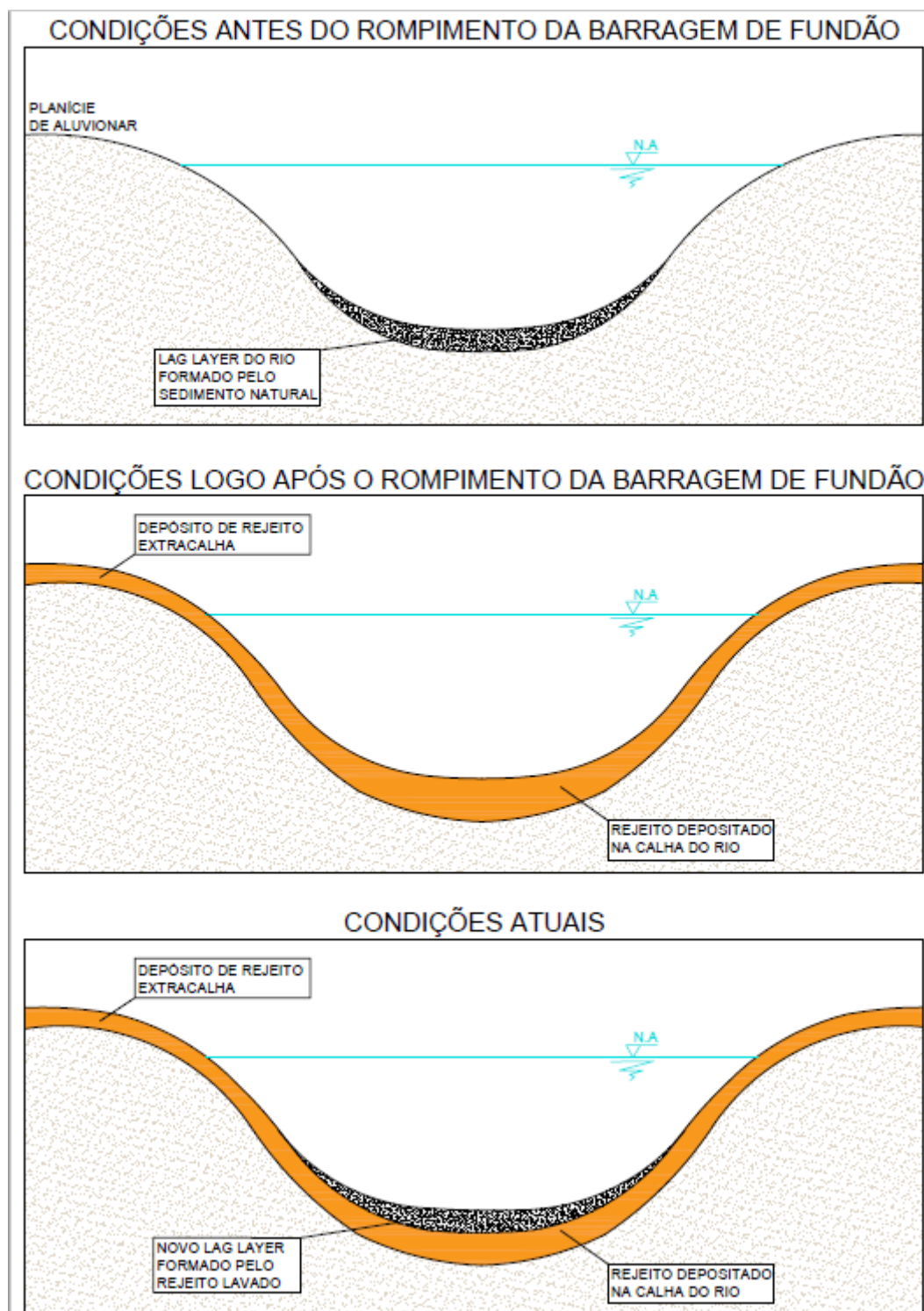
sedimento natural era formada basicamente de areia, cascalhos e seixos, formando o pavimento do leito do rio (*lag layer*). No rompimento da barragem de Fundão, parte do sedimento natural existente na calha do rio foi erodido devido à força erosiva do fluxo do rejeito. Não se sabe ao certo a profundidade e quantidade de sedimento natural erodido. Com a redução da vazão após este primeiro momento, o material carregado do leito do rio, assim como o rejeito sofreu um processo de deposição na calha, assim como nas margens, planícies aluviais e encostas inundadas pelo evento.

Esta nova composição do leito do rio, formado por um percentual significativo de partículas finas (quase 50% de silte e argila), o rejeito depositado passou a ser responsável pelo aumento da turbidez nos rios, mesmo após a normalização das vazões dos rios e tributários, atuando como fonte dos sedimentos em suspensão. Vale ressaltar que além do novo *lag layer*, todo o rejeito depositado nas planícies e expostos nos taludes marginais também podem contribuir como fonte de sólidos em suspensão em novos episódios chuvas e cheias.

Com o passar do tempo, o fluxo das águas do rio foi transportando e removendo a porção de material fino (porção argilosa e siltosa) do material depositado na calha, devido ao fluxo turbulento das águas mesmo em condições de baixa vazão. Desta forma o material transportado responsável pela carga de lavagem foi pouco a pouco sendo removido do leito do rio, resultando na formação do atual *lag layer* constituído por partículas de granulometria mais grossa, como areia e cascalho, identificado nas sondagens como rejeito lavado. Este novo *lag layer* atua como uma camada selante, evitando que o material fino da camada de rejeito inconsolidado, encontrada abaixo, seja exposto e entre em contato com as águas do rio. Esta proteção, no entanto, depende da sua espessura e textura. Camadas pouco 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.

A Figura 187 ilustra o conceito do *lag layer* antes do evento, logo após o evento de rompimento da barragem de Fundão e a formação do novo *lag layer* nas condições atuais.

Figura 187 – Ilustração do Modelo Conceitual de Formação do *Lag layer* na Calha do Rio



Na literatura científica são observados projetos de remediação com a aplicação de métodos de capeamento de sedimento que sugerem a instalação de *thinner caps* (capeamentos finos), como uma camada para impedir o contato da água e biota aquática com sedimentos contaminados. Segundo o documento, Demonstração e Validação da Recuperação Natural Monitorada Avançada de Sites DoD

(*Demonstration and Validation of Enhanced Monitored Natural Recovery at DoD Sites, ESTCP, 2009*), a aplicação de camadas de 10 a 30 cm de espessura é utilizada internacionalmente com esta finalidade.

Para o estudo em questão, o *lag layer* formado na calha do rio teria a mesma função do *thinner caps* mencionado acima, servindo como um capeamento do rejeito inconsolidado, potencial fonte de sólidos em suspensão. Nas seções avaliadas do rio, para determinar o rejeito depositado na calha com potencial de ressuspensão ou com instabilidade, foi considerado inicialmente um valor mais conservador, com a presença de uma *lag layer* de 40 cm, como uma espessura que serviria para a formação deste selo de cobertura, impedindo a exposição e a erosão do rejeito inconsolidado abaixo.

Este processo de formação do *lag layer* é um processo dinâmico que varia dependendo da conformação do rio, vazão e velocidade da água, que conseqüentemente impactam no processo de deposição ou erosão do leito da calha. Devido a estas variáveis, estudos mais detalhados estão sendo realizados no Trecho 8 para avaliar a estabilidade desta camada e em quais condições ele continuaria a servir de camada selante para o rejeito inconsolidado.

5.2.4.5 Análise de Concentrações de Metais

5.2.4.5.1 Transectos

Em transectos selecionados do Trecho 9 (T9T1, T9T5, T9T10, T9T14, T9T17, T9T20, T9T21, T9T24, T9T27, T9T31, T9T35, T9T38, T9T39, T9T43, T9T47, T9T50 e T9T52), 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**.

Depósitos Extracalha

Um resumo dos resultados obtidos na seção extracalha é apresentado na Tabela 52, 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 quanto à presença de substâncias químicas e metais, em consonância com a Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 (MINAS GERAIS, 2011).

Tabela 52 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE ²	VALOR DE PREVENÇÃO ¹	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA ¹	T9T1		T9T5		T9T10		T9T14		T9T17		
					0901-EC-RE	0901-EC-RI	0901-EC-SN	0905-EC-RE	0905-EC-SN	0910-EC-RE	0910-EC-SN	0914-EC-RE	0914-EC-SN	0917-EC-RE	0917-EC-SN
Alumínio	mg/kg	-	-	-	869,2	755,6	1980,2	668,9	9294	1095,6	3982,4	650,3	1678,6	876,1	3614,2
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	< 1,07	< 1,16	< 1,10	< 1,12	< 1,22	< 1,16	< 1,21	< 1,23	< 1,07	< 1,09	< 1,11
Arsênio	mg/kg	8	15	35	< 1,60	< 1,74	11,5	< 1,68	< 1,82	< 1,74	41,5	< 1,85	4,08	< 1,63	4,3
Bário	mg/kg	93	150	300	15	25,1	130,8	18,9	34,4	17,3	163	26	110,7	13,7	78,3
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4,27	< 4,65	< 4,38	< 4,47	< 4,87	< 4,63	< 4,83	< 4,92	< 4,26	< 4,35	< 4,43
Cádmio	mg/kg	≤0,4	1,3	3	< 1,07	< 1,16	< 1,10	< 0,372*J	< 1,22	< 1,16	< 1,21	< 1,23	< 1,07	< 1,09	< 1,11
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	< 2,13	< 2,33	< 2,19	< 2,23	10,4	< 2,32	< 2,41	< 2,46	4,8	< 2,18	6,1
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	< 1,60	< 1,74	< 1,64	< 1,68	2,04	< 1,74	3,89	< 1,85	< 1,60	< 1,63	2,95
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	< 2,13	< 2,33	< 2,19	4,22	9,85	< 2,32	7,06	8,34	7,26	7,77	8,88
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	7,57	7,04	8,65	< 5,03	21	9,68	13,8	7,71	6,13	7,9	10,4
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	25013,8	20070,9	14532,2	27666,7	10109,8	26170,5	19565,5	17462,8	25763,9	38444	19384,9
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	417,8	438,3	1733,8	367,9	146,5	474	2751	375,9	1387,5	289,3	925,8
Mercúrio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	0,078	0,074	< 0,110	< 0,112	< 0,122	0,086	0,238	< 0,002	< 0,107	< 0,109	< 0,111
Molibdênio Total	mg/kg	≤0,9	30	50	< 2,13	< 2,33	< 2,19	< 2,23	< 2,43	< 2,32	< 2,41	< 2,46	< 2,13	< 2,18	< 2,22
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	< 2,13	< 2,33	< 2,19	< 2,23	< 2,43	< 2,32	< 2,41	< 2,46	< 2,13	< 2,18	< 2,22
Prata Total	mg/kg	≤0,45	2	25	< 1,60	< 1,74	< 1,64	< 1,68	< 1,82	< 1,74	< 1,81	< 1,85	< 1,60	< 1,63	< 1,66
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	< 1,60	< 1,74	< 1,64	< 1,68	< 1,82	< 1,74	< 1,81	< 1,85	< 1,60	< 1,63	< 1,66
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	< 4,27	< 4,65	< 4,38	< 4,47	16,8	< 4,63	< 4,83	< 4,92	< 4,26	< 4,35	11,2
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	7,31	< 5,81	< 5,48	< 5,59	13,1	8,47	12,3	10,8	< 5,33	< 5,44	< 5,54

Legenda:

- 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

Tabela 53 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE ²	VALOR DE PREVENÇÃO ¹	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA ¹	T9T20		T9T21		T9T24		T9T27		T9T31		T9T35	
					0920-EC-RE	0920-EC-SN	0921-EC-RE	0921-EC-SN	0924-EC-RE	0924-EC-SN	0927-EC-RE	0927-EC-SN	0931-EC-RE	0931-EC-SN	0935-EC-RE	0935-EC-SN
Alumínio	mg/kg	-	-	-	595,4	4526,8	< 1131,2	2311,3	916,8	< 11,7	787,1	2739,7	8273,5	961,8	717,6	6404,1
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	< 1,13	< 1,26	< 1,13	< 1,18	< 1,13	< 1,17	< 1,11	< 1,15	< 1,19	< 1,10	< 1,13	< 1,22
Arsênio	mg/kg	8	15	35	< 1,70	< 1,90	< 1,70	14,2	< 1,69	< 1,76	< 1,66	< 1,73	< 1,79	< 1,65	< 1,69	< 1,84
Bário	mg/kg	93	150	300	11,7	20,6	12,1	235,4	13,6	104	15,3	104,2	70,5	19,1	43,7	168,5
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4,52	< 5,06	< 4,52	< 4,72	< 4,50	< 4,69	< 4,43	< 4,61	< 4,77	< 4,41	< 4,52	< 4,90
Cádmio	mg/kg	≤0,4	1,3	3	< 1,13	< 1,26	< 1,13	< 1,18	< 1,13	< 1,17	< 1,11	< 1,15	< 1,19	< 1,10	< 1,13	< 1,22
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	< 2,26	8,24	< 2,26	< 2,36	< 2,25	4,78	< 2,22	7,46	19,1	3,63	< 2,26	< 2,45
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	< 1,70	< 1,90	< 1,70	3,94	< 1,69	3,3	< 1,66	3,5	12,6	< 1,65	< 1,69	11,1
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	4,63	6,5	< 2,26	5,63	4,47	7,99	4,87	7,65	15,5	< 2,20	5,92	20,7
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	< 5,09	9,71	< 5,09	7,02	< 5,07	19,5	6,31	7,94	29,6	8,43	8,28	72,9
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	20995,8	6143	35033,9	30147,4	3315,1	< 5,87	26943,4	14072,2	22277,7	37680,2	22691,1	19576
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	294,9	108,2	216,9	2368,8	276,5	1363,3	324,5	1191,6	452,8	379,4	520,4	948,5
Mercúrio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0,113	< 0,126	< 0,113	< 1,179	< 0,113	< 0,117	< 0,111	< 0,115	< 0,119	< 0,110	< 0,113	< 0,122
Molibdênio Total	mg/kg	≤0,9	30	50	< 2,26	< 2,53	< 2,26	< 2,36	< 2,25	< 2,35	< 2,22	< 2,30	< 2,38	< 2,20	< 2,26	< 2,45
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	< 2,26	< 2,53	< 2,26	< 2,36	< 2,25	4,13	< 2,22	< 2,30	11,6	< 2,20	< 2,26	29,8
Prata Total	mg/kg	≤0,45	2	25	< 1,70	< 1,90	< 1,70	< 1,77	< 1,69	< 1,76	< 1,66	< 1,73	< 1,79	< 1,65	< 1,69	< 1,84
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	< 1,70	< 1,90	< 1,70	< 1,77	< 1,69	< 1,76	< 1,66	< 1,73	< 1,79	< 1,65	< 1,69	< 1,84
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	< 4,52	12,1	< 4,52	< 4,72	< 4,50	9,52	< 4,43	15,4	61,2	< 4,41	< 4,52	45,9
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	< 5,66	8,76	7,84	14	< 5,63	8,52	< 5,54	7,9	22,7	< 5,51	< 5,65	21,3

Legenda:

- 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

Tabela 54 – Concentrações de Metais Encontradas na Seção Extracalha dos Transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE	VALOR DE PREVENÇÃO	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA	T9T38		T9T39		T9T43		T9T47		T9T50		T9T52	
		2	1	1	0938-EC-RE	0938-EC-SN	0939-EC-RE	0939-EC-SN	0943-EC-RE	0943-EC-SN	0947-EC-RE	0947-EC-SN	0950-EC-RE	0950-EC-SN	0952-EC-RE	0952-EC-SN
Alumínio	mg/kg	-	-	-	894,8	2218	2228,7	6477,8	1043,4	5325,4	1323,4	6918,7	883,8	5745,7	1032	1793,9
Antimônio	mg/kg	0,5	2	5	< 1,11	< 1,33	< 1,17	< 1,23	< 0,552	< 1,16	< 1,13	< 1,15	< 1,14	< 1,18	< 1,14	< 1,25
Arsênio	mg/kg	8	15	35	< 1,67	< 1,99	< 1,75	< 1,85	< 0,829	< 1,73	< 1,70	< 1,72	< 1,70	< 1,77	< 1,72	16,2
Bário	mg/kg	93	150	300	10,9	47,6	10,4	47,3	12	92,4	16,3	102,1	12,4	124,3	16,1	45,6
Boro	mg/kg	11,5	-	-	< 4,45	< 5,31	< 4,67	< 4,93	< 2,21	< 4,62	< 4,54	< 4,59	< 4,55	< 4,73	< 4,58	< 5,01
Cádmio	mg/kg	≤0,4	1,3	3	< 1,11	< 1,33	< 1,17	< 1,23	< 0,552	< 1,16	< 1,13	< 1,15	< 1,14	< 1,18	< 1,14	< 1,25
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	< 2,23	9,71	< 2,33	5,2	< 1,10	< 2,31	4,33	8,26	< 2,27	10,5	< 2,29	10
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	< 1,67	6,99	< 1,75	4,13	< 0,829	5,16	< 1,70	5,37	< 1,70	6,24	< 1,72	6,02
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	6,03	15,3	6,84	12,5	4,48	15,9	< 2,27	10,7	4,08	13	4,81	12,3
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	< 5,01	25,7	7,74	18,9	5,03	21,8	8,37	22	6,28	23,7	6,42	28
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	7390,3	361	49574,1	14809,1	18867,4	21896	49400,9	32346,9	32041	28553,7	9267,1	6347,1
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	156,3	223	307,2	196,7	624,3	1162,4	342	732,5	310,5	1373,9	372,3	488,9
Mercurio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	< 0,111	< 0,133	< 0,117	< 0,123	0,029	< 0,116	< 0,113	< 0,115	< 0,114	< 0,118	< 0,114	< 0,125
Molibdênio Total	mg/kg	≤0,9	30	50	< 2,23	< 2,65	< 2,33	< 2,46	< 1,10	< 2,31	< 2,27	< 2,30	< 2,27	< 2,36	< 2,29	< 2,51
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	< 2,23	5,81	< 2,33	6,25	< 1,10	7,85	< 2,27	< 2,30	< 2,27	7,01	< 2,29	6,98
Prata Total	mg/kg	≤0,45	2	25	< 1,67	< 1,99	< 1,75	< 1,85	< 0,829	< 1,73	< 1,70	< 1,72	< 1,70	< 1,77	< 1,72	< 1,88
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	< 1,67	< 1,99	< 1,75	< 1,85	< 0,829	< 1,73	< 1,70	< 1,72	< 1,70	< 1,77	< 1,72	< 1,88
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	< 4,45	33,7	< 4,67	28,6	< 2,21	23,8	6,96	49,1	< 4,55	29,7	< 4,58	40,1
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	< 5,57	17,5	8,19	16,8	6,48	19,4	8,85	15,2	< 5,68	25,6	< 5,72	16,1

Legenda:

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

As maiores concentrações foram detectadas para alumínio, ferro e manganês. Para o Alumínio, as concentrações variaram de 595,4 a 9.294 mg/kg, com uma média de 2.706,4 mg/kg. Para Manganês, as concentrações variaram de 108,2 a 2.751 mg/kg, com uma média de 678,1 mg/kg. Para o Ferro, as concentrações variaram 361 a 49.574,1 mg/kg, com uma média de 21.448,9 mg/kg.

Detectou-se concentrações de Arsênio acima dos valores de referência para os transectos T9T1 (substrato natural), T9T10 (substrato natural), T9T21 (substrato natural) e T9T52 (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 T9T10 (41,5 mg/kg), enquanto que no mesmo transecto a concentração de Arsênio no rejeito coletado apresentou concentração abaixo do limite de quantificação do equipamento utilizado pelo laboratório.

Condição semelhante foi identificada nas análises do transecto T9T52, em que a concentração de Arsênio em substrato natural foi de 16,2 mg/kg, superando o valor de prevenção adotado para o composto (15 mg/kg – Conama 420), enquanto que a concentração encontrada para o rejeito, no mesmo transecto, foi abaixo do limite de quantificação do equipamento (<1,72 mg/kg). Os transectos T9T1 e T9T21 mostraram resultados superiores ao valor de referência mais restritivo adotado para o composto (8 mg/kg – COPAM nº 166/2011), sendo 11,5 mg/kg e 14,2 mg/kg respectivamente, enquanto que a concentração encontrada para o rejeito, nos mesmos transectos, foi abaixo do limite de quantificação do equipamento.

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 estéréis enriquecidos em arsênio e metais pesados diretamente no rio (SHOBBEANHAUS, 1988 *apud* GOLDER ASSOCIATES, 2016a). Segundo Gardenal (2002), até a década de 1980, o processo de mineração 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 orbitais disponibilizadas pelo Google Earth, observa-se diversas lagoas de garimpo, conforme apresentado na Seção 5.1.6, reforçando a hipótese sobre a ocorrência de concentrações de Arsênio e Mercúrio.

Em detalhe na tabela de concentrações, pode-se observar ainda a concentração de Mercúrio, com detecções nos transectos T9T1 (0,078 mg/kg no rejeito), T9T10 (0,086 mg/kg no rejeito e 0,238 mg/kg no substrato natural) e T9T43 (0,029 mg/kg no rejeito). Entretanto, apenas os transectos T9T1 e T9T10 superaram o valor de prevenção da Resolução CONAMA nº 420/2009 (0,05 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 nº166/2011) em amostras de substrato natural dos transectos T9T1 (130,8 mg/kg), T9T14 (110,7 mg/kg), T9T24 (104 mg/kg), T9T27 (104,2 mg/kg), T9T47 (102,1 mg/kg), e T9T50 (124,3 mg/kg), sendo valores bastante próximos de concentração. Já as amostras de substrato natural dos transectos T9T10 (163 mg/kg), T9T21 (235,4 mg/kg) e T9T35 (168,5 mg/kg) superaram também os valores de prevenção da Resolução Conama 420/2009.

Segundo Sousa (2016), a presença de bário na forma de barita (SO_4Ba – Sulfato de Bário) 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*).

Pode-se observar ainda a detecção de Cobalto em alguns pontos porém apenas nos transectos T9T31 (12,6 mg/kg no rejeito), T9T35 (11,1 mg/kg no substrato natural), T9T38 (6,99 mg/kg no substrato natural), T9T50 (6,24 mg/kg no substrato natural), e T9T52 (6,02 mg/kg no substrato natural) superaram o valor de referência de qualidade estabelecido pela COPAM nº 166/2011 (6 mg/kg), 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.

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 nº166/2011, com 21,5 mg/kg, contra 29,8 mg/kg de detecção. A concentração ocorreu em apenas um ponto, conforme observa-se na planilha de concentrações, no substrato natural do transecto T9T35. O cenário não indica tendência de ocorrência do composto Níquel, apenas de caráter pontual, talvez ocasionada por ocorrência natural.

Em suma, é fundamental salientar que não houve ocorrências de concentrações de metais acima dos Valores de Prevenção e Investigação da Resolução CONAMA 420/2009 nas camadas de rejeito durante as sondagens realizadas na seção extracalha no Trecho 9, apenas nas camadas de substrato natural, presentes abaixo dos depósitos de rejeito.

Supõe-se que nas planícies aluvionares do Trecho 9, as concentrações no solo superficial, anterior ao rompimento da barragem do Fundão, provavelmente eram menores que no subsolo (horizonte B, aqui chamado de substrato natural), devido aos extensos processos de lixiviação, absorção pelas raízes da vegetação, fixação na matéria orgânica, além de outras influências de biota, ocorridos ao longo do tempo. A onda de rejeito remobilizou (decapou) parte deste solo superficial, de baixo teor de metais, misturou-o com o rejeito (material considerado inerte com presença basicamente de ferro), e, em seguida, depositou esta mistura nas planícies. O resultado final é uma camada de material detrítico depositado nas porções superiores das planícies aluvionares, com concentrações de metais pesados geralmente menores do que no substrato natural, e abaixo dos Valores de Prevenção e Investigação da Resolução CONAMA 420/2009.

Portanto, das 17 amostras coletadas nas camadas superiores encontradas no Trecho 9 (**rejeito**), foram obtidas as seguintes classificações e ações segundo a Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009).

- 14 foram classificadas como Classe I, não havendo ações necessárias quanto ao gerenciamento deste material (Transectos: T9T5, T9T14, T9T17, T9T20, T9T21, T9T24, T9T27, T9T35, T9T38, T9T39, T9T43, T9T47, T9T50 e T9T52);

- 3 (três) foram classificadas como Classe II segundo a mesma resolução, abrindo a possibilidade para verificação da possibilidade de ocorrência natural dos compostos encontrados em concentrações acima do Valor de Referência de Qualidade da Norma Deliberativa COPAM 166/2011, uma vez estes padrões são referências de qualidade estimados para os solos do estado de Minas Gerais e não para a localidade do Trecho 9 em específico (Transectos T9T1, T9T10 e T9T31).

Para as 17 amostras coletadas nas camadas inferiores não expostas **(substrato natural)** do Trecho 9, temos:

- 6 (seis) foram classificadas como Classe 1, não havendo ações necessárias quanto ao gerenciamento deste material (T9T5, T9T17, T9T20, T9T31, T9T39, T9T43);
- 7 (sete) foram classificadas como Classe 2, podendo haver avaliação do órgão ambiental quanto as ações relacionadas e abrindo a possibilidade para verificação de ocorrência natural dos compostos encontrados em concentrações acima do Valor de Referência de Qualidade da Norma Deliberativa COPAM 166/2011, uma vez estes padrões são referências de qualidade estimados para os solos do estado de Minas Gerais e não para a localidade do Trecho 9 em específico (T9T1, T9T14, T9T24, T9T27, T9T38, T9T47 e T9T50);
- 3 (três) foram classificadas como Classe 3, demandando, entre outras ações, a identificação e controle da fonte potencial contaminação (ações já realizadas) e abrindo também a possibilidade para a verificação da ocorrência natural dos compostos encontrados em concentrações acima do Valor de Prevenção da Resolução CONAMA 420/2009 (T9T21, T9T21 e T9T52)
- 1 (uma) foi classificada como Classe 4, demandando as ações estabelecidas no Capítulo IV da Resolução CONAMA 420/2009 (T9T10), o qual estabelece diretrizes para o gerenciamento de área contaminadas

Para melhor detalhamento da descrição de classificação das amostras, vide seção Solo5.2.2.5.1.

Depósitos Intracalha

Também para os resultados de concentrações de metais obtidos na seção intracalha, é apresentado na Tabela 55 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 55 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1 PARA ÁGUA DOCE	NÍVEL 2 PARA ÁGUA DOCE	T9T1		T9T5			T9T7			T9T10		T9T14	
		1	1	0901-IC-RL	0901-IC-RL	0905-IC-RI	0905-IC-RL	0905-IC-SN	0907-IC-RI	0907-IC-RL	0907-IC-SN	0910-IC-RE	0910-IC-SN	0914-IC-RL	0914-IC-SN
Alumínio Total	mg/kg	-	-	5842,9	849,6	577,6	502,1	6413,5	1104,3	474,5	15245,4	714,8	15638,4	915,9	1537,4
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,12	< 1,27	< 1,23	< 1,08	< 1,31	< 1,15	3,31	< 1,29	< 1,23	< 1,45	< 1,12	< 1,34
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,69	< 1,91	< 1,85	< 1,61	< 1,97	< 1,73	< 2,04	< 1,94	< 1,85	< 2,18	7,26	< 2,02
Bário Total	mg/kg	-	-	78,1	130	649,9	108	320	34,4	48,7	61,2	100,4	127,9	276	319,4
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,49	< 5,10	< 4,93	< 4,30	< 5,26	< 4,61	< 5,43	< 5,16	< 4,93	< 5,81	< 4,47	< 5,38
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 1,12	< 1,27	< 0,411*J	< 0,358*J	< 1,31	< 0,384*J	< 0,453*J	< 0,430*J	< 1,23	< 1,45	< 0,373*J	< 1,34
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	< 2,25	< 2,55	< 2,47	< 2,15	5,88	< 2,30	< 2,72	16,2	< 2,47	< 2,90	< 2,24	< 2,69
Cobalto Total	mg/kg	-	-	3,78	< 1,91	< 1,85	< 1,61	11,8	< 1,73	< 2,04	< 1,94	< 1,85	< 2,18	< 1,68	4,02
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	< 2,25	< 2,55	5,47	< 2,15	19,2	8,69	8,06	7,93	< 2,47	< 2,90	8,18	9,84
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	7,62	< 5,73	< 5,55	< 4,84	6,75	6,71	< 6,11	< 5,81	< 5,55	< 6,53	20,2	7,06
Ferro Total	mg/kg	-	-	13731,5	13621,8	21255,6	27243,2	9936,6	39262,7	29816,6	13755,9	13821,2	1058,3	35799,6	9691,8
Manganês Total	mg/kg	-	-	1278,4	1143,3	2502,4	987,1	2081,5	515,5	606,8	811,5	1153,2	30,9	2232,3	1776,8
Mercurio Total	mg/kg	0,17	0,486	0,116	< 0,127	0,099	0,065	< 0,131	0,047	< 0,014	< 0,013	0,051	< 0,015	0,518	0,272
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,25	< 2,55	< 2,47	< 2,15	< 2,63	< 2,30	< 2,72	< 2,58	< 2,47	< 2,90	< 2,24	< 2,69
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,25	< 2,55	< 2,47	< 2,15	9,55	< 2,30	< 2,72	< 2,58	< 2,47	< 2,90	< 2,24	< 2,69
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,69	< 1,91	< 1,85	< 1,61	< 1,97	< 1,73	< 2,04	< 1,94	< 1,85	< 2,18	< 1,68	< 2,02
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,69	< 1,91	< 1,85	< 1,61	< 1,97	< 1,73	< 2,04	< 1,94	< 1,85	< 2,18	< 1,68	< 2,02
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,49	< 5,10	< 4,93	< 4,30	9,23	< 4,61	< 5,43	< 5,16	< 4,93	< 5,81	< 4,47	< 5,38
Zinco Total	mg/kg	123	315	18	< 6,37	< 6,17	< 5,38	32,4	< 5,76	< 6,79	13,8	< 6,17	< 7,26	< 5,59	18,9

Legenda:

- ¹ Resolução CONAMA N° 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

Tabela 56 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1	NÍVEL 2	T9T17			T9T21			T9T24			T9T27			T9T31		
		PARA ÁGUA DOCE ¹	PARA ÁGUA DOCE ¹	0917-IC- RI	0917-IC- RL	0917-IC- SN	0921-IC- RI	0921-IC- RL	0921-IC- SN	0924-IC- RI	0924-IC- RL	0924-IC- SN	0927-IC- RI	0927-IC- RL	0927-IC- SN	0931-IC- RI	0931-IC- RL	0931-IC- SN
Alumínio Total	mg/kg	-	-	2764	1966	1769,3	< 1129,9	643,2	< 1292,0	2334	339,7	1124,2	706,8	928,4	1799,9	1667,7	748,4	2135,4
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,23	< 1,11	< 1,10	< 1,13	< 1,33	< 1,29	< 1,70	< 1,29	< 1,18	< 1,16	< 1,12	< 1,16	< 1,11	< 1,15	< 1,16
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,85	< 1,67	4,99	< 1,69	< 1,99	10,9	< 2,55	< 1,93	< 1,77	< 1,75	< 1,67	< 1,74	< 1,67	< 1,73	< 1,74
Bário Total	mg/kg	-	-	53,8	2179,5	319,5	17	34,4	388,9	119	16,6	208,5	31,5	170,5	41,3	80,1	1634,4	74
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,93	< 4,46	< 4,40	< 4,52	< 5,31	< 5,17	< 6,80	< 5,15	< 4,72	< 4,66	< 4,46	< 4,65	< 4,46	< 4,61	< 4,65
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 1,23	< 1,11	< 1,10	< 1,13	< 1,33	< 1,29	< 0,567*J	< 0,429*J	< 0,394*J	< 0,388*J	< 0,372*J	< 0,387*J	< 1,11	< 1,15	< 1,16
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	106,2	386,9	10,1	< 2,26	< 2,65	< 2,58	7,79	< 2,57	< 2,36	< 2,33	< 2,23	< 2,32	< 2,23	4,46	< 2,32
Cobalto Total	mg/kg	-	-	8,51	37,5	3,2	< 1,69	< 1,99	4,81	5,53	< 1,93	< 1,77	< 1,75	4,1	< 1,74	3,34	5,97	3,76
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	17,1	22,1	9,15	< 2,26	4,47	7,84	10,8	7,04	6,17	7,69	6,6	6,25	5,78	5,73	9,99
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	14,2	< 5,02	< 4,95	7,41	< 5,97	13,5	16,8	< 5,79	8,1	< 5,24	< 5,02	< 5,23	12,2	13,3	15
Ferro Total	mg/kg	-	-	46769,4	38701,2	27350	35926,6	18922,4	19683,5	4945,5	339,3	291,6	18333,4	17709,7	2527,6	28879,6	26025	12350,2
Manganês Total	mg/kg	-	-	1855,7	23054,6	2361	392,8	396,5	2851,6	3020,4	205,3	1547,4	314,2	1374,4	91,8	685,1	4972,9	373,6
Mercúrio Total	mg/kg	0,17	0,486	< 0,123	< 0,111	< 0,110	< 0,113	< 0,133	< 0,129	0,425	< 0,129	< 0,118	0,035	0,086	< 0,116	< 0,111	< 0,115	< 0,116
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,47	< 2,23	< 2,20	< 2,26	< 2,65	< 2,58	< 3,40	< 2,57	< 2,36	< 2,33	< 2,23	< 2,32	< 2,23	< 2,31	< 2,32
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	12,1	< 2,23	< 2,20	< 2,26	< 2,65	< 2,58	< 3,40	< 2,57	0	< 2,33	3,73	< 2,32	< 2,23	< 2,31	5,54
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,85	< 1,67	< 1,65	< 1,69	< 1,99	< 1,94	< 2,55	< 1,93	< 1,77	< 1,75	< 1,67	< 1,74	< 1,67	< 1,73	< 1,74
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,85	< 1,67	< 1,65	< 1,69	< 1,99	< 1,94	< 2,55	< 1,93	< 1,77	< 1,75	< 1,67	< 1,74	< 1,67	< 1,73	< 1,74
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,93	< 4,46	< 4,40	< 4,52	< 5,31	< 5,17	< 6,80	< 5,15	< 4,72	< 4,66	< 4,46	< 4,65	< 4,46	< 4,61	11,9
Zinco Total	mg/kg	123	315	12,1	17,8	< 5,49	8,54	6,99	9,85	13,5	< 6,44	11,4	< 5,82	< 5,58	9,82	12,6	< 5,77	10

Legenda:

¹ Resolução CONAMA N° 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

Tabela 57 – Concentrações de metais encontradas na seção intracalha dos transectos do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1	NÍVEL 2	T9T35		T9T38		T9T39		T9T43		T9T47		T9T50		T9T52	
		PARA	PARA	0935-IC-	0935-IC-	0935-IC-	0938-IC-	0939-IC-	0939-IC-	0943-IC-	0943-IC-	0947-IC-	0947-IC-	0950-IC-	0950-IC-	0950-IC-	0952-IC-
		ÁGUA	ÁGUA	RI	RL	SN	SN	SN	RL	RE	SN	RL	SN	RI	RL	SN	SN
		DOCE ¹	DOCE ¹														
Alumínio Total	mg/kg	-	-	687,5	710,4	3281,3	1345,2	7524,5	926	844	9974,6	619,1	2996,6	584,4	620,8	1886	782,9
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,16	< 1,15	< 1,25	< 1,20	< 1,40	< 1,20	< 0,595	< 1,27	< 1,17	< 1,22	< 1,14	< 1,25	< 1,28	< 1,24
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,73	< 1,73	< 1,88	< 1,80	< 2,10	< 1,81	< 0,893	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,72	< 1,87	< 1,93	19,9
Bário Total	mg/kg	-	-	106	144,8	127,7	19,2	115	515	119,8	88,3	95,4	36,8	9,07	49,7	29,4	151,7
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,62	< 4,61	< 5,02	< 4,81	< 5,59	< 4,81	< 2,38	< 5,08	< 4,69	< 4,88	< 4,58	< 4,99	< 5,13	< 4,96
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 0,385*J	< 0,384*J	< 0,418*J	< 0,401*J	< 1,40	< 1,20	< 0,595	< 1,27	< 1,17	< 1,22	< 1,14	< 1,25	< 1,28	< 0,414*J
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	< 2,31	< 2,31	< 2,51	< 2,40	4,9	< 2,41	< 1,19	13,4	< 2,34	6,77	< 2,29	< 2,50	< 2,57	15,5
Cobalto Total	mg/kg	-	-	< 1,73	3,16	6,59	< 1,80	7,66	3,62	< 0,893	8,08	< 1,76	< 1,83	< 1,72	< 1,87	7,35	45
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	5,57	4,73	30,7	6,57	15,7	8,92	6,95	18,4	3,77	8,03	< 2,29	7,34	9,44	16
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	< 5,20	8,71	30,1	23,7	11,8	10,2	13	36	6,27	< 5,49	< 5,15	< 5,62	14	17,2
Ferro Total	mg/kg	-	-	23006,2	20911,5	13611,3	4805,2	12426,6	20902,5	11330,4	19002,5	26225,4	3547,2	26483,7	19257,5	13182,3	7461,8
Manganês Total	mg/kg	-	-	935,3	1434,8	532	46,2	386,2	4074,6	1024,7	270,5	738,2	70,3	235	553,7	626	2109
Mercúrio Total	mg/kg	0,17	0,486	0,057	0,074	0,044	< 0,120	< 0,140	< 0,120	0,04	< 0,127	< 0,117	< 0,122	< 0,114	< 0,125	< 0,128	< 0,012
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,31	< 2,31	< 2,51	< 2,40	< 2,80	< 2,41	< 1,19	< 2,54	< 2,34	< 2,44	< 2,29	< 2,50	< 2,57	< 2,48
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,31	4,58	20,9	< 2,40	11	< 2,41	< 1,19	10,4	< 2,34	< 2,44	< 2,29	< 2,50	4,39	48,8
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,73	< 1,73	< 1,88	< 1,80	< 2,10	< 1,81	< 0,893	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,72	< 1,87	< 1,93	< 1,86
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,73	< 1,73	< 1,88	< 1,80	< 2,10	< 1,81	< 0,893	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,72	< 1,87	< 1,93	< 1,86
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,62	6	19,5	7,95	24,9	< 4,81	< 2,38	37	< 4,69	9,27	< 4,58	< 4,99	11,4	9,07
Zinco Total	mg/kg	123	315	< 5,78	< 5,77	13	< 6,01	31,1	9,11	8,12	27,4	< 5,86	10,2	< 5,72	< 6,24	9,39	31,6

Legenda:

¹ Resolução CONAMA N° 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 poucos pontos, porém a concentração mais elevada de foi no T9T52 com o valor de 19,9 mg/kg no substrato natural, superando os valores de referência adotados como padrões para o nível 2 (17 mg/kg). 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). As outras duas concentrações que superaram a Resolução CONAMA nº 454/2012, para o Níveis 1 estabelecidos para água doce foram encontradas nos transectos T9T14 (7,26 mg/kg no rejeito lavado) e T9T21 (10,9 mg/kg no substrato natural).

Observou-se ainda concentrações acima dos valores de referência para o composto Chumbo em um único ponto, o transecto T9T17, sendo as concentrações detectadas no rejeito inconsolidado (106,2 mg/kg) e rejeito lavado (386,9 mg/kg), fortalecendo a hipótese de ocorrência natural ou ocasionada por atividades antrópicas históricas de mineração. Ambas as concentrações reportadas superaram a Resolução CONAMA nº 454/2012, para o Nível 2 estabelecidos para sedimentos em água doce (91,3 mg/kg).

A ocorrência de Mercúrio nos pontos estudados teve o comportamento semelhante ao do composto Chumbo, pois foi detectado em alguns pontos, inclusive em camadas de substrato natural. É importante ressaltar que a concentração mais elevada de Mercúrio, foi detectada na camada de rejeito lavado no T9T14 com a concentração de 0,518 mg/kg, superando os valores de referência adotados como padrões Nível 2 (0,486 mg/kg), reforçando a hipótese de ocorrência ocasionada pelo garimpo de ouro na região. Outras duas concentrações superaram os valores de referência adotados como padrões Nível 1 (0,17 mg/kg), sendo na camada de substrato natural no T9T14 (0,272 kg/mg) e na camada de rejeito inconsolidado no T9T24 (0,425 kg/mg).

Já para o composto Níquel, apenas no T9T35 no substrato natural da seção intracalha a concentração (20,9 mg/kg) superou os valores de referência Nível 1 (18 mg/kg); e no T9T52 a concentração (48,8 mg/kg) superou os valores de referência Nível 2 da CONAMA nº 454/2012 (35,9 mg/kg).

5.2.4.5.2 Lagoas

Um resumo dos resultados obtidos das amostras das lagoas é apresentado na Tabela 58, 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.

As maiores concentrações detectadas foram para alumínio, ferro e manganês. Para o Alumínio, as concentrações variaram de 19,8 a 4.559 mg/kg, com uma média de 2.606,88 mg/kg. Para Manganês, as concentrações variaram de 3,51 a 691,7 mg/kg, com uma média de 265,37 mg/kg. Para o Ferro, as concentrações variaram de 61,8 a 32.665,1 mg/kg, com uma média de 15.055,76 mg/kg. Esses metais, no entanto, não possuem padrões na referida norma.

Não houve detecção de nenhum composto acima dos valores de referência Nível 1 e Nível 2 da CONAMA nº 454/2012 para as lagoas do Trecho 9 amostradas, seja para os rejeitos, seja para o substrato natural.

Tabela 58 – Concentrações de metais encontradas nas lagoas do Trecho 9

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1 PARA ÁGUA DOCE ¹	NÍVEL 2 PARA ÁGUA DOCE ¹	T08-GN-KM654-RE	T08-GN-KM654-SN	T09-CARA-KM01-RE	T09-CARA-KM01-SN	T09-GN-KM612-RE	T09-GN-KM612-SN	T09-GN-KM615-SN	T09-GN-KM625-RE	T09-GN-KM625-SN	T09-GN-KM626-RE	T09-GN-KM626-SN	T09-GN-KM629-RE	T09-GN-KM629-SN	T09-GN-KM631-RE	T09-GN-KM631-SN	T09-GN-KM648-RE	T09-GN-KM648-SN
Alumínio Total	mg/kg	-	-	2005,1	4559	902,7	4486,6	4114,9	4247,6	4502,6	3085,3	4048	1909,3	3965,1	723,9	3629,9	19,8	66,5	1045	2990,9
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,22	< 1,31	< 1,16	< 1,28	< 1,45	< 1,38	< 1,30	< 1,19	< 1,31	< 1,17	< 1,27	< 1,21	< 1,21	< 1,17	< 1,28	< 1,18	< 1,21
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,83	< 1,96	< 1,74	< 1,91	< 2,18	< 2,07	< 1,95	< 1,79	< 1,96	< 1,75	< 1,91	< 1,82	< 1,82	< 1,75	< 1,91	< 1,78	< 1,82
Bário Total	mg/kg	-	-	23,6	51,2	12,1	24,3	41,2	51,7	43	19,6	53,1	15,7	51,1	11,9	21,2	< 2,34	< 2,55	30,1	23,7
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,87	< 5,23	< 4,63	< 5,10	< 5,81	< 5,52	< 5,19	< 4,77	< 5,23	< 4,68	< 5,09	< 4,84	< 4,85	< 4,68	< 5,10	< 4,73	< 4,84
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 0,406*J	< 0,436*J	< 0,386*J	< 0,425*J	< 0,484*J	< 0,460*J	< 0,433*J	< 0,398*J	< 0,436*J	< 0,390*J	< 0,424*J	< 0,404*J	< 0,405*J	< 0,390*J	< 0,425*J	< 0,394*J	< 0,404*J
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	< 2,44	6,04	< 2,32	9,16	< 2,91	10,8	12,6	< 2,39	10,2	< 2,34	11	< 2,42	12,6	< 2,34	< 2,55	2,49	9,79
Cobalto Total	mg/kg	-	-	< 1,83	3,21	< 1,74	6,24	< 2,18	< 2,07	3,65	< 1,79	< 1,96	< 1,75	< 1,91	< 1,82	3,81	< 1,75	< 1,91	3,17	2,31
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	9,81	12,9	10,2	16,5	15,2	13,8	19,7	11,1	12,9	9,59	12	8,92	11,6	< 2,34	< 2,55	13,2	15,1
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	< 5,48	22,7	8,68	28,5	12,3	18,2	35,2	8,6	< 5,88	< 5,26	10,3	< 5,45	< 5,46	< 5,26	< 5,74	9,78	17
Ferro Total	mg/kg	-	-	26171,5	28275,4	32665,1	16269,1	21056	8193,9	17285,7	24638,3	8528,3	22643,4	10294,5	20845,4	6200,9	102,8	61,8	25579,9	8855,9
Manganês Total	mg/kg	-	-	456,1	98,9	322,5	119,9	187,2	96,8	259,5	387	237,9	365,5	499,8	298	111,7	< 3,51	< 3,83	691,7	231,3
Mercurio Total	mg/kg	0,17	0,486	0,078	0,047	< 0,012	< 0,013	0,061	0,028	0,144	0,061	0,046	0,075	0,06	0,061	0,044	< 0,012	< 0,013	0,063	0,035
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,44	< 2,61	< 2,32	< 2,55	< 2,91	< 2,76	< 2,60	< 2,39	< 2,61	< 2,34	< 2,54	< 2,42	< 2,43	< 2,34	< 2,55	< 2,37	< 2,42
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,44	< 2,61	< 2,32	6,22	< 2,91	4,65	4,1	< 2,39	< 2,61	< 2,34	< 2,54	< 2,42	< 2,43	< 2,34	< 2,55	3,26	6,56
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,83	< 1,96	< 1,74	< 1,91	< 2,18	< 2,07	< 1,95	< 1,79	< 1,96	< 1,75	< 1,91	< 1,82	< 1,82	< 1,75	< 1,91	< 1,78	< 1,82
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,83	< 1,96	< 1,74	< 1,91	< 2,18	< 2,07	< 1,95	< 1,79	< 1,96	< 1,75	< 1,91	< 1,82	< 1,82	< 1,75	< 1,91	< 1,78	< 1,82
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,87	28,2	5,58	50,9	17,5	24,5	29,6	6,7	10,2	< 4,68	12,8	< 4,84	21,8	< 4,68	< 5,10	4,9	18,1
Zinco Total	mg/kg	123	315	< 6,09	28	9,33	16	26,2	24,5	18,4	7,77	14,1	< 5,85	12,6	< 6,05	17	< 5,85	< 6,38	9,3	12,1

Legenda:

- ¹ Resolução CONAMA N° 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

5.2.4.6 *Análise da 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, 2018).

Os produtos friáveis e móveis formados pelo intemperismo e que não são imediatamente removidos pela água, vento ou gelo evoluem, sofrem 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 compostas coletadas nos Trechos 9. 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.

5.2.4.6.1 *Metodologia*

A caracterização ambiental dos depósitos foi realizada por meio de trabalhos de campo, em que foram realizadas inspeções no Trecho 9, coleta de amostras nos meses de novembro/dezembro 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 5.2.3.1.

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 definidas as correções do solo 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 estados 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)”, referência no estado de Minas Gerais e “Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro para o parâmetro pH(CaCl₂)”.

Os resultados laboratoriais para as análises de granulometria estão apresentados na Tabela 59 e parâmetros físicos e químicos na Tabela 60. Em seguida, apresenta-se o resultado das análises para o Trecho 9.

Tabela 59 – Resultado da Análise de Granulometria das Amostras Compostas por Transecto no Trecho 9

TRANSECTO	IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	SEÇÃO DO RIO	CAMADA	GRANULOMETRIA (%)											FRAÇÃO (2,0 - 4,8mm)	FRAÇÃO (4,8 - 19,1mm)	FRAÇÃO (> 19,1mm)
				ARGILA	SILTE	AREIA MUITO FINA	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	AREIA MUITO GROSSA	AREIA TOTAL	CASCALHO					
T9T1	0901-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,87	42,4	17,9	16,8	10,2	4,83	< 0,1100	49,83	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100		
T9T5	0905-08-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	2,56	18,3	13,2	4,72	0,8693	0,4811	0,94	20,22	> 2mm	32,1	26,9	< 0,1100		
T9T7	0907-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,65	40,5	32	14,4	2,52	0,8619	0,8788	50,63	> 2mm	2,27	< 0,1100	< 0,1100		
T9T10	0910A101117	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,56	46,2	30,6	14,1	2,13	0,6112	0,6759	48,19	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100		
T9T14	0914-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7	41,8	29,8	16	3,16	1,15	1,02	50,21	> 2mm	0,1956	< 0,1100	< 0,1100		
T9T17	0917-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	5,86	35,4	29,8	14,8	2,92	1,45	2,04	51,02	> 2mm	7,7	< 0,1100	< 0,1100		
T9T20	0920-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,16	45,1	30,9	14	2	0,4108	0,2468	47,58	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100		
T9T21	0921-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,73	36,3	28,5	12,5	1,73	2,09	1,63	46,46	> 2mm	10,5	< 0,1100	< 0,1100		
T9T24	0924-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,59	42,9	36,5	10,3	0,1219	< 0,1100	< 0,1100	46,96	> 2mm	< 0,1100	3,6	< 0,1100		
T9T27	0927-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,05	44,1	30,6	13,3	2,34	0,625	0,7623	47,59	> 2mm	1,09	< 0,1100	< 0,1100		
T9T31	0931-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,13	38,3	27,1	10,6	3,78	3,34	4,05	48,91	> 2mm	5,41	< 0,1100	< 0,1100		
T9T35	0935-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,3	38,3	26,2	13,2	3,28	1,85	2,83	47,43	> 2mm	6,79	< 0,1100	< 0,1100		
T9T38	0938-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,61	45,2	28,7	14,7	2,64	0,7163	0,3104	46,99	> 2mm	0,1337	< 0,1100	< 0,1100		
T9T39	0939-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	8,27	40,1	30,2	14,4	3,66	1,5	0,8369	50,57	> 2mm	0,9871	< 0,1100	< 0,1100		
T9T43	0943-09-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	4,18	29,8	23,3	13,8	7,49	2,82	4,42	51,89	> 2mm	6,89	7	< 0,1100		
T9T47	0947-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	6,69	40,7	26	15	3,46	1,16	5,14	50,79	> 2mm	1,6	< 0,1100	< 0,1100		
T9T50	0950-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	8,02	41	26,2	12,9	6,54	2,77	2,58	50,98	> 2mm	< 0,1100	< 0,1100	< 0,1100		
T9T52	0952-EC-RE	Extracalha	Rejeito Extracalha	7,5	37,4	32,2	10,6	3,16	1,67	1,64	49,26	> 2mm	0,2755	5,56	< 0,1100		

Tabela 60 – Resultado da Análise de Granulometria das Amostras Compostas Extracalha no Rejeito por Transecto no Trecho 9

PARÂMETROS	UN. REF	P-RE M****	VALORES DE REFERÊNCIA					RE F.	UN. LAB	T9T1	T9T5	T9T7	T9T9	T9T14	T9T17	T9T20	T9T21	T9T24	T9T27	T9T31	T9T35	T9T38	T9T39	T9T43	T9T47	T9T50	T9T52
			Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto			0901-EC-RE	0905-08-EC-RE	0907-EC-RE	0910A101117	0914-EC-RE	0917-EC-RE	0920-EC-RE	0921-EC-RE	0924-EC-RE	0927-EC-RE	0931-EC-RE	0935-EC-RE	0938-EC-RE	0939-EC-RE	0943-09-EC-RE	0947-EC-RE	0950-EC-RE	0952-EC-RE
pH(CaCl2)	-		6,0 - 7,0	5,6 - 6,0	5,1 - 5,5	4,4 - 5,0	> 4,3	1***	-	6,40	6,01	5,26	6,30	5,89	6,00	6,25	6,34	6,35	6,24	6,63	5,76	6,15	6,08	6,05	6,63	6,72	6,71
Densidade Aparente								3	g/cm³	1,33		1,66	1,59		1,69	1,9	1,76	1,69		1,69	1,53	1,65	1,32	1,8	1,71	1,75	1,93
Porosidade Total								3	%	29,4		31,2	30,2		38	31,9	33,5	27,8		37,6	32,7	35,8	27	35,7	37,3	30,8	29,7
Macroporosidade (Porosidade Efetiva)								3	%	7,47		13,20	5,79		13,1	11,6	3,23	4,27		7,78	14,6	5,59	3,44	3,26	4,61	6,48	5,53
Umidade								3	%	6,63		7,17	11,03		6,2	10,68	9,96	6,75		12,15	11,91	8,1	8,92	9,83	12,9	9,76	9,38
Matéria Orgânica Total	dag/kg		< 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00	2	%	0,74	0,74	0,74	0,74	0,83	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,90	0,74	0,74	0,74
Carbono Orgânico Total	dag/kg	-	< 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06	2	%	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Soma de Bases	cmolc/dm3		< 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00*	> 6,00*	2	mmolc/dm3	1,4	0,9	1,3	1,6	1,3	1,4	1,5	1,3	2,0	1,3	1,6	1,3	2,2	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5
Saturação de Bases	V %		< 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0*	> 80,0*	2	%	61,0	55,0	60,0	66,0	60,0	62,0	63,0	63,0	70,0	63,0	65,0	61,0	70,0	67,0	68,0	64,0	63,0	67,0
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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	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	mmolc/dm3	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
CTC	cmolc/dm3		< 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00*	> 15,00*	2	mmolc/dm3	2,2	1,7	2,1	2,4	2,1	2,2	2,3	2,1	2,8	2,1	2,4	2,1	3,1	2,4	2,4	2,3	2,3	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																		
		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		13	7	9	34	12	10	12	8	14	10	7	12	13	8	50	10	17	11
		30 - 44	< 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0	2																			
		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	0,5	0,3	0,5	0,9	0,6	0,7	23,5	11,7	27,4	11,7	19,6	31,3	27,4	43,0	11,7	27,4	19,6	15,6

PARÂMETROS	UN. REF	P-RE M****	VALORES DE REFERÊNCIA					RE F.	UN. LAB	T9T1	T9T5	T9T7	T9T9	T9T14	T9T17	T9T20	T9T21	T9T24	T9T27	T9T31	T9T35	T9T38	T9T39	T9T43	T9T47	T9T50	T9T52
			Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto			0901-EC-RE	0905-08-EC-RE	0907-EC-RE	0910A101117	0914-EC-RE	0917-EC-RE	0920-EC-RE	0921-EC-RE	0924-EC-RE	0927-EC-RE	0931-EC-RE	0935-EC-RE	0938-EC-RE	0939-EC-RE	0943-09-EC-RE	0947-EC-RE	0950-EC-RE	0952-EC-RE
Cálcio	cmolc/dm3		< 0,4	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00*	> 4,00*	2	mg/dm3	0,060	0,040	0,055	0,070	0,055	0,060	1,300	1,200	1,600	1,200	1,300	1,100	1,800	1,400	1,400	1,300	1,300	1,400
Magnésio	cmolc/dm3		< 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50*	> 1,50*	2	mg/dm3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,10	0,30	0,01	0,02	0,10	0,30	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
Enxofre	mg/L	0 - 4	< 1,7	1,8 - 2,5	2,6 - 3,6	3,7 - 5,4	> 5,4	2	mg/dm3	13	4	8	16	7	9	9	30	20	10	24	12	19	9	9	22	11	30
		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																			
Alumínio	cmolc/dm3	44 - 60	< 8,9	9,0 - 13,0	13,1 - 18,0	18,1 - 27,0	> 27,0	2																			
			< 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00	> 2,00	2	mg/dm3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,01	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fósforo Remanescente (CaCl2+60 mg P/L)	mg/L	-	30,1 - 60	19,1 - 30	0 - 19			4	mg/L	38,00	37,30	38,00	37,30	34,00	42,10	38,60	39,30	38,40	50,80	3,90	37,30	45,50	40,70	34,70	42,30	44,40	43,80
Nitrogênio Total								3	mg/kg	43,80	76,2	48,1	95,4	67,9	61,3	244,8	45,6	64,9	268,0	68,4	321,6	58,1	98,4	131,4	64,4	57,8	54,9
pH	-		< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0	4	-	7,79	6,74	7,71	6,91	7,86	7,77	8,23	7,72	6,84	8,36	6,83	8,30	7,49	7,30	7,30	6,54	7,17	7,29
Fosforo Resina	mg/dm³		< 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0*	> 45,0*	2**	mg/dm3	13,00	7,00	9,00	34,00	12,00	10,00	12,00	8,00	14,00	10,00	7,00	12,00	13,00	8,00	5,00	10,00	9,00	11,00

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)
4 - Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (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
**** Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo e enxofre de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem)

1% (massa/massa) = 1 dag/kg = 10 g/kg
mmolc/dm3 / 10 = cmolc/dm3
1 cmolc K = 0,391 g ou 391 mg K
1 cmolc Ca = 0,2004 g ou 200,4 mg Ca
1 cmolc Mg = 0,12156 g ou 121,56 mg Mg
1 cmolc Al = 0,09 g ou 90 mg Al

Muito baixo
Baixo
Médio
Alto
Muito alto

5.2.4.6.2 *Resultados e Discussão*

Com base nos resultados obtidos para as análises físicas, todos os resultados para granulometria indicaram um maior percentual de areia, o qual variou de 20,22% a 50,98%, o silte apresentou variações entre 18,3% e 46,2% e a argila apresentou menor percentual em todas as amostras, com variações entre de 2,56% e 8,27%, condizente com a área em estudo.

A densidade é influenciada pela textura, solos arenosos apresentam densidade superior ao solo argiloso, enquanto 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, apresentaram variação entre 1,32 e 1,93 g/cm³. As amostras do Trecho 9 que ficaram próximas da faixa de criticidade e apresentaram também um maior percentual de areia em relação ao percentual de argila, com valores percentuais próximos a 50%.

Com relação ao parâmetro macroporosidade, 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%. Esta condição foi verificada nas amostradas T9T7, T9T17, T9T20, T9T35.

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” quando comparados aos valores de referência adotados para Minas Gerais, assim como os nutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), indicando solos pobres nestes macronutrientes.

Com relação ao fósforo (P): o fósforo remanescente corresponde ao teor de P que fica na solução de equilíbrio. Em solos mais argilosos haverá maior adsorção e sobrarão menos P (menor valor de P-rem) do que nos solos mais arenosos (ANTONIO, s/d). O resultado das análises laboratoriais, indicaram um predomínio de amostras classificadas como “baixo”. No caso temos solos arenosos, restando pouco fósforo na solução de equilíbrio, o que indicou pouco fósforo presente nas amostras de solo.

Os resultados para enxofre (S) indicaram para parte significativa das amostras, valores classificados como “muito alto” ou “alto”. A presença de S pode indicar a presença de matéria orgânica nas amostras, pois este parâmetro é disponibilizado 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 $0,01 \text{ cmolc/dm}^3$, o que indica que a presença do mesmo não confere toxidez para as plantas, uma vez que são recomendados valores abaixo $0,50 \text{ cmolc/dm}^3$.

Os resultados para Capacidade de Troca Catiônica (CTC) se enquadraram “baixa” em todas as amostras. Recomenda-se valores acima de $4,6 \text{ cmolc/dm}^3$ para manutenção da reserva de nutrientes no solo.

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 muito 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 de 13 amostras indicaram valores de pH classificados como “muito altos”, acima de 7 (básicos), sendo que as demais amostras apresentaram valores “altos” entre 6,1 e 7,0, indicando solos alcalinos com necessidade de correção de pH, caso venha a ser uma área indicada para plantio.

Os solos com pH 7,0 (alcalinos) não contêm íons H e Al ou apresentam valores baixos, o resultado das análises apontou valores que se enquadraram como “muito baixos” para todas as amostras.

Os resultados para saturação de base (V%) se enquadraram como “altos” para 15 das 18 amostras.

As análises indicaram solos pobres, com baixa fertilidade e pequenas alterações entre um transecto e outro. No geral as amostras apresentaram resultados com baixo teor de argila (menor que 10%), baixo teor de matéria orgânica e muito baixa reserva dos macronutrientes quais sejam, cálcio, magnésio e potássio, nas amostras analisadas. O Fósforo apresentou valores altos, no entanto este fato é decorrente do baixo teor de argila.

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 que auxiliam a fixação de nitrogênio no solo ou o plantio de culturas de cobertura, que adicionam matéria orgânica, 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 deverão 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.

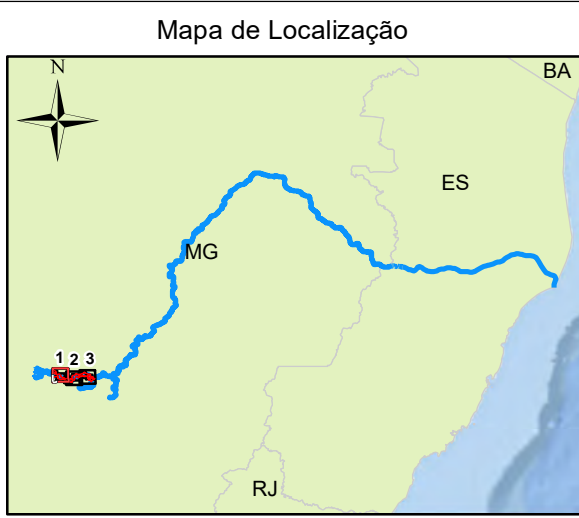
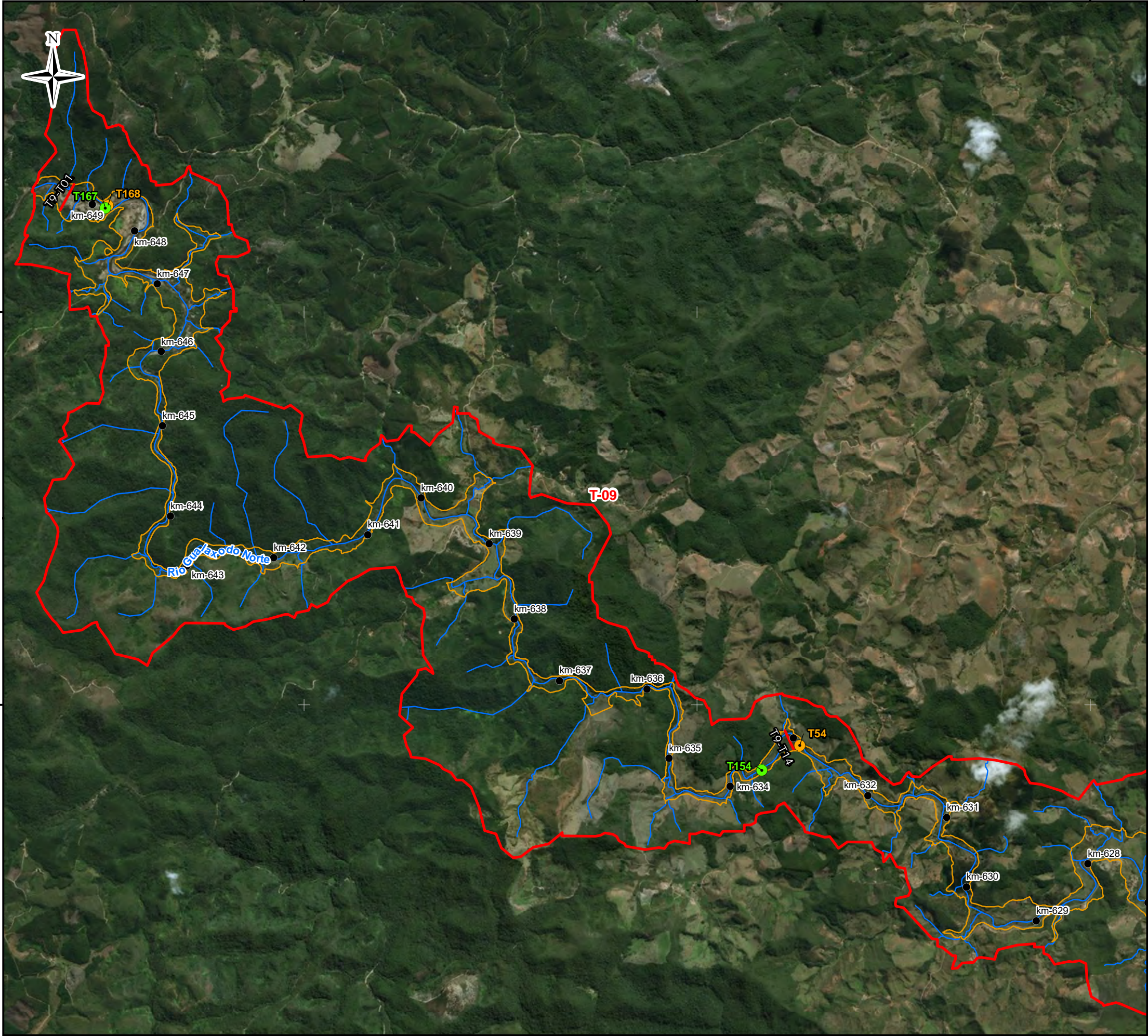
5.2.4.7 Relação com Dados Pretéritos

Os resultados das análises químicas de metais no solo e sedimento detectados neste PMR foram comparados com os resultados obtidos pela empresa Golder Associates (GOLDER ASSOCIATES, 2017b), 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.

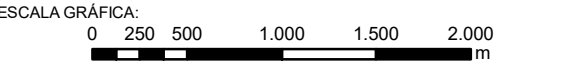
Considerando a longa extensão do Trecho 9, foram selecionadas 4 amostras de solo (T168, T54, T74 e T27) e 4 amostras de sedimentos (T167, T154, T160 e T162) coletadas no trabalho da Golder Associates as quais foram comparadas com as amostras coletadas nos transectos T09T01, T09T14, T09T31, T09T38 pela JACOBS CH2M. As amostras de solo do estudo pretérito foram comparadas com amostras coletadas em local extracalha pela JACOBS CH2M e amostras de sedimento comparadas com área intracalha.

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 188 apresenta localização dos pontos de amostragem de solo e sedimentos.

As Tabela 61 e Tabela 62 a seguir apresentam os resultados analíticos de solo (comparadas com os resultados de rejeito, rejeito inconsolidado e substrato natural extracalha) e sedimentos (comparadas com rejeito lavado, rejeito inconsolidado e substrato natural intracalha), respectivamente.



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Transectos (JACOBS/CH2M) onde foram coletadas as amostras compostas
- Pontos de amostragem do estudo geoquímico de 2016 (Golder)**
- Geoquímico - amostra de solo
 - Geoquímico - amostra de sedimento



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

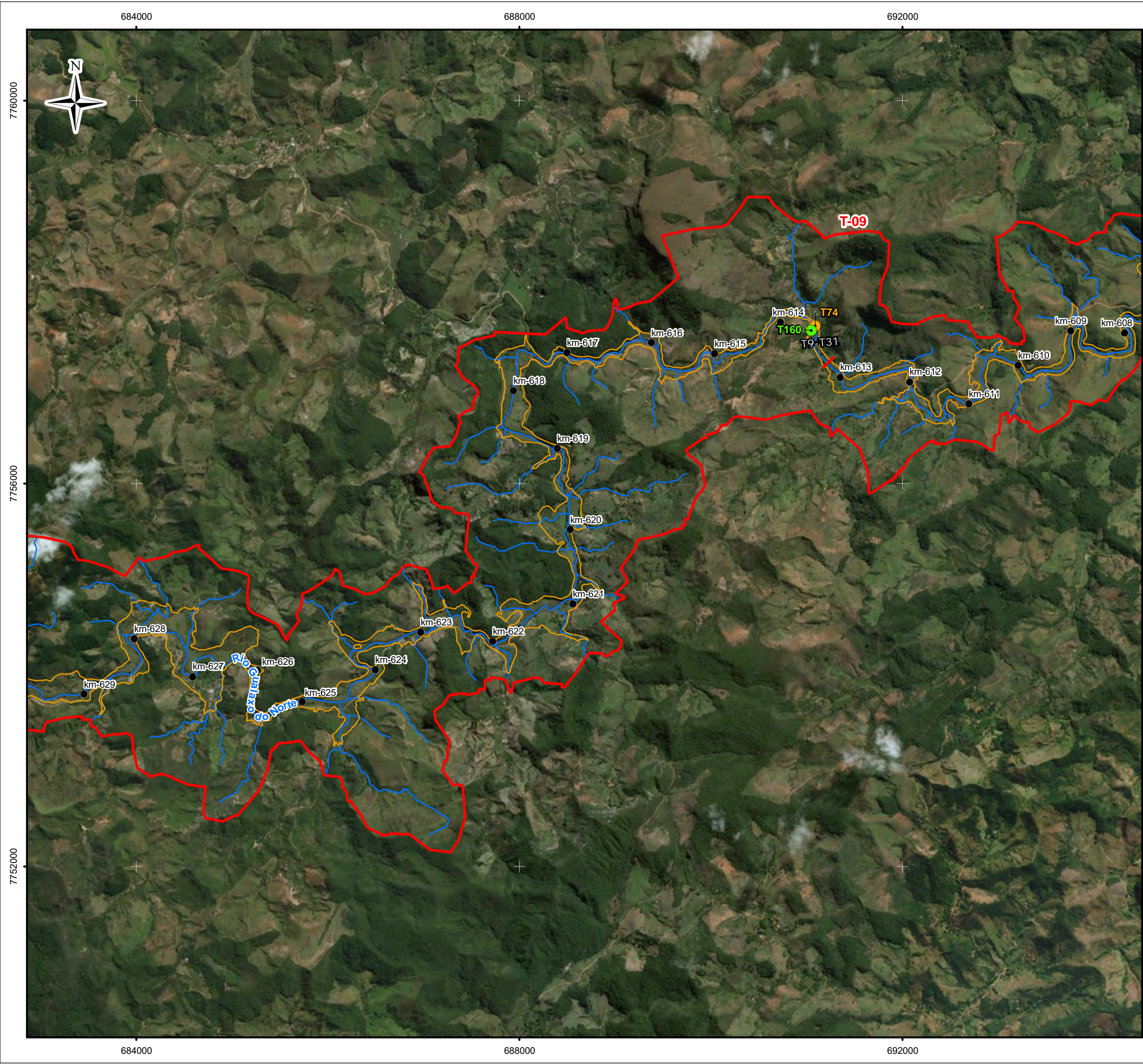
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

TÍTULO:
Figura 188
Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico
e da JACOBS/CH2M
Folha - 1

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:40.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	-------------

Figura 188 - Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da JACOBS_CH2M - Trecho 9



Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 9
- ▭ Área Impactada
- Transectos (JACOBS/CH2M) onde foram coletadas as amostras compostas

Pontos de amostragem do estudo geoquímico de 2016 (Golder)

- Geoquímico - amostra de solo
- Geoquímico - amostra de sedimento

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016. Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

TÍTULO:

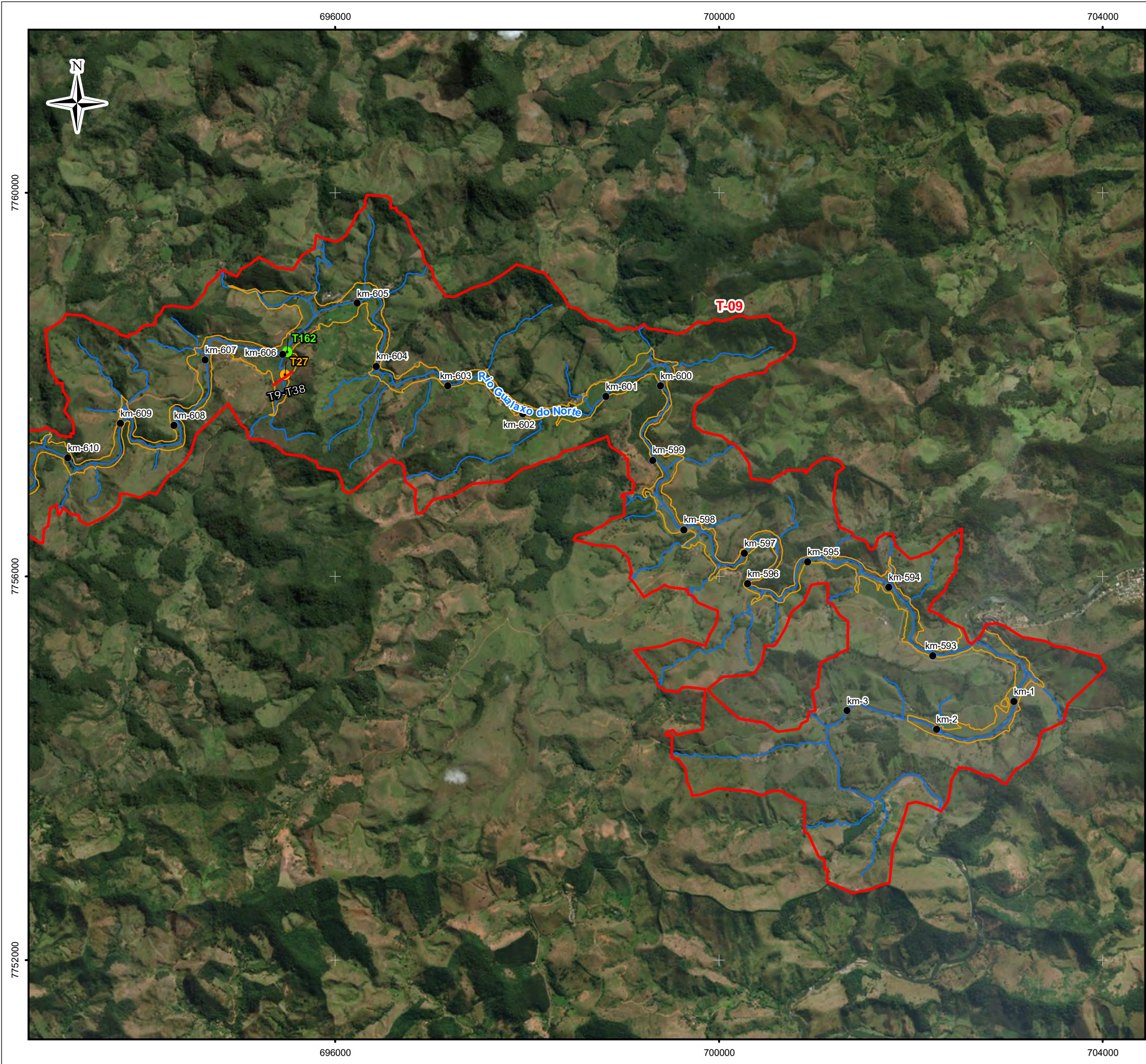
Figura 188
Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da JACOBS/CH2M
Folha - 2

PROJETO:

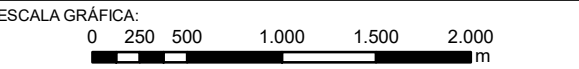
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 188 - Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da JACOBS_CH2M - Trecho 9



- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
 - Curso d'água
 - ▭ Trecho 9
 - ▭ Área Impactada
 - Transectos (JACOBS/CH2M) onde foram coletadas as amostras compostas
- Pontos de amostragem do estudo geoquímico de 2016 (Golder)**
- Geoquímico - amostra de solo
 - Geoquímico - amostra de sedimento



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015; Digital Globe, 2017; GOLDER, 2016.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

TÍTULO:
Figura 188
Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da JACOBS/CH2M
Folha - 3

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:40.000	8/2/2018	RM	EL	MB	R0

Figura 188 - Amostras de Solo e Sedimento do Estudo Geoquímico e da JACOBS_CH2M - Trecho 9

Tabela 61 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Solo

PARÂMETROS	UNIDADE	D.N.COPAM 166/2011	V.P.	V. L. AGRÍCOLA	V. L. INDUSTRIA L	JACOBS CH2M			GOLDER
						0901-EC-RE	0901-EC-RI	0901-EC-SN	T168
Alumínio Total	mg/kg	-	-	-	-	869,2	755,6	1980,2	2012
Antimônio Total	mg/kg	0,5	2	5	25	< 1,07	< 1,16	< 1,10	2,11
Arsênio Total	mg/kg	8	15	35	150	< 1,60	< 1,74	11,5	10,2
Bário Total	mg/kg	93	150	300	750	15	25,1	130,8	57,4
Boro Total	mg/kg	11,5	-	-	-	< 4,27	< 4,65	< 4,38	< 4.21
Cádmio Total	mg/kg	0,4	1,3	3	20	< 1,07	< 1,16	< 1,10	<1
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	900	< 2,13	< 2,33	< 2,19	9
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	90	< 1,60	< 1,74	< 1,64	<8
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	600	< 2,13	< 2,33	< 2,19	5,46
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	400	7,57	7,04	8,65	13,7
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	-	25013,8	20070,9	14532,2	123371
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	-	417,8	438,3	1733,8	722
Mercurio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	70	0,078	0,074	< 0,110	< 0.105
Molibdênio Total	mg/kg	0,9	30	50	120	< 2,13	< 2,33	< 2,19	<3
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	130	< 2,13	< 2,33	< 2,19	4,68
Prata Total	mg/kg	0,45	2	25	100	< 1,60	< 1,74	< 1,64	<1
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1,60	< 1,74	< 1,64	<1
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	1000	< 4,27	< 4,65	< 4,38	11,3
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	2000	7,31	< 5,81	< 5,48	18,9




(Continuação Tabela 61)

PARÂMETROS	UNIDADE	D.N.COPAM 166/2011	V.P.	V.I. AGRÍCOLA	V.I, INDUSTRIAL	JACOBS CH2M			GOLDER		
						0914- EC-RE	0914-EC- SN	T54	0931-EC- RE	0931-EC- SN	T74
Alumínio Total	mg/kg	-	-	-	-	1095,6	3982,4	995	8273,5	961,8	1469
Antimônio Total	mg/kg	0,5	2	5	25	< 1,16	< 1,21	<1	< 1,19	< 1,10	<1
Arsênio Total	mg/kg	8	15	35	150	< 1,74	41,5	5,29	< 1,79	< 1,65	3,93
Bário Total	mg/kg	93	150	300	750	17,3	163	34,8	70,5	19,1	13,6
Boro Total	mg/kg	11,5	-	-	-	< 4,63	< 4,83	< 4,61	< 4,77	< 4,41	< 4,68
Cádmio Total	mg/kg	0,4	1,3	3	20	< 1,16	< 1,21	<1	< 1,19	< 1,10	<1
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	900	< 2,32	< 2,41	<8	19,1	3,63	<8
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	90	< 1,74	3,89	<8	12,6	< 1,65	<8
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	600	< 2,32	7,06	<3	15,5	< 2,20	<3
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	400	9,68	13,8	5,98	29,6	8,43	7,99
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	-	26170,5	19565,5	130033	22277,7	37680,2	151477
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	-	474	2751	363	452,8	379,4	212
Mercurio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	70	0,086	0,238	< 0,346	< 0,119	< 0,110	< 0,351
Molibdênio Total	mg/kg	0,9	30	50	120	< 2,32	< 2,41	<3	< 2,38	< 2,20	<3
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	130	< 2,32	< 2,41	<3	11,6	< 2,20	<3
Prata Total	mg/kg	0,45	2	25	100	< 1,74	< 1,81	<1	< 1,79	< 1,65	<1
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1,74	< 1,81	<1	< 1,79	< 1,65	<1
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	1000	< 4,63	< 4,83	<8	61,2	< 4,41	10
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	2000	8,47	12,3	20,2	22,7	< 5,51	14

(Continuação Tabela 61)

PARÂMETROS	UNIDADE	D.N.COPAM 166/2011	V.P.	V.I AGRÍCOLA	V.I INDUSTRIAL	JACOBS CH2M		GOLDER
						0938-EC-RE	0938-EC-SN	T27
Alumínio Total	mg/kg	-	-	-	-	894,8	2218	3025
Antimônio Total	mg/kg	0,5	2	5	25	< 1,11	< 1,33	<1
Arsênio Total	mg/kg	8	15	35	150	< 1,67	< 1,99	5,46
Bário Total	mg/kg	93	150	300	750	10,9	47,6	29,2
Boro Total	mg/kg	11,5	-	-	-	< 4,45	< 5,31	< 4.39
Cádmio Total	mg/kg	0,4	1,3	3	20	< 1,11	< 1,33	<1
Chumbo Total	mg/kg	19,5	72	180	900	< 2,23	9,71	<8
Cobalto Total	mg/kg	6	25	35	90	< 1,67	6,99	<8
Cobre Total	mg/kg	49	60	200	600	6,03	15,3	5,83
Cromo Total	mg/kg	75	75	150	400	< 5,01	25,7	<3
Ferro Total	mg/kg	-	-	-	-	7390,3	361	153368
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	-	156,3	223	405
Mercurio Total	mg/kg	0,05	0,5	12	70	< 0,111	< 0,133	< 0.329
Molibdênio Total	mg/kg	0,9	30	50	120	< 2,23	< 2,65	<3
Níquel Total	mg/kg	21,5	30	70	130	< 2,23	5,81	4,05
Prata Total	mg/kg	0,45	2	25	100	< 1,67	< 1,99	<1
Selênio Total	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1,67	< 1,99	<1
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	1000	< 4,45	33,7	11,9
Zinco Total	mg/kg	46,5	300	450	2000	< 5,57	17,5	24,7

Legenda:

-  Valor acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 166
-  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
- <XX Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
- XX Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais
- Não há valor orientador definido

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017b) e monitoramento da JACOBS CH2M.

Tabela 62 – Comparativo dos Resultados Analíticos Pretéritos x Atuais – Sedimento

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1 PARA ÁGUA DOCE	NÍVEL 2 PARA ÁGUA DOCE	JACOBS CH2M			GOLDER		
				0901-IC-RL	0901-IC-RL	T167	0914-IC-RL	0914-IC-SN	T154
Alumínio Total	mg/kg	-	-	5.842,9	849,6	1.021	915,9	1.537,4	1.470
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,12	< 1,27	<1	< 1,12	< 1,34	1,31
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,69	< 1,91	3,58	7,26	< 2,02	15,5
Bário Total	mg/kg	-	-	78,1	130	12,5	276	319,4	1.548
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,49	< 5,10	< 5.04	< 4,47	< 5,38	< 4.73
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 1,12	< 1,27	<1	< 0,373*J	< 1,34	<1
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	< 2,25	< 2,55	<8	< 2,24	< 2,69	<8
Cobalto Total	mg/kg	-	-	3,78	< 1,91	<8	< 1,68	4,02	<8
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	< 2,25	< 2,55	<3	8,18	9,84	4,68
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	7,62	< 5,73	5,78	20,2	7,06	12,1
Ferro Total	mg/kg	-	-	13.731,5	13.621,8	75.766	35.799,6	9.691,8	78.194
Manganês Total	mg/kg	-	-	1.278,4	1.143,3	298	2.232,3	1.776,8	1.130
Mercurio Total	mg/kg	0,17	0,486	0,116	< 0,127	< 0.126	0,518	0,272	< 0.118
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,25	< 2,55	<3	< 2,24	< 2,69	<3
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,25	< 2,55	<3	< 2,24	< 2,69	5,47
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,69	< 1,91	<1	< 1,68	< 2,02	<1
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,69	< 1,91	<1	< 1,68	< 2,02	<1
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,49	< 5,10	<8	< 4,47	< 5,38	<8
Zinco Total	mg/kg	123	315	18	< 6,37	12	< 5,59	18,9	11,9

(Continuação Tabela 62)

PARÂMETROS	UNIDADE	NÍVEL 1 PARA ÁGUA DOCE	NÍVEL 2 PARA ÁGUA DOCE	JACOBS CH2M			GOLDER	JACOBS CH2M	GOLDER
				0931-IC-RI	0931-IC-RL	0931-IC-SN	T160	0938-IC-SN	T162
Alumínio Total	mg/kg	-	-	1.667,7	748,4	2.135,4	1.157	1.345,2	568
Antimônio Total	mg/kg	-	-	< 1,11	< 1,15	< 1,16	<1	< 1,20	<1
Arsênio Total	mg/kg	5,9	17	< 1,67	< 1,73	< 1,74	23	< 1,80	3,38
Bário Total	mg/kg	-	-	80,1	1.634,4	74	<3	19,2	<3
Boro Total	mg/kg	-	-	< 4,46	< 4,61	< 4,65	< 4,76	< 4,81	< 4,87
Cádmio Total	mg/kg	0,6	3,5	< 1,11	< 1,15	< 1,16	<1	< 0,401*J	<1
Chumbo Total	mg/kg	35	91,3	< 2,23	4,46	< 2,32	<8	< 2,40	<8
Cobalto Total	mg/kg	-	-	3,34	5,97	3,76	<8	< 1,80	<8
Cobre Total	mg/kg	35,7	197	5,78	5,73	9,99	5,58	6,57	<3
Cromo Total	mg/kg	37,3	90	12,2	13,3	15	13,9	23,7	7,63
Ferro Total	mg/kg	-	-	28.879,6	26.025	12.350,2	124.470	4.805,2	95.109
Manganês Total	mg/kg	-	-	685,1	4972,9	373,6	1857	46,2	226
Mercúrio Total	mg/kg	0,17	0,486	< 0,111	< 0,115	< 0,116	< 0,119	< 0,120	< 0,122
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	< 2,23	< 2,31	< 2,32	<3	< 2,40	<3
Níquel Total	mg/kg	18	35,9	< 2,23	< 2,31	5,54	6,47	< 2,40	<3
Prata Total	mg/kg	-	-	< 1,67	< 1,73	< 1,74	<1	< 1,80	<1
Selênio Total	mg/kg	-	-	< 1,67	< 1,73	< 1,74	<1	< 1,80	<1
Vanádio Total	mg/kg	-	-	< 4,46	< 4,61	11,9	11,5	7,95	<8
Zinco Total	mg/kg	123	315	12,6	< 5,77	10	15,9	< 6,01	11

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
- Não há valor orientador definido
- <XX Valor abaixo do limite de quantificação laboratorial
- XX Valor acima do limite de quantificação laboratorial mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2017b) e monitoramento da JACOBS CH2M.

Com relação à Tabela 61, quanto ao atendimento aos limites orientadores de qualidade adotados, as amostras coletadas pela JACOBS CH2M no final de 2017 no rejeito, rejeito inconsolidado e substrato natural detectaram sete amostras com um ou mais metais acima do permitido, ao passo que o estudo prévio indicou somente uma amostra (T168 para antimônio e arsênio). Os metais que ultrapassaram o limite legal somente nas amostras da JACOBS CH2M foram bário, cobalto e mercúrio, sendo este último possivelmente associado à atividade de garimpo na região.

Por outro lado, ferro, que não possui valor orientador definido, estava presente em maiores concentrações (uma ordem de grandeza maior) nas amostras coletadas em 2016 pela Golder Associates (GOLDER ASSOCIATES, 2017b).

Em linhas gerais, os metais molibdênio, prata, selênio, zinco, boro, cádmio, cromo e manganês indicaram concentrações na mesma ordem de grandeza em ambas as campanhas de amostragem. Além disso, entre as quatro comparações apresentadas na Tabela 61, os resultados das amostras de solo (GOLDER ASSOCIATES, 2017b) estiveram mais similares aos resultados das amostras de substrato natural coletadas em áreas extracalha (JACOBS CH2M).

Os resultados de sedimento também foram comparados conforme a Tabela 62, onde verifica-se que os metais arsênio, bário, ferro, manganês e mercúrio estavam em ordem de grandeza distinta quando comparados os resultados atuais (JACOBS CH2M) com os pretéritos (GOLDER ASSOCIATES, 2017b) nas áreas comparadas.

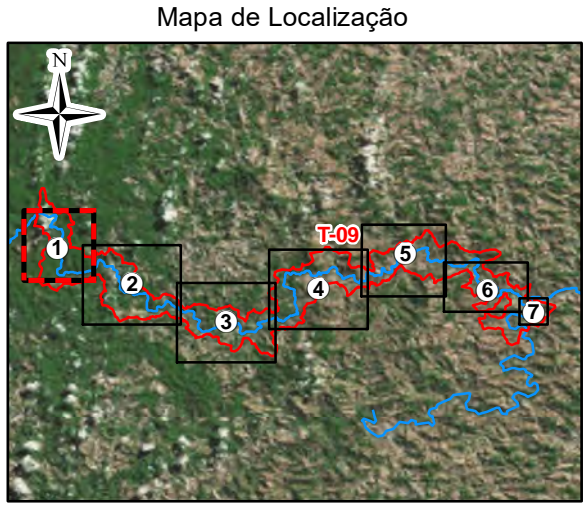
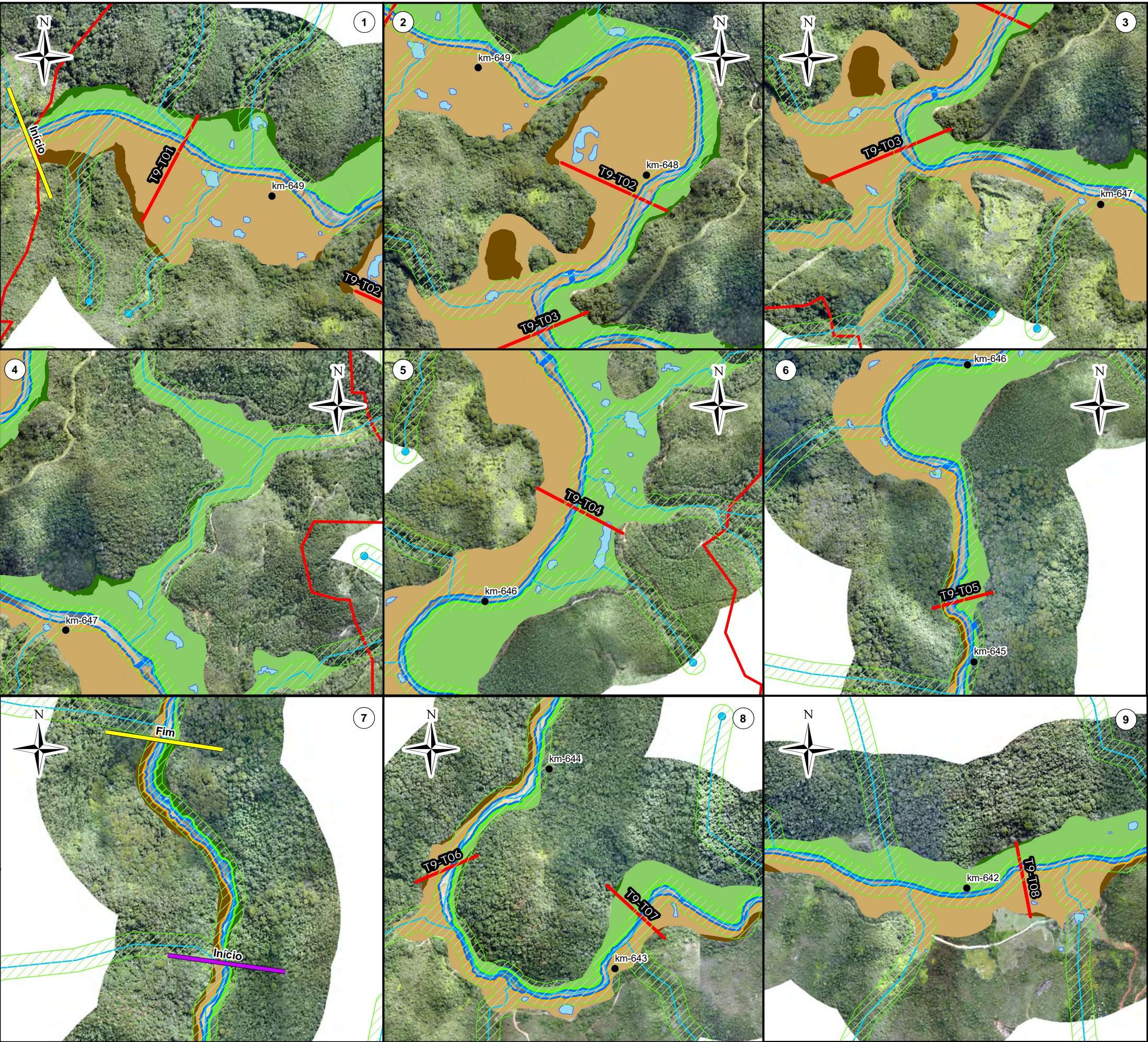
Os metais que foram detectados em sedimento acima dos limites legais adotados foram arsênio e mercúrio, sendo que este último foi detectado somente no presente estudo, assim como foi observado nas amostras de solo. Outro fato que foi constatado entre as amostras de solo e que se manteve para a análise das amostras de sedimentos é a presença de ferro em concentrações significativamente mais altas no estudo pretérito do que na campanha da JACOBS CH2M.

5.2.5 Estimativa de Volume de Depósito de Rejeito

5.2.5.1 Volume nos Transectos

A fim de estimar o volume de rejeito no Trecho 9 foram utilizadas as áreas impactadas delimitadas e compartimentadas nos contextos de calha, planície, margem e encosta (Figura 189). 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.



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- Trecho 9
- Lagoas Marginais
- Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- Encosta direita
- Planície direita
- Margem direita
- Margem esquerda
- Planície esquerda
- Encosta esquerda

Unidades de Análise

- Unidade de Análise 01
- Unidade de Análise 02
- Unidade de Análise 03
- Unidade de Análise 04
- Unidade de Análise 05
- Unidade de Análise 06
- Unidade de Análise 07
- Unidade de análise 08
- Unidade de Análise 09
- Unidade de Análise 10
- Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:
0 62,5 125 250 375 500 m

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

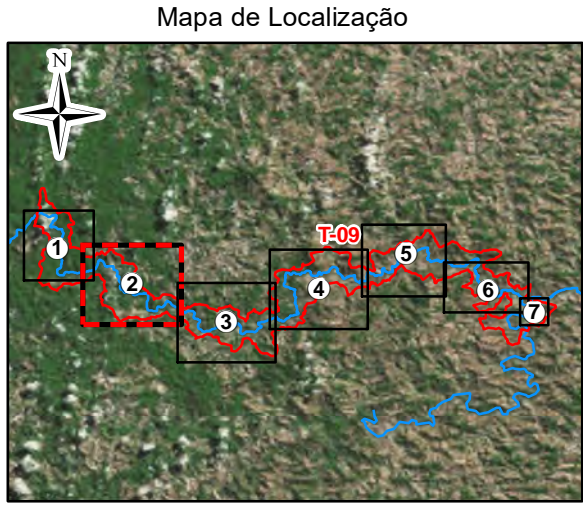
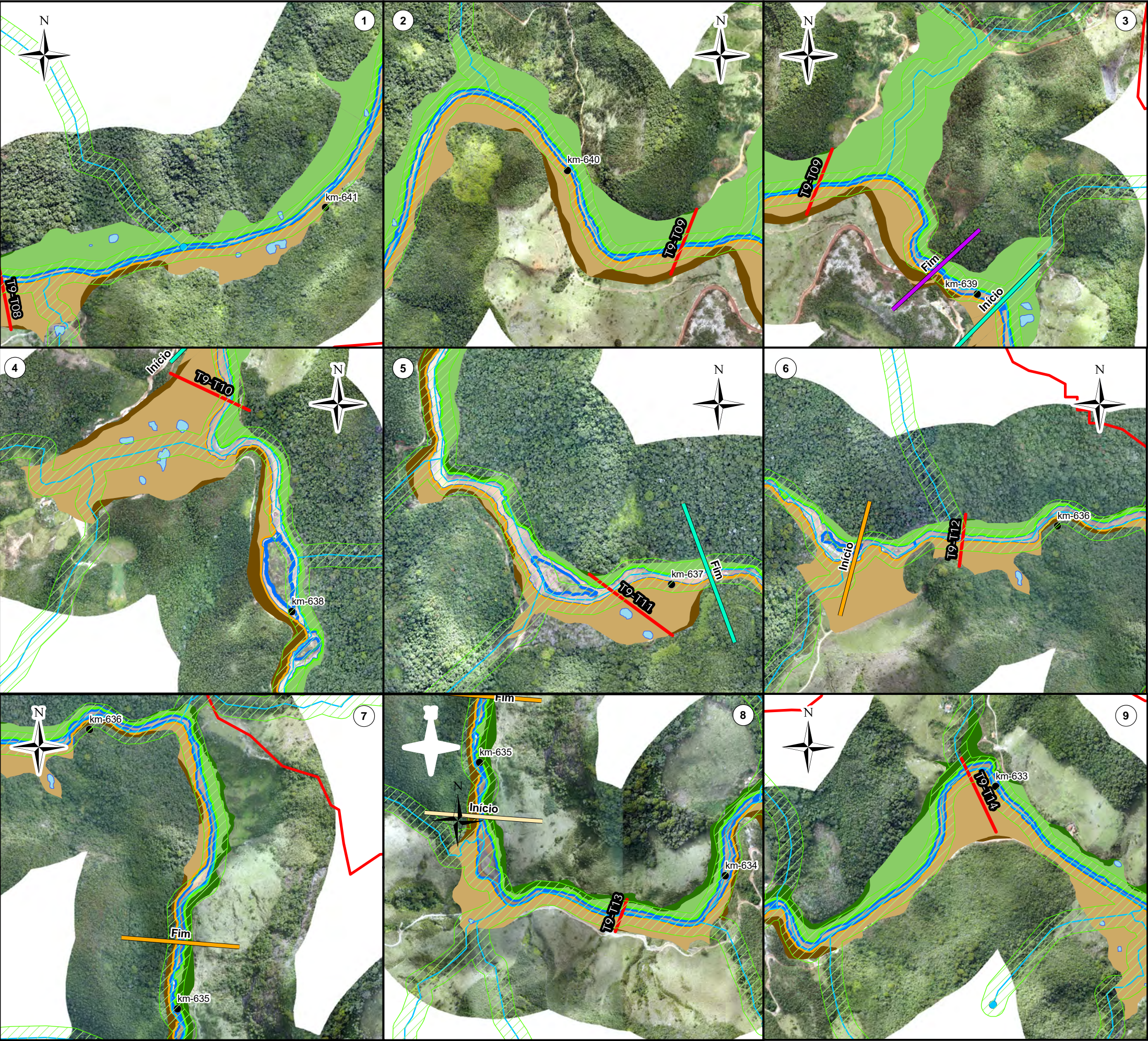
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 1

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- Trecho 9
- Lagoas Marginais
- Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- Margem esquerda
- Encosta direita
- Planície direita
- Margem direita
- Planície esquerda
- Encosta esquerda

Unidades de Análise

- Unidade de Análise 01
- Unidade de Análise 02
- Unidade de Análise 03
- Unidade de Análise 04
- Unidade de Análise 05
- Unidade de Análise 06
- Unidade de Análise 07
- Unidade de Análise 08
- Unidade de Análise 09
- Unidade de Análise 10
- Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:
0 62,5 125 250 375 500 m

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

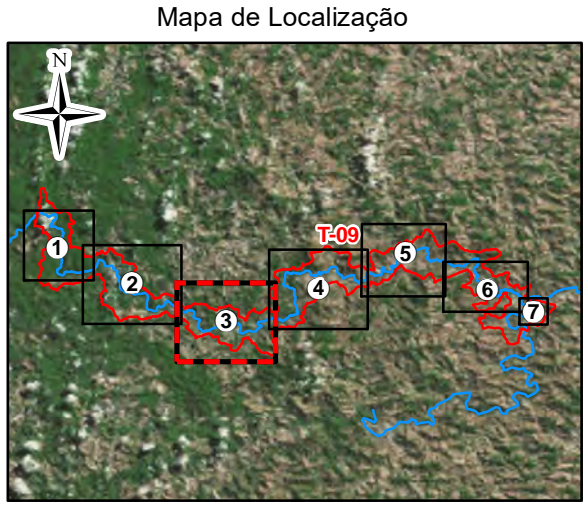
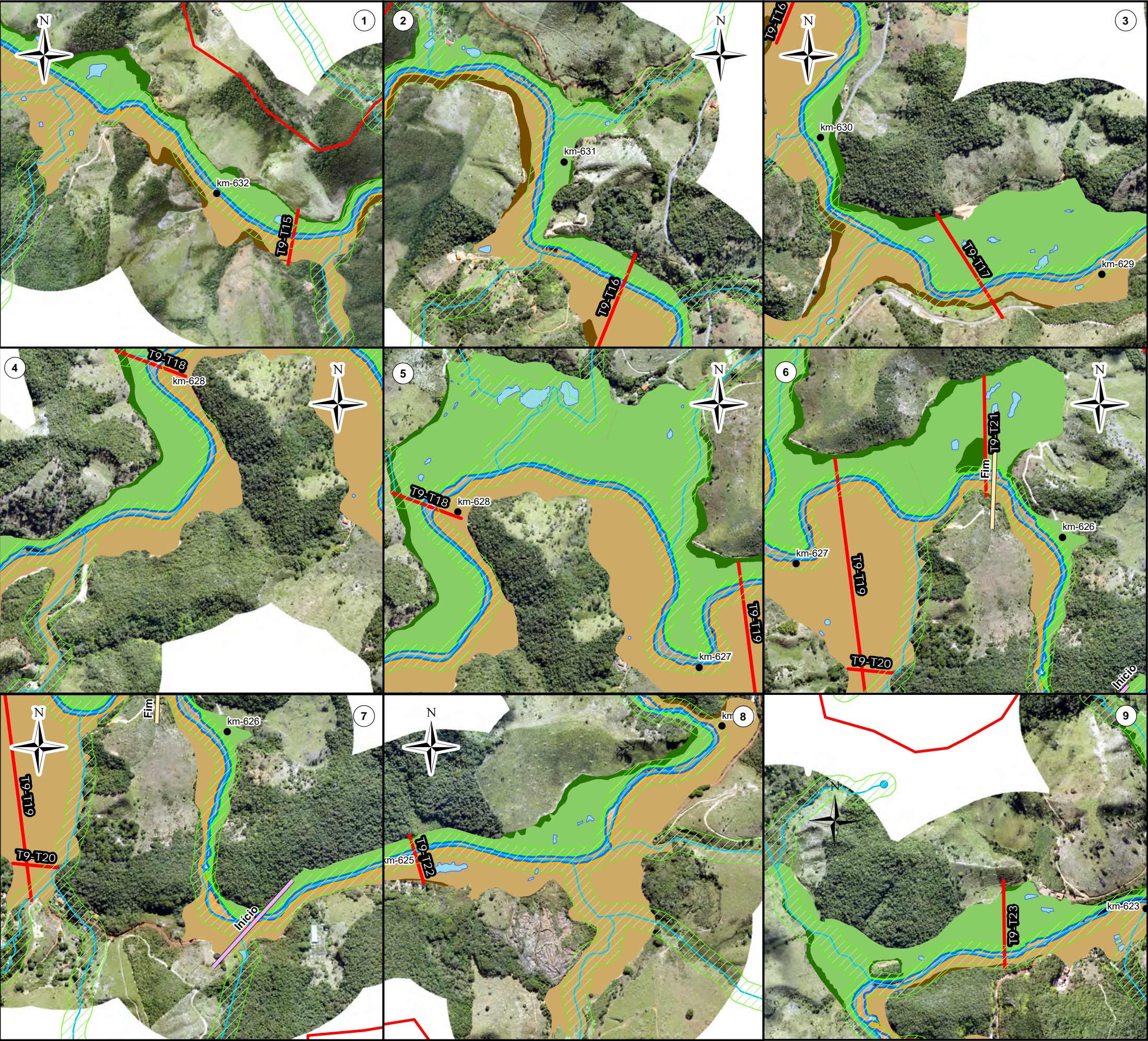
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 2

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Transectos
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais
- ▭ Calha do Rio

Área Impactada

- Encosta direita
- Planície direita
- Margem direita
- Margem esquerda
- Planície esquerda
- Encosta esquerda

Unidades de Análise

- Unidade de Análise 01
- Unidade de Análise 02
- Unidade de Análise 03
- Unidade de Análise 04
- Unidade de Análise 05
- Unidade de Análise 06
- Unidade de Análise 07
- Unidade de análise 08
- Unidade de Análise 09
- Unidade de Análise 10
- Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:
0 62,5 125 250 375 500 m

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

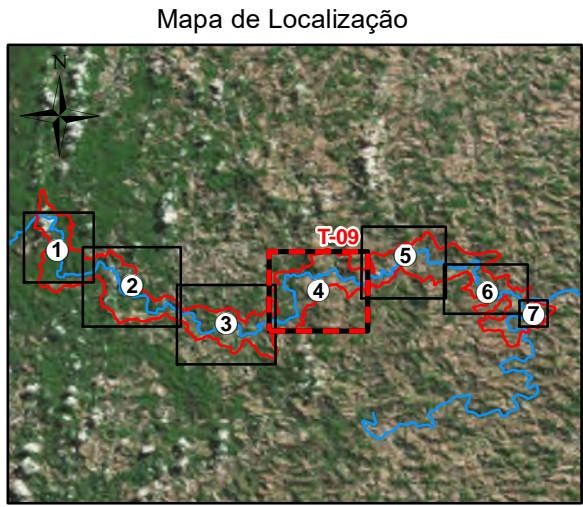
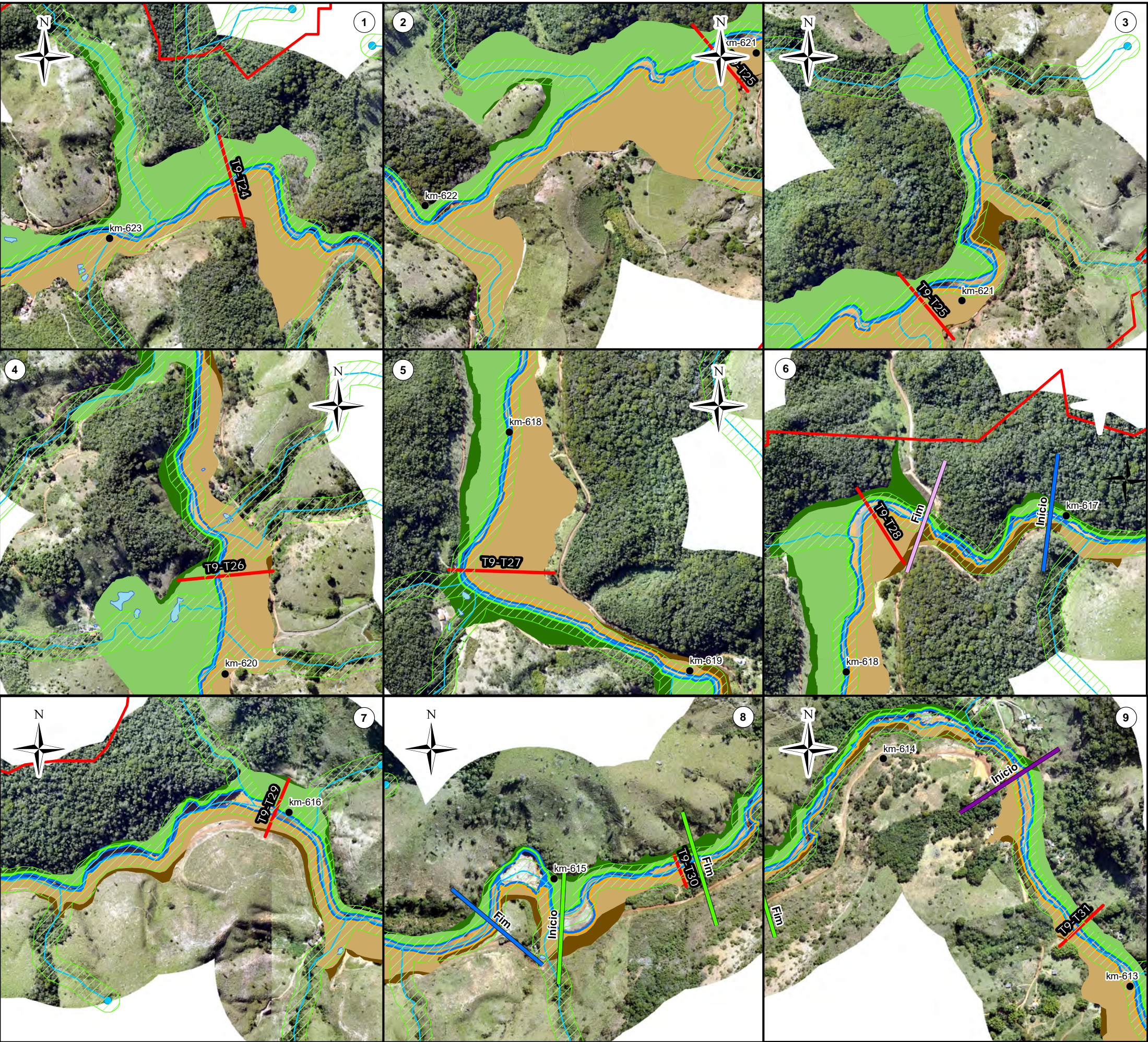
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 3

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------



LEGENDA:

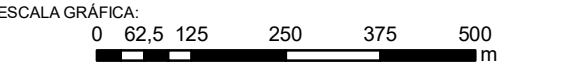
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- Trecho 9
- Lagoas Marginais
- Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- Margem esquerda
- Encosta direita
- Planície direita
- Margem direita
- Planície esquerda
- Encosta esquerda

Unidades de Análise

- Unidade de Análise 01
- Unidade de Análise 02
- Unidade de Análise 03
- Unidade de Análise 04
- Unidade de Análise 05
- Unidade de Análise 06
- Unidade de Análise 07
- Unidade de análise 08
- Unidade de Análise 09
- Unidade de Análise 10
- Unidade de Análise 11



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

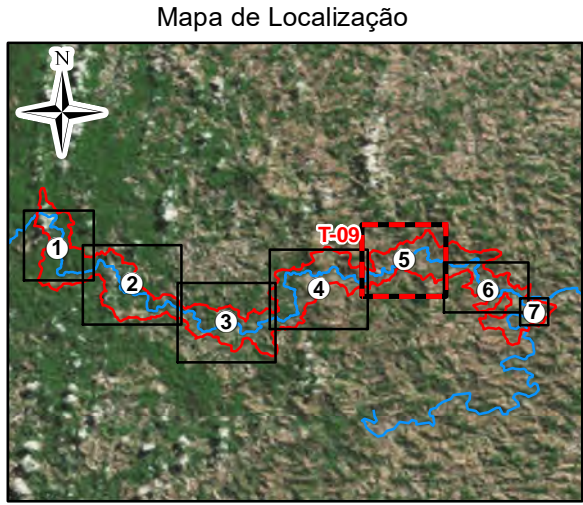
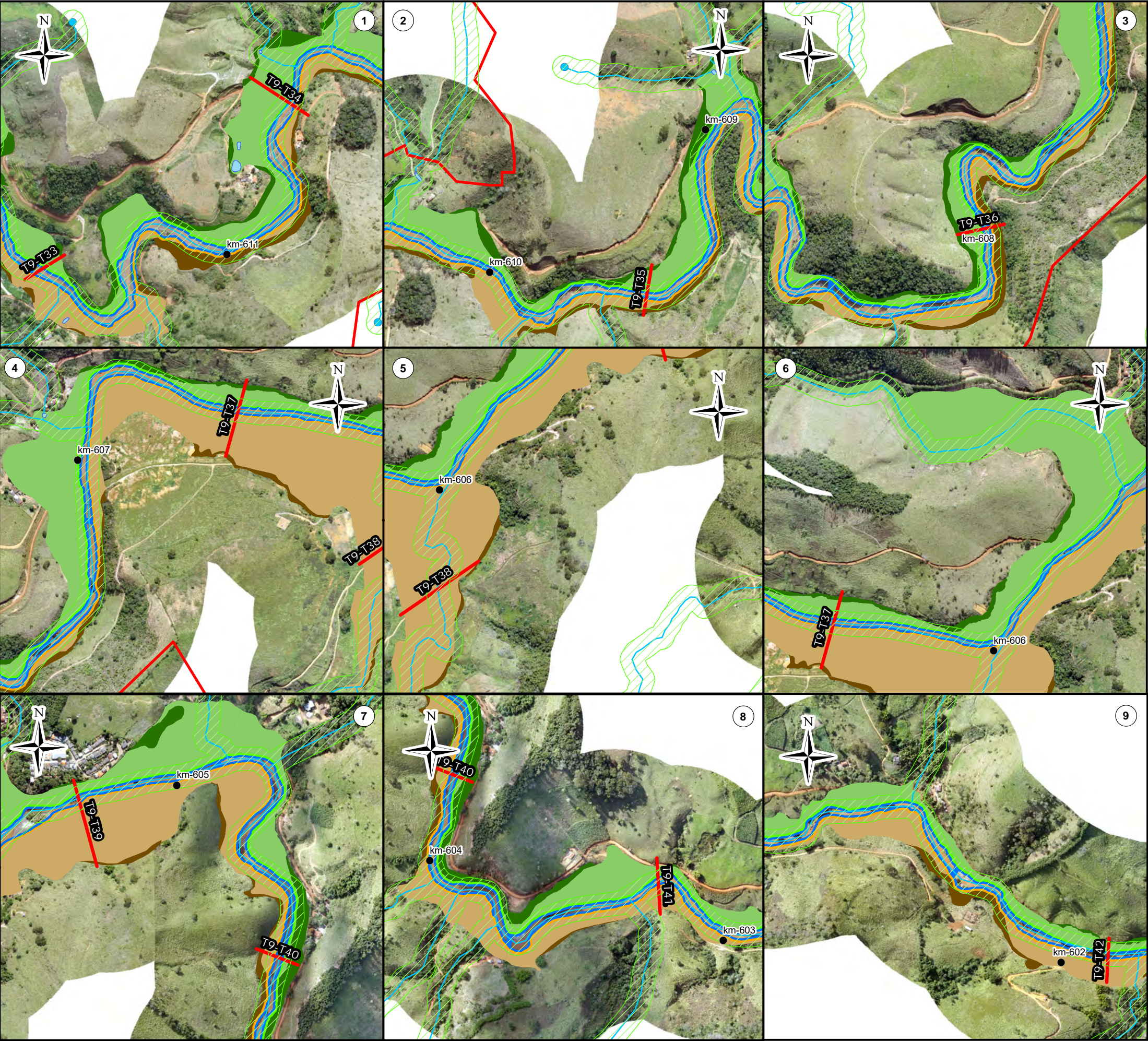
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 4

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:10.000	8/2/2018	RM	EL	MB	RA0



LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais
- ▭ Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- ▭ Margem esquerda
- ▭ Encosta direita
- ▭ Planície direita
- ▭ Margem direita
- ▭ Planície esquerda
- ▭ Encosta esquerda

Unidades de Análise

- ▭ Unidade de Análise 01
- ▭ Unidade de Análise 02
- ▭ Unidade de Análise 03
- ▭ Unidade de Análise 04
- ▭ Unidade de Análise 05
- ▭ Unidade de Análise 06
- ▭ Unidade de Análise 07
- ▭ Unidade de análise 08
- ▭ Unidade de Análise 09
- ▭ Unidade de Análise 10
- ▭ Unidade de Análise 11

ESCALA GRÁFICA:
0 62,5 125 250 375 500 m

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

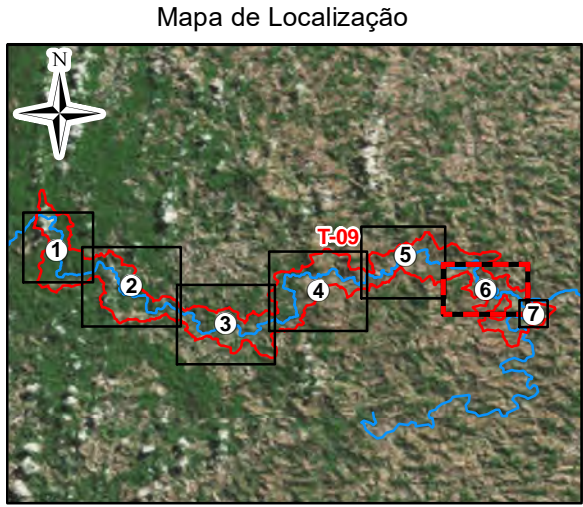
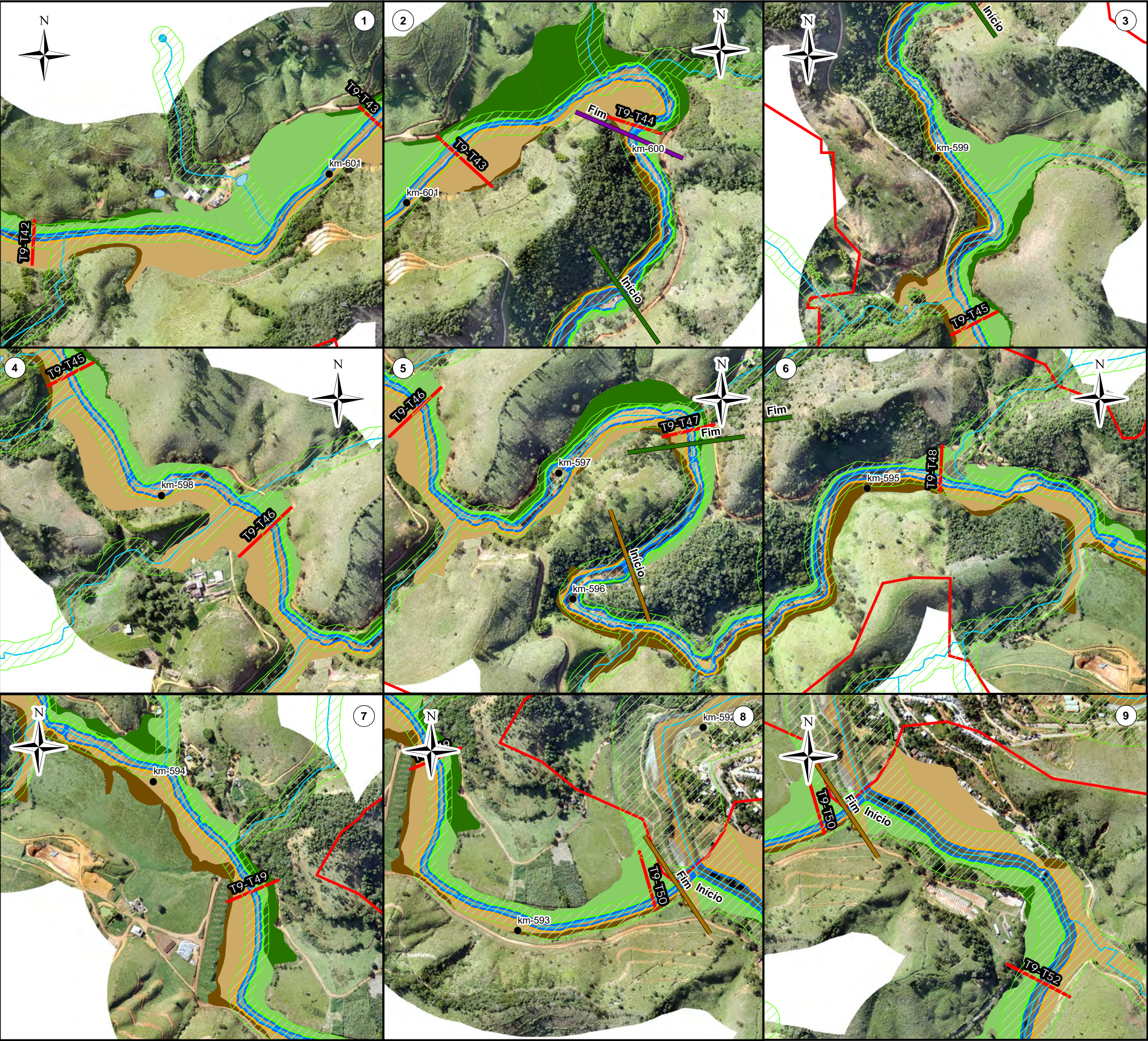
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

TÍTULO:
Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 5

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA: 1:10.000	DATA: 8/2/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
---------------------	-------------------	--------------	---------------	---------------	--------------



LEGENDA:

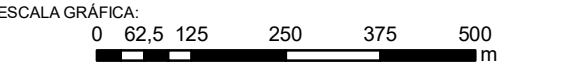
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- ▭ Trecho 9
- ▭ Lagoas Marginais
- ▭ Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- ▭ Margem esquerda
- ▭ Encosta direita
- ▭ Planície direita
- ▭ Margem direita
- ▭ Planície esquerda
- ▭ Encosta esquerda

Unidades de Análise

- ▭ Unidade de Análise 01
- ▭ Unidade de Análise 02
- ▭ Unidade de Análise 03
- ▭ Unidade de Análise 04
- ▭ Unidade de Análise 05
- ▭ Unidade de Análise 06
- ▭ Unidade de Análise 07
- ▭ Unidade de análise 08
- ▭ Unidade de Análise 09
- ▭ Unidade de Análise 10
- ▭ Unidade de Análise 11



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m.

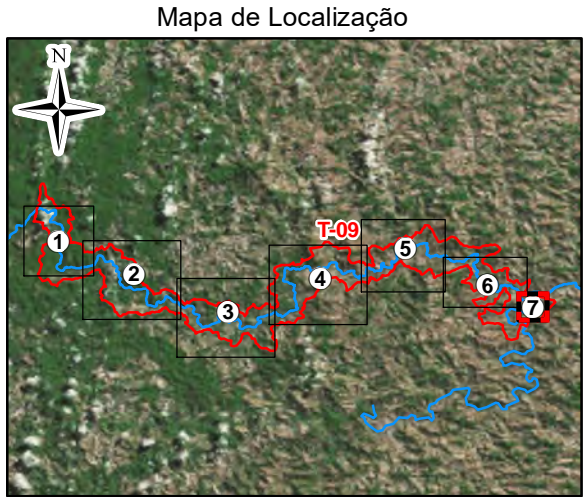
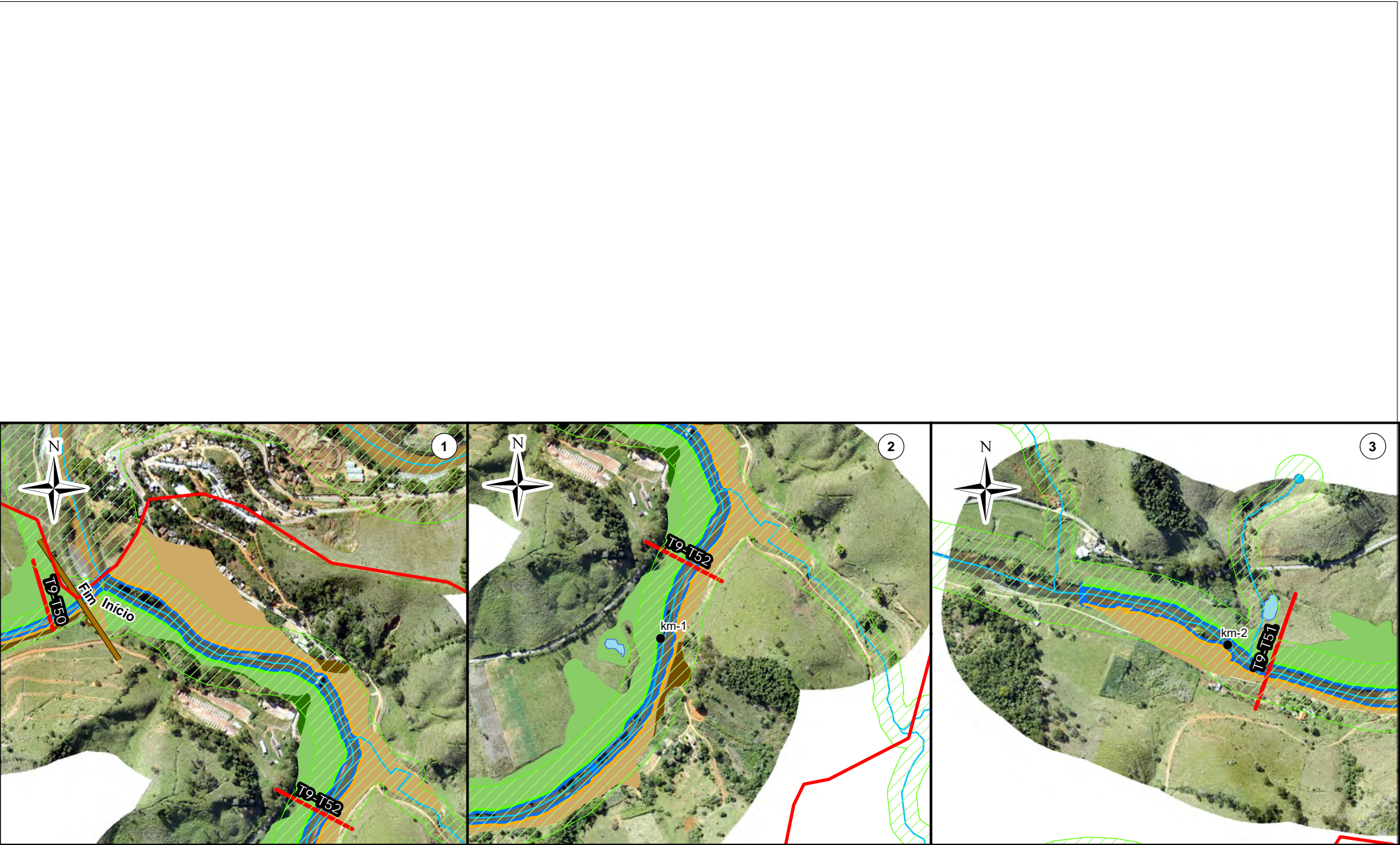
TÍTULO:

Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 6

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:10.000	8/2/2018	RM	EL	MB	RA0



LEGENDA:

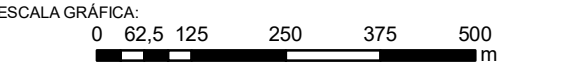
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Nascentes
- Curso d'água
- Transectos
- Trecho 9
- Lagoas Marginais
- Calha do Rio
- ▨ Áreas de Preservação Permanente Hídricas

Área Impactada

- Encosta direita
- Planície direita
- Margem direita
- Margem esquerda
- Planície esquerda
- Encosta esquerda

Unidades de Análise

- Unidade de Análise 01
- Unidade de Análise 02
- Unidade de Análise 03
- Unidade de Análise 04
- Unidade de Análise 05
- Unidade de Análise 06
- Unidade de Análise 07
- Unidade de análise 08
- Unidade de Análise 09
- Unidade de Análise 10
- Unidade de Análise 11



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Levantamento de Drone, Geopixel, Jun/Jul/2017.
Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia do Rio
Gualaxo do Norte e do Carmo - ZAP, EMATER, MG, 2017/18.

JACOBS ch2m

TÍTULO:

Figura 189
Detalhamento da Área Afetada e Impactada do PMR
Folha 7

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo
de Rejeitos nos Trechos 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:10.000	8/2/2018	RM	EL	MB	RA0

A área impactada foi delimitada com base nas imagens orbitais após o acidente, em que foram determinados os limites máximos dos depósitos de rejeito. Posteriormente, esta área foi segmentada nos diferentes contextos estudados.

Para delimitação dos contextos, foram utilizadas fotos obtidas por sobrevoo de drone de alta resolução (0,1 m de resolução), datadas de junho e julho de 2017, dados do LiDAR (da sigla inglesa *Light Detection And Ranging*) que contém as cotas topográficas da área em formato *raster* com resolução espacial de 10m e resolução radiométrica de 32 bit, através do qual foi obtida uma base planialtimétrica com curvas de nível com intervalos de 1 m e também as planilhas de campo com os dados das sondagens nos transectos.

A ruptura de declive negativa verificada na base planialtimétrica permitiu a delimitação da transição entre planície e encosta, confirmada ainda pela análise de imagens obtidas por drone e do Google Earth, e por fim, corroboradas pelos dados das fichas de campo. Para a área da margem utilizou-se um *buffer* de 2 metros da linha da calha do rio. Para delimitação da calha também foram utilizadas imagens de drone e do Google Earth em diferentes períodos hidrológicos.

Ademais, durante a realização das atividades de campo, ocorridas entre novembro e dezembro de 2017 e que trazem uma observação mais próxima do cenário, foram observadas a posição atual dos corpos d'água, a posição alcançada pela “onda de cheia” resultante da ruptura da barragem de Fundão e as evidências de processos erosivos verificados atualmente.

As áreas de influência de cada transecto, apresentadas na Tabela 63, foram calculadas utilizando-se a distância média entre cada um dos transectos e os limites das unidades de análise (UAs), sendo as UAs delimitadas em seus extremos pelas gargantas, as quais são trechos mais declivosos e/ou estreitos e menos propensos à deposição do rejeito.

Tabela 63 – Áreas de Encosta, Planície, Margem e Calha Impactadas Segmentadas entre as Áreas de Influência dos Transectos

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ÁREAS (M²)							
		Esquerda				Direita			
		Encosta	Planície	Margem	Intracalha Calha Ilha	Margem	Planície	Encosta	
T9-UA1	T9T1	10.124	43.216	1.840	25.605	-	1.937	116.320	10.423
	T9T2	6.302	37.755	2.268	31.854	-	2.070	103.053	5.800
	T9T3	4.087	116.142	1.901	29.333	-	2.034	150.827	9.367
	T9T4	0	167.371	2.664	28.500	-	2.522	113.293	0
	T9T5	0	11.209	1.347	16.674	-	1.374	6.591	3.449
T9-UA2	T9T6	120	7.771	1.660	17.994	-	1.687	21.688	4.932
	T9T7	0	46.293	2.597	25.087	-	2.645	39.523	2.565
	T9T8	0	90.734	3.083	29.297	-	3.137	88.559	3.858
	T9T9	0	161.976	3.490	33.969	-	3.443	60.859	19.407
T9-UA3	T9T10	0	16.405	2.035	12.473	10.252	2.138	104.889	18.450
	T9T11	1.085	14.170	2.223	26.644	5.239	2.292	32.482	10.361
T9-UA4	T9T12	8.344	18.147	2.615	31.787	-	2.545	25.328	5.066
T9-UA5	T9T13	20.491	5.243	2.211	27.628	-	2.326	37.709	2.409
	T9T14	20.177	40.781	3.111	31.069	-	3.090	81.820	5.038
	T9T15	13.191	61.713	3.028	29.260	-	3.015	47.797	17.799
	T9T16	5.373	34.894	2.366	25.634	-	2.404	98.443	1.991
	T9T17	5.059	101.336	2.260	24.439	-	2.315	85.034	10.946
	T9T18	10.108	165.177	2.386	24.488	-	2.300	59.641	0
	T9T19	9.612	116.683	2.391	27.266	-	2.535	200.131	0
	T9T20	0	0	-	-	-	-	0	0
	T9T21	10.405	77.557	582	5.896	-	495	2.377	0
T9-UA6	T9T22	5.269	46.958	2.418	24.381	-	2.453	128.271	0
	T9T23	12.086	131.230	3.263	34.233	-	3.349	56.430	3.095
	T9T24	4.699	78.819	2.538	24.248	-	2.485	104.753	0
	T9T25	0	77.160	2.779	30.374	-	2.846	129.174	6.746
	T9T26	12.972	81.828	1.911	18.761	-	1.921	71.228	954

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ÁREAS (M²)							
		Esquerda			Intracalha		Direita		
		Encosta	Planície	Margem	Calha	Ilha	Margem	Planície	Encosta
T9-UA7	T9T27	37.523	27.811	2.427	21.894	-	2.394	80.541	5.708
	T9T28	17.648	46.029	1.394	15.865	-	1.214	28.043	3.442
	T9T29	7.444	33.674	3.780	53.852	-	3.721	54.387	15.235
	T9T30	4.673	6.689	1.071	15.670	-	1.293	16.178	8.646
T9-UA9	T9T31	1.081	13.264	1.150	13.974	-	1.128	11.685	2.011
	T9T32	0	50.108	2.016	20.101	-	2.060	28.847	11.570
	T9T33	9.520	31.580	2.489	35.087	-	2.559	49.674	13.073
	T9T34	12.927	64.296	2.190	27.237	-	2.107	15.367	10.967
	T9T35	12.983	41.498	2.902	37.960	-	2.900	21.314	10.411
	T9T36	11.616	32.288	2.900	39.479	-	3.067	16.207	19.305
	T9T37	8.887	67.249	2.711	30.781	-	2.639	116.334	4.253
	T9T38	0	0	-	-	-	-	84.485	2.495
	T9T39	6.304	174.634	1.952	23.254	-	1.850	91.074	1.404
	T9T40	15.448	23.690	2.569	32.982	-	2.607	47.690	6.819
	T9T41	3.901	50.393	2.611	32.582	-	2.644	39.683	3.337
	T9T42	3.817	22.972	1.877	21.962	-	1.949	43.534	9.343
	T9T43	65.737	58.065	2.763	33.105	-	2.629	47.875	2.334
T9-UA10	T9T44	0	6.642	1.127	17.695	-	1.176	2	4.385
	T9T45	9.096	48.053	1.745	24.646	-	1.777	33.674	9.255
	T9T46	3.693	18.004	2.193	31.627	-	2.292	3.119	59.812
	T9T47	20.886	1.411	1.033	14.486	-	872	8.922	1.445
T9-UA11	T9T48	2.168	19.853	3.748	53.517	-	3.991	18.851	40.762
	T9T49	19.287	29.781	2.197	25.447	-	2.168	31.636	19.841
	T9T50	0	29.070	1.152	13.449	-	1.303	7.768	4.427
T9-UA12	T9T51	0	51.827	2.086	36.122	-	2.225	25.592	0
	T9T52	2.811	66.805	2.566	31.787	-	2.726	75.454	5.029
TOTAL		436.953	2.766.256	113.617	1.341.453	15.491	114.646	2.964.158	417.961

Os rejeitos intracalha foram denominados como Rejeito Lavado (ou *lag-layer*) e Rejeito Inconsolidado e em planícies e encostas, como Rejeito. Para cada contexto foi calculada uma espessura média dos rejeitos, conforme Tabela 64, as quais foram obtidas através da média aritmética das espessuras obtidas nas sondagens de campo, separadas por contexto e por tipo de rejeito.

Por fim, o volume em cada contexto foi estimado calculando-se o produto das espessuras médias dos contextos em cada transecto com as áreas de influência dos mesmos, e os resultados podem ser vistos na Tabela 65. 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 este já esperado. O volume total estimado nas planícies e na calha representam respectivamente cerca de 81% e 14% do volume total estimado.

Tabela 64 – Espessura Média de Rejeito na Calha, Margem, Planície e Encosta

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DE REJEITO (M)							
		Encosta	Esquerda Planície	Margem	Calha		Margem	Direita Planície	Encosta
T9-UA1	T9T1	1,33	1,12	1,03	0,18	0,99	0,61	0,71	0,27
	T9T2	0,14	1,27	0,69	0,71	0,06	0,61	0,82	0,53
	T9T3	0,37	0,50	0,95	0,40	0,66	0,80	1,17	0,35
	T9T4	0,56	2,04	0,54	0,23	0,43	0,66	1,30	0,43
	T9T5	0,23	0,47	1,27	0,33	0,17	0,56	-	0,44
T9-UA2	T9T6	0,25	0,20	0,40	0,66	0,12	0,30	0,55	0,30
	T9T7	0,67	0,73	0,57	0,32	0,34	0,60	1,13	0,27
	T9T8	0,15	1,35	0,77	0,31	0,29	0,74	0,50	0,10
	T9T9	0,24	0,96	0,50	0,00	0,00	0,46	0,63	0,18
T9-UA3	T9T10	0,22	0,12	0,55	0,32	0,05	0,20	1,06	0,20
	T9T11	0,28	1,41	0,79	0,24	0,19	0,22	1,30	0,67
T9-UA4	T9T12	0,17	1,00	0,35	0,44	0,12	0,50	0,65	0,42
T9-UA5	T9T13	0,08	0,40	0,08	0,47	0,08	0,65	0,22	0,08
	T9T14	0,22	-	2,02	0,54	0,03	-	1,31	0,42
	T9T15	0,12	1,40	0,40	0,92	0,00	0,38	0,40	0,06
	T9T16	0,98	0,66	0,21	0,33	0,11	0,36	1,59	0,23
	T9T17	0,00	0,22	0,47	0,18	0,26	0,30	-	0,07
	T9T18	0,20	1,60	1,10	0,72	0,99	4,20	0,70	-
	T9T19	0,20	1,00	0,70	0,20	0,32	1,00	1,08	-
	T9T20	-	-	-	-	-	-	0,86	-
	T9T21	0,25	0,70	1,15	0,20	0,47	0,19	0,37	0,53
T9-UA6	T9T22	0,36	0,60	0,43	0,00	0,24	0,40	2,00	0,15
	T9T23	0,00	1,18	2,00	1,15	0,09	0,00	1,18	0,46
	T9T24	0,68	1,25	0,95	0,18	0,25	0,55	1,10	0,43
	T9T25	-	1,17	1,58	0,34	0,19	0,79	0,12	0,00
	T9T26	0,11	0,75	1,13	0,36	0,00	0,65	0,89	0,45

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	ESPESSURA MÉDIA DE REJEITO (M)							
		Esquerda		Calha				Direita	
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Margem	Planície	Encosta
T9-UA7	T9T27	0,10	-	0,45	0,43	0,08	0,88	0,70	0,22
	T9T28	0,15	1,00	0,70	0,33	0,71	1,70	2,05	0,17
	T9T29	0,51	0,88	0,32	0,67	0,07	0,16	0,19	0,00
	T9T30	0,23	0,17	0,62	0,48	0,57	0,57	0,38	0,31
T9-UA9	T9T31	0,08	0,34	0,72	0,61	0,16	0,92	1,15	0,07
	T9T32	0,43	0,45	0,36	0,30	0,15	0,44	0,28	0,21
	T9T33	0,08	0,70	0,38	1,20	0,03	0,26	0,50	0,20
	T9T34	0,11	0,53	0,33	0,36	0,29	0,52	-	0,36
	T9T35	0,86	0,83	0,49	0,97	0,21	0,55	0,77	0,12
	T9T36	0,12	0,16	0,57	0,21	0,06	1,03	-	0,16
	T9T37	0,02	0,94	0,63	0,39	0,24	0,17	0,53	0,12
	T9T38	-	0,76	0,67	0,00	0,00	1,44	1,32	0,66
	T9T39	0,11	0,26	1,30	0,98	0,00	0,00	0,24	0,25
	T9T40	0,15	0,30	0,20	0,19	0,00	0,76	1,24	0,02
	T9T41	1,00	0,70	1,05	0,31	0,17	0,33	0,35	0,07
	T9T42	0,20	-	1,00	0,39	0,18	0,39	0,37	-
	T9T43	0,00	0,43	1,13	0,29	0,00	0,37	1,19	0,26
T9-UA10	T9T44	0,07	0,50	0,26	0,75	0,00	0,96	0,14	0,30
	T9T45	-	0,57	-	0,16	0,23	0,32	0,81	0,15
	T9T46	-	0,14	1,21	0,48	0,12	0,35	0,63	0,00
	T9T47	0,00	0,39	0,68	0,31	0,00	-	0,64	0,19
T9-UA11	T9T48	0,20	1,00	0,72	0,42	0,10	0,67	0,59	0,21
	T9T49	0,13	-	0,28	0,44	0,11	-	0,40	0,08
	T9T50	-	0,56	0,48	0,76	0,51	0,40	0,63	0,33
T9-UA12	T9T51	-	0,00	0,37	-	-	0,25	0,51	-
	T9T52	-	0,23	0,59	-	-	0,61	0,38	0,08

Tabela 65 – Volume Estimado de Rejeito na Calha, Margem, Planície de Inundação e Encosta

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	VOLUME (M³)								
		Esquerda			Calha				Direita	
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Ilha	Margem	Planície	Encosta
T9-UA1	T9T1	13.465	48.546	1.896	4.694	25.434	-	1.182	82.587	2.814
	T9T2	882	47.949	1.565	22.510	1.805	-	1.263	84.847	3.074
	T9T3	1.512	58.071	1.806	11.636	19.458	-	1.627	175.965	3.278
	T9T4	0	341.437	1.438	6.650	12.350	-	1.665	147.281	0
	T9T5	0	5.212	1.711	5.558	2.890	-	769	0	1.518
T9-UA2	T9T6	30	1.554	664	11.936	2.099	-	506	11.929	1.479
	T9T7	0	33.794	1.480	7.944	8.613	-	1.587	44.463	693
	T9T8	0	122.491	2.374	8.985	8.594	-	2.321	44.280	386
	T9T9	0	155.497	1.745	0	0	-	1.584	38.341	3.493
T9-UA3	T9T10	0	1.969	1.119	3.991	624	6.023	428	110.658	3.690
	T9T11	304	19.979	1.756	6.306	5.151	7.085	504	42.064	6.942
T9-UA4	T9T12	1.418	18.147	915	13.986	3.814	-	1.272	16.463	2.128
T9-UA5	T9T13	1.639	2.097	177	12.893	2.210	-	1.512	8.296	193
	T9T14	4.439	0	6.284	16.674	932	-	-	106.776	2.116
	T9T15	1.583	86.399	1.211	27.017	0	-	1.146	19.119	1.068
	T9T16	5.266	23.030	497	8.374	2.905	-	865	156.196	458
	T9T17	0	21.956	1.062	4.399	6.232	-	695	0	766
	T9T18	2.022	264.282	2.625	17.713	24.325	-	9.662	41.749	0
	T9T19	1.922	116.683	1.674	5.544	8.725	-	2.535	193.227	0
	T9T20	0	0	-	-	-	-	-	0	0
T9-UA6	T9T21	2.601	54.548	669	1.179	2.791	-	94	880	0
	T9T22	1.897	28.175	1.040	0	5.851	-	981	256.543	0
	T9T23	0	154.852	6.527	39.254	2.967	-	0	66.587	1.424
	T9T24	3.195	98.524	2.412	4.284	5.981	-	1.367	114.704	0
	T9T25	0	89.891	4.392	10.428	5.872	-	2.248	15.501	0
	T9T26	1.427	61.371	2.160	6.816	0	-	1.248	63.037	429

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	VOLUME (M³)								
		Esquerda			Calha				Direita	
		Encosta	Planície	Margem	Lavado	Inconsolidado	Ilha	Margem	Planície	Encosta
T9-UA7	T9T27	3.752	0	1.092	9.487	1.824	-	2.106	56.379	1.256
	T9T28	2.647	46.029	976	5.235	11.264	-	2.064	57.489	585
	T9T29	3.796	29.633	1.210	36.081	3.949	-	595	10.333	0
	T9T30	1.075	1.137	664	7.469	8.984	-	737	6.148	2.680
T9-UA9	T9T31	86	4.510	828	8.524	2.282	-	1.037	13.437	141
	T9T32	0	22.298	726	6.030	3.082	-	907	8.005	2.430
	T9T33	762	22.106	946	42.105	1.170	-	665	24.837	2.615
	T9T34	1.422	34.077	723	9.805	7.989	-	1.095	0	3.948
	T9T35	11.165	34.443	1.422	36.822	8.098	-	1.595	16.412	1.249
	T9T36	1.394	5.166	1.653	8.159	2.500	-	3.159	0	3.089
	T9T37	178	63.214	1.708	12.004	7.490	-	449	61.075	510
	T9T38	0	0	-	-	-	-	-	111.098	1.647
	T9T39	693	45.405	2.537	22.712	0	-	0	21.858	351
	T9T40	2.317	7.107	514	6.267	0	-	1.981	59.136	136
	T9T41	3.901	35.275	2.742	9.992	5.539	-	873	13.691	234
	T9T42	763	0	1.877	8.639	3.880	-	760	15.890	0
T9-UA10	T9T43	0	24.968	3.122	9.711	0	-	973	56.732	607
	T9T44	0	3.321	293	13.330	0	-	1.129	0	1.316
	T9T45	0	27.390	-	4.026	5.586	-	569	27.276	1.388
	T9T46	0	2.431	2.653	15.181	3.901	-	802	1.965	0
	T9T47	0	543	702	4.491	0	-	-	5.665	275
T9-UA11	T9T48	434	19.853	2.698	22.655	5.352	-	2.674	11.122	8.560
	T9T49	2.411	0	615	11.112	2.884	-	-	12.654	1.647
	T9T50	0	16.206	553	10.221	6.814	-	521	4.894	1.461
T9-UA12	T9T51	0	0	772	-	-	-	556	12.924	0
	T9T52	0	15.365	1.514	-	-	-	1.663	28.673	402
TOTAL		80.400	2.316.933	81.738	578.828	252.214	13.109	63.970	2.479.184	72.473

A fim de entender em qual cenário está depositado o rejeito, foram utilizadas imagens de satélite de diferentes datas, principalmente prévias ao evento, para que fosse feita a diferenciação nas planícies e encostas entre as áreas de comunidade, áreas de vegetação nativa e áreas com algum uso econômico, como lavouras, silviculturas, entre outros usos do solo que são de cunho produtivo e econômico.

As áreas das principais comunidades impactadas no Trecho 9 que foram delimitadas foram Paracatu de Baixo (na T9-UA5), Gesteira (na T9-UA9) e uma pequena porção de Barra Longa, que se localiza no final do Trecho 9 (na T9-UA12) e começo do Trecho 10. O volume estimado de rejeito depositado na área dessas comunidades pode ser visto na Tabela 66. Dentre as comunidades impactadas no Trecho 9, Paracatu de Baixo foi a comunidade onde maior volume de rejeito foi depositado, de acordo com as estimativas.

O volume estimado de rejeito depositado nas áreas de vegetação nativa e nas áreas com algum uso econômico seguem na Tabela 66.

Tabela 66 – Volume Estimado de Rejeito nas Encostas e Planícies nas Áreas de Comunidades

UNIDADES DE ANÁLISE	COMUNIDADE	TRANSECTOS	VOLUME (M³)			
			Esquerda		Direita	
			Encosta	Planície	Planície	Encosta
T9-UA5	Paracatu de Baixo	T9T19	-	-	193.090	-
		T9T20	-	-		-
T9-UA9	Gesteira	T9T39	504	16.757	-	-
		T9T40	-	3.219	-	-
T9-UA12	Barra Longa	T9T52	-	-	16.134	58

Tabela 67 – Volume Estimado de Rejeito nas Encostas e Planícies Diferenciando Áreas de Vegetação Nativa e Áreas com algum Uso Econômico

UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	VOLUME (M³)							
		Esquerda				Direita			
		Encosta		Planície		Planície		Encosta	
		Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa
T9-UA1	T9T1	-	13.465	-	48.546	-	82.587	-	2.814
	T9T2	-	882	-	47.949	-	84.847	-	3.074
	T9T3	-	1.512	-	58.071	-	175.965	-	3.278
	T9T4	-	-	-	341.437	-	147.281	-	-
	T9T5	-	-	-	5.212	-	-	-	1.518
T9-UA2	T9T6	-	30	-	1.554	-	11.929	-	1.479
	T9T7	-	-	-	33.794	-	44.463	-	693
	T9T8	-	-	-	122.491	20.229	24.050	68	318
	T9T9	-	-	127.856	27.641	26.649	11.692	3.301	192
T9-UA3	T9T10	-	-	91	1.877	105.794	4.864	2.696	994
T9-UA4	T9T11	-	304	2.302	17.677	1.793	40.271	988	5.954
	T9T12	1.145	273	6.889	11.258	-	16.463	-	2.128
T9-UA5	T9T13	1.461	179	1.919	178	8.179	117	139	54
	T9T14	3.636	803	-	-	53.109	53.666	1.571	545
	T9T15	1.520	63	86.288	110	15.431	3.688	1.068	-
	T9T16	5.266	-	23.030	-	151.992	4.204	458	-
	T9T17	0	0	21.706	250	-	-	766	-
	T9T18	2.022	-	264.282	-	30.412	11.337	-	-
	T9T19	1.477	445	108.357	8.327	122	15	-	-
	T9T20	-	-	-	-	-	-	-	-
	T9T21	-	2.601	8.900	45.648	-	880	-	-
T9-UA6	T9T22	1.855	41	18.351	9.824	256.543	-	-	-
	T9T23	0	0	98.828	56.024	54.785	11.802	205	1.218
	T9T24	3.195	-	65.563	32.961	83.534	31.171	-	-

		VOLUME (M³)							
UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	Esquerda				Direita			
		Encosta		Planície		Planície		Encosta	
		Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa
T9-UA7	T9T25	-	-	74.300	15.591	12.227	3.273	-	0
	T9T26	1.216	211	61.366	5	57.738	5.299	429	-
	T9T27	3.119	633	-	-	54.826	1.553	615	641
	T9T28	1.446	1.201	16.625	29.404	57.470	20	502	83
	T9T29	14	3.783	14.470	15.163	10.268	65	0	0
T9-UA8	T9T30	-	1.075	-	1.137	4.978	1.170	2.680	-
T9-UA9	T9T31	86	-	4.510	-	13.437	-	136	5
	T9T32	-	-	22.298	-	6.248	1.757	997	1.433
	T9T33	637	125	19.935	2.171	31	24.807	1.215	1.400
	T9T34	1.422	0	33.849	228	-	-	3.598	351
	T9T35	10.137	1.028	31.902	2.541	10.755	5.657	1.106	143
	T9T36	760	634	4.354	812	-	-	1.780	1.309
	T9T37	55	123	51.096	12.118	32.123	28.952	335	175
	T9T38	-	-	-	-	111.098	-	1.647	-
	T9T39	190	-	28.648	-	20.127	1.731	351	-
	T9T40	2.317	-	3.121	768	35.517	23.619	131	6
	T9T41	3.901	-	35.275	-	13.563	128	234	0
	T9T42	763	-	-	-	15.890	-	-	-
	T9T43	0	0	1.690	23.277	3.509	53.223	-	607
T9-UA10	T9T44	-	-	1.956	1.365	-	0	-	1.316
	T9T45	-	-	27.390	-	27.245	31	768	620
	T9T46	-	-	1.609	822	1.964	1	0	0
	T9T47	0	0	543	-	5.665	-	275	-
T9-UA11	T9T48	293	141	14.143	5.710	10.695	427	7.640	920
	T9T49	1.167	1.244	-	-	7.140	5.515	1.429	218
	T9T50	-	-	6.635	9.571	4.894	-	1.461	-

		VOLUME (M³)							
UNIDADES DE ANÁLISE	TRANSECTOS	Esquerda				Direita			
		Encosta		Planície		Planície		Encosta	
		Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa	Uso econômico	Vegetação nativa
T9-UA12	T9T51	-	-	0	-	11.969	955	-	-
	T9T52	-	-	15.365	-	12.539	-	344	-
TOTAL		49.100	30.796	1.305.444	991.513	1.350.486	919.475	38.932	33.483

5.2.5.2 Volume nas lagoas

A estimativa de volume nas lagoas foi calculada também pelo produto entre as espessuras médias obtidas nas sondagens em campo e a área das lagoas. As lagoas identificadas ao longo do Trecho 9 são nomeadas conforme o quilômetro em que se enquadram, considerando então agrupamentos (articulações) por quilômetro, e índices com o número da lagoa dentro cada agrupamento, conforme especificado na Seção 5.2.3.2.3. Essas lagoas podem ser vistas no **Anexo X** e foram separadas entre as lagoas conectadas ou isoladas em relação ao curso do rio, e soterradas, sendo suas áreas apresentadas na Tabela 68.

Tabela 68 – Dados Utilizados e Resultado do Volume de Rejeitos nas Lagoas Conectadas, Isoladas e Soterradas

SITUAÇÃO	LAGOA	ÁREA (m ²)	ESPESSURA MÉDIA (m)	VOLUME (m ³)	
				por lagoa	por classificação
Conectada	T09-CARA-KM02 (1)	33	1,679	2.088	10.325
	T09-GN-KM601 (1)	429		720	
	T09-GN-KM601 (2)	571		958	
	T09-GN-KM610 (4)	166		279	
	T09-GN-KM615 (1)	1		295	
	T09-GN-KM615 (2)	120		202	
	T09-GN-KM627-1 (5)	121		203	
	T09-GN-KM629-1 (1)	213		357	
	T09-GN-KM631 (2)	93		156	
	T09-GN-KM632 (1)	113		190	
	T09-GN-KM632 (2)	204		343	
	T09-GN-KM634 (1)	116		195	
	T09-GN-KM642 (6)	406		681	
	T09-GN-KM643 (1)	132		221	
	T09-GN-KM644 (1)	90		151	
	T09-GN-KM645 (1)	223		374	
	T09-GN-KM646 (11)	503		844	
	T09-GN-KM647 (2)	395		663	
	T09-GN-KM649 (1)	185		310	
	T09-GN-KM631 (5)	650		1.092	
Isolada	T09-CARA-KM01 (1)	736	1,405	1.034	9.004
	T09-GN-KM598 (1)	111		156	
	T09-GN-KM610 (3)	52		73	
	T09-GN-KM612 (1)	25		35	
	T09-GN-KM618 (2)	124		174	
	T09-GN-KM620 (1)	153		214	
	T09-GN-KM627-1 (3)	43		61	

SITUAÇÃO	LAGOA	ÁREA (m²)	ESPESSURA MÉDIA (m)	VOLUME (m³)	
				por lagoa	por classificação
	T09-GN-KM627-1 (4)	73		102	
	T09-GN-KM629 (4)	75		106	
	T09-GN-KM630-1 (2)	105		148	
	T09-GN-KM630-1 (3)	14		20	
	T09-GN-KM631 (3)	437		613	
	T09-GN-KM637 (2)	251		352	
	T09-GN-KM642 (1)	46		65	
	T09-GN-KM642 (3)	106		149	
	T09-GN-KM642 (4)	475		667	
	T09-GN-KM642 (5)	30		42	
	T09-GN-KM643 (2)	493		1.023	
	T09-GN-KM648 (1)	2.294		3.971	
Soterrada	T09-GN-KM610 (2)	147	3,140	461	82.525
	T09-GN-KM619 (1)	36		114	
	T09-GN-KM619 (7)	28		86	
	T09-GN-KM619 (8)	2		113	
	T09-GN-KM623 (1)	110		346	
	T09-GN-KM623 (2)	266		834	
	T09-GN-KM624 (1)	185		5.394	
	T09-GN-KM624 (2)	65		205	
	T09-GN-KM624 (3)	80		250	
	T09-GN-KM624 (4)	162		509	
	T09-GN-KM624 (5)	67		210	
	T09-GN-KM624 (6)	177		556	
	T09-GN-KM626 (1)	404		1.269	
	T09-GN-KM626 (2)	483		1.515	
	T09-GN-KM626 (3)	1.172		3.681	
	T09-GN-KM626 (4)	930		2.920	
	T09-GN-KM626-1 (1)	46		146	
	T09-GN-KM626-1 (2)	82		258	
	T09-GN-KM626-1 (3)	155		485	
	T09-GN-KM627 (1)	221		695	
	T09-GN-KM627 (2)	33		103	
	T09-GN-KM627-1 (1)	170		534	
	T09-GN-KM627-1 (2)	134		421	
	T09-GN-KM629 (1)	66		208	
	T09-GN-KM630 (1)	88		275	
	T09-GN-KM631 (1)	789		2.477	
	T09-GN-KM632 (3)	99		310	
	T09-GN-KM633 (1)	195		612	
	T09-GN-KM636 (1)	159		498	
	T09-GN-KM637 (1)	375		1.177	

SITUAÇÃO	LAGOA	ÁREA (m ²)	ESPESSURA MÉDIA (m)	VOLUME (m ³)	
				por lagoa	por classificação
	T09-GN-KM638 (6)	722		2.268	
	T09-GN-KM638 (7)	278		1.020	
	T09-GN-KM641 (1)	128		403	
	T09-GN-KM641 (2)	536		3.138	
	T09-GN-KM641 (3)	191		599	
	T09-GN-KM641 (4)	10		520	
	T09-GN-KM642 (2)	92		288	
	T09-GN-KM643 (3)	302		947	
	T09-GN-KM645 (2)	266		836	
	T09-GN-KM645 (3)	276		865	
	T09-GN-KM645 (4)	489		1.534	
	T09-GN-KM645 (5)	187		586	
	T09-GN-KM645 (6)	441		1.386	
	T09-GN-KM645 (7)	1.860		7.837	
	T09-GN-KM646 (1)	245		769	
	T09-GN-KM646 (10)	138		432	
	T09-GN-KM646 (2)	839		2.633	
	T09-GN-KM646 (3)	854		2.680	
	T09-GN-KM646 (4)	284		891	
	T09-GN-KM646 (5)	313		983	
	T09-GN-KM646 (6)	183		576	
	T09-GN-KM646 (7)	738		2.318	
	T09-GN-KM646 (8)	742		5.793	
	T09-GN-KM646 (9)	23		348	
	T09-GN-KM647 (1)	599		1.881	
	T09-GN-KM648 (2)	702		2.204	
	T09-GN-KM649 (2)	456		1.431	
	T09-GN-KM649 (3)	449		1.409	
	T09-GN-KM649 (4)	222		698	
	T09-GN-KM649 (5)	1.341		4.212	
	T09-GN-KM649 (6)	186		584	
	T09-GN-KM649 (7)	61		2.522	
	T09-GN-KM649 (8)	154		866	
	T09-GN-KM649 (9)	67		214	
	T09-GN-KM631 (4)	61		191	
TOTAL				101.855	

Nota: Não foram consideradas as lagoas que são destinadas a viveiros de peixe

Foram realizadas sondagens em 18 lagoas que abrangem lagoas conectadas, isoladas e soterradas, de maneira que as médias de espessura encontradas em cada uma dessas situações fosse representativa. As médias obtidas e utilizadas no cálculo de volume de rejeito para as lagoas

seguem na Tabela 68. A maior média foi obtida nas lagoas soterradas e a menor média se deu nas lagoas isoladas.

Dentre o volume total obtido nas lagoas, cerca de 10% e 9% se deu nas lagoas existentes conectadas e isoladas, respectivamente. Os mais de 80% restante se deu nas lagoas soterradas, apesar de que há de se considerar de que em termos de áreas, essas lagoas representam 67% do total das áreas de lagoas levantadas que não são destinadas a viveiros de peixes.

5.2.5.3 Limitações da estimativa do cálculo de volume

A estimativa de volume de rejeito é baseada em dados coletados em campo e avaliações e cálculos realizados com base em imagens orbitais e fotos aéreas, dados de topografia e/ou batimetria, mas vale ressaltar que existem limitações que podem influenciar nos cálculos utilizados neste estudo, sendo elas:

- Definição dos contextos: para a definição dos contextos foram utilizadas imagens orbitais, fotos dos drones e bases planialtimétricas para estabelecer o limite entre intracalha a extracalha, bem como os limites entre planície e encosta. Nos pontos de execução dos transectos estes pontos foram avaliados *in loco*, mas para o restante das áreas, esta avaliação foi realizada remotamente, conforme explicado, sendo esta uma limitação da metodologia de delimitação dos contextos (calha, planície, margens e encostas) e os respectivos cálculos de áreas.

- Extrapolação dos dados de campo: Devido à extensão da área impactada, foram definidos transectos a cada 1 km de rio impactado, aproximadamente, para a coleta de dados e amostras, e em cada um dos transectos foram coletados dados de espessura em vários contextos do rio. Apesar de se entender que a quantidade de dados seja suficiente para se fazer esta avaliação, sabe-se que estes dados de espessura de cada um dos contextos foram extrapolados para representar a espessura da área impactada, sendo essa extrapolação, tanto dos dados dentro dos transectos (pontos na seção) quanto dos dados entre um transecto e outro (entre seções), representante de limitação no cálculo do volume, mas entende-se que seja parte inerente do estudo devido à magnitude da extensão da área impactada.

É importante assinalar que além da limitação de resolução de dados, dos desvios padrão na utilização de médias, também há definições que, apesar de baseadas em critérios definidos, são

convencionadas, tais como a definição dos contextos que geram as áreas utilizadas para os cálculos de volume. O cálculo de volume de rejeito por extrapolação dos resultados obtidos, tanto entre as sondagens de um mesmo transecto, quanto entre cada um dos transectos pela sua área de influência, não possui referência técnica de metodologia de cálculo de desvio (ou erro), sendo o volume calculado apenas uma estimativa.

O trabalho de adensamento de informações que foi realizado no Trecho 8, através do qual obtiveram-se dados de sondagens (entre outros dados) em um intervalo menor de espaço, permitiu demonstrar qual a diferença no cálculo de volume que representa a extrapolação feita em aproximadamente 1 km, conforme descrito a seguir.

A comparação entre os métodos de transectos a cada 1 km e transectos a cada 2 km foram as que apresentaram maiores diferenças entre si nas unidades de análise, sendo a maior diferença encontrada de quase 100% na unidade de análise T8-UA3 quando comparados esses dois métodos. Esses resultados indicam que o cenário hipotético de intervalo de 2 km entre transectos não é adequado, principalmente em unidades de análise que apresentam maior heterogeneidade, indicada pelas maiores variâncias e desvio padrão dos resultados de espessura, como no caso das unidades T8-UA3 e T8-UA4.

A comparação entre os métodos com informações de espessura a cada 1 km e 0,5 km indicam diferenças menores do 20% em todas as unidades de análise e de 14% no total do volume estimado no Trecho 8. Em termos de ordem de grandeza, constatou-se uma pequena variação do resultado quando se dobra o número de transectos ao se reduzir o espaçamento de 1 km para 0,5 km, indicando resultados satisfatórios no espaçamento de 1 km.

Já a comparação entre o método com informações a cada 1 km versus o método com informações cada 1 km complementadas por transectos a cada 0,25 km em áreas com indicação de remoção aponta uma diferença de 47% na T8-UA3 e diferenças menores do que 15% nas demais unidades de análise com transectos adensados (transectos de remoção), sendo elas as unidades T8-UA2 e T8-UA4. Apesar de, em geral, as diferenças não serem amplas nessa comparação, os 47% de contraste na T8-UA3 indicam necessidade de adensamento quando trata-se de áreas de remoção, a fim de que seja aferida qualquer discrepância muito grande em intervalos menores de

extensão do curso d'água e refinado o cálculo do volume a ser removido, parâmetro relevante na estimativa de custos de eventual remoção dos rejeitos.

5.2.5.4 Volume estimado pela Golder Associates

No relatório “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” da Golder Associates (2016a), 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 nas Figuras 3.4.1a, 3.4.1b e 3.4.1c do relatório da Golder é possível observar que os trechos do rio que estão inseridos no Trecho 9 vão desde o NR_06 até o BFS_32.

A estimativa de volume de rejeitos depositado feita pela Golder Associates 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 Associates que se inserem no Trecho 9 estão apresentados na **Tabela 69**.

Tabela 69 – Estimativa de volume de rejeito pelos Métodos 1, 2 e 3

NOME DO TRECHO	VOLUME (M³)		
	MÉTODO 1	MÉTODO 2	MÉTODO 3
NR_06	400.000	1.000.000	200.000
CF_07	66.000	95.000	28.000
BFS_08	280.000	500.000	16.000
NR_09	88.000	130.000	51.000
BFS_10	270.000	410.000	110.000
BFL_11	610.000	890.000	280.000
CN_12	2.300	2.900	1.100
BFL_13	120.000	180.000	74.000
NR_14	6.500	9.800	4.400
BFL_15	140.000	190.000	82.000
CF_16	3.600	5.100	2.100
BFL_17	300.000	600.000	210.000
NR_18	3.200	4.800	1.500
BFL_19	120.000	220.000	83.000
CN_20	4.400	5.800	1.500
CF_21	7.700	11.000	4.600
BFS_22	73.000	98.000	41.000
NR_23	7.700	12.000	5.100
CN_24	6.300	8.400	2.100
NR_25	16.000	38.000	11.000
BFS_26	270.000	380.000	150.000
BFL_27	520.000	920.000	290.000
CN_28	12.000	9.600	9.600
BFS_29	130.000	190.000	75.000
CF_30	4.400	5.500	3.300
NR_31	19.000	25.000	12.400
BFS_32	110.000	180.000	56.000
Total	3.590.100	6.120.900	1.804.700

Nota: Dados extraídos da Tabela 3.5.10 do relatório “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” da Golder Associates.

Fonte: GOLDER ASSOCIATES (2016b)

Os resumos dos volumes totais estimados neste estudo são mostrados nas Tabela 70 e Tabela 71. O volume total estimado no Trecho 9 no curso do rio está na ordem de 6 milhões de metros cúbicos.

Tabela 70 – Resumo do volume estimado nas planícies e encostas por usos genéricos identificados

USOS	ÁREA (M²)		VOLUME (M³)	
	ENCOSTA	PLANÍCIE	ENCOSTA	PLANÍCIE
Comunidade	5.301	317.627	561	229.200
Uso Econômico	604.967	3.410.051	88.033	2.655.930
Vegetação Nativa	244.646	2.002.736	64.279	1.910.988

Tabela 71 – Resumo do volume estimado nas margens e calhas

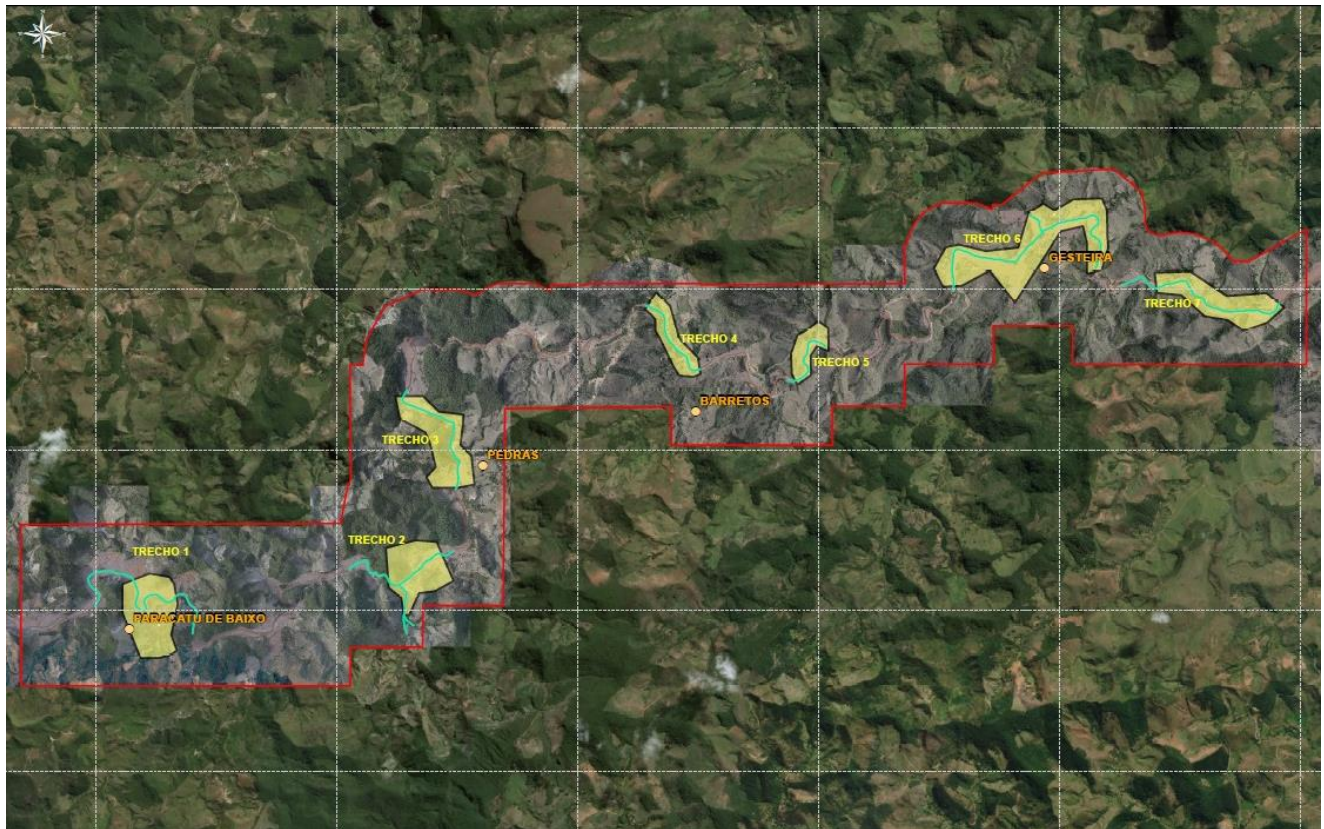
ÁREA (M²)				VOLUME (M³)		
MARGEM	CALHA	LAGOAS	MARGEM	CALHA		LAGOAS
				LAVADO	INCONSOLIDADO	
228.263	1.356.944	38.840	145.708	578.828	252.214	101.855

5.2.5.5 *Espessura estimada pela Potamos*

A Potamos realizou estudos para identificar as principais ocorrências de rejeitos nas margens e calha do rio Gualaxo do Norte no trecho entre Paracatu de Baixo e a montante de Barra Longa. O estudo utilizado como referência é nomeado de Estudos de Hidráulica Fluvial e Delimitação de Áreas Inundáveis – Produto 5: Relatório Final de junho de 2017 (POTAMOS, 2017).

A campanha de investigações consistiu na utilização de diferentes métodos de investigação e inspeções em campo, suportadas por informações obtidas de uma abordagem geomorfológica e de hidráulica fluvial com a passagem da onda de cheia, de modo a possibilitar uma análise integrada, tanto dos resultados das investigações, como da dinâmica fluvial, esta como um importante condicionante da deposição das manchas de rejeitos. Para tanto, o trabalho dividiu a área de investigação em sete trechos. Ressalta-se que os trechos citados nesta Seção se referem aos trechos do estudo referenciado (Figura 190) e, quando necessário, serão citados os Trechos do presente PMR, sendo assim discriminados.

Figura 190 – Localização dos trechos do estudo de estimativa de espessura de rejeito



Fonte: POTAMOS (2017)

Em linhas gerais, a metodologia adotada pela Potamos para o cálculo da espessura de rejeito na área de estudo encontra-se listadas a seguir:

- Levantamento geofísico por imageamento eletroresistivo elaborado ao longo de seções topobatimétricas, definidas por critérios hidrológicos, ao longo dos trechos 1 a 7 da calha, margens e várzeas do rio Gualaxo do Norte. As Seções de Imageamento Eletroresistivo foram realizadas ao longo de 54 (cinquenta e quatro) seções (perfis, ou travessias) transversais ao rio Gualaxo do Norte, o que possibilitou construir as seções 2D do imageamento ao longo dessas travessias.
- Sondagem com amostragem integral: as sondagens para realização das amostragens foram posicionadas de acordo com a análise dos resultados da geofísica em campo, em diferentes posições do vale do rio (margens, várzeas, em terrenos baixos e altos), tendo por objetivo aferir os critérios de interpretação dos resultados obtidos com a

geofísica, visando à redução de incertezas nos resultados finais das estimativas das espessuras das lentes de rejeitos e da extensão das área de lentes, ou manchas de rejeitos.

- Análise e interpretação dos dados: foi realizada a sobreposição das sondagens e seções de imageamento eletroresistivo, com indicação das posições e profundidades de ocorrência dos rejeitos identificados nos pontos de execução de cada sondagem. A profundidade estimada dos rejeitos em cada uma das seções investigadas foi definida com base na resposta geolétrica de cada material, na forma e distribuição das curvas de isso-resistividade e nos resultados pontuais das sondagens, que orientaram o traçado das linhas que separam os rejeitos do terreno natural em cada seção de imageamento eletroresistivo. Com isto, foi gerado um conjunto de desenhos que materializam a identificação da espessura e extensão das lentes de rejeitos em cada seção topobatimétrica investigada. Ademais, foram utilizadas imagens aéreas em diferentes datas, para observação das feições anteriores e posteriores a passagem do fluxo da onda de rejeitos; mapa topográfico detalhado obtido a partir de levantamento laser; perfil de declividade da calha do rio; interpretação da espessura das lentes de rejeitos nas seções investigadas, além de uma simulação computacional da passagem do fluxo dos rejeitos e diferenciações de velocidades associadas e capacidades de arraste de sedimentos nas seções hidráulicas investigadas.
- Delimitação das principais áreas de ocorrências de rejeitos depositados nas várzeas com base na interpretação de todos os dados disponíveis junto com uma abordagem integrada de natureza geológica, geomorfológica e de hidráulica fluvial.

O trabalho realizou 61 sondagens, as quais foram lançadas sobre as seções de imageamento eletroresistivo com indicação da espessura do rejeito em cada ponto de sondagem, destacando-os dos solos do terreno aluvionar natural com a cor marrom. Em análise, o estudo apresenta o resumo das espessuras de rejeito nos trechos 1 a 7, conforme a Tabela 72.

Tabela 72 – Resumo das espessuras de rejeito nos trechos 1 a 7s

SONDAGEM	TRECHO	PROF.(m)	SONDAGEM	TRECHO	PROF.(m)	SONDAGEM	TRECHO	PROF.(m)
S-104	Trecho 1	0,87	S-403	Trecho 4	0,80	S-619	Trecho 6	1,55
S-101	Trecho 1	1,78	S-402	Trecho 4	0,24	S-608	Trecho 6	1,07
S-105	Trecho 1	1,65	S-404	Trecho 4	0,50	S-612	Trecho 6	1,73
S-103	Trecho 1	0,30	S-501	Trecho 5	1,73	S-604	Trecho 6	1,59
S-106	Trecho 1	0,85	S-502	Trecho 5	0,77	S-606	Trecho 6	2,15
S-102	Trecho 1	1,25	S-505	Trecho 5	0,46	S-601	Trecho 6	0,85
S-107	Trecho 1	0,10	S-506	Trecho 5	0,67	S-709	Trecho 7	0,90
S-107	Trecho 1	0,93	S-504	Trecho 5	1,10	S-708	Trecho 7	2,05
S-204	Trecho 2	0,80	S-503	Trecho 5	0,58	S-708	Trecho 7	0,20
S-207	Trecho 2	0,25	S-610	Trecho 6	2,15	S-703	Trecho 7	0,93
S-206	Trecho 2	0,80	S-618	Trecho 6	0,56	S-704	Trecho 7	1,40
S-205	Trecho 2	1,00	S-609	Trecho 6	0,87	S-707	Trecho 7	0,37
S-203	Trecho 2	0,63	S-615	Trecho 6	0,55	S-701	Trecho 7	0,80
S-201	Trecho 2	1,53	S-614	Trecho 6	0,40	S-701	Trecho 7	0,20
S-202	Trecho 2	1,80	S-616	Trecho 6	0,40	S-710	Trecho 7	0,40
S-305	Trecho 3	0,27	S-607	Trecho 6	3,30	S-702	Trecho 7	0,69
S-301	Trecho 3	1,45	S-605	Trecho 6	1,65	S-712	Trecho 7	2,05
S-303	Trecho 3	1,12	S-613	Trecho 6	3,15	S-712	Trecho 7	1,20
S-304	Trecho 3	1,44	S-603	Trecho 6	1,39	S-705	Trecho 7	2,40
S-306	Trecho 3	0,86	S-617	Trecho 6	1,58	S-705	Trecho 7	0,60
S-406	Trecho 4	1,53	S-602	Trecho 6	0,84	S-706	Trecho 7	2,86
S-406	Trecho 4	1,73	S-611	Trecho 6	1,54			
S-405	Trecho 4	1,10	S-611	Trecho 6	0,20			
						Média = 1,12 m		

Fonte: POTAMOS (2017)

A Tabela 73 apresentada na Seção 5.2.5.6 a seguir calcula a média da espessura por trecho da Potamos e faz uma comparação com os dados coletados pelo presente estudo de aplicação do PMR no Trecho 9.

5.2.5.6 Comparação com resultados obtidos no presente estudo

Para comparar os resultados de volume estimado pela Golder Associates com os resultados obtidos no presente estudo, primeiramente relacionou-se a extensão do rio para a qual foi realizado o cálculo. Conforme já citado, foram determinados trechos do rio de acordo com as identificações da Golder Associates no Trecho 9 vão do NR_06 até o BFS_32, aproximadamente coincidente com o fim das unidades de análise T9-UA11 e T9-UA12, no Trecho 9 (Figura 191). Nesses trechos, foram realizadas sondagens para verificação da espessura de rejeito e posterior cálculo de volume.

Figura 191 – Comparação da localização Trecho 9 com os trechos definidos pela Golder Associates (2016a) nas extremidades do Trecho 9



Em estudo realizado pela Potamos (2017) também foram realizadas sondagens em que foram verificadas as espessuras de rejeito em cada ponto sondado. A Tabela 73 e Figura 192 apresentam as médias das espessuras de rejeito calculadas pelo estudo da Golder Associates (2016a), pelo estudo de 2017 da Potamos e pelo presente estudo por unidade de análise. É importante destacar que além da diferença temporal entre as sondagens de cada um desses estudos, também há uma diferença espacial dos dados. No estudo da Potamos os dados foram mais adensados em pequenos trechos dentro das atuais unidades de análise, mas não foram distribuídos igualmente ao longo dessas. O estudo da Golder Associates também apresenta distribuição menos desigual de informações ao longo do Trecho 9. Dessa forma, os resultados de espessura são comparados, sabendo-se que podem haver diferenças, sendo a distribuição e frequência supracitadas um dos motivos para isso. Verifica-se que nas unidades de análise T9-UA5, T9-UA6 e T9-UA9, a média se apresentou levemente superior nos estudos realizados pela Golder Associates e Potamos em relação ao realizado pela JACOBS CH2M, porém a média dos três estudos foram próximas. Nas demais T9-UA1, T9-UA2 e T9-UA3, a média obtida pelos resultados apresentados no estudo da Golder Associates (2016a) foi superior ao estudo atual.

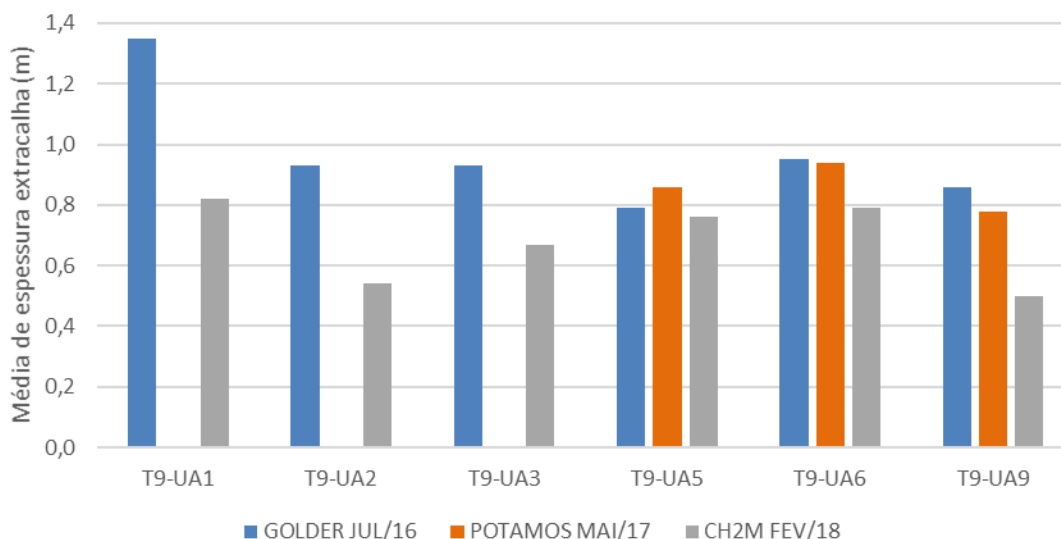
A Tabela 73 também informa o número de investigações realizadas em cada estudo e, quando comparadas, observa-se que o presente PMR realizou 40 sondagens, enquanto o anterior

da Golder Associates (2016a) realizou 48 sondagens e da Potamos (2017) 67 sondagens mais adensadas e menos bem distribuídas, devido à metodologia e objetivos diferentes dos estudos. Cabe ressaltar que o estudo de 2016 não contemplou nenhuma sondagem dentro das áreas demarcadas como unidades de análise T9-UA4, T9-UA7, T9-UA8, T9-UA10, T9-UA11 e T9-UA12, sendo assim os dados coletados em 2018 não foram considerados para fins comparativos. Já o estudo da Potamos de 2017 contemplou áreas apenas nas unidades de análise T9-UA5, T9-UA6 e T9-UA9.

Tabela 73 – Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens de estudos pretéritos e do presente PMR

UNIDADE DE ANÁLISE	SONDAGENS			MÉDIA DAS ESPESSURAS (M)		
	GOLDER JUL/16	POTAMOS MAI/17	CH2M FEV/18	GOLDER JUL/16	POTAMO S MAI/17	CH2M FEV/18
T9-UA1	A11TD1; A11TD2; A11TD3; A11TD4; A11TD5	-	T9T1; T9T2; T9T3; T9T4; T9T5	1,35	-	0,82
T9-UA2	A10TD2; A10TD3	-	T9T6; T9T7; T9T8; T9T9	0,93	-	0,54
T9-UA3	A10TD4; A10TD5	-	T9T10; T9T11	0,93	-	0,67
T9-UA5	A5TD1; A5TD10; A5TD11; A5TD12; A5TD2; A5TD3; A5TD4; A5TD5; A5TD6; A5TD7; A5TD8; A5TD9; A8TD1; A8TD2; A8TD3; A8TD4; A8TD5; A8TD6	S-101; S-102; S-103; S-104; S-105; S-106; S-107	T9T13; T9T14; T9T15; T9T16; T9T17; T9T18; T9T19; T9T20; T9T21	0,79	0,86	0,76
T9-UA6	A6TD1; A6TD2; A6TD3; A6TD4; A6TD5; A6TD6; A6TD7; A6TD8; A7TD1; A7TD2; A7TD3; A7TD4; A7TD4 A; A7TD5; A7TD6; A7TD7	S-201; S-202; S-203; S-204; S-205; S-206; S-207; S-301; S-303; S-304; S-305; S-306	T9T22; T9T23; T9T24; T9T25; T9T26; T9T27; T9T28	0,95	0,94	0,79
T9-UA9	A9TD1; A9TD2; A9TD3; A9TD4; A9TD5	S-402; S-403; S-404; S-405; S-406; S-501; S-502; S-503; S-504; S-505; S-506; S-601; S-602; S-603; S-604; S-605; S-606; S-607; S-608; S-609; S-610; S-611; S-612; S-613; S-614; S-615; S-616; S-617; S-618; S-619; S-701; S-702; S-703; S-704; S-705; S-706; S-707; S-708; S-709; S-710; S-712	T9T31; T9T32; T9T33; T9T34; T9T35; T9T36; T9T37; T9T38; T9T39; T9T40; T9T41; T9T42; T9T43	0,86	0,78	0,50

Figura 192 - Comparação das espessuras médias obtidas nas sondagens extracalha de estudos pretéritos e do presente PMR



Por fim, comparou-se a somatória do volume estimado pela Golder Associates nos trechos NR_06 a BFS_32 com a somatória do volume estimado no presente estudo nas unidades de análise T9-UA1 a T9-UA12 (Tabela 74). Cabe mencionar que no estudo realizado pela Potamos (2017) não foi realizado cálculo de volume de rejeito e, portanto, não há uma comparação de volume a seguir.

Tabela 74 – Comparação de volumes estimados pela Golder Associates (2016a) e atuais no Trecho 9

GOLDER		ATUAL	
Trecho(s) comparativo	Volume	Trecho comparativo	Volume
NR_06, CF_07, BFS_08, NR_09, BFS_10, BFL_11, CN_12, BFL_13, NR_14, BFL_15, CF_16, BFL_17, NR_18, BFL_19, CN_20, CF_21, BFS_22, NR_23, CN_24, NR_25, BFS_26, BFL_27, CN_28, BFS_29, CF_30, NR_31, BFS_32	Método 1: 3.590.100 m ³	Trecho 9	6.040.704 m ³
	Método 2: 6.120.900 m ³		
	Método 3: 1.804.700 m ³		

Como se observa, o volume estimado de rejeito depositado no Trecho 9 neste estudo, está próximo do resultado obtido pela Golder Associates através do Método 2, que foi o método onde se obteve o maior volume para o presente Trecho.

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, 2016a).

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 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 barragem. No entanto, a interação destes com as chuvas e os rios, por exemplo, é impacto direto dos depósitos formados pelo evento, ou um impacto indireto do rompimento da barragem.

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 (2016a).

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 demonstram 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 75 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 75 – Resumo da caracterização ambiental dos depósitos de rejeito e da área afetada no Trecho 9

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO 9	IMPACTOS
	<i>Aspectos Físicos</i>	
Tipo de depósito de rejeito	<p>Extracalha:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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. <p>Intracalha:</p> <ul style="list-style-type: none">• Depósitos Indiscriminados de Calha;• Encosta: 85,5 ha;• Planície: 573,0 ha;• Margem: 22,8 ha;• Calha: 135,7 ha.	
Área impactada por tipo de depósito (ha)	<p>A somatória é de 817 ha (sem considerar o impacto em vales em garganta que não possuem depósitos de rejeitos, sendo que o total considerando estes vales é de 852 ha conforme apresentado na Seção 5.1.8.4).</p> <p>Definidas 12 unidades de análise (UAs) de acordo com a planialtimetria do trecho, 11 no rio Gualaxo do Norte e 1 no rio do Carmo, com baixa declividade e maior susceptibilidade a sedimentação, divididas entre si por gargantas (trechos mais declivosos e/ou estreitos).</p>	<p>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.</p>
Levantamento planialtimétrico	<p>Extensão total e variação da elevação: 57,2 km e 215 m do início ao fim das UAs no rio Gualaxo do Norte e 2,3 km e menos de 1 m no rio do Carmo antes da confluência entre esses dois rios.</p> <p>A declividade média das UAs é mais baixa no fim (mais a jusante) do Trecho 9, sendo 0,00‰ na T9-UA12, no rio do Carmo, e 1,24‰ na T9-UA11, no rio Gualaxo do Norte. A maior declividade média em UA é de 4,18‰ (T9-UA3). Os divisores das UAs são gargantas de moderada extensão, de 180 a 820 m, com maior declividade e por vezes em trechos de morfologia de vale fechado, com afloramentos rochosos evidentes, onde a propensão à deposição de rejeitos é baixa. Somente entre as unidades T9-UA11 e T9-UA12 não há uma garganta, e sim a confluência entre os rios Gualaxo do Norte e do Carmo.</p>	<p>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.</p>
Espessura medida do rejeito (m)	<p><u>Extracalha:</u></p> <p>Espessura média do rejeito encontrada em encosta foi 0,26 metros sendo o maior valor (1,33 metros) encontrado na encosta esquerda do transecto 1.</p> <p>Espessura média do rejeito encontrada na em planície foi 0,78 metros sendo o maior valor (2,10 metros) encontrado na planície direita do transecto 28.</p> <p>Espessura média do rejeito encontrada em margem foi 0,70 metros sendo o maior valor (4,20 metros) encontrado na margem direita do transecto 18.</p> <p>Paracatu (T9T19/T9T20): Média de 0,93 metros de espessura de rejeito, com máxima de 2,05 metros e mínima de 0,20 metros.</p> <p>Gesteira (T9T39): Média de 0,34 metros, com máxima de 1,30 metros e mínima de 0 metro.</p> <p><u>Intracalha</u></p> <p>Espessura média do rejeito encontrada em calha foi 0,64 metros sendo o maior valor (1,72 metros) encontrado na calha do transecto 18. Desta média, 0,42 metros é composto por rejeito lavado e 0,22 metros, por rejeito inconsolidado.</p> <p>A maior espessura de rejeito inconsolidado encontrada foi de 1,98 metros no T9T18. A mesma medida máxima de espessura de rejeito lavado foi identificada no T9T39 (Gesteira).</p> <p>Paracatu (T9T19): Média de 0,20 m de rejeito lavado (máx.: 0,36 m / min: 0,0 m) e 0,32 m de inconsolidado (máx.: 0,44 m / min: 0,17 m).</p> <p>Gesteira (T9T39): Média 0,98 m de rejeito lavado (máx.: 1,98 m / min: 0,34 m) e 0,0 m de inconsolidado.</p>	<p>Ressuspensão dos componentes finos (argila e silte) dos rejeitos inconsolidados depositados na calha fluvial por remoção/remobilização da camada de rejeito lavado (<i>lag layer</i>) e a consequente alteração na qualidade da água, especialmente com o aumento da turbidez e alteração da cor das águas. Os episódios de ressuspensão das frações finas do rejeito inconsolidado, no entanto, tendem a se tornar cada vez menos frequentes e com menor tempo de duração, uma vez que dependem da ocorrência de episódios de vazão extremas, com maiores tempos de recorrência – TR.</p> <p>Aporte de rejeitos às lagoas marginais remanescentes e consequente assoreamento, com perda de profundidade e volume e limitação de suas funções ecológicas, com o soterramento progressivo das comunidades bentônicas. Cumpre esclarecer que grande parte das lagoas existentes pré evento foram soterradas e posteriormente tratadas como planícies.</p> <p>Limitação da produtividade das áreas com uso agropecuário devido às características físicas e químicas dos rejeitos que implicam em baixa fertilidade dos solos.</p>
Volume de rejeito (m³)	<p>Total do volume de rejeito: 6 hm³ aproximadamente, sendo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Encosta: 152.873 m³, dentre os quais:<ul style="list-style-type: none">◦ 88.033 m³ em área com algum uso econômico, 64.279 m³ em áreas de vegetação nativa e 561 m³ em áreas das comunidades impactadas delimitadas (504 m³ em área de encosta em Gesteira e 58 m³ em uma pequena porção de Barra Longa).	

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS		CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO 9	IMPACTOS
Textura do material	<div><ul style="list-style-type: none">Planície: 4.796.118 m³, dentre os quais:<ul style="list-style-type: none">2.655.930 m³ em área com algum uso econômico, 1.910.988 m³ em áreas de vegetação nativa e 229.200 m³ em área das comunidades impactadas delimitadas (193.090 m³ em Paracatu de Baixo, 19.976 m³ em Gesteira e 16.134 m³ em uma pequena porção de Barra Longa).Lagoas: 101.855 m³.Margem: 145.708 m³.Calha: 578.828 m³ (lavado), 252.214 m³ (inconsolidado) e 13.109 (ilhas). Textura do material encontrado intracalha: 3% de argila, 16% de silte, 54% areia, e 27% de cascalho e fração maior que 2mm. Textura do material encontrado na extracalha: 8% de argila, 36% de silte, 52% areia, e 4% de cascalho e fração maior que 2mm. 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.</div> <div><u>Extracalha:</u> Presença de Arsênio acima do VI (CONAMA 420) em 1 amostra de substrato natural extracalha (T9T10) e 1 amostra acima do VP (CONAMA 420) em substrato natural (T9T52 – Carmo).</div> <div>Presença de Bário acima do VP (CONAMA 420) em 3 amostras de substrato natural (T9T10, T9T21 e T9T35). Observa-se que a concentrações de metais no rejeito é, de maneira geral, inferior as concentrações em substrato natural, não havendo impactos negativos na qualidade do solo (com relação aos metais) no Trecho 9</div> <div><u>Intracalha:</u> Presença de Bário acima da CONAMA 454 em 3 amostras (2 em substrato natural). Presença de Chumbo acima da CONAMA 454 em 2 amostras (ambas no rejeito do T9T17). Presença de Mercúrio acima da CONAMA 454 em 3 amostras (1 em substrato natural).</div>	<div>Estratigrafia dos depósitos encontrados intracalha: camada mais superficial composta por um rejeito lavado arenoso e de coloração acinzentada; camada intermediária composta por um rejeito inconsolidado siltoarenoso e de coloração marrom avermelhado; camada mais profunda composta por substrato natural.</div> <div>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.</div> <div>Extracalha: Minimizados após aplicação de cobertura vegetal e obras de drenagem. Sem tais ações, o rejeito é bastante suscetível à erosão, pois apresentam baixa coesão quando saturado, portanto, fica sujeito à desagregação pelo impacto das chuvas e mobilização por enxurradas. Quando úmido e não saturado, o rejeito se apresenta compacto e com coesão suficiente para minimizar eventuais efeitos da ação dos ventos em processos de erosão eólica, com efeitos secundários na qualidade do ar.</div> <div>Intracalha: O material depositado na calha e nas margens pode ser um dos causadores de turbidez no rio, uma vez que a constante transferência de energia pelo movimento da água do rio ocasiona o revolvimento dos sedimentos de fundo e consequente aporte de finos à coluna d’água, da mesma forma que o solapamento das margens também aporta rejeitos ao rio, a depender da presença e da eficiência das obras de contenção já realizadas.</div> <div>Afloramento rochoso, Colina de topo alongado, Planície fluvial, Rampa de colúvio, Terraço fluvial, Vale encaixado com vertente ravinada, Vertente convexa com inclusão cônica</div>	<div><i>Aspectos Químicos</i></div> <div>Qualidade da água superficial (turbidez, cor aparente, metais dissolvidos)</div> <div>Resultados analíticos em desconformidade legal: <u>PMQQS</u> - manganês total – em agosto/17 nos pontos RGN 02, RGN, 04, RGN 05 e RGN 06; em setembro/17 no ponto</div> <div><u>Turbidez</u> Análise histórica, pós-evento (novembro/15 a julho/17) - RDC-24 (rio Gualaxo do Norte): valores de turbidez acima do limite legal permitido em quase todo período monitorado. A máxima</div> <div>Aumento da turbidez e, consequentes alterações no ecossistema aquático. No período seco há uma tendência de redução dos níveis de turbidez na ordem de 100 NTU, e no período chuvoso 2017/2018 a tendência é de diminuição dos níveis de turbidez quando comparado comparados com os valores do período chuvoso de 2016/2017.</div>

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO 9	IMPACTOS
	<p>RGN 04; em outubro/17 em todos os pontos com exceção do RGN 07.</p> <p>- Escherichia coli: RGN 04 em agosto;</p> <p>- pH: RGN 08 em agosto;</p> <p>- Turbidez: RGN 05 em agosto;</p> <p>- OD: em agosto os pontos RGN 02, RGN 03, RGN 05, RGN 08; em setembro os pontos RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 07; e em outubro os pontos RGN 03 e RGN 05.</p> <p><u>PMQQVAI</u></p> <p>- de outubro/17 a janeiro/2018 foram coletadas 665 amostras no total em 77 pontos, dos quais 11 detectaram desconformidade legal para um ou mais dos seguintes parâmetros: - alumínio dissolvido, cor verdadeira, DBO, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total e pH.</p>	
Qualidade do solo (teor de metais acima da CONAMA 420 e COPAM 166)	<p>atingida foi aproximadamente 10.000 NTU em dezembro/17 e janeiro/18; a mínima foi 90 NTU em junho e julho/17.</p> <p>- RDC-25 (rio do Carmo a montante da confluência com o Gualaxo do Norte): registros mais altos em dezembro/15 com quase 5.000 NTU. Entre dezembro/16 a março/17 a turbidez oscilou de 10 a 500 NTU.</p> <p><u>Estações Automáticas</u> (agosto a outubro/17)</p> <p>- RGN 06 (ponte rio Paracatu): médias mensais acima do limite legal. As máximas foram início de setembro com aproximadamente 3.500 NTU e na segunda quinzena de outubro com 2.500 NTU (picos isolados). Os valores médios estão entorno dos 100 NTU no período seco. Já no período chuvoso de 2017/2018 foi atingido apenas um pico de 1.500 NTU.</p> <p>- RGN 08 (montante da confluência do rio Gualaxo com o rio do Carmo): maiores registros em setembro com aproximadamente 4.000 NTU quando a pluviosidade estava a próximo de 0 mm – valores não esperados em período de estiagem. A Fundação Renova afirma a possibilidade de problema na sonda. Os períodos mais chuvosos foram no fim de setembro e início de outubro e no fim de outubro, quando o nível d’água do rio se elevou de aproximadamente 90 cm para 140 cm, mas a turbidez não aumentou proporcionalmente.</p>	
Qualidade dos sedimentos (teor de metais acima da CONAMA 454)	<p>Foram coletadas 69 amostras de solo, das quais apenas 5 (cerca de 7% do total) detectaram cromo, cobalto e/ou arsênio acima do VI Agrícola. Do total, 9 amostras (cerca de 13%) apresentaram um ou mais metais acima do VP e 31 amostras (cerca de 45%) apresentaram ao menos um metal acima do valor orientador da COPAM 166/11. Os metais acima da COPAM 166/11 (valores menos restritivos) são: antimônio (em 12% das amostras); arsênio (25%); bário (9%); chumbo (10%); cobalto (23%); cobre (3%); cromo (3%); níquel (9%); vanádio (4%) e zinco (1%). (Conforme amostragens da Golder)</p> <p>Foram coletadas 17 amostras de sedimentos, das quais três indicaram arsênio acima dos limites adotados na área afetada, sendo dois pontos acima do Nível 2 e um ponto acima do Nível 1. Este foi o único metal detectado em desconformidade legal.</p>	<p>As análises nessas matrizes não indicaram a presença dos metais analisados em concentrações que configurem contaminação efetiva.</p>
<i>Aspectos Biológicos</i>		
Ecossistema aquático (impactos na biodiversidade a longo prazo)	<p>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. Espécies presentes nos pontos nas áreas impactadas são mais tolerantes a ambientes de baixa qualidade ambiental.</p> <p>Aumento da turbidez e altos teores de sólidos na água leva a depleção das concentrações de oxigênio dissolvido.</p>	<p>Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo) e impacto na dessedentação das espécies terrestres, perda de riqueza de espécies de fauna aquática.</p> <p>Perda de biodiversidade, embora existam sinais aparentes de início de um processo de recolonização da comunidade bentônica no substrato nos pontos amostrados, em que há um predomínio de espécies pioneiras, pouco exigentes e oportunistas, e presença menos expressiva de espécies tardias, formadoras de nichos e refúgios mais complexos, o que pode indicar um processo de recolonização deste substrato.</p>
Ecossistema terrestre (supressão de floresta nativa/ supressão de pastagem ou áreas antropizadas)	<p>Área afetada pelo evento sobre vegetação nativa e pastagem, incluindo em áreas de APP.</p> <p>Verificado o incremento de cobertura vegetal nas áreas afetadas decorrentes de ações de revegetação. Nestas áreas foi observado resultado positivo, do ponto de vista de recobrimento do solo, com predomínio de espécies de gramíneas e herbáceas mais rústicas, indicadas como daninhas. Foi verificada baixa fertilidade nos solos amostrados. A análise do desenvolvimento das raízes, não pode concluir um padrão, mas verificou maior crescimento lateral das raízes e uma resposta distinta para cada espécie analisada.</p>	<p>Supressão da vegetação, dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas, potencial de erosão do solo e baixa fertilidade.</p>
Conectividade de habitats	<p>Das 103 lagoas marginais (de origem antrópica, ação pretérita de garimpos) presentes no Trecho 9, 19 foram soterradas pela deposição de rejeitos. Das lagoas remanescentes, 20 apresentam-se conectadas aos cursos d’água e 19 estão isoladas.</p>	<p>Soterramento da maioria das lagoas marginais existentes, que embora tenham origem antrópica, assume-se que estas passaram a desenvolver função ecológica e prestação de serviços ambientais para o sistema. Assim, entende-se que há uma perda de habitats aquáticos, perda da conectividade do sistema rio-lagoa (lagoas conectadas), redução da</p>

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO 9	IMPACTOS
		biodiversidade local, perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres e recuperação do ecossistema terrestre existente (antes de serem lagoas de garimpo).
	Aspectos Socioeconômicos	
Uso e ocupação do solo	41% pastagem; 1% silvicultura; 1% solo exposto; 45% vegetação; 11% área impactada; Fonte: ZAP.	Perda das áreas produtivas e potencial de erosão do solo, baixa fertilidade.
Alteração de cota do terreno / drenagem	A deposição por sedimentação 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.	Impactos nos usos da água devido a problemas de qualidade.
Restrições legais (APP/Reserva legal)	99 nascentes. ~181 km de extensão de cursos d’água. 1137 ha de APP.	POSITIVO, com a recuperação inicial de vegetação nativa em APPs, que antes do evento não se encontravam vegetadas.
Uso da água	Captação superficial em rios/lagoas naturais para: Barra Longa – zona rural: dessedentação animal; Barra Longa – zona rural: consumo humano; Barra Longa – zona rural: finalidade não identificada; Barra Longa – zona rural: irrigação; Barra Longa – zona rural: irrigação; Mariana – Colina: dessedentação animal e irrigação; Mariana – Campinas: consumo humano; Mariana – Campinas: consumo humano; Mariana – zona rural: consumo humano.	

6.1 Estudo de Concentrações de Metais, Tendências e Impactos

Com o objetivo de se avaliar o impacto do rejeito na qualidade do substrato natural, foi realizado um estudo de concentrações e tendências com a utilização dos dados de todos os transectos (do Trecho 6 ao 12) em que se detectou algum metal na seção extracalha com concentração superior ao Valor de Prevenção (VP) da Resolução CONAMA 420/2009, determinando-se a Classe da amostra segunda a mesma resolução.

Foram coletadas, no total, amostras de solo em 40 transectos (40 amostras para rejeito e 40 amostras para substrato natural), ao longo dos Trechos 6 ao 12, com a adição de 1 transecto em área não impactada (T6T1), dos quais, 10 transectos apresentaram concentrações de um ou mais metais acima do VP, seja no rejeito, seja no substrato natural. Estes transectos, juntamente com o transecto T6T1 cuja localidade não sofreu impacto do evento do rompimento da Barragem de Fundão e tampouco se detectou concentrações acima do VP, são apresentados na Tabela 76, ordenados de montante a jusante.

Tabela 76 – Transectos com uma ou mais concentrações acima do Valor de Prevenção

ID TRANSECTO	OBSERVAÇÕES
T6T1	Área não impactada
T6T4	Área impactada
T6T7	Área impactada
T7T2	Área impactada
T9T10	Área impactada
T9T21	Área impactada
T9T35	Área impactada
T9T52	Área impactada
T10T10	Área impactada
T10T15	Área impactada
T10T22	Área impactada
T12T2	Área não impactada

De todos os metais analisados nos transectos apresentados na Tabela 76, apenas 5 metais foram encontrados com concentrações acima do VP (seja no rejeito, seja no substrato natural), sendo estes: **Cromo Total, Bário Total, Cobalto Total, Arsênio Total e Mercúrio Total**, como pode-se observar na Tabela 77.

Tabela 77 – Transectos com Concentração de Metais acima do Valor de Prevenção ao Longo dos Trechos 6 ao 12

TRECHOS 6 E 7					TRECHO 9										TRECHOS 10 E 11								TRECHO 12			
	VALOR DE PREVENÇÃO 1	VALOR DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA 1	VALOR DE INVESTIGAÇÃO INDUSTRIAL 1	BACKGROUND DOUTORADOS	T6T1	T6T4		T6T7		T7T2		T9T10		T9T21		T9T35		T9T52		T10T10		T10T15		T10T22		T12T2
					Substrato Natural (Área não impactada)	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural	Rejeito	Substrato Natural
Alumínio Total	-	-	-	-	9366,6	896,4	1513,7	6090,6	999,3	5492	845,8	3982,4	1095,6	2311,3	1131,2	6404,1	717,6	1793,9	1032	2250,2	1507,4	2515,8	1539,1	5638,3	1329,5	10905
Antimônio Total	2	5	25	-	1,17	1,23	1,28	1,37	1,18	1,43	1,19	1,21	1,16	1,18	1,13	1,22	1,13	1,25	1,14	1,1	1,08	1,21	1,07	1,15	1,21	1,12
Arsênio Total	15	35	150	64,2	1,76	1,85	23	2,05	1,77	92,4	1,78	41,5	1,8	14,2	1,7	1,84	1,8	16,2	1,75	40,2	1,65	67,9	1,6	1,72	1,82	1,68
Bário Total	150	300	750	141,4	11,7	146,2	136,2	30	11,8	571,5	20,4	163	17,3	235,4	12,1	168,5	43,7	45,6	16,1	97,3	16,2	113,8	15,8	131,7	16,3	87,4
Boro Total	-	-	-	-	4,68	4,94	5,12	5,48	4,72	5,71	4,75	4,83	4,63	4,72	4,52	4,9	4,52	5,01	4,58	4,4	4,3	4,84	4,28	4,59	4,85	4,47
Cádmio Total	1,3	3	20	-	1,17	1,23	1,28	1,37	1,18	1,43	1,19	1,21	1,16	1,18	1,13	1,22	1,13	1,25	1,14	1,1	1,08	1,21	1,07	1,15	1,21	1,12
Chumbo Total	72	180	900	43,8	2,34	2,47	2,56	22,1	2,36	9,38	2,38	2,41	2,32	2,36	2,26	2,45	2,26	10	2,29	7,48	4,05	10,5	4,83	11,4	3,78	4,42
Cobalto Total	25	35	90	-	1,76	1,85	1,92	4,67	1,7	12,5	1,7	3,89	1,7	3,94	1,6	11,1	1,69	6,02	1,65	9,64	1,55	8,72	1,5	12	27,1	21,9
Cobre Total	60	200	600	-	2,34	2,47	2,56	20	2,36	21,5	2,38	7,06	2,32	5,63	2,26	20,7	5,92	12,3	4,81	14,5	2,15	15,5	2,14	24,4	27,4	14,7
Cromo Total	75	150	400	-	41,9	7,48	7,35	80,5	5,31	26,6	12,8	13,8	9,68	7,02	5,09	72,9	8,28	28	6,42	29,7	7,81	30,3	15,9	38,3	9,91	947,5
Ferro Total	-	-	-	8,2	30728,3	12088,7	11925	8553,8	17587	39857,3	22281,4	19565,5	26170,5	30147,4	35033,9	19576	22691,1	6347,1	9267,1	7419,8	10948,2	7580,7	13843,6	19523,5	20898,1	16776,5
Manganês Total	-	-	-	1636	568,6	1544,4	1838,9	46	379,9	9778,9	511,8	2751	474	2368,8	216,9	948,5	520,4	488,9	372,3	1194,5	390,7	1235,8	356,8	1701,5	1501,8	516,4
Mercúrio Total	0,5	12	70	-	0,117	0,123	0,118	0,137	0,061	0,7	0,089	0,238	0,086	1,179	0,113	0,122	0,113	0,125	0,114	0,11	0,108	0,121	0,107	0,115	0,121	0,112
Molibdênio Total	30	50	120	-	2,34	2,47	2,56	2,74	2,36	2,85	2,38	2,41	2,32	2,36	2,26	2,45	2,26	2,51	2,29	2,2	2,15	2,42	2,14	2,3	2,43	2,23
Níquel Total	30	70	130	39	2,34	2,47	2,56	16,7	2,36	21,9	2,38	2,41	2,32	2,36	2,26	29,8	2,26	6,98	2,29	10,2	2,15	9,78	2,14	17,6	20,8	254,7
Prata Total	2	25	100	-	1,76	1,85	1,92	2,05	1,77	2,14	1,78	1,81	1,74	1,77	1,7	1,84	1,69	1,88	1,72	1,65	1,61	1,82	1,6	1,72	1,82	1,68
Selênio Total	5	-	-	-	1,76	1,85	1,92	2,05	1,77	2,14	1,78	1,81	1,74	1,77	1,7	1,84	1,69	1,88	1,72	1,65	1,61	1,82	1,6	1,72	1,82	1,68
Vanádio Total	-	-	1000	-	31,9	4,94	5,12	44,1	4,72	5,71	4,75	4,83	4,63	4,72	4,52	45,9	4,52	40,1	4,58	38,3	6,72	35,4	9,14	39,5	4,85	33
Zinco Total	300	450	2000	65,3	10,4	6,17	6,39	12,4	5,9	35,8	13,3	12,3	8,47	14	7,84	21,3	5,65	16,1	5,72	26,1	8,94	28,3	12,2	33,8	21,6	52,1

Legenda:

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 – Industrial

Valores de Background propostos pela tese de Doutorado de Rodrigues (2012) – Estudo Seção 5.2.2.2

<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

XX

Valor acima do limite de quantificação laboratorial, mas não superou nenhum limite estabelecido pelas referências legais

Os resultados das análises químicas destes metais foram aplicados a um estudo gráfico, comparando-se as concentrações entre o substrato natural e do rejeito em cada um dos 11 transectos mencionados acima. Os gráficos são apresentados na Figura 193 e Figura 194 com o objetivo de facilitar a apresentação e visualização, aplicou-se às concentrações, a escala logarítmica de base 10, mantendo-se a proporção fiel às concentrações encontradas nas análises químicas.

Na Figura 193 e Figura 194, pode-se observar que:

- Não há tendências espaciais de acréscimo ou decréscimo de concentrações, ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, de montante para jusante.
- O rejeito geralmente apresenta concentrações de metais inferiores às concentrações no substrato natural.
- Mesmo quando o rejeito apresenta concentrações de metais superiores as concentrações no substrato natural, estas concentrações estão dentro da variação observada no substrato natural (i.e., os picos e vales das linhas sólidas nas figuras).

Figura 193 – Concentrações dos Metais Cromo Total e Bário Total no Substrato Natural e Rejeito

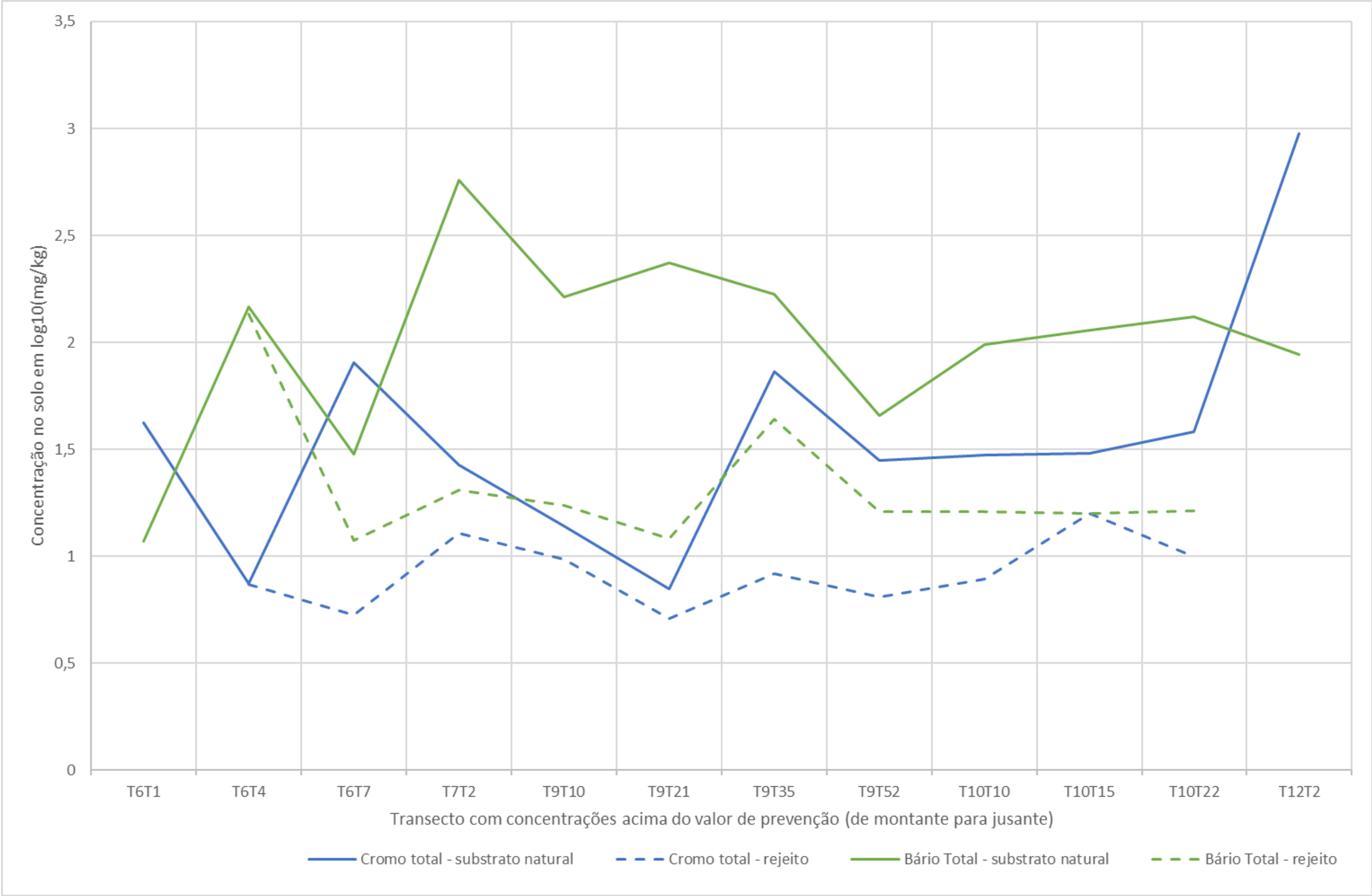
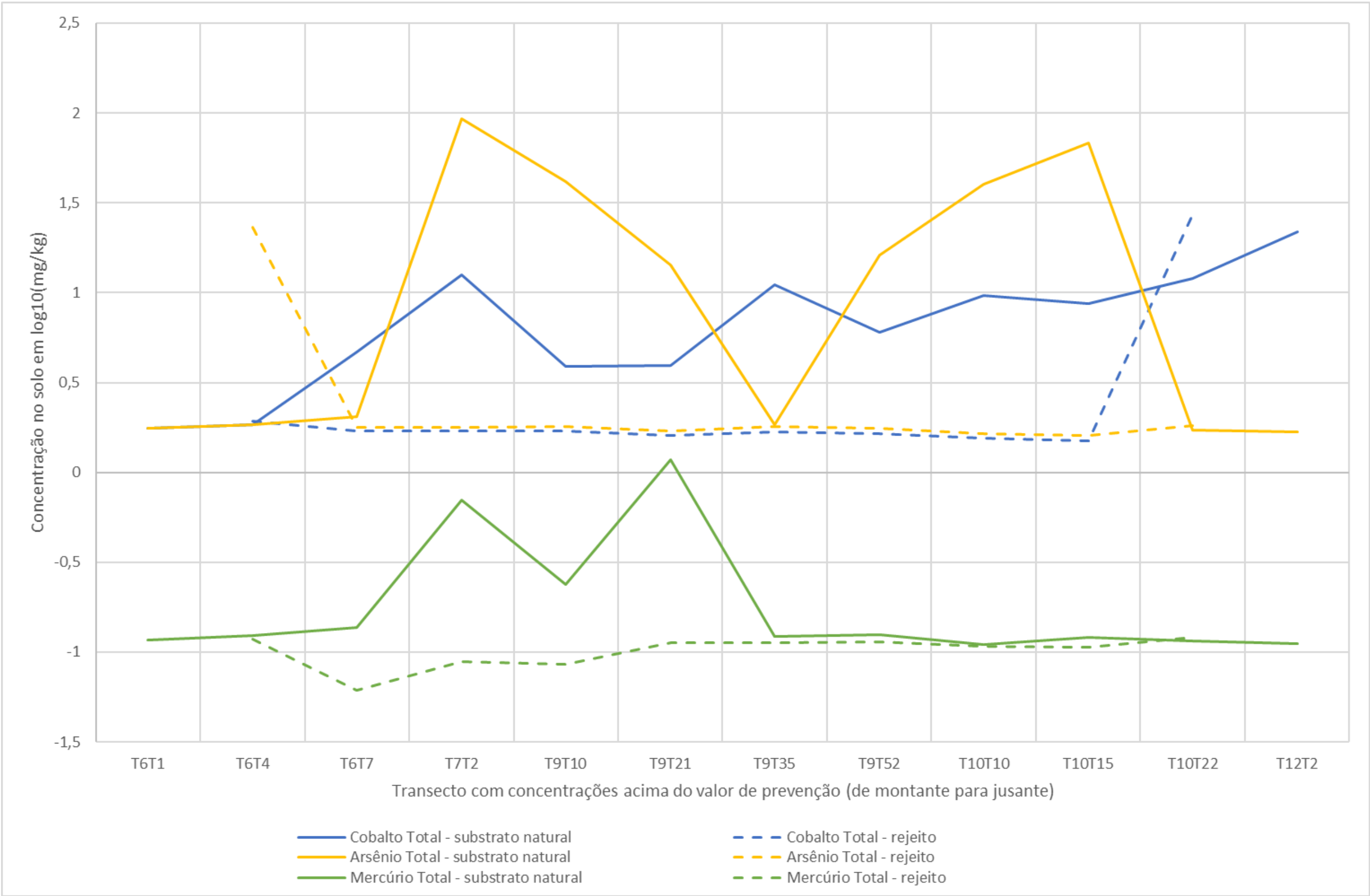


Figura 194 – Concentrações dos Metais Cobalto Total, Arsênio Total e Mercúrio Total no Substrato Natural e Rejeito



O substrato natural representa parte do perfil atual do solo, localizado na camada inferior ao material detrítico extracalha depositado após o evento do rompimento da Barragem do Fundão. Esta parte do solo não foi alterado pelo rompimento da Barragem do Fundão e, para Bário e Mercúrio, apresenta concentrações na faixa dos valores observados por Rodrigues (2012), cujo estudo foi realizado em período anterior ao rompimento e está apresentado na seção 5.2.2.2. Para os demais metais, Rodrigues (2012) não apresenta dados. Os valores de *background* de Rodrigues (2012) foram produzidos pela Universidade Federal De Ouro Preto (UFOP), e incorporam vários fatores naturais (e.g., o intemperismo das formações rochosas na região) e fatores antropogênicos (e.g., a mineração de ouro, desde o século XVII) presentes na bacia do rio Gualaxo do Norte.

A camada de rejeito geralmente apresenta concentrações inferiores ao substrato natural, “suavizando” os picos observados nas concentrações no substrato natural. Com base nestes resultados, podemos supor que ocorreram os seguintes processos:

- Antes do rompimento da Barragem do Fundão, o substrato natural extracalha apresentava concentrações de metais, consistentes com os valores de background, observado pelo Rodrigues (2012). Para alguns metais (e.g., Arsênio e Mercúrio) o valor do background excede a Valor de Prevenção da CONAMA 420/2009.
- A onda de rejeito remobilizou (“decapou”) parte do substrato natural, misturou este material com o rejeito, material inerte com apenas a presença de ferro, e, em seguida, depositou esta mistura como material detrítico nas porções extracalha. O resultado é uma camada de material detrítico nas camadas superiores, com concentrações de metais geralmente menores do que no substrato natural, e menor do que o valor do background, apresentado por Rodrigues (2012).

Ou seja, do ponto de vista de qualidade do solo superficial, no âmbito da legislação Resolução CONAMA 420/2009, o rompimento da Barragem de Fundão causou um impacto positivo com relação a concentração de metais nas camadas superiores.

A Tabela 78 mostra a classificação do solo e ações recomendadas, segundo a Resolução CONAMA 420/2009.

Tabela 78 – Classificação do Solo e Ações Recomendadas Segundo Resolução CONAMA 420/2009.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO DE SOLO	AÇÃO
Concentração de um ou abaixo do VRQ	Classe 1	Sem ação
Concentração de um ou mais compostos acima do VRQ e abaixo do VP	Classe 2	Sem ação (exceto quando o órgão ambiental pedir)
Concentração de um ou mais compostos acima do VP e abaixo do VI para uso agrícola	Classe 3	Seguir CONAMA 420/2009
Concentração de um ou mais compostos acima do VI para uso agrícola	Classe 4	Seguir CONAMA 420, para o Gerenciamento da Área (Resolução CONAMA 420/2009, Capítulo VI)

Segundo a Resolução CONAMA 420/2009, o solo classificado como Classe 1 não requer nenhuma ação quanto ao seu gerenciamento e o solo classificado Classe 2, estará sujeito a avaliação do órgão ambiental quanto as ações relacionadas, oferecendo-se a possibilidade para verificação de ocorrência natural dos compostos encontrados em concentrações acima do Valor de Referência de Qualidade da Norma Deliberativa COPAM 166/2011, uma vez estes padrões são referências de qualidade estimados para os solos do estado de Minas Gerais e não para a localidade dos Trechos em específico.

Pela caracterização realizada nos transectos, o substrato natural, presente abaixo da camada de rejeito extracalha, é classificado na grande maioria das amostras como solo de Classe 1 ou 2, e alguns pontos isolados como solo de Classe 3 ou 4 (segundo Resolução CONAMA 420/2009). Porém, vale ressaltar que para a camada de substrato natural, esta classificação provavelmente não foi alterada pela passagem da onda de rejeito, uma vez que esta parte do perfil do solo não foi remobilizada. Conclui-se desta forma, que as concentrações em substrato natural possivelmente já existiam antes do evento e que a camada de rejeito, aparentemente não ocasionou impactos negativos com relação às concentrações de metais.

Portanto, para essas localidades, decisões institucionais deverão ser discutidas entre Fundação Renova e órgãos competentes para que as ações referentes às concentrações identificadas em substrato natural, ainda que aparentemente não causadas pelo evento, sejam tratadas de forma adequada, conforme legislação vigente. Contudo, para as áreas de produção agrícola, cabe a recomendação de que sejam seguidas as ações indicadas pela Resolução CONAMA 420/2009, de acordo com as Classes estabelecidas a cada transecto (seção 5.2.4.5),

caso sejam identificadas concentrações acima do Valor de Prevenção ou Investigação da Resolução CONAMA 420/2009.

Além disto, pode ser incorporado um plano de monitoramento de qualidade de solo no PG17, focado nas propriedades produtivas com densidade de pontos de amostragem maior, considerando que o valor de *background* para alguns metais é acima do Valor de Prevenção da CONAMA 420/2009.

Com relação aos dados pretéritos, especificamente aqueles apresentados pela empresa Golder Associates (2017b), observou-se que há uma distinção nas metodologias de coleta de amostras. Enquanto que a JACOBS CH2M adotou como critério, tentativamente a identificação e coleta de amostras distintas da camada de substrato natural e da camada de rejeito depositado na seção extracalha, a outra empresa, atuou na coleta de amostras em profundidades distintas, sem necessariamente discriminar as distintas camadas (substrato natural e rejeito).

Portanto, não se pode afirmar se determinada amostra do estudo da Golder Associates (2017b) é composta pelo aqui chamado substrato natural ou pelo rejeito, ou ainda por ambos. Tal fato pode tornar imprecisa a comparação entre os resultados obtidos, trazendo conclusões não condizentes com o panorama geral das localidades estudadas. Em hipótese alguma, são apontadas falhas nas metodologias, mas sim, distinção entre abordagens e entradas e saídas dos estudos.

Por este motivo, a JACOBS CH2M, não incluiu na análise gráfica deste estudo, os resultados obtidos pelo estudo geoquímico da empresa Golder Associates (2017b).

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 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 otobacias e abrangendo além da área impactada, aquela afetada ainda que indiretamente pelo evento; e
- Contexto: conjunto de áreas com características 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 (CH2M, 2017). Cada trecho contém um ou mais contextos distintos.

Um Contexto representa a divisão territorial na escala micro, através do conjunto de características identificadas para um determinado agrupamento de áreas, envolvendo os aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos. Os contextos identificados no Trecho 9 foram divididos entre extracalha (planícies, encostas e lagoas marginais) e intracalha (margem e calha).

Na Seção 5.1.6, foram identificadas e classificadas as lagoas marginais, a fim de considerá-las como um depósito específico. Dentro do Trecho 9, há uma distinção, em termos de contexto, entre as lagoas marginais “conectadas com o rio”, “não conectadas com o rio” e “soterradas” após o evento, conforme descreve a Seção 5.1.6. 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, foram definidas 12 Unidades de Análise no Trecho 9 conforme apresentado na Seção 5.2.3.4.

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. O cálculo do volume de rejeito por trecho foi realizado com base nesta consideração de Unidade de Análise conforme apresentado na Seção 5.2.5. Entretanto, esta classificação não se mostra funcional para a aplicação das ações de manejo, uma vez que engloba diferentes contextos, podendo extrapolar 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, todos eles considerados dentro do contexto

intracalha. 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 ou como as lagoas naturais, estas serão consideradas como um contexto específico para a aplicação do manejo. As lagoas destinadas para viveiros de peixes foram desconsideradas da presente análise, pois as mesmas já possuem uma alternativa de manejo definida, conforme apresentado na Seção 5.1.6.

Além disso, existem tipos diferentes de uso do solo na área de interesse: pastagens ou áreas com atividades produtivas, Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas sem utilização, com vegetação rasteira e/ou arbustiva e comunidades. 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 auxiliou a definir o Plano de Amostragem estabelecido para o Trecho 9, conforme descrito na Seção 5.2.3.1.

Porém, a divisão espacial na escala micro não pode depender apenas dos critérios geográficos mencionados acima e precisa ser ajustada ao resultado da caracterização das áreas através da amostragem de solo e sedimentos, mapeamento de tendências espaciais, monitoramentos 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.

Na Seção 5.1.8 foram apresentadas as comunidades existentes no Trecho 9: Ponte da Gama, Paracatu, Pedras e Campinas, no município de Mariana e Barreto e Gesteira no município de Barra Longa. Além dessas, uma pequena parte da comunidade de Barra Longa

encontra-se localizada no Trecho 9, a qual será abordada de forma completa dentro do Trecho 10.

Todas as comunidades foram atingidas pelo rejeito da barragem de Fundão, impactando tanto nas vias de acesso, como nas edificações e infraestrutura. De forma emergencial, a Samarco já reconstruiu as pontes danificadas e as propriedades rurais estão sendo consideradas dentro do PG17 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias, que tem como objetivo dar suporte aos produtores para que cada propriedade impactada pelo rompimento da barragem volte a ser sustentável.

A comunidade de Paracatu de Baixo foi mais impactada pelo evento, tendo sido identificados depósitos de aproximadamente 2 metros de espessura nas porções mais baixas, resultando na deslocação de mais de 90% da população deste local. Já a comunidade de Gesteira foi impactada na parte urbana localizada na margem direita do rio Gualaxo do Norte.

Conforme apresentado na Seção 5.1.8.2, já existe um plano de reassentamento para as comunidades de Paracatu de Baixo e Gesteira, determinado por processo participativo com acompanhamento das famílias impactadas. Desta maneira, a alternativa de manejo destas comunidades já foi escolhida e encontra-se em processo de validação e implantação, não sendo necessário considerar as comunidades como um contexto específico e consequentemente, estabelecer objetivos específicos. A Tabela 79 mostra os contextos identificados no Trecho 9.

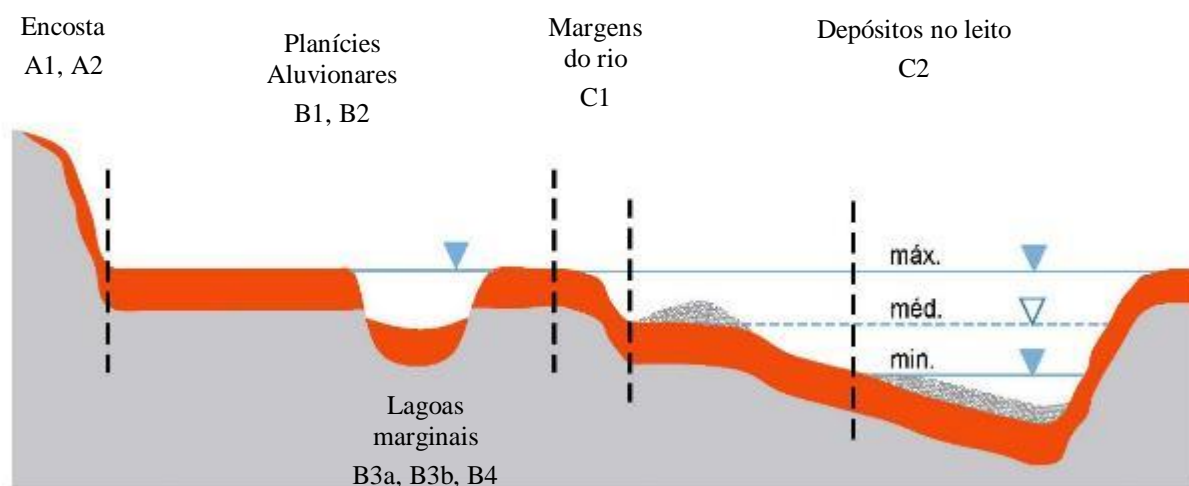
Tabela 79 – Contextos identificados no Trecho 9

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.
	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	B3a. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio.
		B3b. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e isoladas.
		B4. Depósitos em lagoas soterradas após o evento.

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	TIPO DE DEPÓSITO	CONTEXTO
Depósito Intracalha	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	C1. Depósitos nas margens do leito fluvial.
		C2. Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade.

A **Figura 195** apresenta um desenho conceitual de uma seção transversal típica dos contextos encontrados no Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte.

Figura 195 – Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados no Trechos 9 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.

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, as quais estão atendendo as expectativas conforme apresentado na Seção 5.1.3.

Conforme avaliado nos estudos relacionados no Trecho 8 e reportado no relatório Volume 6 – Complementação da Aplicação do Plano de Manejo do Trecho 8 (JACOBS CH2M, 2018), foi verificada a existência de uma camada de lag layer, que atua como uma camada protetora, 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 espessura e textura do lag layer, assim como da velocidade/vazão do rio.

Neste Volume 6, observou-se que os episódios com potencial de aumentar a turbidez das águas estão diretamente relacionados a parâmetros hidroclimatológicos, como vazão do rio e pluviosidade na bacia de contribuição, além da própria velocidade das águas.

Considerando que os depósitos sobre leito fluvial, indiferente da espessura do lag layer, foram submetidos a uma pluviosidade/velocidade/vazão de referente a um TR de 10 anos, todos os contextos intracalha para os Trechos 6 e 7 foram considerados como sendo C.3 Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade para o TR estipulado.

Mesmo que vazões e velocidades das águas do rio Gualaxo do Norte, em eventos extremos, com Tempos de Recorrência superiores a 10 anos, venham a ocorrer, o monitoramento no Trecho 8 das camadas de rejeito presentes no leito fluvial evidenciou que os períodos onde há a redução significativa ou eliminação do *lag layer* são extremamente breves – da ordem de horas ou dias. Como decorrência, a ressuspensão de frações finas da camada de rejeitos inconsolidados subjacentes ao *lag layer* também será restrita no tempo, e com frequência cada vez menor. Eventuais elevações da turbidez decorrentes da ressuspensão de frações finas do rejeito inconsolidado deverão ocorrer, mas em casos de episódios de chuvas e vazões respectivas cada vez menos frequentes e com menor tempo de duração, conforme descrito anteriormente.

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 do Trecho 9. 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 ser a época chuvosa após o evento principal.

Para os depósitos extracalha e os depósitos intracalha foram identificados os objetivos específicos listados na Tabela 80. Estes objetivos específicos foram estabelecidos com base nos impactos identificados e descritos na Seção 6, os quais foram incluídos de forma sucinta na Tabela 80.

Tabela 80 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 9

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Depósito Extracalha	A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão superficial das encostas • Regenerar a vegetação nativa • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
	A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Possíveis perdas de áreas produtivas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e restaurar usos anteriores • Melhorar a fertilidade e as propriedades físicas dos solos
	B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Possíveis perdas de áreas produtivas; • Potencial de erosão do solo; • Baixa fertilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e restaurar usos anteriores • Melhorar a fertilidade e propriedades físicas dos solos
	B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Supressão da vegetação; • Perda de habitats terrestres; • Dominância das espécies de gramíneas (exóticas) com relação às espécies nativas; • Potencial de erosão do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Regenerar a vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
	B3a. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático da lagoa; • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio
	B3b. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e isoladas.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da biodiversidade local; • Redução do volume da água/profundidade; • Alteração do tipo de substrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático da lagoa; • Potencializar a funções ecológicas da lagoa. • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Depósito Intracalha	B4. Depósitos em lagoas soterradas após o evento.	<ul style="list-style-type: none"> • 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). 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar as lagoas soterradas, possibilitando a recuperação do ecossistema aquático • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio OU • Regenerar a vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre
	C1. Depósitos nas margens do leito fluvial.	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático
	C2 Depósitos no leito fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • 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. Observam-se tendências de diminuição dos níveis de turbidez, chegando no período de seca a valores da ordem de 100 NTU; • Perda de biodiversidade, embora existam sinais aparentes de início de um processo de recolonização da comunidade bentônica no substrato nos pontos amostrados, em que há um predomínio de espécies pioneiras, pouco exigentes e oportunistas, e presença menos expressiva de espécies tardias, formadoras de nichos e refúgios mais complexos; • Perda de áreas de dessedentação para espécies terrestres; • Potencial ressuspensão fina do rejeito inconsolidado. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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
	Qualidade da Água	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento do padrão legal da qualidade da água para rios Classe II

DEPOSIÇÃO DE REJEITOS	CONTEXTO	IMPACTOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
		<p>principalmente no período chuvoso;</p> <ul style="list-style-type: none"> • As obras intracalha são fontes de turbidez, desta maneira no caso de serem realizadas, medidas mitigadoras da turbidez devem ser consideradas; • Perda de biodiversidade, embora existam sinais aparentes de início de um processo de recolonização da comunidade bentônica no substrato nos pontos amostrados, em que há um predomínio de espécies pioneiras, pouco exigentes e oportunistas, e presença menos expressiva de espécies tardias, formadoras de nichos e refúgios mais complexos; • Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo); • Impacto na dessedentação das espécies terrestres. 	<p>(turbidez e cor) incluído nos períodos de obra intracalha</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover a formação de um substrato granulometricamente estável • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático

Observa-se a necessidade de disciplinamento das drenagens por meio do condicionamento dos tributários a fim de evitar a erosão superficial nas encostas e planícies e, conseqüentemente, reduzir o carreamento de sedimentos até o rio. Para isso, além das ações extracalha, que possuem o objetivo específico de “evitar a erosão superficial”, procurando diminuir o escoamento superficial das águas pluviais e aumentar sua respectiva infiltração local, deverão ser avaliadas alternativas técnicas para a regularização de calhas e margens dos tributários identificados dentro da área afetada. Esta alternativa de manejo é considerada essencial e complementar a qualquer solução de manejo.

Outro ponto fundamental é a recuperação das áreas de APP e das nascentes. As ações contempladas no PASEA, programa desenvolvido pela Fundação Renova, visam atender aspectos da legislação ambiental, sobretudo em relação a Áreas de Preservação Permanente – APPs. Esta alternativa de manejo também é considerada essencial e complementar a qualquer alternativa de manejo a ser selecionada.

O controle de drenagens em estradas erodíveis que foram impactadas também será considerado como uma medida complementar das ações extracalha, que possuem o objetivo

específico de “evitar a erosão superficial” e, conseqüentemente, o aporte de rejeito para o leito fluvial.

Os objetivos específicos para o manejo dos depósitos nas encostas e planícies consideram os objetivos do PG17, conforme o documento denominado PG17 – 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 programa PG25, 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 (CH2M, 2017). O ACB será aplicado sempre que o Processo Simplificado não resulte como 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 Simplificado de Tomada de Decisão 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 outra etapa, será aplicada 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 alternativas tecnológicas e de manejo, devem ser levantados os possíveis efeitos positivos e/ou negativos da sua implementação.

Em todo processo de tomada de decisão, a avaliação ou pontuação concedida para cada alternativa de manejo estará justificada para cada um dos critérios.

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 (CH2M, 2017) 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.

B1. Pontuação para o critério “Viabilidade Técnica”:

- 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 empréstimo:
 - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³ envolvendo áreas de empréstimo, 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 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. 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 áreas de empréstimo 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”).
- 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 áreas de empréstimo 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 (extremamente 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 (extremamente 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 indicado 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.

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

Este é um tipo de depósito extracalha 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;
- Regenerar a 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:** Esta alternativa prevê a retirada de depósitos de rejeito em áreas de difícil ou com ausência de acesso para veículos, onde o acesso deverá ser realizado por meio de trilhas ou picadas em áreas com declividade (encostas) e com presença de vegetação natural arbórea de grande porte. A remoção da camada superficial do rejeito, estimada em média de aproximadamente 0,3 m de espessura, deverá ser executada por meio de trabalhadores com utilização de ferramentas manuais (pás, enxadadas, carrinhos de mão, etc.). Após a remoção, será implementada a etapa de regeneração natural da vegetação que consistem em deixar os processos naturais atuarem livremente para a recomposição da vegetação das encostas.
2. **Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento:** Esta alternativa tem como objetivo aplicar técnicas de enriquecimento da vegetação em cima dos depósitos de rejeito encontrado nas encostas. A introdução de espécies vegetais, com o plantio de sementes e mudas de árvores nativas e supressão de espécies indesejáveis no ambiente visando o adensamento e enriquecimento das espécies,

são as ações contempladas nesta alternativa. Além disso, procura-se continuar com as ações de disciplinamento das drenagens, com foco no aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial;

3. **Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação:** Esta alternativa visa o monitoramento periódico de estabilidade dos taludes e se necessário, obras de intervenção para o controle de erosão. A outra etapa desta alternativa se refere ao monitoramento periódico para o acompanhamento da regeneração natural da vegetação das encostas.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Ademais, todas as alternativas de manejo procuram continuar com as ações de disciplinamento das drenagens, com foco no aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial e com o controle de drenagens em estradas erodíveis que foram impactadas.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7.3;
- O acesso às encostas é difícil devido à declividade e à presença 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 meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito.
- Volume de escavação de rejeito nas encostas (volume de encosta com vegetação natural impactada) é de aproximadamente 65.000 m³ (Tabela 70);
- Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
- Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;

- Tempo necessário para realização da obra: 15 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): 25 ha (Tabela 70);
- Velocidade da obra: 1 ha por dia;
- Tempo necessário para realização da obra: 1 mês de obra (22 dias úteis / mês).













Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.2.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 81 apresenta a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para as encostas com vegetação natural no Trecho 9.

Tabela 81 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A1 – Trecho 9

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 	2 	2 	4x1x2x2=16
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 (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a), comprovando a efetividade 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 no trecho é claramente maior que 1.000 m³, (aproximadamente 65.000 m³) desta maneira a nota concedida no que diz respeito à viabilidade técnica é 1. Por outro lado, devido ao grande volume para disposição do rejeito necessário, será necessário localizar nas imediações diversas áreas que comportem este volume e licencia-las. 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 este

trecho é 4. Finalmente, a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas. Assim, a nota final para este trecho 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: Exige a supressão da vegetação que já foi reconstituída nas encostas para remoção do rejeito. 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. Neste trecho, a tecnologia envolve a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³, causando supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação, nas áreas de empréstimo e nas áreas de disposição, necessitando a constrição de vias de acesso, pelo que a nota concedida é 2 (“impacto alto”).
- 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. Há necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito, que ocorreriam por volta de 1 ano. Conforme apresentado previamente, o tempo de obra neste trecho é por volta de 15 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 o Trecho 9, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 4 anos (longo prazo) de forma que a nota concedida é 2.
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados 1 mês de obra para este trecho. 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 (extremamente curto prazo): Nota 5.
- Alternativa 3: Nesta alternativa, a regeneração da vegetação acontecerá de forma natural, demorando mais na Alternativa 3 do que na Alternativa 2, pois não há enriquecimento da vegetação na Alternativa 3. Desta maneira, considera-se dificultosa a recomposição do ecossistema e da biodiversidade esperada no curto prazo de forma natural, esperando-se que esta recuperação aconteça a 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 no Trecho 9. 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.

A revegetação dos solos e o disciplinamento das drenagens em encostas impactadas com vegetação natural faz parte do programa PG25 (Cláusula 160 - TTAC). Isto ressalta a importância da continuidade deste programa.

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

Este é um tipo de depósito extracalha similar ao Contexto A1, porém com atividade econômica, principalmente na forma de pastagem, mas que pode incluir também as áreas de plantio agrícola. O levantamento detalhado das atividades agrícolas para as propriedades específicas deverá ser realizado pelo programa PG17.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão superficial das encostas;
- Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e restaurar os usos anteriores; e
- Melhorar a fertilidade e as propriedades físicas dos solos.

8.3.1 Definição de Alternativas de Manejo

Preliminarmente às definições das alternativas de manejo em contextos com uso econômico, deve-se avaliar se há dados sobre as concentrações de metais que descaracterizem as áreas para o uso preterido, conforme classificação Resolução CONAMA 420/2009. O detalhamento da classificação e das ações propostas pela Resolução CONAMA 420/2009 é apresentado nas seções 5.2.2.5.1 e 6.1.

Vale ressaltar que no estudo do Trecho 9, de maneira geral, as concentrações mais elevadas foram detectadas no substrato natural, sendo esta uma camada inferior do perfil encontrado em campo, cuja classificação segundo a legislação supracitada não foi alterada pela

passagem da onda de rejeito, uma vez que esta parte do perfil do solo não foi remobilizada. Portanto, para essas localidades, decisões institucionais deverão ser discutidas entre Fundação Renova e órgãos competentes para que as ações referentes às concentrações identificadas em substrato natural, ainda que aparentemente não causadas pelo evento, sejam tratadas de forma adequada, conforme legislação vigente. Contudo, para as áreas de produção agrícola, cabe a recomendação de que sejam seguidas as ações indicadas pela Resolução CONAMA 420/2009, de acordo com as Classes estabelecidas a cada transecto (seção 5.2.4.5.1), caso sejam identificadas concentrações acima do Valor de Prevenção ou Investigação da Resolução CONAMA 420/2009. O detalhamento da classificação e das ações propostas pela Resolução CONAMA 420/2009 é apresentado nas seções 5.2.2.5.1 e 6.1.

Além disto, pode ser incorporado um plano de monitoramento de qualidade de solo no PG17, focado nas propriedades produtivas com densidade de pontos de amostragem maior, considerando que o valor de *background* (seção 5.2.2.2) para alguns metais é superior ao Valor de Prevenção da CONAMA 420/2009.

Para os casos em que não foram identificadas concentrações acima do Valor de Prevenção ou Investigação da Resolução CONAMA 420/2009, o processo decisório é descrito a seguir:

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, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento:** Esta alternativa prevê a retirada de depósitos de rejeito em áreas de difícil ou com ausência de acesso para veículos, em áreas com declividade (encostas) e com ou sem presença de vegetação natural. A remoção da camada superficial do rejeito, estimada em média de aproximadamente 0,3 m de espessura, deverá ser executada por meio de maquinários (escavadeiras, carregadeiras, caminhões etc.) ou trabalhadores com utilização de ferramentas manuais (pás, enxadas, carrinhos de mão, etc.). Após a remoção, será implementada a etapa de recomposição do solo, que pode ser com o solo do próprio local ou solo de empréstimo, seguido de reconformação topográfica da área e disciplinamento das drenagens para evitar erosão. Por fim, a restituição das atividades produtivas da área com fornecimento de insumos e assistência técnica para os produtores. Para esta alternativa, estão previstas também o monitoramento após a finalização das obras.
2. **Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento:** Nesta alternativa, o condicionamento do solo seria executado sob os depósitos de rejeito nas encostas, onde as propriedades físicas e químicas do solo seriam trabalhadas de forma a sustentar a retomada das atividades produtivas, junto com obras de disciplinamento de drenagens para o controle de erosão. Na existência de acesso, seriam priorizadas as atividades com a utilização de equipamentos mecanizados (tratores, caminhões etc.). Por fim, a restituição das atividades produtivas da área com fornecimento de insumos e assistência técnica para os produtores, seguido de etapas de monitoramento.
3. **Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agropecuárias:** Esta alternativa visa o monitoramento periódico de estabilidade dos taludes e se necessário, obras de intervenção para o controle de erosão, junto com o acompanhamento do retorno das atividades econômicas produtivas da área.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Além disso, todas as alternativas de manejo procuram continuar com as ações de disciplinamento das drenagens, com foco no aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial e com o controle de drenagens em estradas erodíveis que foram impactadas.

Premissas para todas as Alternativas:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7.3, porém a produtividade do solo pode ter sido afetada e ainda não foram retomadas as atividades produtivas;
- No caso do Trecho 9, o acesso é mais fácil do que o Contexto A1 (pastagem com árvores isoladas). Além disso, o Trecho 9 apresenta acessos quase na sua totalidade. Portanto, a escavação de rejeito ou transporte de insumos pode ser de forma mecânica e utilizando caminhões.

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): 88.500 m³;
- Obra Trecho 9 (remoção mecânica):
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;
 - Número de caminhões: 10 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 50 viagens por dia;
 - Disposição de solo em Bota-Fora: 600 m³/dia;
 - Tempo necessário: 14 meses de obra (7 meses para remoção, mais 7 meses para condicionamento do solo, 22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.

- Área de condicionamento: 60 ha (Tabela 70).
- Produtividade: 1 ha/mês com 5 equipes devido à grande extensão do Trecho 9, resultando em 5 ha/mês.
- Tempo necessário: 12 meses 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

Na Tabela 82 são apresentadas a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para o Trecho 9.

Tabela 82 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A2 – Trecho 9

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, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento	5 	4 	2 	4 	5x4x2x4=160
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento	5 	5 	4 	4 	5x5x4x4=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: 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. Após a realização destas etapas a Fundação Renova ainda realizaria um trabalho em conjunto com os proprietários das terras para restituir as atividades produtivas com o fornecimento de insumos e assessoria técnica. Com base nisto a nota concedida é 5.
- Alternativa 2: Todos os objetivos específicos atingidos, já que se assume que condicionamento tornará os solos propícios à retomada das atividades produtivas anteriores e evitará a erosão. Da mesma forma como a alternativa anterior, após o condicionamento do solo a Fundação Renova ainda realizaria um trabalho em conjunto com os proprietários das terras para restituir as atividades produtivas, com o fornecimento de insumos, execução de atividades de preparo do solo e plantio e assessoria técnica, pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 3: Atinge os objetivos de forma parcial, sendo que apenas atende o objetivo de evitar a erosão do solo, já que a vegetação foi reconstituída, mas não auxilia na retomada do processo produtivo da terra. Desta maneira foi concedida a Nota 2.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: No que diz respeito à viabilidade técnica, sabendo que neste caso há acesso para caminhões e que o volume de remoção é da ordem de 100.000 m³, pelo que a nota concedida neste quesito é 4. Por outro lado, existe a necessidade de licenciamento ambiental com estudos simplificados, pelo que a nota para viabilidade administrativa é 4. Desta forma, adota-se a nota 4 para esta alternativa no Trecho 9.
- Alternativa 2: Neste caso envolve tecnologias para movimentação de insumos com acessos, pelo que a nota devido a viabilidade técnica é 5. Além disso, esta tecnologia não requer licenciamento ambiental. A nota adotada é 5.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5 para este trecho.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (já recuperada) e a descontinuidade provisória das ações previstas no programa PG17. Além disso, torna-se necessária a utilização de diversas áreas para a disposição do rejeito, ocasionando impactos nessas áreas para a recomposição do solo, além de gerar impactos na área de eventuais áreas de empréstimo de solos 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 este trecho o volume de remoção é da ordem de 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 2 (“impacto alto”) para este trecho.
- 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 este trecho foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do Trecho 9, avaliou-se a necessidade de 14 meses de obra. Além disso, deve ser considerado o período de 6 meses para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem ou cultura). Como consequência, considerando o prazo de licenciamento mais obra e restituição das atividades agropecuárias, o tempo até atingir todos os objetivos específicos para este trecho, encontra-se por volta de 2 anos (curto prazo): Nota 4.
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade, pelo que foram estimados 12 meses de obra de condicionamento no Trecho 9. Além disso, deve ser considerado o período de 6 meses para estabilidade ou crescimento da vegetação (pastagem). Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo) para este trecho: Nota 4.

- 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 (extremamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC) concedendo-se a nota 1.

8.3.3 Medidas Mitigadoras

Alternativa 2, “Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento”, obteve a maior pontuação. 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.

O condicionamento do solo e o disciplinamento das drenagens em planícies impactadas com atividade econômica faz parte do programa PG17. Isto ressalta a importância da continuidade deste programa.

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 diretamente proporcional ao tempo em que a área ficou submersa e que se depositou uniformemente, independentemente da topografia do terreno, acompanhando as irregularidades do terreno, conforme descrito na Seção 5.2.1. Durante a caracterização observou-se que as planícies não sofrem erosão durante enchentes sazonais normais, porque não são alcançadas frequentemente por estas. Além disso, o disciplinamento das drenagens, que já vem sendo executado, evita a erosão pelo escoamento superficial durante chuvas fortes. Este é um tipo de depósito extracalha com atividade econômica, principalmente na forma de pastagem, mas com algumas áreas menores com atividades agrícolas no Trecho 9. O levantamento detalhado das atividades agrícolas deverá ser realizado pelo programa PG17.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e restaurar os usos anteriores; e
- Melhorar a fertilidade e as propriedades físicas dos solos.

8.4.1 Definição de Alternativas de Manejo

Preliminarmente às definições das alternativas de manejo em contextos com uso econômico, deve-se avaliar se há dados sobre as concentrações de metais que descaracterizem as áreas para o uso preterido, conforme classificação Resolução CONAMA 420/2009. O detalhamento da classificação e das ações propostas pela Resolução CONAMA 420/2009 é apresentado nas seções 5.2.2.5.1 e 6.1.

Vale ressaltar que no estudo do Trecho 9, de maneira geral, as concentrações mais elevadas foram detectadas no substrato natural, sendo esta uma camada inferior do perfil encontrado em campo, cuja classificação segundo a legislação supracitada não foi alterada pela passagem da onda de rejeito, uma vez que esta parte do perfil do solo não foi remobilizada. Portanto, para essas localidades, decisões institucionais deverão ser discutidas entre Fundação Renova e órgãos competentes para que as ações referentes às concentrações identificadas em substrato natural, ainda que aparentemente não causadas pelo evento, sejam tratadas de forma adequada, conforme legislação vigente. Contudo, para as áreas de produção agrícola, cabe a recomendação de que sejam seguidas as ações indicadas pela Resolução CONAMA 420/2009, de acordo com as Classes estabelecidas a cada transecto (seção 5.2.4.5.1), caso sejam identificadas concentrações acima do Valor de Prevenção ou Investigação da Resolução CONAMA 420/2009. O detalhamento da classificação e das ações propostas pela Resolução CONAMA 420/2009 é apresentado nas seções 5.2.2.5.1 e 6.1.

Além disto, pode ser incorporado um plano de monitoramento de qualidade de solo no PG17, focado nas propriedades produtivas com densidade de pontos de amostragem maior, considerando que o valor de *background* (seção 5.2.2.2) para alguns metais é superior ao Valor de Prevenção da CONAMA 420/2009.

Para os casos em que não foram identificadas concentrações acima do Valor de Prevenção ou Investigação da Resolução CONAMA 420/2009, o processo decisório é descrito a seguir:

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, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento:** Esta alternativa prevê a retirada de depósitos de rejeito em áreas com e sem acesso para veículos, desta forma a remoção da camada superficial do rejeito, estimada em média de aproximadamente 0,8 m de espessura, deverá ser executada por meio de maquinários (escavadeiras, carregadeiras, caminhões, etc.) e trabalhadores com utilização de ferramentas manuais (pás, enxadas, carrinhos de mão, etc.). Após a remoção, será implementada a etapa de recomposição do solo, que pode ser com o solo do próprio local ou solo de empréstimo, seguido de reconformação topográfica da área e disciplinamento das drenagens para evitar erosão. Por fim, a restituição das atividades produtivas da área com fornecimento de insumos e assistência técnica para os produtores. Para esta alternativa, estão previstas também o monitoramento após a finalização das obras.
2. **Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento:** Nesta alternativa, o condicionamento do solo seria executado sobre os depósitos de rejeito nas planícies, onde as propriedades físicas e químicas do solo seriam trabalhadas de forma a sustentar a retomada das atividades produtivas, junto com obras de disciplinamento de drenagens para o controle de erosão. Por fim, a restituição das atividades produtivas da área seria fomentada com fornecimento de insumos, preparo do solo, plantio e assistência técnica para os produtores, seguido de etapas de monitoramento para a verificação do andamento das atividades realizadas.
3. **Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agropecuária:** Esta alternativa visa o monitoramento periódico de estabilidade

dos taludes e se necessário, obras de intervenção para o controle de erosão, junto com o acompanhamento do retorno das atividades econômicas produtivas da área.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas para todas as Alternativas:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7.3, porém a produtividade do solo pode ter sido afetada e ainda não foram retomadas as atividades produtivas;
- No caso do Trecho 9, tem-se o acesso até as planícies com atividade produtiva por meio de caminhões e maquinários.

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): 2.865.400 m³ (Tabela 70)
- Obra Trecho 9 (remoção mecânica):
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;
 - Número de caminhões: 100 caminhões disponíveis (número de caminhões considerando a grande extensão do Trecho 9) considerando 5 viagens por dia por caminhão correspondem a um total de 500 viagens por dia;
 - Disposição de solo: 6.000 m³/dia;
 - Tempo necessário: 21 meses de obra (22 dias úteis / mês).

Premissas Alternativa 2

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Uso de caminhões no Trecho 9.

- Área para condicionamento: 340 ha (Tabela 70);
- Produtividade: 1 ha/mês com 15 equipes devido à grande extensão do Trecho 9, 15 ha/mês.
- Tempo necessário de obra: 23 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 83 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 83 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 – Trecho 9

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, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento	5 	3 	1 	3 	5x3x1x3=45
2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento	5 	5 	4 	3 	5x5x4x3=300
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 com medidas de controle de erosão. Após a realização destas etapas a Fundação Renova ainda realizaria um trabalho em conjunto com os proprietários das terras para restituir as atividades produtivas com o fornecimento de insumos, preparo do solo, plantio e assessoria técnica. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para Trecho 9.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o solo é condicionado para atividades produtivas e os processos erosivos são controlados. Após a realização destas etapas a Fundação Renova ainda realizaria um trabalho em conjunto com os proprietários das terras para restituir as atividades produtivas com o fornecimento de insumos, preparo do solo, plantio e assessoria técnica. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para Trecho 9.
- 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 para esta alternativa no Trecho 9.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: No que diz respeito à viabilidade técnica, sabendo que neste caso há acesso para caminhões e que o volume de remoção é bem superior a 100.000 m³ (2.865.400 m³), 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 9.
- Alternativa 2: Há acesso para caminhões e é uma tecnologia envolvendo o condicionamento do solo, concedendo a Nota 5. Além disso, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 5). Desta maneira, define-se a nota 5 para esta alternativa no Trecho 9.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico (apenas monitoramento) ou administrativo (sem necessidade de licenciamento ambiental). Desta maneira, a nota concedida foi 5 para o Trecho 9.

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 programa PG17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do rejeito, impactos em eventuais áreas de empréstimo de solos 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.

O volume de remoção é superior a 100.000 m³ causando supressão de vegetação atual (já regenerada) e outros impactos na área de escavação, nas áreas de empréstimo e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso: Nota 1 (“impacto muito alto”).

- 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: Foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do Trecho 9, avaliou-se a necessidade de aproximadamente 21 meses de obras. Além disso, deve ser considerado o período de 6 meses para estabilidade ou crescimento da unidade de produção considerando que o produtor tenha assessoria técnica. Como consequência, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 3 anos (médio prazo) para o Trecho 9, sendo concedida a Nota 3.

- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados 23 meses de obra de condicionamento no Trecho 9. Além disso, deve ser considerado o período de 6 meses para estabilidade unidade de produção considerando que o produtor tenha assessoria técnica necessária. Portanto, o tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 3 anos (médio prazo) para o Trecho 9, com a Nota 3.
- 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 (extremamente 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. 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 impactadas com atividade econômica faz parte do programa PG17. 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 diretamente proporcional ao tempo em que a área ficou submersa e que se depositou uniformemente, independentemente da topografia do terreno, acompanhando as irregularidades do terreno, conforme descrito na Seção 5.2.1. 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 5.1.2) e a vegetação encontra-se em processo de regeneração nas planícies aluvionares.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Regenerar a 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:** Esta alternativa prevê a retirada de depósitos de rejeito em áreas com ou sem acesso para veículos, em áreas de planície e com presença de vegetação natural. Vias de acesso deverão ser abertas antes da remoção da camada superficial do rejeito, estimada em média de aproximadamente 0,8 m de espessura, que deverá ser executada por meio de maquinários (escavadeiras, carregadeiras, caminhões etc.) e em áreas sem acesso por trabalhadores com utilização de ferramentas manuais (pás, enxadas, carrinhos de mão, etc.). Vale ressaltar que parte da vegetação seria suprimida nas atividades. Após a remoção, será implementada a etapa de recomposição do solo, que pode ser com o solo do próprio local ou solo de empréstimo, seguido de reconformação topográfica da área e disciplinamento da drenagem para evitar erosão. Por fim, a revegetação da área com o plantio de sementes e mudas de árvores nativas da região. Para esta alternativa, está previsto também o monitoramento após a finalização das obras.
2. **Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento:** Esta alternativa tem como objetivo aplicar técnicas de enriquecimento da vegetação sobre os depósitos de rejeito encontrado nas planícies. A introdução de espécies vegetais, com o plantio de sementes, mudas de árvores nativas e a supressão de espécies indesejáveis no ambiente, visando o adensamento e enriquecimento das espécies, são as ações para o enriquecimento da vegetação. Etapas de disciplinamento das drenagens para controle de erosão e monitoramento da

eficiência das obras implementadas também fazem parte das ações contempladas nesta alternativa

3. **Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação:** Esta alternativa visa ao monitoramento periódico da regeneração natural da vegetação e de estabilidade dos taludes e drenagens e se necessário, obras de intervenção para o controle de erosão.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Existem indícios de uma regeneração natural da cobertura vegetal conforme apresentado na Seção 5.1.7.3;
- No caso do Trecho 9, pode-se chegar até as planícies com vegetação natural por meio de caminhões e com maquinário.

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: 1.958.300 m³ (Tabela 70).
- Obra Trecho 9 (remoção mecânica):
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;
 - Número de caminhões: 100 caminhões disponíveis (foi aumentado o número de caminhões considerando a grande extensão do Trecho 9) considerando 5 viagens por dia correspondem a 500 viagens por dia;
 - Disposição de solo: 6.000 m³/dia;
 - Tempo necessário: 15 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;
- Área para enriquecimento: 200 ha (Tabela 70);
- Velocidade da obra: 1 ha por dia plantada (2 equipes);
- Produtividade: 2 ha/dia (22 dias úteis/mês);
- Tempo necessário: 5 meses 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 84 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para o Trecho 9.

Tabela 84 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 – Trecho 9

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 	4 	5x3x1x4=60
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.	4 	5 	5 	3 	4x5x5x3=300

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 o Trecho 9.
- 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 demonstram resultados positivos (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017a), comprovando a efetividade do enriquecimento da vegetação nativa. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para o Trecho 9.
- 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 para o Trecho 9.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: 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, conseqüentemente, a necessidade de grandes locais para disposição e seu devido licenciamento por métodos simplificados. Por outro lado, devido à recomposição dos solos, há necessidade de recuperação das áreas de jazida. Por estas razões, para o Trecho 9, com relação à viabilidade técnica foi concedida a Nota 3, enquanto para a viabilidade administrativa foi concedida a nota 4, sendo adotada ao final a menor das duas notas concedidas, Nota 3.
- Alternativa 2: Há acesso para caminhões e que envolve o condicionamento do solo (Nota 5). Além disso, não há necessidade de licenciamento ambiental (Nota 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: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual) e a descontinuidade provisória das ações previstas no programa PG17. 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 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.

O volume de remoção é consideravelmente maior a 100.000 m³, causando supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual) e a descontinuidade provisória das ações previstas no programa PG25. Desta maneira, é concedida a Nota 1 (impacto muito 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: Foi identificada a necessidade de licenciamento ambiental simplificado (1 ano) para as áreas de disposição do rejeito. No caso do Trecho 9, avaliou-se a necessidade de menos de 15 meses de obras. 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.
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade, pelo que foram estimados 5 meses de obra de condicionamento no Trecho 9. 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 (extremamente curto prazo) para o Trecho 9, 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 no Trecho 9. Esta alternativa é a única sem semáforos vermelhos ou amarelos, ou seja, o processo simplificado de tomada de decisão foi conclusivo.

A revegetação dos solos e o disciplinamento das drenagens em encostas impactadas com vegetação natural faz parte do PG25 (Cláusula 160 do TTAC). Isto ressalta a importância da continuidade deste programa.

8.6 Contexto B3a – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio

No Trecho 9 foram identificadas 20 lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio (sem considerar as lagoas com função de viveiros de peixes), conforme apresentado na Seção 5.1.6.

Características:

- Estas lagoas marginais criam um habitat importante do ponto de vista de conectividade entre ambientes. Estas lagoas encontram-se conectadas com o rio Gualaxo do Norte, de forma direta ou através de um tributário, mesmo durante o período seco.

Objetos específicos:

- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático da lagoa; e

- Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio.

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:** Esta alternativa contempla a utilização de maquinários como escavadeiras, carregadeiras, caminhões e etc., para remoção do rejeito que se encontra nas lagoas. O rejeito seria levado para áreas de disposição e as lagoas seriam recuperadas com recomposição do substrato de leito com material de granulometria similar ao do leito natural das lagoas. Seriam introduzidas espécies nativas de macrófitas para a revegetação do ecossistema que acabaria atraindo a fauna local para este novo habitat. Por fim, o monitoramento periódico faria o acompanhamento das atividades executadas.
2. **Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural:** Nesta alternativa as lagoas seriam recuperadas com recomposição do substrato de leito com material de granulometria similar ao do leito natural das lagoas (areias e cascalho). Seriam realizados também monitoramento periódico para o acompanhamento da regeneração natural, que consistem em deixar os processos naturais atuarem livremente para a recomposição da vegetação e do meio.
3. **Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento:** Esta alternativa tem como objetivo aplicar técnicas de enriquecimento da vegetação aquática de macrófitas nas lagoas impactadas pelo rejeito. A introdução de espécies vegetais, com o plantio de mudas de vegetação nativa e a supressão de espécies indesejáveis no ambiente, visando o adensamento e enriquecimento das espécies, são as ações contempladas nesta alternativa. Por fim, seria realizado o monitoramento do andamento desta atividade.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Pode-se chegar até as planícies por meio de caminhões e com maquinário.

Premissas Alternativa 1

- Volume de rejeito a ser removido 10.300 m³ (Tabela 68).
- Capacidade do caminhão: 12 m³.
- 10 caminhões disponíveis.
- 5 viagens por dia por caminhão.
- Tempo de remoção: 1 mês.
- Requer de autorização do órgão ambiental Instituto Mineiro de Gestão das Águas (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 4.700 m² (Tabela 68).
- Espessura do Substrato: 15 cm.
- Volume do substrato: 715 m³ de substrato.
- Necessidade de 6 caminhões (capacidade do caminhão 12 m³ e considerando 5 viagens por dia por caminhão) capazes de realizar os trabalhos em 12 dias.

Premissas Alternativa 3













- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Não há solo a ser removido, apenas o enriquecimento da vegetação de macrófitas e monitoramento. O material e insumos podem ser trasladados por caminhões.

- Área para enriquecimento da vegetação com macrófitas por volta de 4.700 m² e os insumos podem ser trasladados por caminhões em 2 semanas.

8.6.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na Tabela 85 é apresentada a análise das notas e a pontuação da alternativa de manejo.

Tabela 85 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3a – Trecho 9

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.	3 	5 	4 	5 	3x5x4x5=300
3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento	3 	5 	4 	4 	3x5x4x4=240

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 que colaborará com a recuperação do ecossistema aquático no rio por meio de conectividade de ambientes. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para a presente alternativa.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato de que o substrato será reconstituído, restabelecendo a vegetação de macrófitas. Além disso, como as lagoas encontram-se conectadas ao rio, contribuirão com a biodiversidade local,

colaborando com a recuperação do ecossistema aquático. Por outro lado, sabendo-se que os depósitos de rejeito podem ter diminuído a profundidade das lagoas, existe a possibilidade que isso comprometa a correta recuperação das lagoas, pois a altura da lâmina da água das lagoas pode não ser suficiente. Desta maneira, foi concedida a nota 3 para a presente alternativa.

- Alternativa 3: Atinge parcialmente os objetivos. Existe a possibilidade da reconstituição natural do habitat aquático pelo fato de estar conectada, o que proporciona a formação de um substrato natural. Por outro lado, esta alternativa não garante que esse substrato seja adequado para recuperar o ecossistema aquático. Desta maneira, foi concedida a nota 3.

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, de forma que a nota concedida é 5. Por outro lado, requer de autorização do IGAM, sendo assim a nota concedida para viabilidade administrativa é 4. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 4, pois a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas.
- Alternativa 2: Não apresenta empecilhos técnicos já que deve ser apenas realizada a recomposição do substrato, de forma que a nota concedida é 5. Além de não requer licenciamento ambiental ou autorizações, corroborando para a nota 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 gerando turbidez temporária (menor que 1 ano) e sem gerar turbidez temporária: Nota 3 (“impacto moderado”).

- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (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 maquinários (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 (extremamente 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

O processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas discutidas, pois as alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos para identificar a origem, função ecológica efetiva e contribuição das lagoas na recuperação do ecossistema aquático, considerando a facilidade da conexão com o rio e dimensões das mesmas. Além disso, uma vez identificadas as lagoas com maior potencial de contribuição na reconstituição do ecossistema aquático, que por sua vez já possuam acessos que minimizem os impactos causados pelo manejo, pode ser elaborado um projeto piloto para considerar a real contribuição das mesmas.

8.7 Contexto B3b – Depósitos em lagoas marginais remanescentes e isoladas

No Trecho 9 foram identificadas 19 lagoas marginais remanescentes e isoladas do rio (sem considerar as lagoas que já foram consideradas para viveiros de peixes), conforme apresentado na Seção 5.1.6.

Características:

- As lagoas marginais classificadas como isoladas se conectam com o rio principal nos períodos de cheia de forma direta ou, eventualmente, através de um tributário. Mesmo assim, não é garantido que a conexão ocorra devido à elevação geral da superfície da planície com a formação dos depósitos de rejeitos.

Objetos específicos:

- Possibilitar a recuperação e melhoria do ecossistema aquático da lagoa;
- Potencializar as funções ecológicas da lagoa; e
- Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio.

De modo geral, as lagoas isoladas não têm um canal de ligação com os tributários ou com o rio Gualaxo do Norte, ainda que se considere que este canal fique seco no período da estiagem. Assim, elas, em sua maioria, permanecem isoladas também no período das cheias, o que reduz a sua funcionalidade ecológica, pois há reduzido fluxo gênico entre estas e os rios, entre outros fatores que limitam estas funções.

8.7.1 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, estabelecimento de uma ligação com o rio e monitoramento:** Esta alternativa contempla a utilização de maquinários como escavadeiras, carregadeiras, caminhões e etc., para remoção do rejeito que se encontra nas lagoas (calha e

margens). O rejeito seria levado para áreas de disposição e as lagoas seriam recuperadas com recomposição do substrato de leito com material de granulometria similar ao do leito natural das lagoas. Durante as obras seria construído um canal de ligação da lagoa com o rio, de forma a restabelecer a condição pretérita ao evento. Seriam introduzidas espécies nativas de macrófitas para a revegetação do ecossistema que acabaria atraindo a fauna local para este novo habitat. Por fim, o monitoramento periódico faria o acompanhamento das atividades executadas. O canal de ligação deverá ter sua cota de fundo abaixo da cota média das inundações sazonais e a cota de fundo das lagoas deverá estar a, pelo menos, 1 metro abaixo da cota do canal, de forma a manter a sua perenidade mesmo nos períodos em que este estiver seco.

2. Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural:

Nesta alternativa as lagoas seriam recuperadas com recomposição do substrato de leito com material de granulometria similar ao do leito natural das lagoas. Seriam realizados também monitoramentos periódicos para o acompanhamento da regeneração natural, que consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente para a recomposição da vegetação e do meio.

3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento: Esta alternativa tem como objetivo aplicar técnicas de enriquecimento da vegetação aquática de macrófitas nas lagoas impactadas pelo rejeito. A introdução de espécies vegetais, com o plantio de mudas de vegetação nativa e a supressão de espécies indesejáveis no ambiente, visando o adensamento e enriquecimento das espécies, são as ações contempladas nesta alternativa. Por fim, seria realizado o monitoramento do andamento desta atividade.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Pode-se chegar até as planícies por meio de caminhões e com maquinaria.

Premissas Alternativa 1

- O canal que conectará a lagoa com o rio, precisa ser escavado aproximadamente em até 1 m acima do nível médio da água do rio na estiagem. Portanto, a reconstituição da conexão com o rio principal envolve a remoção de, em média, 1,4 metros de rejeito das lagoas isoladas (além da escavação do próprio canal).
- Volume de rejeito a ser removido nas lagoas isoladas: 9.000 m³.
- Volume de rejeito a ser removido nos canais (aproximadamente 100 m de canal, 2 m de largura e 1 m de profundidade): 3.800 m³ (Tabela 68).
- Capacidade do caminhão: 12 m³.
- 10 caminhões disponíveis.
- 5 viagens por dia por caminhão.
- Tempo de remoção: 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 5.600 m² (Tabela 68).
- Espessura do Substrato: 15 cm.
- Volume do substrato: 850 m³ de substrato.
- Necessidade de 6 caminhões (capacidade do caminhão 12 m³ e considerando 5 viagens por dia por caminhão) capazes de realizar os trabalhos em 14 dias.

Premissas Alternativa 3













- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Não há solo a ser removido, apenas o enriquecimento da vegetação macrofita e monitoramento. O material e insumos podem ser trasladados por caminhões.

- Área para reconstituição da vegetação é de 5.600 m² e os insumos podem ser trasladados por caminhões em 3 semanas.

8.7.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na Tabela 86 é apresentada a análise das notas e a pontuação da alternativa de manejo.

Tabela 86 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3b – Trecho 9

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, estabelecer uma ligação com o rio e monitoramento	5 	3 	3 	4 	5x3x3x4=180
2. Reconstituição do substrato e monitoramento da regeneração natural.	3 	5 	4 	2 	3x5x4x2=120
3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento	3 	5 	4 	2 	3x5x4x2=120

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, a conexão com o rio principal e o substrato (espessura de aproximadamente 15 cm) são reconstituídos, estabelecendo a vegetação de macrófitas aumentando a biodiversidade local. Além disso, o estabelecimento do canal de ligação com o rio, colaborará na recuperação do ecossistema aquático no rio por meio de conectividade de ambientes. Desta maneira, foi concedida a nota 5 para a presente alternativa.
- Alternativa 2: Atinge parcialmente os objetivos, pelo fato que o substrato é reconstituído, estabelecendo a vegetação de macrófitas. Porém, por permanecer isolada a maior parte do tempo, existe a possibilidade de não alcançar a

potencialização das funções ecológicas, especificamente no que diz respeito a possibilidade de participar no ciclo reprodutivo da ictiofauna. Além disso, sabendo que os depósitos de rejeito podem ter diminuído a profundidade das lagoas, nem todas as lagoas conseguirão manter uma profundidade adequada que garanta a correta recuperação das lagoas. Desta maneira, foi concedida a nota 3 para a presente alternativa.

- Alternativa 3: Atinge parcialmente os objetivos. Existe a possibilidade de formação do substrato de forma natural, pelo fato de ocorrer a conexão entre lagoa e rio durante os períodos de cheia, possibilitando a reconstituição natural do habitat aquático. Porém, por permanecer na maior parte do tempo isolada, não será possível alcançar a potencialização das funções ecológicas, especificamente no que diz respeito à possibilidade de participar no ciclo reprodutivo da ictiofauna. Além disso, sabendo que os depósitos de rejeito podem ter diminuído a profundidade das lagoas, nem todas as lagoas conseguirão manter uma profundidade adequada que garanta a devida recuperação das lagoas. Desta maneira, foi concedida a nota 3.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: No caso que a identificação de uma potencial localização para materializar a ligação com o rio seja simples, não apresentaria empecilhos técnicos já que deve ser removido de forma mecânica um pequeno volume de rejeito menor que 100.000 m³, além da recomposição do substrato. No entanto, será necessário avaliar esta possibilidade para todas as lagoas isoladas identificadas, de maneira que a nota concedida é 3. Por outro lado, requer de autorização do IGAM, o que concede para viabilidade administrativa a nota 4. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 3, pois a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas.
- Alternativa 2: Não apresenta empecilhos técnicos já que deve ser apenas realizada a recomposição do substrato, de forma que a nota concedida é 5. Ademais, não requer licenciamento ambiental ou autorizações, corroborando a nota final concedida como 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 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, plantação manual de mudas, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”).
- Alternativa 3: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (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 4 anos (longo prazo), considerando um tempo de regeneração após obra (incluindo recomposição do substrato) lento e a conexão com o rio acontece apenas nos períodos de cheias, por isso a nota concedida é 2.
- Alternativa 3: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 4 anos (longo prazo), considerando um tempo de regeneração após enriquecimento é lento e a conexão com o rio acontece apenas nos períodos de cheias, de forma que a nota concedida é 2.

8.7.3 Medidas Mitigadoras

O processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas discutidas, pois as alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos para identificar a origem, função ecológica efetiva e contribuição das lagoas soterradas na recuperação do ecossistema aquático, considerando a facilidade da conexão com o rio e dimensões das mesmas. Além disso, uma vez identificadas as lagoas com maior potencial de contribuição na reconstituição do ecossistema aquático, que pela sua vez já possuam acessos que minimizem os impactos causados pelo manejo, pode ser elaborado um projeto piloto para considerar a real contribuição das mesmas.

8.8 Contexto B4 – Depósitos em lagoas soterradas

No Trecho 9 foram identificadas 64 lagoas marginais as quais foram soterradas pelo rejeito, desconsiderando-se os viveiros de peixes, conforme apresentado na Seção 5.1.6. Estas lagoas marginais podem criar um habitat do ponto de vista de conectividade, colaborando com a reconstituição do ecossistema aquático, principalmente da ictiofauna nos rios.

Objetos específicos (neste caso poderá ser apenas atendido um dos objetivos específicos, pois são excludentes):

- Recuperação da lagoa soterrada, (remoção do rejeito) possibilitando a recuperação do ecossistema aquático na lagoa;
- Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio; ou
- Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre.

8.8.1 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:** Esta alternativa contempla a utilização de maquinários como

escavadeiras, carregadeiras, caminhões e etc., em áreas com acesso para veículos e a utilização de trabalhadores com ferramentas manuais (pás, enxadas, carrinhos de mão, etc.) em áreas sem acesso para remoção do rejeito que se encontra nas lagoas. O rejeito seria levado para áreas de disposição mais próximas. As lagoas seriam recuperadas com recomposição do substrato de leito com material de granulometria similar ao do leito natural das lagoas. Devendo-se avaliar a facilitação da conexão com o rio a fim de potencializar as funções ecológicas das lagoas. Depois seriam introduzidas espécies nativas de macrófitas para a revegetação do ecossistema que acabaria atraindo a fauna local para este novo habitat. Por fim, o monitoramento periódico faria o acompanhamento dos resultados das atividades executadas.

2. **Enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento:** Nesta alternativa, a lagoa não seria recuperada, mas como já se encontra completamente soterrada, seria mantida como um ecossistema terrestre. Para isto, a atividade prevista nesta alternativa seria o enriquecimento da vegetação sobre os depósitos de rejeito encontrados nas planícies (antiga lagoa). A introdução de espécies vegetais, com o plantio de sementes, mudas de árvores nativas e a supressão de espécies indesejáveis no ambiente, visando o adensamento e enriquecimento das espécies, são as ações para o enriquecimento da vegetação previstas, seguidas do monitoramento periódico para avaliação dos resultados das atividades executadas.
3. **Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído:** O monitoramento engloba a estabilidade do meio físico assim como a regeneração natural do ambiente terrestre em qual se encontra.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas gerais:

- Há acesso para caminhões ao longo do Trecho 9.

Premissas Alternativa 1

- Volume de rejeito a ser removido 82.500 m³ (Tabela 68).

- Capacidade do caminhão: 12 m³.
- 10 caminhões disponíveis.
- 5 viagens por dia por caminhão.
- Tempo de remoção: 7 meses.
- Não requer a autorização do IGAM– por não ser uma intervenção em um corpo d'água, igualmente, existe a necessidade de licenciamento ambiental por meio 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 enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície).
- A área a ser nivelada é por volta de 2,1 ha (Tabela 68).
- Velocidade de plantio 0,5 ha/d para as lagoas com acesso com caminhões, sendo possível finalizar os trabalhos em até 1 semana.













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

Na Tabela 87 é apresentada a análise das notas e a pontuação da alternativa de manejo para o Trecho 9.

Tabela 87 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B4 – Trecho 9

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 	5 	3 	4 	5x5x3x4=300
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento.	4 	5 	4 	5 	4x5x4x5=400
3. Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído	3 	5 	5 	5 	3x5x5x5=375

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. Este objetivo específico possui um peso menor quando comparado com os outros dois estabelecidos. De forma que foi concedida a nota 4.
- 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. Este objetivo específico possui um peso menor quando comparado com os outros dois estabelecidos. Desta maneira, foi concedida a nota 3.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: No Trecho 9, existem acessos para veículos leves e pesados e devido à remoção, envolve a destinação de pequenos volumes de rejeito (menor

que 100.000 m³) e, conseqüentemente, a necessidade de locais para disposição. Por outro lado, devido à 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. Com relação à viabilidade administrativa, não deverá ser levada em consideração a necessidade de licenciamento dessas áreas (disposição e empréstimo), visto que as mesmas já se encontram licenciadas. Assim, a nota concedida é 5.

- Alternativa 2: Como são tecnologias envolvendo carregamento de insumos, por caminhões, com relação à viabilidade técnica foi concedida a nota 5 e sabendo que não há necessidade de licenciamento ambiental, a nota final concedida 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: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas nos programas PG17 e PG25. 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 e 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 (lagoas que são contínuas e encontram-se conectadas com os corpos hídricos). O volume de remoção é menor que 100.000 m³ causando supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas nos programas PG17 e PG25. Desta maneira, é concedida a Nota 3 (impacto moderado”) para esta alternativa.
- Alternativa 2: Tecnologias que envolvem movimentação de insumos e maquinários (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 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: 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) de aproximadamente 7 meses (e há necessidade de licenciamento de aproximadamente 1 ano), pelo que a nota concedida é 4.
- Alternativa 2: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremamente curto prazo) considerando um tempo de regeneração da vegetação terrestre de 1 ano após enriquecimento, pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 3: Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 1 ano (extremamente curto prazo) considerando que já existe uma regeneração e reconstituição do ecossistema terrestre, pelo que a nota concedida é 5.

8.8.3 Medidas Mitigadoras

O processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas discutidas, pois as alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos para identificar a origem, função ecológica efetiva e contribuição das lagoas soterradas na recuperação do ecossistema aquático, considerando a facilidade na conexão com o rio e dimensões das mesmas. Além disso, uma vez identificadas as lagoas com maior potencial de contribuição na reconstituição do ecossistema aquático, que pela sua vez já possuam acessos que minimizem os impactos causados pelo manejo, pode ser elaborado um projeto piloto para examinar a real contribuição destas mesmas.

8.9 Contexto C1 – Depósitos nas margens do canal fluvial

As margens do rio Gualaxo do Norte estão consideradas no programa PG25, que trata da estabilização das margens e dos rios e tributários. O programa PG25 engloba as ações de

controle de erosão entre áreas prioritárias e não prioritárias, bem como as ações de revegetação das planícies.

Conforme apresentado na Seção 5.1.3, já foram implantadas obras de controle de erosão e proteção das margens. Essas obras consistem de um conjunto de alternativas técnicas que associam métodos de engenharia tradicional, como enrocamentos de margens com erosão ativa e técnicas de bioengenharia.

Na Seção 5.1.3, constatou-se que as intervenções para controle de erosão estão cumprindo de forma adequada o seu papel de condicionar os fluxos, evitar processos erosivos e evitar carreamento de rejeitos para o leito do rio. As obras implantadas 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 instabilidade significativa nas estruturas implantadas, indicando que as soluções de bioengenharia foram bem aplicadas, apenas necessitando de manutenção de rotina. Os tributários estão devidamente protegidos com enrocamentos e apresentam carreamento de rejeito para o Gualaxo do Norte de modo bastante restrito.

Além disso, foram identificados pontos sem medidas de controle de erosão, com potencial instabilidade, que precisam de uma solução de manejo de rejeito. No entanto, os depósitos nas margens que já possuem medidas de controle de erosão não serão considerados no processo de tomada de decisão, uma vez que os mesmos já possuem uma alternativa de manejo executada e estão atendendo as expectativas conforme apresentado na Seção 5.1.3.

Por outro lado, é importante ressaltar que a identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão e de disciplinamento de drenagens. Estas rotinas implicam em visitas periódicas, percorrendo as margens ao longo de todo o Trecho, avaliando o estado das obras implantadas e identificando locais com potencial de erosão. Para estes novos locais identificados como com potencial de instabilidade, serão aplicadas as soluções de manejo escolhidas.

A estabilidade das margens no Trecho 9 depende de fatores geomorfológicos, das velocidades d'água nas margens côncavas e da presença de medidas de controle de erosão.

Características:

- Para o presente contexto apenas foram consideradas as margens identificadas como instáveis ou potencialmente instáveis e sem obra de contenção ou com necessidade de recondicionamento das mesmas;
- Apesar da adequada resposta do sistema implantado, o monitoramento e manutenção contínuos das áreas atingidas ainda são necessários, até que a recuperação e integração da obra seja plena, de forma a garantir a estabilidade física das drenagens superficiais, margens e taludes da região. Desta maneira, a Fundação Renova deverá realizar rotinas de vistoria periódicas a fim de identificar novos locais com margens potencialmente instáveis, nas quais deverá ser aplicada a alternativa de manejo escolhida na presente seção. Por questões de adequação ambiental, parte das obras realizadas utilizaram recursos de bioengenharia, portanto, a manutenção e o monitoramento periódico das estruturas são essenciais.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das margens com rejeito;
- Regenerar a vegetação original e reconstituição das APPs; e
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

8.9.1 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 do rio:** Esta alternativa contempla a utilização de maquinários como escavadeiras, carregadeiras, caminhões e etc., para remoção do rejeito que se encontra depositado nas margens do rio. A remoção da margem seria realizada até que o nível do rejeito esteja situado acima do nível normal das águas do rio. O rejeito removido seria levado para áreas de disposição mais próximas do local. Por fim, seria feito o monitoramento periódico para acompanhamento.

2. **Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas:** Esta alternativa visa controlar os processos erosivos que possam ocorrer nas margens do rio Gualaxo do Norte por meio de vistorias em campo para detectar as áreas com necessidade de implementação de obras de bioengenharia como conformação de taludes, construção de sistema de drenagem, revegetação, aplicação de biomantas e enrocamentos. Após a implementação, monitoramentos periódicos devem ser realizados para avaliar as condições das obras, e identificar se há necessidade de obras adicionais em outras áreas da margem do rio.
3. **Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem:** Esta alternativa contempla somente o monitoramento periódico com vistorias de campo para avaliação da estabilidade das margens.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas gerais:

- Há 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, planície adentro (valor estimado de forma conceitual, levando em conta um espaço mínimo operacional no talude. Este valor deverá ser refinado na etapa de detalhamento especificamente para cada local, de maneira que o nível do rejeito remanescente esteja situado acima do nível das águas do rio em períodos chuvosos, quando ocorre avanço do nível d'água nas várzeas);
- Destinação do rejeito para áreas licenciadas para disposição, necessidade de licenciamento ambiental simples;
- Volume pequeno de remoção (aproximadamente 500 m³ de rejeito nas margens com potencial de erosão, consistindo em 25 pontos, com aproximadamente 10 m de comprimento em cada local (valor de comprimento estimado de forma

que deverá ser refinado na etapa de detalhamento especificamente para cada local);

- 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 2 meses podem ser completadas as obras de remoção devido ao pequeno volume a ser removido.
- Não há a necessidade da implementação de medidas adicionais de controle de erosão, pois se assume que não haverá mais rejeitos suscetíveis à ação da erosão pelas águas do rio em condições normais. Apenas em cheias mais intensas este material poderá ser alcançado pelas águas do rio.

Premissas Alternativa 2

- Não há necessidade de licenciamento.
- 25 pontos nas 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 2 meses.
- 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).

8.9.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

Na Tabela 88 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 88 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1 – Trecho 9

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 devido a eventos extremos, de forma que a nota concedida 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 concedida 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 com que a nota devido à viabilidade administrativa seja 4. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 3, pois a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas.

- Alternativa 2: Pontos específicos sem acesso para caminhões, o que implica carregamento manual de pequenos volumes de insumos. Assim, a nota concedida pela viabilidade técnica é 4. Não há necessidade de licenciamento, deste modo a nota pela viabilidade administrativa é 5. Finalmente, a nota concedida para esta alternativa é 4, a menor das duas.
- 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 e recomposição do solo 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 causados processos erosivos, alterando o escoamento superficial durante as obras e incrementando a turbidez e o aporte de sedimentos para o curso d'água. 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 implicam Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 2: Mesmo que esta tecnologia não requeira mobilização de volumes de rejeito, a mesma gera turbidez temporária (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função da localização de obras de correção e manutenção (trabalhos são realizados em contato com a água, gerando turbidez temporária), e aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois não há remoção de rejeito e trabalhos em contato com a água, apenas monitoramento. Nota: 5.

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Considerando que a obra de remoção pode ser realizada em aproximadamente 2 meses após o licenciamento (necessidade de 1 ano para licenciamento), estima-se que o tempo até atingir todos os objetivos específicos é por volta de 1 ano (extremamente curto prazo), estabelecendo a nota 5.
- Alternativa 2: Não há necessidade de licenciamento, e as obras de controle de erosão podem ser realizada em aproximadamente 2 meses. Desta maneira, estima-se que o tempo até atingir todos os objetivos específicos é por volta de 1 ano (extremamente curto prazo), pelo que a nota concedida é 5.
- Alternativa 3: Tempo até atingir todos os objetivos específicos maior que 4 anos (extremamente longo prazo – supera o prazo estabelecido no TTAC), já que o processo de erosão será contínuo: Nota 1.

8.9.3 Medidas Mitigadoras

A Alternativa 2, “Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento”, obteve a maior pontuação no Trecho 9. 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 programa PG25 (Cláusula 160 do TTAC). O resultado do processo simplificado de tomada de decisão ressalta a importância da continuidade das ações do programa PG25.

8.10 Contexto C2. Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade

Conforme indicado na NOTA TÉCNICA CT/GRSA/CIF N° 09/2017, o PMR para o Trecho 8 cumpriu parcialmente seu papel, visto que a caracterização ambiental precisa ser complementada e que ainda existem contextos onde as alternativas de manejo precisam ser melhores estudadas. Optou-se por utilizar o período de cheias do ciclo hidrológico 2017/2018 como um observatório do comportamento do ambiente, com monitoramento do perfil estratigráfico e sua estabilidade, a fim de obter informações mais concretas e representativas do ambiente, dentre outras questões a serem avaliadas.

Desta maneira, a fim de atender aos diversos questionamentos relacionados com os contextos de depósitos no leito fluvial, foram definidas várias atividades complementares, de modo que a obtenção de novos dados complementasse a caracterização ambiental e, caso se justificasse, um novo processo de tomada de decisão fosse aplicado, especificamente para o contexto dos depósitos intracalha.

Em função disso, foi elaborado o Volume 6 (JACOBS CH2M, 2018) onde foram apresentados os resultados obtidos durante o período de monitoramento e se chegaram a conclusões que a evolução da espessura do *lag layer* depende da ocorrência de episódios de velocidade/vazão/pluviosidade cada vez maiores e, portanto, cada mais raros no tempo ou, de outra forma concluiu-se que:

- Com a ocorrência de episódios de chuvas e vazões com Tempos de Recorrência superiores ao adotado (TR de 10 anos), aumentos de turbidez ocorrerão, mas com frequências e duração cada vez menores.
- Dos monitoramentos de estratigrafia mensais e periódicos da variação do nível do leito do fundo que aconteceram no período chuvoso 2017/2018, observou-se que a máxima variação observada do nível do leito de fundo (remobilização do *lag layer* e do rejeito inconsolidado) foi de 60 cm, sendo que a mesma pode ser associada com o período de recorrência das chuvas de 10 anos.
- Existe uma tendência de estabilidade do contato do *lag layer* com o rejeito inconsolidado, sendo que nos casos em fase de estabilização a camada de rejeito lavado encontra-se em processo de aumento, absorvendo parte da camada do rejeito inconsolidado.
- Há tendência de aumento da espessura do *lag layer* ao longo do período chuvoso, diminuindo o potencial de ressuspensão da parte fina (fração fina menor quando comparada com o rejeito inconsolidado).
- Durante os eventos de chuvas existe uma tendência o rebaixamento do nível do leito de fundo, que é recuperada imediatamente após restabelecimento da vazão normal, além de existir uma tendência a manter em equilíbrio este nível.
- Apenas os grandes eventos atingirão esta camada, diminuindo o potencial de ressuspensão da fração fina do rejeito inconsolidado.

Os depósitos no leito do rio sofrem diferenciação quanto à existência ou não de uma camada de material remobilizado (lag layer) em processo de estabilização ou já estabilizada, o que pode condicionar ou não a ressuspensão da fração fina da camada subjacente. Este lag layer atua como uma camada protetora, 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 textura do lag layer, assim como do regime de velocidades/vazões do rio a que já foi submetido. Assume-se que para o presente contexto a camada de rejeito lavado – lag layer - seja suficientemente espessa e já tenha a granulometria adequada relativos a uma pluviosidade e a sua respectiva vazão, para TR abaixo de 10 anos, de modo que apenas para eventos com maior tempo de recorrência há possibilidade de remobilização do lag layer e ressuspensão das frações finas da camada de rejeito inconsolidado subjacente. Na seção 5.2.5.1, foi apresentada a estimativa do volume de rejeitos intracalha, sendo o volume total de aproximadamente 845.000 m³ (somando o rejeito lavado e o rejeito inconsolidado).

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 (CONAMA 357);
- Promover a formação de um substrato granulometricamente estável;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

8.10.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito na calha, destinação para área de disposição ambientalmente adequada, reconstituição do substrato e monitoramento:

Remoção mecânica do rejeito utilizando escavadeira hidráulica, realizando um by-pass por meio de estacas-prancha e execução de pontes para acesso às duas margens do rio e com necessidade de estabilização das margens. Após a escavação do rejeito, este deverá ser acomodado temporariamente na margem para desaguar. A remoção da camada superficial composta por rejeito (lavado e/ou inconsolidado), estimada em média de aproximadamente 0,6 m de espessura. O

rejeito removido deverá ser devidamente colocado em áreas de disposição licenciadas. Após a remoção, o substrato será reconstituído e será implementada a etapa de regeneração natural da biodiversidade aquática, que consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente para a recuperação do ecossistema aquático, que será devidamente monitorado.

- 2. Capeamento do rejeito na calha e monitoramento:** Esta alternativa tem como objetivo aplicar técnicas de capeamento por meio da disposição de cascalho e areia de granulometria e textura semelhantes ao substrato natural. Estimada uma camada de aproximadamente 15 cm de espessura. Após o capeamento, será implementada a etapa de regeneração natural da biodiversidade aquática, que consistem em deixar os processos naturais atuarem livremente para a recuperação do ecossistema aquático, que será devidamente monitorado.
- 3. Capeamento natural e monitoramento:** Esta alternativa visa o capeamento do leito do rio por meio da formação natural de uma camada protetora de rejeito lavado ou lag layer, com granulometria semelhante a granulometria presente no substrato natural antes do evento. O monitoramento periódico de estabilidade desta camada de rejeito lavado deverá ser realizado. A outra etapa desta alternativa se refere ao monitoramento periódico para o acompanhamento da recuperação do ecossistema aquático.

Premissas gerais para todas as alternativas de manejo:

- Os resultados registraram um predomínio de espécies generalistas, algumas espécies com comportamento invasor, pouco exigentes, podendo viver em ambientes pouco preservados. Nestes mesmos pontos também foram encontradas espécies tardias deste processo de sucessão (regeneração), embora em menor riqueza e frequência, o que pode indicar um processo inicial de recolonização deste substrato. Porém, as amostragens realizadas são pontuais e refletem apenas a estação seca, de modo que monitoramentos periódicos são necessários para verificar o desenvolvimento deste processo.
- Existem diversos acessos para caminhões ao longo de todo o Trecho 9, uma vez que neste trecho, a rodovia MG-326 corre praticamente em paralelo ao rio Gualaxo do Norte a partir da comunidade de Gesteira e na referida comunidade

encontra-se uma ponte onde é possível a travessia sobre o rio e acessar estradas de menor porte.

- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

Premissas Alternativa 1

- Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados ou autorização do IGAM remoção e para as áreas de disposição de rejeito.
- Necessidade de acessos com equipamentos pesados.
- As obras deverão acontecer no período de seca.
- Volume de escavação de rejeito considerado leito fluvial em fase de estabilização: aproximadamente 845.000 m³.
- Remoção mecânica, com apoio de 50 caminhões por dia (com capacidade de 12 m³ cada), realizando 5 viagens cada, há um total de 250 viagens por dia, resultando em disposição de 3.000 m³ de rejeito (lavado e inconsolidado) por dia.
- Tempo necessário para obra: cerca de 12,8 meses (considerando 22 dias úteis / mês).
- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

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 transladados por caminhões nas áreas com acesso.
- Área para capeamento: 135,5 ha.
- Volume do capeamento: aproximadamente 203.250 m³ (considerando espessura média de 15 cm de capeamento).
- Velocidade do capeamento: 500 m³/dia.
- Tempo de obra: cerca de 18 meses (considerando 22 dias úteis).

- Necessidade de monitoramento trimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).













Premissas Alternativa 3

- Sem necessidade de licenciamento ambiental.
- Monitoramentos em pontos estratégicos de fácil acesso.
- Necessidade de monitoramento bimestral durante pelo menos 4 anos (TTAC).

8.10.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 89 apresenta a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo para os depósitos no leito fluvial em fase de estabilização no Trecho 9.

Tabela 89 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C2 – Trecho 9.

Alternativa	Efetividade em atingir os objetivos	Viabilidade técnica e administrativa	Impactos e riscos do manejo	Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção mecânica do rejeito na calha, destinação para área de disposição ambientalmente adequada, reconstituição do substrato e monitoramento	5 	3 	1 	1 	5x3x1x1=15
2. Capeamento do rejeito na calhas e monitoramento	3 	3 	4 	3 	3x3x4x3=108
3. Capeamento natural e monitoramento	4 	5 	5 	4 	4x5x5x4=400

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Uma vez removido todo o rejeito, será evitada a ressuspensão da fração fina. Além disso, em função das observações realizadas no Trecho 8 – Área Piloto e documentado no Volume 6 (JACOBS CH2M, 2018), evidenciou-se que de forma natural será formado um substrato granulometricamente estável, num prazo de aproximadamente 2 anos e em função disso será possível a recuperação do ecossistema aquático. Desta maneira, os objetivos específicos são atingidos e por isso foi concedida a nota 5.
- Alternativa 2: Nos estudos do monitoramento do leito fluvial no Trecho 8 – Área Piloto (JACOBS CH2M, 2018), foi observado que existe uma tendência natural de manter o equilíbrio do leito do fundo, desta maneira no caso de inserir material para a formação de uma nova camada, a tendência é que com os eventos de vazões/velocidades elevadas, a mesma seja removida/ remobilizada pela água. Como consequência disso, esta alternativa é inócua, não conseguindo acelerar o alcance dos objetivos em relação a outras alternativas. Desta maneira foi concedida a Nota 3.
- Alternativa 3: Nos monitoramentos intracalha dos sedimentos no Trecho 9, observou-se a existência e formação da camada de rejeito lavado (*lag layer*), camada protetora do rejeito inconsolidado, com tendência a estabilizar os rejeitos. No Volume 6 (JACOBS CH2M, 2018), nas atividades de monitoramento do Trecho 8 – Área Piloto, foi observado também uma tendência de crescimento desta camada ao longo do tempo. Esta camada de rejeito lavado evita a ressuspensão da fração fina para velocidade/vazão/pluviosidade relacionadas a um TR de 10 anos ou menos, formando um substrato granulometricamente estável que colaborará na recuperação do ecossistema aquático. Como esta alternativa não garante o capeamento do rejeito inconsolidado para TR acima de 10 anos, episódios com frequência e duração cada vez menores, nestes eventos pode se ter um aumento na turbidez do rio durante os períodos de chuva. Desta maneira foi concedida a Nota 4.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: Apresenta dificuldade técnica moderada, já que a remoção tem que ser feita mecanicamente dentro da calha do rio e o rejeito deve ser colocado nas planícies para deságue. O volume de remoção no trecho é superior a 100.000 m³ (cerca de 845.000 m³), desta maneira a nota concedida no que diz respeito à viabilidade técnica é 3. Por outro lado, devido ao volume para disposição do rejeito, será necessário localizar nas imediações diversas áreas que comportem este volume e licenciá-las (ADME-01/ADME-03). Como consequência, foi considerado que o licenciamento ambiental pode ser realizado em até 1 ano (licenciamento ambiental com estudos simplificados ou autorização do IGAM), pelo que a nota devida à viabilidade administrativa, para este trecho, é 4. Desta forma, a nota a ser considerada deve ser a mínima entre as duas obtidas. Assim, a nota final para este trecho é 3.
- Alternativa 2: Área com acesso para veículos leves e pesados. Apesar de existir acessos, envolve tecnologias para condicionamento (transporte e disposição de materiais) de volume superior a 100.000 m³ (aproximadamente 203.250 m³) pelo que a nota concedida é 3 no que diz respeito à viabilidade técnica. Por outro lado, não será necessário realizar licenciamentos, o que neste quesito define a Nota 5. Finalmente, considerando a menor das notas das duas, é concedida a nota 3 para a presente alternativa.
- 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 remoção do rejeito lavado existente que está atuando como capeamento natural (com evidências de recomposição do ecossistema aquático) e reconstituindo o leito com um substrato de granulometria similar ao substrato natural. Exige a supressão da vegetação que já foi reconstituída nas planícies, para deságue do rejeito. Além disso, torna-se necessária a utilização de diversas áreas para a disposição do rejeito, ocasionando impactos também em áreas de empréstimo e gerando grande movimentação e tráfego de

caminhões com os impactos consequentes (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa), além da supressão da vegetação para implantação de acessos adicionais. Neste trecho, a tecnologia envolve a remoção de mais de 100.000 m³ de material, gerando turbidez no período de seco, com necessidade de estabilização das margens, causando supressão de vegetação e outros impactos nas áreas de empréstimo e nas áreas de disposição, pelo que a nota concedida é 1 (“impacto muito alto”).

- Alternativa 2: Tecnologia que envolve movimentação de insumos e maquinários com acesso para veículos leves e pesados (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, etc.), mas com supressão da vegetação que já foi reconstituída nas planícies: Nota 4 (“impacto baixo”).
- Alternativa 3: Apresenta apenas leve ou desprezível potencial de impactos, pois envolve apenas o monitoramento pelo que a nota concedida é 5 (“impacto desprezível”).

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1: Há necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para as áreas de disposição de rejeito e autorização do IGAM para remoção do material na calha do rio, que necessitaria de um prazo por volta de 1 ano. Conforme apresentado previamente, o tempo de obra neste trecho é por volta de 1 ano, mas como as obras devem ocorrer no período de seca, estima-se um prazo de aproximadamente 2 anos, 6 meses de obra para cada ano. Além disso, uma vez finalizadas as obras, haverá necessidade de pelo menos 2 anos para a formação natural de um substrato granulometricamente estável, além da necessidade de prazo para reconstituição da vida aquática, que se estima em 2 anos. Finalmente, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 5 anos (extremamente longo prazo) de forma que a nota concedida é 1.
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados aproximadamente 1,5 ano de obra, sem necessidade de licenciamento. Além disso, uma vez finalizadas as obras, haverá recobrimento do rejeito lavado existente que está atuando como capeamento natural (com evidências de recomposição do ecossistema aquático), pelo que haverá

necessidade de prazo para reconstituição novamente da vida aquática, esperado para daqui a 2 anos. Finalmente, considerando os prazos para atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 3,5 anos (médio prazo) de forma que a nota concedida é 3.

- Alternativa 3: Na atualidade o rejeito lavado já possui uma granulometria semelhante à observada no substrato natural, fornecendo um substrato granulometricamente estável e em 3 períodos chuvosos inteiros foi observado que a textura do rejeito em contato com a água já não possui o mesmo potencial de ressuspensão de finos, pelo que se estima que esta tendência será mantida no tempo (JACOBS CH2M, 2018). Desta maneira, haverá necessidade de considerar apenas o prazo para reconstituição da vida aquática, estimada em um prazo de 2 anos. Finalmente, considerando os prazos para o Trecho 8, o tempo até atingir todos os objetivos específicos encontra-se por volta de 2 anos (curto prazo) de forma que a nota concedida é 4.

8.10.3 Medidas Mitigadoras

No presente processo de Tomada de Decisão, a Alternativa 3, “Capeamento natural e monitoramento”, obteve a maior pontuação. 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**.

8.11 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, e degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez principalmente no período chuvoso;
- Perda da biodiversidade, embora existam sinais de reconstituição por meio de espécies pioneiras no processo de sucessão e espécies tardias deste processo de sucessão (regeneração), apesar de em menor quantidade de espécie, o que pode indicar um processo de recolonização do substrato;

- Impacto na dessedentação das espécies terrestres.

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 à possibilidade a recuperação do ecossistema aquático em função de uma diminuição dos níveis de turbidez, tendo claro que um objetivo a ser atendido é 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 e demais rios a jusante, até a foz no oceano.

As principais causas da turbidez da água no rio Gualaxo do Norte são presença de sólidos em suspensão tais como silte, argila, sílica e coloides, que ocorrem devido à ressuspensão da fração fina dos rejeitos, principalmente no período chuvoso quando aumenta a vazão no rio conforme apresentado na Seção 5.1.7.2.2, ou de forma artificial devido às obras intracalha.

Conforme apresentado na Seção 6, existem tendências de redução dos níveis de turbidez para cerca dos 100 NTU no último período seco, e diminuição dos níveis de turbidez do período chuvoso 2017/2018 quando comparados com os valores do período chuvoso de 2016/2017. Esta tendência de diminuição dos níveis de turbidez, atingindo valores na ordem ou abaixo dos 100 NTU no período seco, deve ainda ser verificada no próximo período de seca. Caso essa diminuição não seja confirmada, considera-se que a necessidade de implantar uma alternativa de manejo (que não seja apenas o monitoramento) para melhorar a qualidade da água no que diz respeito aos níveis de turbidez, encontrara-se atrelada à decisão de realizar obras intracalha, como por exemplo à remoção do rejeito. Além disso, existem sinais de reconstituição da biodiversidade aquática por meio de espécies pioneiras no processo de sucessão e por meio de espécies tardias deste processo de sucessão (regeneração), embora em menor quantidade de espécie, o que pode indicar um processo de recolonização do substrato. No entanto, na presente seção, serão avaliadas diferentes alternativas de manejo que atendem a necessidade de redução de turbidez no Trecho 9, sendo que a mesma apenas será considerada no caso de implementação de medidas de manejo intracalha (implantadas durante o período de seca) que aumentem os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte de forma artificial.

É importante ressaltar, que a turbidez, a qual é relacionada diretamente com outros parâmetros de interesse como sólidos suspensos, sólidos totais e cor, no presente texto, é

tomada como um indicador da qualidade ambiental e não apenas do recurso hídrico afetado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão, englobando também a qualidade do ecossistema aquático e a percepção social, que são beneficiados pela sua redução. Por constituir um parâmetro determinado numericamente, de fácil medição em campo, permitir uma avaliação visual qualitativa e ter padrões legais estabelecidos, se torna a referência mais frequente em todo o presente relatório e especialmente no que diz respeito nas medidas de manejo intracalha e de qualidade da água.

Considerando que a turbidez elevada e cor das águas no rio Gualaxo do Norte se devem à ressuspensão das frações finas do rejeito presentes no denominado “Depósito Indiscriminado de Calha”, enquanto este rejeito não for totalmente remobilizado pelas águas do rio, o que pode ser denominado como um processo de “lavagem” dos finos, estes depósitos continuarão sendo a principal fonte de turbidez e cor aparente das águas do rio Gualaxo do Norte no Trecho 9, em questão.

Objetivos específicos para este contexto:

- Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme Cláusula 157 do TTAC) e mitigar os impactos das possíveis obras intracalha ao longo do rio Gualaxo do Norte;
- Restauração da biodiversidade aquática;
- Restauração do uso da água.

Com relação a medidas complementares para aceleração da recomposição do ecossistema aquático, as mesmas serão abordadas na Seção 8.11.6. Estas podem ser implementadas de forma complementar às alternativas de tratamento para diminuição dos níveis de turbidez ou de forma independente a fim de colaborar com a restauração da biodiversidade aquática.

8.11.1 Alternativas de tratamentos de sólidos suspensos

Turbidez é o termo aplicado à matéria suspensa e não dissolvida de qualquer natureza, presente em um corpo de água, seja de origem mineral, como silte e argila, seja de origem biológica, como microrganismos e que dificultam a passagem da luz.

O abatimento da turbidez exige que se removam essas matérias em suspensão. Ocorre que por se constituírem em matérias de dimensões muito pequenas, comumente de frações argilosas (ou coloidais) e siltosas, elas se mantêm em suspensão devido às interações eletroestáticas e viscosas com a água, exigindo fluxos laminares e em baixa velocidade da água e períodos extensos para que se decantem até o fundo dos corpos d'água.

Para sedimentação natural das partículas, existe uma relação direta entre a velocidade de sedimentação, o diâmetro das partículas e a densidade das mesmas, de acordo com a Lei de Stokes. Conforme apresentado na Seção 5.2.4.3.1, no rejeito lavado foi detectada uma alta porcentagem de areia (média de 60,1%) e baixa proporção de material mais fino como argila e silte (média de 9,3%). Já no rejeito inconsolidado foram detectadas proporções similares de silte e de areia (média de 35% e 38,4%, respectivamente), sendo a fração de argila da ordem de 5%. Segundo Tomaz (2013), considerando as premissas estabelecidas na Lei de Stokes, a velocidade de sedimentação das partículas de argila varia entre 8 cm/dia e 35 cm/dia, e para partículas de silte a velocidade varia 0,0008 cm/s e 0,035 cm/s.

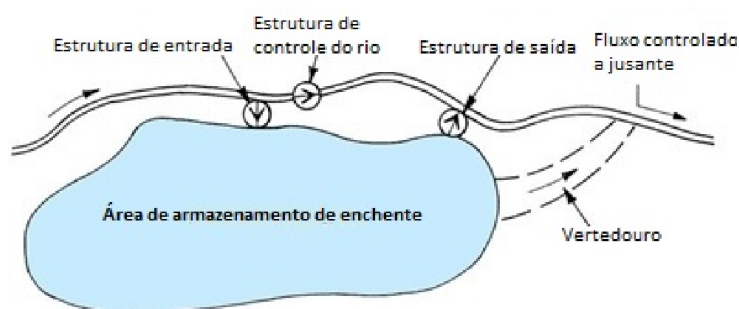
Existem dois tipos de alternativas para o tratamento de sólidos suspensos. A primeira caracteriza-se por reservatórios onde as águas perdem velocidade e têm elevados tempos de detenção, de modo a possibilitar a sedimentação desses sólidos suspensos; e a segunda alternativa, constituída por estruturas onde se adicionam floculantes e coagulantes, possibilitando a sedimentação rápida dos sólidos suspensos, com tempos de detenção reduzidos e, como consequência, também a implantação de reservatórios de menores dimensões.

O tempo de detenção nos reservatórios deve ser suficiente para diminuir a velocidade da água e permitir o processo de sedimentação para toda a vazão que pretende ser tratada. Desta maneira, devido aos extensos tempos de sedimentação necessários para decantar os sólidos suspensos, e considerando as vazões ao longo do Trecho 9, grandes reservatórios com elevados tempos de detenção devem ser considerados. Em casos onde grandes reservatórios não possam ser considerados devido à geomorfologia do rio, a adição de floculantes e coagulantes, pode ser utilizada para diminuir os tempos de detenção. Nesse caso, as velocidades de sedimentação são aumentadas de forma significativa, resultando na diminuição das dimensões dos reservatórios.

8.11.2 Conceito de sistemas de tratamento off-line e on-line

Um exemplo de sistema de tratamento “off-line” é apresentado na Figura 196, conforme a Agência de Meio Ambiente do Governo de Grã-Bretanha (UK ENVIRONMENTAL AGENCY, 2018). O esquema representa uma planície de alagamento fora da calha do rio.

Figura 196 – Exemplo de Sistema de Tratamento Off-line



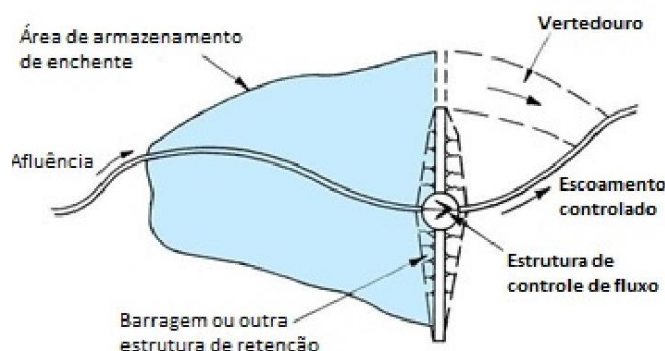
Fonte: UK ENVIRONMENTAL AGENCY (2018)

Nesse caso a água é desviada do rio (parcial ou totalmente dependendo da necessidade) e a aplicação dos produtos químicos para o tratamento da água ou a sedimentação natural das partículas acontece em reservatórios ou armadilhas localizadas em planícies aluvionares, e não diretamente na calha do rio.

Por outro lado, um sistema de tratamento “on-line”, ou conectado/ligado, seria um sistema de tratamento que utiliza como principal estrutura física a própria calha do rio. Dessa maneira, toda a vazão do rio deve ser considerada no tratamento, no caso de adição de produtos químicos, ou deverão ser construídos grandes diques para formação de reservatórios suficientemente extensos capazes de comportar tempos de detenção prolongados.

Um exemplo da utilização de um sistema de tratamento “on-line” é mostrado na Figura 197. O esquema representa uma planície de alagamento na calha do rio.

Figura 197 – Exemplo de Sistema de Tratamento On-line



Fonte: UK ENVIRONMENTAL AGENCY (2018)

8.11.3 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. **Reservatórios ou armadilhas on-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água:** Reservatórios ou armadilhas de sedimentos com tempos de detenção suficiente que permitam a sedimentação natural dos sólidos suspensos que produzem turbidez. Estas estruturas se encontram on-line, ou seja, é necessária a construção de um dique, aprofundamento da calha ou alteração da declividade natural, que permitam armazenar a água por tempo suficiente. Dentro destas alternativas se enquadram:
 - a. Reservatórios construídos por meio da implantação de diques transversais à calha do rio;
 - b. Armadilhas de sedimentos (aprofundamento da calha) em áreas planas ao longo do rio.
2. **Reservatórios ou armadilhas off-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água:** Reservatórios ou armadilhas de sedimentos com tempos de detenção suficiente que permitam a sedimentação natural dos sólidos suspensos que produzem turbidez. Estas estruturas se encontram off-line, ou seja, a água é desviada do rio (parcial ou totalmente dependendo das necessidades por meio de uma estrutura de desvio) e, a

sedimentação natural das partículas acontece em reservatórios ou armadilhas localizadas em planícies aluvionares e não diretamente na calha do rio. Dentro destas alternativas se enquadram:

- a. Reservatórios escavados nas planícies aluvionares;
 - b. Armadilhas de sedimentos implantadas nas planícies aluvionares.
3. **Tratamento on-line, na foz do rio Gualaxo, utilizando adição de produtos químicos e monitoramento da qualidade da água:** Sistema de tratamento que utiliza como principal estrutura física a própria calha do rio, dispensa a criação de áreas alagadas ou reservatórios nas planícies. Toda a vazão do rio deve ser considerada no tratamento que utiliza a adição de produtos químicos para remover os sólidos em suspensão. Dentro destas alternativas se enquadram:
- a. Sistema de tratamento denominado comercialmente como FlotFlux® (DT-ENGENHARIA, 2017) (utilizado como exemplo no presente caso).
 - b. Reservatórios construídos por meio da implantação de diques transversais à calha do rio utilizando produtos químicos (floculantes / coagulantes).
4. **Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água:** Esta alternativa contempla a implantação de reservatórios de pequenas dimensões nas planícies aluvionares (off-line), para a adição de floculantes e coagulantes. A vazão do rio é parcialmente desviada ao sistema de tratamento com adição de produtos químicos. Este sistema de tratamento também é denominado como Sistema de Tratamento Natural (STN).
- a. Bacias escavadas nas planícies aluvionares utilizando produtos químicos (floculantes / coagulantes).
 - b. Armadilhas de sedimentos implantadas nas planícies aluvionares utilizando produtos químicos (floculantes / coagulantes).

- c. Bacias escavadas nas planícies aluvionares utilizando produtos químicos (floculantes / coagulantes), seguidos por sistemas de “wetlands” (áreas alagadas). Este sistema de tratamento também é denominado como Sistema de Tratamento Natural (STN) (utilizado como exemplo no presente caso).

5. **Monitoramento da qualidade da água:** Esta alternativa contempla o monitoramento periódico da água dos rios visando ao acompanhamento da redução natural da turbidez e cor, com avaliação de eventual necessidade de intervenção a posteriori.

No **Anexo XV** foram listadas todas as alternativas de Manejo realizando uma avaliação dos aspectos positivos e negativos de cada uma delas.

Premissas Alternativa 1:

- Diques, aprofundamento da calha e alterações das declividades devem ser executados a fim de aumentar o tempo de detenção dos reservatórios.
- Qualquer destas alternativas muda a hidrodinâmica natural do rio e produz áreas de alagamento que atualmente correspondem a porções secas. Para as alternativas de aprofundamento da calha ou alteração da declividade, devem ser consideradas planícies extensas ao longo do rio.
- Conforme apresentado pela Samarco (2016), no Trecho 9 apenas um local apresenta as condições para a implementação de um dique e se encontra 6 km a montante de Barra Longa nas coordenadas UTM aproximadas de 7.757.020,0 N e 699.440,0 E. O volume deste reservatório seria de 110.144 m³ (suficiente para 3 horas de tempo de detenção, considerando vazão de 10 m³/s – Frequências da ordem de 40% na foz do rio Gualaxo do Norte, de acordo com o conteúdo apresentado na Seção 5.1.9.1) e a altura da barragem proposta seria de 12,2 m. O aporte de sedimentos para este reservatório seria de 320.950 t/ano.
- Nesse mesmo relatório, foi indicado que este dique seria implantado em série, em conjunto com outros 2 diques localizados no Trecho 8 (a montante e jusante da PCH Bicas) (SAMARCO, 2016).

- Conforme modelagem hidráulica e de transportes de sedimentos realizadas (SAMARCO, 2016), considerando diversos cenários, a eficiência de retenção de sólidos totais destes 3 diques encontra-se na ordem de 35%. Desta maneira, a eficiência remoção da Turbidez pode ser ainda menor.
- Na Deliberação nº 37 de 24 de novembro de 2016, encaminhada pelo Comitê Interfederativo, foi indicada que se considera baixa a eficiência destes diques. Além disso, nessa mesma deliberação, por meio da análise dos resultados de monitoramento emergencial da qualidade realizado pelo IGAM/MG, estima-se que os diques no rio Gualaxo do Norte não serão efetivos para redução de turbidez, uma vez que o conjunto destas estruturas se mostra mais eficiente somente em período seco, e que os valores de turbidez tendem a se apresentar mais elevados no período chuvoso. Além disso, a implantação destas estruturas teria um impacto ambiental considerável.

Desta maneira, como a alternativa de diques já foi descartada pelos órgãos ambientais conforme Nota Técnica IBAMA/IEMA Nº 003/2017, a mesma não será contemplada no processo de tomada de decisão. Outras alternativas, como, por exemplo, as armadilhas de sedimentação, dadas por meio do aprofundamento da calha nas áreas planas ao longo do rio, a fim de que ocorra sedimentação natural (sem adição de produtos químicos), forneceram a mesma baixa eficiência e impactos ambientais significativos, sendo assim também não foram contempladas.

Premissas Alternativa 2

- A velocidade de sedimentação das partículas em suspensão que produzem turbidez como, por exemplo, o silte, está na ordem de 0,01 cm/s e a mesma depende do diâmetro da partícula (TOMAZ, 2013). Partículas de menores dimensões possuem velocidades de sedimentação ainda menores, sendo que para argilas está na ordem de 1,3 cm/hora e o material coloidal 0,3 m/ano.
- Conforme apresentado na Seção 5.1.9, a vazão média a montante do Trecho 9 é de 5,4 m³/s e a jusante de 13,2 m³/s. Desta maneira, para os cálculos de viabilidade foi utilizada uma vazão da ordem de 10 m³/s – Frequências da ordem de 40% na foz do rio Gualaxo do Norte, de acordo com o conteúdo apresentado na Seção 5.1.9.1.

- O tempo de sedimentação se dá em função da profundidade e a velocidade de sedimentação. Para profundidades da ordem de 3 m, no caso apenas do silte, será necessário um tempo de sedimentação de mais de 8 horas.
- O tempo de detenção nas armadilhas de sedimentos ou reservatórios de sedimentação 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 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ no Trecho 9, a velocidade da água pode ser estimada em $0,33 \text{ m/s}$ (profundidade de 3 m e largura 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 9.600 m.
- Finalmente, observa-se a necessidade de uma área nas planícies aluvionares extremamente extensa para implantar a bacia de sedimentação próxima ao rio capaz de sedimentar a fração de silte da água (10 m x 9.600 m). Se o intuito fosse sedimentar a fração de argila, o comprimento da bacia de sedimentação seria ainda maior.
- Para construção de sistemas off-line considera-se necessário construir reservatórios nas planícies de inundação. O volume a ser removido está na ordem de: 290.000 m^3 .
 - Capacidade do caminhão: 12 m^3 ;
 - Número de caminhões: 30 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 50 viagens por dia;
 - Disposição de solo em Bota-Fora: $1.800 \text{ m}^3/\text{dia}$;
 - Tempo necessário: 7 meses de obra (7 meses para remoção e obra, 22 dias úteis / mês).
- Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para o empreendimento, incluindo as áreas de disposição de rejeito decantado.
- Tempo de operação: até a turbidez voltar ao nível pré-evento da ordem de 50 NTU, sendo que aproximadamente 15% do tempo os níveis de turbidez podem se encontrar acima do limite legal de 100 NTU (ver **Anexo XII**).

Premissas Alternativa 3

- Esta alternativa contempla a implantação de um sistema de tratamento on-line, com a adição de flocculantes e coagulantes na calha do rio, possibilitando um aumento da velocidade de sedimentação das partículas que produzem turbidez.
- O processo FlotFlux® de tratamento é caracterizado como físico-químico avançado, que opera no fluxo natural do curso d'água (rio) com vazões e níveis variáveis, através das etapas de coagulação e floculação, com a dosagem de coagulantes e polímeros, e a posterior flotação dos flocos formados na etapa anterior, com a injeção de ar micropulverizado, resultando na formação de massa de lodo na superfície da água, que possibilita a remoção através equipamento mecânico flutuante, sem gerar acúmulo na calha fluvial. O mesmo deve ser disposto em áreas específicas e próximas para secagem/adensamento (DT-ENGENHARIA, 2017).
- A localização da estação de tratamento deve ser no rio Gualaxo do Norte, antes da confluência com o rio do Carmo. A escolha da localização deve-se ao grande porte da infraestrutura e necessidade de implantar o sistema no ponto mais a jusante possível do Trecho 9.
- O sistema possui uma alta eficiência, capaz de tratar a turbidez por mais de 95% do tempo (30 m³/s), permitindo o retorno da qualidade estética do rio, mas somente a jusante (DT-ENGENHARIA, 2017).
- Por meio de testes de bancada foi verificada a possibilidade de tratamento somente com a utilização das microbolhas para flotação dos colóides presentes na água, porém os resultados em jar-test não foram satisfatórios, não havendo a formação adequada de lodo flotado (DT-ENGENHARIA, 2017).
- Quanto aos produtos químicos utilizados nos ensaios de tratabilidade, os que apresentarem o melhor rendimento e eficiência foram: Policloreto de alumínio – PAC 12 (Coagulante) e Praestol K144 L (Polímero catiônico) (DT-ENGENHARIA, 2017).
- Durante os ensaios de tratabilidade das águas do rio Gualaxo do Norte também foram realizados testes de toxicidade da água bruta e da água tratada pelo

processo FlotFlux®, demonstrando que não houve aumento de toxicidade após o tratamento (DT-ENGENHARIA, 2017).

- Possibilidade da reutilização do lodo flotado do rio como matéria prima para fabricação de tijolos ecológicos/piso intertravado, em camada de isolamento para aterro sanitário, entre outras (DT-ENGENHARIA, 2017).
- Necessidade de uma subestação de energia elétrica para garantir o funcionamento dos equipamentos com aeradores, sopradores e salas de bombas de recirculação que possuem um elevado consumo energético (DT-ENGENHARIA, 2017).
- Precisa de registro dos produtos químicos propostos no IBAMA já que é um tratamento on-line (equivalente a licenciamento simplificado para motivo do presente estudo).
- Toda a vazão do rio deve ser considerada no tratamento, e os componentes do rio são retirados do mesmo indiscriminadamente, incluindo poluentes e vida aquática, esterilizando o rio.
- Mesmo que o sistema seja on-line, existem diversas obras que serão realizadas nas planícies de inundação. O volume de rejeito a ser removido está na ordem de: 15.000 m³:
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;
 - Número de caminhões: 30 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 50 viagens por dia;
 - Disposição de solo em Bota-Fora: 1.800 m³/dia;
 - Tempo necessário: menos de 1 mês para remoção.
- Necessidade de licenciamento ambiental da alternativa e obtenção de registro no IBAMA para a aplicação dos produtos químicos no rio.
- Tempo de implantação (sem considerar licenciamentos): 1 ano.
- Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível pré-evento da ordem de 50 NTU, sendo que aproximadamente 15% do tempo os níveis de turbidez podem se encontrar acima do limite legal de 100 NTU (ver **Anexo XII**).

Premissas Alternativa 4

- Esta alternativa contempla a implantação de reservatórios de pequenas dimensões nas planícies aluvionares, 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. 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, recomenda-se a instalação do STN em locais 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 evitar bombeamento da água do rio.
- Considerando a geomorfologia do terreno conforme apresentado na Seção 5.1.4, observou-se a possibilidade de implantar STN off-line ao longo do rio Gualaxo do Norte em apenas dois locais ao longo do Trecho 9 (desconsiderando o local a montante do Trecho 9, 59 km da foz do rio Gualaxo do Norte, que já foi apresentado no Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8, como local de tratamento a jusante deste trecho): local a 14 km da foz do rio Gualaxo do Norte possui uma área disponível de 7,6 ha (capacidade de tratar nas bacias de sedimentação 85% do tempo, atendendo 100 NTU 90% do tempo, nesse ponto) e outro local a 48 km da foz, que possui uma área disponível de 5,4 ha (capacidade de tratar nas bacias de sedimentação 80% do tempo, atendendo 100 NTU 85% do tempo, nesse ponto) (**Anexo XII**).
- Os três locais em combinação (considerando o local a montante do Trecho 9, 59 km da foz do rio Gualaxo do Norte, que já foi apresentado no Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8, como local de tratamento a jusante deste trecho), poderiam fornecer tratamento distribuído para reduzir a turbidez e melhorar a qualidade da água por mais de 59 km da área de estudo.

- Aplicação dos produtos químicos para o tratamento da água não diretamente no rio, mas em um canal de alimentação por meio de um sistema de dosagem de químicos, que conflui para uma bacia de sedimentação, separada fisicamente por wetlands e bermas do rio Gualaxo do Norte.
- A água do rio, desviada por meio de uma estrutura de desvio, é tratada off-line nas bacias de sedimentação e se torna estéril.
- Entretanto, um by-pass leva água não tratada para a wetland, possibilitando a multiplicação dos organismos aquáticos já presentes no rio, atualmente, os quais serão reintroduzidos ao rio na descarga da wetland.
- Peixes e outros macrorganismos passam diretamente pela estrutura de desvio e wetlands, sem entrar em contato com produtos químicos.
- As wetlands, em série com as bacias de sedimentação, aceleram a recuperação da biodiversidade aquática e terrestre, atuando como viveiros.
- Apenas a estrutura de desvio é construída no rio, sendo as demais estruturas construídas nas planícies de inundação.
- O lodo dos produtos químicos e rejeito não são acumulados no rio, mas nas bacias de sedimentação. Este lodo é periodicamente removido das bacias de sedimentação e devidamente destinado como resíduo sólido (o mesmo é apenas acumulado nas bacias de sedimentação por períodos curtos, na ordem de dias).
- O efluente do STN estará com uma concentração de produtos químicos dentro dos padrões aceitáveis (testes de bancada a serem elaborados durante a execução do projeto executivo fornecerá o detalhamento desta premissa).
- Estima-se que as bermas das bacias de sedimentação isolem as mesmas do rio por períodos de retorno iguais ou superiores a 10 anos (**Anexo XII**). Além disso, considerando que haverá remoção periódica do material precipitado nas bacias de sedimentação, os parâmetros de qualidade da água devem estar abaixo dos valores admissíveis mesmo diante dos eventos de cheia que podem ressuspender o material precipitado (**Anexo XII**).
- Para construção de sistemas off-line, considera-se necessário realizar reservatórios nas planícies de inundação.
 - O volume a ser removido no site km 48 está na ordem de: 124.000 m³.
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;

- Número de caminhões: 30 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 50 viagens por dia;
 - Disposição de solo em Bota-Fora: 1.800 m³/dia;
 - Tempo necessário: 3 meses de obra (para remoção e obra, 22 dias úteis / mês).
- O volume a ser removido no site km 14 está na ordem de: 241.000 m³.
 - Capacidade do caminhão: 12 m³;
 - Número de caminhões: 30 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 150 viagens por dia;
 - Disposição de solo em Bota-Fora: 1.800 m³/dia;
 - Tempo necessário: 6 meses de obra (para remoção e obra, 22 dias úteis / mês).
- Tempo de implantação do STN off-line de até 6 meses para km 48 e em até 8 meses para km 14 (incluindo o prazo de remoção e comissionamento).
 - Necessidade de licenciamento ambiental por meio de estudos simplificados para o sistema de tratamento e para as áreas de disposição de rejeito.
 - Conforme discutido nas 19^a e 20^a reuniões da Câmara Técnica de Rejeitos, com a presença de representantes da Fundação Renova, SEMAD e IBAMA, no caso de sistemas off-line, foi indicado que a obrigatoriedade de registro de produtos químicos no IBAMA não se aplica. No que diz respeito à formalização de dispensa ou não de registro de produtos químicos, ficou a cargo do órgão responsável. Os resultados dos testes de bancada a serem realizados durante a execução do projeto executivo, auxiliarão no entendimento do potencial de ecotoxicidade e impactos dos mesmos. Em função destas considerações, assume-se que não há necessidade de registro dos produtos químicos propostos no IBAMA já que se trata de um sistema off-line, porém ainda está carente de uma formalização por ofício por parte do órgão responsável.
 - Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível pré-evento da ordem de 50 NTU, sendo que 15% do tempo os níveis de turbidez podem se encontrar acima do limite legal de 100 NTU (ver **Anexo XII**).

















Premissas Alternativa 5

- Esta alternativa contempla o monitoramento ambiental periódico da qualidade da água.
- Tempo de implementação: imediato.
- Esta alternativa depende integralmente do manejo dos rejeitos nos demais contextos para atingir os objetivos de redução da turbidez.
- Tempo de implementação: Até a turbidez voltar ao nível pré-evento da ordem de 50 NTU, sendo que aproximadamente 15% do tempo os níveis de turbidez podem se encontrar acima do limite legal de 100 NTU (ver **Anexo XII**).

8.11.4 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 90 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

Tabela 90 – Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Água do Rio Gualaxo do Norte

ALTERNATIVA	EFETIVIDADE EM REALIZAR OS OBJETIVOS	VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA	IMPACTOS E RISCOS DO MANEJO	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO
2. Reservatórios ou armadilhas off-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água;	2 	3 	3 	3 	2x3x4x3=72
3. Tratamento on-line, na foz do rio Gualaxo, utilizando adição de produtos químicos e monitoramento da qualidade da água;	3 	3 	2 	2 	3x3x2x2=36
4. Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água;	4 	3 	3 	4 	4x3x3x4=144
5. Monitoramento da qualidade da água	2 	5 	5 	2 	2x5x5x2=100

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 2 – Os tratamentos sem adição de produtos químicos precisam de reservatórios de grandes dimensões a ter capacidade suficiente para tratar toda a vazão do rio, com tempos de detenção consideráveis da ordem de “dias”. Considerando a geomorfologia do terreno (conforme apresentado na Seção 5.1.4), observou-se a impossibilidade de implantar grandes reservatórios nas planícies aluvionares ao longo do rio Gualaxo do Norte no Trecho 9. Desta maneira, ao ser implementado em locais de menores dimensões a eficiência do tratamento será extremamente baixa e apenas nos períodos de estiagem. Por esta razão foi concedida a nota 2.
- Alternativa 3 – O tratamento on-line, com adição de floculantes no rio, será capaz de tratar a turbidez por mais de 95% do tempo ($30 \text{ m}^3/\text{s}$). Porém, devido ao alto custo do investimento e infraestrutura envolvida, o tratamento apenas é viável quando implementado na foz do rio Gualaxo do Norte, ou seja, esta alternativa não trata a parte alta da bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte, o que dificultaria a rápida restauração da biodiversidade aquática e restauração do uso da água, devido à falta de tratamento a montante. Portanto, foi concedida a nota 3.
- Alternativa 4 – O sistema de tratamento natural off-line será capaz de tratar a turbidez entre 90% e 85% do tempo em três pontos ao longo do Trecho 9 (incluindo o local recomendado no Volume 1 -Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8). Deverá ser avaliada a ressuspensão e reincorporação dos rejeitos finos já decantados associadas às cheias com períodos de retorno superiores a 10 anos, considerando que as bacias de sedimentação com adição de produtos químicos encontram-se localizadas nas planícies aluvionares. Por possuir o by-pass para dar passagem à vida aquática e wetlands como viveiros, o sistema permitirá uma acelerada restauração da biodiversidade aquática. Portanto, foi concedida a nota 4.
- Alternativa 5 – O monitoramento da qualidade da água do rio Gualaxo do Norte não prevê nenhum tratamento. Esta alternativa depende integralmente do manejo dos rejeitos nos demais contextos, para eficiente redução da turbidez. Conforme apresentado na Seção 6, observam-se tendências de diminuição dos

níveis de turbidez, chegando no período de seca a valores da ordem de 100 NTU. Além disso, no caso de execução das obras, haverá uma elevação temporária dos níveis de turbidez (durante a execução das obras no período de seca), que não pode ser minimizada com a presente alternativa. Dessa forma, a pontuação foi 2.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 2 – As armadilhas de sedimento ou reservatórios off-line são tecnicamente e administrativamente viáveis. A construção é off-line e sem estruturas de concreto, mas precisa de uma estrutura de desvio no rio similar às barragens de irrigação. Todas as estruturas são simples e com acesso para caminhões. A remoção de volumes de material maior que 100.000 m³ envolvendo áreas de empréstimo, áreas de disposição e obras grandes: Nota 3. Por exigir intervenções no rio para desvio de uma parcela de vazão, precisam de autorização no IGAM para execução, além do licenciamento ambiental, incluindo as áreas de disposição do rejeito a serem retidos e removidos. Neste caso foi considerado que os estudos e aprovações a serem realizados possuem um equivalente a licenciamento ambiental com estudos simplificados (Nota 4). Portanto, foi concedida a nota final de 3 (menor das duas notas concedidas).
- Alternativa 3 – O tratamento on-line, com adição de floculantes no rio, é tecnicamente viável; existem acessos para caminhões, mas exige a instalação de uma subestação elétrica para garantir o funcionamento, pelo que deverá ser verificada a capacidade do sistema de transmissão de energia existente. Remoção de volumes de material menor que 100.000 m³ (Nota 4). Devido à utilização de produtos químicos dentro do rio (tratamento on-line), os produtos a serem utilizados deverão ser aprovados pelos órgãos ambientais. Além disso, por possuir intervenções na calha será necessária autorização do IGAM, além do licenciamento da alternativa e das áreas de disposição final de rejeito. A instalação de uma subestação, pode acarretar a necessidade de novas linhas de transmissão de energia, pelo que deverá ser realizado um licenciamento ambiental de até 2 anos (licenciamento ambiental com estudos de impacto ambiental tipo RCA/PCA): Nota 3. Portanto, concedeu-se a nota 3 (menor das duas notas concedidas).

- Alternativa 4 – O sistema de tratamento natural off-line é tecnicamente e administrativamente viável e possui acesso para caminhões em ambos locais (km 14 e km 48 desde a foz do rio Gualaxo do Norte). A construção é nas planícies aluvionares e sem grandes estruturas de concreto, mas precisa de uma estrutura de desvio no rio, similar às barragens de irrigação, exigindo outorga do IGAM para sua execução. A remoção de volumes de material maior que 100.000 m³ envolvendo áreas de empréstimo, áreas de disposição e obras grandes: Nota 3. Além da autorização no IGAM, precisa de licenciamento do projeto como um todo, incluindo as áreas de disposição final de rejeito. A implementação administrativa desta alternativa é mais fácil do que a alternativa 3, já que por ser tratamento off-line não precisa de licenciamento de produtos químicos. Neste caso foi considerado que os estudos e aprovações a serem realizados possuem um equivalente a licenciamento ambiental com estudos simplificados (Nota 4). Portanto, foi concedida a nota 3.
- Alternativa 5 – O monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte, é tecnicamente e administrativamente viável, pois não envolve obras e autorização específica, dessa forma, foi concedida a nota 5.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 2 – Os reservatórios ou armadilhas de sedimentos off-line sem adição de produtos químicos precisam de estrutura de desvio sem alterar a dinâmica natural. Além disso, é uma tecnologia envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³, podendo causar supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso e sem gerar turbidez: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 3 – Para os sistemas on-line, uma vez aplicados os produtos químicos para tratamento da água, a mesma permanece esterilizada na sua totalidade. Uma unidade de tratamento do rio do grande porte deverá ser construída nas planícies, com grandes obras intracalha. A necessidade de uma subestação elétrica, implica em obras de transmissão de energia. O processo de descomissionamento é complexo devido às grandes estruturas a serem

implantadas as quais não podem ser utilizadas para outros fins. Portanto, concedemos a Nota 2 (“impacto alto”).

- Alternativa 4 – O sistema de tratamento natural off-line, possui uma pequena área de represamento devido às estruturas de desvio com altura entre 1 e 2 m sem alterar a dinâmica natural; os produtos químicos não ingressam no rio na operação normal e os wetlands aceleram a recuperação da biodiversidade aquática e terrestre atuando como viveiros. Produtos químicos podem ingressar no rio nos eventos extremos de cheias e deverá ser avaliado o impacto (reduzido devido aos períodos de retorno superiores a 10 anos e considerando que o material precipitado é removido com frequência diária/semanal). Além disso, é uma tecnologia envolvendo a remoção de volumes de material por volta de 100.000 m³, podendo causar supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso e sem gerar turbidez: Nota 3 (“impacto moderado”).
- Alternativa 5 – O monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo, não acarreta em impactos e riscos para a sua implementação. Nota 5 (“impacto desprezível”).

4. Tempo de implementação:

- Alternativa 2 - Os reservatórios ou armadilhas de sedimentos off-line, permite a implantação de pelo menos um sistema em um prazo de 7 meses, a recuperação a vida aquática acontece em simultâneo com a implantação do tratamento. Igualmente, exige licenciamento ambiental simplificado de 1 ano. Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo): Nota 4.
- Alternativa 3 – Devido porte das obras, implica um licenciamento ambiental de 1 a 2 anos até a permissão de instalação, além de até 1 ano para a implantação. Igualmente deverá ser considerado um prazo de pelo menos 1 ano uma vez finalizado o tratamento, para recuperação da vida aquática, uma vez que enquanto o tratamento é aplicado o mesmo esteriliza a água, dificultando a recuperação do ecossistema. Tempo até atingir todos os objetivos específicos é de cerca de 4 anos (longo prazo): Nota 2.

- Alternativas 4 - O sistema de tratamento natural off-line permite a implantação de pelo menos um sistema em um prazo de 6 meses, a recuperação a vida aquática acontece em simultâneo com a operação do tratamento. Igualmente, exige licenciamento ambiental simplificado de 1 ano. Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 2 anos (curto prazo): Nota 4.
- Alternativa 5 - O monitoramento da qualidade da água do rio Gualaxo do Norte não prevê nenhuma obra e a sua implementação pode ser imediata. A recuperação a vida aquática acontece em simultâneo com as alternativas a serem implantadas nos outros contextos e com a redução dos níveis de turbidez aos valores pré-evento. A tendência mostra uma diminuição dos níveis de turbidez ao longo do tempo, as médias ainda se encontram acima dos 100 NTU, com valores chegando na ordem de 100 NTU no período seco conforme apresentado na Seção 5.1.7.2.2, com picos extremamente elevados de forma ocasional que podem coincidir com obras intracalha. Tempo até atingir todos os objetivos específicos por volta de 4 anos (longo prazo): Nota 2.

8.11.5 Medidas Corretivas Propostas

A Alternativa 4, “Tratamento off-line em três planícies ao longo do rio Gualaxo do Norte, utilizando Sistemas de Tratamento Natural (STN) off-line”, teve a maior pontuação. Esta alternativa obteve uma pontuação significativamente maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos. Com relação à Alternativa 5 “Monitoramento da qualidade da água”, no que diz respeito ao atendimento dos objetivos específicos e tempo de implementação até atingir os objetivos específicos, na circunstância que não forem realizadas obras intracalha, a pontuação nestes quesitos subiria de 2 para 4, passando a ser a alternativa com maior pontuação. Desta maneira, considera-se que a necessidade de implantar a Alternativa 4, encontrara-se atrelada à decisão de realizar obras intracalha. Por outro lado, recomenda-se validar a tendência de diminuição dos níveis de turbidez para valores na ordem ou abaixo dos 100 NTU no próximo período seco, enquanto se desenvolve o projeto de detalhamento da Alternativa 4.

8.11.6 Alternativas complementares para aceleração da recomposição do ecossistema aquático

Estas alternativas complementam a alternativa selecionada para tratamento da água visando a redução dos níveis de turbidez e focam na recomposição do ecossistema aquático. Elas não serão submetidas ao processo de tomada de decisão, já que as mesmas são complementares ao tratamento da água para diminuição dos níveis de turbidez. A real eficiência das alternativas complementares ainda não foi avaliada, desta maneira todas elas encontram-se em fase de teste e de elaboração dos projetos detalhados. As alternativas complementares para aceleração da restauração da biodiversidade aquática estudadas são:

1. **Renaturalização do rio e monitoramento:** 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 materiais naturais, atuando como armadilhas para sedimentos e suporte para o desenvolvimento de organismos aquáticos. Importante destacar que essa alternativa de manejo está em fase de implantação em escala piloto nos Trechos 6 e 7 do PMR (APLYSIA, 2018).
2. **Sistemas naturais flutuantes:** Consiste na implantação de uma Estação de Tratamento Natural (ETN), composta por zonas úmidas em ilhas flutuantes, filtros orgânicos e degraus transversais (LIAMARINHA, s/d).
3. **The Water Cleanser (TWC):** Consiste em uma fonte natural de carbono orgânico e oligoelementos para bactérias benéficas que já se encontram presentes no meio ambiente. Após a introdução da tecnologia, estas bactérias iniciam sua multiplicação de forma exponencial, competindo por compostos nitrogenados, sulfatados e fosfatados, e isolando os metais pesados, algo significativo para o processo no rio em questão (O2ECO, 2018).

Considerações da Alternativa Complementar 1

- 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 (PINTO *et al*, 2016).

- 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 (PINTO *et al*, 2016).
- 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.
- No ambiente fluvial a madeira promove melhoria da qualidade da água através da oxigenação e ciclagem de nutrientes. A madeira dentro do rio também transforma leitos homogêneos 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 (PINTO *et al*, 2016).
- A renaturalização pode trazer benefícios, como: regulação do fluxo de água, retardamento do escoamento, melhoria e manutenção da qualidade da água, proteção das margens contra erosão, aumento da heterogeneidade e quantidade de habitats (APLYSIA, 2018).
- Os troncos e galhos de madeira servirão como substrato criando habitats para macroinvertebrados e organismos associados (perifíton), além de servirem como fonte de abrigo e alimentação para peixes e outros organismos aquáticos (BENKE e WALLACE, 2003; BENNETT e GILCHRIST, 2010; CULP ET AL., 1996; EXTENCE et al., 2013 *apud* APLYSIA, 2018).

Considerações da Alternativa Complementar 2

- Esta alternativa busca como resultado, diminuir sólidos suspensos, a turbidez e possíveis contaminantes orgânicos e inorgânicos, bem como, favorecer o restabelecimento da flora e fauna local, por meio de redução da velocidade do

fluxo das águas que contribui para sedimentar os sólidos suspensos e diminuir a turbidez (LIAMARINHA, s/d).

- O sistema proposto para auxiliar a redução da velocidade do fluxo das águas são os degraus transversais. Este sistema é construído utilizando pedras, troncos de árvores ou gabiões.
- Como apresentado na Seção 8.11.1, precisa-se de longos tempos de detenção da ordem de “dias” para permitir a sedimentação dos sólidos suspensos. Para isso, os degraus transversais propostos deveriam mudar a declividade longitudinal do rio suficientemente para aumentar o tempo de sedimentação, originando alagamentos em áreas que previamente eram secas e consequentemente alternando a hidrodinâmica natural do rio.
- Conforme indicado na Seção 8.11.3, para a Alternativa Complementar 2, além de impactar na hidrodinâmica natural do rio, este tipo de alternativa possui baixa eficiência para diminuir a turbidez e por isso é descartada para este fim.
- No entanto, os fornecedores desta tecnologia indicam favorecer o restabelecimento da flora e fauna local por meio de remediação biológica criando Zonas úmidas (Wetlands) com variedade de espécies endêmicas (macrófitas aquáticas nativas), ao longo do Trecho 9 utilizando ilhas flutuantes (LIAMARINHA, s/d).
- Além disso, propõe-se implantar filtros orgânicos em conjunto com as ilhas flutuantes que irão incrementar os processos de adsorção e absorção de metais pesados (LIAMARINHA, s/d).
- O crescimento e desenvolvimento de microrganismos favorecidos pela instalação de ilhas flutuantes construídas com macrófitas podem colaborar com a degradação dos poluentes na decomposição da matéria orgânica, na ativação dos processos biogeoquímicos e atuação sobre outros microrganismos presentes nas águas (LIAMARINHA, s/d).
- Acredita-se que poderia ser estudada a eficiência na regeneração da vida aquática desta alternativa por meio de estudos de viabilidade técnica, avaliando impactos no caso de ser necessária a instalação de ilhas flutuantes e degraus transversais, antes de proceder a estudos mais apurados.

Considerações da Alternativa Complementar 3

- Essa tecnologia consiste na bioestimulação por meio do desenvolvimento de bactérias seletivas (já presentes no próprio ambiente) que utilizam hidrocarbonetos presentes no meio, da mesma forma que as bactérias heterotróficas, aumentando a eficiência do tratamento (carbono orgânico e oligoelementos) sem a utilização de produtos químicos, o que ajuda na sustentabilidade do processo (O2ECO, 2018).
- Como todo processo microbiano, requer um período aproximado de 3 a 4 semanas para atingir seu potencial de combate e desenvolver uma população de bactérias suficiente para manter o sistema, a tecnologia fica então ativa pelo tempo de 3 a 6 meses dependendo das condições de cada local (O2ECO, 2018).
- Conforme O2ECO (2018), será necessário o tratamento no rio inteiro para a verificação completa da eficiência da tecnologia.
- Esta tecnologia possui 0 (zero) toxicidade e não prejudica a biota local, ao contrário, melhoraria a biota local (O2ECO, 2018).
- O foco desta tecnologia está na remediação dos reservatórios que se encontram eutrofizados ou com grande quantidade de cianobactérias ou algas filamentosas. Outra possibilidade de atuação é junto aos esgotos ou ETEs ineficientes das cidades que são banhadas pelo rio Doce (O2ECO, 2018).
- Ao longo do Trecho 9, não foram identificados reservatórios ou grandes áreas urbanas que aportem esgotos não tratados ao rio Gualaxo do Norte, desta maneira não é considerada necessária a implantação desta alternativa.

Considera-se que deverá ser realizado um estudo de viabilidade técnica da Alternativa Complementar 1, para avaliar o material disponível necessário para renaturalizar os 58 km do Trecho 9. Além disso, deverá ser levado em consideração que a largura nas áreas planas do Trecho 9 está na ordem de 15 a 20 m sendo necessário a utilização de troncos destas dimensões em grande escala. Por outro lado, deverão ser avaliados os impactos pela geração de remansos ao longo do curso hídrico. Recomenda-se uma avaliação crítica dos resultados dos testes iniciais a fim de avaliar a efetividade da mesma, considerando a geomorfologia do rio nestes trechos. Uma das possíveis consequências da instalação dessas estruturas de troncos e galhos

é o turbilhonamento local das águas, com o efeito adversos de revolver os rejeitos já depositados e, assim, fornecendo sólidos das frações finas e gerando turbidez no rio.

Com relação à Alternativa Complementar 2 (Sistemas Naturais Flutuantes), deverá ser avaliada e verificada a eficiência técnica para o aceleração da recomposição da vida aquática, assim como os potenciais impactos da implementação desta técnica, já que mudam de forma considerável a hidrodinâmica natural do rio.

A Alternativa Complementar 3 (The Water Cleanser) não atende às necessidades de acelerar a recuperação do ecossistema aquático ou a turbidez da água do rio, pois a mesma possui foco na remediação de sistemas que se encontram eutrofizados ou com grande quantidade de cianobactérias ou algas filamentosas.

9 Descrição das Alternativas de Manejo Seleccionadas

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 na Seção 8, conforme apresentadas na Tabela 91.

Tabela 91 – Impactos e Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 9 – Alternativa indicada destacada em **negrito**

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
A1. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • 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 complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento; 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.
A2. Depósitos sobre solos com atividade econômica em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão superficial das encostas • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e a restauração dos usos anteriores • 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 disciplinamento das drenagens e monitoramento; 2. Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento; 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.
B1. Depósitos sobre planícies com atividade econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo e restaurar os usos anteriores • 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, restituição das atividades agropecuárias e monitoramento; 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
B2. Depósitos sobre planícies com vegetação natural nativa	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre 	<ol style="list-style-type: none"> 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; 3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.
B3a. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e conectadas com o rio*	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático da lagoa; e • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio. 	<ol style="list-style-type: none"> 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; 3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento.
B3b. Depósitos em lagoas marginais remanescentes e isoladas do rio*	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação e melhoria do ecossistema aquático da lagoa; • Potencializar a funções ecológicas da lagoa; e • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio. 	<ol style="list-style-type: none"> 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; 3. Enriquecimento da vegetação de macrófitas com espécies nativas e monitoramento.
B4. Depósitos em lagoas soterradas*	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação da lagoa soterrada, (remoção do rejeito) possibilitando a recuperação do ecossistema aquático na lagoa; • Colaborar com a recuperação do ecossistema aquático no rio; ou • Regeneração da vegetação original das planícies possibilitando a recuperação do ecossistema terrestre. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, reconstituição do substrato, estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem e monitoramento; 2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas (planície) e monitoramento; 3. Monitoramento do ecossistema terrestre já reconstituído.
C1. Depósitos nas margens do leito fluvial.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoção mecânica do rejeito na margem e monitoramento - até que o rejeito esteja situado acima do nível normal do rio;

CONTEXTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ALTERNATIVAS DE MANEJO
	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático 	<p>2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas;</p> <p>3. Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.</p>
C2. Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado no leito fluvial, para o atendimento do padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (CONAMA nº 357/2005); • Promover a formação de um substrato granulometricamente estável; • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático. 	<p>1. Remoção mecânica do rejeito na margem e monitoramento - até que o calha, destinação para área de disposição ambientalmente adequada, reconstituição do substrato e monitoramento;</p> <p>2. Capeamento do rejeito na calha e monitoramento;</p> <p>3. Capeamento natural e monitoramento.</p>
Qualidade da Água**	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme CLÁUSULA 157 do TTAC) e mitigar os impactos das possíveis obras intracalha ao longo do rio Gualaxo do Norte; • Restauração da biodiversidade aquática; • Restauração do uso da água. 	<p>1. Reservatórios ou armadilhas on-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água;</p> <p>2. Reservatórios ou armadilhas off-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água;</p> <p>3. Tratamento on-line, na foz do rio Gualaxo do Norte, utilizando adição de produtos químicos e monitoramento da qualidade da água;</p> <p>4. Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água;</p> <p>5. Monitoramento da qualidade da água.</p>

Notas: *No caso das lagoas marginais, o processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas discutidas, pois as alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos por meio de Estudos Complementares.

**Será considerada para acelerar a recuperação ambiental da qualidade da água com base nos resultados do monitoramento hídrico e de biodiversidade (PMQQS) ou no caso de realização de obras intracalha (implantadas durante o período de seca) que aumentem os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte.

Com relação aos contextos B3a, B3b e B4 – Depósitos em lagoas marginais remanescentes conectadas, isoladas e lagoas soterradas, respectivamente, o processo de tomada de decisão não foi conclusivo para nenhuma das alternativas examinadas, pois as três alternativas apresentaram pontuações semelhantes. Desta maneira, recomenda-se um aprofundamento dos estudos (Fase 1B do fluxograma do Plano de Manejo de Rejeito) para

identificar a origem, efetiva função ecológica e contribuição das lagoas soterradas na recuperação do ecossistema aquático. Ademais, pode ser elaborado um projeto piloto para estabelecer a real contribuição ecológica dessas lagoas.

Com relação ao contexto C1 - Depósitos nas margens do canal fluvial, foram identificados pontos sem medidas de controle de erosão, com potencial instabilidade, que precisam de uma solução de manejo de rejeito. No entanto, os depósitos nas margens que já possuem medidas de controle de erosão não foram considerados no processo de tomada de decisão, uma vez que os mesmos já possuem uma alternativa de manejo executada e estão atendendo às expectativas de efetiva proteção.

Por outro lado, é importante ressaltar que a identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão e de disciplinamento de drenagens. Estas rotinas implicam em visitas periódicas, percorrendo as margens ao longo de todo o Trecho, avaliando o estado das obras implantadas e identificando locais com potencial de erosão. Para estes novos locais identificados com potencial de instabilidade, serão aplicadas as soluções de manejo escolhidas.

A alternativa selecionada para o contexto de depósito em leito fluvial C2 foi o “capeamento natural e monitoramento”, que consiste no acompanhamento de evolução do rejeito lavado ou *lag layer*. Para tal tomada de decisão, levou-se em consideração os dados de monitoramento executado dentro do Trecho 8, Volume 6 – Complementação da aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8 (JACOBS, 2018) que atualmente expressam o comportamento do *lag layer* durante evento de vazões intensas. As vazões elevadas foram compreendidas no período monitorado, resultantes de um evento de chuvas acumuladas em 24 horas com Tempo de Recorrência de 10 anos.

Dentro da área monitorada no Trecho 8 formou-se uma camada de rejeitos lavados com baixo potencial de disponibilização de frações finas para elevação da turbidez, isso porque a composição granulométrica do rejeito lavado é composta predominantemente por material de maior diâmetro (areias), se comparado ao rejeito inconsolidado, no qual predomina material fino, como o silte e argila. Essa camada de *lag layer* apresentou espessuras significativas na maioria dos pontos monitorados, embora haja casos de espessuras reduzidas que são incrementadas espontaneamente nas campanhas seguintes, e, efetivamente, reduzem as

probabilidades de remobilização total e a consequente exposição do rejeito inconsolidado subjacente.

Mesmo que vazões e velocidades das águas do rio Gualaxo do Norte neste trecho, em eventos extremos, com Tempos de Recorrência superiores a 10 anos, venham a ocorrer, o monitoramento das camadas de rejeito presentes no leito fluvial evidenciou que os períodos onde há a redução significativa ou eliminação do *lag layer* são extremamente breves – da ordem de horas ou dias. Como decorrência, a ressuspensão de frações finas da camada de rejeitos inconsolidados subjacentes ao *lag layer* também será restrita no tempo, e com frequência cada vez menor. Eventuais elevações da turbidez decorrentes da ressuspensão de frações finas do rejeito inconsolidado deverão ocorrer, mas em casos de episódios de chuvas e vazões respectivas cada vez menos frequentes e com menor tempo de duração, conforme descrito anteriormente.

Com relação à alternativa de manejo do Contexto - Qualidade da Água, conforme apresentado nas Seções 5 e 6, há tendências de diminuição dos níveis de turbidez tanto no período seco e quanto no chuvoso dos monitoramentos mais recentes (2017) se comparados com os valores do mesmo período dos anos anteriores (2015 e 2016). Além disso, existem sinais de recuperação da biodiversidade aquática, por meio de espécies pioneiras no processo de sucessão e de espécies tardias deste processo de sucessão (regeneração), embora em menor quantidade de espécie, o que pode indicar um processo de recolonização deste substrato.

Apesar da tendência de melhora na turbidez da água, as medições mais recentes de turbidez continuam majoritariamente acima dos valores de referência da CONAMA 357 para rios de Classe II, de 100 NTUs. Além disto, é de se esperar que sejam realizadas obras de controle de erosão, estabilização de margens, recuperação de lagoas e/ou obras intracalha que poderão causar aumento da turbidez no rio, provavelmente no período seco, onde um sistema para tratamento da água poderia atuar no controle da qualidade de água.

Desta forma foram avaliadas diferentes alternativas de manejo que atendem a necessidade de redução de turbidez no Trecho 9 onde a alternativa selecionada para o contexto de Qualidade da Água foi o “Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água”. Embora esta tecnologia foi selecionada como tendo maior eficácia em termos de tratamento da qualidade da água, e com menor impacto ambiental, quando comparada com outras tecnologias

de tratamento, vale ressaltar que o seu impacto não é insignificante. Os principais impactos ambientais são a supressão de vegetação nas planícies, a produção, transporte e destinação de lodo durante o processo de tratamento. Ou seja, a real necessidade da instalação de sistemas de tratamento ainda depende de vários fatores, a serem avaliados no futuro. Portanto, independentemente da realização de obras intracalha, recomenda-se validar a tendência de diminuição dos níveis de turbidez no próximo período seco, enquanto se desenvolve o projeto de detalhamento da alternativa selecionada.

É importante ressaltar, que a turbidez, a qual é relacionada diretamente com outros parâmetros de interesse como sólidos suspensos, sólidos totais e cor, no presente texto, é tomada como um indicador da qualidade ambiental e não apenas do recurso hídrico afetado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão, englobando também a qualidade do ecossistema aquático e a percepção social, que são beneficiados pela sua redução. Por constituir um parâmetro determinado numericamente, de fácil medição em campo, permitir uma avaliação visual qualitativa e ter padrões legais estabelecidos, se torna a referência mais frequente em todo o presente relatório e especialmente no que diz respeito nas medidas de manejo intracalha e de qualidade da água.

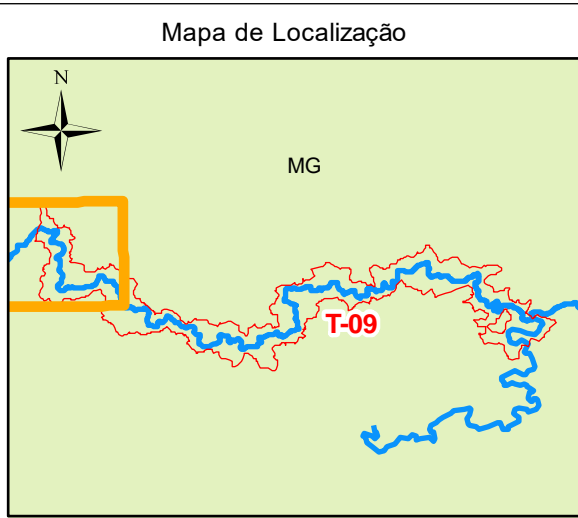
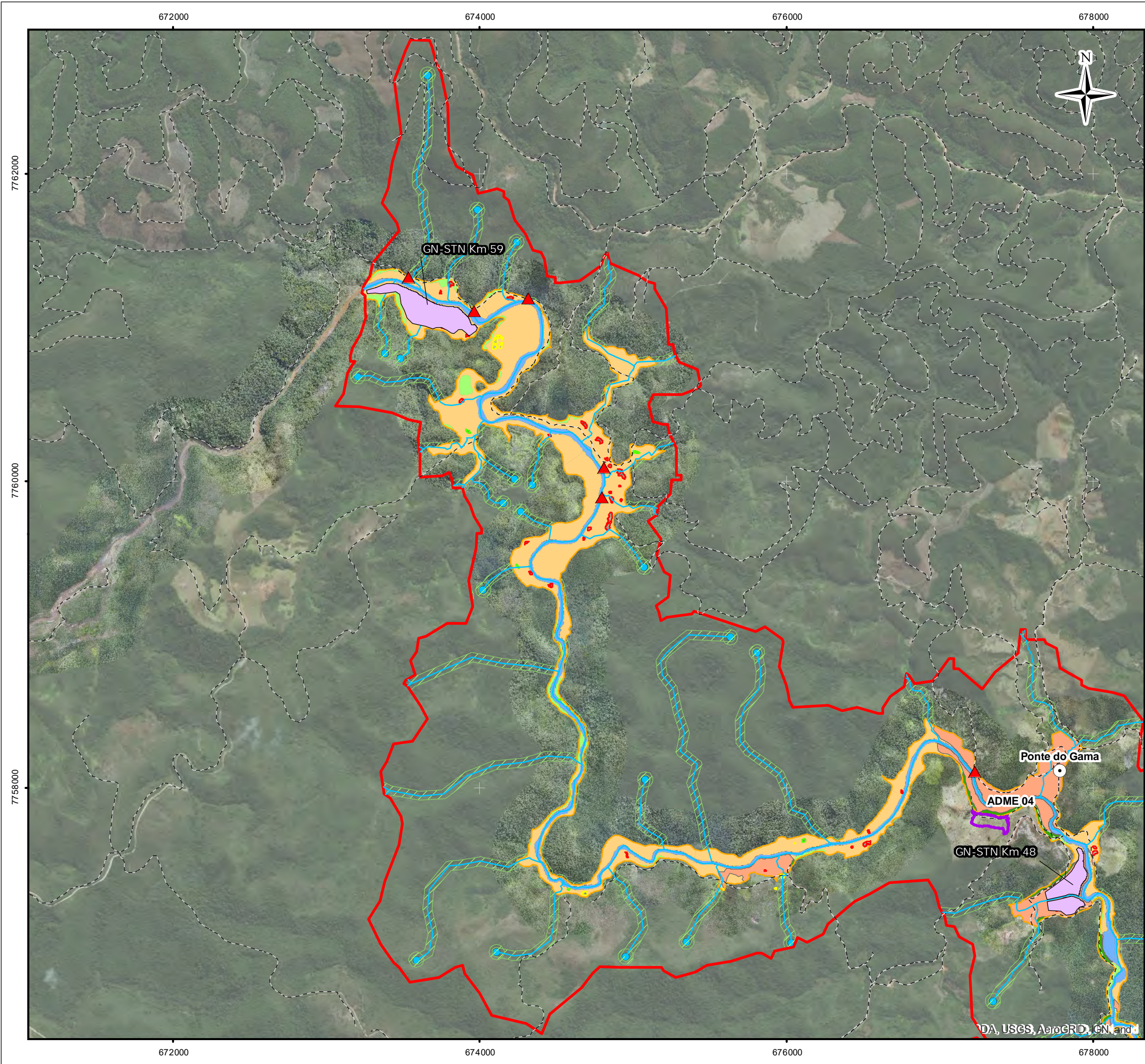
As comunidades existentes e impactadas no Trecho 9 são Ponte da Gama, Paracatu, Pedras e Campinas, no município de Mariana e Barreto e Gesteira no município de Barra Longa. Todas as comunidades foram atingidas pelo rejeito da barragem de Fundão, impactando tanto as vias de acesso como as edificações e infraestrutura. De forma emergencial, a Samarco já reconstruiu as pontes danificadas e as propriedades rurais estão sendo consideradas dentro do PG17 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias, que tem como objetivo dar suporte aos produtores para que cada propriedade impactada pelo rompimento da barragem volte a ser sustentável.

A aglomeração urbana de Paracatu de Baixo foi claramente impactada pelo evento e a comunidade de Gesteira foi impactada na parte urbana localizada na margem direita do rio Gualaxo do Norte.

Conforme apresentado na Seção 5.1.8.2, já existe um plano de reassentamento para as comunidades de Paracatu de Baixo e Gesteira determinado por processo participativo com acompanhamento das famílias impactadas. Desta maneira, a alternativa de manejo destas comunidades já foi escolhida e encontra-se em processo de validação e implantação, não sendo

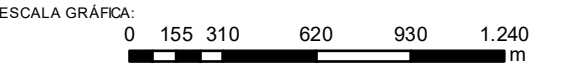
necessário considerar as comunidades como um contexto específico e consequentemente, não foram consideradas no processo de tomada de decisão.

Na Figura 198 encontra-se apresentado o conceito da aplicação do PMR no Trecho 9, indicando as alternativas de manejo por contexto. Na sequência são apresentadas as descrições conceituais das alternativas de manejo, sendo logo necessário na próxima etapa a elaboração do detalhamento de cada uma destas.



LEGENDA:

- Trecho 9
- Área Impactada - Trecho 9
- Curso d'água
- Acessos
- Áreas de Preservação Permanente Hídricas
- Nascentes
- Margens identificadas com potencial de instabilidade:
- Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas.**
- Sistema de Tratamento Natural Off-Line* (km-59 considerado no Trecho 8)
- Calha
- Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade: Capeamento natural e monitoramento
- Vegetação Natural
- Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
- Planícies vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
- Comunidades Afetadas
- Atividade Econômica
- Encostas: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
- Planícies: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
- Lagoas Marginais identificadas em Jun/Jul 2017:
- Lagoas conectadas ao rio: Necessidade de estudos complementares;
- Lagoas isoladas do rio: Necessidade de estudos complementares;
- Lagoas soterradas: Necessidade de estudos complementares.
- Área de Disposição de Rejeito
- Áreas de Disposição de Rejeito - ADME



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* Apenas serão consideradas no caso de implementação de medidas de manejo intracalha que aumentem os níveis de turbidez de forma artificial.

** A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

JACOBS ch2m:

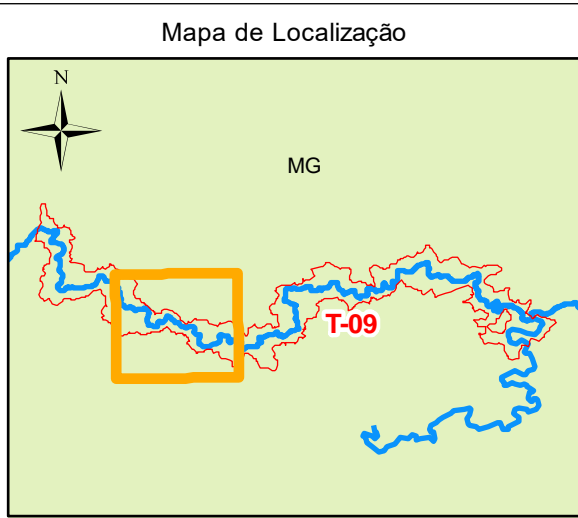
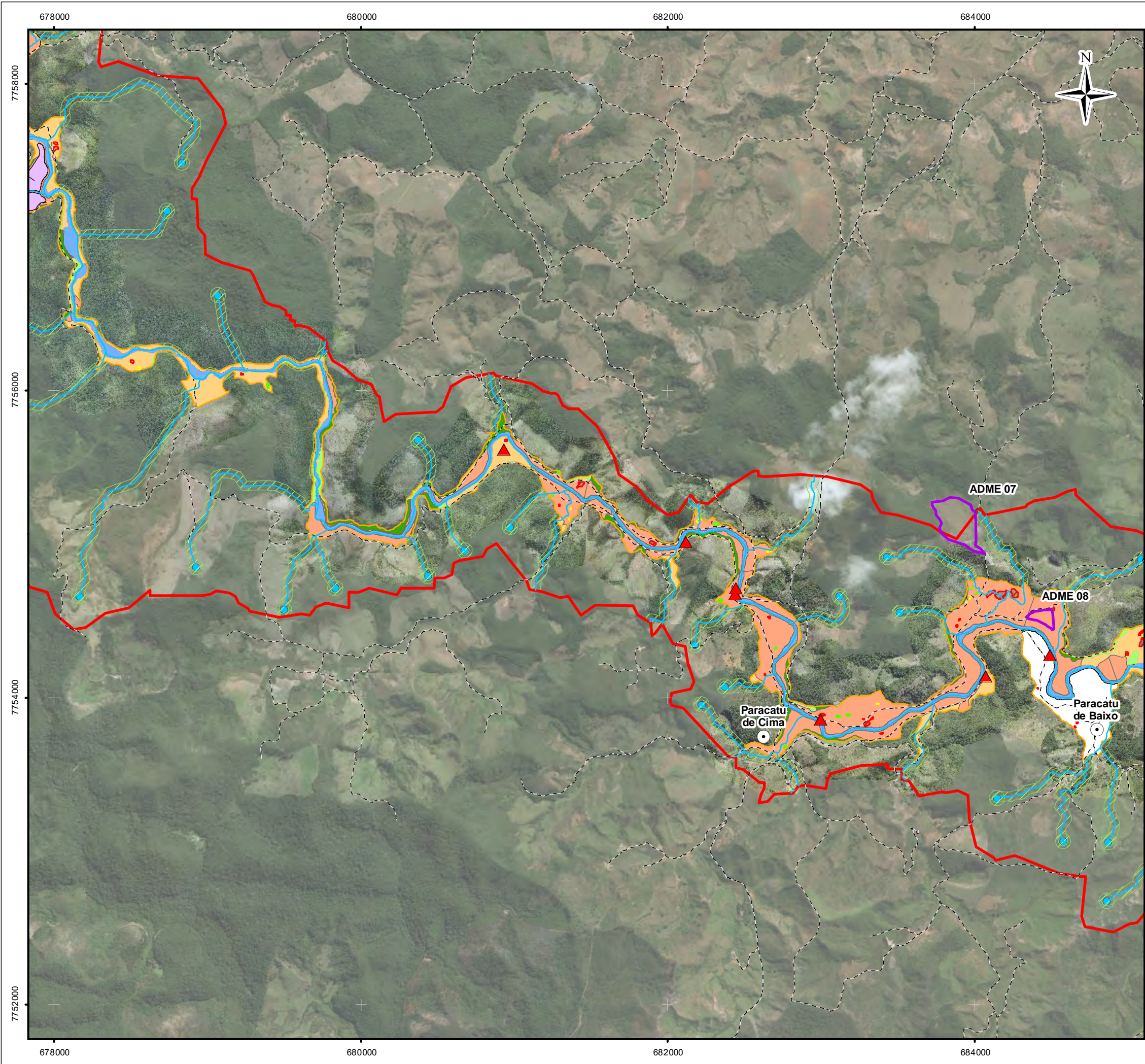
TÍTULO:

Figura 198
Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos - 1 de 5

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	21/08/2018	RU	EL	MB	RA0



LEGENDA:

Trecho 9

Área Impactada - Trecho 9

Curso d'água

Acessos

Áreas de Preservação Permanente Hídricas

● Nascentes

▲ Margens identificadas com potencial de instabilidade: Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas.**

Sistema de Tratamento Natural Off-Line* (km-59 considerado no Trecho 8)

Calha

Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade: Capeamento natural e monitoramento

Vegetação Natural

Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento

Planícies vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento

● Comunidades Afetadas

Atividade Econômica

Encostas: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento

Planícies: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento

Lagoas Marginais identificadas em Jun/Jul 2017:

S Lagoas conectadas ao rio: Necessidade de estudos complementares;

S Lagoas isoladas do rio: Necessidade de estudos complementares;

S Lagoas soterradas: Necessidade de estudos complementares.

Área de Disposição de Rejeito

Áreas de Disposição de Rejeito - ADME

ESCALA GRÁFICA:

0

155

310

620

930

1.240

m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* Apenas serão consideradas no caso de implementação de medidas de manejo intracalha que aumentem os níveis de turbidez de forma artificial.

**A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou ocm necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

JACOBS

ch2m

TÍTULO:

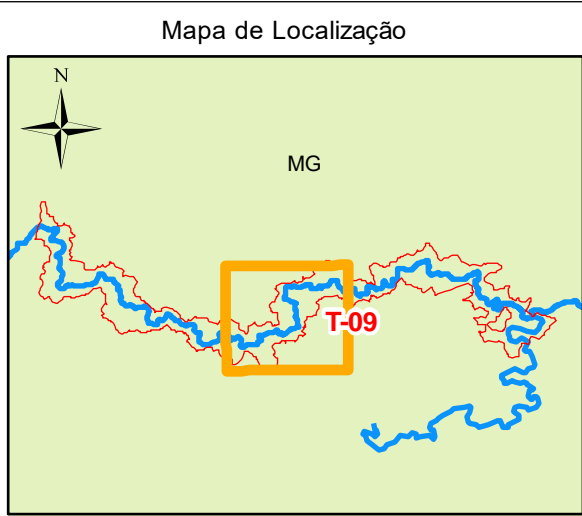
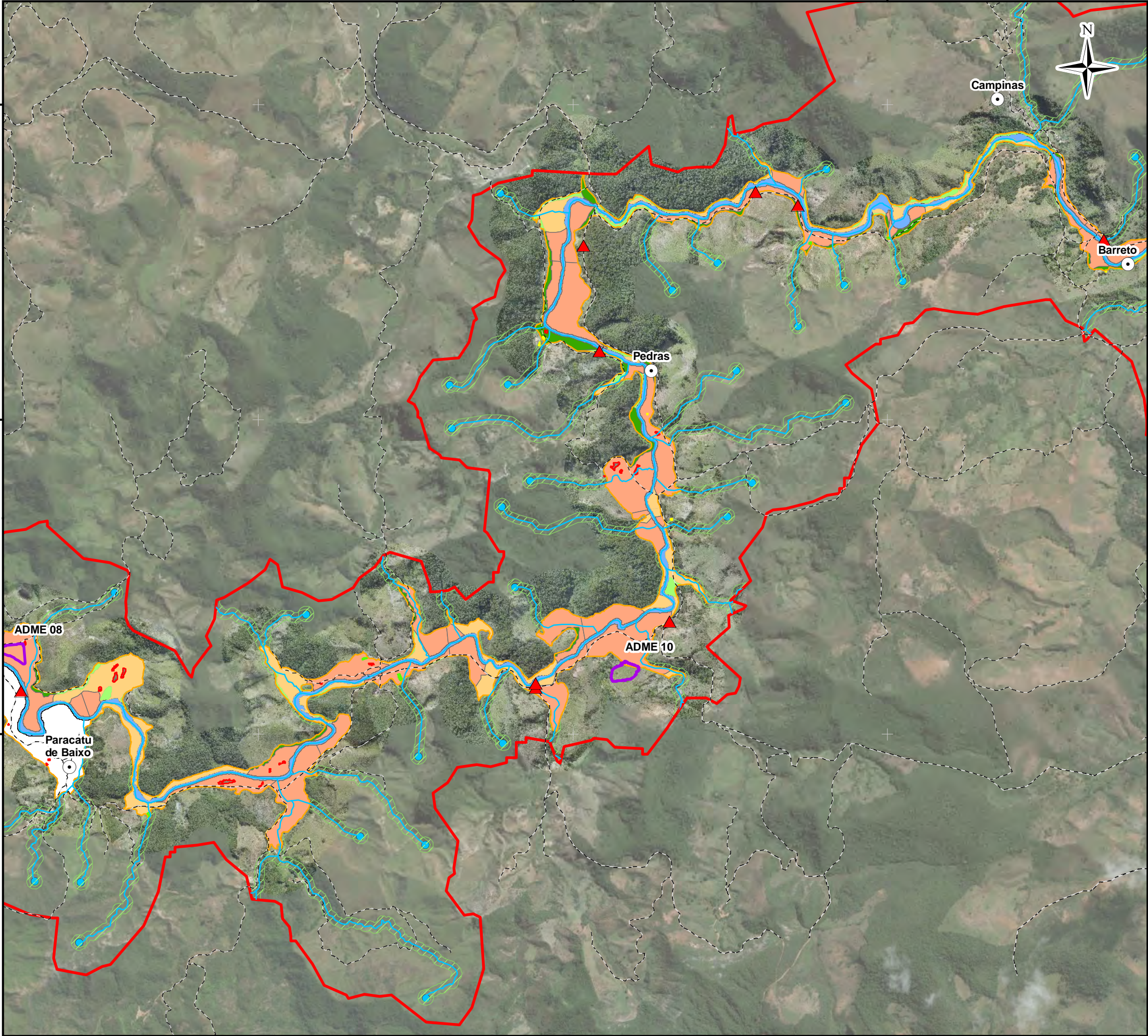
Figura 198
Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos - 2 de 5

PROJETO:

Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

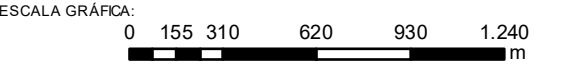
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	21/08/2018	RU	EL	MB	RA0

Figura 198 - Conc Aplic Plano de Manejo_R1



LEGENDA:

- Trecho 9
- Área Impactada - Trecho 9
- Curso d'água
- Acessos
- Áreas de Preservação Permanente Hídricas
- Nascentes
- Margens identificadas com potencial de instabilidade: Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas.**
- Calha
 - Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade: Capeamento natural e monitoramento
- Vegetação Natural**
 - Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
 - Planícies vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
- Comunidades Afetadas
- Atividade Econômica**
 - Encostas: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
 - Planícies: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
- Lagoas Marginais identificadas em Jun/Jul 2017:**
 - Lagoas conectadas ao rio: Necessidade de estudos complementares;
 - Lagoas isoladas do rio: Necessidade de estudos complementares;
 - Lagoas soterradas: Necessidade de estudos complementares.
- Área de Disposição de Rejeito**
 - Áreas de Disposição de Rejeito - ADME



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* Apenas serão consideradas no caso de implementação de medidas de manejo intracalha que aumentem os níveis de turbidez de forma artificial.

** A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.



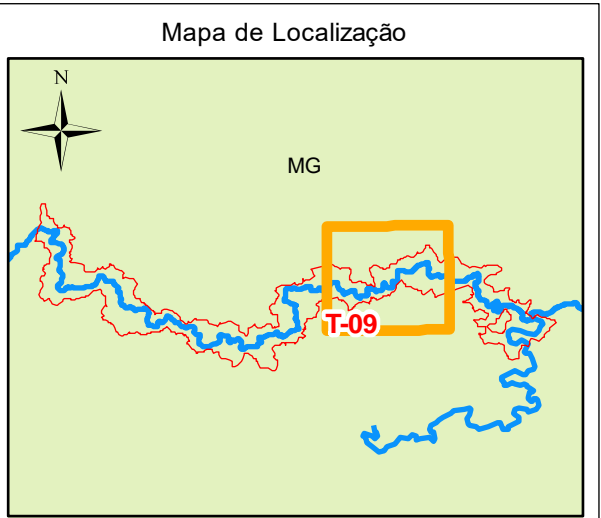
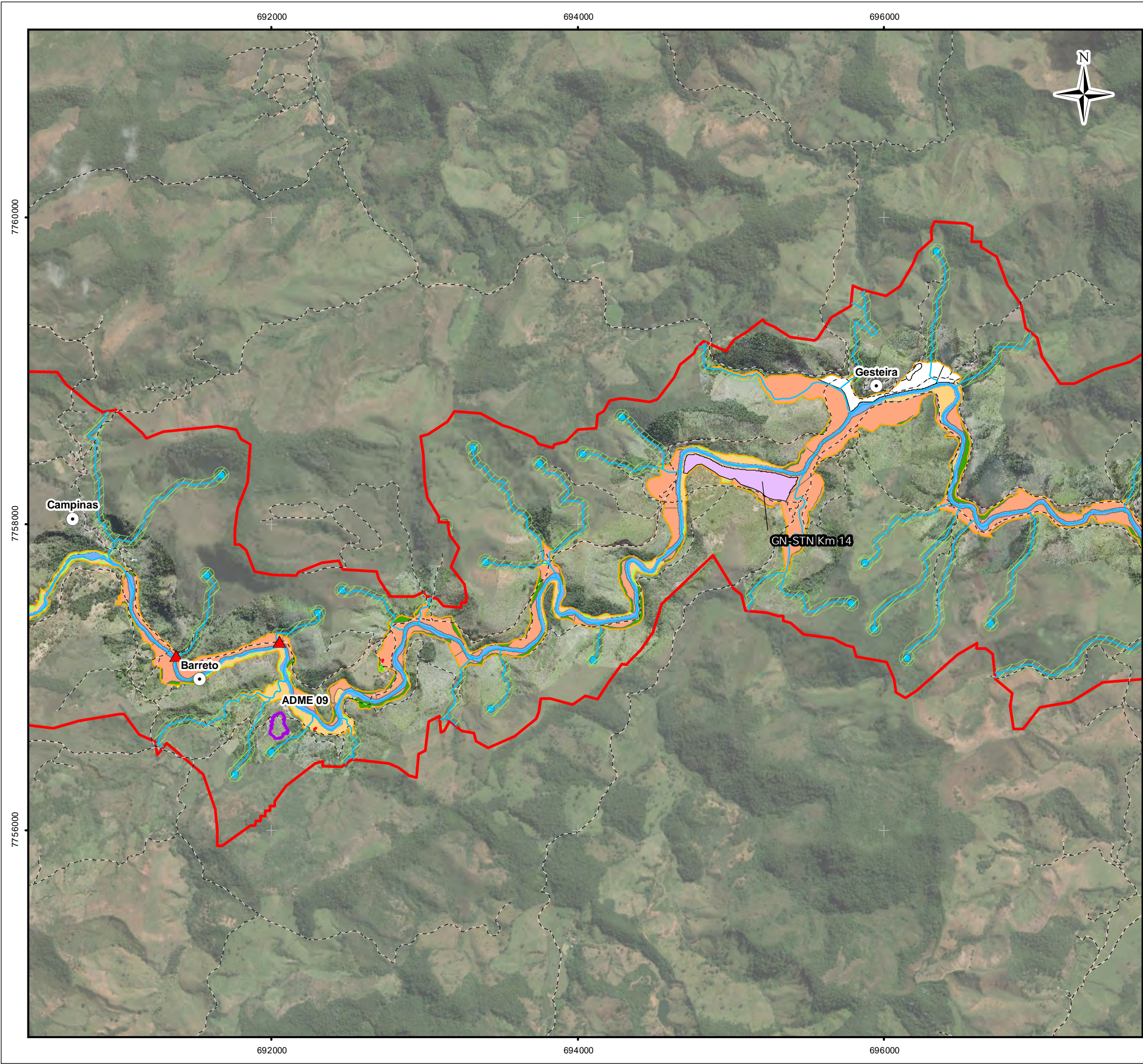
TÍTULO:

Figura 198
Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos - 3 de 5

PROJETO:

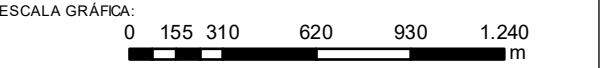
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	21/08/2018	RU	EL	MB	RA0



LEGENDA:

- Trecho 9
- Área Impactada - Trecho 9
- Curso d'água
- Acessos
- Áreas de Preservação Permanente Hídricas
- Nascentes
- Margens identificadas com potencial de instabilidade:
- Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas.**
- Sistema de Tratamento Natural Off-Line* (km-59 considerado no Trecho 8)
- Calha
- Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade: Capeamento natural e monitoramento
- Vegetação Natural
- Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
- Planícies vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento
- Comunidades Afetadas
- Atividade Econômica
- Encostas: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
- Planícies: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
- Lagoas Marginais identificadas em Jun/Jul 2017:
- Lagoas conectadas ao rio: Necessidade de estudos complementares;
- Lagoas isoladas do rio: Necessidade de estudos complementares;
- Lagoas soterradas: Necessidade de estudos complementares.
- Área de Disposição de Rejeito
- Áreas de Disposição de Rejeito - ADME



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

* Apenas serão consideradas no caso de implementação de medidas de manejo intracalha que aumentem os níveis de turbidez de forma artificial.

**A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou ocm necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão.

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

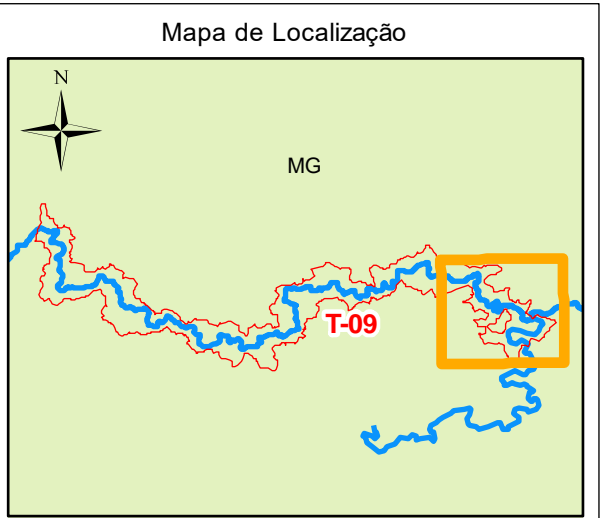
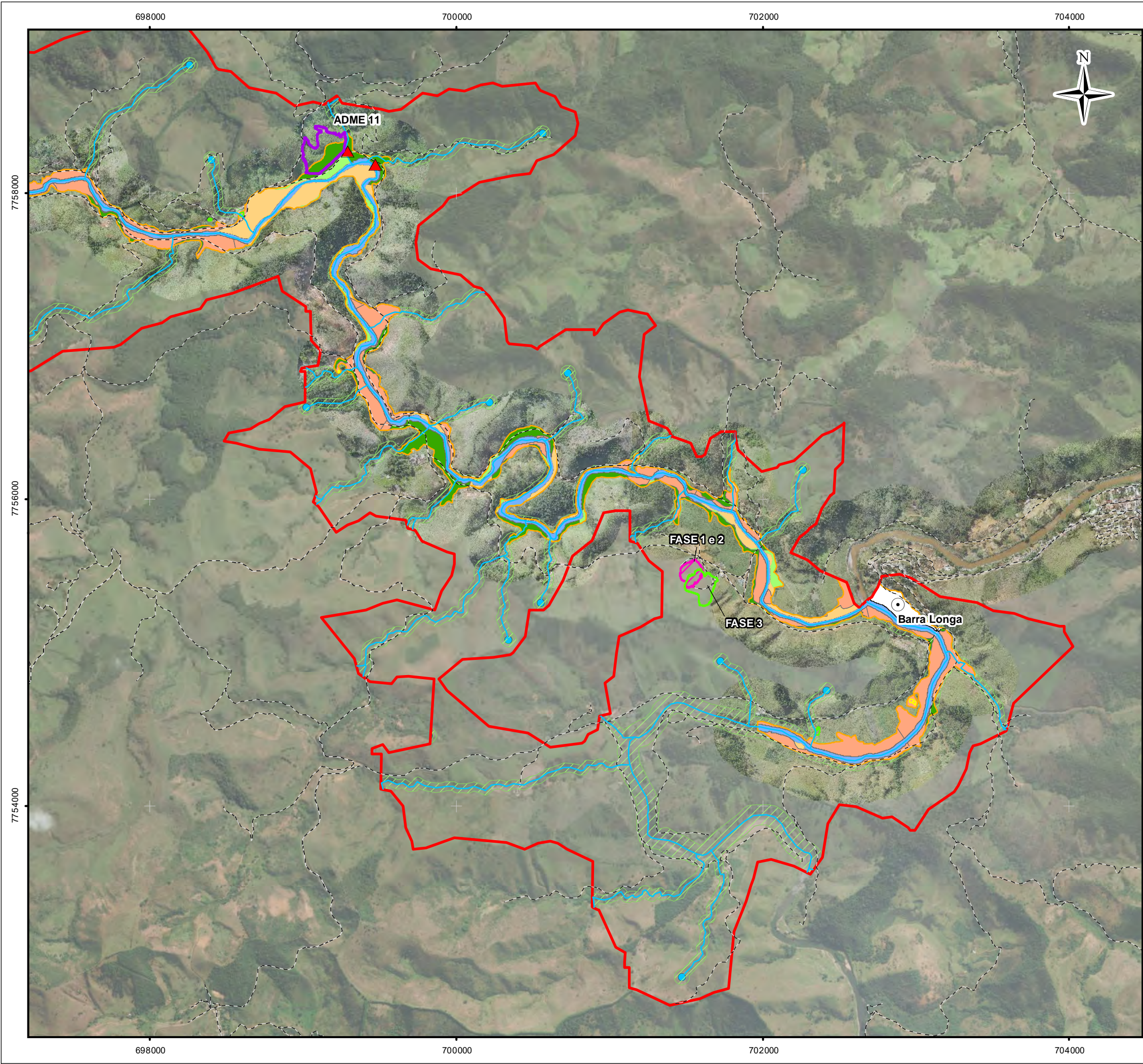
JACOBS ch2m:

TÍTULO: Figura 198
Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos - 4 de 5

PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA: 1:25.000	DATA: 21/08/2018	PROJ.: RU	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RAO
------------------	------------------	-----------	------------	------------	-----------

Figura 198 - Conc Aplic Plano de Manejo_R1



LEGENDA:

Trecho 9
Área Impactada - Trecho 9
Curso d'água
Acessos
Áreas de Preservação Permanente Hídricas
Nascentes
Margens identificadas com potencial de instabilidade:
Medidas de controle da erosão na margem e monitoramento e manutenção das mesmas.**

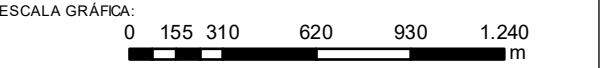
Calha
Depósitos no leito fluvial em fase de estabilidade: Capeamento natural e monitoramento

Vegetação Natural
Encostas com vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas e monitoramento
Planícies vegetação natural: Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens e monitoramento

Comunidades Afetadas
Atividade Econômica
Encostas: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento
Planícies: Condicionamento do solo, complementação do disciplinamento das drenagens, restituição das atividades agrícolas e monitoramento

Lagoas Marginais identificadas em Jun/Jul 2017:
Lagoas conectadas ao rio: Necessidade de estudos complementares;
Lagoas isoladas do rio: Necessidade de estudos complementares;

Área de Disposição de Rejeito
Áreas de Disposição de Rejeito - ADME
ADME Fazenda Vista Alegre (Fase 1 e 2)
ADME Fazenda Vista Alegre (Fase 3)



NOTAS:
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S
* Apenas serão consideradas no caso de implementação de medidas de manejo intracalha que aumentem os níveis de turbidez de forma artificial.
** A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão.

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Imageamento por Drone, 2017.

JACOBS ch2m:

TÍTULO:
Figura 198
Conceito da Aplicação de Plano de Manejo de Rejeitos - 5 de 5

PROJETO:
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	21/08/2018	RU	EL	MB	RA0

9.1 Monitoramento (Aplicável a todos os Contextos)

Indicadores são informações quantificadas, com base em dados técnicos e científicos, usados na tomada de decisão e úteis como ferramentas de avaliação dos próprios processos (retroalimentação). 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, 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 à melhoria e retomada da função produtiva de áreas com atividades antrópicas e impactos em comunidades afetadas pelas medidas de recuperação.

Na Tabela 92 são listados os aspectos específicos de monitoramento para o manejo do rejeito nos Trecho 9.

Tabela 92 – Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito nos Trecho 9

PROGRAMA DE MONITORAMENTO	ASPECTO ESPECÍFICO NOS TRECHO 9.
<i>Indicadores de Recuperação de Habitats</i>	
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.
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.
<i>Indicadores Socioeconômicos</i>	
Retorno das atividades socioeconômicas.	Produtividade agrícola nas planícies.

O Plano de Manejo de Rejeito possui interfaces e correlação com vários programas da Fundação Renova, a destacar existem quatro programas com interface direta:

PG17: Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias no contexto do Desenvolvimento Rural Sustentável

- Este programa tem por objetivo promover a retomada das atividades agropecuárias nos estabelecimentos rurais impactados, localizados na Área Ambiental 1, considerando o contexto ambiental, econômico, social e cultural em que estão inseridos, sob o enfoque do Desenvolvimento Rural Sustentável.

PG25: Programa de Recuperação da Área Ambiental 1

- 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.
- Controlar emergencialmente os processos erosivos por meio de revegetação inicial, e temporária por meio do plantio de espécies de rápido crescimento, até junho de 2016.
- Realizar a recuperação ambiental da área impactada pela deposição de rejeitos, através de alternativas compatíveis ao uso e ocupação do solo, até março de 2020.

- Regularizar as calhas, margens e promover o controle de processos erosivos nos Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, bem como de seus formadores e tributários no trecho a montante da UHE Risoleta Neves, até dezembro de 2017.

PG26 e 27: Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Nascentes

- Programa de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Nascentes.

PG28: 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 estuarinas, costeiras e marinha impactadas, englobando as medidas de cunho reparatório e compensatório.

PG38: Programa de Investigação e Monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarinas, costeira e marinha impactadas

- Desenvolver e implementar um Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de água e sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos, contemplando equipamentos automatizados, coleta de amostras de água e sedimento e ensaios de laboratório.
- Planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções que vierem a ser realizadas para detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos de intervenções.
- O programa tem como objetivo também desenvolver e implementar soluções para monitoramento de água específicos como suporte para outros programas que requerem monitoramento pontual ou sistemático de água.

Dessa forma, tão logo os Programas mencionados apresentem os indicadores propostos, esses deverão ser incorporados nesse documento, em futuras revisões a serem definidas em conjunto com os órgãos ambientais.

Para as intervenções realizadas no âmbito do Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25) 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 Programa de Manejo de Rejeito (PG23), 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:

- Qualidade da água superficial: ferro, alumínio, manganês, turbidez, sólidos totais em suspensão e cor aparente definidos no PMQQS, escopo do programa PG38.

- Qualidade do sedimento: Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais, metais totais e indicadores biológicos definidos no PMQQS, escopo do programa PG38.
- 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 Enriquecimento da Vegetação com Espécies Nativas em Planícies e Encostas com Vegetação Natural (Aplicável aos Contextos A1 e B2)

A deposição de rejeito sobre substratos com vegetação florestal nativa nas planícies e encostas causou a supressão da vegetação e consequente aumento do potencial de erosão do solo, sendo imprescindível a implantação de medidas de restauração florestal nestas áreas, como etapa posterior às ações de disciplinamento de drenagens e bioengenharia já implementadas pela Fundação Renova.

De forma natural, a recomposição do ecossistema e a recuperação da biodiversidade são improváveis de ocorrer no curto prazo. É possível verificar que nas áreas onde foram realizadas a revegetação emergencial e a regeneração natural apresentam-se recobertas predominantemente por espécies herbáceas e arbustivas, com poucos indicativos de processos de regeneração de sucessão florestal.

É sugerido que os plantios de enriquecimento utilizem espécies nativas de ocorrência regional, dentre aquelas identificadas nos levantamentos florísticos, contemplando estratos presentes de fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual, com espécies de preenchimento e de diversidade, com representantes zoocóricas, para ajudar na polinização e regeneração destas áreas. É de importância que durante a elaboração do detalhamento desta alternativa seja avaliada a disponibilidade de mudas nativas.

Nos espaços não ocupados pela vegetação existente ou regeneração natural com baixa densidade de vegetação arbustivo-arbórea, ou em áreas de borda de fragmentos e clareiras, recomenda-se o plantio de espécies iniciais da sucessão ecológica (plantio de adensamento), visando controlar a expansão de espécies invasoras/agressoras e promover o sombreamento, favorecendo o desenvolvimento de espécies finais (NBL & THE NATURE CONSERVANCY, 2013).

A Fundação Renova vem realizando testes em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas, os quais demonstraram resultados positivos para o recobrimento das áreas com espécies de crescimento rápido (GOLDER ASSOCIATES, 2017e). As ações propostas para o enriquecimento de planícies e encostas devem estar alinhadas e seguir as diretrizes, premissas, resultados e medidas contempladas no Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25), de modo a garantir a introdução de espécies nativas e métodos já testados e funcionais na área impactada pelos rejeitos.

Com base nos resultados dados dos testes piloto de revegetação e na caracterização da cobertura vegetal e flora (item 5.1.7.3.1), entende-se que os processos de regeneração natural, juntamente com a implantação de espécies de enriquecimento nas condições já apresentadas serão suficientes para reposição da vegetação local e por consequência o controle da erosão nessas regiões, colaborando pela sua vez com a estabilidade das margens. Ressalta-se que as áreas em que não estiverem próximas de fragmentos florestais nativos, ou apresentarem pouco desenvolvimento nos processos de regeneração natural, deverá ser implantada medidas de restauração com as etapas de recobrimento e posterior enriquecimento.

Ainda, é importante que sejam realizadas ações de recuperação da cobertura vegetal das matas ciliares dos cursos d'água e tributários (APP). 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 & TUNDISI, 2010).). 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).

Ademais, considera-se necessária a recuperação das nascentes e das Áreas de Preservação Permanente, mesmo as que se encontram fora da área afetada, sendo estas contempladas no PASEA, programa desenvolvido pela Fundação Renova.

A cobertura vegetal reconstituída nas encostas e planícies promove serviços de controle de erosão. Entretanto, tendo em vista o tempo de desenvolvimento dos processos de adensamento e preenchimento da vegetação, é importante que sejam implantadas estruturas e ações de bioengenharia nas encostas e planícies. Tais ações devem visar o disciplinamento das drenagens e minimização do desenvolvimento de processos de erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água. Para isso, também se recomenda o enriquecimento da vegetação em toda a área afetada (equivalente às Ottobacias) a fim de diminuir o escoamento superficial, aumentando a infiltração.

Após a execução do plantio de enriquecimento e minimização de processos erosivos 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. 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 com prazo para avaliação das medidas e tomadas de decisões adicionais, se necessárias.

9.3 Condicionamento do Solo e Restituição das Atividades Agropecuárias em Planícies e Encostas com Atividade Econômica (Aplicável aos Contextos A2 e B1)

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, possibilitar a recuperação da produtividade e melhoria da fertilidade dessas áreas.

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 devem 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, apresentados na Seção 5.2.4, os solos afetados 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 calagem e adubação para correção de pH, são fundamentais.

Um dos aspectos importantes a serem considerados se trata da estrutura física dos rejeitos (item 5.2.4), que adquirem características de alta compactação 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.

O plantio de adubos verdes ou espécies de cobertura (crescimento rápido) contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, por disponibilizarem teores de matéria orgânica e de nutrientes aos solos, de modo a aumentar a atividade biológica e recuperar os nutrientes que foram carregados (MATEUS & WUTKE, 2006). 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 o condicionamento do solo, deverão ser restituídas as atividades produtivas da área e fornecida assistência técnica para os produtores.

Após a execução das medidas de condicionamento do solo e de restauração das atividades produtivas, deve ser previsto e implementado um cronograma com campanhas de

monitoramento periódico para fazer o acompanhamento das medidas de contenção de erosão, análise de fertilidade do solo e das atividades econômicas (agropecuárias) desenvolvidas na área. O monitoramento é fase fundamental para verificar se as ações executadas estão atingindo os objetivos esperados. Um escopo com os indicadores físicos, químicos e biológicos deve ser desenvolvido para esta finalidade com prazo para avaliação das medidas e tomadas de decisões adicionais, se necessárias.

9.4 Estudos Complementares (Aplicável às Lagoas Marginais)

Estudos sobre assembleia de peixes em planícies alagáveis no Brasil com foco na importância das lagoas marginais, foram realizados em diferentes locais, como no Pantanal (CATELLA 1992, SÚAREZ et al. 2004, MUNIZ 2005 *apud* SOARES DA LUZ et al, 2009) e nas bacias dos rios Amazonas (PETRERE JR. 1983, JUNK 1985 *apud* SOARES DA LUZ et al, 2009), Mogi-Guaçu (MESCHIATTI et al. 2000, ESTEVES et al. 2000, SIMABUKU 2005 *apud* SOARES DA LUZ et al, 2009) e Paraná (MARQUES 1993, AGOSTINHO & ZALEWSKI 1996, AGOSTINHO et al. 2001, NAKATANI et al. 2003, LUZ et al. 2004 *apud* SOARES DA LUZ et al, 2009), abordando aspectos importantes como a reprodução, estrutura, ictioplâncton e alimentação, mostrando a importância desses ambientes como área berçário (viveiros) e de descanso e recuperação para espécies residentes e de piracema.

As lagoas marginais devem ser caracterizadas como áreas de proteção permanente com vistas a possibilitar a conservação dos ambientes onde as espécies peixes tenham garantia de sua sobrevivência pelo menos durante a fase inicial de seu desenvolvimento. Além disso, a compreensão conceitual destas áreas, bem como a legislação atrelada a elas reforça sua importância. Entende-se por lagoas marginais estão situadas em áreas alagáveis da planície de aluvionar que apresentam comunicação permanente (conectadas) ou intermitente (isoladas) com o rio principal ou tributários, podendo, em alguns casos serem alimentados pelo lençol freático (IBAMA, 2007).

No território compreendido pelo Trecho 9, das 104 lagoas marginais existentes, que são principalmente de origem antrópica causada pela ação pretérita de garimpeiros, 65 lagoas foram soterradas pela deposição de rejeitos e, dentre as remanescentes, 20 lagoas apresentam-se conectadas aos cursos d'água e 19 estão isoladas, conforme já apresentado na Seção 5.1.6. As mesmas foram classificadas por meio de análise e interpretação de imagens de satélite.

Com base nessa classificação inicial, a Fundação Renova realizará o detalhamento de cada uma das lagoas. Nessa fase amostral, cada uma das lagoas deverá ser vistoriada e recomenda-se adotar uma metodologia de avaliação, apoiada por checklists, para detalhar a relevância das lagoas como habitat, função ecológica, uso pretendido, impactos e viabilidade de eventuais obras. Entre os critérios de avaliação sugeridos estão: origem natural ou antropogênica da lagoa, características do ambiente do entorno (florestal ou agropecuário), conectividade com o rio, uso pretendido (por exemplo: dessedentação de animais, promover a biodiversidade, entre outros), monitoramentos ambientais para diagnóstico, segurança na condição atual e na condição futura, acessos para realização de intervenção, existência de áreas de disposição no entorno, viabilidade de conexão com cursos d'água adjacentes, entre outros. Finalmente, em função de premissas estabelecidas, deverão ser identificadas as lagoas com maior potencial para serem recuperadas e revitalizadas.

A conectividade com o rio é um item fundamental. O ciclo de cheia e seca que acontece de forma natural, tornam as lagoas marginais como ambientes singulares e dependentes das alterações do nível da água dos rios nos períodos de chuvas. O contato periódico do rio com as lagoas marginais, permite a colonização das mesmas por ovos e larvas, bem como a saída para o rio de alevinos e jovens provenientes da reprodução do ano anterior (POMPEU, 1997 apud POMPEU DOS SANTOS, 2007). Desta maneira, a correta avaliação da frequência da conectividade da lagoa com o rio, torna-se fundamental na hora da escolha das lagoas piloto.

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), 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.

A caracterização das lagoas dentro do estudo complementar objetiva realizar a classificação orientada no intuito de localizar as lagoas marginais presentes no trecho 9 do Rio Gualaxo do Norte, identificando a conexão destas ao rio em períodos de cheia e seca.

Conforme apresentado na Seção 5.2.4.3.2, os dados das lagoas avaliados apontam para uma camada de sedimentos de textura predominante de areia fina siltosa e com pouca argila, de coloração avermelhada devido à concentração de óxidos de ferro. Para o presente estudo, não foram amostradas todas as lagoas presentes no Trecho 9, desta maneira, como foram identificados diferentes tamanhos de grãos e textura nos leitos das lagoas, é recomendada que haja uma avaliação destas camadas durante o período de elaboração dos Estudos Complementares.

O desmatamento ou ausência de cobertura vegetal nativa no entorno das lagoas, provoca o descobrimento do solo, cenário este que tem o potencial de gerar buracos nas encostas, resultado da desagregação do terreno arenoso, cujo sedimento é carregado para as partes baixas, entupindo veredas e nascentes, além de se deslocar para o próprio leito do rio. O processo de **erosão**, entope nascentes e lagoas marginais causando o assoreamento e a diminuição do tamanho da lâmina d'água e também a profundidade das lagoas, pelo aumento da quantidade de sedimentos no local. Além disso, a adoção de medidas de controle de erosão no entorno das lagoas marginais das planícies impactadas, minimiza ou impede que o rejeito atinja as lagoas. As áreas de lagoas quando assoreadas, podem acarretar no surgimento de voçorocas (grandes crateras decorrentes da erosão).

No Relatório Técnico DGRD SEMAD/NAP-MG IBAMA nº01/2018, que considera as lagoas marginais contidas no Trecho 6, conforme apresentado no "Volume 2 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7" estabelece que deverá ser realizado um estudo piloto a fim de fornecer subsídios técnicos, econômicos e ambientais para as soluções que deverão ser tomadas:

1. Estudos da função ecológica de alguma lagoa localizada no rio Gualaxo do Norte a montante do transecto T6T1, que não tenha sido impactada pela onda de rejeitos, podendo ser considerada como uma referência de "lagoa não impactada".

2. Proposta de dessassoreamento de uma das lagoas do trecho 6 que tenha fácil acesso, indicando quais os pontos positivos/negativos atrelados à retirada de rejeitos no local.

Já considerando o rio Gualaxo do Norte como um todo, incluindo as lagoas identificadas no Trecho 9, propõe-se identificar pelo menos quatro lagoas a mais para realizar o projeto piloto para recuperação das mesmas.

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 Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25), de modo a garantir a introdução de espécies nativas e métodos já testados e funcionais na área impactada pelos rejeitos.

Além dos processos de regeneração natural, é importante que seja considerado ainda na elaboração dos projetos pilotos, ações de recuperação das lagoas, com a reconstituição do substrato e da vegetação marginal delas (matas ciliares no entorno, do tributário e eventuais nascentes próximas e associadas a este curso d'água.), de modo que estes sistemas se assemelhem com ambientes naturais anteriores ao evento. Para esta cobertura, deve ser utilizado material similar ao sedimento natural encontrado nas lagoas remanescentes.

Também deverá ser avaliada a possibilidade de 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 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.

Após a finalização da implantação dos projetos pilotos, 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 avaliação das medidas com tomadas de decisões adicionais, se necessárias. Após verificação dos objetivos esperados, poderá ser considerada uma etapa de expansão, onde novas lagoas marginais poderão ser recuperadas.

9.5 Implementação de Medidas de Controle da Erosão nas Margens (Aplicável ao Contexto C1)

A Golder Associates (2016b) 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 Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 (PG25) nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando medidas de cunho reparatório. Tais recomendações têm como objetivo de minimizar a remobilização dos sedimentos e rejeitos nas margens e no leito que contribuem para o aporte de sedimentos para o curso d'água, além da desestabilização das margens, ocasionando processos erosivos.

Apresentam-se a seguir as premissas e critérios de projeto para a reconformação de calhas e margens estabelecidas pela Golder Associates (2016b) 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, utilizando soluções naturais que irão contribuir para a biodiversidade local, entre outros aspectos;
- 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.

Após finalização das obras de bioengenharia para o disciplinamento de drenagens e controle de erosão, iniciam-se as vistorias de campo para identificação das demandas de manutenção. Estas vistorias são realizadas pelas equipes de fiscais de campo, equipe de manutenção e órgãos ambientais, conforme mencionado na seção 5.1.2.

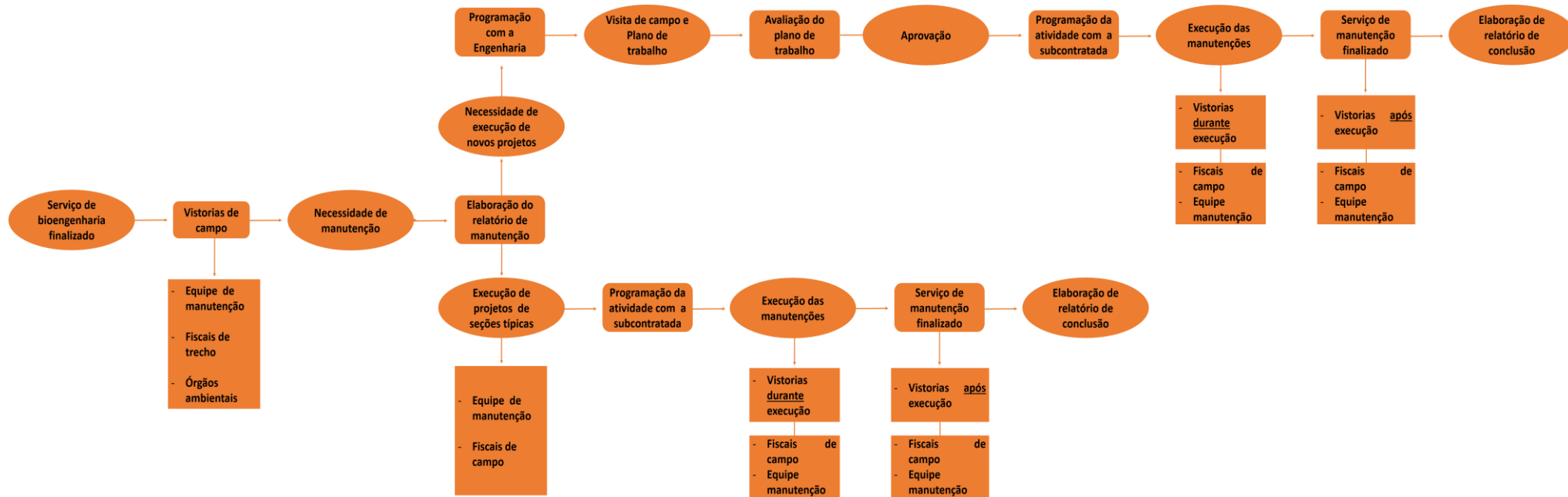
Identificada a necessidade de manutenção, é elaborado o relatório fotográfico de manutenção, o qual contempla o nome do proprietário, as coordenadas e ou estacas do projeto, identificando o ponto de manutenção, breve descrição da situação e a sugestão para solução do dano encontrado. A partir deste ponto, percorre-se duas linhas de trabalho:

1. Caso a solução seja atendida pelos projetos típicos existentes, segue-se o seguinte fluxo: programação com a contratada; vistorias durante a execução das obras (equipes de fiscais e de manutenção); finalização das obras; nova vistoria para certificação da qualidade do serviço; relatório de conclusão (seguindo o mesmo formato do relatório anterior).
2. Caso a demanda identificada precise de novo projeto/solução, é acionada a equipe de engenharia. Em seguida, é realizada uma visita de campo com a equipe para avaliação e elaboração do plano de trabalho. O plano de trabalho é enviado para avaliação e, caso aprovado, segue para elaboração do projeto, o qual passará por nova avaliação. Após sua aprovação, segue a mesma rotina do processo mencionado no item 1: programação com a contratada; vistorias durante a execução das obras (equipes de fiscais e de manutenção); finalização das obras; nova vistoria para certificação da qualidade do serviço; relatório de conclusão.

O fluxograma padrão de vistoria e manutenção das obras de disciplinamento de drenagens e controle de erosão da Fundação Renova é apresentado na Figura 199. As rotinas de inspeção encontram-se em execução por parte da Fundação Renova, sendo que existem 32 pessoas em campo divididas em 7 (sete) equipes que realizam estas ações. Adicionalmente, existe um modelo de levantamento de campo para identificação de áreas que requerem manutenção (estabelecimento rural, área não prioritária, estacas de projeto, solução de manutenção sugerida).

Além disso, ressalta-se a importância da participação do proprietário rural nas decisões sobre as ações de recuperação ambiental em sua propriedade, uma vez que haverá uma perda de área relacionada a APP que será recuperada.

Figura 199 – Fluxograma de Manutenção das Obras de Disciplinamento de Drenagem e Controle de Erosão



Foram identificados os pontos com necessidade de enrocamento para garantir estabilidade das margens, foz de tributários e saídas d'água, os quais são apresentados Figura 198 e na Tabela 93. Nestes pontos, deverão ser implantadas medidas de controle e erosão, bem como disciplinamento das drenagens, conforme procedimentos e metodologias definidos no programa PG25. 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.

Tabela 93 – Pontos com necessidade de implementação ou manutenção das medidas de controle de erosão

COORDENADAS UTM		OBSERVAÇÃO
E	N	
674812.83	7760087.11	Necessidade de adensamento da vegetação
673091.28	7761259.57	Necessidade de proteção nas margens do TG14
674796.35	7759893.97	Necessidade de proteção nas margens do rio Gualaxo do Norte por meio de retentores
674316.97	7761187.92	Necessidade de proteção nas margens do rio Gualaxo do Norte por meio de enrocamento
673964.63	7761105.45	Necessidade de proteção nas margens do rio Gualaxo do Norte por meio de enrocamento
673535.49	7761324.43	Retentores com necessidade de manutenção após o período chuvoso
680931.31	7755616.28	Necessidade de manutenção do enrocamento onde ainda existe erosão e tentar recuperar a vegetação no talude rompido
682117.81	7755015.68	Manutenção do enrocamento
682443.03	7754674.11	Necessidade de implantação de cobertura vegetal na margem
682447.65	7754716.03	Drenagem superficial com necessidade de condicionamento
682998.55	7753859.23	Necessidade de manutenção após o período de chuvas dos retentores. Aplicação de cobertura vegetal dos rejeitos retidos e eventualmente a criação de nova linha de retentores
684493.96	7754275.52	Manutenção da cobertura vegetal do tributário
684071.77	7754140.20	Manutenção dos retentores após período chuvoso
687766.49	7754296.87	Manutenção dos retentores, com reforço ou cobertura vegetal após o período de chuvas
687764.77	7754321.47	Manutenção do enrocamento acarreado
688614.05	7754716.66	Erosão em drenagem superficial que necessita de condicionamento
688169.53	7756436.10	Correção da inclinação do talude
692053.99	7757233.68	Necessidade de tratamento de erosão na margem com vegetação e margem erodida
691377.10	7757141.66	Manutenção dos retentores, com reforço ou cobertura vegetal após o período de chuvas
699289.82	7758270.99	Ponto com erosão por falta de drenagem adequada na pista com necessidade de condicionamento e manta de proteção superficial do talude com necessidade de reparo
699471.90	7758185.95	Ponto com lavagem do pé do talude e necessidade de condicionamento
677227.95	7758105.01	Ponto com problema de erosão junto a cerca de divisa, necessidade de manutenção
688070.27	7757097.07	Manutenção dos retentores de sedimento preenchidos por rejeito
689429.80	7757362.99	Condicionamento da margem por meio reconformação de ângulos e a proteção superficial dos taludes para evitar a propagação da erosão
689164.06	7757444.29	Condicionamento da margem por meio reconformação de ângulos e a proteção superficial dos taludes para evitar a propagação da erosão

A identificação de novos locais com potencial instabilidade de rejeito nas margens ou com necessidade de manutenção, deverá ser realizada pela Fundação Renova através das rotinas de manutenção das obras de controle de erosão e de disciplinamento de drenagens, mencionadas acima. Para estes novos locais identificados como locais com potencial de instabilidade, serão aplicadas as soluções de manejo escolhidas, ou seja, deverá atender as diretrizes e metas descritas previamente para reconformação de margens, por meio de elaboração de projetos de bioengenharia. No caso de ser identificada uma recorrência de processos de instabilização, projetos específicos deverão ser desenvolvidos para a área em questão.

9.6 Capeamento Natural e Monitoramento (Aplicável ao Contexto C2)

A alternativa selecionada para o contexto de depósito em leito fluvial C2 (rejeito em estabilidade) foi o “capeamento natural e monitoramento”, que consiste no acompanhamento de evolução do rejeito lavado ou *lag layer*. Para tal tomada de decisão, levou-se em consideração os dados de monitoramento executado dentro do Trecho 8, Volume 6 – Complementação da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8 (JACOBS, 2018) que atualmente expressam o comportamento do *lag layer* durante evento de vazões intensas. As vazões elevadas foram compreendidas no período monitorado, resultantes de um evento de chuvas acumuladas em 24 horas com Tempo de Recorrência de 10 anos.

Dentro da área monitorada no Trecho 8 formou-se uma camada de rejeitos lavados com baixo ou nenhum potencial de disponibilização de frações finas para elevação da turbidez, isso porque a composição granulométrica do rejeito lavado é composta significativamente por material de maior diâmetro (areias), se comparado ao rejeito inconsolidado, no qual predomina material fino, como o silte. Essa camada de *lag layer* apresentou espessuras significativas na maioria dos pontos monitorados, embora haja casos de espessuras reduzidas que são incrementadas espontaneamente nas campanhas seguintes, e, efetivamente, reduzem as probabilidades de remobilização total e a consequente exposição do rejeito inconsolidado subjacente, o que permitiria a ressuspensão das frações finas nele contidas.

Mesmo que vazões e velocidades das águas do rio Gualaxo do Norte neste trecho, em eventos extremos, com Tempos de Recorrência superiores a 10 anos, venham a ocorrer, o monitoramento das camadas de rejeito presentes no leito fluvial no Trecho 8 evidenciou que os períodos onde há a redução significativa ou eliminação do *lag layer* são extremamente breves – da ordem de horas ou

dias. Como decorrência, a ressuspensão de frações finas da camada de rejeitos inconsolidados subjacentes ao *lag layer* também será restrita no tempo, e com frequência cada vez menor. Eventuais elevações da turbidez decorrentes da ressuspensão de frações finas do rejeito inconsolidado deverão ocorrer, mas em casos de episódios de chuvas e vazões respectivas cada vez menos frequentes e com menor tempo de duração, conforme descrito anteriormente.

Recomenda-se o monitoramento estratigráfico intracalha para corroborar a evolução do rejeito lavado, e acompanhar o comportamento do mesmo ao longo do tempo. Para isso, recomenda-se realizar monitoramentos trimestrais (considerando os períodos de cheias e estiagem, além dos períodos intermediários), seguindo a mesma metodologia utilizada para o monitoramento utilizada no Trecho 8. Para o monitoramento destes contextos sugere-se ser considerado 10 transectos, que serão selecionados com base na geomorfologia do rio e no perfil estratigráfico do rejeito (rejeito lavado com relação ao rejeito inconsolidado) do monitoramento realizado neste estudo para o acompanhamento estratigráfico do rejeito intracalha dentro do Trecho 9.

9.7 Sistema de Tratamento Natural Off-Line para manutenção da Qualidade da Água

O rejeito depositado na calha do rio Gualaxo do Norte e em parte de alguns dos seus afluentes, denominados Depósitos Indiscriminados de Calha – Tipo III, vêm sendo remobilizados pelas águas desses rios, com as frações finas entrando em suspensão e contribuindo para a formação da elevada turbidez, que se reflete numa percepção social inadequada. No entanto, os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte vem diminuindo, atingindo valores em torno dos 100 NTU no período seco (Seção 5.1.7.2.2). Além disso, existem sinais aparentes de início de um processo de recolonização da comunidade bentônica no substrato nos pontos amostrados, em que há um predomínio de espécies pioneiras, pouco exigentes e oportunistas, e presença menos expressiva de espécies tardias, formadoras de nichos e refúgios mais complexos.

É importante ressaltar, que a turbidez, a qual é relacionada diretamente com outros parâmetros de interesse como sólidos suspensos, sólidos totais e cor, no presente texto, é tomada como um indicador da qualidade ambiental e não apenas do recurso hídrico afetado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão, englobando também a qualidade do ecossistema aquático e a percepção social, que são beneficiados pela sua redução. Por constituir um parâmetro determinado numericamente, de fácil medição em campo, permitir uma avaliação visual qualitativa e ter padrões legais estabelecidos,

se torna a referência mais frequente em todo o presente relatório e especialmente no que diz respeito nas medidas de manejo intracalha e de qualidade da água.

No entanto, outra fonte de aumento de turbidez são as obras para remoção do material da calha e para controle de erosão nas margens, as quais geram turbidez e incrementam o aporte de sedimentos para jusante temporariamente devido à remobilização do material fino. Desta maneira, no caso das mesmas acontecerem, existe a possibilidade de um impacto na biodiversidade aquática com sinais de recuperação.

Finalmente, com base nos objetivos específicos do contexto de calha com foco na recuperação do ecossistema aquático, no caso de acontecerem intervenções na calha do rio, a redução dos níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte torna-se necessária.

Considerando a geomorfologia do terreno (Seção 5.1.4), observou-se a impossibilidade de implantar grandes reservatórios ao longo do rio Gualaxo do Norte e particularmente no Trecho 9, a fim de evitar o uso de produtos químicos como alternativa de tratamento de sólidos suspensos. Desta maneira, no processo de tomada de decisão apresentado na Seção 8.11.4, foi escolhida a Alternativa de Tratamento off-line em três planícies ao longo do rio Gualaxo do Norte, utilizando Sistemas de Tratamento Natural (STN) off-line. Este tipo de tecnologia permite um trabalho em série de bacias de sedimentação (onde precipitam os produtos químicos em conjunto o os sólidos suspensos) com *wetlands*, as quais melhoram e enriquecem a qualidade da água antes de ser vertida nos corpos hídricos.

No **Anexo XII** encontram-se apresentado o projeto conceitual com maiores detalhes para as duas áreas identificadas para implantação do STN, km 14 e km 48 da foz do rio Gualaxo do Norte (km 59 já foi considerado no Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 8). A área disponível do local a 14 km da foz do rio Gualaxo do Norte consiste em 7,6 ha (capacidade de tratamento nas bacias de sedimentação 85% do tempo) a 48 km da foz, possui uma área disponível de 5,4 ha (capacidade de tratamento nas bacias de sedimentação 80% do tempo).

Na Figura 200 é apresentado um esquema do STN Off-line proposto para as áreas selecionadas do Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte, sendo que maiores detalhes do funcionamento do mesmo serão fornecidos no **Anexo XII** - Projeto Conceitual do Sistema de Tratamento Natural Off-Line - Trecho 9, desse relatório.

Figura 200 - Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte

Como o STN Off-line visa à qualidade da água e à melhoria das condições para desenvolvimento da vida aquática, uma parte da vazão do rio será desviada para o tratamento e parte será mantida no curso do rio. Dentre a parcela encaminhada para tratamento, uma pequena porção será tratada apenas pelos processos naturais nas *wetlands*, e a porção restante será tratada com coagulantes e floculantes, e posteriormente filtrada nas *wetlands*, a fim de remover a turbidez excedente. A vazão combinada da água tratada apenas nas *wetlands*, e da vazão tratada nas bacias de sedimentação com adição de coagulantes e floculantes e nas *wetlands*, deve alcançar uma turbidez consideravelmente inferior a 100 NTU. Desta maneira, quando a água combinada e tratada é misturada com a água que permanece no rio, a turbidez total da mistura será menor que 100 NTU. Ensaio de Teste de Bancada durante a elaboração do projeto de detalhamento, deverão confirmar a presente hipótese.

Uma vantagem significativa deste processo de tratamento: a vazão do rio é dividida em 3 parcelas:

- Uma parcela da vazão que vem no rio nunca é desviada para tratamento (Parcela 1).
- Com relação ao fluxo direcionado para o STN Off-line:
 - Parte é tratado nas bacias de sedimentação com adição de produtos químicos, em seguida, o fluxo atravessa o sistema de *wetlands* (Parcela 2).
 - Outra parte da vazão é tratada apenas nas *wetlands* sem nenhum tipo de adição química (Parcela 3).

As parcelas de água, aquela que não é desviada para tratamento (Parcela 1), a parcela que só recebe tratamento nas *wetlands* (Parcela 3), e a porção que recebe tratamento completo com coagulantes e floculantes seguidos das *wetlands* (Parcela 2), mudarão continuamente com base nos níveis de turbidez do rio e na vazão. Durante a estação seca, quando as vazões e a turbidez são menores, o uso total de produtos químicos passa ser reduzido, isso porque as parcelas da vazão total do rio que ultrapassa o tratamento sem ser desviada e a parcela do rio que só recebe tratamento nas *wetlands* poderão aumentar. Portanto, a porcentagem do rio que se encontra exposta a concentrações de coagulantes e floculantes será minimizada, para atingir os níveis de turbidez alvo com maior uso do tratamento natural nas *wetlands* e o mínimo uso do tratamento químico.

É importante ressaltar que, as *wetlands* amortecem ainda mais os efeitos da toxicidade da água tratada quimicamente, fornecendo um viveiro para a vida aquática que se reproduz e cresce nas *wetlands* antes de retornar ao rio. Desta maneira o impacto ambiental do tratamento advindo da utilização de produtos químicos, é minimizado por meio de um sistema que divide as vazões em parcelas, e pelo fato de que o tratamento químico é realizado off-line.

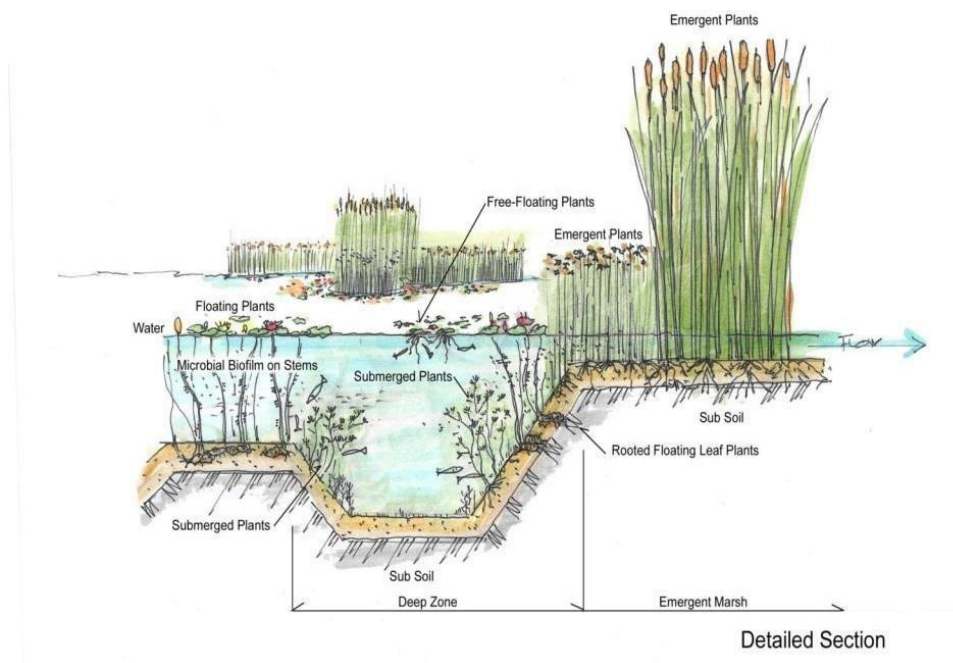
Ao longo do rio Gualaxo do Norte existe a possibilidade de implantação de estruturas de STN Off-line (incluindo o local identificado no Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8), sendo que quanto maior o número de sites que forem implantados, menor será a parcela de vazão que deve ser desviada e tratada com produtos químicos em cada um deles. Com a implantação do maior número possível de sites, o alvo da turbidez poderia ser atingido em uma maior faixa de vazões e níveis de turbidez, e como consequência, a maior parte do rio não exigiria tratamento com produtos químicos. Em decorrência disso, ocorreria a preservação da vida aquática de forma a restaurar rapidamente a saúde do rio e retorno da biota.

Resumidamente, a parcela de vazão com tratamento com produtos químicos no STN off-line proposto (Parcela 2) para o rio Gualaxo do Norte será encaminhada a um processo composto por três fases principais nas quais será realizado o procedimento de redução da turbidez (Sólidos Suspensos) até os valores admissíveis e esperados. A primeira fase será no canal de alimentação, onde será realizada a dosagem de químicos, para favorecer o processo de sedimentação por meio do adensamento das partículas. Os floculantes possuem a particularidade de conseguir remover argila, matéria orgânica e cor em até algumas horas. A esta mistura de produtos químicos pode ser adicionada alcalinidade, isto dependerá do pH da água do rio.

Após o processo de mistura no canal de alimentação, a água será transferida para a segunda fase nas bacias de sedimentação, onde acontecerá a sedimentação dos flocos formados no processo de coagulação e floculação. A área disponível para a bacia de sedimentação é um dos fatores que condiciona a vazão total a ser tratada, sendo assim, foi selecionada a maior área disponível, a fim de tratar a maior vazão possível. Além da área disponível, a taxa de escoamento superficial ou velocidade de sedimentação é outro fator essencial para determinar a vazão que poderá ser tratada. Os sólidos sedimentados, os quais carregam os químicos adicionados, serão removidos de forma direta e periódica nessas bacias, evitando assim o descarte nos rios.

Finalmente, a última fase acontecerá nas *wetlands*, as quais contarão com espécies de plantas aquáticas nativas. Estas atuam como filtros finais, aderindo as partículas não sedimentadas nas etapas anteriores às plantas, proporcionando a sedimentação nas zonas rasas.

Figura 201 – Seção transversal típica de uma *wetland* – Elevada densidade de vegetação que atua como filtro.



De forma resumida, pode-se dizer que o STN off-line proposto possui as seguintes vantagens:

- **Tratamento distribuído ao longo do rio** – A possibilidade de tratamento sequencial favorece a redução da turbidez ao longo do rio e não apenas num ponto a jusante. Além disso, fornece a possibilidade de tratamento em áreas a montante, onde pode ser tratada a vazão em tempo seco e chuvoso. Um benefício adicional de implantar mais de um STN é a mitigação do impacto ambiental ocasionado por ações de remediação a

montante de cada uma delas, evitando a propagação do impacto a jusante. Outra vantagem de possuir múltiplos locais de tratamento, é que permite diminuir a parcela do rio direcionada para tratamento químico, desta maneira, o impacto da ecotoxicidade pode ser distribuído em pequenas doses, permitindo a recuperação da vida ao longo do rio de forma mais acelerada.

- **Pequenas áreas de represamento a montante da estrutura de desvio** - As estruturas são localizadas a jusante de áreas com grandes declividades ou gargantas naturais, evitando represamentos e mantendo a geomorfologia natural do rio. O tratamento será localizado nas planícies aluvionares. As *wetlands* serão projetadas para serem inundadas em grandes eventos com tempos de retorno de 5 anos ou mais, de modo que a capacidade de transporte de vazão do rio não seja diminuída e nem impactada pela implantação das unidades de tratamento. No futuro, com o rio recuperado e o tratamento não sendo mais necessário, as *wetlands* podem permanecer para restaurar de forma acelerada a vida aquática aos níveis que existiam anteriormente.
- **Tratamento off-line** - O descarte de produto químico nas *wetlands* e no rio é praticamente nulo e inofensivo para a vida aquática, visto que os mesmos são retirados nas bacias de sedimentação. No caso, de algum residual ser transferido às *wetlands*, essas áreas irão filtrar o excedente evitando o descarte no rio. As bacias de sedimentação serão projetadas para suportarem eventos de inundação com tempos de retorno de no mínimo 10 anos de recorrência, minimizando a lavagem por cheias. O tratamento off-line também reduz o impacto ambiental gerado durante a construção, já que apenas a estrutura de desvio é construída no rio, sendo as demais estruturas construídas nas planícies de inundação.
- **Funcionamento por gravidade** - As estruturas de desvio serão localizadas em áreas elevadas a montante das planícies de inundação evitando a inclusão de sistemas de bombeamento, minimizando os custos de operação, manutenção e o impacto durante a construção.
- **Custo reduzidos de construção, operação e demanda de energia** – Os custos de construção são reduzidos devido à pequena infraestrutura de concreto a ser implantada, e como consequência redução no custo operacional, sendo possível a implementação de soluções sustentáveis que possam ser incorporadas como um benefício adicional ao

proprietário. Em função desses aspectos, o tempo de implementação é reduzido, possibilitando o comissionamento em 4 meses.

- **Reprodução de ambientes naturais** - As *wetlands* trabalham como filtros e atuam como viveiros para plantas nativas e vida aquática, as quais são liberadas para o rio em conjunto com a água tratada.
- **Processo de descomissionamento simples** - Devido ao processo de construção ser simples e com poucas estruturas de concreto, maximizando o aproveitamento da geomorfologia natural, o processo de descomissionamento é considerado simples, existindo a possibilidade de reutilização das estruturas e bacias por parte dos proprietários para serem utilizadas como sistemas de irrigação, cultura de peixes, entre outros.

9.8 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 (PINTO *et al*, 2016).

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 homogêneos 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 (PINTO *et al*, 2016).

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 (PINTO *et al*, 2016).

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.

As etapas de execução são:

- Etapa 01: Considerando a extensão do Trecho 9, realizar a definição das áreas de restauração do rio Gualaxo do Norte; realizar caracterização ambiental da área de estudo; executar campanhas de monitoramento de aspectos da qualidade da água, sedimentos, hidromorfologia, hidrologia, de perfis de sedimentos de fundo e da fauna aquática para caracterização do baseline (Diagnóstico); e definir o tipo, tamanho e local para instalação das estruturas, utilizando os dados das campanhas de monitoramento e caracterização ambiental (Design Geral de Instalação das Estruturas).
- Etapa 02: Aplicar a técnica de restauração fluvial com troncos e galhos de madeira.
- Etapa 03: Visando avaliar a eficácia do Projeto, realizar campanhas de monitoramento, após a conclusão da Etapa 02; realizar a manutenção das estruturas e divulgar resultados.

Prévio à execução, deverá ser realizado, na Etapa 01, o estudo detalhado de viabilidade técnica para avaliar a extensão do Trecho 9 passível de aplicação da Renaturalização, considerando o material disponível e o necessário para renaturalizar os 58 km desse trecho.

Tal avaliação prévia é essencial, pois diferentemente dos Trechos 6, 7 e 8 do PMR, no Trecho 9 existem muitas áreas de calha de rio com mais de 20 m de comprimento, que poderão exigir troncos de grandes dimensões. Por outro lado, deverão ser avaliados os impactos pela geração de remansos ao longo do curso hídrico. Para avaliar a efetividade da mesma considerando a hidromorfologia nestes trechos, deverá ser realizado o detalhamento do projeto.

Por fim, recomenda-se iniciar a execução Etapa 01, incorporando as lições aprendidas do Projeto de Renaturalização em escala piloto nos Trechos 6 e 7 do PMR. Além disso, deve-se aguardar

os resultados do projeto piloto nos Trechos 6 e 7 para iniciar a Etapa 02 do Projeto de Renaturalização no Trecho 9.

9.9 Cronograma de Implementação das Alternativas de Manejo

Em 05 de março de 2018 a Fundação Renova protocolou na Câmara Técnica de Rejeitos a versão revisada do cronograma de aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos nos 17 trechos (revisão 1) através do protocolo 001357, Ofício OF.NII.032018.2427.

A seguir é apresentado o cronograma revisado para o Trecho 9.



Tabela 94 – Cronograma macro para o Trecho 9 - revisado

NOME DA TAREFA	INÍCIO	TÉRMINO
Campo e análises laboratoriais	09/11/17	18/01/18
Elaborar relatório de aplicação do plano de manejo de rejeito	04/02/18	08/03/18
Validar plano de manejo do trecho junto aos órgãos ambientais e CT	27/08/18	05/10/18
Elaborar engenharia e projetos executivos	06/10/18	04/12/18
Executar a comunicação junto aos proprietários	22/11/18	31/12/18
Obter licenças, outorgas, autorizações e SVs necessárias	12/01/19	18/02/19
Implantar alternativas selecionadas conforme projeto executivo final	22/04/19	19/08/19
Monitorar alternativas implantadas	22/04/19	02/07/23
Aprovar finalização da implementação junto à CT/CIF 9	22/07/21	20/08/21

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 Decisão.	
Rodrigo Utima	Tecnólogo em Edifícios	-	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 nº 5063656028	Caracterização dos depósitos.	
Mariana Adas	Bióloga	CRBIO nº 074657/01-D	Aspectos biológicos.	
Maira Sugawara	Geóloga	CREA nº 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.	

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	REGISTRO NO CONSELHO DE CLASSE	FUNÇÃO	ASSINATURA
Marina Fioravanti Costa	Engenheira Ambiental	-	Apoio da elaboração de relatórios.	
Ruy Monteiro	Geógrafo	-	Produtos cartográficos e geoprocessamento	

11 Referências Bibliográficas

- AGROFLOR. Agroflor Engenharia e Assessoria em Gestão Empresarial Ltda. Contenção de carreamento de sedimentos por meio de revegetação. Mariana, 2016 .
- 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. sem data.
- APLYSIA. Avaliação Ecotoxicológica da água e sedimento do rio Doce após o rompimento da Barragem do Fundão. Relatório Técnico nº897/2017 Revisão 02. 2017.
- APLYSIA. Renaturalização Do Rio Gualaxo do Norte – Plano de Trabalho. Relatório Técnico Nº 1804/2017 – Revisão 03. Abril, 2018.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Soil physics. New York: J. Wiley, 1972. 498p.
- BICUDO, C & MENEZES, M. Introdução: As algas do Brasil. In: FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 49-60. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. Available from SciELO Books.
- 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 nº357, de 17 de março de 2005. 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. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012a.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº454, de 01 de novembro de 2012b.

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 – CH2M HILL ENGENHARIA DO BRASIL LTDA. 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.

DT-ENGENHARIA. Teste para escala piloto para tratamento das águas do rio Gualaxo do Norte. 2017.

ECONSERVATION. Levantamento Florístico nas Margens dos Cursos D'água Afetadas pelo Rompimento da Barragem da Samarco em Mariana/MG. Relatório Técnico – RT ECV 025/17 Revisão 00. 2017a.

ECONSERVATION. Programa de Monitoramento da Ictiofauna do Rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Atendimento a Notificação IBAMA no 678311/2015 e TTAC (Termo de Transação e Ajustamento de Conduta), alínea “a”. 2017b.

ECOSOFT. Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas. 2017a.

ECOSOFT. Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia e Análise Química das Partículas Totais em Suspensão – Barra Longa, MG. RTC170166. 2017b.

ECOSOFT. Relatório Anual do Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia em Barra Longa – MG. RTC180036. 2017c.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Zoneamento Ambiental Produtivo Da Bacia Hidrográfica Do Rio Gualaxo Do Norte. 2017.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Relatório Operação Watu Fase III e IV – Fiscalização dos Trechos Prioritários e Não Prioritários de Recuperação Atingidos pelos Rejeitos da Barragem de Fundão. 2017.

FERNANDES, K. N. Qualidade das águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo - Afluentes do Alto Rio Doce (Watu) [manuscrito]: metais, metaloides e Índice de Qualidade das Águas antes e após o rompimento da barragem de rejeitos Fundão da Samarco/VALE/BHP Billiton, em Mariana, MG. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017.

FUNDAÇÃO COPPETEC. Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre. Capítulo 1 – “Avaliação da infraestrutura física atingida pelo acidente”. Rio de Janeiro – RJ. Janeiro, 2017. Disponível em:

http://www.lima.coppe.ufrj.br/images/documentos/projetos/relatorio-vale/1-_Cap_1_-_COPPE.20275.Cap1.Infraestrutura.Relat%C3%B3rio.Final.04.01.2017.pdf.

FUNDAÇÃO RENOVA. Plano de Trabalho para Estudos De Avaliação Dos Impactos Gerados Pelo Rompimento Da Barragem de Fundão Nas Unidades De Conservação - Revisão 01. 2017a.

FUNDAÇÃO RENOVA. SEQ6258-01/2017/GJU: Resposta ao relatório técnico SUGA/SEMAD-SPUR/SECIR Nº 01/2017. 2017b.

FURLANI, Bruna Burkhardt. Rotas da informação: estudo das relações estabelecidas em Paracatu de Baixo na comunicação do maior desastre ambiental brasileiro. 2016. 132 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Comunicação Social)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

GARDENAL, Isabel. O arsênio como herança: Quadrilátero Ferrífero ainda sofre contaminação causada por 300 anos de mineração. Jornal da Unicamp, Campinas, nov. 2002. Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/novembro2002/unihoje_ju198p_ag10a.html. Acesso em 10 de março 2018.

GOLDER ASSOCIATES. Relatório da Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. 2016a

GOLDER ASSOCIATES. Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes de Projeto do Projeto de Recuperação Ambiental de rios principais. 2016b.

GOLDER ASSOCIATES. Plano de Trabalho para Avaliação dos Impactos e Monitoramento da Fauna Terrestre nos Estados Minas Gerais e Espírito Santo. 2016c.

GOLDER ASSOCIATES. Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções. 2017a.

GOLDER ASSOCIATES. Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. 2017b.

- GOLDER ASSOCIATES. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. 2017c.
- GOLDER ASSOCIATES. Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias – Resultados da 1º e 2º Campanhas e Monitoramento. 2017d.
- GOLDER ASSOCIATES. Testes de Revegetação – Implantação de parcelas experimentais. 2017e.
- H3M. Áreas de Projeto de Disposição de Rejeito. 2017.
- H3M. Relatório Técnico: Aterro de Rejeitos - Área 09. Viçosa, Minas Gerais. 2018a.
- H3M. Relatório Técnico: Aterro de Rejeitos - Área 10. Viçosa, Minas Gerais. 2018b.
- HERKENOFF & PRATES. Relatório Síntese – Comunidades de Mariana. 2016.
- HIDROGEO – HidroGeo Engenharia e Gestão de Projetos. Avaliação dos Dados do Programa de Monitoramento Quali Quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos – Relatório Trimestral. Relatório Parcial: RT-32-02-RH-36-17-P03. 2018.
- 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. Laudo Técnico Preliminar – Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. 2015.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria Ibama Nº 51, de 20 de novembro de 2007. Diário Oficial da União de 21 de novembro de 2007. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2007/p_ibama_51_2007_retificada_normasperiodoreproducaopeixes_2007_2008_baciashidrograficasdoleste.pdf>
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2017. Relatório Geral De Vistoria Operação Águas - Fase Argos - Etapa Iv.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006. Base cartográfica elaborada pela Coordenação de Cartografia, versão 2004 e Mapa temático elaborado pela Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, da Diretoria de Geociências. Ministério do Meio Ambiente / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.
- JUNIOR, A. R.; LUCAS, F.H.R.; CAVALCANTE, F.C.; NASCIMENTO, K.J.; OLIVEIRA, E.C.C.; LACERDA, S.R. 2016. Comunidade Fitoplantônica como Discriminador Ambiental em um Trecho do Rio Salgado, Semiárido Nordeste. Caderno de Cultura e Ciência, v.15, n.2, Dez, 2016.
- LIAMARINHA. Projeto para implantação de estação de tratamento natural para revitalização do trecho 07 da Bacia do Rio Doce. Proposta Técnica. sem data.
- LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005. 344p.
- LOWE-McCONNELL, R.H. Fish communities in tropical freshwater: their distribution, ecology and evolution. London: Longman, 1975, 337p.
- MARQUES, M. M. G. S. M., BARBOSA, F. A. R. AND CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil. Rev. Bras. Biol. vol.59 no.4 São Carlos Nov. 1999.
- MATEUS, P. M.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. Pesquisa & Tecnologia, vol. 3, n.1. 2006.
- MATHEUS, C. E. 1986. Tilapia do Nilo (*Sarotherodon niloticus*); um peixe de características desejáveis para ser utilizado em ambientes organicamente poluídos. Revista DAE;46(145):169-70, Jun. 1986.
- MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa COPAM/ CERH-MG 01/2008, de 05 de maio de 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. Belo Horizonte, 2008.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa COPAM nº. 166, de 29 de junho de 2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Belo Horizonte, 2011.

MINAS GERAIS (Estado). Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Belo Horizonte, 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Brasília: MMA, 2004. Arquivos cartográficos digitais (.zip).

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).

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA. 2013.

O2ECO. Relatório de Implantação do Projeto Piloto Rio Gualaxo do Norte – MG. Janeiro, 2018.

PACHECO, A. A. Avaliação da contaminação em solos e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Doce por metais pesados e sua relação com o fundo geoquímico natural – Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*. Março, 2015.

PINTO, C.F., AGRA, J.U.M., FURLEY, T.H. Uso da madeira de eucalipto na recuperação de rios: Projeto Renaturalize. The 49th ABTCP International Pulp and Paper Congress, Outubro, 25-27. São Paulo Brazil. 2016.

- POTAMOS. Estudos de Hidráulica Fluvial e Delimitação De Áreas Inundáveis. POTSAM0011-006-1-TC-RTE-003. Junho, 2017.
- POMPEU DOS SANTOS, P; ALVES, C. B. M.; ANDRADE E SANTOS, H.. Avaliação da perda da biodiversidade aquática devido à regularização das vazões do baixo curso do rio São Francisco: Componente Ictiofauna. Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2007.
- 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.
- RIGOTTI, J.A.; POMPEO, 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.
- RODRIGUES, A.S.L. Caracterização da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: Avaliação Geoquímica Ambiental e Proposição de Valores de Background. Ouro Preto, MG. 2012.
- SOARES DA LUZ, S. C.; ASFORA EL-DEIR, A. C.; DE FRANÇA, E. J.; SEVERI, W. Estrutura da assembléia de peixes de uma lagoa marginal desconectada do rio, no submédio Rio São Francisco, Pernambuco. 2009.
- SAMARCO – SAMARCO Mineração S.A. Cartilha: Ações Humanitárias – Reconstrução de Gesteira. sem data.
- SAMARCO – SAMARCO Mineração S.A. Obras Externas. Diques do Gualaxo. Hidraulica Fluvial e Transporte de Sedimentos. Relatório Técnico Final. G006900-O-1RT053. Outubro, 2016.
- SANSEVERINO, A.M & J.L. NESSIMIAN. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósito de folhigo em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil) in the field. Revista Brasileira de Entomologia, 52:95-104. 2008.

- 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.
- TOMAZ, P. Remoção de sedimentos em MBPs. Capítulo 08 – Lei de Stokes. 2013. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_remocao/capitulo08.pdf>.
- SOUSA, D. V. M. Estudo Geoquímico-Mineral das Formações Ferríferas Bandadas do Sinclinal Gandarela Quadrilátero Ferrífero (MG). Dissertação de Mestrado. Ouro Preto. p.75. 2016.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO. Two new species of Goeldichironomus Fittkau from southeast Brazil (Diptera, Chironomidae). Revista Brasileira de Entomologia. 49: 441–445. 2005.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. 2010. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. Biota Neotropical, vol. 10, n. 4.
- UK ENVIRONMENTAL AGENCY. Fluvial Design Guide – CHAPTER 10. Disponível em: <<http://evidence.environmentagency.gov.uk/FCERM/en/FluvialDesignGuide/Chapter10.aspx?pagenum=2>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

12 Anexos