



**VOLUME 1.
APLICAÇÃO DO PLANO
DE MANEJO DE
REJEITO NO TRECHO 8
REVISÃO 0**

Preparado por:

ch2m.SM

Volume 1. Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

Preparado para

Fundação Renova

Revisão 0

31/07/2017



Índice

1	Introdução	4
2	Área de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito	7
3	Caracterização Ambiental da Área Afetada.....	11
3.1	Caracterização Ambiental dos Depósitos de Rejeito	13
3.1.1	Unidades de Análise	13
3.1.2	Definição dos Pontos de Amostragem.....	16
3.1.3	Mapeamento dos Aspectos Físicos e Químicos	18
3.1.4	Estimativa de Volume de Depósito de Rejeito	25
3.1.5	Potencial de Ressuspensão do Depósito de Rejeito na Calha ..	27
3.2	Avaliação das Ações de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem	28
3.2.1	Avaliação da Regeneração da Vegetação na Área 13	44
3.2.2	Avaliação das Obras de Disciplinamento da Drenagem e Controle da Erosão na Área 13.....	83
3.3	Avaliação das Margens com Curvas Acentuadas com Potencial de Erosão	114
3.4	Caracterização da Lagoa Existente.....	117
3.5	Análise do Potencial de Inundação das Planícies e Encostas	120
3.6	Identificação dos Impactos Ambientais.....	125
4	Definição de Contextos.....	134
4.1	Divisão espacial da área afetada	134
4.2	Definição dos objetivos específicos.....	137
4.2.1	Definição de objetivos específicos por contexto	137
4.2.2	Qualidade da Água do Rio.....	138
4.2.3	Interação com Outros Programas.....	138
5	Descrição do Manejo por Contexto.....	140
5.1	Contexto A – Encostas.....	142
5.1.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	142
5.1.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	143
5.1.3	Medidas Mitigadoras	145
5.2	Contexto B1 – Planícies com Atividade Econômica.....	146
5.2.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	146

5.2.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	147
5.2.3	Medidas Mitigadoras	149
5.3	Contexto B2 – Planícies com Vegetação Natural	150
5.3.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	150
5.3.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	151
5.3.3	Medidas Mitigadoras	154
5.4	Contexto B3 – Lagoas marginais	154
5.4.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	154
5.4.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	155
5.4.3	Medidas Mitigadoras	156
5.5	Contexto C1 – Margens	157
5.5.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	158
5.5.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	158
5.5.3	Medidas Mitigadoras	160
5.6	Contexto C2 – Leito do rio com sedimentos potencialmente instáveis 160	
5.6.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	161
5.6.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	162
5.6.3	Medidas Mitigadoras	164
5.7	Contexto C3 – Leito do rio com sedimentos potencialmente estáveis 164	
5.7.1	Definição de Alternativas de Manejo.....	164
5.7.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	165
5.7.3	Medidas Mitigadoras	167
6	Alternativas de Manejo Trecho 8 – Análise integrada.....	168
6.1	Soluções Adotadas no Trecho 8	171
6.2	Remoção Setorial dos Depósitos de Rejeito na Porção Intracalha ..	173
6.3	Remoção dos Depósitos de Rejeito na Lagoa.....	175
6.4	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas.....	176
6.5	Monitoramento	177
6.6	Sistema de Tratamento Natural Off-Line.....	180
6.7	Renaturalização dos trechos longitudinais do rio gualaxo do norte..	186
6.8	Cronograma de Implementação das Alternativas de Manejo.....	187
7	Equipe Técnica	189

8 Referencias..... 190**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Fluxograma de Gerenciamento de Manejo de Rejeito	6
Figura 2. Segmentação da Área Impactada em Trechos	9
Figura 3. Área de Abrangência do Trecho 8.	10
Figura 4. Programas socioambientais que possuem interface com o PG23 – Manejo de Rejeito - e abrangência conforme os tipos de depósito	12
Figura 5. Unidades de análise e localização dos transectos no Trecho 8	15
Figura 6. Perfil longitudinal do Trecho 8 e localização dos transectos e unidades de análise definidas	16
Figura 7. Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha....	19
Figura 8. Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha....	20
Figura 9. Fotos aéreas históricas da área a jusante da PCH Bicas (transecto TS-06).....	21
Figura 10. Fotos aéreas históricas da área do transecto TS-08.....	22
Figura 11. Fotos aéreas históricas da área do transecto TS-10.....	23
Figura 12. Espessura média (m) dos depósitos de rejeito intracalha, extracalha e total de cada um dos transectos.....	24
Figura 13. Proporção do 7 Depositado nos Diferentes Contextos	27
Figura 14. Áreas Prioritárias 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	32
Figura 15. Pequena elevação junto à planície aluvionar do rio Gualaxo do Norte no Trecho 6, a montante da confluência do córrego Santarém. Observar a camada de rejeito que recobre uniformemente a elevação, desde o topo até a sua base, com uma espessura em torno de 40 cm (notar a caneta azul ao centro da foto)	34
Figura 16. Lagoa marginal no Trecho 8 preservada como depressão, mesmo após a deposição da camada de rejeitos, evidenciando a decantação a partir dos sólidos em suspensão como processo de formação dos depósitos	34
Figura 17. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais	36
Figura 18. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais	37
Figura 19. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais	38
Figura 20. Imagens comparativas a data do plantio – 26/01/2016 e de 16/02/2016. Próximo a Barra longa.....	40
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.....	41
Figura 22. Cobertura vegetal ainda precoce com desenvolvimento de erosão pela concentração do escoamento superficial	42
Figura 23. Aplicação de Biomanta com sementeira de gramíneas e retentores duplos de sedimentos (“bermalonga”) na margem do rio Gualaxo do Norte, Trecho 7.....	43
Figura 24. Enrocamento de proteção de margem erosiva na margem do rio Gualaxo do Norte, Trecho 8	43
Figura 25. Enrocamento de proteção de leito de tributário da margem direita do rio Gualaxo do Norte, Trecho 8	44
Figura 26. Demonstração da Área 13 e os Trechos nos quais a área foi subdividida para realização das amostragens do rejeito.....	48
Figura 27. Mapa dos Subtrechos analisados durante a vistoria de campo.....	50

Figura 28. Realização de vistoria no Subtrecho amarelo por meio do caminhamento	52
Figura 29. Identificação de espécies vegetais nas áreas em regeneração	52
Figura 30. Identificação de espécies vegetais nas áreas em regeneração	52
Figura 31. Realização do caminhamento e registro de espécies vegetais	53
Figura 32. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos de Cecropia glaziovii	54
Figura 33. Gramíneas nativas e exóticas, bem como de indivíduos de Cecropia glaziovii e Croton urucurana (margem direita do Rio Gualaxo)	55
Figura 34. Gramíneas nativas e exóticas, indivíduos regenerantes de Cecropia glaziovii e indivíduos arbóreos isolados mortos	55
Figura 35. Indivíduos de regeneração natural, destaca-se Cecropia glaziovii, Croton urucurana e Croton floribundus	55
Figura 36. Gramíneas nativas e exóticas, e muda do indivíduo arbóreo regenerante de Maclura tinctoria	56
Figura 37. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos arbóreos regenerantes de Trema micrantha e Solanum mauritianum	56
Figura 38. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos arbóreos isolados mortos	56
Figura 39. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes em disposição aleatória	56
Figura 40. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de Mimosa pigra existentes na margem direita do rio	58
Figura 41. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de Mimosa pigra existentes na margem direita do rio	59
Figura 42. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de Cecropia glaziovii, Croton urucurana, Trema micrantha, Solanum sp e indivíduos arbóreos isolados mortos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte	59
Figura 43. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de indivíduos arbóreos regenerantes de Croton urucurana, Trema micrantha e Solanum sp. (margem esquerda do rio)	59
Figura 44. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes esparsas presentes na margem esquerda da área degradada, que se encontra atualmente em fase de recuperação	60
Figura 45. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes esparsas presentes na margem esquerda do córrego Gualaxo do Norte	60
Figura 46. Pegada de Procyon cancrivorus	60
Figura 47. Pegada de Hydrochoerus hydrochaeris	60
Figura 48. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de Mimosa pigra existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte	62
Figura 49. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte	62
Figura 50. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do rio. Ao fundo observa-se instalações da PCH Bicas	62
Figura 51. Gramíneas nativas e exóticas, bem como de indivíduos regenerantes de Croton urucurana, Trema micrantha e Solanum sp, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte. Em amarelo, ilha de rejeitos a jusante da PCH Bicas	62
Figura 52. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de Croton urucurana, Trema micrantha e Solanum sp, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte. Em amarelo a ilha de rejeito	63
Figura 53. Vista geral da área, com gramíneas nativas e exóticas e plântulas de indivíduos arbóreo regenerantes. Na margem esquerda ocorre o processo de regeneração natural. Em amarelo nota-se acúmulo de rejeito	63
Figura 54. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos arbóreos isolados (sendo alguns mortos e outros em fase de recuperação) existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte	65
Figura 55. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do rio Gualaxo do Norte. Observa-se entre as gramíneas a existência de espécies arbóreas nativas de origem da regeneração natural	65

Figura 56. Gramínea exótica conhecida como Napier existente na margem direita do córrego.	65
Figura 57. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de Croton urucurana, Trema micrantha e Solanum sp, ambos existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte.....	65
Figura 58. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte	66
Figura 59. Vista parcial das gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita e esquerda do Rio Gualaxo do Norte	66
Figura 60. Indivíduos que foram impactados pela lama, nota-se que alguns estão vivos e apresentam rebrota de ramos	66
Figura 61. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como Trema micrantha	66
Figura 62. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como Mimosa pigra.....	67
Figura 63. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como Trema micrantha	67
Figura 64. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como Trema micrantha e Croton urucurana	67
Figura 65. Margem esquerda do rio recoberta por mudas nativas oriundas de regeneração natural. O ponto com solo exposto trata-se de uma via sem pavimentação de acesso ao bairro (a ponte aqui existente foi destruída)	67
Figura 66. Margem esquerda do rio recoberta de mudas nativas de regeneração florestal. Observa-se a espécie nativa Croton urucurana.....	68
Figura 67. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como Trema micrantha e Croton urucurana	68
Figura 68. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como Trema micrantha e Croton urucurana e Cecropia glaziovii	68
Figura 69. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural localizadas no plano de fundo em ambas as margens do rio	69
Figura 70. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural. Observa-se que a mesma se encontra em processo de recuperação natural.....	69
Figura 71. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural. Observa-se que a mesma se encontra em processo de recuperação natural.....	69
Figura 72. Mudas nativas oriundas de regeneração natural presentes na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte.....	69
Figura 73. Vista das mudas nativas de regeneração natural presentes na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte.....	70
Figura 74. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural da espécie Cecropia glaziovii.....	70
Figura 75. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como Croton floribundus, Croton urucurana e Trema Micrantha.....	70
Figura 76. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como Trema Micrantha (margem esquerda do rio)	70
Figura 77. Desenvolvimento de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies nativas de regeneração natural	71
Figura 78. Desenvolvimento de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies nativas oriundas de regeneração natural. (Margem direita do córrego Gualaxo do Norte) ...	71
Figura 79. Banco de plântulas da espécie Hyeronima alchorneoides presente na área em recuperação florestal (margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte).....	71
Figura 80. Regeneração natural correndo junto à margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte.....	71
Figura 81. Margem direita do rio Gualaxo do Norte, nota-se a presença de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies arbóreas nativas oriundas de regeneração natural	72

Figura 82. Gráfico de Sample rarefaction	78
Figura 83. Cladograma de similaridade de Bray-Curtis, onde St = Subtrecho	79
Figura 84. Exemplo de enrocamento implantado em um talude da margem do rio Gualaxo do Norte.....	84
Figura 85. Retentor de sedimentos instalado na margem do rio.....	85
Figura 86. Biomanta com vegetação em desenvolvimento	87
Figura 87. Localização das áreas de referência na avaliação das obras de controle da erosão no Trecho 8.....	88
Figura 88. Detalhe da vegetação desenvolvida na calha junto, à saída de enrocamento.....	89
Figura 89. Detalhe do retentor de sedimento com vegetação em desenvolvimento	91
Figura 90. Retentor de sedimento sem cobertura vegetal.....	91
Figura 91. Pontos de descontinuidades entre elementos de retenção	92
Figura 92. Enrocamento executado na Área 1	93
Figura 93. Vegetação em desenvolvimento intenso na Área 1	94
Figura 94. Barreira de geossintéticos com função de filtragem de fluxo.....	94
Figura 95. Barreira de galhos em processo de incorporação pelo meio ambiente.....	95
Figura 96. Ponto com pouco desenvolvimento de vegetação e exposição da manta	96
Figura 97. Outro ponto com pouca cobertura vegetal e exposição da manta.....	96
Figura 98. Ponto com fuga de material entre retentores de sedimentos.....	97
Figura 99. Detalhe da saída de fluxo do enrocamento com retentor de sedimentos.....	98
Figura 100. Detalhe da falta de cobertura de rocha na descida de água	98
Figura 101. Enrocamento em excelente estado na Área 2	99
Figura 102. Processo erosivo que necessita de tratamento.....	100
Figura 103. Vista parcial da trinca no acesso	102
Figura 104. Vista de outro ponto da trinca com uma caneta como referência de escala	102
Figura 105. Ponto do rio onde é necessário reforçar com enrocamento	103
Figura 106. Detalhe do enrocamento para direcionar a drenagem pluvial para o rio	104
Figura 107. Enrocamento para proteção da erosão em terreno natural	105
Figura 108. Detalhe do enrocamento para escoamento de água pluvial.....	106
Figura 109. Detalhe do sistema de drenagem com o desenvolvimento inicial de vegetação	107
Figura 110. Diferentes estágios de vegetação na manta de coco	107
Figura 111. Vista geral da solução de bioengenharia para estabilizar os rejeitos	108
Figura 112. Desenvolvimento geral da vegetação na Área 5.....	109
Figura 113. Retentores de sedimento danificados junto a margem esquerda do rio.....	110
Figura 114. Vista geral do enrocamento implantado na Área 5	110
Figura 115. Retentores de sedimento instalados na outra margem do rio	111
Figura 116. Ruptura de talude no Trecho 8	112
Figura 117. Localização das margens côncavas com potencial de erosão e as ações prioritárias realizadas para controle de erosão e revegetação no Trecho 8	117
Figura 117. Lagoa identificada dentro do trecho 8 - 03 de julho de 2017	118
Figura 118. Imagens históricas da lagoa identificada dentro do trecho 8.....	119
Figura 119. Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação da vazão média (Q_{max}) e área impactada.....	122
Figura 121. Curva de contorno do nível d'água gerada pela simulação das vazões Q_{50} , Q_{TR2} , Q_{TR10} e Q	124
Figura 122. Localização das propriedades ao longo dos Trechos 8	132
Figura 123. Localização dos monitoramentos ao longo dos Trechos 8	133
Figura 122. Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados no Trecho 8 do Rio Gualaxo do Norte	136
Figura 123. Conceito da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8.....	172
Figura 124. Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte.....	181
Figura 125. Exemplo do funcionamento do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte.....	182

Figura 126. Seção transversal típica de uma wetland – Elevada densidade de vegetação que atua como filtro. 184

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Declividades médias das unidades de análise 13

Tabela 2. Resultados das Áreas nos Diferentes Contextos nos Transectos 26

Tabela 3. Resultados das Estimativa de Volume dos Depósitos de Rejeito em m³ 27

Tabela 4. Listagem de espécies registradas durante a vistoria de campo. A coluna “Espécies” refere-se à revegetação emergencial apresentada no Item 3.2.1.2 - Histórico do Processo 72

Tabela 5. Tabela dos índices de diversidade obtidos para as amostras primárias 79

Tabela 6. Avaliação das curvas acentuadas e identificação das margens côncavas potencialmente instáveis 116

Tabela 7. 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 120

Tabela 8. Contextos identificados no Trecho 8 136

Tabela 9. Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 8 137

Tabela 10. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A 143

Tabela 11. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1 148

Tabela 12. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2 151

Tabela 13. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3 155

Tabela 14. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1 159

Tabela 15. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C2 162

Tabela 16. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C3 166

Tabela 17. Objetivos Específicos por Contexto e Alternativas Avaliadas e Seleccionadas no Trecho 8 168

Tabela 17. Soluções adotadas no Trecho 8 171

Tabela 18. Remoção Setorial dos Depósitos de Rejeito na Porção Intracalha no Trecho 8 173

Tabela 19. Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito no Trecho 8 177

ANEXOS

Anexo I - Relatório das Atividades de Campo para Aplicação do Plano no Trecho 8

Anexo II - Modelo Hidráulico Simplificado do rio Gualaxo do Norte com foco no Trecho 8

Anexo III – Projeto Conceitual do Sistema de Tratamento Natural Off-Line no Trecho 8

Anexo IV – Análise do Potencial de Erosão de Margens com Curvatura Acentuada

Anexo V - ARTs

SUMÁRIO EXECUTIVO

Com base nas diretrizes mínimas estabelecidas na Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA Nº 002/2017, foi solicitado que a Fundação Renova deverá iniciar a execução das ações de manejo em determinadas áreas piloto. Foi proposto o Trecho 8 que se refere a área de PCH Bicas no Rio Gualaxo do Norte, com extensão de 9,0 km.

Esse trecho relativo ao Rio Gualaxo do Norte foi prioritariamente selecionado para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, por se caracterizar pela alternância de segmentos de vales encaixados e planícies aluvionares e ser considerado uma das potenciais fontes de aporte de sedimento e de turbidez no rio.

Foi proposto pelos órgãos ambientais um fluxograma para gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito. Esse relatório segue as fases para a tomada de decisão previstas nesse fluxograma, conforme abaixo:

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

Esse relatório abrange especificamente as Fase 1 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.

A caracterização ambiental da área afetada foi realizada com base nos seguintes trabalhos apresentados neste estudo:

- Caracterização Ambiental dos depósitos de Rejeito
- Mapeamento dos Aspectos Físicos e Químicos
- Estimativa de Volume de Depósito de Rejeito
- Avaliação da Regeneração da Vegetação
- Avaliação das Ações de Controle de Erosão e Disciplinamento da Drenagem
- Avaliação das Margens com curvas Acentuadas com Potencial de Erosão

- Caracterização da Lagoa Existente
- Análise do Potencial de Inundação das Planícies e Encostas
- Identificação dos Impactos Ambientais

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 soluções a serem adotadas no Trecho 8, descritas na Tabela A para cada contexto, incluindo também a necessidade de tratamento da água por médio de Sistema de Tratamento Natural *off-line* renaturalização dos trechos longitudinais do rio.

Tabela A. Soluções adotadas no Trecho 8

Contexto	Alternativas de Manejo
Encostas	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas
Planícies com atividades econômicas:	Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens
Planícies com vegetação natural	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens
Lagoas marginais	Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e capeamento com cascalho, reestabelecimento da conexão com o rio, e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem
Margens com potencial erosivo e rejeitos	Implementação de medidas de controle da erosão na margem

Contexto	Alternativas de Manejo
Depósitos no leito fluvial (calha) potencialmente instáveis.	Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada
Depósitos no leito fluvial (calha) potencialmente estáveis	N/A
Tratamento da Água	Sistema de Tratamento Natural <i>off-line</i> e renaturalização dos trechos longitudinais do rio

Para os Depósitos no leito fluvial (calha) potencialmente estáveis, nenhuma alternativa apresenta uma pontuação inaceitável (semáforo vermelho) e as três alternativas tiveram pontuações muito próximos. Ou seja, o processo simplificado de tomada de decisão não foi conclusivo para este contexto.

Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se realizar estudos complementares, sendo que a inclusão de novos dados complementa a caracterização ambiental, demandando uma reavaliação dos impactos ambientais e dos objetivos específicos. Pela sua vez, poderá se avançar para o próximo nível de tomada de decisão, a Análise de Custo – Benefício (ACB).

1 INTRODUÇÃO

Com base nas diretrizes mínimas estabelecidas na Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA Nº 002/2017, foi solicitado que a Fundação Renova deverá iniciar a execução das ações de manejo em determinadas áreas piloto. Foi proposto o Trecho 8 que se refere a área de PCH Bicas no Rio Gualaxo do Norte, com extensão de 9,0 km.

Esse trecho relativo ao Rio Gualaxo do Norte foi prioritariamente selecionado para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, por se caracterizar pela alternância de segmentos de vales encaixados e planícies aluvionares e ser considerada uma das potenciais fontes de aporte de sedimento e de turbidez no rio.

Para fins deste Plano, foi adotada a definição de material detrítico, que refere-se à mistura de rejeitos, que durante o trajeto, após o rompimento da barragem, incorporou sedimentos presentes nas calhas e planícies aluvionares, solos das planícies aluvionares e encostas, além da vegetação presente nas encostas (gramíneas, herbáceas e árvores de grande porte). Esse material possui características distintas do rejeito (fração estéril produzida pelo beneficiamento de minério), que estava contido na barragem de Fundão, quando da ocorrência do rompimento. No entanto, para o contexto deste relatório, considera-se ao rejeito como o material detrítico sólido transportado pela água proveniente do rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão.

Foi proposto pelos órgãos ambientais um fluxograma para gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito, conforme Figura 1. Esse relatório segue as fases para a tomada de decisão previstas nesse fluxograma, conforme abaixo:

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

Esse relatório abrange especificamente as Fase 1 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. Foi incluída nesse relatório a Fase 1B, que trata de estudos complementares da caracterização.

Na Fase 1, está prevista a caracterização dos depósitos de rejeito, a caracterização ambiental, avaliação dos impactos desses depósitos e a definição dos objetivos específicos.

A caracterização ambiental dos depósitos foi realizada através de trabalhos de campo, em que foram realizadas inspeções visuais detalhadas em todo o Trecho 8, coleta e análise de amostras de solo, sedimento e rejeito para a avaliação da espessura, volume e caracterização química e de dados sobre fertilidade do solo (resultados de fertilidade do solo não publicados pelo laboratório até a data da emissão deste relatório). Além destes, foram realizados estudos e/ou modelos adicionais que compõem a caracterização da área estudada e, dessa forma, foram incorporados como Anexos, para maior detalhamento, a saber:

- Anexo I - Relatório das Atividades de Campo para Aplicação do Plano no Trecho 8;
- Anexo II - Modelo Hidráulico Simplificado do rio Gualaxo do Norte com foco no Trecho 8;
- Anexo III – Projeto Conceitual do Sistema de Tratamento Natural Off-Line no Trecho 8;
- Anexo IV – Análise do Potencial de Erosão de Margens com Curvatura Acentuada.

Esse relatório tem como objetivo retratar a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, para o Trecho 8, e visa relatar o 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.

A aplicação do Plano de Manejo de Rejeito ocorrerá de forma individual para cada um dos 17 trechos propostos, dada as particularidades de cada trecho. Dessa forma, o Plano de Manejo de Rejeito aqui proposto será atualizado de modo que a cada atualização incorporará nos seus anexos a aplicação do manejo nos outros trechos específicos, em forma de **Volumes**. O Trecho 8 foi considerado o Trecho Piloto, para o estado de Minas Gerais, e, portanto, será denominado como **Volume 1. Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8.**

2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO

Tendo em vista que: (i) rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão ainda se encontram depositados na calha rio Gualaxo do Norte e ao longo das suas margens e de seus tributários; 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 Rejeito. Com isso, espera-se criar subsídios para que sejam definidas ações que considerem as particularidades de cada segmento do rio.

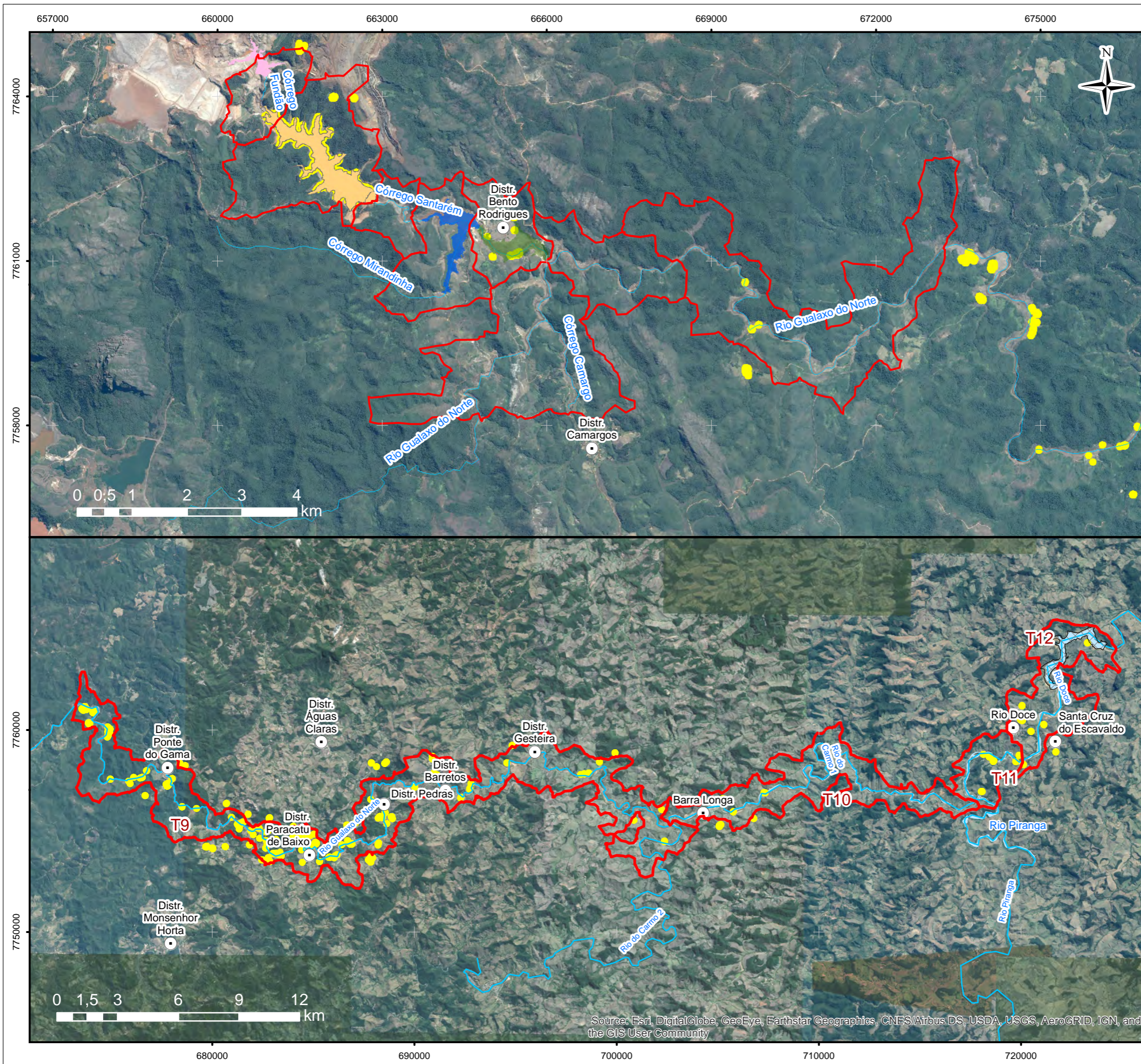
A delimitação da área de atuação do Plano de Manejo de Rejeito foi determinada pelo cruzamento dos limites da área impactada com a base hidrográfica ottocodificada da Bacia do Rio Doce. A construção da base ottocodificada consiste de um conjunto de processos para tratamento topológico da rede hidrográfica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

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos da base hidrográfica ottocodificada da Bacia Hidrográfica do Doce disponibilizada pela Agência Nacional de Água¹. Esta base foi construída parcialmente na escala 1:100.000 e parcialmente na escala 1:50.000. A base contempla a representação dos trechos de drenagem e a delimitação das áreas de contribuição hidrográfica. A bacia hidrográfica do Doce banha parte dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil. A Base Hidrográfica foi construída a partir de bases vetoriais disponibilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em escala 1:50.000 e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) em escala 1:100.000 do mapeamento sistemático brasileiro, seguida de ajustes topológicos nos trechos de drenagem e procedimentos de ottocodificação. As áreas de contribuição hidrográfica (bacias) foram definidas a partir de um modelo digital de elevação

¹ Disponível através do Portal de Metadados Geoespaciais da ANA: www.ana.gov.br/metadados.

hidrologicamente consistente, fruto do processamento de dados RASTER. O traçado dessas áreas foi suavizado para eliminar o serrilhado proveniente do dado matricial.

Na Figura 2 (Figura 2a, Figura 2b e Figura 2c) pode ser observado o total da área de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito e a Figura 3 apresenta a área impactada e as ottobacias dentro dos limites do Trecho 8, 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 9,52 km² (952 ha) de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8.



- LEGENDA:
- Área de Abrangência
 - Municípios / Distritos Afetados
 - Nova Santarém
 - Barragem do Fundão
 - Dique S3
 - Dique S4
 - Curso d'Água
 - Lagoas

ESCALA GRÁFICA:

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

REFERÊNCIA:

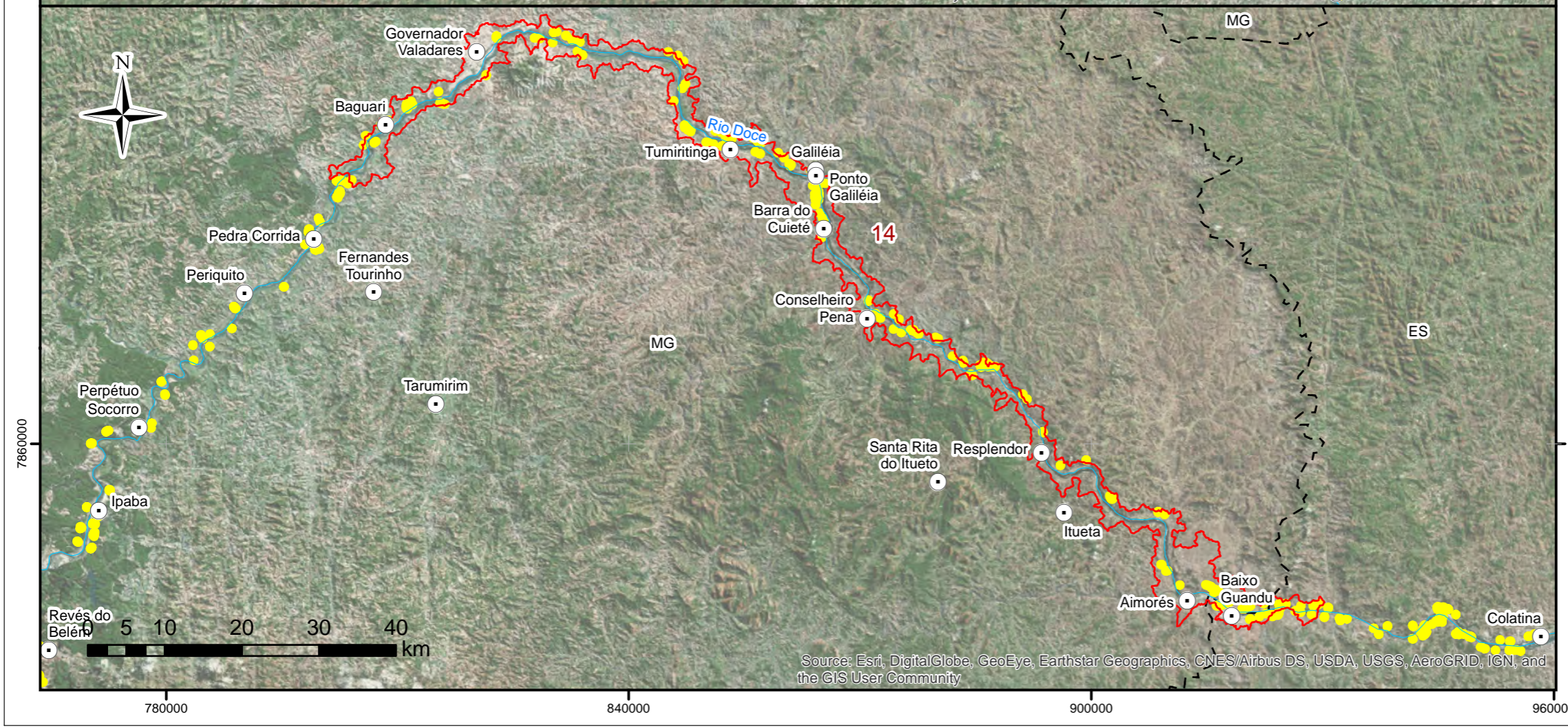
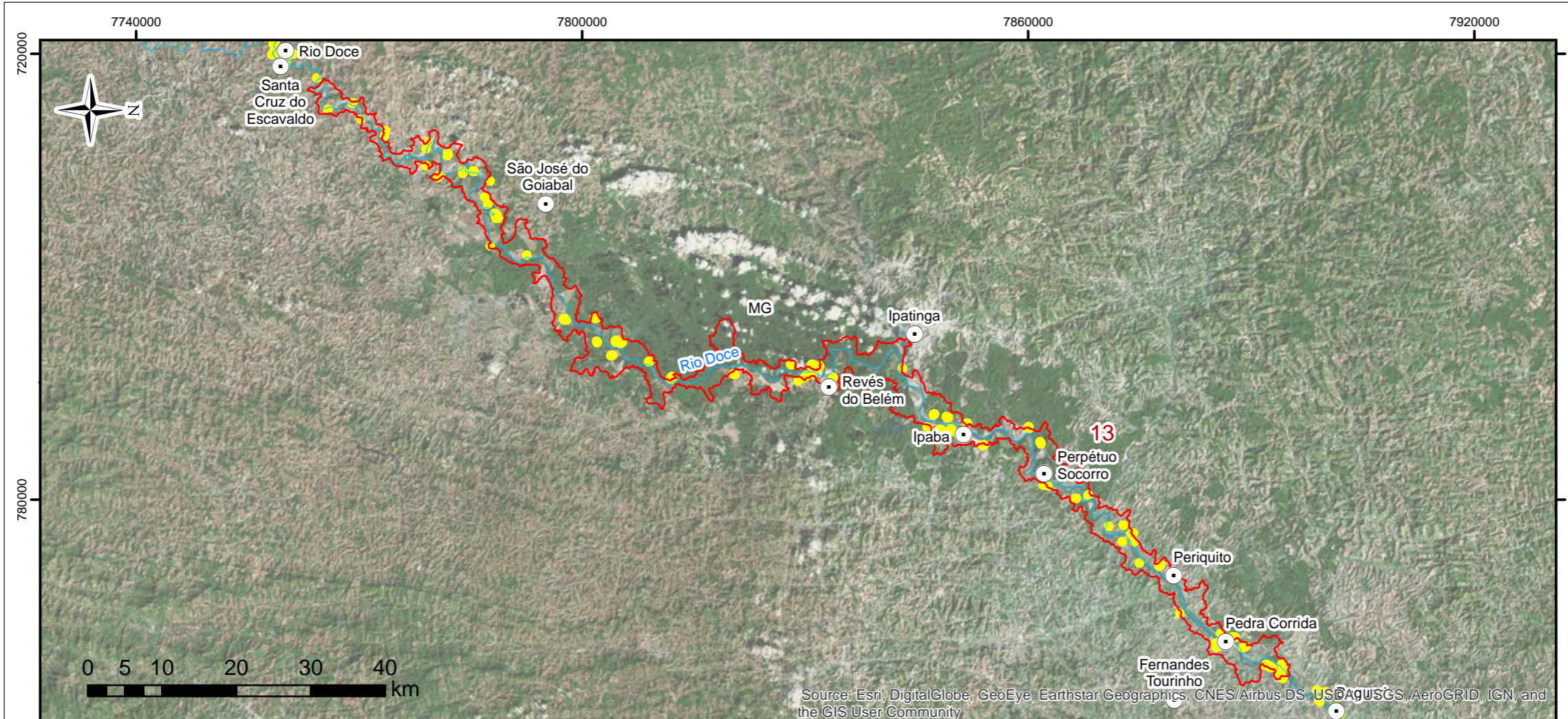


TÍTULO:
Figura 2A
Segmentação da Área Impactada em Trechos

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	30/07/2017	rutima	MB	AG	RAO

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



- LEGENDA:
- Municípios / Distritos Afetados
 - ▭ Área de Abrangência
 - Curso d'Água
 - Lagoas
 - - - Divisa Estadual

ESCALA GRÁFICA:

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

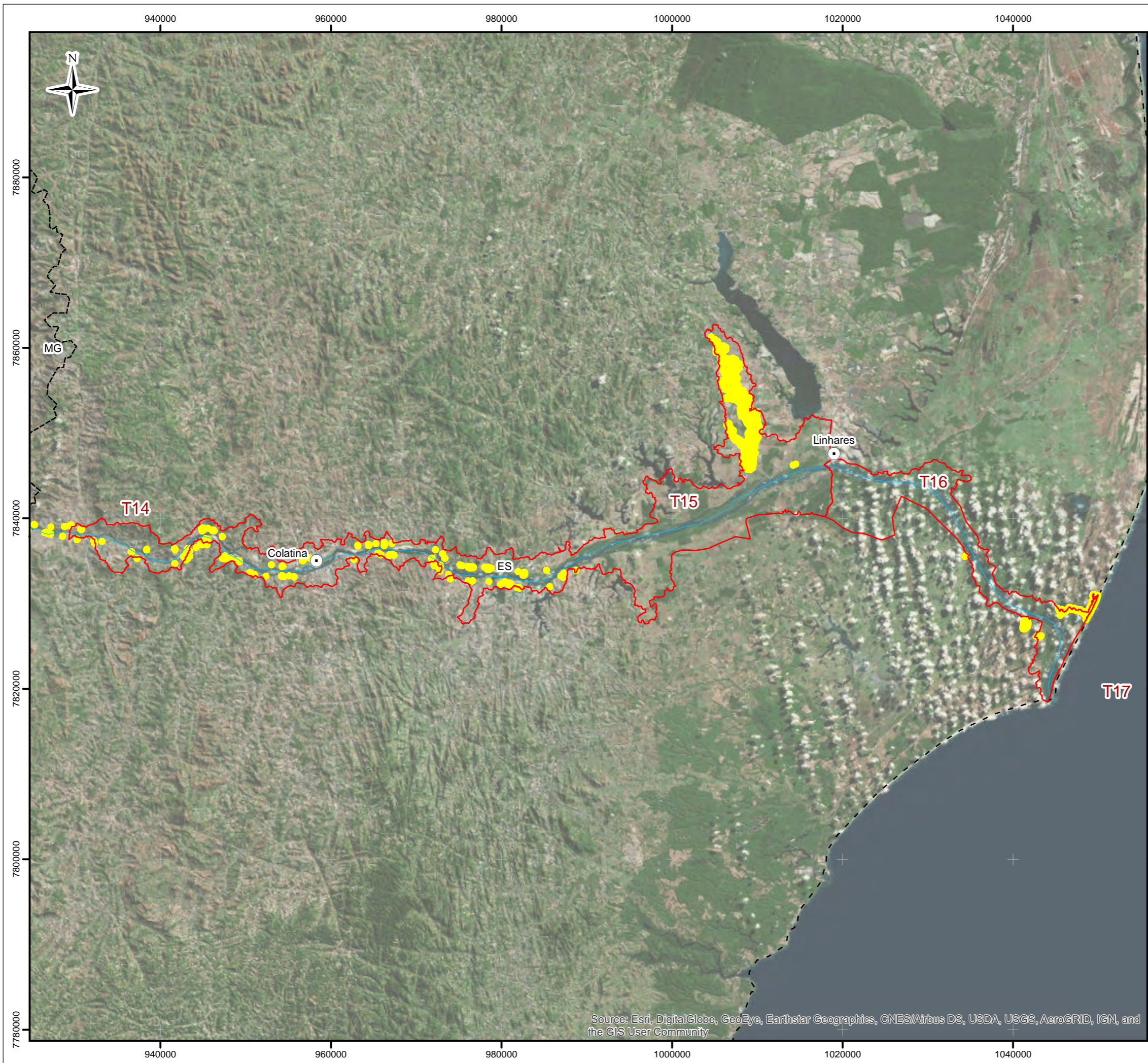
REFERÊNCIA:



TÍTULO:
Figura 2B
Segmentação da Área Impactada em Trechos

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	30/07/2017	rutima	MB	AG	RAO



- LEGENDA:
- Municipios / Distritos Afetados
 - ▭ Área de Abrangência
 - Curso d'Água
 - Lagoas
 - - - Divisa Estadual



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

REFERÊNCIA:



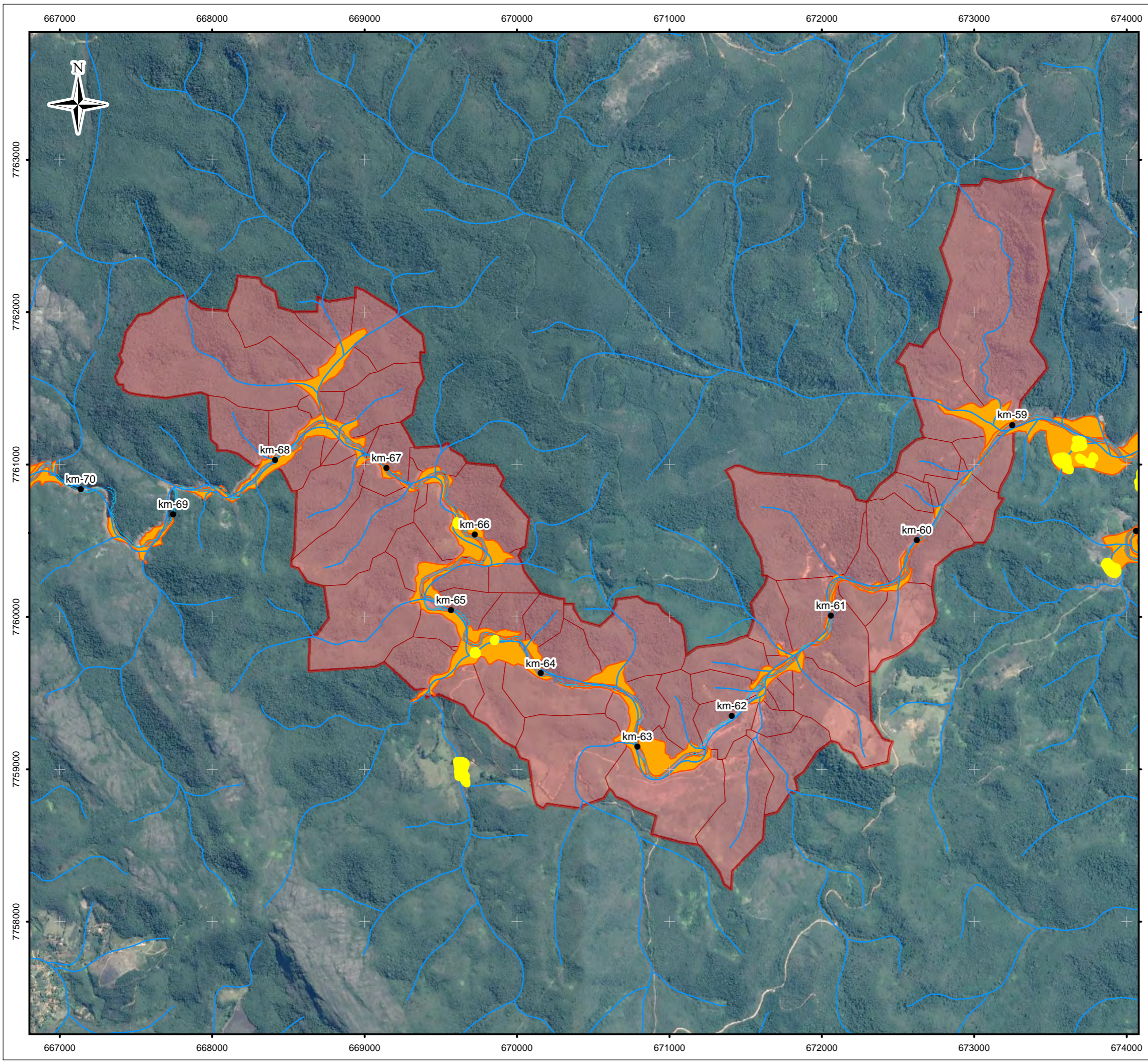
TÍTULO:
Figura 2C
Segmentação da Área Impactada
em Trechos

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

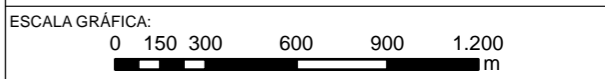
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	30/07/2017	rutima	MB	AG	RAO

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 2C_R1



- LEGENDA:**
- Quilometro contado a partir da foz do Rio Gualaxo com a junção com o Rio do Carmo
 - Lagoas
 - Drenagem
 - Área Impactada
 - Ottobacias Trecho 8
 - Delimitação do Trecho 8



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:
**Figura 3
Área de Abrangência do Trecho 8**

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	30/07/2017	rutima	MB	AG	RAO

3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA AFETADA

No processo de tomada de decisão, torna-se necessária a caracterização da área considerando os aspectos físicos, químicos e biológicos. Conforme mencionado, a área de interesse desse relatório refere-se especificamente ao Rio Gualaxo do Norte - Trecho 8.

Para a caracterização da área em estudo foram realizadas atividades de campo entre os dias 1 e 11 de julho de 2017. O relatório completo com as informações de campo, coleta de dados e análise encontra-se no Anexo I - Relatório das Atividades de Campo para Aplicação do Plano no Trecho 8. Esta inclusão de novos dados complementarará as informações pré-existentes a fim de reavaliar os impactos ambientais e os objetivos específicos a serem considerados na tomada de decisão com relação ao manejo desse trecho.

Desta maneira, foi elaborado um descritivo dos principais aspectos ambientais do trecho avaliado e que são relevantes para o processo de tomada de decisão do manejo. As informações dos aspectos físicos e químicos foram coletadas em campo, conforme **Anexo I**, desse documento. As informações relativas aos aspectos do meio biótico e socioeconômico são dados relativos a outros programas socioambientais em andamento e que possuem interface com o Manejo do Rejeito.

A interface do Manejo de Rejeito com os outros Programas socioambientais pode ser esquematicamente identificada na Figura 4:

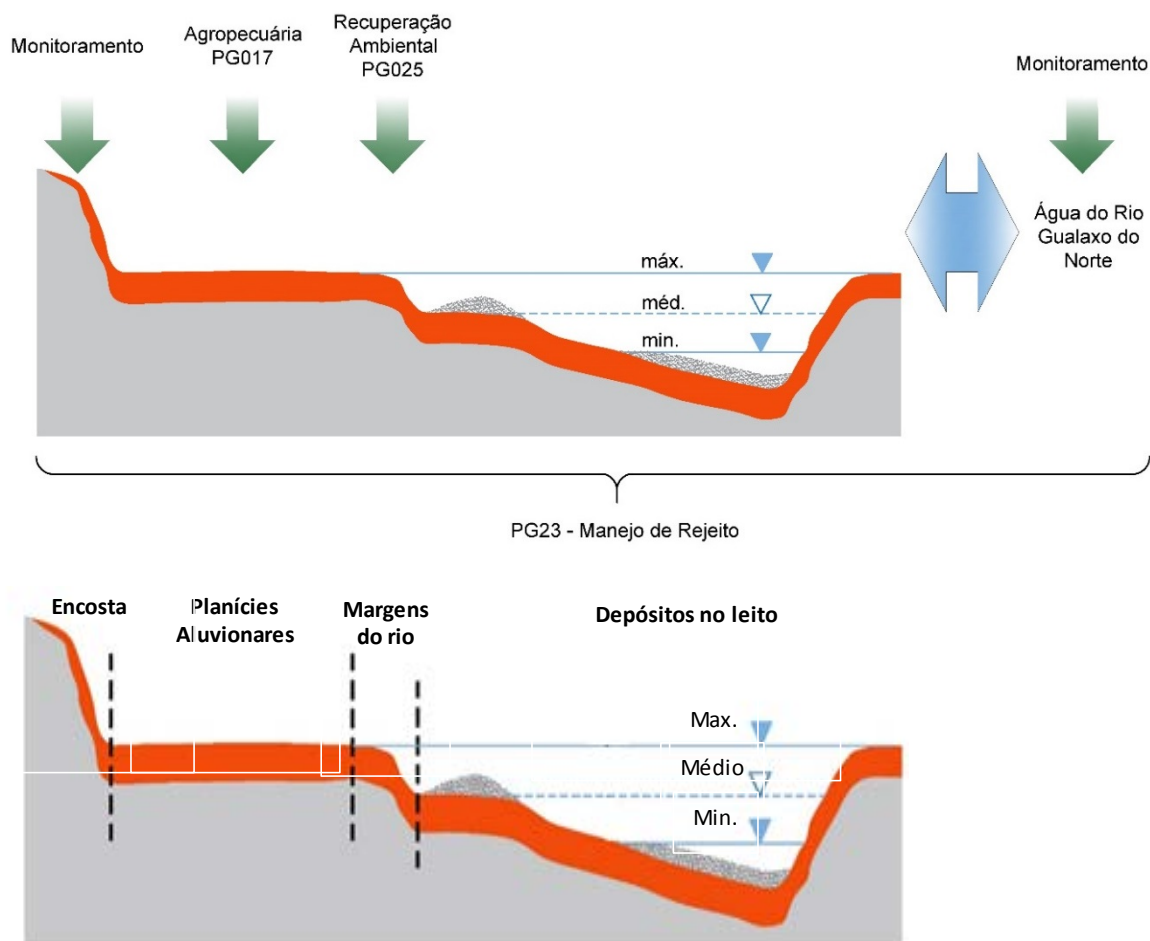


Figura 4. Programas socioambientais que possuem interface com o PG23 – Manejo de Rejeito - e abrangência conforme os tipos de depósito

A aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8 terá abrangência considerando todos os tipos de depósitos de rejeito identificados na área impactada:

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

A caracterização ambiental envolverá estudos (Fase 1A) e complementações (fase 1B) de dados de campo visando atingir os seguintes objetivos:

- Avaliação dos impactos atuais (i.e., residuais) decorrentes do evento principal (i.e., o rompimento da barragem do Fundão no mês de novembro de 2015) e/ou de

eventos posterior ao evento principal (e.g., a segunda época chuvosa após o evento principal)

- Identificação de oportunidades de incorporar melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas.

A análise dos riscos futuros, decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente será executada em forma paralela à tomada de decisão, como parte dos estudos complementares a serem realizados conforme indicado na Seção 8 do Plano de Manejo de Rejeitos Revisão 1 e conforme especificado nos Termos de Referência da Análise de Risco de Saúde Humana no Anexo IV do mesmo relatório. Com relação ao risco especificamente, está previsto um Workshop de Análise de Risco Ecológico para os dias 24 e 25 de agosto de 2017, com o objetivo de delinear diretrizes e metodologias para a execução do risco ecológico nas áreas afetadas e contará com a participação de professores universitários de notório saber, consultores, órgãos ambientais e Fundação Renova.

3.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS DEPÓSITOS DE REJEITO

3.1.1 UNIDADES DE ANÁLISE

A fim de facilitar o diagnóstico e avaliação de impactos no rio, o Trecho 8 foi subdividido em quatro unidades de análise. Estas unidades foram determinadas de acordo com a geomorfologia identificando as áreas de vale seguidas por gargantas ou quedas (trechos íngremes) ao longo do trecho estudado.

As declividades para cada unidade de análise foram calculadas com base na equação a seguir e os resultados das declividades são apresentados na Tabela 1.

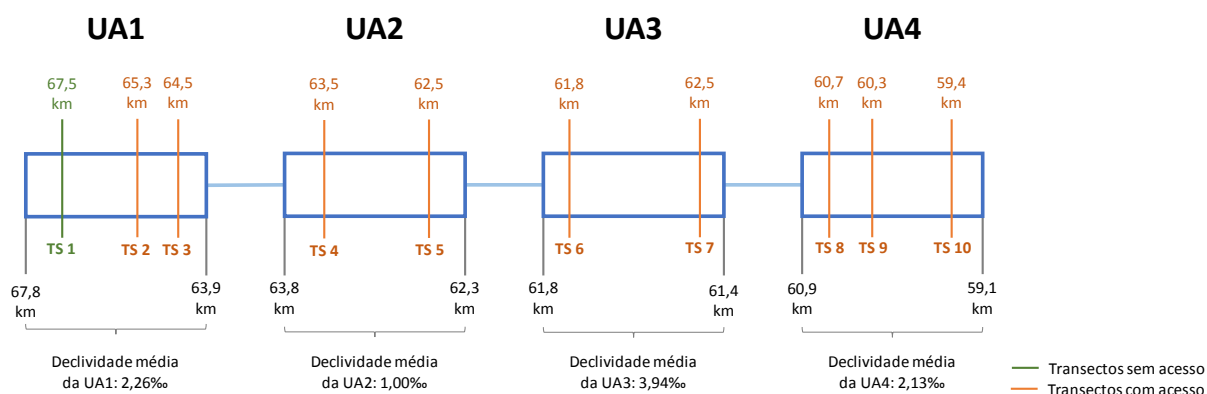
$$\text{Declividade } [\%] = \frac{\Delta \text{ Elevação [m]}}{\Delta \text{ Extensão [m]}} * 1000$$

Tabela 1. Declividades médias das unidades de análise

Unidade de Análise	Δ Extensão [m]	Δ Elevação [m]	Declividade Média [%]
UA1	3900	8,8	2,26
UA2	1500	1,5	1,00
UA3	400	1,6	6,51
UA4	1800	3,8	2,13

As três gargantas identificadas neste trecho, caracterizadas por declividade acentuada e seções estreitas, o que dificulta a deposição de rejeito, 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.

O diagrama da Figura 5 ilustra cada unidade de análise no curso (considerando km 0 na foz do rio Gualaxo do Norte), assim como a posição das gargantas ao longo do mesmo trecho e as declividades médias. Da mesma forma, estão indicadas as localizações do transectos definidos para coleta de dados no Trecho 8, indicando sua posição em km (a definição da localização dos pontos de amostragem ou transectos encontra-se descrita na Seção 3.1.2).



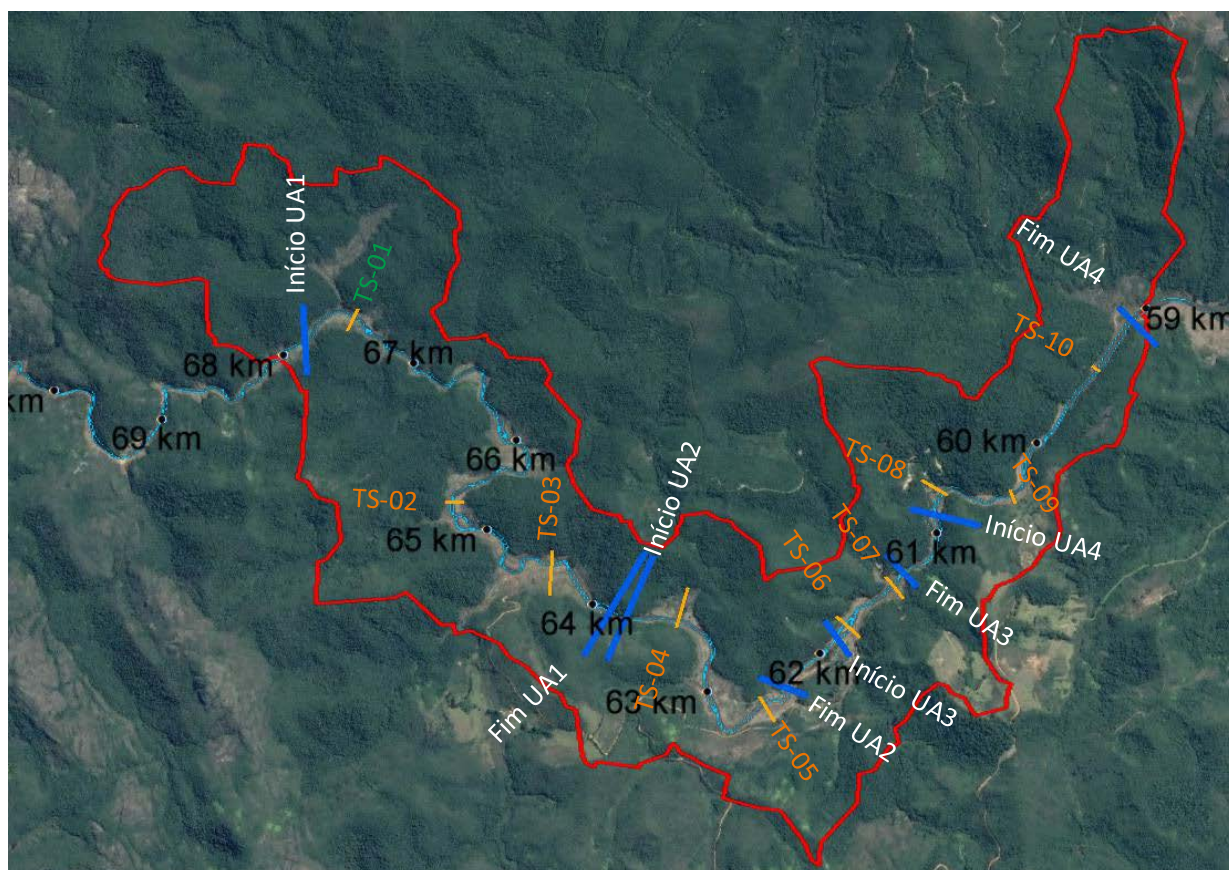


Figura 5. Unidades de análise e localização dos transectos no Trecho 8

Para melhor ilustrar como foram definidas as unidades de análise acima, a Figura 6 a seguir mostra dois gráficos do perfil longitudinal do Trecho 8 do rio. A Figura apresenta duas escalas diferentes do perfil, ambas incluindo também a localização das quedas d'água identificadas: a) mostra apenas o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise UA1 e UA2; b) mostra apenas o intervalo de elevação e posição que foca na visualização das unidades de análise UA3 e UA4.

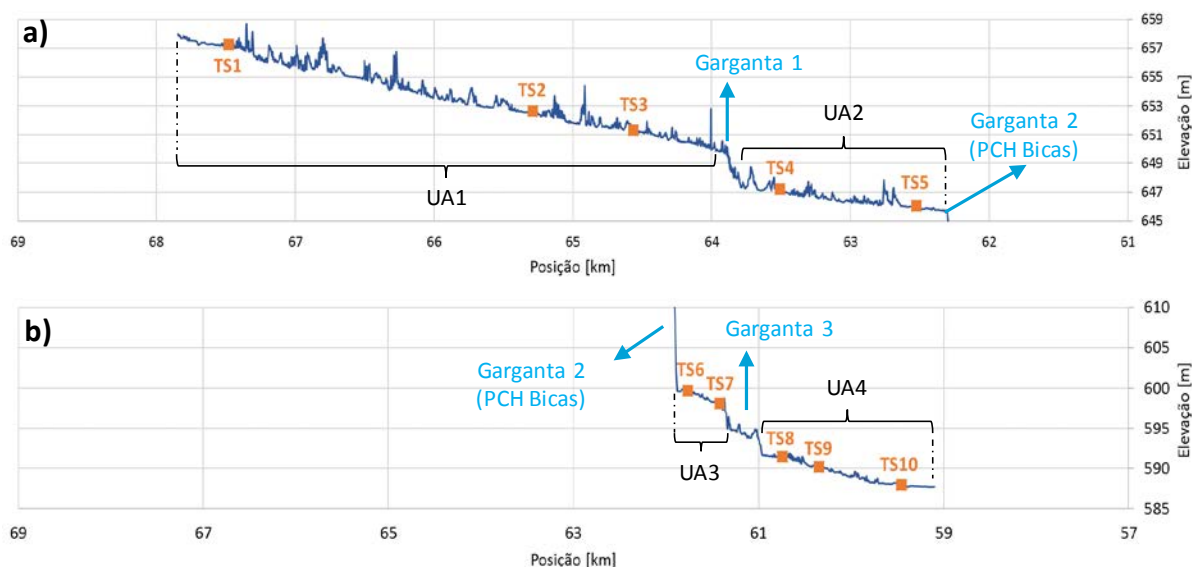


Figura 6. Perfil longitudinal do Trecho 8 e localização dos transectos e unidades de análise definidas

3.1.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem foram definidos com base na avaliação das fotos aéreas do segmento do rio Gualaxo do Norte dentro do Trecho 8, considerando os seguintes critérios para a determinação dos pontos a serem amostrados:

- Geomorfologia do trecho do rio;
- Distribuição espacial dos pontos nos segmentos do rio;
- Presença de bancos de sedimentação (praias ou ilhas) em fotos aéreas;
- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem;
- Presença de estruturas antrópicas que poderiam aumentar a sedimentação na calha do rio (exemplo: antiga hidrelétrica – UHE Bicas).

Ao todo foram selecionados dez (10) locais para a realização dos transectos, que representassem as diversas características do Trecho 8 do rio. Como o Trecho 8 conta com aproximadamente 8,5 km lineares de rio, estimou-se uma média de uma amostra a cada 0,85 km de rio. A localização dos transectos encontra-se apresentada na Figura 5,

No entanto, um dos transectos (TS-01) não foi realizado devido à ausência de acesso por parte da equipe de amostragem, desta forma foram realizados no total 9 transectos (TS-02 a Ts-10), o que proporciona em média 1 ponto de coleta de dados

a cada 0,94 km. Considera-se que esta densidade é suficiente para caracterizar os diferentes segmentos do rio Gualaxo do Norte no Trecho 8 sendo que foram coletadas amostras de pelo menos 2 transectos por Unidade de Análise.

Para cada um dos transectos foram previstas sondagens em ambos os lados do rio para a avaliação da espessura do rejeito extracalha. As sondagens extracalha foram locadas próximo as margens do rio, nas planícies aluvionares e nas encostas dos morros, próximo ao limite da área impactada. Foram executadas mais de uma sondagem na planície aluvial, nas áreas de planície extensa, respeitando-se um segmento não maior que 50 metros entre um ponto e outro.

Em todos os transectos também foram realizadas sondagens intracalha para avaliação do material, verificação da existência de *lag layer* (rejeito lavado) e medição das camadas de rejeito na calha do rio. No geral, foram realizadas no mínimo 9 sondagens em cada transecto, 3 na lateral esquerda, 3 na lateral direita e 3 na calha.

As sondagens realizadas tiveram profundidades diversas, sendo realizadas até que se encontrasse o solo ou sedimento natural, que permitisse a delimitação da espessura da camada de rejeito. O rejeito possui uma característica distinta, sendo formado por porções de areia fina, silte e pouca argila, com uma coloração marrom avermelhado. Já solo natural variou de bastante em sua composição, dependendo do local da sondagem (argila arenosa marrom escura ou cinza, areia grossa a fina cinza, silte arenoso amarelado, argila marrom clara etc, alguma destas com presença de matéria orgânica – raízes, galhos e folhas em decomposição). Já o sedimento na maior parte das vezes era formado por uma camada de seixos e cascalho de quartzo, areia grossa a fina bege ou alteração de rocha.

Vale ressaltar que nas sondagens intracalha foram realizadas a distinção do rejeito lavado (novo lag layer do rio, formado por uma camada de material detrítico de matriz arenosa, que varia de fina a média, de coloração que varia de cinza claro a cinza escuro, onde a maior parte do silte e argila foi removido pela água do rio) e do rejeito inconsolidado (material de matriz arenosa, que varia de fina a média, com porções variáveis de argila e silte, de coloração marrom avermelhado, pouco plástico, inconsolidado). Nas sondagens extracalha não foi encontrado o rejeito lavado, somente o rejeito inconsolidado.

Uma vez encontrado o solo ou sedimento natural, a profundidade de contato entre as duas camadas era medida com trena ou por correlação da profundidade alcançada pelo amostrador tendo como base o nível do solo, sendo este registrado nas fichas de sondagem.

Maiores detalhes das atividades de campo, resultados e conclusões desta etapa são apresentados no Anexo I deste relatório.

3.1.3 MAPEAMENTO DOS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Os resultados das medições das espessuras dos rejeitos extracalha dentro do Trecho 8 indicaram uma média de 0,65 metro de espessura, com uma variação de 0,15 (TS-10) a 2,75 metros (TS-07). Destacam-se os transectos TS-02, TS-05 e TS-07 com espessuras de 0,81 m, 0,76 m e 0,98 m, respectivamente, acima da média. Dois destes pontos, TS-05 e TS-07, são transectos localizados a montante de uma garganta, UHE Bicas e estruturas rochosas, respectivamente. Estas gargantas funcionaram como uma barreira para o fluxo da lama de água e rejeito do acidente, reduzindo a velocidade do fluido nestas regiões, causando o aumentando da deposição de material que estava sendo transportado em suspensão.

Os resultados das medições das espessuras de rejeito são apresentados na Figura 7 abaixo, com a média dos resultados encontrados nas diversas sondagens realizadas em cada um dos transectos na porção extracalha realizados neste estudo.

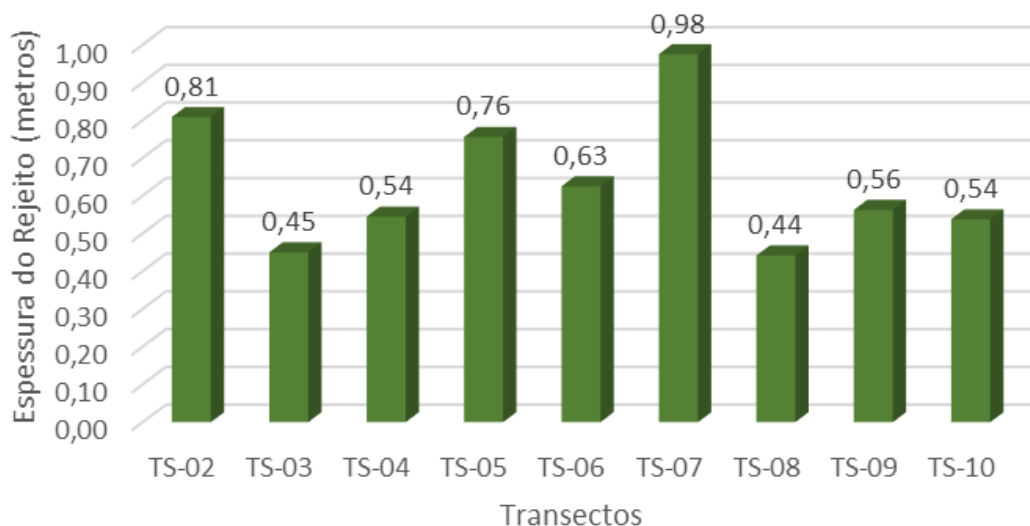


Figura 7. Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha

Já o rejeito lavado identificado nas sondagens realizadas na seção intracalha apresentou uma média de 0,25 m de espessura com um valor mínimo de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem) e um máximo de 0,80 m de espessura (TS-06). A média do rejeito lavado em cada um dos transectos variou de 0,07 m (TS-02 e TS-10) a 0,53 m (TS-03).

O rejeito inconsolidado apresentou uma maior amplitude na variação da espessura, de 0,0 m (ausência desta camada em diversos pontos de sondagem) a 3,5 m (TS-10) na intracalha. Já as médias das espessuras em cada transecto variou de 0,0 m no TS-03 a 2,7 m no TS-10. Os dados das médias dos rejeitos, lavado e inconsolidado, de cada um dos transectos são apresentados na Figura 8 abaixo.

As maiores espessuras de rejeito depositados na seção intracalha foram encontradas nos bancos (ilhas e praias) que estavam expostos durante a amostragem realizada no período de estiagem.

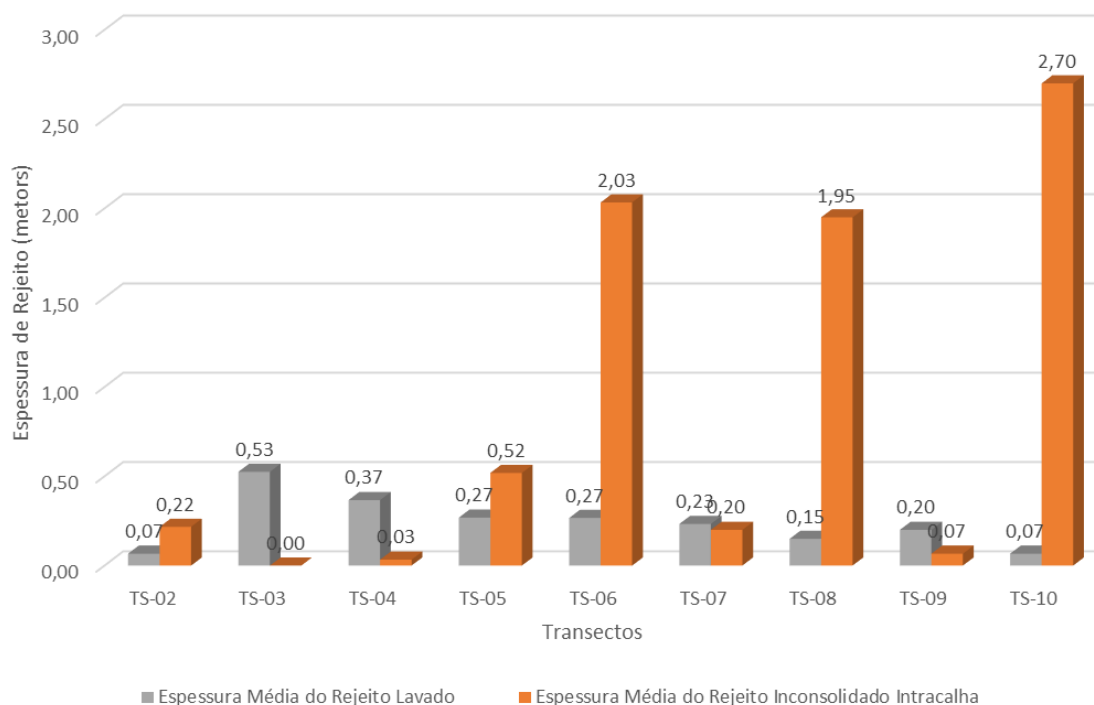


Figura 8. Espessuras média dos depósitos de rejeito encontrados na porção extracalha

O gráfico acima destaca três transectos com as maiores espessuras médias de rejeito inconsolidado:

- TS-06: Jusante da PCH Bicas (Antiga Casa de Máquinas e Turbina da Hidrelétrica)
- TS-08: Jusante da Antiga Ponte
- TS-10: Final do Trecho 8

O transecto TS-06 identificou uma camada de 0,27 m de rejeito lavado, que compõe a superfície da ilha de rejeito que se encontra a jusante da PCH Bicas, após uma garganta formada por rochas de alta declividade. Abaixo desta camada de rejeito lavado (*lag layer*) foram encontradas grandes espessuras de rejeito inconsolidado, média de 2,03 m de espessura.



Figura 9. Fotos aéreas históricas da área a jusante da PCH Bicas (transecto TS-06)

Fonte: Google Earth

A Figura 9 apresenta as fotos históricas deste local. A primeira foto aérea apresenta a imagem antes do rompimento da Barragem de Fundão, o que indica a existência de uma ilha natural com vegetação. Logo após o incidente na foto de 06/11/2015, pode-se notar que a ilha antes existente no local foi totalmente removida, e o rejeio se depositou em ambos os lados do rio. Na foto seguinte datada de 24/12/2015, verifica-se a formação de uma nova ilha no local, formada pelo rejeio de coloração marrom avermelhado, característico do rejeio inconsolidado. Já em 2016, pode-se observar que o tamanho da ilha aumentou e adquiriu uma coloração mais escura na superfície, que é característico do rejeio lavado sem o material de granulometria mais fina. Estas fotos indicam que, apesar da ilha ter sido totalmente

removida no evento, por esta ser uma área de deposição de sedimentos, a ilha foi se formando novamente gradualmente, agora preenchida pelo material do rejeito.



Figura 10. Fotos aéreas históricas da área do transecto TS-08

Fonte: Google Earth

Na área do TS-08, é possível verificar na foto pretérita ao acidente a existência de um banco de sedimento natural, após uma pequena queda de água e antes do meandro do rio. A foto aérea tirada logo após o acidente mostra que maior parte deste banco foi carreado, e o rejeito se depositou principalmente no lado esquerdo, na margem norte. Mesmo na foto de 2016, somente parte do banco que existia originalmente voltou a se depositar no local, mas como os dados da espessura indicam, uma espessa camada de rejeito se depositou na seção intracalha.



Figura 11. Fotos aéreas históricas da área do transecto TS-10

Nas fotos históricas do TS-10, observa-se que antes do acidente existia um grande banco de sedimento natural de coloração cinza na margem norte do rio. Na foto aérea logo após o acidente da Barragem de Fundão, é visível que maior parte deste banco foi removido. Em dezembro de 2015, a foto indica o acúmulo de rejeito na área e o início da formação do banco, que com o tempo aumentou de tamanho e de largura, como mostra a foto de 2016.

Segundo informado, esta área do rio Gualaxo do Norte sofreu processos de mineração de ouro no passado, o que causou a formação de lagoas, ou área de depressão no fundo do leito do rio. Estas áreas formaram bolsões para o depósito de rejeito, o que explica as significativas espessuras de rejeito encontradas na calha do rio.

A média do total do rejeito intracalha ficou em 1,33 m de espessura, impulsionado pelas significativas camadas de rejeito encontradas nos transectos TS-06, TS-08 e TS-10, já que todos os outros transectos apresentaram médias com

valores inferiores à média geral. A média do rejeito extracalha nas encostas ficou em 0,31 m de espessura, a média do rejeito nas planícies ficou em 0,66 m e a média nas margens ficou em 0,60 m.

A Figura 12 apresenta de forma resumida as espessuras médias de rejeito para cada um dos contextos (encosta, planície e calha), em cada um dos transectos.



Figura 12. Espessura média (m) dos depósitos de rejeito intracalha, extracalha e total de cada um dos transectos

Os laudos laboratoriais das análises de metais para as amostras de solo e sedimento coletadas neste estudo, assim como suas respectivas cadeias de custódias, são apresentados no Anexo I, assim como um resumo dos resultados junto com os valores de referência de qualidade do solo, com base no CONAMA 420/2009, 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 166/2011.

Como esperado, as maiores concentrações foram detectadas para alumínio, ferro e manganês. Para o Alumínio, as concentrações variaram de 392 a 5140 mg/kg, com uma média de 1.388 mg/kg. Para Manganês, as concentrações variaram de 126

a 977 mg/kg, com uma média de 437 mg/kg. Para o Ferro, as concentrações variaram 13.000 a 52.000 mg/kg, com uma média de 38.833 mg/kg.

Apesar das concentrações das análises químicas para metais mencionadas acima, entre outras detecções, nenhum resultado indicou valores acima dos valores de referência, valores de investigação do CONAMA 420 para áreas agrícolas.

Os resultados, laudos e tabelas resumo apresentados no Anexo I, indicam que as maiores proporções de argila e silte foram encontradas no rejeito inconsolidado dentro da calha do rio, o que indica que este material tem grande potencial de liberação das partículas finas (argila e silte) se exposto às águas do rio.

Em contrapartida, as menores porcentagens de argila e silte foram encontrados no rejeito lavado, material formador da atual camada do *lag layer*, uma vez que fluxo da água ao passar sobre este material já removeu a porção de material mais fino, sendo carregado como material em suspensão, deixando as partículas mais grossas do rejeito (areia fina a grossa).

As outras camadas, rejeito inconsolidado das planícies (extracalha) e o sedimento natural tiveram as medias das partículas entre estes dois extremos.

Os resultados das amostras de fertilidade coletados neste estudo, em ambos os lados das planícies aluvionares dos transectos, não foram publicados pelo laboratório Bioagri na data de fechamento deste relatório. Os resultados e conclusões destes dados serão apresentados posteriormente em documento separado.

3.1.4 ESTIMATIVA DE VOLUME DE DEPÓSITO DE REJEITO

Com base nos resultados das medições das espessuras dos depósitos de rejeito nos diferentes transectos, nos quais foram coletados dados nos diferentes contextos (encosta, planície aluvionar, margem e calha, conforme abrangência de acordo com os tipos de depósito indicada na Figura 4), foi calculada a estimativa do volume de rejeito para os diferentes transectos e conseqüentemente para o Trecho 8 como um todo. Foi utilizada uma metodologia para a estimativa do volume de rejeito depositado dentro do Trecho 8 utilizando o programa de computador CAD Civil 3D.

A área impactada foi delimitada com base nas fotos aéreas após o acidente, em que foram determinados os limites máximos dos depósitos de rejeito e delimitação entre planícies e encostas, considerando declividade e tipo de vegetação. Posteriormente, esta área foi segmentada nos diferentes contextos estudados: encosta, planície aluvionar, margem e calha. Para a área da margem, utilizou-se um buffer de 2 metros da linha da calha do rio. Para as definições das planícies aluvionares e das encostas, foram utilizados os dados do LiDAR (da sigla inglesa *Light Detection And Ranging*) que detêm as cotas topográficas de cada uma destas áreas. Com base nesta avaliação detalhada foram determinadas as áreas de influência de cada um dos transectos executados, utilizando como embasamento a geomorfologia do rio, e finalmente a área de cada um dos contextos nestas áreas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados das Áreas nos Diferentes Contextos nos Transectos

Unidade de Análise	UA1		UA2		UA3 TS-06/TS-07	UA4			TOTAL
	TS-02	TS-03	TS-04	TS-05		TS-08	TS-09	TS-10	
Transecto	TS-02	TS-03	TS-04	TS-05	TS-06/TS-07	TS-08	TS-09	TS-10	TOTAL
Contextos	Áreas (m2)								
Encosta Norte	115.927	22.155	12.022	12.181	10.416	8.269	6.812	36.698	224.480
Planície Norte	21.273	5.425	17.740	37.140	9.448	2.744	6.037	22.653	122.460
Margem Norte	5.836	2.290	1.690	1.276	1.110	907	1.783	938	15.830
Calha	45.900	18.456	12.413	10.161	10.300	7.366	12.528	10.908	128.032
Margem Sul	5.622	2.474	1.734	1.398	1.120	946	1.866	950	16.110
Planície Sul	35.340	63.383	22.349	16.420	14.187	1.261	2.494	3.377	158.811
Encosta Sul	60.822	35.134	13.975	1.415	69.715	4.361	8.334	816	194.572
TOTAL	290.720	149.317	81.923	79.991	116.296	25.854	39.854	76.340	860.295

Nota: Tendo como referência o rio de montante para jusante, Norte seria o lado esquerdo do rio e Sul seria o lado direito do rio.

O resultado das áreas foi cruzado com a espessura do rejeito nestes contextos para se estimar o volume de depósito em cada um deles e conseqüentemente o volume em cada transecto, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das Estimativa de Volume dos Depósitos de Rejeito em m³

Transecto	TS-02	TS-03	TS-04	TS-05	TS-06	TS-07	TS-08	TS-09	TS-10	TOTAL
Contexto	Volume (m3)									
Encosta Norte	127.520	6.647	3.607	7.918	1.042	1.302	2.481	2.044	11.009	163.568
Planície Norte	25.528	2.577	7.540	22.903	1.417	12.755	892	8.150	22.653	104.414
Margem Norte	7.003	1.088	718	787	167	999	295	2.407	938	14.401
Calha	13.005	9.689	4.965	8.002	11.845	2.232	15.469	3.341	30.179	98.726
Margem Sul	3.092	1.278	347	1.202	373	350	757	2.519	665	10.584
Planície Sul	19.437	32.748	4.470	14.121	6.621	4.433	1.009	3.367	2.364	88.570
Encosta Sul	24.329	12.297	2.795	920	6.972	47.058	1.962	2.500	122	98.955
TOTAL	219.913	66.324	24.441	55.853	28.436	69.129	22.864	24.328	67.931	579.217

Com base nos resultados, é estimado um volume de aproximadamente 580.000 m³ de rejeito depositado em todo o Trecho 8. A Figura 12 ilustra a proporção do volume em cada um dos contextos.

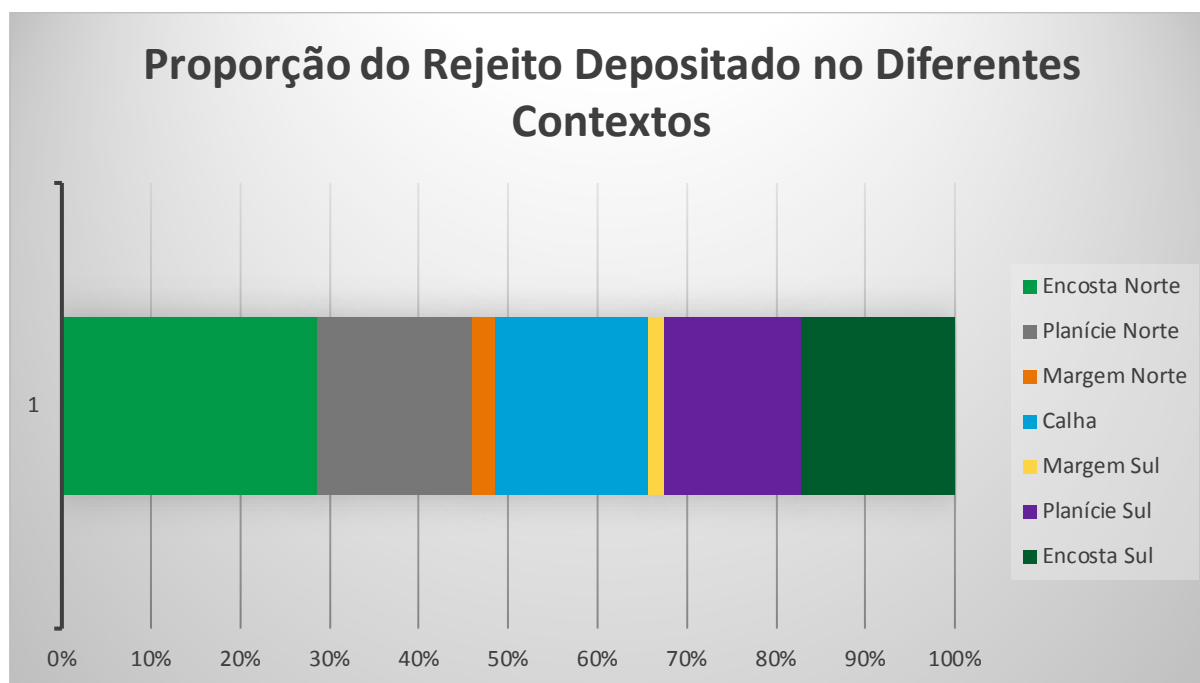


Figura 13. Proporção do Rejeito Depositado nos Diferentes Contextos

3.1.5 POTENCIAL DE RESSUSPENSÃO DO DEPÓSITO DE REJEITO NA CALHA

Conforme mencionado acima e no relatório das Atividades de Campo do Trecho 8, Anexo I, foi verificada a presença do rejeito lavado na camada superior dos

depósitos intracalha, com características distintas do rejeito que foi depositado, devido ao processo de remoção do material mais fino (argila e silte) pelo fluxo d'água do rio. Esta camada de rejeito lavado é a formação do novo *lag layer*, que serve como uma camada selante entre a água do rio e o rejeito inconsolidado que se encontra abaixo. Este processo de formação do *lag layer* é um processo dinâmico que varia dependendo do trecho do rio, e conseqüentemente dos processos de deposição ou erosão do leito da calha.

Na literatura científica, se encontra 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. Para as seções avaliadas do rio, para determinar o rejeito depositado na calha com potencial de ressuspensão ou com instabilidade, foi considerado 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.

3.2 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE CONTROLE DE EROSÃO E DISCIPLINAMENTO DA DRENAGEM

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 250 hectares; e
- Etapa 2: de fevereiro de 2016 a julho de 2016 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, setembro de 2016) 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 PG-25 Recuperação da Área Ambiental, a Fundação Renova dividiu os cursos d'água do córrego de Santarém, rio Gualaxo do Norte, rio Carmo e rio Doce em 27 áreas, tendo como base os resultados dos estudos geomorfológico, hidrológico e hidrosedimentológico.

Destas 27 áreas, a Fundação Renova definiu 16 como áreas prioritárias (conforme apresentado na Figura 14), 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 PG-25 foram prioritariamente desenvolvidas nas áreas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 e 15.

Atualmente, as obras de controle de erosão nas áreas prioritárias supracitadas estão previstas para serem finalizadas em julho de 2017. Em contrapartida, as obras nas áreas não-prioritárias, enumeradas de 16 a 27, deverão ser 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.

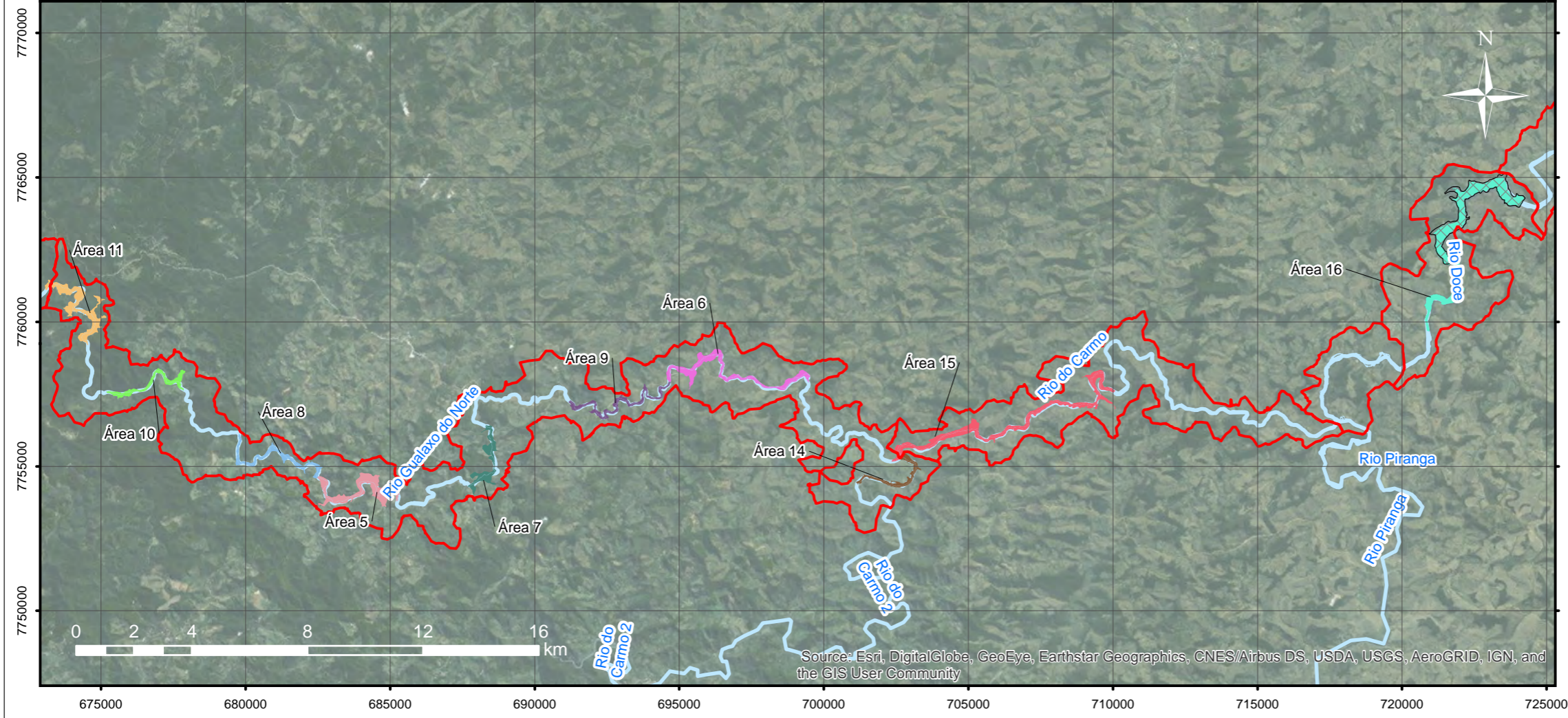
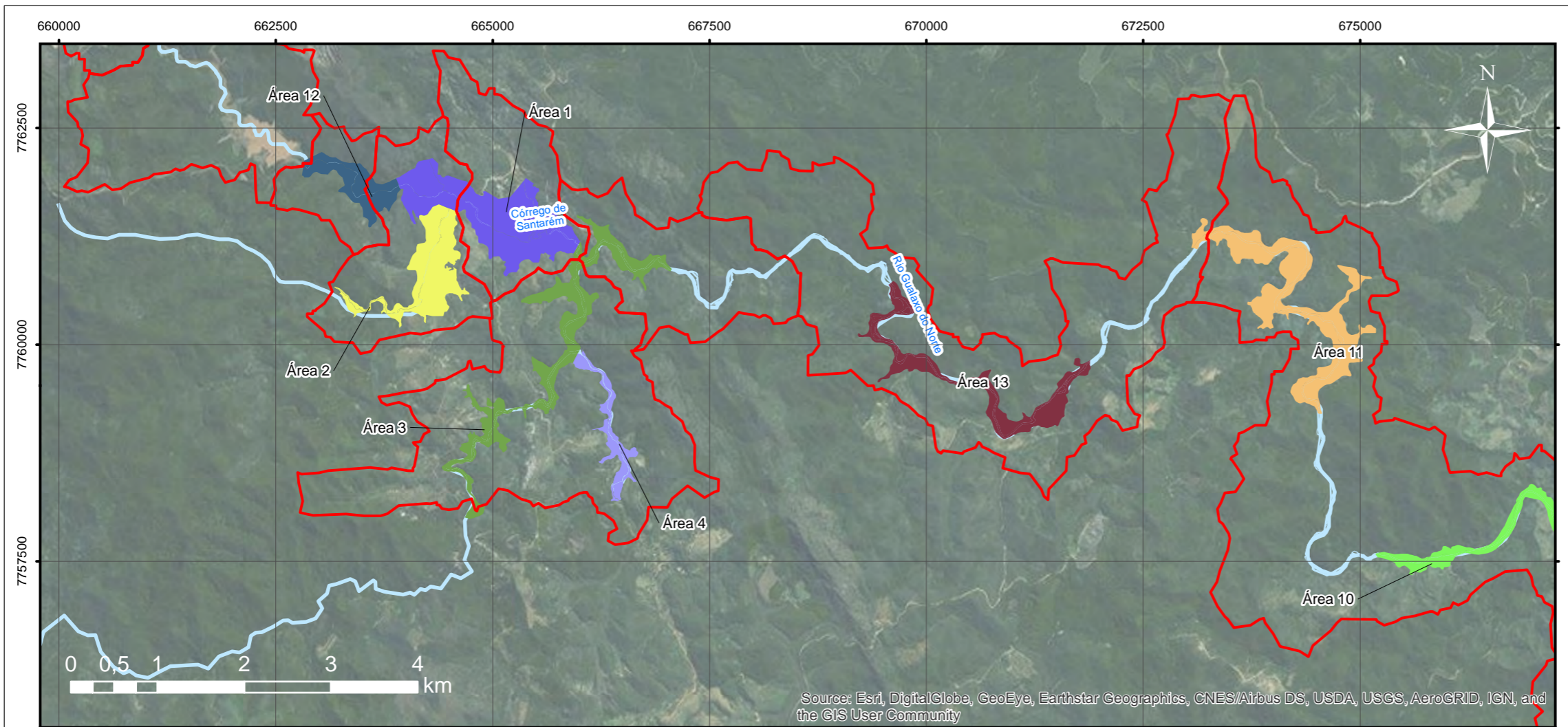
Esta fase consistiu em reconstrução da seção de escoamento, tomando como base métodos de bioengenharia adequados para cada tributário, incluindo a proteção de margens para evitar novos aportes de solo e sedimentos aos cursos de água.

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 no Relatório do Plano de Manejo de Rejeito Revisão 1 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.

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 decantação dos sólidos transportados em suspensão durante o fluxo resultante do rompimento da barragem de Fundão. Também fazem parte desses depósitos 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.



LEGENDA:

- Reservatório Candongas
- Curso d'Água
- Trechos

Áreas Prioritárias Golder

- Área 1 - Canal e planície de inundação do Córrego Santarém próximo a Bento Rodrigues
- Área 2 - Canal e planície de inundação do Córrego Mirandinha
- Área 3 - Canal e planície de inundação do alto Rio Gualaxo do Norte
- Área 4 - Canal e planície de inundação do Rio Camargo
- Área 5 - Planície de inundação BFL-11 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 6 - Planície de inundação BFL-27 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 7 - Planície de inundação BFL-17 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 8 - Planície de inundação BFS-10 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 9 - Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 10 - Planície de inundação BFS-08 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 11 - Planície de inundação NR-06 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 12 - Canal e áreas dos vales do alto Córrego Santarém
- Área 13 - Planícies de inundação NR-04 e CF-05 do Rio Gualaxo do Norte
- Área 14 - Planície de inundação a montante do Rio Carmo
- Área 15 - Planície de inundação BFS-BFL-33 do Rio Carmo
- Área 16 - Reservatório de Candonga

ESCALA GRÁFICA:

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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015

ch2m

TÍTULO:
Figura 14
Sobreposição
Áreas Golder x Áreas CH2M

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA: 30/07/2017	PROJ.: WC	VERIF.: MT	APROV.: AG	REV.: RAO
----------------	----------------------------	---------------------	----------------------	----------------------	---------------------

Considerando a decantação 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, o que de fato foi verificado, conforme se pode observar na Figura 15.

Da mesma forma, as depressões existentes nas áreas afetadas antes do evento permaneceram como tais, mesmo após a deposição da camada de rejeitos, conforme se pode observar na Figura 16 obtida a partir de imagem de satélite do dia 11 de novembro de 2015, seis dias após a passagem da onda de cheia.



Figura 15. Pequena elevação junto à planície aluvionar do rio Gualaxo do Norte no Trecho 6, a montante da confluência do córrego Santarém. Observar a camada de rejeito que recobre uniformemente a elevação, desde o topo até a sua base, com uma espessura em torno de 40 cm (notar a caneta azul ao centro da foto)

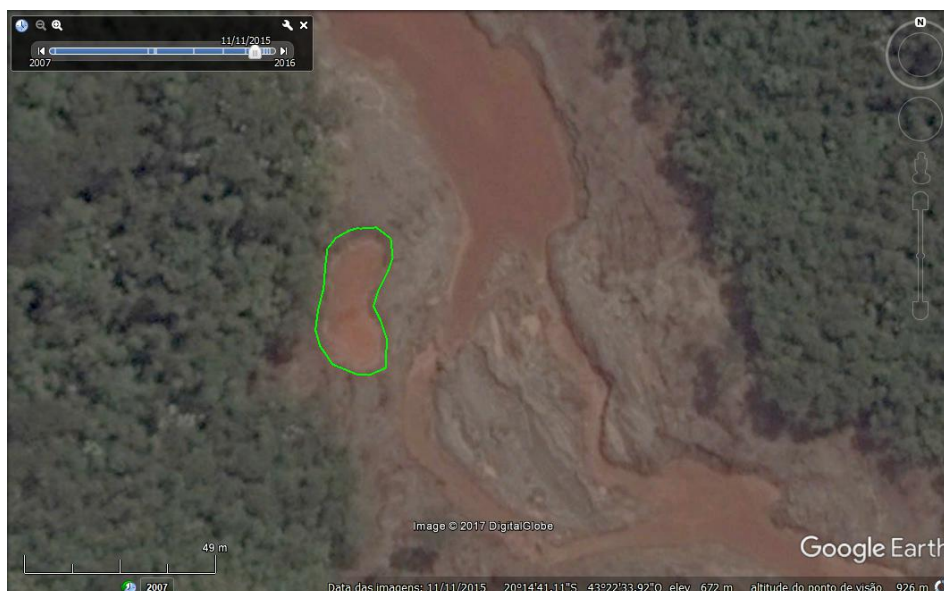


Figura 16. Lagoa marginal no Trecho 8 preservada como depressão, mesmo após a deposição da camada de rejeitos, evidenciando a decantação a partir dos sólidos em suspensão como processo de formação dos depósitos

Fonte: Google Earth, imagem de 11 novembro de 2015

Essas considerações são relevantes 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, 2016).

As análises granulométricas realizadas sobre amostras de rejeitos extra-calha no Trecho 8, apresentadas no item anterior, confirmam a ampla prevalência da fração de silte. 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 (Figura 17 a Figura 19).



Figura 17. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais

Fonte: Golder, 2016. Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão



Figura 18. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais

Fonte: Golder, 2016. Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão



Figura 19. Aspectos da erosão laminar e em sulcos desenvolvida sobre os depósitos de rejeitos extra-calha, na região de Barra Longa, antes das intervenções emergenciais

Fonte: Golder, outubro 2016. Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão

Observando-se os processos erosivos que se desenvolviam sobre os depósitos extra-calha 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.

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, extraídas do Relatório Agroflor, de março de 2016.



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

Fonte: Agroflor, março de 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: Sobrevôo de Helicóptero, Renova, agosto de 2016.



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

Fonte: Agrofior, Março de 2016. Relatório de Contenção de Carreamento de Sedimentos por Meio de Revegetação

- **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 (Relatório da Golder, setembro de 2016), 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.

A Figura 23, a Figura 24 e a Figura 25 mostram algumas das técnicas adotadas para o disciplinamento da drenagem e o controle da erosão.



Figura 23. Aplicação de Biomanta com sementeira de gramíneas e retentores duplos de sedimentos (“bermalonga”) na margem do rio Gualaxo do Norte, Trecho 7



Figura 24. Enrocamento de proteção de margem erosiva na margem do rio Gualaxo do Norte, Trecho 8



Figura 25. Enrocamento de proteção de leito de tributário da margem direita do rio Gualaxo do Norte, Trecho 8

Das 16 Áreas Prioritárias para intervenção, definidas no Relatório supracitado, a denominada Área 13, com extensão total de 78 hectares, encontra-se integralmente contida no Trecho 8, objeto deste Plano de Manejo de Rejeito.

As ações de controle da erosão na Área 13, tanto da implantação da cobertura vegetal como das obras de drenagem superficial, foram avaliadas no escopo deste Plano de Manejo de Rejeito, com o objetivo de verificar a sua eficácia na estabilização dos depósitos extra calha ali presentes.

3.2.1 AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA ÁREA 13

O presente item apresenta uma avaliação técnica do desenvolvimento de espécimes que compõem a flora regional, no que diz respeito aos diferentes tipos de regeneração sobre o rejeito, com a finalidade de indicar a melhor forma de recompor a paisagem, buscando a configuração mais condizente com a estrutura hoje observada e sua função inicial de proteção dos rejeitos do substrato contra os processos erosivos.

3.2.1.1 *Objetivos*

O objetivo principal desta tarefa foi analisar os processos de regeneração da vegetação, em diferentes trechos da área denominada de Área 13 no Rio Gualaxo Norte, no que tange a diversidade de espécies e os processos ecológicos de regeneração que estão ocorrendo na paisagem.

Como objetivos específicos tem-se:

- Indicar as espécies regenerantes;
- Verificar a possibilidade de regeneração natural por meio de matrizes do entorno;
- Avaliar o estágio sucessional das áreas com melhor estado de regeneração;
- Indicar a melhor alternativa de manejo dos trechos avaliados.

3.2.1.2 *Histórico do Processo de Revegetação*

Dentre muitas medidas emergenciais tomadas no período pós rompimento da barragem, uma das principais foi buscar por meio de revegetação a contenção de carreamento de sedimentos.

Desta forma, em função do ocorrido e dos diversos fatores que podem agravar a situação, em caráter emergencial, foram realizadas ações de plantio em áreas compreendidas por Bento Rodrigues, Ponte do Gama, Paracatu de Cima e Paracatu de Baixo, Engenho Podre, Pedras, Gesteira e Barra Longa.

Essas atividades foram realizadas em diferentes etapas e por empresas distintas, Agroflor e RG Bioengenharia. Assim, são apresentados a seguir de maneira sucinta os trabalhos realizados.

A fim de garantir o rápido recobrimento do solo exposto para minimizar e até mesmo evitar o carreamento de sedimentos para os cursos d'água foi utilizada a revegetação com gramíneas e leguminosas. Estas plantas auxiliam ainda para a melhoria das condições químicas, físicas e microbiológicas da lama, contribuindo com as ações definitivas de recuperação quando forem executadas posteriormente.

As espécies utilizadas foram, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria spp.*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens*, *Glicyne wightii*, *Stylosanthes spp.*, *Vicia sativa*, *Sorghum bicolor*, *Avena spp.*, *Cynodon dactylum*, *Lolium multiflorum*, *Panicum notatum*, *Raphanus sativus* e *Pennisetum glaucum*.

Antecedendo ao plantio foi realizado o preparo do solo com adubação com compostos orgânicos e químicos, e tratamento de formigas cortadeiras.

A hidrossemeadura foi realizada com uso de um mix de insumos, misturados por tempo pré-determinado em caminhão tanque e aplicado na forma de jateamento nas áreas planas e em poucos taludes presentes.

Ao longo do monitoramento realizado após o plantio, identificou-se pastoreio de gado e capivara em algumas regiões, que prejudica o crescimento das plantas. Além disso, em algumas áreas foram observadas erosões causadas pela chuva.

A partir de vistoria de campo e visualização de espécimes matriz foram também realizadas coletas de sementes nativas para realização dos plantios por semeio. As espécies selecionadas foram *Anadenanthera macrocarpa*, *Chorisia speciosa*,

Solanum mauritanum, *Cupania vernalis*, *Tibouchina granulosa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Pterocarpus violaceus*, *Tragopogon pratensis*, *Pterocarpus violaceus*, *Cinnamomum verum* que foram lançadas no terreno. Para esses plantios foram construídas cercas de proteção.

Todas as áreas de plantio e replantio somaram 930,07 hectares e as atividades foram realizadas entre os meses de novembro de 2015 a julho de 2016.

Ao final, conclui-se que o processo de revegetação mostrou-se eficiente, uma vez que em grande parte dos locais plantados houve alta taxa de germinação, atingindo, por consequência, grande cobertura vegetal principalmente de herbáceas. Contudo, à época, o substrato ainda se encontrava com elevado teor de umidade e com condições adversas ao desenvolvimento de uma cobertura vegetal satisfatória para o controle de erosão.

Pela empresa Golder Associates, foi elaborado o Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias que visa avaliar os impactos ambientais das intervenções (obras de drenagem, contenções e bioengenharia) realizadas nos tributários e rios principais, bem como fornecer subsídios para avaliar sua efetividade no controle e mitigação dos impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão, tendo como premissa a realização do Programa de Monitoramento da Vegetação.

Para a implementação do Programa de Monitoramento da Vegetação foram selecionadas sete Áreas Amostrais, para cada tipo de área tratada (planícies de inundação, tributários e margens de rios principais) com o objetivo de avaliar determinados indicadores em escala de maior detalhe e, posteriormente, extrapolar as informações obtidas por estes indicadores na escala das Áreas Prioritárias.

Como resultado desse monitoramento, verificou-se que as ações iniciais se mostraram promissoras. Num primeiro momento, verificou-se que as ações emergenciais de revegetação, que tiveram como objetivo inicial cobrir as planícies de inundação impactadas e minimizar o carreamento de sedimentos, foram mais eficientes na área teste onde também incidiram intervenções de reconformação e drenagem.

Na área teste onde estas intervenções não foram executadas anteriormente ao plantio, observou-se a formação de sulcos e ravinas ativos em meio à vegetação, principalmente onde predominam espécies arbustivas, como a crotalária e o feijão guandu.

Ainda, houve a disponibilização de terras por proprietários para que fossem realizados plantios experimentais localizados em Paracatu Baixo em Mariana. Dessa forma, a empresa Golder Associates realizou teste de revegetação na localidade com o objetivo permitir a análise da interação entre condições climáticas e edáficas das áreas afetadas com técnicas e espécies usualmente empregadas em reflorestamentos para fins de recuperação.

Para realização dos testes, foram realizados procedimentos operacionais das etapas pré-plantio, plantio e pós-plantio para padronização de técnicas utilizadas para a implantação, condução e monitoramento do plantio experimental.

Como resultados, houve a baixa mortalidade de mudas verificada ao longo da temporada de chuvas. A mortalidade observada não é notavelmente maior do que a esperada em um plantio feito em condições triviais, como por exemplo plantios de arbóreas em pasto degradado.

No atual estágio de evolução do ambiente afetado, a semeadura não tem promovido aumento notável de cobertura do solo, mas é definitiva para a composição de espécies do estrato regenerante. Nesse sentido seus efeitos são mais qualitativos do que quantitativos, sem diferenças aparentes quanto à densidade de biomassa ou taxa de recobrimento.

Ao longo deste período, diferentes intervenções foram executadas, incluindo esforços emergenciais direcionados à conformação de uma cobertura vegetal inicial por gramíneas e leguminosas; intervenções de engenharia e bioengenharia voltadas à reconstituição e estabilização de calhas fluviais afetadas e suas margens; além de intervenções diversas executadas por proprietários rurais visando à retomada de usos produtivos diversos.

3.2.1.3 *Área de Estudo*

O clima na região é classificado, de acordo com Köppen e Geiger, como Cwa – Clima Subtropical úmido. A temperatura média é 20,4 °C e a pluviosidade de 130,7

mm. O mês mais frio do ano julho quando a pluviosidade chega a 14 mm, enquanto que no período mais quente, janeiro e fevereiro a as chuvas atingem 241 mm.

Localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, a vegetação predominante é de Mata Atlântica com fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual.

A Floresta Estacional Semidecidual se estende do município de Mariana, no estado de Minas Gerais, até o município de Cachoeiro do Itapemirim, no estado do Espírito Santo. A partir do município de Cachoeiro do Itapemirim, inicia o domínio da Floresta Ombrófila Densa, relatada como bastante fragmentada e em diversos estados de sucessão (IBAMA, 2015).

A área de estudo utilizada para as amostragens previstas neste documento corresponde a Área 13, conforme a Figura 26 abaixo.

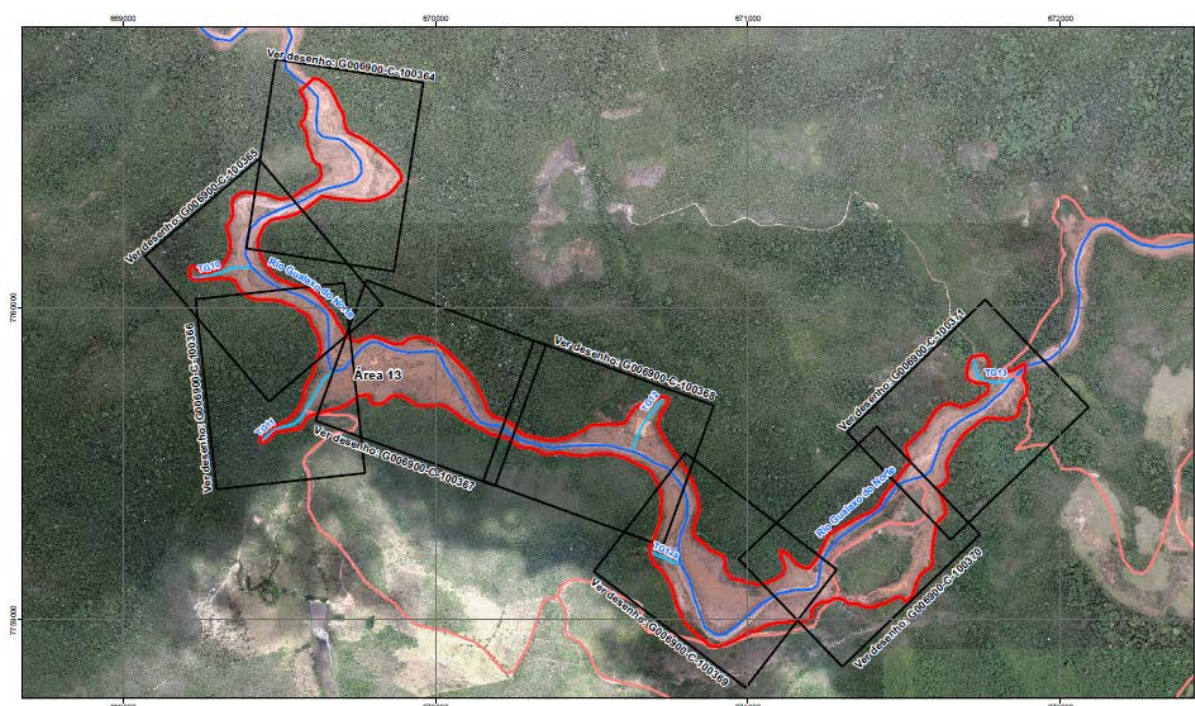


Figura 26. Demonstração da Área 13 e os Trechos nos quais a área foi subdividida para realização das amostragens do rejeito

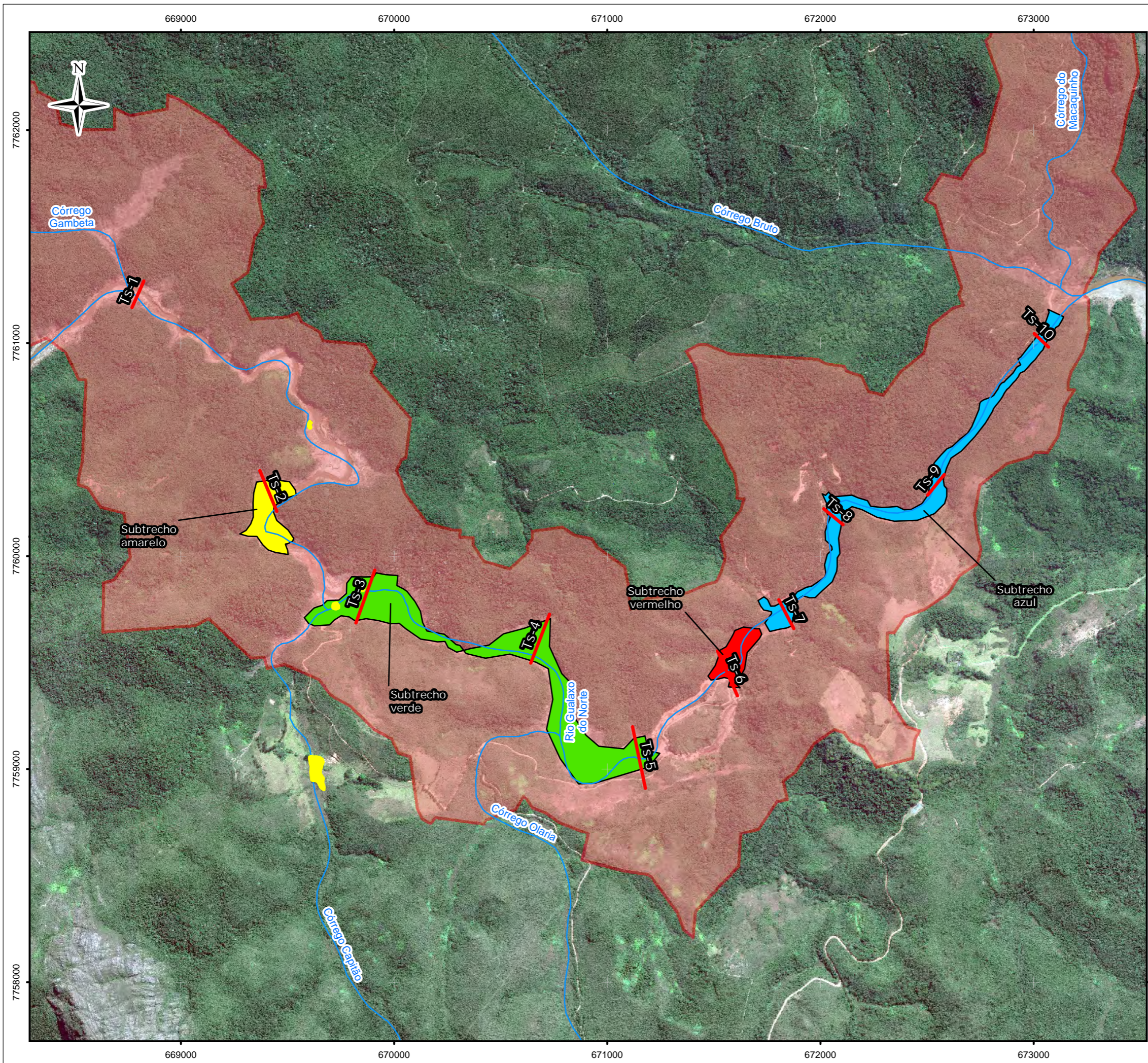
Durante a execução dos trabalhos de campo realizado pela CH2M em julho de 2017, foi observado que ao longo do curso d'água inserido nessa área e abrangendo os transectos de amostragens de rejeito, muitas partes do entorno deste apresentaram características bastante semelhantes no que diz respeito às espécies

vegetais, estado de conservação, estágio de desenvolvimento, paisagem do entorno, relevo e condições do substrato.

Dessa forma, optou-se pela divisão da Área 13 em subtrechos delimitados por cores que são apresentados na Figura 27 ao final deste item. Os resultados obtidos em campo foram separados de acordo com os subtrechos e são descritos nos itens que seguem.

Os subtrechos selecionados compreendem as áreas terminadas pelos 10 transectos (TS) das amostras do rejeito retiradas com a finalidade de análises físico-químicas. Dessa forma, com exceção de TS-01 para o qual não se conseguiu acesso, a distribuição dos transectos ficou da seguinte forma:

- TS-022 - compreendido pelo subtrecho amarelo;
- TS-03, TS-04 e TS-05 - compreendidos pelo subtrecho verde;
- TS-06 - compreendido pelo subtrecho vermelho;
- TS-07, TS-08, TS-09 e TS-10 - compreendidos pelo subtrecho azul.



LEGENDA:

- Transectos
- Lagoas
- Delimitação do Trecho 8

Subtrechos da Vistoria de

	SUBTRECHO AMARELO - COORDENADAS: INÍCIO: E 669.522 / N 7.760.318 FINAL: E 669.498 / N 7.760.060
	SUBTRECHO AZUL - COORDENADAS: INÍCIO: E 671.867 / N 7.759.777 FINAL: E 672.779 / N 7.760.698
	SUBTRECHO VERDE - COORDENADAS: INÍCIO: E 669.774 / N 7.759.845 FINAL: E 671.190 / N 7.759.106
	SUBTRECHO VERMELHO - COORDENADAS: INÍCIO: E 671.549 / N 7.759.431 FINAL: E 671.867 / N 7.759.777



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:
Figura 27
Mapa dos Subtrechos Analisados Durante a Vistoria de Campo

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:18.000	30/07/2017	rutima	MB	AG	RAO

3.2.1.4 Métodos

Para realização do trabalho foi selecionado o método de “caminhamento” pela área estudada (FILGUEIRAS *et al.*, 1994), onde se pode observar e identificar diversas espécies no interior das unidades amostrais. Além disso, deslocamento aleatório ao longo de uma ou mais linhas imaginárias, visou incrementar a lista florística.

O estudo se desenvolveu contemplando as seguintes etapas: planejamento, mapeamento, levantamento de campo, padronização e processamento dos dados, seguidos pela elaboração de mapas e do relatório técnico.

O planejamento contemplou a determinação dos critérios e alinhamento metodológico a serem seguidos para execução do trabalho, a fim de obter resultados padronizados satisfatórios, com uma margem de erro mínima.

A caracterização da área de estudo foi baseada em vistoria de campo por dois profissionais, onde toda a área foi percorrida sistematicamente, e através da interpretação de fotografias aéreas e bases cartográficas oficiais.

A coleta de dados foi realizada por equipe especializada que percorreu todo o trecho selecionado, realizando a identificação das principais características da vegetação incluindo indivíduos arbustivos e arbóreos nativos e exóticos isolados, fisionomia e estágio sucessional.

A delimitação das áreas de levantamento e a caracterização do uso do solo foram realizadas em escritório através de *softwares* de geoprocessamento. Durante a vistoria de campo foram verificadas as situações encontradas nas ortofotos e devidamente caracterizadas.

O esforço amostral empregado em campo foi de aproximadamente 24 horas distribuídas entre os dias 4 a 6 de julho de 2017 e obtidas seguinte forma:

$$1 \text{ vistoria de campo} \times 8 \text{ horas} \times 3 \text{ dias} = 24 \text{ horas}$$

A Figura 28 a Figura 31 ilustram os trabalhos de campo.



Figura 28. Realização de vistoria no Subtrecho amarelo por meio do caminho



Figura 29. Identificação de espécies vegetais nas áreas em regeneração



Figura 30. Identificação de espécies vegetais nas áreas em regeneração



Figura 31. Realização do caminhamento e registro de espécies vegetais

3.2.1.5 *Resultados e Discussão*

Os resultados são apresentados a seguir de acordo com a vistoria e identificação realizada para cada subtrecho de análise.

➤ **Subtrecho amarelo**

Trata-se de uma área localizada em APP, recoberta por gramíneas nativas e exóticas com altura variando de 20 cm a 2 m, com ocorrência de indivíduos arbóreos isolados que permanecerem após o rompimento da barragem.

A maioria dos indivíduos arbóreos que se encontravam na parte mais alta do terreno estavam secos, contudo observou-se a resistência por parte de alguns, sendo que nesses foi observada brotação de ramos verdes. Já os que estavam na parte mais baixa, próximo à calha do rio receberam um maior choque mecânico e por consequência ocorreu a morte dos mesmos.

Destaca-se também a observação de plântulas e mudas com altura variando de 50 cm a 2 metros, de espécies arbóreas nativas oriundas de regeneração natural, sendo suas matrizes indivíduos arbóreos localizados nas matas próximas a área degradada. Logo, sugere-se que tais plântulas e mudas regenerantes são frutos de plantio realizado como medida de urgência para contenção, além disso não é descartada a possibilidade de chuvas de sementes das matas nativas do entorno e o carreamento do solo contendo sementes que ficaram depositados na área degradada,

uma vez que as matas existentes estão localizadas em cotas superiores à área em recuperação.

Ressalta-se também que as mudas regenerantes são concentradas nas cotas mais altas do terreno afetado, sendo que na parte mais baixa sua disposição é aleatória, sempre em meio às gramíneas.

As espécies de gramíneas identificadas são: capim Napier (*Pennisetum notatum*, Schumach), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), chocalho (*Crotalaria micans* Link), girassol (*Helianthus annuus* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), entre outras.

Com relação às plântulas de arbóreas nativas regenerantes, observaram-se as seguintes espécies: jenipapo (*Genipa americana* L), embaúba (*Cecropia glaziovii* Sneathl.), falsa quaresmeira (*Miconia* sp), aroeira mansa (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), espinheira (*Mimosa pigra* L.), capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.), jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.), pau pólvora (*Trema micrantha* (L.) Blume.), licurana (*Hyeronima alchorneoides* Allemão.), amora branca (*Maclura tinctoria* (L.) D.Don ex Steud.) e fumo bravo (*Solanum mauritianum* Dunal.).

Destaca-se que a vegetação acima descrita foi classificada como sendo vegetação em estágio pioneiro de regeneração. Foi observada a existência de lianas com estrato herbáceo bem como a serapilheira é presente de forma descontínua na área.

A Figura 32 a Figura 39 demonstram a região.



Figura 32. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos de *Cecropia glaziovii*



Figura 33. Gramíneas nativas e exóticas, bem como de indivíduos de *Cecropia glaziovii* e *Croton urucurana* (margem direita do Rio Gualaxo)



Figura 34. Gramíneas nativas e exóticas, indivíduos regenerantes de *Cecropia glaziovii* e indivíduos arbóreos isolados mortos

Figura 35. Indivíduos de regeneração natural, destaca-se *Cecropia glaziovii*, *Croton urucurana* e *Croton floribundus*



Figura 36. Gramíneas nativas e exóticas, e muda do indivíduo arbóreo regenerante de *Maclura tinctoria*



Figura 37. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos arbóreos regenerantes de *Trema micrantha* e *Solanum mauritianum*



Figura 38. Gramíneas nativas e exóticas, e indivíduos arbóreos isolados mortos



Figura 39. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes em disposição aleatória

➤ **Subtrecho verde**

Trata-se de uma área localizada em APP recoberta por gramíneas nativas e exóticas com altura variando de 20 cm a 2 m, com ocorrência de indivíduos arbóreos isolados que permaneceram após o rompimento da barragem.

A maioria dos indivíduos arbóreos estão mortos, porém foi observado numa minoria a brotação de ramos, também foi observada plântulas e mudas, com 50 cm a 2 metros, de espécies arbóreas nativas possivelmente oriundas de regeneração natural, sendo suas matrizes indivíduos arbóreos localizados nas matas próximas a área degradada.

Destaca-se que seguindo a orientação montante – jusante, margem direita do Rio Gualaxo do Norte, entre as coordenadas 23k 669675/ 7759744 e 670028/ 7759760, a área apresenta baixa declividade, entre 2° e 3° graus, e com isso pouco indicativo de regeneração natural. Trata-se de uma área com características próximas a uma planície aluvionar.

Já na margem esquerda do mesmo rio é observado melhor índice de regeneração natural, que se atribui a maior declividade entre 8° e 10° graus, onde há menor depósito de sedimento.

Em geral as espécies de gramíneas identificadas são: capim Napier (*Pennisetum notatum*, Schumach), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), chocalho (*Crotalaria micans* Link), girassol (*Helianthus annuus* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), entre outras.

Com relação às plântulas e mudas de arbóreas nativas regenerantes na margem direita foram observadas: pau pólvora (*Trema micrantha* (L.) Blume.), espinheira (*Mimosa pigra* L.), e fumo bravo (*Solanum mauritianum* Dunal.).

Na margem esquerda foram observadas as seguintes espécies: embaúba (*Cecropia glaziovii* Sneathl.), aroeira mansa (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), espinheira (*Mimosa pigra* L.), capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), sangra d' água (*Croton urucurana* Baill.), jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.), pau pólvora (*Trema micrantha* (L.) Blume.), licurana (*Hyeronima alchorneoides* Allemão.), amora branca (*Maclura tinctoria* (L.) D.Don ex Steud.) e fumo bravo (*Solanum mauritianum* Dunal.).

Destaca-se que a vegetação acima descrita de forma geral foi classificada como sendo vegetação em estágio pioneiro de regeneração. Foi observada a existência de lianas com estrato herbáceo bem como a serapilheira é presente de forma descontínua na área.

Ressalta-se que ao longo da área de estudo, a vegetação existente nas margens das áreas afetadas pelo rompimento da barragem é em maioria classificada como vegetação secundária em estágio médio a avançado de regeneração natural.

No subtrecho verde, mais precisamente nas proximidades do TS5 (23K 671195/ 7759078) foram registrados rastros de pegadas de duas espécies da fauna nativa, o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) e capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Ambas espécies possuem seus hábitos de vida associados a ambiente aquático e dependem da disponibilidade de alimento para sua sobrevivência.

Além disso, o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) é considerado onívoro e consome frutos e sementes, tornando-se assim um importante dispersor de propágulos no ambiente, o que contribui para a recomposição local.

A Figura 40 a Figura 47 demonstram a vegetação amostrada nesse subtrecho.



Figura 40. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de Mimosa pigra existentes na margem direita do rio



Figura 41. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de *Mimosa pigra* existentes na margem direita do rio



Figura 42. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de *Cecropia glaziovii*, *Croton urucurana*, *Trema micrantha*, *Solanum sp* e indivíduos arbóreos isolados mortos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte



Figura 43. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de indivíduos arbóreos regenerantes de *Croton urucurana*, *Trema micrantha* e *Solanum sp*. (margem esquerda do rio)



Figura 44. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes esparsas presentes na margem esquerda da área degradada, que se encontra atualmente em fase de recuperação



Figura 45. Gramíneas nativas e exóticas e espécies arbóreas nativas regenerantes esparsas presentes na margem esquerda do córrego Gualaxo do Norte



Figura 46. Pegada de *Procyon cancrivorus*



Figura 47. Pegada de *Hydrochoerus hydrochaeris*

➤ **Subtrecho vermelho**

Trata-se de uma área localizada em APP recoberta por gramíneas nativas e exóticas com altura variando de 20 cm a 1 m. Poucas mudas de espécies arbóreas

foram registradas na região, entre as que ocorrem o tamanho variou entre 20 cm a 1 m.

As mudas de espécies nativas provavelmente têm a ocorrência devido ao plantio emergencial, contudo, não é descartada a possibilidade de chuva de dispersão de sementes das matrizes arbóreas localizadas nas matas do entorno da área.

Destaca-se que seguindo a orientação montante – jusante, margem direita do Rio Gualaxo do Norte, entre as coordenadas 23k 671545/ 7759442 e 671606/ 7759517, a área apresenta pouca declividade, entre 4° a 5° graus, bem como baixa regeneração natural. Trata-se de uma área com a presença de rachão o que dificulta a regeneração natural.

Já na margem esquerda do mesmo córrego foi observado maior regeneração natural, sendo que na localidade a declividade média apresentada é de 6° graus, ou seja, maior inclinação.

Em geral espécies de gramíneas identificadas foram: capim Napier (*Pennisetum notatum*, Schumach), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), chocalho (*Crotalaria micans* Link), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), entre outras.

Com relação às plântulas de arbóreas nativas regenerantes na margem direita foi registrada a espinheira (*Mimosa pigra* L.). Na margem esquerda foram observadas as seguintes espécies: espinheira (*Mimosa pigra* L.), capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.), pau pólvora (*Trema micrantha* (L.) Blume.), e fumo bravo (*Solanum mauritianum* Dunal.).

Destaca-se que a vegetação, na margem direita foi classificada como sendo antropizada e na margem esquerda como sendo vegetação secundária em estágio pioneiro da regeneração. A vegetação que ocupa as margens das áreas afetadas pela lama nessa região é classificada como sendo secundária em estágio inicial a médio de regeneração natural.

Nessa mesma localidade foi registrada uma ilha de rejeito no curso d'água (Figura 48 a Figura 53).



Figura 48. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos de *Mimosa pigra* existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte



Figura 49. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte



Figura 50. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do rio. Ao fundo observa-se instalações da PCH Bicas



Figura 51. Gramíneas nativas e exóticas, bem como de indivíduos regenerantes de *Croton urucurana*, *Trema micrantha* e *Solanum sp*, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte. Em amarelo, ilha de rejeitos a jusante da PCH Bicas



Figura 52. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de *Croton urucurana*, *Trema micrantha* e *Solanum sp*, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte. Em amarelo a ilha de rejeito



Figura 53. Vista geral da área, com gramíneas nativas e exóticas e plântulas de indivíduos arbóreo regenerantes. Na margem esquerda ocorre o processo de regeneração natural. Em amarelo nota-se acúmulo de rejeito

➤ Subtrecho azul

Neste subtrecho, sua maior porção encontra-se recoberta por gramíneas nativas e exóticas com altura variando de 20 cm a 2 m. Destaca-se que entre as gramíneas foi observada a presença plântulas, bem como de mudas com altura variando de 50 cm a 2,5 metros, mudas de origem estas de espécies arbóreas nativas oriundas de regeneração natural, sendo suas matrizes indivíduos arbóreos localizados nas matas próximas à área afetada. Também se salienta que algumas mudas podem ter origem na revegetação inicial emergencial.

Sugere-se que no caso das mudas regenerantes de matrizes do entorno as chuvas fortes podem ser as principais responsáveis pelo processo de regeneração na região através do carreamento do solo contendo sementes que acabam depositadas na área degradada, uma vez que as matas existentes no entorno estão localizadas em cotas superiores à área em recuperação florestal. Em menor escala ainda se sugere a ocorrência do semeio através de zoocoria e anemocoria.

Destaca-se ainda que em alguns trechos presentes nas margens do referido rio, onde ocorre afloramento rochoso ou rochas expostas de origem natural ou depositadas, a vegetação encontra-se em processo lento de recuperação. Este fato, como exemplo, é observado junto à coordenada UTM 23k 671584/ 7759471.

Foi observada nas áreas seguindo a orientação montante – jusante, em ambas as margens do Rio Gualaxo do Norte, entre as coordenadas 23k 671788/ 7759696,60 e 23k 672537 /7760365 um bom indicie de regeneração natural, uma vez que a mesma apresenta declividade entre 23° e 50° graus.

Foram identificadas as seguintes espécies de gramíneas: capim Napier (*Pennisetum notatum*, Schumach), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), chocalho (*Crotalaria micans* Link), girassol (*Helianthus annuus* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), assa-peixe (*Vernonia ferruginea* Less) entre outras.

Com relação às plântulas e mudas de espécies arbóreas nativas regenerantes, observaram-se as seguintes espécies: jenipapo (*Genipa americana* L), embaúba (*Cecropia glaziovii* Sneathl.), falsa quaresmeira (*Miconia* sp), aroeira mansa (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), espinheira (*Mimosa pigra* L.), capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.), jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.), pau pólvora (*Trema micrantha* (L.) Blume.), licurana (*Hyeronima alchorneoides* Allemão.), caroba branca (*Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K.Schum.) pau cigarra (*Senna multijuga* (Rich.) H.S.Irwin & Barneby.), amora branca (*Maclura tinctoria* (L.) D.Don ex Steud.), fumo bravo (*Solanum mauritianum* Dunal.) e mamoneira (*Mabea fistulifera* Mart.).

Destaca-se que a vegetação tanto da margem esquerda como na margem direita foi classificada como sendo secundária em estágio pioneiro da regeneração.

A Figura 54 a Figura 81 demonstram a região abrangida pelo subtrecho azul.



Figura 54. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos arbóreos isolados (sendo alguns mortos e outros em fase de recuperação) existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte



Figura 55. Gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita do rio Gualaxo do Norte. Observa-se entre as gramíneas a existência de espécies arbóreas nativas de origem da regeneração natural



Figura 56. Gramínea exótica conhecida como *Napier* existente na margem direita do córrego.



Figura 57. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes de *Croton urucurana*, *Trema micrantha* e *Solanum sp*, ambos existentes na margem direita do Rio Gualaxo do Norte



Figura 58. Gramíneas nativas e exóticas e indivíduos regenerantes, ambos existentes na margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte



Figura 59. Vista parcial das gramíneas nativas e exóticas existentes na margem direita e esquerda do Rio Gualaxo do Norte



Figura 60. Indivíduos que foram impactados pela lama, nota-se que alguns estão vivos e apresentam rebrota de ramos



Figura 61. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como *Trema micrantha*



Figura 62. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como *Mimosa pigra*



Figura 63. Gramíneas exóticas e nativas e muda da espécie arbórea regenerante conhecida como *Trema micrantha*



Figura 64. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como *Trema micrantha* e *Croton urucurana*



Figura 65. Margem esquerda do rio recoberta por mudas nativas oriundas de regeneração natural. O ponto com solo exposto trata-se de uma via sem pavimentação de acesso ao bairro (a ponte aqui existente foi destruída)



Figura 66. Margem esquerda do rio recoberta de mudas nativas de regeneração florestal. Observa-se a espécie nativa *Croton urucurana*



Figura 67. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como *Trema micrantha* e *Croton urucurana*



Figura 68. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como *Trema micrantha* e *Croton urucurana* e *Cecropia glaziovii*





Figura 69. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural localizadas no plano de fundo em ambas as margens do rio



Figura 70. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural. Observa-se que a mesma se encontra em processo de recuperação natural.



Figura 71. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural. Observa-se que a mesma se encontra em processo de recuperação natural



Figura 72. Mudas nativas oriundas de regeneração natural presentes na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte.



Figura 73. Vista das mudas nativas de regeneração natural presentes na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte



Figura 74. Gramíneas nativas e exóticas e mudas de regeneração natural da espécie *Cecropia glaziovii*



Figura 75. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como *Croton floribundus*, *Croton urucurana* e *Trema Micrantha*



Figura 76. Gramíneas exóticas e nativas e mudas das espécies arbóreas regenerantes conhecidas como *Trema Micrantha* (margem esquerda do rio)



Figura 77. Desenvolvimento de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies nativas de regeneração natural



Figura 78. Desenvolvimento de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies nativas oriundas de regeneração natural. (Margem direita do córrego Gualaxo do Norte)



Figura 79. Banco de plântulas da espécie *Hyeronima alchorneoides* presente na área em recuperação florestal (margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte)



Figura 80. Regeneração natural correndo junto à margem esquerda do Rio Gualaxo do Norte



Figura 81. Margem direita do rio Gualaxo do Norte, nota-se a presença de gramíneas nativas e exóticas e de mudas de espécies arbóreas nativas oriundas de regeneração natural

Análises gerais

Considerando todos os trechos analisados durante a incursão a campo e as espécies observadas, foi elaborada a Tabela 4 a qual traz informações ecológicas sobre as espécies registradas.

Tabela 4. Listagem de espécies registradas durante a vistoria de campo. A coluna “Espécies” refere-se à revegetação emergencial apresentada no Item 3.2.1.2 - Histórico do Processo

Espécie	Nome popular	Origem	Porte	Carac.	Status de Ameaça	St amarelo	St verde	St vermelho	St azul	Espécies semeadas
<i>Brachiaria decumbens</i>	capim braquiária	exótica	herbáceo	-	NC	X	X	X	X	
<i>Cajanus cajan</i>	feijão guandu	exótica	herbáceo	-	NC	X	X	X	X	X
<i>Canavalia ensiformis</i>	feijão de porco	exótica	herbáceo	-	NC	X	X	X	X	X
<i>Cecropia glaziovii</i>	embaúba	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X		X	
<i>Crotalaria micans</i>	chocalho	nativa	herbáceo	-	NC	X	X	X	X	
<i>Croton floribundus</i>	capixingui	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X	X	X	
<i>Croton urucurana</i>	sangra d'água	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X	X	X	
<i>Dalbergia nigra</i>	jacarandá da Bahia	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X		X	
<i>Genipa americana</i>	jenipapo	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X			X	
<i>Helianthus annuus</i>	girassol	exótica	herbáceo	-	NC	X	X		X	
<i>Hyeronima alchomeoides</i>	licurana	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X		X	

Espécie	Nome popular	Origem	Porte	Carac.	Status de Ameaça	St amarelo	St verde	St vermelho	St azul	Espécies semeadas
<i>Mabea fistulifera</i>	mamoneira	nativa	arbóreo	pioneira	NC				X	
<i>Maclura tinctoria</i>	amora branca	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X			
<i>Miconia</i> sp	falsa quaresmeira	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X			X	
<i>Mimosa pigra</i>	espinheira	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X	X	X	
<i>Pennisetum notatum</i>	capim Napier	exótica	herbáceo	-	NC	X	X	X	X	X
<i>Schinus terebinthifolius</i>	aroeira mansa	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X		X	
<i>Solanum mauritianum</i>	fumo bravo	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X	X	X	X
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	caroba branca	nativa	arbóreo	pioneira	NC				X	
<i>Trema micrantha</i>	pau pólvora	nativa	arbóreo	pioneira	NC	X	X	X	X	
<i>Vernonia ferruginea</i>	assa-peixe	nativa	herbáceo	-	NC				X	

Legenda: Carac – Características; NC - não consta; St – Subtrecho

A partir dos resultados apresentados acima, foi possível elaborar gráficos que trazem análises qualitativas entre as espécies encontradas, sendo estes apresentados no Gráfico 1 ao Gráfico 4 a seguir.

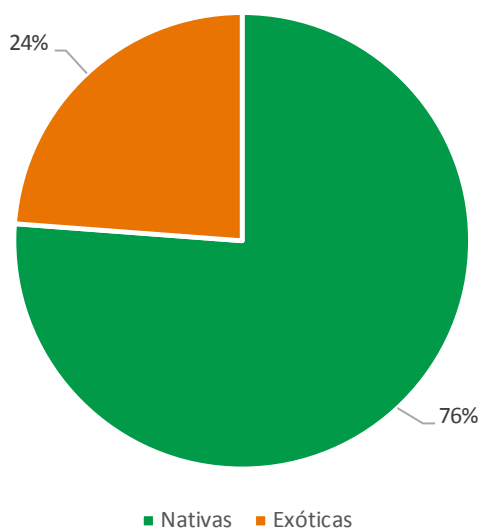


Gráfico 1. Análise entre as espécies nativas e exóticas registradas na etapa de campo

As espécies nativas, segundo Primack e Rodrigues (2001), são aquelas que evoluíram em um determinado ambiente, limitando sua distribuição por condições

físicas ou geográficas naturais. Dessa forma, são consideradas nativas as espécies que ocorrem naturalmente em um determinado bioma, país ou continente. Para este estudo, adotou-se a determinação do país.

Já as espécies exóticas, são aqueles que não se desenvolveram na localidade, sendo estas introduzidas ou pela ação humana ou por configurações geográficas no ambiente. O risco da introdução dessas espécies está em seu potencial invasor, que compete por recurso com as espécies nativas, além de não ter predador natural, o que permite que se propagem com maior facilidade (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). As espécies exóticas foram aqui consideradas as não naturais do Brasil.

Conforme observa-se no Gráfico 1, as espécies nativas representam uma porcentagem expressiva das espécies encontradas, sendo que a maioria é representada por espécies arbóreas. Esse resultado pode ser considerado um bom indicativo de regeneração natural, já que espécies nativas possuem maior valor ecológico. Ressalta-se que das espécies utilizadas para a revegetação e que puderam ser observadas em campo, três representam as exóticas.

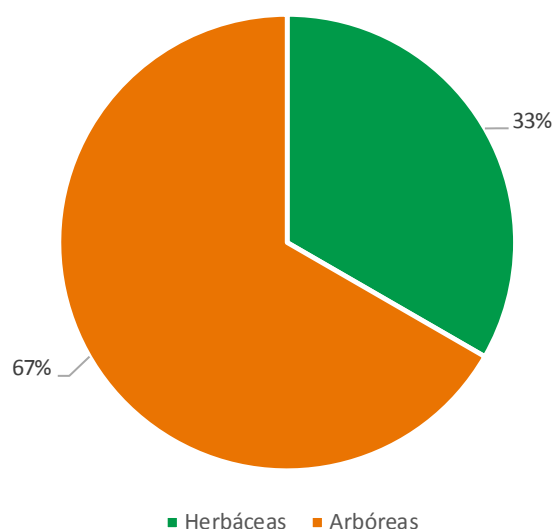


Gráfico 2. Análise entre o porte das espécies vegetais identificadas na etapa de campo

Ao longo das incursões a campo, conforme citado anteriormente, foi priorizada a realização do método de caminhada, que consiste em registro de espécies ao longo de um trajeto determinado. Assim, as espécies vegetais que foram foco da vistoria, foram representadas pelas herbáceas e arbóreas, não sendo aqui consideradas as

epífitas, uma vez que estas tendem a ocorrer em interior de mata e o trajeto foi realizado na borda do rio.

Como resultado do esforço, foram registradas espécies herbáceas e arbóreas, sendo que as do mesmo porte também foram utilizadas durante os trabalhos de revegetação emergencial.

A vegetação arbórea é classificada como grupo de espécies constituídas por árvores de grande porte, enquanto que as herbáceas se caracterizam pela predominância de gramíneas, com alturas entre 10 a 50 cm (RAVEN, 2001).

Os resultados apresentados no Gráfico 2, indicam um início de estruturação no ambiente, onde foi possível verificar a presença de indivíduos adultos e mudas de espécies de porte arbóreo em maior número que as herbáceas.

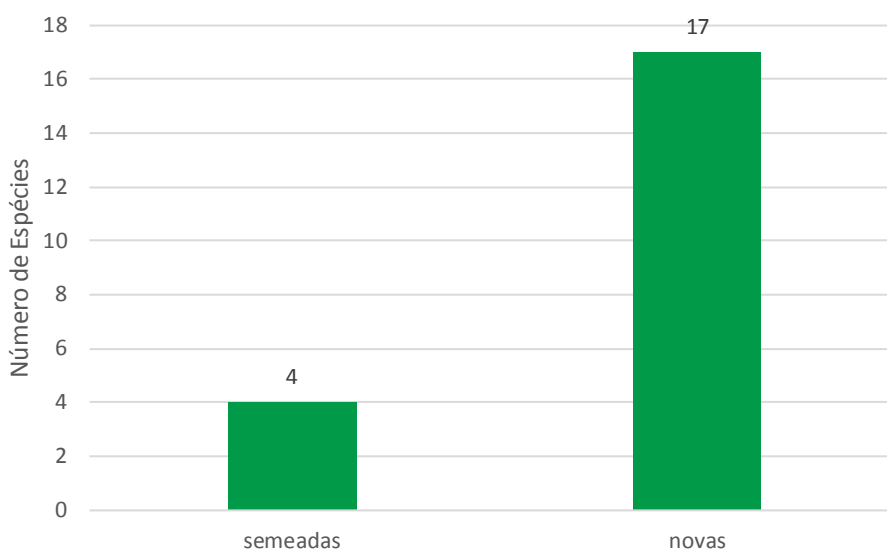


Gráfico 3. Análise entre o porte das espécies vegetais identificadas na etapa de campo

Conforme apresentado no início deste documento, em ação emergencial ao rompimento da barragem e como medida de contenção do rejeito, foram realizadas sementeiras ao longo de trechos atingidos pela lama.

Para realização de tal atividade foram selecionadas algumas espécies herbáceas de rápido crescimento e fácil desenvolvimento, e outras espécies arbóreas, que foram selecionadas através da identificação de indivíduos matriz do entorno para os quais foram realizadas colheita de suas sementes.

Com a realização da atual vistoria, buscou identificar as espécies que foram utilizadas durante a revegetação e conforme apresentado no Gráfico 3, apenas quatro delas puderam ser identificadas em campo, sendo três herbáceas e uma arbórea.

Do total das espécies herbáceas identificadas, a que demonstrou maior dominância na região foi o capim braquiária e o capim Napier. A primeira espécie é comumente encontrada em pastos e pode ter ocupado a área por meio da anemocoria, já que não houve plantio, enquanto que o capim Napier, foi utilizado como medida para revegetação, o que indica sua maior dominância.

Com relação às espécies arbóreas, apenas uma pode ser observada na atual campanha, o fumo-bravo.

Partindo desses resultados, é possível inferir que o método de plantio dessas espécies, realizado através de coleta e lançamento de sementes, não foi satisfatório para a sobrevivência destas, e que outras espécies que possuem suas matrizes no entorno, estão sendo capazes de ocupar as áreas onde há o rejeito, mas que possuem a vegetação herbácea como estrato principal.

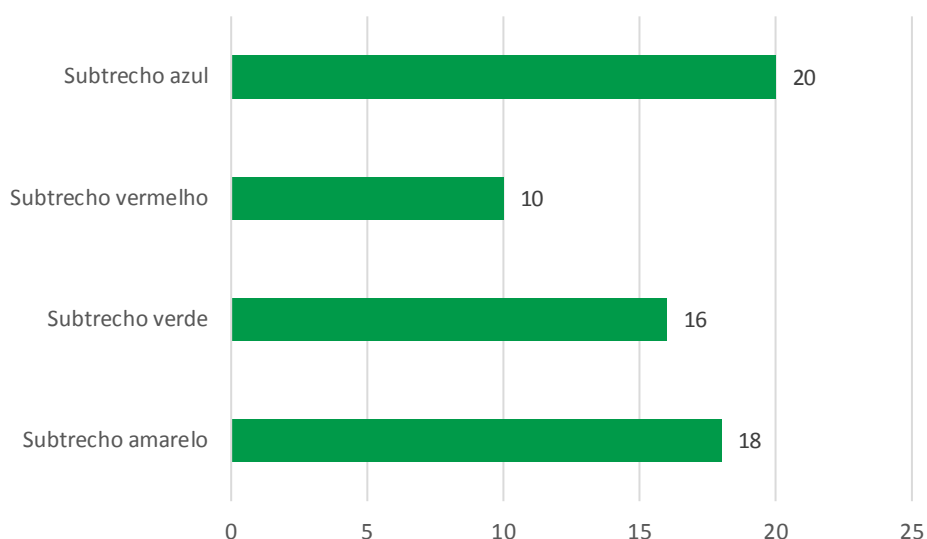


Gráfico 4. Riqueza vegetal observadas nos subtrechos delimitados

Com base nos dados acima, onde é apresentado o número de espécies de acordo com o subtrecho analisado, nota-se que os locais denominados de azul e amarelo foram os que apresentaram maior riqueza.

O fator extensão foi desconsiderado dessa análise, contudo é importante mencionar que o subtrecho amarelo é o menor das áreas analisadas. O que indica

que o entorno se encontra bem estruturado para fornecimento para sementes férteis, que o substrato nessa localidade está mais adequado ao desenvolvimento das espécies e que os fatores físico-químicos dessa região permitiram uma maior diversidade.

O subtrecho vermelho apresentou a menor taxa de riqueza. Essa relação de desenvolvimento de espécies vegetais na localidade possivelmente está interligada com as interferências que a região sofreu em tempos passados, onde antigamente funcionou uma PCH. No substrato no entorno direto do curso d'água foram encontrados variados tipos de rochas em meio ao solo compactado, o que dificulta o desenvolvimento de espécies vegetais.

Outra questão que foi observada com forte influência na região para o processo de recuperação natural é a declividade existente nas margens e áreas afetadas pela lama contendo rejeito. Em área com declividade acima de 8 graus, é observado um melhor estado de regeneração. Acredita-se que essa constatação pode estar relacionada com o carreamento do solo da floresta localizada em cotas superiores, que contendo sementes e substrato fértil, são depositadas nas áreas afetadas.

Utilizando como base o Programa PAST (HAMMER *et al*, 2001), para a análise dos dados, foram elaboradas análises dos parâmetros de acúmulo de espécies, por meio do Gráfico de *Sample rarefaction*.

Ainda, utilizando o mesmo Programa, foram obtidos os dados de Diversidade de Simpson e Shanonn, Dominância e Equitabilidade para as amostras obtidas em campo e para a Similaridade, que remetem análises entre áreas, utilizando o índice de Bray-Curtis.

A seguir, são apresentadas as Figura 82 e Figura 83 que demonstram os resultados obtidos e a Tabela 5 que traz os resultados de diversidade.

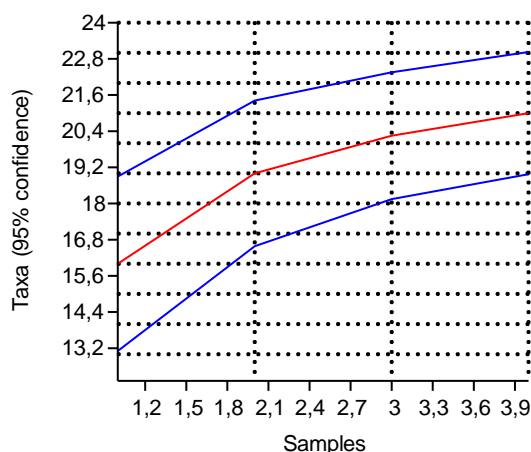


Figura 82. Gráfico de *Sample rarefaction*

Para a Figura acima, a qual indica a suficiência amostral das atividades de campo, é notada a não estabilização da curva e sua indicação de crescimento. Ainda, observa-se que o intervalo de confiança, entre as curvas de confiabilidade (azuis) e a curva real (vermelha) se encontram distantes, o que corrobora com a possibilidade de registros de novas espécies com o aumento do esforço amostral.

Entretanto, apesar desse resultado, acredita-se que o esforço amostral empregado nessa etapa de campo foi suficiente e adequado na obtenção dos resultados necessários para as análises aqui realizadas.

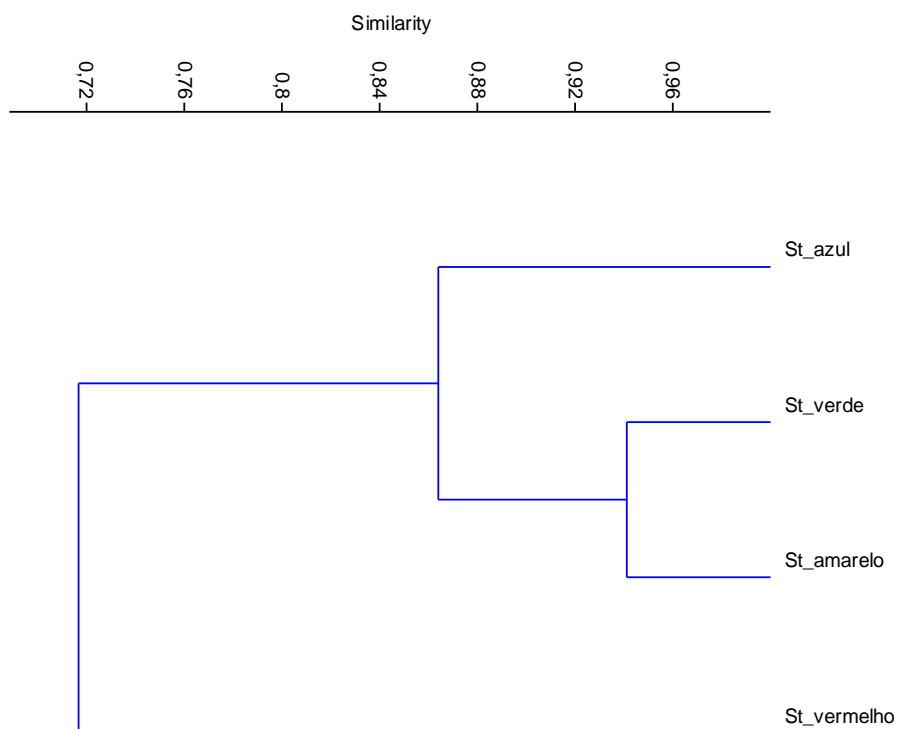


Figura 83. Cladograma de similaridade de Bray-Curtis, onde St = Subtrecho

Com os resultados trazidos através do cladograma acima, onde adotou-se como significantes os valores do índice maiores que 0,7, nota-se que apenas St vermelho não apresentou semelhança considerável. Enquanto que St verde e amarelo foram os mais similares, seguidos por St azul.

Considerando a proximidade dos subtrechos St amarelo e St verde, é esperado que essas áreas apresentem maior similaridade quanto a composição de espécies, uma vez que ambas podem compartilhar as matrizes.

Tabela 5. Tabela dos índices de diversidade obtidos para as amostras primárias

Índices	Subtrecho_amarelo	Subtrecho_verde	Subtrecho_vermelho	Subtrecho_azul
Taxa_S	18	16	10	20
Dominance_D	0,06	0,06	0,10	0,05
Simpson_1-D	0,94	0,94	0,90	0,95
Shannon_H	2,89	2,77	2,30	3,00
Equitability_J	1	1	1	1

Índices	Subtrecho_amarelo	Subtrecho_verde	Subtrecho_vermelho	Subtrecho_azul
---------	-------------------	-----------------	--------------------	----------------

Legenda: Taxa – nº de espécies; Dominance_D – nível de dominância entre as espécies; Simpson_1-D – índice de Simpson; Shannon_H – índice de Shannon Wiener, Equitability_J – índice de Pielou.

Com base nas informações apresentadas acima, há maior dominância de espécies St vermelho, onde observou-se menor Taxa. Entretanto o valor máximo para dominância de espécies é de $D = 1,0$, o que indica que nenhuma das áreas apresenta essa característica.

O índice de Simpson foi o primeiro a ser usado em estudos ecológicos e mostra a “concentração” de dominância, uma vez que quanto maior o valor, maior a dominância por uma ou poucas espécies. Assim, o índice de dominância de Simpson mede a probabilidade de dois indivíduos, selecionados ao acaso na amostra, pertencerem à mesma espécie, considerando a proporção do total de ocorrência de cada espécie (BROWER & ZARR, 1984).

O valor estimado para o índice está entre 0 e 1, sendo que para valores próximos de 1, a diversidade é considerada maior. Demonstrando valor mais próximo de 1, está St azul, com menores resultados está St vermelho, como já observado para a Dominância.

Para os índices de Diversidade, segundo Magurran (1988) usualmente o índice de Shannon-Wiener ocorre entre 1,5 e 3,5. No presente estudo, os valores registrados foram de 2,30 a 3,00 enquadrando-se na variação confiada em todas as áreas. Como já esperado, St azul e St amarelo apresentaram maiores valores para o índice, indicando que essas áreas possuem maior diversidade dentre os locais analisados.

Derivada deste índice de diversidade (Shannon-Wiener) tem-se a Equitabilidade de Pielou, que é empregada para definir a homogeneidade da distribuição de espécies em uma área. O valor da equitabilidade varia de 0 a 1 onde valores baixos representam poucas espécies dominantes em meio a um grande número de espécies raras, e valores altos representam a máxima de diversidade semelhantes de espécies bem distribuídas na área amostrada. Entende-se que os valores aqui obtidos estão na faixa máxima para o índice, representando a diversidade bem distribuída no ambiente.

3.2.1.6 Conclusões

Considerando os resultados obtidos durante a execução da vistoria de campo, a qual através do método de caminhamento resultou num esforço amostral de 24 horas empregadas na área denominada Área 13, que foi dividida em subtrechos (St) que apresentam similaridade nas características ambientais consideradas (estrato vegetal, substrato, paisagem do entorno, etc), foi possível obter informações congruentes a respeito das condições florísticas encontradas atualmente na região estudada.

Os subtrechos abrangeram os transectos empregados para as análises do rejeito, visando a melhor alternativa do manejo deste (TS-02 – St Amarelo; TS-03, TS-04 e TS-05 – St verde; TS-06 – St vermelho; TS-07, TS-08, TS-09 e TS-10 – St azul).

Ainda, foi realizada uma vistoria nas áreas teste, nas quais estão sendo feitos testes pilotos de plantio de espécies vegetais em diferentes situações (Golder).

Como resultado geral do presente estudo obteve-se um total de 21 espécies vegetais com porte arbóreo e herbáceo. Dessas espécies, quatro foram utilizadas durante as ações iniciais de revegetação realizadas em âmbito emergencial na região. Dessas quatro, apenas uma corresponde às de porte arbóreo.

Partindo desses dados, é possível inferir que o método de plantio dessas espécies, realizado através de coleta e lançamento de sementes, não foi satisfatório para a sobrevivência destes, e que outras espécies que possuem suas matrizes no entorno, estão sendo capazes de ocupar as áreas onde há o rejeito, mas que possuem a vegetação herbácea como estrato principal.

Para as análises de resultados entre os subtrechos, notou-se que nas áreas onde há declividade acima de 8° é observado um melhor estado de regeneração, assim como locais com presença de mata ciliar ou fragmentos nativos no entorno, que apresentaram maior taxa de desenvolvimento e diversidade.

Com base nessas informações é possível verificar que, em locais onde foi apurada a ocorrência de espécies herbáceas, em solos não compostos por rochas, houve uma maior regeneração natural em função das condições da paisagem, onde há fornecimento de material genético do entorno em condições adequadas para o desenvolvimento de espécies regenerantes pioneiras.

Entretanto, quando se analisa o fator de contenção de processos erosivos, acredita-se que o método de possibilitar que somente a regeneração natural seja a responsável pela recomposição florestal na região, sem o enriquecimento florestal, traga resultados somente a longo prazo.

Ainda, ao considerar os resultados dos plantios teste, realizados nas áreas pilotos, onde os locais de adubação química nos “berços” e semeadura de vegetação (adubação verde), foram os mais significativos e com maiores taxas de desenvolvimento de espécies arbóreas, é indicado que tal método seja replicado ao longo das áreas foco de revegetação.

É importante que os processos de revegetação sejam direcionados com o uso de adubadores químicos e naturais em conjunto, uma vez que, observou-se apenas uma espécie das que foram semeadas nas ações emergenciais, indicando a necessidade de tratamento do solo por meio do fornecimento de nutrientes, para o melhor desenvolvimento das plantas e com isso, possibilitar garantias mais eficientes de contenções de erosão.

No quesito diversidade, analisado através de índices estatísticos, foi possível observar que os resultados obtidos indicam que os subtrechos verificados possuem uma diversidade considerável, com baixa dominância e maiores valores ecológicos.

Contudo, é sugerido que os plantios de enriquecimento componham ao menos 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional, dentre aquelas identificadas em levantamentos florísticos regionais, podendo ser computadas todas as formas de vida presentes na floresta do entorno. Contudo, sugere-se que o número de espécies arbustivas e arbóreas represente no mínimo 70% do número total de espécies utilizadas, com representação de espécies zoocóricas, que se enquadram em categorias de ameaças e/ou com espécies pioneiras e não pioneiras.

Assim, considerando os resultados obtidos em vistoria de campo, juntamente com os dados dos testes piloto, observa-se que os processos de regeneração natural, juntamente com enriquecimento nas condições já apresentadas estão sendo suficientes para reposição da vegetação e por consequência o controle da erosão nessas regiões.

3.2.2 AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE DISCIPLINAMENTO DA DRENAGEM E CONTROLE DA EROSÃO NA ÁREA 13

A avaliação das obras de disciplinamento da drenagem superficial e de controle da erosão na Área 13 contou com uma vistoria de campo entre o dia 03 e 05 de julho de 2017 e com a análise dos projetos “As Built” fornecidos pela Golder Associates no dia 23 de julho de 2017.

3.2.2.1 Estruturas Aplicadas

Nos pontos visitados neste trabalho em questão foram observadas estruturas de enrocamento, retentores de sedimentos, biomantas e o plantio de espécimes de rápido crescimento. Além destas, foi constatada também a presença de barreiras de contenção de sedimentos com materiais sintéticos fixadas com estacas de madeira e barreiras de galhos. Estes dois últimos elementos não foram considerados como estruturas ideais no estudo da Golder Associates. Contudo, estas alternativas também são medidas eficazes para contenção de sedimentos.

A escolha destes elementos principais basearam-se também na boa incorporação dos métodos ao meio ambiente em que são instalados, considerando que tal fato ocorrerá a médio e longo prazo.

Sendo assim, a ideia proposta é que os elementos utilizados no processo emergencial sejam absorvidos pelo ambiente ao longo prazo. Desta forma, os mesmos serão integrados ao terreno, sem a necessidade de remoção futura.

➤ **Enrocamento**

O enrocamento foi adotado por ter eficácia comprovada na contenção de processos erosivos. Trata-se de um elemento de fácil implantação, sem a necessidade de mão de obra qualificada.

Seu custo de aquisição é variável conforme a localização da obra, mas geralmente é um elemento de baixo custo. Por ser constituído de rocha britada, trata-se de um material natural, que facilmente se incorporará à natureza local.

No projeto em questão, o enrocamento foi utilizado em locais de grande fluxo de águas superficiais, pluviais ou fluviais, em locais sujeitos a fluxos de alta velocidade e em pontos de erosão em terrenos naturais.

A expectativa é que esta técnica evite erosões descontroladas em pontos de volumes intensos de deslocamento de água. A Figura 84 exemplifica o enrocamento implantado para contenção de erosão, junto a um ponto de fluxo de alta velocidade.



Figura 84. Exemplo de enrocamento implantado em um talude da margem do rio Gualaxo do Norte

➤ Retentores de Sedimento

São geralmente formados por estruturas mistas de materiais naturais fibrosos com geossintéticos. Consiste basicamente em um rolo de material fibroso (fibra de coco) envolvido por material plástico em forma de tela.

Estes rolos são fixados rente ao curso de água e têm por finalidades principais proteger o pé do talude marginal contra processos erosivos devido ao fluxo fluvial e evitar o carreamento de partículas provenientes de erosões a montante para dentro do curso de água.

Além disso, permitem o desenvolvimento de vegetação no local, que por sua vez torna-se um substituto natural do elemento após a sua degradação.

Trata-se de um elemento de fácil instalação e que causa pouca perturbação no ambiente. Seu custo é baixo e o processo de instalação dispensa mão de obra qualificada.

Estas estruturas foram utilizadas ao longo das margens do rio Gualaxo do Norte, delimitando aproximadamente a base dos taludes marginais. A instalação e bom funcionamento dos retentores é condicionada à aplicação destes em locais onde o fluxo não é muito veloz ou intenso. A expectativa é que este elemento impeça a erosão de pé do talude marginal e retenha sedimentos de montante, permitindo a formação de vegetação natural para estabilizar as margens.

A Figura 85 mostra um exemplo de retentor de sedimento instalado em um dos pontos vistoriados ao longo da Área 13, no Trecho 8.



Figura 85. Retentor de sedimentos instalado na margem do rio

➤ **Biomantas com Plantio de Espécies Vegetais**

A biomanta geralmente é um elemento misto formado pela junção de materiais plásticos com materiais orgânicos, como fibra de coco. Dado a suas características físicas o conjunto atua de forma a evitar o carreamento de partículas erodidas e ao

mesmo tempo gera um meio adequado para o desenvolvimento de vegetação. Por este motivo, quando utilizado em conjunto com o plantio de sementes adequadas, permite um rápido desenvolvimento de cobertura, o que por sua vez inibe os processos erosivos.

Dada a simplicidade de instalação do sistema, permite-se cobrir áreas afetadas extensas em curto espaço de tempo. Com isto, justifica-se a escolha do método para a ação de emergência, que é uma solução rápida e adequada para o problema em questão.

Esta solução também pode ser atrelada a plantio de mudas de Vertiver, que possuem raízes profundas e que por sua vez também trabalham como reforço de solo.

O sistema conjunto é de fácil implantação e de baixo custo executivo. O mesmo não exige mão de obra qualificada.

Este tipo de elemento foi largamente utilizado nas áreas verificadas, servindo como elementos de cobertura generalizada. Foi aplicado junto às margens do rio em conjunto com o retentor de sedimentos e nas calhas de drenagem de fluxo pluvial localizadas nos pontos onde existia grande volume de rejeitos depositados.

A Figura 86 apresenta um exemplo de biomanta com o plantio de vegetação de rápido crescimento.



Figura 86. Biomanta com vegetação em desenvolvimento

3.2.2.2 *Resultados e Discussão*

Esta avaliação de campo foi focada em três pontos básicos e principais:

- Avaliação do desenvolvimento da cobertura vegetal;
- Verificação da condição geral das drenagens das estruturas criadas;
- Verificação da existência de alguma instabilidade nas estruturas.

Além disso, realizou-se uma avaliação superficial de pontos de instabilidade dentro do Trecho 8. O motivo para tal verificação é que os projetos foram elaborados antes do período de chuvas de 2016, que por sua vez podem ter induzidos danos não previstos na época.

A Figura 87 apresenta as seis áreas referidas como localização das observações a seguir descritas.

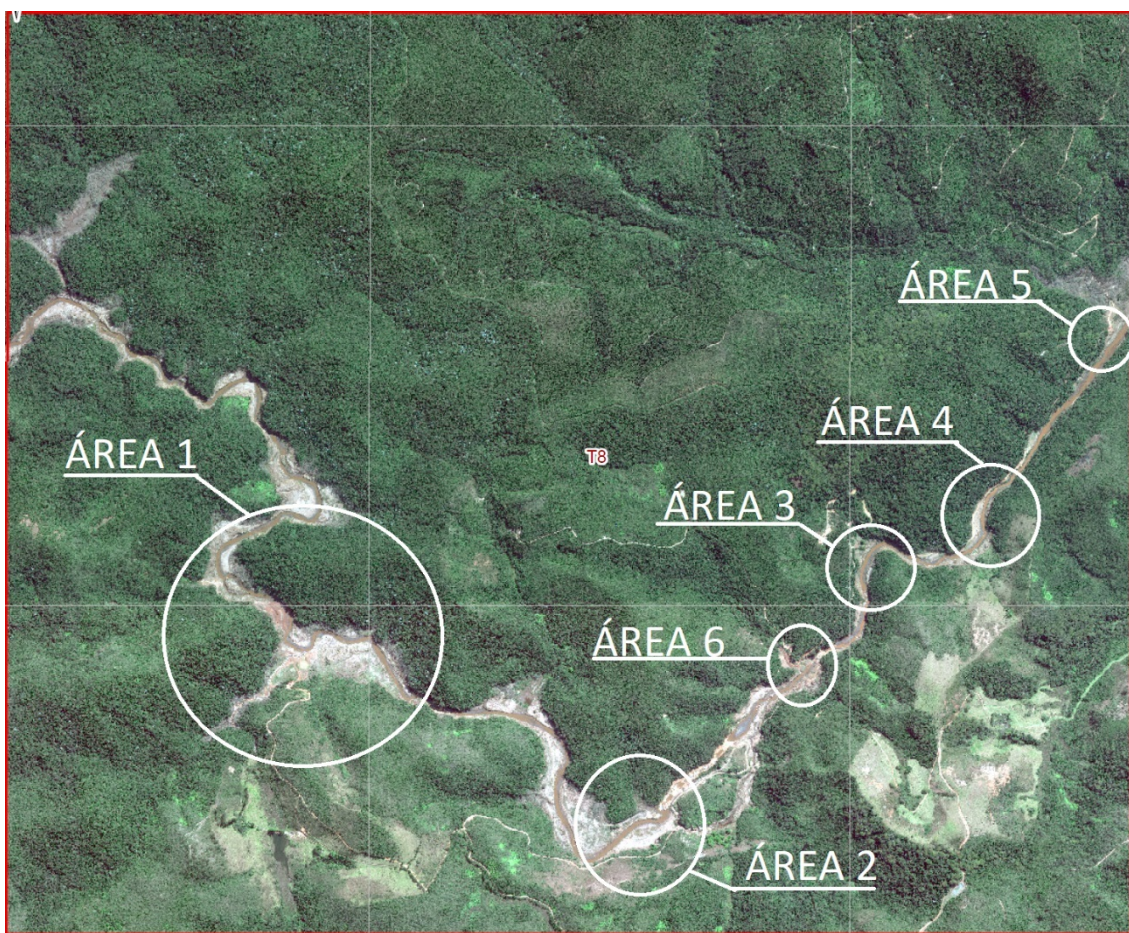


Figura 87. Localização das áreas de referência na avaliação das obras de controle da erosão no Trecho 8

➤ **Área 1**

Esta área apresenta diversos pontos de aplicação de bioengenharia, dada a extensão da área afetada pelo evento. Por este motivo, trata-se do ponto mais denso em obras de estabilização de todo o Trecho 8.

De forma geral, a vegetação plantada na região se desenvolveu de forma intensa, dificultando em alguns pontos o acesso. Muitas das estruturas implantadas foram completamente absorvidas pela vegetação local. Isto ocorreu principalmente na região das calhas de escoamento de drenagens, como pode ser observado na Figura 88. Neste ponto fica nítido que a calha de biomanta que converge para o enrocamento de saída está completamente tomada pela vegetação, cumprindo sua função de proteção contra a erosão.

A vegetação é tão densa que não é possível visualizar a calha executada. Nota-se a presença dela apenas no decorrer do deslocamento na área. Normalmente,

em casos de pontos de drenagem, recomenda-se a retirada de elementos que obstruam o livre caminho do fluxo de água. Contudo, como o objetivo final do trabalho é incorporar as estruturas ao meio ambiente, recomenda-se a permanência desta vegetação no ponto.

A vegetação servirá de proteção para as calhas de drenagem no futuro, quando as biomantas implantadas forem completamente degradadas.



Figura 88. Detalhe da vegetação desenvolvida na calha junto, à saída de enrocamento

Em todo o trecho verificado não se observou acúmulo de água, o que indica que os elementos instalados estão cumprindo o seu papel de projeto de captar e conduzir adequadamente as águas pluviais tanto aquelas provenientes de montante quanto aquelas geradas na própria área dos depósitos de rejeitos. É importante esclarecer que a vistoria foi realizada no período seco, sendo necessário realizar o monitoramento correspondente em época de chuvas.

Os retentores de sedimentos de forma geral estão cumprindo o seu papel de filtragem do fluxo. Nota-se que já existe acúmulo material em sua parte superior, como pode ser observado na Figura 89.

Vale ressaltar, que esta solução precisa de atenção especial pelo seu contato direto com o leito do rio. O motivo é que se o sistema falhar existe uma tendência de

gerar erosão excessiva. Uma vez que a vegetação não se instalou de forma adequada no sistema, o potencial de erosão em eventos chuvosos pode ser elevado.

A Figura 90 apresenta um ponto onde a filtragem dos particulados foi eficiente, mas ainda não permitiu o crescimento de vegetação.

Como estas estruturas são projetadas para serem incorporadas ao meio ambiente e se degradarem com o tempo, atenção especial deve ser dada às mesmas. É necessário garantir o seu devido funcionamento até a incorporação plena destas pelo ambiente local. Diante do alto risco envolvido em eventual falha destas estruturas, recomenda-se inspeções de campo periódicas para avaliação da integridade dos retentores de sedimentos.



Figura 89. Detalhe do retentor de sedimento com vegetação em desenvolvimento



Figura 90. Retentor de sedimento sem cobertura vegetal

Nos retentores situados na transição entre a base dos taludes marginais e o leito fluvial, nos pontos de junção dos elementos nota-se a passagem livre das águas de montante, porém sem comprometer o seu desempenho geral, de proteger os taludes a montante contra a ação das águas fluviais. É recomendado, no entanto, monitorar esses pontos, de forma a garantir a manutenção do seu desempenho

durante os próximos períodos de chuvas. A Figura 91 mostra um exemplo das discontinuidades nestes elementos.



Figura 91. Pontos de discontinuidades entre elementos de retenção

Considerando o grande volume de retentores de sedimentos instalados entende-se que o método até o momento é eficiente tem cumprido seu papel de projeto.

Os enrocamentos encontram-se conservados e foram implementados de forma adequada, com grandes blocos na base e menores na parte superior. Tal fato colabora para sua eficiência operacional, evitando obras corretivas.

Em nenhum ponto desta área foi observado qualquer tipo de dano ou correção necessária nos enrocamentos. A Figura 92 apresenta um enrocamento localizado na Área 1 em excelente estado.



Figura 92. Enrocamento executado na Área 1

A vegetação na região se desenvolveu de forma intensa, salvo alguns pequenos pontos localizados. O desenvolvimento foi tal que dificultou a inspeção em algumas estruturas da Área 1. A Figura 93 apresenta uma vista geral da condição da vegetação.

As calhas de drenagens executadas e cobertas por biomanta foram tomadas por vegetação. Só se percebe a existência delas caminhando no campo, visto que as mesmas precisam ser transpostas.

Foram notadas na área outras soluções de engenharia não relatadas como ótimas pela Golder Associates no relatório de referência.

Observou-se nesta área, barreiras de geossintéticos e de galhos de árvore. A Figura 94 apresenta a barreira de geossintéticos cumprindo o seu papel de filtragem de fluxo e a Figura 95 apresenta a barreira de galhos em início de incorporação ao meio ambiente local.



Figura 93. Vegetação em desenvolvimento intenso na Área 1



Figura 94. Barreira de geossintéticos com função de filtragem de fluxo



Figura 95. Barreira de galhos em processo de incorporação pelo meio ambiente

Após a vistoria da área, conclui-se que de forma geral o desenvolvimento da vegetação da superfície ocorreu de forma satisfatória. As obras para contenção de sedimentos estão ocorrendo de forma eficaz e possuem alguns pontos que necessitam de manutenção.

Não foi observado ponto de instabilidade na região das obras executadas.

➤ Área 2

A Área 2 se localiza próxima à PCH Bicas, que foi danificada com o fluxo pós rompimento da barragem do Fundão. Esta área possui obras de intervenção, mas em volume menor do que na Área 1.

Nesta área a vegetação não se desenvolveu tão bem quanto na área anterior. Alguns pontos possuem pouca vegetação, como pode ser observado na Figura 96 e Figura 97. Um dos motivos possíveis pelo pouco desenvolvimento de vegetação nesta região é a presença de animais, que se alimentam das plantas em desenvolvimento. Por este motivo, já estava em providência a execução de uma cerca para impedir o livre acesso destes animais ao ponto em questão.



Figura 96. Ponto com pouco desenvolvimento de vegetação e exposição da manta



Figura 97. Outro ponto com pouca cobertura vegetal e exposição da manta

Tal como na área anterior, os retentores de sedimento apresentam-se adequados e atuando de forma eficiente. Foi observado apenas um ponto com descontinuidade na junção dos elementos filtrantes, como pode ser observado na Figura 98.



Figura 98. Ponto com fuga de material entre retentores de sedimentos

Os enrocamentos da área também foram muito bem executados, não apresentando sinal de falha.

Em apenas um ponto, foi observado algo não convencional, mas que não afeta o funcionamento do sistema. Usualmente as estruturas de enrocamento possuem saída livre para o fluxo de água. Em um dos pontos desta área foi notada a presença de um retentor de sedimentos na saída do enrocamento. A Figura 99 apresenta um detalhe do fato em questão.

Outro detalhe que não se repetiu em nenhuma outra estrutura é a falta de blocos de rocha em um dos enrocamentos de descarga. Tal fato precisa ser corrigido, para que o mesmo tenha funcionamento adequado e não permita a degradação de seu terreno de base. A Figura 100 apresenta o detalhe da falta de material de cobertura no sistema.



Figura 99. Detalhe da saída de fluxo do enrocamento com retentor de sedimentos



Figura 100. Detalhe da falta de cobertura de rocha na descida de água

A Figura 101 apresenta um dos enrocamentos executados na Área 2, que apresenta-se em perfeito estado de conservação e opera conforme as expectativas de projeto.



Figura 101. Enrocamento em excelente estado na Área 2

Entretanto esta área apresentou dois pontos que precisam de atenção especial e imediata.

O primeiro e menos grave é uma erosão de drenagem de águas pluviais que está provocando erosão em um talude natural, a montante da área ocupada pelos depósitos de rejeitos. Esta erosão precisa ser controlada o tão logo o possível, visto que a tendência é que esta se agrave no próximo período de chuvas. O não tratamento do ponto pode provocar o aumento desta erosão e em uma condição mais grave gerar instabilidades no local.

Para sanar tal pendência pode-se utilizar de artifícios de bioengenharia, tal como utilizados nas áreas afetadas pelo fluxo de rejeitos. A Figura 102 apresenta o processo erosivo em andamento.



Figura 102. Processo erosivo que necessita de tratamento

O segundo ponto com problemas merece atenção especial e imediata, visto que pode dar início a um processo de movimentação de taludes de proporções razoáveis.

Em um dos acessos à Área 2 foi observada uma trinca de grande porte paralela a face do talude. Esta trinca mostra que o mesmo já rompeu, mas não escorregou. Tal fato, deixa este em condição de baixa segurança. Caso nenhuma ação seja tomada o talude tende a romper em definitivo no próximo período de chuva, podendo, por sua vez, gerar mais instabilidades no local.

Deve-se destacar, no entanto, que este processo de instabilização está localizada em área não afetada pela formação de depósitos de rejeitos.

A Figura 103 mostra a extensão parcial desta trinca, que deve ter aproximadamente 30 metros de comprimento. A Figura 104 mostra outra parte desta mesma trinca com uma caneta para dar noção de escala.



Figura 103. Vista parcial da trinca no acesso



Figura 104. Vista de outro ponto da trinca com uma caneta como referência de escala

Recomenda-se que a trinca seja coberta o tão logo o possível, para evitar fluxo de água no ponto, evitando a instabilização imediata. Deve-se também realizar projeto específico de estabilização deste para evitar o escorregamento do talude rompido.

No leito do rio, no alinhamento do problema de estabilidade de talude citado, foi observada a evolução de um processo erosivo no leito do rio, em terreno natural, que precisa de tratamento antes do próximo período de chuvas.

Dada a localização do ponto de erosão, talvez o mesmo tenha relação com a movimentação do talude reportado anteriormente. O tratamento em questão consta basicamente no lançamento de enrocamento no ponto, tal como realizado em outras áreas com condições similares. A Figura 105 mostra o ponto do rio onde a intervenção é necessária.



Figura 105. Ponto do rio onde é necessário reforçar com enrocamento

Por fim, a Área 2 apresentou boa condição geral das estruturas implantadas para conter os rejeitos.

Não foi observado dano significativo nas áreas corrigidas, nem problemas de drenagem superficial.

Não foi constatada instabilidade nas estruturas corretivas. Contudo, foram identificadas duas áreas que precisam de remediação imediata para evitar progressão de danos no próximo período de chuvas.

➤ Área 3

A Área 3 localiza-se em uma região não prioritária denominada como Área 20 (segundo a classificação realizada pela Golder). Nesta região foram executadas poucas obras de intervenção.

Foram notadas apenas três estruturas, sendo duas de enrocamento e uma de cobertura vegetal. A Figura 106 apresenta o enrocamento para direcionamento de fluxo de chuvas com biomanta de coco em sua lateral para segurar sedimentos e facilitar o crescimento de vegetação.

Ambas as estruturas se apresentam em bom estado. A manta de coco tem um pequeno trecho que não desenvolveu vegetação, provavelmente o ponto deve ter pouco tempo de implantação.



Figura 106. Detalhe do enrocamento para direcionar a drenagem pluvial para o rio

Ainda no mesmo ponto, na margem oposta, foi observado um enrocamento com objetivo de proteger uma erosão em terreno natural. Este foi executado de forma adequada e não apresentou nenhum ponto de preocupação em toda sua extensão. A Figura 107 apresenta o enrocamento do trecho em questão.



Figura 107. Enrocamento para proteção da erosão em terreno natural

➤ **Área 4**

A Área 4 possui mais obras de adequação. Neste local foram encontradas estruturas de enrocamento para condução de fluxo de pluvial, calhas escavadas e cobertas com manta de coco e intercaladas com retentor de sedimentos.

O enrocamento foi bem executado e não apresenta sinais de instabilidade. Sua calha está livre de rejeitos, o que permite o seu funcionamento adequado. A Figura 108 apresenta o enrocamento implantado no local.

As calhas escavadas e protegidas com manta de coco e retentores de sedimento estão em bom estado e em alguns pontos já apresentam desenvolvimento de vegetação, que por sua vez incorporará a estrutura ao meio ambiente em pouco tempo. A Figura 109 apresenta um ponto onde já é possível observar o desenvolvimento de vegetação dentro da calha.

Entretanto, o ponto em questão apresenta locais onde a manta foi instalada recentemente. Isto, por sua vez, deixa a região com diferentes fases de recuperação. A Figura 110 apresenta tal fato.



Figura 108. Detalhe do enrocamento para escoamento de água pluvial



Figura 109. Detalhe do sistema de drenagem com o desenvolvimento inicial de vegetação



Figura 110. Diferentes estágios de vegetação na manta de coco

Na margem oposta do rio neste mesmo ponto, foi executada uma obra mista de enrocamento e fibra de coco para a estabilização de rejeitos remanescentes. A Figura 111 apresenta uma visão geral desta obra.

Em toda Área 4 foi observado o funcionamento adequado das estruturas de controle de erosão e direcionamento de fluxo de água pluvial, não sendo observado nenhum ponto de instabilidade ou problemas de percolação.

As obras deste ponto têm regiões mais recentes de implantação de bioengenharia e por este motivo a vegetação local não se desenvolveu tanto quanto nas áreas anteriores. Contudo, em alguns pontos mais antigos, o desenvolvimento de vegetação se encontra adequado para este tipo de obra.

Não foi observado problema estabilidade no entorno deste ponto.

De forma geral, o ponto em questão apresenta-se adequado para a finalidade que foi projetado, não cabendo nenhuma ação mitigadora neste momento.



Figura 111. Vista geral da solução de bioengenharia para estabilizar os rejeitos

➤ Área 5

A Área 5 localiza-se no extremo de jusante do Trecho 8. Trata-se de um ponto com poucas obras. Entretanto, uma delas precisa de manutenção.

De forma geral a vegetação se desenvolveu muito bem no local, o que por sua vez colabora para a estabilização dos rejeitos da região. A Figura 112 apresenta o estágio de desenvolvimento da vegetação na Área 5.

Neste ponto em específico foram observados problemas com o retentor de sedimentos. Foi constatada a degradação de alguns elementos que precisam ser substituídos. A Figura 113 mostra os retentores com dano.

Vale lembrar que estes elementos exercem forte papel na retenção de rejeitos e que a sua falha pode acarretar em erosões de grandes proporções. Por este motivo recomenda-se a substituição e reajuste destes elementos o tão logo o possível.

O enrocamento do ponto foi bem executado e encontra-se em excelente estado de conservação, como pode ser observado na Figura 114.



Figura 112. Desenvolvimento geral da vegetação na Área 5



Figura 113. Retentores de sedimento danificados junto a margem esquerda do rio



Figura 114. Vista geral do enrocamento implantado na Área 5

Na margem oposta foi observada uma intervenção com retentor de sedimento e manta de coco. A configuração desta instalação parece ter sido modificada propositalmente, de forma que a geometria das estruturas não se alinha com o leito do rio. À distância, as estruturas parecem estar em bom estado. A Figura 115 mostra os retentores instalados na outra margem do rio.



Figura 115. Retentores de sedimento instalados na outra margem do rio

De forma geral as estruturas instaladas apresentam-se em boas condições, excetuando alguns retentores de sedimento que precisam ser substituídos.

Não foi observada instabilidade na área. As condições de percolação e drenagem de fluxo superficial estão normais. O desenvolvimento da vegetação encontra-se adequado e satisfatório.

➤ **Área 6**

A Área 6 não foi alvo de obras corretivas. Entretanto, faz parte do Trecho 8 que é escopo deste trabalho.

No trajeto para acesso à Área 3 foi observada uma grande ruptura com movimentação de solo que precisa de tratamento. Por este motivo tratou-se este problema em específico como Área 6.

A ruptura provavelmente deve ter ocorrido no evento de trânsito de cheia provocado pela abertura de brecha da barragem do Fundão, resultando em erosão por solapamento da base da encosta, com descalçamento da porção superior do talude natural. Contudo, o escorregamento do solo só aconteceu recentemente. A Figura 116 apresenta a ruptura em questão.



Figura 116. Ruptura de talude no Trecho 8

Considerando que não existem obras de infraestrutura ou outros bens a proteger a montante da ruptura, não se indica a execução de quaisquer obras de estabilização adicionais, considerando que a própria ruptura representa um processo de estabilização.

3.2.2.3 Conclusões

Após a vistoria de campo nas Áreas 1 a 6, constatou-se de forma geral que as intervenções estão cumprindo de forma adequada o seu papel de condicionar os fluxos e evitar processos erosivos e carreamento de rejeitos para o leito do rio.

As obras instaladas estão permitindo a drenagem e filtragem dos fluxos 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 atendem aos seus propósitos, ressalvo em situações pontuais.

Os tributários estão devidamente protegidos com enrocamentos e não apresentaram qualquer sinal de carreamento de material indesejado.

Os sistemas de proteção com enrocamento e o retentores de sedimento têm se mostrado eficientes para contenção dos rejeitos e redução de erosão para o leito do rio e tributários. Contudo, um monitoramento contínuo do trecho é recomendado.

De forma geral as obras foram dimensionadas e executadas adequadamente, seja no que se refere à drenagem superficial ou retenção de rejeitos e crescimento de vegetação.

Contudo, por ser um recurso de bioengenharia, o monitoramento contínuo, até a incorporação das estruturas ao meio ambiente também é fundamental. O motivo é que as estruturas instaladas tendem a se decompor com o tempo de forma mais rápida que as artificiais. Por consequência, as mesmas podem perder sua função antes de serem incorporadas ao meio, o que por sua vez pode gerar danos ao local.

Constatou-se uma rápida recuperação da vegetação na região desde a execução das ações emergenciais iniciadas em dezembro de 2015. Tal fator contribui para estabilização do rejeito depositado no Trecho. Porém, em caso de chuvas intensas, alguns pontos podem sofrer erosões que podem se intensificar. Para evitar que isto ocorra recomenda-se vistoria após todo trânsito de cheia na região.

As drenagens dos tributários estão bem protegidas, o que garante um fluxo disciplinado até o leito do rio. As drenagens de superfície foram bem executadas e estão devidamente protegidas. A vegetação já está crescendo dentro delas o que, por sua vez, garantirá seu funcionamento e estabilidade no longo prazo. Apesar de não serem adequados elementos que bloqueiem o fluxo de água dentro de calhas de drenagem, neste caso específico, é recomendada a vegetação dentro delas.

Em alguns pontos a vegetação se desenvolveu de forma rápida e já incorporou as obras de bioengenharia ao ambiente local. O desenho “As Built” recém elaborado auxiliará sobremaneira as atividades de monitoramento das obras, considerando que estas vêm sendo encobertas pela vegetação, tornando cada vez mais difícil a sua localização.

Observou-se a necessidade de manutenção em alguns pontos, a fim de não impactar a condição de estabilidade.

Uma vez que por questões de adequação ambiental as obras realizadas utilizaram recursos de bioengenharia, uma manutenção periódica das estruturas precisa ser realizada e ante eventos de chuvas extremas. O motivo é que as mesmas são mais suscetíveis a degradação com o tempo e por isto podem sofrer danos em curto

3.3 AVALIAÇÃO DAS MARGENS COM CURVAS ACENTUADAS COM POTENCIAL DE EROÇÃO

O rio Gualaxo do Norte caracteriza-se por possuir uma morfologia do tipo meândrico, com várias barras e ilhas em processo deposicional. Especificamente o Trecho 8 possui o mesmo padrão, com diversos meandros ao longo de toda sua extensão e caracteriza-se pela alternância de segmentos de vales encaixados e planícies aluvionares.

Nas curvas, a força centrífuga é maior na água que se move mais rapidamente, próxima à superfície, do que na água que se move mais lentamente próxima ao leito. Como consequência disso, é gerada uma circulação junto com o deslocamento, produzindo um movimento helicoidal da água que transporta o material erodido da margem côncava para a direção da margem convexa, onde é depositado formando um banco.

Desta forma, é possível avaliar a influência da velocidade do rio em eventos de erosão e acúmulo de sedimentos em suas margens, principalmente onde existem curvas acentuadas, em seu percurso, como meandros. A turbidez no rio é muito elevada devido aos sedimentos finos em suspensão provenientes do leito do rio e da erosão das margens. Desta maneira, a presente avaliação procura identificar as margens em curvas acentuadas que, por possível erosão das mesmas, contribuam com o aporte de sedimentos para o rio, incrementando de forma considerável a turbidez deste.

Conforme apresentado no Anexo IV, por falta de informações que permitam aplicar métodos empíricos para calcular a taxa de erosão nas margens, para identificar o potencial erosivo das curvas acentuadas foram considerados:

- Identificação visual de sinais de erosão por médio de relevamento fotográfico.
- Análise morfométrica da margem côncava.
- Análise das velocidades na margem côncava como resultado da modelagem hidráulica.

Da análise morfométrica concluiu-se que, para o presente trecho, não é possível estabelecer uma relação conclusiva entre as características dimensionais das curvas com o potencial de erosão. Isso deve-se principalmente a que o rio Gualaxo do Norte encontra-se localizado nas cabeceiras do rio Doce, sem uma preponderante mobilidade lateral e com particularidades geomorfológicas que impedem estabelecer uma relação direta.

No entanto, foi possível cruzar os resultados da análise visual das condições das margens do rio, com os resultados de velocidades máximas obtidas no modelo hidráulico apresentado no Anexo II, e foi possível identificar as curvas acentuadas com potencial erosivo na margem côncava conforme apresentado no Anexo IV.

Na Seção 3.2 foi realizada a avaliação das ações de controle de erosão e disciplinamento da drenagem realizadas até o momento. Observou-se que a maioria das margens e várzeas aluviais dos rios possui vegetação densa e está estável, principalmente devido ao reestabelecimento da vegetação. Desta maneira, adotou-se como premissa que nos locais onde já têm sido implantadas estruturas para controle de erosão não será necessário realizar nenhum tipo de tratamento adicional, focando a presente avaliação apenas nas margens expostas.

Consideram-se áreas de menor risco as identificadas com volumes de rejeitos relativamente pequenos nas planícies, sendo necessária identificar a espessura do material detrítico depositado nas margens avaliadas como potencialmente erosivas, para avaliar se as mesmas podem contribuir com o aporte de sedimentos finos para o rio.

Na Tabela 6 apresenta-se um resumo das curvas avaliadas e as que apresentam ser potencialmente instáveis.

Tabela 6. Avaliação das curvas acentuadas e identificação das margens côncavas potencialmente instáveis

ID	Km GN	Transecto Direto	Implementação de Medida de Controle	Apresenta indícios de erosão?	Espessura rejeito na margem côncava (m)	Velocidades Elevadas?	Potencialmente Instável?
C01	67,60	-	Não	X	Sem Acesso	X	Sim
C02	67,20	-	Não	X	Sem Acesso	-	-
C03	66,90	-	Não	-	Sem Acesso	X	Sim
C04	66,70	-	Não	-	Sem Acesso	-	-
C05	66,60	-	Não	X	Sem Acesso	-	-
C06	66,40	-	Não	-	Sem Acesso	-	-
C07	66,15	-	Sim	-	Sem Acesso	-	-
C08	66,10	-	Sim	-	Sem Acesso	-	-
C09	65,80	TS-02	Sim	-	0,45	-	-
C10	65,75	TS-02	Sim	-	0,45	-	-
C11	65,70	TS-02	Sim	-	1,15	-	-
C12	65,20	TS-02	Sim	-	1,15	-	-
C13	64,90	TS-02	Sim	-	0,45	-	-
C14	64,70	TS-03	Sim	-	0,48	-	-
C15	64,60	TS-03	Sim	-	0,48	-	-
C16	64,30	TS-03	Sim	-	0,48	-	-
C17	64,00	TS-04	Sim	-	0,2	X	-
C18	63,90	TS-04	Sim	-	0,2	X	-
C19	63,20	TS-04	Sim	-	0,4	X	-
C20	63,10	TS-04	Sim	-	0,2	-	-
C21	62,60	TS-05	Sim	-	1,2	X	-
C22	62,70	TS-05	Sim	-	1,2	X	-
C23	62,75	TS-05	Não	X	1,0	X	Sim
C24	62,76	TS-05	Não	X	0,2	X	-
C25	61,70	TS-06	Não	X	0,5	X	Sim
C26	61,50	TS-07	Não	X	0,25	X	-
C27	61,10	TS-08	Não	X	0,32	X	-
C28	60,80	TS-08	Não	X	0,57	-	Sim
C29	60,40	TS-09	Não	X	0,3	X	-
C30	60,10	TS-10	Não	X	0,43	X	-

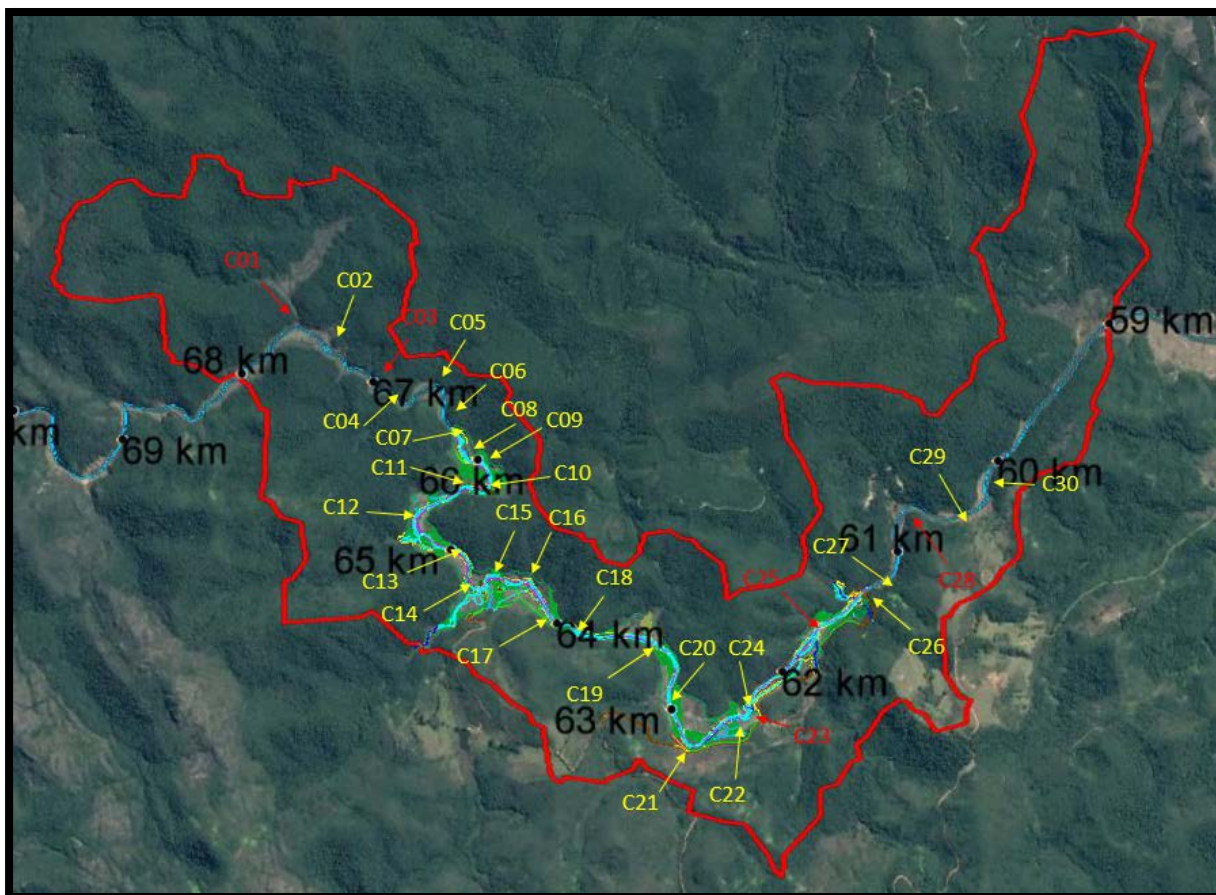


Figura 117. Localização das margens côncavas com potencial de erosão e as ações prioritárias realizadas para controle de erosão e revegetação no Trecho

8

As margens identificadas em vermelho na Figura 117, deveram ser consideradas no processo de tomada de decisão a fim de identificar a alternativa de manejo a ser considerada para evitar impactos no rio Gualaxo do Norte por causa de processos erosivos do rejeito depositado.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA LAGOA EXISTENTE

Durante as atividades de campo, foi identificada a existência de uma lagoa, antiga lagoa utilizada na mineração de ouro ilegalmente, conforme ilustrada na Figura 117 a seguir. Na área da lagoa, pode ser observada a recuperação da vegetação nativa, típica de áreas alagadas. Pode ser observado que apesar da margem e fundo da lagoa ser formado pelos depósitos de rejeito oriundos do acidente.

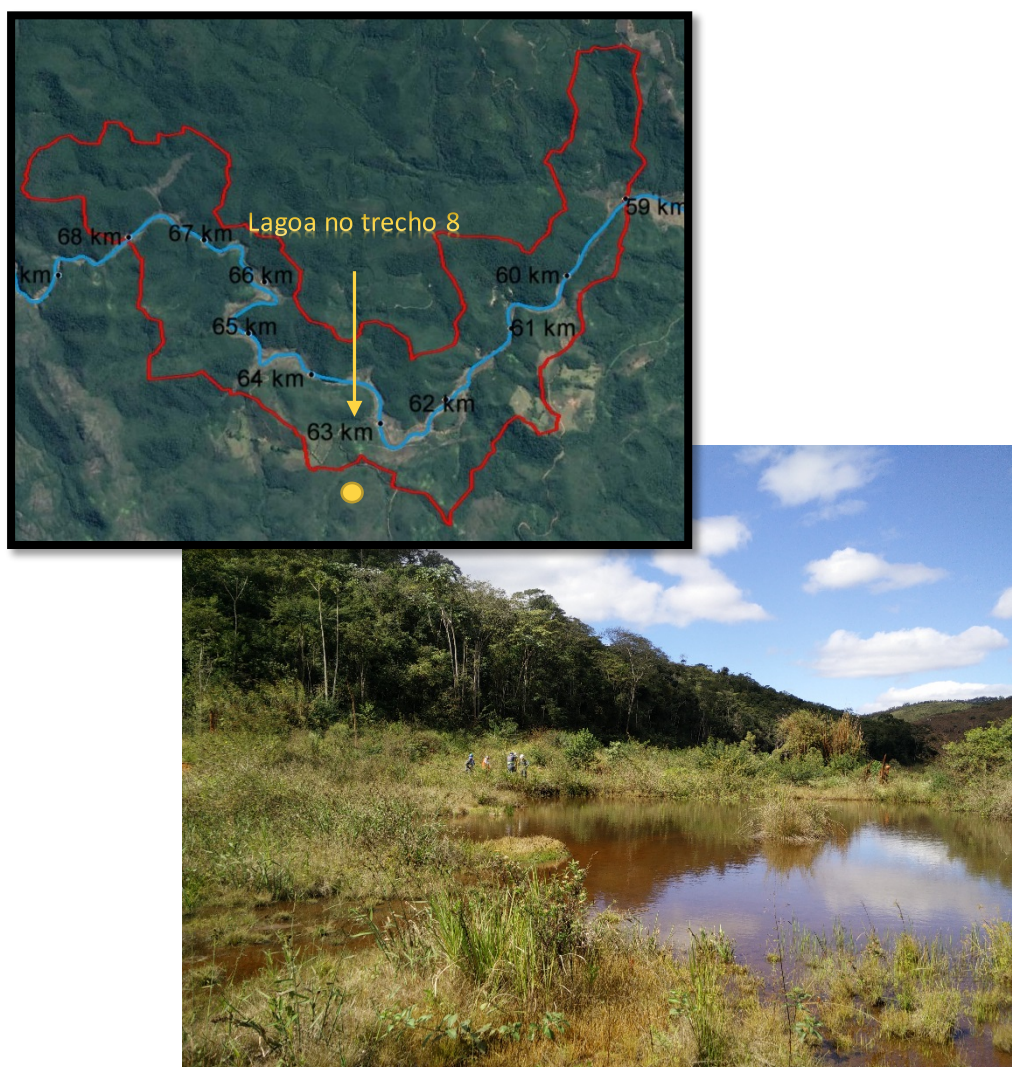
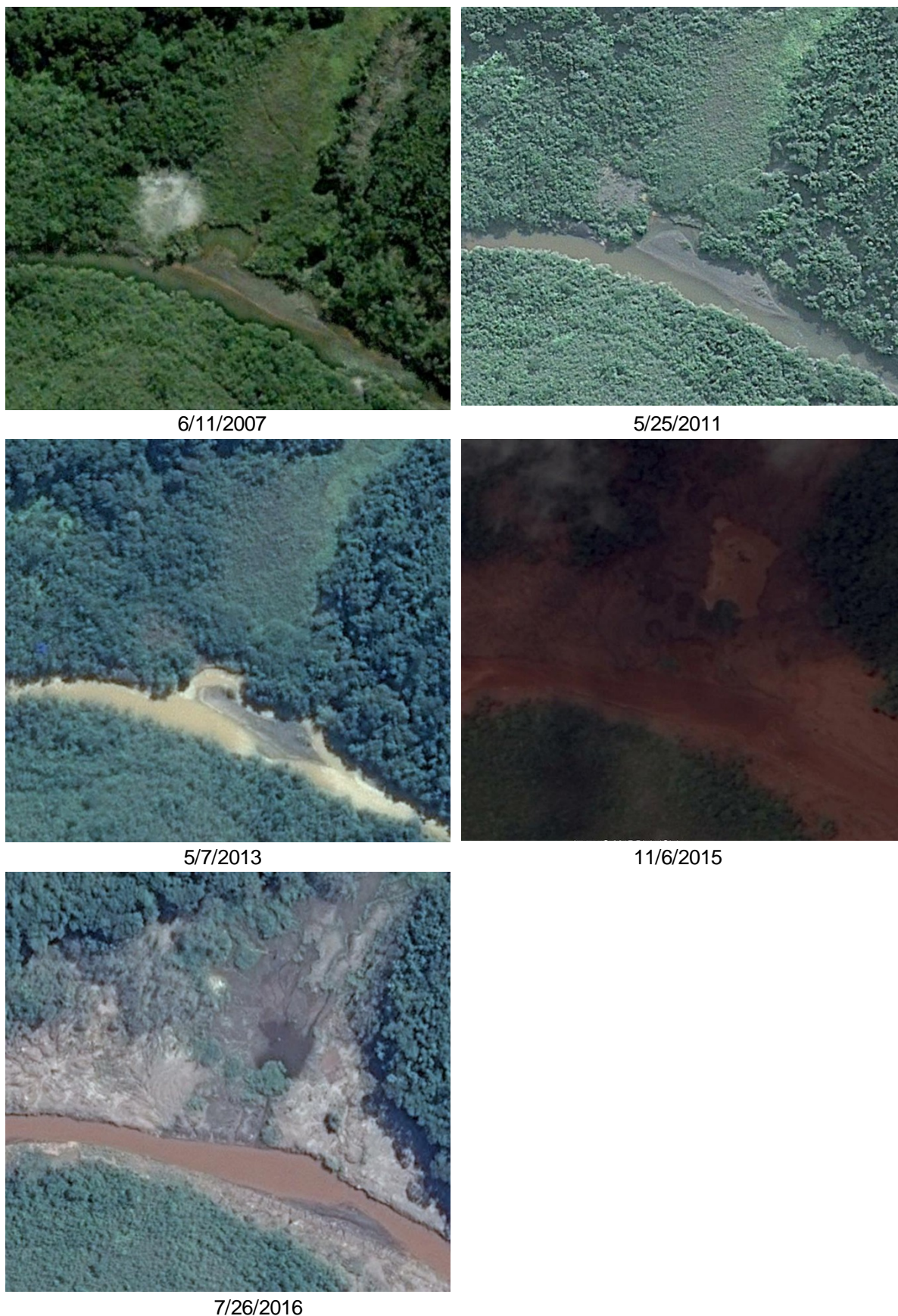


Figura 118. Lagoa identificada dentro do trecho 8 - 03 de julho de 2017

Imagens prévias ao evento mostram esta antiga lagoa já tinha deixado de existir em épocas antes do evento, já que a mesma tinha sido coberta por vegetação. Acontecido o evento do rompimento da barragem de fundão no dia 05 de novembro de 2015, esta lagoa ficou novamente no descoberto, conforme pode ser apreciado na Figura 118.

Vale ressaltar que a sondagem realizada na lagoa encontrada dentro do trecho 8 indicou espessura de 2,5 metros de rejeito consolidado. Não foi possível a execução de sondagens dentro da lâmina de água da lagoa, devido a subsidência do material, que não permitiu que os técnicos adentrassem a lagoa com segurança.



Fonte: Google Earth.

Figura 119. Imagens históricas da lagoa identificada dentro do trecho 8

3.5 ANÁLISE DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO DAS PLANÍCIES E ENCOSTAS

A modelagem hidráulica desta fase do projeto, apresentada no Anexo II, foi realizada de maneira simplificada com o objetivo de analisar os níveis d'água das planícies aluvionares. Os resultados da modelagem desta fase do projeto foram baseados em informações de LiDAR, sem a realização de relevamentos topobatimétricos, sendo o suficiente para brindar subsídio 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, 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 8, foram simuladas 7 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 II). A Tabela 7 apresenta as vazões simuladas para esta análise.

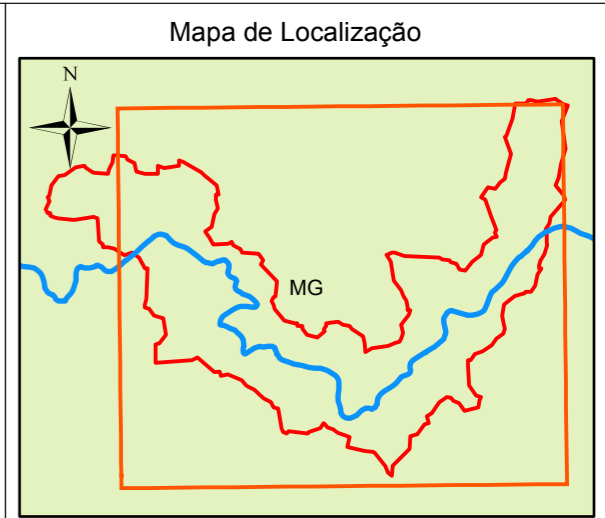
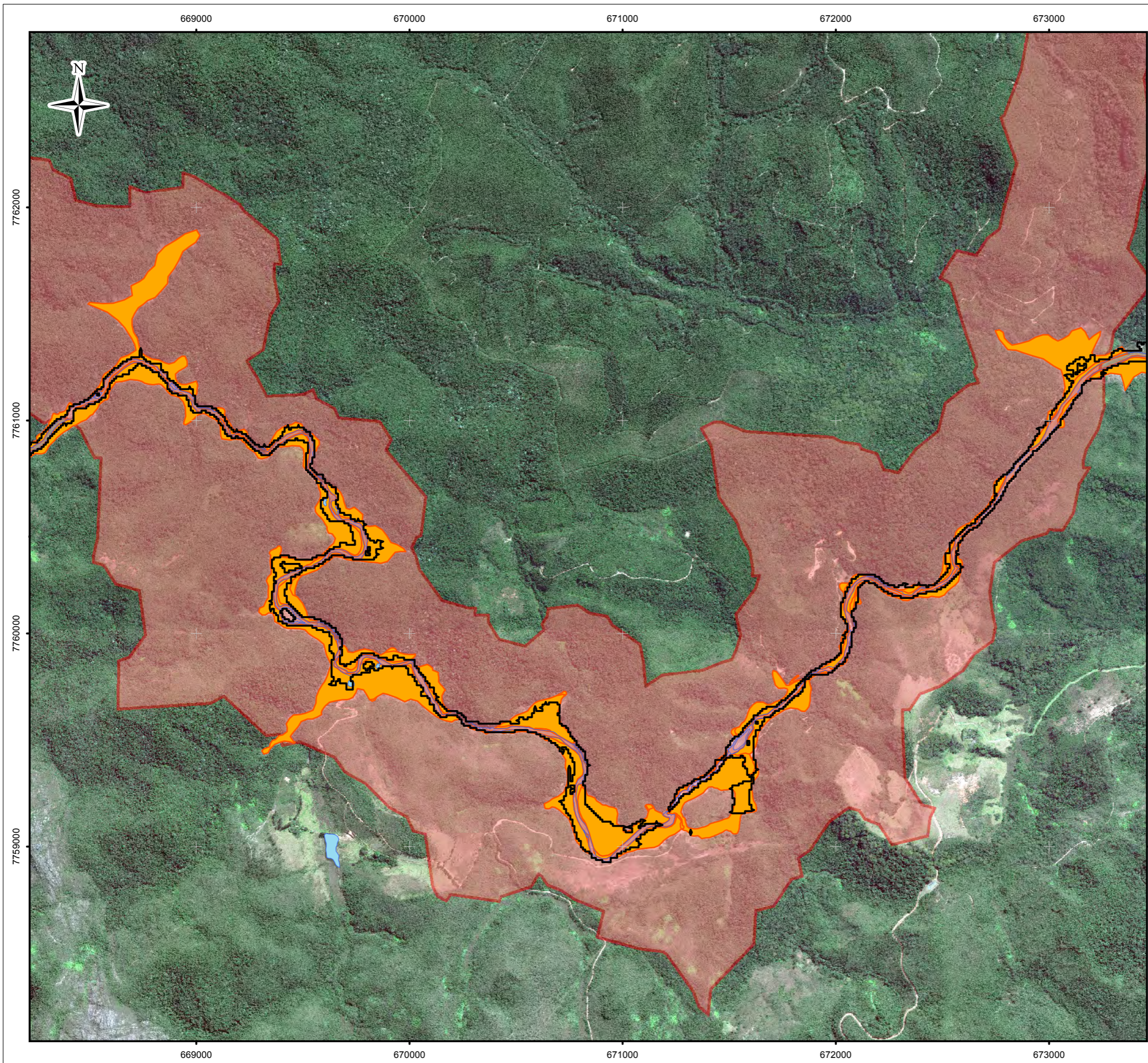
Tabela 7. Vazões com diferentes frequências e períodos de retorno simulados no modelo hidráulico do rio Gualaxo do Norte para definição de ações do Plano de Manejo

Vazão	Descrição	Valor a montante do Trecho 8 [m³/s]	Valor a jusante do Trecho 8 [m³/s]	Valor medido na Estação Fluviométrica Fazenda Ocidente [m³/s]
Q _{50%}	Vazão com frequência diária 50%	3,28	3,60	9,54
Q _{méd}	Vazão média diária (1980-2015)	4,53	4,97	13,19
Q _{5%}	Vazão com frequência diária 5%	10,25	11,24	29,82
TR 02	Vazão com período de retorno de 2 anos	44,90	49,20	130,65
TR 05	Vazão com período de retorno de 5 anos	79,90	87,70	232,64
TR 25	Vazão com período de retorno de 25 anos	132,50	145,30	385,48

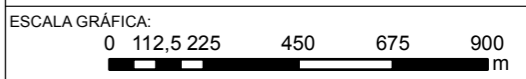
Vazão	Descrição	Valor a montante do Trecho 8 [m³/s]	Valor a jusante do Trecho 8 [m³/s]	Valor medido na Estação Fluviométrica Fazenda Ocidente [m³/s]
Q _{máx}	Vazão diária máxima observada no período analisado (1980-2015)	166,14	182,24	483,51

Com as simulações realizadas no Modelo Hidráulico apresentado no Anexo II, 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 utilizando a vazão máxima (Q_{max}) observada nos últimos 35 anos, observa-se que a área impactada durante o evento é maior que a curva de contorno ou mancha gerada por esta inundação conforme apresentado na Figura 119.



- LEGENDA:
- Q máx.
 - Lagoas
 - Calha do Rio
 - Área Impactada
 - Delimitação do Trecho 8



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:
Figura 119
Curva de Contorno do Nível d'Água Gerada
pela Simulação da Vazão Média (Qmax) e
Área Impactada

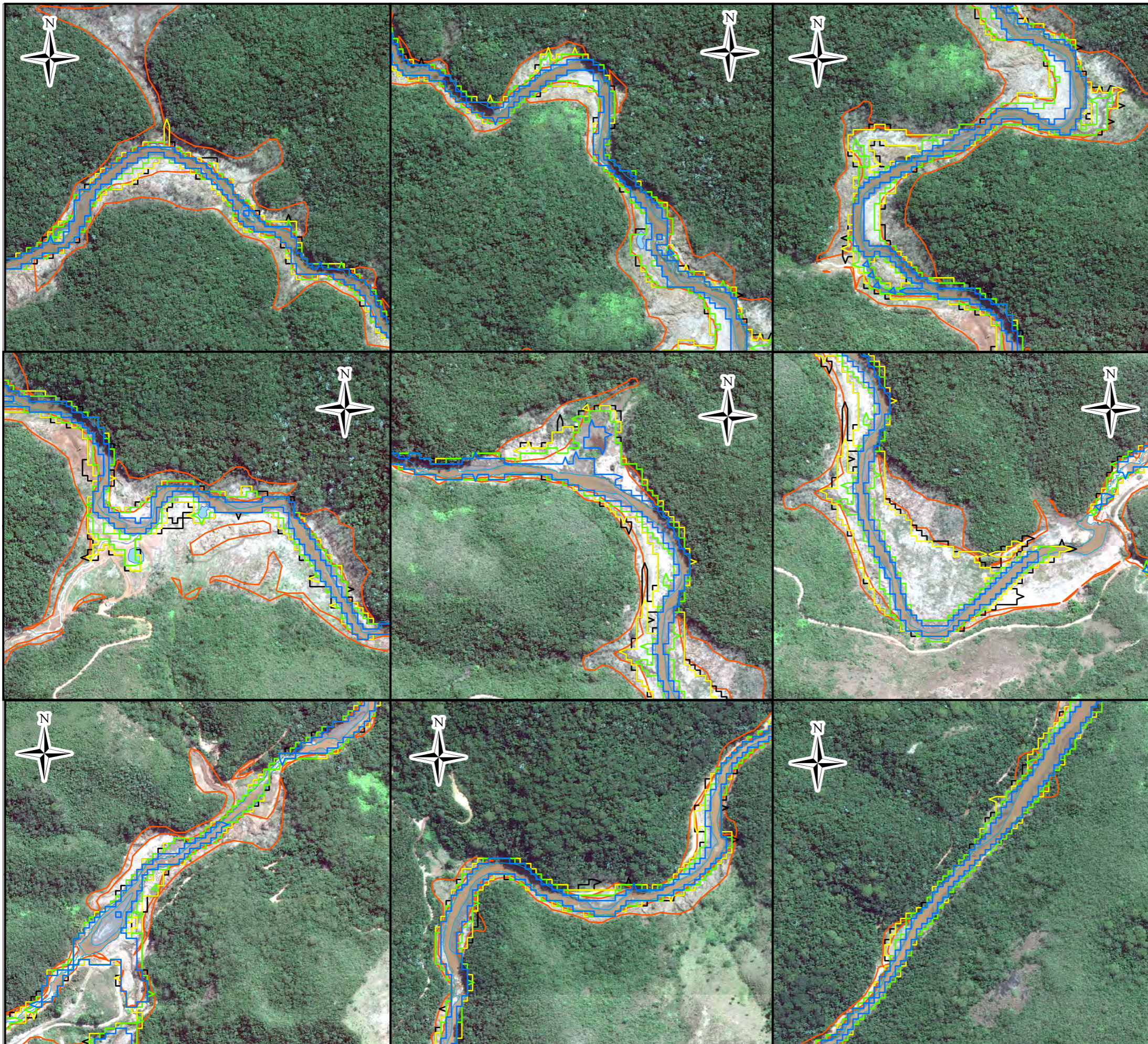
PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:18.000	01/08/2017	rutima	MB	AG	RAO

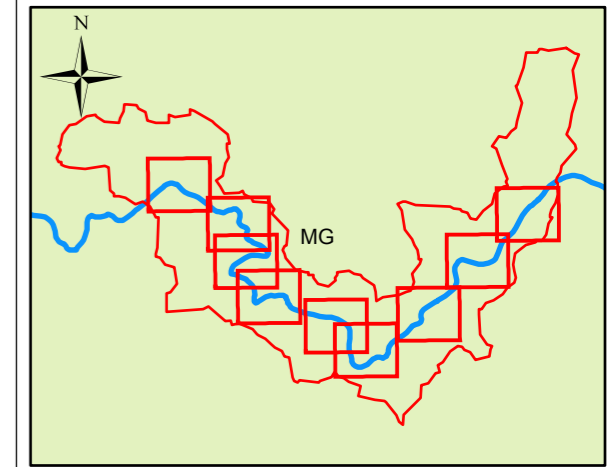
O nível d'água atingido nas planícies aluvionares foi avaliado para as vazões listadas a seguir:

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

As curvas de contorno da altura máxima atingida pelo nível d'água para as diferentes vazões encontram-se apresentadas na Figura 120. Nessa figura, pode-se observar que para as vazões de alta frequência como ser Q 50, a curva de inundação apenas atinge a calha do rio. Para vazões com período de retorno de 2 anos, o alagamento atinge apenas algumas planícies aluvionares, enquanto que para períodos de retorno de 10 anos escassas encostas são atingidas. Desta maneira, devido à baixa frequência de inundação das planícies aluvionares espera-se um processo deposicional nas mesmas durante os eventos de cheias, sendo que a erosão em encostas e planícies acontecerá apenas por escoamento superficial.



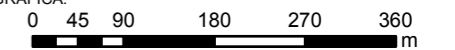
Mapa de Localização



LEGENDA:

- Q 50
- QTR02
- TR10
- Q máx.
- Calha do Rio
- Encosta

ESCALA GRÁFICA:



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:

Figura 121
Curva de Contorno do Nível d'Água Gerada pela
Simulação das Vazões Q50, QTR2, QTR10 e Qmáx.

PROJETO:

Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA: 1:7.500	DATA: 30/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: MB	APROV.: AG	REV.: RA0
--------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

3.6 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

No dia 05 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de mineração do Fundão, operada pela mineradora Samarco, se rompeu no Município de Mariana, Minas Gerais, causando o maior desastre ambiental ocorrido no Brasil relacionado à atividade minerária.

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

No trecho subsequente ao rompimento, à montante da bacia do Rio Doce, o fluxo de rejeitos e materiais carregados pelo seu escoamento entrou no reservatório da barragem de Candonga (Usina Hidroelétrica Risoleta Neves), onde grande volume de material sedimentou enquanto as frações mais finas dos rejeitos e outros sólidos em suspensão foram continuamente liberados através do vertedouro da barragem. Parte desses sólidos e materiais coloidais em suspensão se depositou na calha do Rio Doce e nos reservatórios ao longo de seu curso, e parte deste material permaneceu em suspensão na água até a foz do Rio Doce, com uma pluma de coloração alaranjada penetrando no ambiente estuarino e costeiro (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

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

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

Quando do evento, diversos foram os impactos decorrentes do rompimento e afluxo desse rejeito, que atingiram 4.660.000 m² até Candonga, sendo 730.000 m²

dentro do Trecho 8. Tais impactos foram acompanhados à época e ações estão sendo propostas, revisadas e praticadas até o momento visando sua mitigação, correção e compensação.

Entretanto, passados cerca de 20 meses da data de rompimento a ecodinâmica local, tendendo a equilibrar-se novamente (cada componente ambiental em seu tempo e grau de resiliência), absorveu tais rejeitos como um “componente” ambiental.

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, nos próximos parágrafos serão expostos os impactos esperados ou já observados decorrentes desse cenário atual de deposição de rejeitos, em que este passa a ser entendido como fonte geradora de impacto e não mais reflexo dos impactos do rompimento. Ou seja, entende-se que a dispersão, composição e abrangência dos depósitos de rejeitos sejam impactos diretos do rompimento da barreira, no entanto, a interação destes com o regime fluviométrico, por exemplo, é impacto direto do depósito.

A identificação dos impactos ambientais no meio físico resultantes da liberação de rejeitos pelo rompimento da barragem de Fundão foi realizada ainda nos meses de novembro e dezembro de 2015 e foi relatada no documento intitulado “Avaliação dos Impactos do Meio Físico resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão realizado pela Golder Associates”.

Diversos são os impactos ambientais no meio físico, desde o rompimento da barragem de fundão até a presente data. As amostragens e os resultados apontados no Anexo I 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. Esses aspectos, bem como as medidas de controle já implantadas foram detalhadamente avaliados na Seção 3.2.

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 redução dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte será um primeiro passo na restauração da vida aquática no rio. Nos atuais níveis elevados de turbidez, a penetração da luz é reduzida a ponto de suprimir ou impedir significativamente o crescimento de vegetação e algas aquáticas submersas. Em um sistema saudável, a vegetação e as algas submersas se fazem presentes contribuindo para maiores níveis de oxigênio dissolvido na coluna de água oriundos da respiração das plantas e fornecendo a fonte fundamental de alimentos para organismos aquáticos. Níveis elevados de turbidez, mesmo quando abaixo do padrão de qualidade de água de 100 NTU para este rio, têm um impacto direto e mensurável na redução da produtividade primária e da densidade de macroinvertebrados que servem como principal fonte de alimento para peixes (ODEQ, 2010).

Com relação ao impacto no meio biótico, principalmente aquático, partindo do pressuposto que a maior carga de sedimento envolveu os cursos d'água, é possível deduzir que as espécies aquáticas foram os organismos que sofreram a influência direta do impacto e por sua vez, o que desapareceram de imediato.

Dentre muitas medidas emergenciais tomadas logo após o rompimento da barragem, uma das principais foi a realização de monitoramentos e resgates da fauna impactada pela lama. No Estado de Minas Gerais, no período de 10 de novembro de 2015 a 31 de julho de 2016, foram resgatados 199 animais, sendo 157 relativos à fauna silvestre. Houve uma diminuição no número de ocorrências ao longo do tempo e não foi possível traçar relação direta da morte destes indivíduos com as condições atuais do rio Doce, uma vez que as ocorrências foram relacionadas a atropelamento, afogamento, caça, dentre outras.

Uma grande quantidade de informação sobre a saúde dos animais potencialmente atingidos, bem como dados de mortalidade, foi acumulada, no entanto existe uma escassez de informações sobre os níveis de elementos tóxicos em espécies silvestres na literatura científica, desta forma não foi possível estabelecer causa e efeito através da utilização desses indicadores por não se existir referência ou *background* sobre o estado anterior ao acidente dessas espécies.

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).

No período de setembro de 2016, ao longo da bacia do Rio Doce e da zona costeira adjacente, foi realizada uma expedição ao Rio Doce e em ambiente marinho, totalizando nove pontos amostrados entre a cidade de Mariana e a zona marinha, sendo cinco pontos no Rio Doce, dois pontos no estuário e dois pontos marinhos.

Os resultados dessa expedição são apresentados no Relatório de Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana, nove meses após o desastre, elaborado pela Fundação Coppetec/RJ em 2017.

A ictiofauna da bacia do Rio Doce, antes do rompimento da barragem do Fundão, apresentava dezenas de espécies nativas. Sete destas espécies foram coletadas, das quais três somente na represa de Gualaxo. Embora o período de estudo seja em época final de vazante, os resultados obtidos 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, um tributário do Rio Doce.

Dentre a fauna regional, a ocorrente no substrato fudo do manejo é constituída por organismos bentônicos que vivem associados ao sedimento e compostos por uma grande diversidade de espécies de reconhecida importância nos ambientes aquáticos (BELÚCIO et al, 1999). Em áreas abrigadas, caracterizadas por baixo hidrodinamismo o que possibilita a construção de tocas e galerias, encontra-se uma abundante e diversificada fauna (MCLACHLAN, 1980; DEXTER, 1983, 1984).

Muitas espécies bentônicas constituem o principal item alimentar de peixes demersais, e desempenham importante papel na ciclagem da matéria orgânica

através do processo de biorrevolvimento do solo, que acelera os processos de remineralização de nutrientes (ESTEVES, 1998; LANA et al, 1996).

Com relação ao trabalho realizado por Santos et al (2017), é interessante observar que, apesar dos autores terem direcionado o estudo para as amostragens de peixes, as espécies registradas alimentam-se de organismos bentônicos (incluindo macroinvertebrados). As espécies que têm preferência por esses organismos são de tamanhos variados, mas em maioria de pequeno porte, sendo estes a base trófica de espécies de maior porte, indicando a importância dessa comunidade na região.

Ainda com relação aos peixes, foi observado após o rompimento da barragem o grande declínio de duas espécies ainda pouco conhecidas taxonomicamente de Brycon, uma de porte médio e considerada até hoje como semelhante a *Brycon devillei* e conhecida na bacia do rio Doce como “piabanha” e outra de menor porte, a “pirapitinga”, *Brycon opalinus*.

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

Contudo, analisando estudos anteriores, foi observado que a região já possuía baixa diversidade de organismos bentônicos, muito em função de atividades antropogênicas do entorno.

Os organismos encontrados em coletas de dezembro de 2015 são colonizadores e ocuparam o local após o rompimento da barragem, entretanto a diversidade dessas espécies também foi considerada baixa (SANTOS et al, 2016).

Para os autores, a alta turbidez (que dificulta a respiração) e a compactação do sedimento (que prejudica o processo de escavação e enterramento) podem ser fatores que propiciam uma baixa diversidade.

Com relação aos aspectos sociais, os impactos aqui considerados se restringem às propriedades afetadas e como o rejeito pode ter alterado a atividade econômica local, o uso do solo, restrições a estruturas existentes, restrições quanto ao uso da água (irrigação, abastecimento, dessedentação de animais, lazer, etc), entre outras situações.

A Fundação Renova realizou a identificação das propriedades particulares existentes ao longo do Rio Gualaxo do Norte. Conforme esses registros, no Trecho 8, não há propriedades afetadas, com exceção de uma pequena parte da propriedade do Sr. Geraldo Marcos da Silva, na porção oeste da delimitação do Trecho 8, conforme apresentado na Figura 122. Não há, para esse caso, uma identificação clara quanto aos impactos nas atividades produtivas existentes nessa propriedade mapeada. Essa caracterização está sendo realizada no âmbito do **PG 017 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias**. Em linhas gerais, esse programa busca a entrega de três produtos: o Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP, o Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistema – ISA e o Plano Socioeconômico e Ambiental – PASEA. O ZAP da sub-bacia do Gualaxo do Norte, que é um documento de caracterização da sub-bacia (unidades de paisagem, uso e ocupação do solo, etc.), já foi elaborado. O ISA e o PASEA são referentes ao estabelecimento rural, e ainda estão em fase de finalização.

Pela sua vez, dentro do Trecho 8 encontra-se localizada a PCH Bicas, instalada em 1942, conforme apresentado na Figura 122. A mesma forma parte do setor de Energia do Grupo AVG, que iniciou a gestão em janeiro de 2005, sendo OPM Empreendimentos o proprietário da mesma.

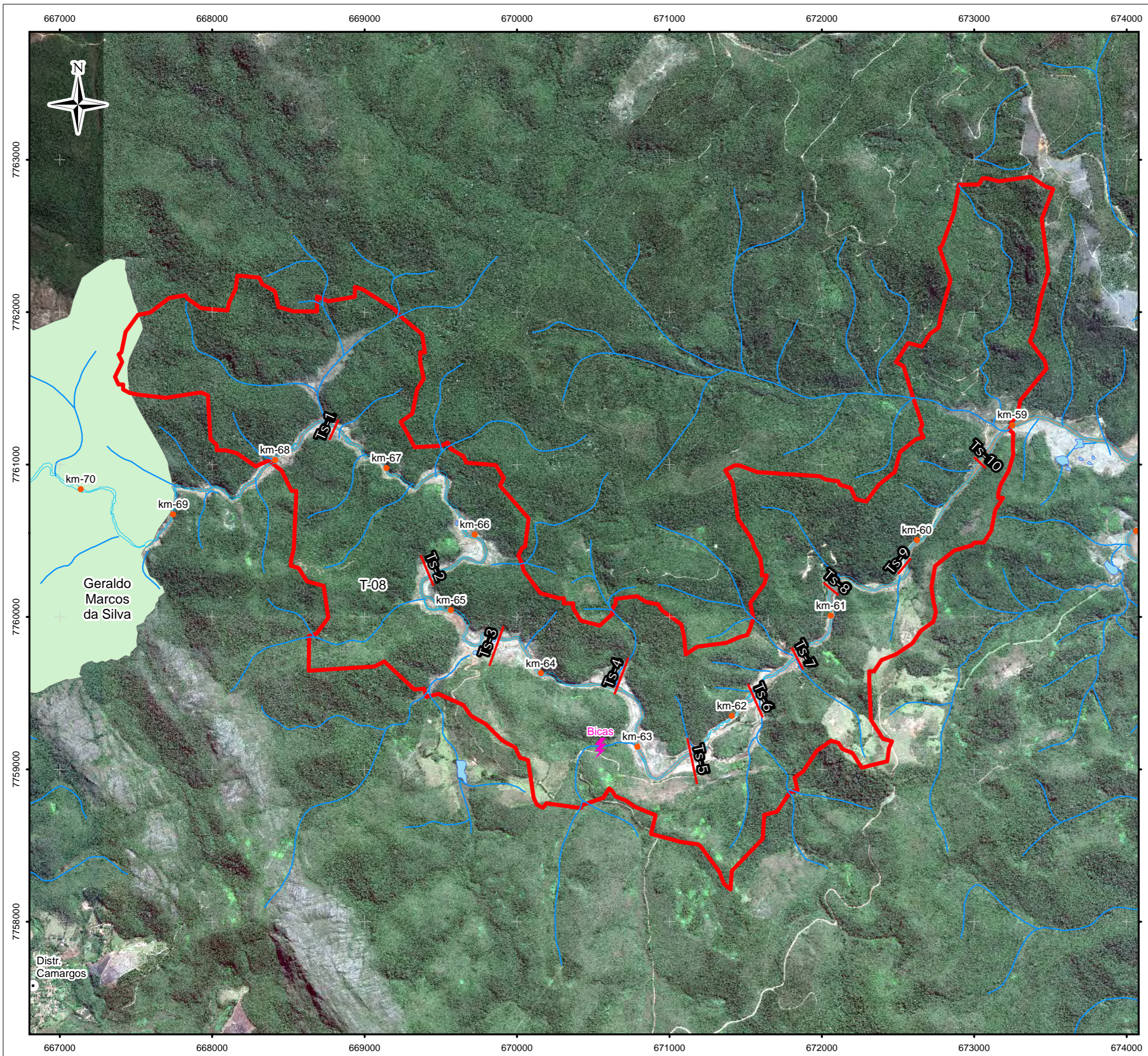
Desde o evento são diversos os estudos, monitoramentos e avaliações que vêm sendo executados, no âmbito dos programas socioambientais previstos no TTCA – Termo de Transação e Ajustamento de Conduta. Os monitoramentos vêm sendo realizados no sentido de caracterizar e de subsidiar as medidas cabíveis para a mitigação dos impactos causados.

Dessa forma, para o Trecho 8, objeto desse estudo, foi realizado um agrupamento dos monitoramentos propostos que foram compilados na Figura 123, realizados ou a iniciar no Trecho 8. Em linhas gerais, segue o status de cada programa ou plano proposto, conforme informado pela Fundação Renova:

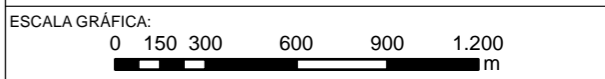
- PMQQS (inclui o monitoramento hídrico do TTAC) – início previsto em agosto/17
- PMQQVAI – início previsto em setembro/17
- Biodiversidade – a avaliação da biodiversidade aquática está em andamento. Este monitoramento foi iniciado em 21 de abril de 2017 e abrange um trecho de aproximadamente 670 km dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, totalizando

41 pontos. Para tanto, são realizadas coletas mensais de ictiofauna, macroinvertebrados aquáticos, fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e ictioplâncton (a ser realizada somente no período chuvoso, quinzenalmente).

- Monitoramento de intervenções Golder – A empresa iniciou os trabalhos de monitoramento contratualmente para a Samarco em 26 de dezembro de 2016 e, posteriormente, o contrato migrou para a Fundação Renova em 1º de abril de 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 de março de 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.



- LEGENDA:
- Pequenas Centrais Hidrelétricas
 - Transectos
 - Quilometro contado a partir da foz do Rio Gualaxo com a junção com o Rio do Carmo
 - Municípios / Distritos Afetados
 - Lagoas
 - Curso d'Água
 - Delimitação do Trecho 8
 - Propriedade Mapeada no Trecho 8



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

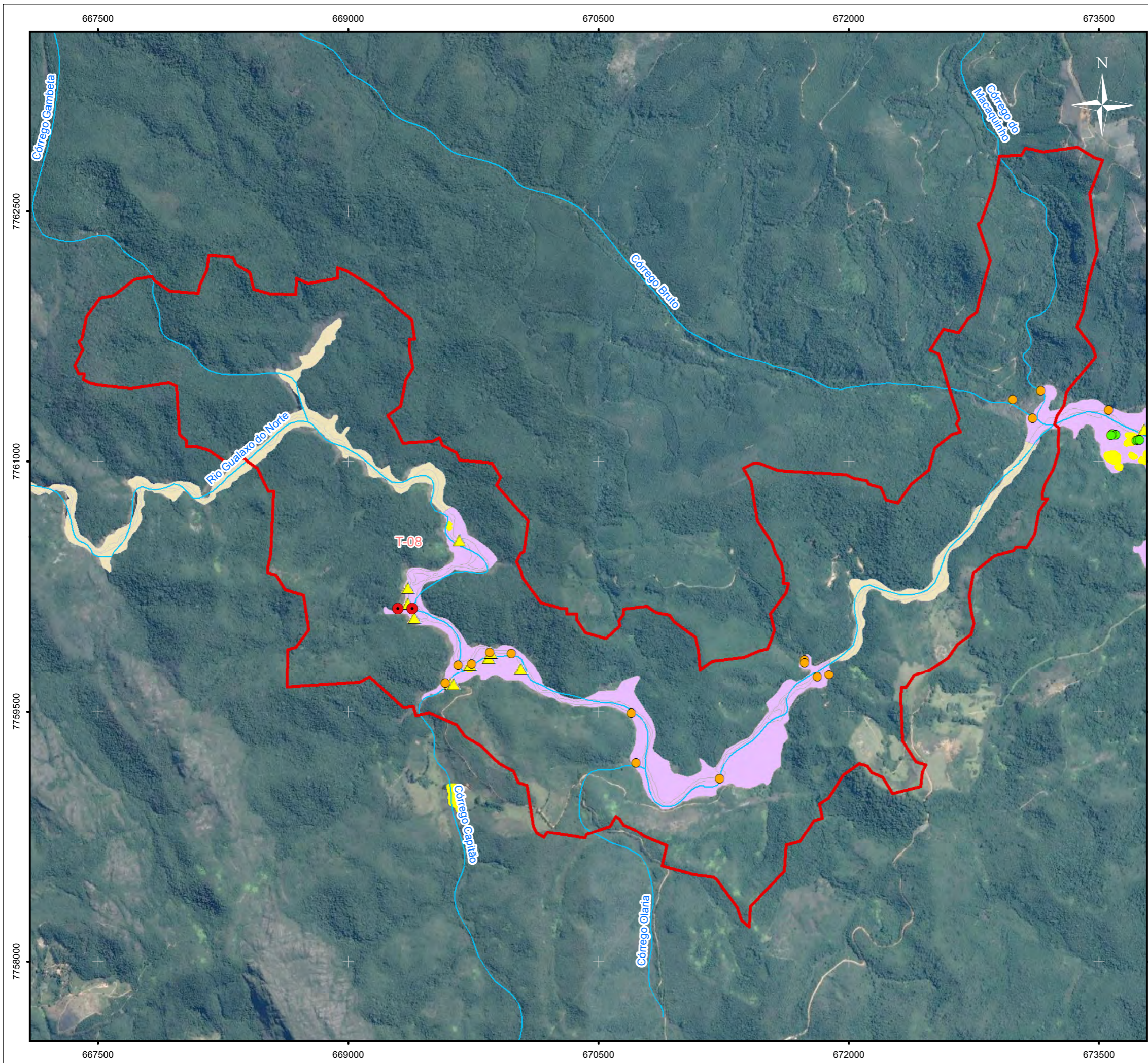
REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:
Figura 122
Localização das propriedades ao longo dos Trechos 8

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:25.000	30/07/2017	rutima	EL	AG	RAO



- LEGENDA:**
- Área de Abrangência
 - Curso d'Água
 - Lagoas
 - Área Prioritária (Golder)
 - Área Não Prioritária (Golder)
- Plano de Monitoramento**
- Turbidez/Tributários
 - PMQVAI – previsto para iniciar em out/17
 - Ponto Monitoramento Parcela Biomassa
 - ▲ Ponto Monitoramento das Intervenções Prioritárias (Golder)



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015;
ICMBio MMA (Termo de referência 4)
Google Earth Pro, 2016
Golder



TÍTULO:
Figura 123
Localização dos Monitoramentos ao Longo do Trecho 8

PROJETO:
Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:23.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RA0

4 DEFINIÇÃO DE CONTEXTOS

Os contextos podem ser definidos como um conjunto de áreas com características similares. Os objetivos específicos do manejo de rejeitos, são sempre definidos por trecho, por contexto, e/ou por unidade de análise. Desta maneira, a identificação dos objetivos específicos deverá ser justificada tecnicamente conforme a caracterização realizada para cada um dos contextos, uma vez que o objetivo específico definido irá influenciar de maneira direta a escolha da alternativa de manejo.

4.1 DIVISÃO ESPACIAL DA ÁREA AFETADA

A divisão espacial para a setorização das atividades de gestão e manejo de rejeitos é realizada nos seguintes níveis:

- Trecho;
- Unidade de Análise; e
- Contexto.

Um *Trecho* representa a divisão espacial na escala macro, conforme a Seção 7.4 do Plano de Manejo de Rejeito Revisão 1. Cada trecho contém uma ou mais Unidades de Análise.

Uma *Unidade de Análise* representa a divisão espacial de um determinado trecho, em função da declividade (planícies aluvionares e vales encaixados ou gargantas). Baseadas na localização das gargantas no Trecho 8, foram definidas 4 Unidades de Análise (Seção 3.1.1). Cada Unidade de Análise engloba todos os contextos (encostas, planícies, margens e calha) entre duas gargantas.

Um *Contexto* representa a divisão territorial na escala micro, através do conjunto de características identificadas para um determinado agrupamento de áreas, envolvendo todos os aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos. O processo de tomada de decisão é aplicado para cada contexto, separadamente. Primeiramente, a definição dos contextos segue uma divisão territorial, baseado nos seguintes critérios geográficos:

- Unidades morfológicas;
- Unidades ecológicas;

- Unidades de uso do solo; e
- Limites de propriedades.

Para definir as unidades morfológicas, a morfologia do leito foi classificada em tipos de fundo do leito como praias, correntezas e ilhas. A planície aluvionar também pode ser classificada como planície de inundação ativa ou terraço.

Da mesma forma, são mapeados tipos de unidades ecológicas, como zonas úmidas, pântanos ou planaltos. Além disso, nos trechos onde houver lagoas, tanto as antigas lagoas de garimpo, como as lagoas naturais ou viveiros de peixes, serão consideradas como um contexto específico para a aplicação do manejo.

Além do mais, existem tipos diferentes de uso do solo na área de interesse: áreas agrícolas, pastagens e Áreas de Preservação Permanente (APPs). Cada tipo de uso do solo possui requisitos particulares para a sua função específica.

A divisão territorial baseado 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. Além do mais, esta divisão territorial ajudou em definir o Plano de Amostragem estabelecido para o Trecho 8, conforme descrito na Seção 3.1.2.

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 parâmetros, mapeamento de tendências espaciais e modelagem hidráulica. Portanto, a definição final dos contextos é uma divisão territorial na escala micro, baseado em *impactos e riscos 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 nas margens, levando em consideração a dinâmica natural do rio.

Estes processos foram analisados na Seção 3.1.

A Tabela 8 mostra os contextos identificados no Trecho 8.

Tabela 8. Contextos identificados no Trecho 8

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto
Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	A. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta. B1. Depósitos sobre solos naturais em pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies.
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	B2. Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies. B3. Depósitos sobre lagoas marginais.
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	C1. Depósitos nas margens do leito fluvial. C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis. C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis.

A Figura 122 mostra um desenho conceitual de uma seção transversal típico dos contextos encontrados no Trecho 8 do Rio Gualaxo do Norte.

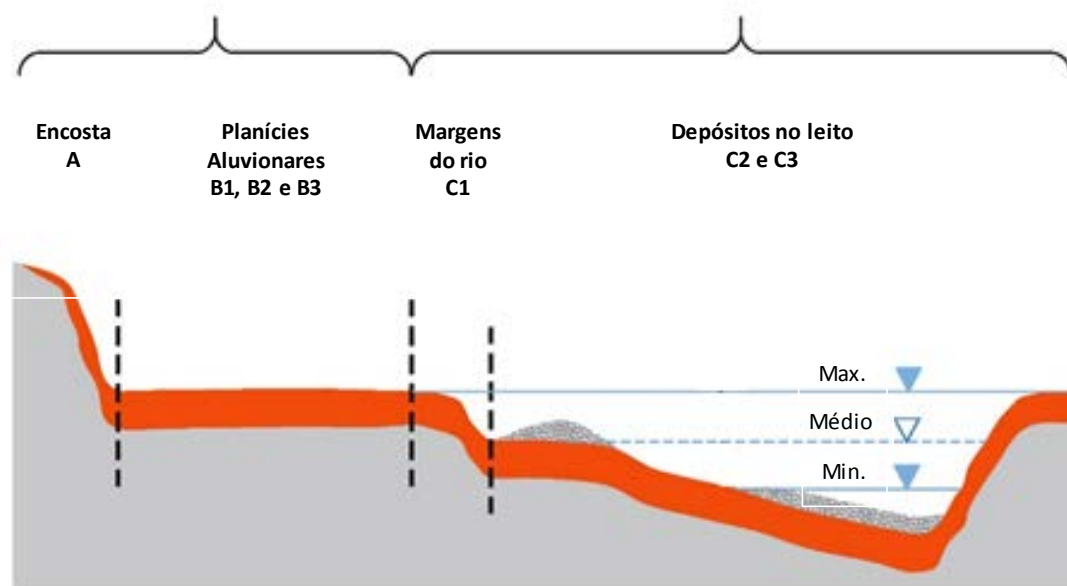


Figura 124. Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos encontrados no Trecho 8 do Rio Gualaxo do Norte

Legenda: cinza = sedimentos naturais, depositados antes do evento; laranja = material detritico depositado durante o evento; pontilhado = material remobilizado depois do evento, de natureza arenosa.

4.2 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 8. Além disto, precisam ser considerados os impactos atuais decorrentes do evento principal, o rompimento da barragem do Fundão no mês de novembro de 2015 e/ou de eventos posterior ao evento principal, como ser a época chuvosa após o evento principal.

4.2.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS POR CONTEXTO

Para os depósitos extra calha e os depósitos de calhas, foram identificados os objetivos específicos listados na Tabela 9.

Tabela 9. Objetivos Específicos por Contexto no Trecho 8

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto	Objetivos Específicos
Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	A. Encostas: Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das encostas • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	B1. Planícies com atividades econômicas: Depósitos sobre solos naturais em pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo
		B2. Planícies com vegetação natural: Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	B3. Lagoas marginais: Depósitos sobre lagoas marginais.	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático
		C1. Margens: Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.	<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

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto	Objetivos Específicos
		C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.	<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
		C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis	Idem contexto C2

4.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO

Conforme descrito na Seção 3.7 com relação aos impactos na qualidade da água do rio Gualaxo do Norte produto do rompimento da barragem de Fundão, a questão da alta turbidez afeta o ecossistema aquático. Consequentemente, um dos objetivos da Fundação Renova refere-se ao progresso na redução dos níveis de turbidez no rio no padrão de qualidade da água (100 NTU durante época de seca, conforme as Cláusulas 157 do TTAC), com o objetivo de possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

4.2.3 INTERAÇÃO COM OUTROS PROGRAMAS

A interface do Manejo de Rejeito com os outros Programas socioambientais pode ser esquematicamente identificada na Figura 4 apresentada na Seção 3.

Os objetivos específicos para o manejo dos depósitos nas encostas e planícies consideram os objetivos do PG17, conforme o documento denominado PG017 – PROGRAMA DE RETOMADA DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS - Definição do Programa de 12/05/2017. Esse Programa visa a retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do Rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC.

As margens do Rio Gualaxo do Norte estão consideradas no PG 25 - Recuperação da Área Ambiental 1 que trata da estabilização das margens e dos rios e tributários. O Programa engloba as ações de controle de erosão entre áreas prioritárias e não prioritárias, bem como as ações de revegetação.

5 DESCRIÇÃO DO MANEJO POR CONTEXTO

O processo de tomada de decisão é aplicado para cada contexto, separadamente. As alternativas de manejo foram avaliadas, 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 1 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 assignada 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 ou 2;
- Objetivos específicos parcialmente atingidos: Nota 3;
- Todos os objetivos específicos atingidos: Nota 4 ou 5.

b) Pontuação para o critério “Viabilidade Técnica”:

- Área sem acesso: Nota 1 ou 2;
- Área com acesso através de trilhas e picadas
 - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 1000 m³: Nota 1 ou 2;
 - Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 1000 m³: Nota 3;
 - Tecnologias envolvendo o condicionamento do solo: Nota 3;
 - Tecnologias envolvendo o enriquecimento da vegetação: Nota 4 ou 5.
- Área com acesso para veículos leves e pesados e licenciamento ambiental para disposição ou jazidas:

- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³ envolvendo jazidas, áreas de disposição, e obras grandes: Nota 3;
- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³: Nota 4 ou 5;
- Todas as outras tecnologias: Nota 4 ou 5.

c) Pontuação para o critério “Viabilidade Administrativa”:

- Licenciamento ambiental para disposição ou jazida dificultoso e/ou muito demorado (mais que 4 anos): 1 ou 2;
- Licenciamento ambiental para disposição ou jazida possível, mas um pouco demorado: 3;
- Licenciamento ambiental para disposição ou jazida pode ser realizado de forma rápida: 4 ou 5.

d) Pontuação para o critério “Impactos e riscos causados pelo manejo”:

- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material maior que 100.000 m³, causando supressão de vegetação e outros impactos na área de escavação, nas jazidas e nas áreas de disposição, necessitando a construção de vias de acesso e/ou gerando turbidez o longo prazo (mais que 1 ano): Nota 1 (“impacto muito alto”) ou 2 (“impacto alto”);
- Tecnologias envolvendo a remoção de volumes de material menor que 100.000 m³, sem supressão de vegetação e/ou gerando turbidez temporário (menor que 1 ano) e/ou alteração da dinâmica do rio em função do capeamento, aumentando a erosão da margem: Nota 3 (“impacto moderado”);
- Todas as outras tecnologias (e.g., caminhões ou tratores apenas trazendo insumos, plantação manual de mudas, inspeções, etc.): Nota 4 (“baixo impacto”) ou 5 (“impacto desprezível”).

e) Pontuação para o critério “Tempo de implementação”:

- Tempo até atingir todos os objetivos específicos maior que 4 anos (longo prazo): Nota 1 ou 2
- Tempo até atingir todos os objetivos específicos de 2-4 anos (médio prazo): Nota 3

- Tempo até atingir todos os objetivos específicos menor que 2 anos (curto prazo):
Nota 4 ou 5

Para a regeneração da vegetação, usamos como critério o estágio de recomposição florestal daqui a 4 anos (TTAC). Neste caso, a pontuação do critério “Tempo de implementação”, é como segue:

- Regeneração da vegetação daqui a 4 anos (longo prazo) “ruim”: Nota 1 ou 2;
- Regeneração da vegetação daqui a 4 anos (médio prazo) “razoável”: Nota 3;
- Regeneração da vegetação daqui a 4 anos (curto prazo) “bom”: Nota 4 ou 5.

A seguir será apresentada a descrição do processo de tomada de decisão utilizando o Processo Simplificado de Tomada de Decisão, por contexto.

5.1 CONTEXTO A–ENCOSTAS

Este é um tipo de depósito extra calha e que se formou exclusivamente em decorrência do evento de ruptura e mobilização dos rejeitos da Barragem de Fundão, pois são áreas que normalmente não são alcançadas pelos processos normais de inundações sazonais, mesmo aquelas com maiores tempos de recorrência.

Caraterísticas:

- A vegetação é bem desenvolvida conforme apresentado na Seção 3.2.1;
- O acesso é difícil e como premissa deve ser conservada a vegetação existente, portanto qualquer escavação ou transporte de insumos deveria ser manual.
- Objetivos específicos para este contexto:
- Evitar a erosão das encostas;
- Regeneração da vegetação original; e
- Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre.

5.1.1 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;
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas; e

3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.

Premissas Alternativa 1

- Volume de escavação: 262,522 m³ (volume de encosta impactada);
- Velocidade da obra: 2 m³ / dia / trabalhador;
- Número de trabalhadores: 100 trabalhadores;
- Tempo necessário: 52 meses de obra.

Premissas Alternativa 2

- Área de plantio de mudas: 41,9 há;
- Velocidade da obra: 1 ha por dia plantada;
- Tempo necessário: 2 meses de obra.













Premissas Alternativa 3

N/A

5.1.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 10 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 10. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto A

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	4 	1 	3 	2 	4x1x3x2=24
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas.	5 	4 	5 	5 	5x4x5x5=500
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:

- Alternativas 1, 2 e 3 atingem todos os objetivos, devido à proximidade das florestas nas encostas, não afetadas pelo evento. Esta proximidade facilita a regeneração natural da vegetação, através de fenômenos como “chuvas de sementes”. Além do mais, conforme apresentado na Seção 3.2., acredita-se que os processos de regeneração natural, juntamente com enriquecimento nas condições já apresentadas serão suficientes para reposição da vegetação local e por consequência o controle da erosão nessas regiões. A Fundação Renova vem realizando testes de piloto em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas os quais providenciaram resultados positivos (RENOVA, 2017a) comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa;
- Somente foi concedida a nota 5 para a Alternativa 2, que prevê o enriquecimento da vegetação com espécies nativas e diversidade, quando comparada com as outras 2 alternativas.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: apresenta uma dificuldade técnica considerável, por que tem que ser feita manualmente, devido à necessidade de preservar a vegetação existente, o que impossibilita a remoção mecânica. Além disso, o acesso é dificultoso devido à declividade alta das encostas. Por outro lado, devido ao elevado volume de disposição necessário, será necessário licenciar diversas áreas para disposição do rejeito;
- Alternativa 2: Apresenta a necessidade de acesso por trilhas para realizar o enriquecimento da vegetação o que implica num empecilho técnico. No entanto, esta técnica é considerada simples e fácil de implementar, além de possuir diversos fornecedores de mudas;
- Alternativa 3: não apresenta empecilho técnico ou administrativo.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Possui um impacto médio e gerenciável, pois exige a supressão da vegetação existente para geração de acessos. Além disso, torna-se necessária a utilização de diversas áreas para a disposição do material detritico, 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;

- As demais alternativas apresentam 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.

4. Tempo de implementação (neste caso será utilizado como critério o estágio de recomposição da vegetação daqui a 4 anos conforme tempo estabelecido no TTAC):

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação para geração de acessos e realização de obra por escavação manual, evitando interferir na vegetação existente, o que diminui a produtividade. Portanto, estima-se 3 anos de obras de remoção do material detrítico nas encostas até o início da regeneração da vegetação após finalização da obra. Desta maneira, a regeneração da vegetação, começará apenas depois de 3 anos e como consequência o estado da mesma daqui a 4 anos se encontrará em estado “ruim”;
- Alternativa 2: Fácil implementação e alta produtividade pelo que foram estimados 2 meses de obra. Desde esse momento começará a regeneração florestal, desta maneira, usando como critério o estágio de recomposição florestal daqui a 4 anos (TTAC), o estado da regeneração para esse momento se encontrará em estado “bom”;
- A regeneração da vegetação demora mais na Alternativa 3 do que na Alternativa 2, porque não há enriquecimento da vegetação na Alternativa 3. A mesma acontecerá de forma natural, desta maneira, considera-se dificultosa a recomposição do ecossistema naturalmente e a recuperação da biodiversidade esperada no curto prazo, acontecendo no médio prazo. Finalmente, usando como critério o estágio de recomposição florestal daqui a 4 anos (TTAC), o estado da regeneração para esse momento se encontrará em estado “razoável”.

5.1.3 MEDIDAS MITIGADORAS

Alternativa 2, “Enriquecimento da vegetação com espécies nativas“, obteve a maior pontuação. Esta alternativa obteve uma pontuação aproximadamente duas

vezes maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

5.2 CONTEXTO B1 – PLANÍCIES COM ATIVIDADE ECONÔMICA

Nas áreas das planícies aluvionares impactadas pela inundação decorrente do rompimento da barragem de Fundão ocorreu uma deposição por sedimentação dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno.

Caraterísticas:

- Com relação ao nível d'água nas planícies aluvionares, observa-se que a área impactada durante o evento é maior que a curva de contorno ou mancha gerada pela inundação considerando a vazão máxima observada nos últimos 35 anos conforme apresentado na Seção 3.5;
- As planícies não sofrem erosão durante enchentes sazonais normais, porque estas constituem ambientes deposicionais e não erosivos;
- O disciplinamento das drenagens evita a erosão pelo escoamento superficial, durante chuvas fortes (Seção 3.2.2);
- As análises químicas de solo não demonstraram concentrações acima dos valores de intervenção (VI), estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009;
- Visualmente, não foi identificada alguma área de uso com pastagem agropecuário, nem atividade agrícola nas planícies impactadas no Trecho 8. O levantamento detalhado das atividades agrícolas deverá ser realizado pelo PG-17.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies; e
- Possibilitar a recuperação da produtividade do solo.

5.2.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica de todo rejeito e reposição parcial com solos naturais, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens;

2. Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens; e
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.

Premissas Alternativa 1

- Volume de escavação 192.983 m³, considerando todas as planícies impactadas no Trecho 8 (pasto e vegetação natural);
- Capacidade do caminhão: 12 m³;
- Número de caminhões: 20 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia correspondem a 100 carretas por dia;
- Disposição de solo: 1.200 m³/dia;
- Tempo de obra: 7 meses.

Premissas Alternativa 2

- Uso apenas de caminhões ou tratores trazendo insumos, com plantação manual de mudas, inspeções, entre outros;
- Área para condicionamento: 28,3 há;
- Velocidade da obra: 1 ha por semana;
- Tempo necessário: 4 meses de obra.













Premissas Alternativa 3

N/A

5.2.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

Na Tabela 11 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 11. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B1

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 e disciplinamento das drenagens	5 	3 	1 	5 	5x3x1x5=75
2. Condicionamento do solo, e complementação do disciplinamento das drenagens	5 	5 	4 	5 	5x5x4x5=500
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola	2 	5 	5 	2 	2x5x5x2=100

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 reaterrado com solo natural.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o solo é condicionado e a erosão é controlada durante as chuvas, devido a disciplinamento das drenagens.
- Alternativa 3: Não atinge todos os objetivos pela falta de condicionamento do solo, sendo que a melhoria não ocorre naturalmente quando o fim é a recuperação da produtividade do solo.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: É tecnicamente e administrativamente viável, porém devido à remoção, envolve a destinação de grandes volumes de matéria detritico e, conseqüentemente, a necessidade de grandes locais para disposição. Por outro lado, devido a recomposição dos solos, há necessidade de recuperação das áreas de jazida. Além disso, considerado a viabilidade administrativa deverá ser levada

em consideração a necessidade de licenciamento dessas áreas (disposição e jazida);

- As demais alternativas não apresentam empecilhos técnicos ou administrativos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do material detritico, impactos em áreas de empréstimo para a recomposição do solo (jazidas) e grande movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido a remoção, serão acelerados os processos erosivos (exposição) alterando o escoamento superficial durante as obras.
- As demais alternativas sofrerão apenas impactos leves ou desprezíveis. No caso da alternativa 2, haverá utilização de caminhões apenas para transporte de matérias, consistindo em uma atividade de baixo impacto.

4. Tempo de implementação:

- As Alternativas 1 e 2 podem ser executadas dentro de um prazo menor do que 1 ano (curto prazo);
- Alternativa 3: As melhorias do solo demoram muito de forma natural e sem condicionamento, dificultando o restabelecimento das atividades econômicas. Normalmente, os solos que não se encontram em condições produtivas naturalmente, dificilmente revertam esta situação, se não que pelo contrário a tendência é que continue a degradação. Desta maneira, o tempo até atingir todos os objetivos específicos será maior que 4 anos (longo prazo).

5.2.3 MEDIDAS MITIGADORAS

Alternativa 2 “Condicionamento do solo, e complementação do disciplinamento das drenagens” 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 com atividade econômica faz parte do PG 17 - Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias, isto ressalta a importância da continuidade deste programa.

5.3 CONTEXTO B2 – PLANÍCIES COM VEGETAÇÃO NATURAL

Nas áreas das planícies aluvionares alcançadas pela inundação decorrente do rompimento da barragem de Fundão ocorreu uma deposição por sedimentação dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno. De maneira geral, a vegetação encontra-se em processo de regeneração nas planícies aluvionares.

Características:

- Com relação ao nível d'água nas planícies aluvionares, observa-se que a área impactada durante o evento é maior que a curva de contorno ou mancha gerada pela inundação gerada utilizando a vazão máxima observada nos últimos 35 anos conforme apresentado na Seção 3.5;
- As planícies não sofrem de erosão durante enchentes porque formam ambientes deposicionais e não erosivos;
- O disciplinamento das drenagens evita a erosão pelo escoamento superficial, durante eventos de chuvas fortes (Seção 3.2.2);
- As análises químicas de solo não demonstrarem concentrações acima dos valores de intervenção (VI), estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Regeneração da vegetação original;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre.

5.3.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito e recomposição parcial com solos naturais considerando a reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens e revegetação;

2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.

Premissas Alternativa 1

- Volume de escavação 192.983 m³, considerando todas as planícies impactadas no Trecho 8 (pasto e vegetação natural)
- Capacidade do caminhão: 12 m³
- Número de caminhões: 20 caminhões disponíveis considerando 5 viagens por dia, correspondem a 100 carretas por dia
- Disposição de solo: 1.200 m³ /dia
- Tempo de obra: 7 meses

Premissas Alternativa 2

- Uso de caminhões ou tratores para transporte de insumos, com plantio manual de mudas, inspeções, entre outros;
- Área para condicionamento: 28,3 ha.
- Velocidade da obra: 1 ha por semana.
- Tempo necessário: 4 meses de obra.



Premissas Alternativa 3









N/A

5.3.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 12 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 12. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B2

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	5 	3 	1 	5 	5x3x1x5=75

Alternativa	Efetividade em realizar os objetivos	Viabilidade técnica e administrativa	Impactos e riscos do manejo	Tempo de implementação	Pontuação
naturais, reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens, e revegetação					
2. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens	5 	5 	4 	5 	5x5x4x5=500
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.	2 	5 	5 	3 	2x5x5x3=150

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, pelo fato que o rejeito é removido e o terreno é reaterrado com solo natural.
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pelo fato de que o solo é enriquecido com vegetação nativa e a erosão é controlada durante as chuvas, 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 demonstrara, resultados positivos (RENOVA, 2017a), comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa;
- Alternativa 3: Não atinge todos os objetivos pela falta de condicionamento do solo, sendo que a melhoria não ocorre naturalmente quando o fim é a regeneração da vegetação original.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: É tecnicamente e administrativamente viável, porém devido à remoção, envolve a destinação de grandes volumes de matéria detritico e, conseqüentemente, a necessidade de grandes locais para disposição. Por outro

lado, devido a recomposição dos solos, há necessidade de recuperação das áreas de jazida. Além disso, considerado a viabilidade administrativa deverá ser levada em consideração a necessidade de licenciamento dessas áreas (disposição e jazida);

- As demais alternativas não apresentam empecilhos técnicos ou administrativos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão da vegetação existente (ou neutralização da recuperação atual), e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. Essa alternativa gera impactos, pois torna-se necessária a utilização de áreas para a disposição do material detrítico, impactos em áreas de empréstimo para a recomposição do solo (jazidas) e grande movimentação e tráfego de caminhões (ruído, emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa). Além disso, devido a remoção serão acelerados os processos erosivos (exposição) alterando o escoamento superficial durante as obras;
- As demais alternativas apresentam apenas impactos leves ou desprezíveis. No caso da alternativa 2, haverá utilização de caminhões apenas para transporte de materiais, consistindo em atividade de baixo impacto.

4. Tempo de implementação (neste caso será utilizado como critério o estágio de recomposição da vegetação daqui a 4 anos conforme tempo estabelecido no TTAC):

- As Alternativas 1 e 2 podem ser executadas dentro de um prazo menor do que 1 ano; A alternativa 1 considera revegetação e a Alternativa 2 enriquecimento da vegetação, 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 “bom”.
-
- 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”.

5.3.3 MEDIDAS MITIGADORAS

A Alternativa 2, “Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens”, obteve a maior pontuação. Esta alternativa é a única sem semáforos vermelhos, ou seja, o processo simplificado de tomada de decisão foi conclusivo.

5.4 CONTEXTO B3 – LAGOAS MARGINAIS

No Trecho 8 foi identificada uma antiga lagoa de garimpo, conforme apresentado na Seção 3.4.

Caraterísticas:

- A lagoa forma um habitat importante do ponto de vista de conectividade de habitats;
- O foco é na recuperação do habitat aquático; e
- Apenas acesso via trilha (aproximadamente 1,5 km).
- Objetivos específicos para este contexto:
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

5.4.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, capeamento com cascalho, reestabelecimento da conexão com o rio, e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem;
2. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito, reestabelecimento da conexão com o rio e monitoramento da regeneração natural; e
3. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas.

Premissas Alternativa 1

- Pequeno volume de solo a ser removido (aproximadamente 1.500 m³);
- 5 caminhões por dia são suficientes por lagoa (12 m³/camião) para remoção em até 1 mês;

- Estimam-se 3 meses de obra para fazer todas as lagoas;
- Não haverá transporte de cascalho se o acesso for por trilha;
- Não é contemplada a construção de vias de acesso se o acesso for por trilha.

Premissas Alternativa 2

- Idem ao Alternativa 1, porém sem capeamento.













Premissas Alternativa 3

- Uso apenas de caminhões ou tratores trazendo insumos, com plantação manual de mudas, inspeções, entre outros.

5.4.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 13 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 13. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto B3

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 e capeamento com cascalho e reestabelecimento da conexão com o rio e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas	5 	4 	4 	5 	5x4x4x5=400
2. Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e reestabelecimento da conexão com o rio e monitoramento da regeneração natural.	3 	4 	4 	5 	3x5x4x4x5=240
3. Enriquecimento da vegetação com espécies nativas	1 	5 	4 	5 	1x5x4x5=100

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, considerando a premissa de que o rejeito será removido e o habitat aquático será reconstituído.
- Alternativa 2: Atinge os objetivos, parcialmente, pela ausência de um substrato adequado que contribua com o processo de recuperação do ecossistema aquático.
- Alternativa 3: Não atinge os objetivos, pois não é gerado um ambiente que favoreça a recuperação do ambiente aquático e o mesmo não será gerado de forma natural.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1 e 2: Tecnicamente e administrativamente viável, porém envolve a destinação de pequenos volumes de solo e o licenciamento de áreas de disposição. Mesmo por trilha, o percurso até a lagoa não supera o 1,5 km sendo viável a escavação manual devido ao pequeno volume.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilho técnico ou administrativo.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativas 1 e 2: Causam um baixo impacto, devido ao volume pequeno de solo a ser destinado. Além disso, não serão criados novos acessos para realizar a remoção, em consequência sem supressão da vegetação.
- O impacto da Alternativa 3 é desprezível.
- 4. Tempo de implementação:
- Todas as alternativas podem ser implementadas em menos do que 1 ano.

5.4.3 MEDIDAS MITIGADORAS

A alternativa 1, “Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e capeamento com cascalho e reestabelecimento da conexão com o rio e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas”, obteve a maior pontuação. Esta alternativa obteve uma pontuação aproximadamente duas vezes maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

5.5 CONTEXTO C1 –MARGENS

A estabilidade das margens no Trecho 8 depende de fatores geomorfológicos, das velocidades d'água nas margens côncavas e da presença de medidas de controle de erosão.

Caraterísticas:

- Da análise morfométrica (Anexo IV) concluiu-se que, para o presente trecho, não é possível estabelecer uma relação conclusiva entre as características dimensionais das curvas com o potencial de erosão. Isso deve-se principalmente ao fato de que o rio Gualaxo do Norte, estar localizado nas cabeceiras do rio Doce, sem uma preponderante mobilidade lateral e com particularidades geomorfológicas que impedem estabelecer uma relação direta;
- Na Seção 3.2, constatou-se de forma geral que as intervenções para controle de erosão estão cumprindo de forma adequada o seu papel de condicionar bem os fluxos e evitar processos erosivos e carreamento de rejeitos para o leito do rio. As obras instaladas estão permitindo a drenagem e filtragem dos fluxos sobre os rejeitos e o desenvolvimento adequado da vegetação de cobertura nas planícies aluvionares. Além disso, não foi observada nenhuma instabilidade significativa nas estruturas implantadas, indicando que as soluções de bioengenharia foram bem aplicadas. Os tributários estão devidamente protegidos com enrocamentos e não apresentaram carreamento de material detrítico para o Gualaxo do Norte;
- Para o presente contexto apenas foram consideradas as margens instáveis, ou com potencial de erosão, do leito fluvial sem obra de contenção;
- O evento ocasionou severos impactos no vale e mudanças no eixo de fluxo do rio podem ter acontecido, principalmente após eventos de chuvas intensas;
- Por questões de adequação ambiental as obras realizadas utilizaram recursos de bioengenharia, portanto a manutenção e o monitoramento periódico das estruturas precisa ser realizado.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das margens com rejeito;
- Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

5.5.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito na margem;
2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem; e
3. Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.

Premissas Alternativa 1

- A remoção total de rejeito até 2 metros da margem;
- Destinação do rejeito para áreas licenciadas para disposição;
- Volume pequeno de remoção (aproximadamente 1.550 m³ de rejeito nas margens com potencial de erosão).

Premissas Alternativa 2

- A remoção parcial e capeamento do rejeito da margem;
- Destinação do rejeito para fora da área afetada;
- Volume muito pequeno de remoção (aproximadamente 400 m³ de rejeito nas margens com potencial de erosão).













Premissas Alternativa 3

N/A

5.5.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 14 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 14. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1

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.	3 	3 	3 	5 	3x3x3x5=135
2. Implementação de medidas de controle da erosão na margem.	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, porque após a escavação ainda existirá potencial de ocorrência de processo erosivo na margem remanescente;
- Alternativa 2: Atinge todos os objetivos, pela implementação das medidas de controle de erosão. Estas medidas requerem manutenção constante e em algumas ocasiões isoladas podem ocasionar falhas;
- Alternativa 3: Não atinge os objetivos pela falta de controle de erosão nas margens instáveis.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: Tecnicamente e administrativamente viável, porém envolve a destinação de volumes de solo e o licenciamento de áreas de disposição, além da geração de acessos para caminhões o que faz que tenha uma viabilidade técnica gerenciável.
- Alternativa 2: Similar à Alternativa 1 em termos de viabilidade técnica e administrativa, porém requer um volume menor de destinação e como consequência áreas menores ou um menor número de áreas de disposição para licenciar.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilhos técnicos ou administrativos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativas 1 e 2: Exigem a supressão da vegetação existente para a geração de acessos e como os trabalhos são realizados em contato com a água, gerariam uma turbidez temporária o que causariam um impacto médio.
- O impacto da Alternativa 3 é desprezível.

4. Tempo de implementação:

- As Alternativas 1 e 2 podem ser executados dentro de um prazo de 1 ano.
- A estabilização do rejeito na margem pode demorar consideravelmente sem medidas de controle, superando 4 anos.

5.5.3 MEDIDAS MITIGADORAS

A Alternativa 2, “Implementação de medidas de controle da erosão na margem”, obteve a maior pontuação. A implementação de medidas de controle da erosão na margem faz parte do PG 25 - Recuperação da Área ambiental 1 (Cláusula 160 - TTAC). O resultado do processo simplificado de tomada de decisão ressalta a importância da continuidade das ações do PG 25. Esta alternativa obteve uma pontuação aproximadamente duas vezes maior do que a segunda colocada, e não obteve semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

5.6 CONTEXTO C2 – LEITO DO RIO COM SEDIMENTOS POTENCIALMENTE INSTÁVEIS

Os depósitos no leito do rio, sofrem diferenciação, quanto à existência ou não de uma camada de material remobilizado (*lag layer*), com potencial de ressuspensão da fração fina. Este *lag layer* atua como uma camada selante, evitando que o material fino da camada de rejeito inconsolidado, encontrado abaixo, seja exposto e entre em contato com as águas do rio. Esta proteção, no entanto, depende da sua espessura e textura. Camadas poucas espessas e/ou de granulometrias mais finas podem ser facilmente removidas nos episódios de cheias sazonais, quando as velocidades aumentam significativamente e, assim, também a capacidade de transporte de suas águas.

Durante as atividades de campo foram identificados depósitos em diversos pontos, formando banco de sedimentos, denominados de praias, junto às margens,

os quais também se encontram em processo de remobilização e causam, conseqüentemente, a elevação da turbidez e da cor aparente das águas do rio Gualaxo do Norte. Uma vez que os rejeitos estão depositados no leito do rio, eles são erodidos, transportados e depositados novamente por processos fluviais.

Caraterísticas:

- Houve acúmulo de rejeitos não consolidados, mesmo posterior ao evento em determinados seções e bancos;
- Nos resultados das análises de solo e sedimento não foram encontradas concentrações acima dos valores de intervenção (VI), estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009;
- São considerados rejeitos potencialmente instáveis quando o *lag-layer* possui uma espessura inferior a 40 cm, conforme indicado na 3.1.5, e a espessura do material detrítico consolidado supera os 50 cm (por questões operacionais das maquinarias dificulta-se a remoção de espessuras menores a 50 cm)..

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado para atendimento do padrão legal da qualidade da água para rios Classe II (turbidez e cor);
- Promover a formação de um substrato granulometricamente estável;
- Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático.

5.6.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para área de disposição ambientalmente adequada;
2. Capeamento do rejeito na calha; e
3. Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.

Premissas Alternativa 1

- Volume de rejeito a ser removido aproximadamente 70.000 m³ ;
- Necessidade de uma frota de 20 caminhões de 12 m³, para execução em prazo de 1 ano;
- Supressão da vegetação apenas necessária para a construção de vias de acesso;

- Geração da turbidez temporária devido aos trabalhos que devem ser realizados na calha do rio em contato com a água, remobilizando o material fino.

Premissas Alternativa 2

- Volume de cascalho a ser depositado aproximadamente 18.000 m³;
- Necessidade de uma frota de 20 caminhões de 12 m³, para execução em prazo de 4 meses;
- Supressão da vegetação apenas necessária para a construção de vias de acesso;
- Geração da turbidez temporária devido aos trabalhos que devem ser realizados na calha do rio em contato com a água.













Premissas Alternativa 3

N/A

5.6.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 15 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 15. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C2

Alternativa	Efetividade em realizar os objetivos	Viabilidade técnica e administrativa	Impactos e riscos do manejo	Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada	5 	3 	3 	5 	5x3x3x5=225
2. Capeamento do rejeito na calha.	2 	4 	3 	5 	2x4x3x5=120
3. Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.	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 todos os objetivos, porque após a remoção de todo o rejeito de um setor erosivo, não ocorre mais a ressuspensão de rejeito;

- Alternativa 2: Não atinge os objetivos por que existe a possibilidade do cascalho não evitar o processo de erosão do rejeito inconsolidado, durante eventos de cheias;
- Alternativa 3: O rejeito com potencial de ressuspensão vai continuar exposto na calha do rio e apenas será monitorado, desta maneira, não vai ser possível atingir os objetivos específicos, pois acontecerá a ressuspensão da fração fina do material depositado, elevando os níveis de turbidez, impedindo a recuperação do ecossistema aquático.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: Tecnicamente e administrativamente viável, porém envolve a destinação de volumes moderados de solo (menores que 100.000 m³) e, como consequência, requer do licenciamento de áreas de disposição. Além disso, para a execução técnica haverá necessidade de abertura de acessos para caminhões, considerado um impacto médio e gerenciável;
- Alternativa 2: Similar à Alternativa 1 em termos de viabilidade técnica e administrativa, porém não requer áreas de destinação e em consequência licenciamento de áreas de disposição;
- Alternativa 3: Não apresenta empecilhos técnicos ou administrativos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão de vegetação para a construção de vias de acesso e a utilização de áreas para a disposição do material detrítico de um volume de solo moderado. Além disso, como os trabalhos são realizados em contato com a água, geraria uma turbidez temporária o que geraria um impacto médio;
- Alternativa 2: Exige a supressão de vegetação para a construção de vias de acesso e não requer da utilização de áreas para a disposição do material detrítico, porém existe a possibilidade de uma potencial alteração da dinâmica do rio em função do capeamento (mudando a cota atual), provocando uma possível erosão da margem, inundação de planícies e afogamento de tributários devido ao aumento da cota do leito do rio;
- O impacto da Alternativa 3 é desprezível, sem geração de turbidez temporária e sem mudar a dinâmica natural do rio, pois apenas será realizado o monitoramento.

4. Tempo de implementação:

- As alternativas 1 e 2 podem ser executadas dentro de um prazo de 1 ano.
- A estabilização do rejeito na calha pode demorar consideravelmente sem medidas adequadas sendo este transportado ao longo do rio.

5.6.3 MEDIDAS MITIGADORAS

A Alternativa 1, “Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada”, obteve a maior pontuação. Esta alternativa é a única sem semáforos vermelhos, ou seja, o processo de tomada de decisão foi conclusivo.

5.7 CONTEXTO C3 – LEITO DO RIO COM SEDIMENTOS POTENCIALMENTE ESTÁVEIS

Este contexto é idêntico ao contexto anterior, salvo que neste contexto os sedimentos são potencialmente estáveis, devido à espessura do lag layer e a espessura do rejeito inconsolidado.

Considera-se que os sedimentos são potencialmente estáveis quando:

- A espessura do *lag-layer* é superior a 40 cm;
- A espessura do *lag-layer* é inferior a 40 cm e a camada de rejeito inconsolidado por debaixo da mesma é menor do que 50 cm.

Objetivos específicos para este contexto:

- 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

5.7.1 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada;
2. Capeamento do rejeito na calha; e
3. Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.

Premissas Alternativa 1

- Volume de rejeito a ser removido 17.200 m³ ;
- Necessidade de uma frota de 20 caminhões de 12 m³, para executar num prazo de 5 meses;
- Supressão da vegetação apenas necessária para a construção de vias de acesso;
- Geração da turbidez temporária devido aos trabalhos que devem ser realizados na calha do rio em contato com a água, remobilizando o material fino.

Premissas Alternativa 2

- Volume de cascalho a ser depositado 53.000 m³ ;
- Necessidade de uma frota de 20 caminhões de 12 m³, para executar num prazo de 8 meses;
- Supressão da vegetação apenas necessária para a construção de vias de acesso;
- Geração da turbidez temporária devido aos trabalhos que devem ser realizados na calha do rio em contato com a água, remobilizando o material fino.













Premissas Alternativa 3

N/A

5.7.2 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

A Tabela 16 é apresentada a análise das notas e a pontuação de cada alternativa de manejo.

Tabela 16. Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C3

Alternativa	Efetividade em realizar os objetivos	Viabilidade técnica e administrativa	Impactos e riscos do manejo	Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada.	5 	3 	3 	5 	5x3x3x5=225
2. Capeamento do rejeito na calha.	4 	4 	3 	5 	4x4x3x5=240
3. Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos	3 	5 	5 	3 	3x5x5x3=225

As justificativas para a pontuação na tabela são apresentadas a seguir.

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1: Atinge todos os objetivos, porque após a remoção do rejeito de um setor potencialmente estável, não ocorre mais a ressuspensão de rejeito.
- Alternativa 2: Atinge os objetivos porque o rejeito é potencialmente estável e não é remobilizado neste contexto, já que ficará ainda mais estável nos eventos de cheias. Porém, existem incertezas no modelo conceitual.
- Alternativa 3: Ainda atinge os objetivos, mas gera mais incertezas do que a Alternativa 2 devido à falta de capeamento.

2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1: É tecnicamente e administrativamente viável, porém envolve a destinação de volumes moderados de material detritico e como consequência requer do licenciamento de áreas de disposição. Além disso, para a execução técnica requer de geração de acessos para caminhões, considerado tecnicamente gerenciável.
- Alternativa 2: É similar à Alternativa 1 em termos de viabilidade técnica e administrativa, porém não requer áreas de destinação e em consequência licenciamento.
- Alternativa 3: Não apresenta empecilhos técnicos ou administrativos.

3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1: Exige a supressão de vegetação para a construção de vias de acesso e a utilização de áreas para a disposição do material detrítico de um volume de solo moderado. Além disso, como os trabalhos são realizados em contato com a água, há uma geração de turbidez temporária o que geraria um impacto médio.
- Alternativa 2: Exige a supressão de vegetação para a construção de vias de acesso e não requer da utilização áreas para a disposição do material detrítico, porém existe a possibilidade de uma potencial alteração da dinâmica do rio em função do capeamento (mudando a cota atual), provocando uma possível erosão da margem, inundação de planícies e afogamento de tributários devido ao aumento da cota do leito do rio;
- O impacto da Alternativa 3 é desprezível.

4. Tempo de implementação:

- As alternativas 1 e 2 podem ser executadas dentro de um prazo de 1 ano.
- A estabilização do rejeito na calha pode demorar consideravelmente sem medidas adequadas, sendo este transportado ao longo do rio.

5.7.3 MEDIDAS MITIGADORAS

Nenhuma alternativa apresenta uma pontuação inaceitável (semáforo vermelho) e as três alternativas tiveram pontuações muito próximos. Ou seja, o processo simplificado de tomada de decisão não foi conclusivo para este contexto.

Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se realizar estudos complementares, sendo que a inclusão de novos dados complementa a caracterização ambiental, demandando uma reavaliação dos impactos ambientais e dos objetivos específicos. Pela sua vez, poderá se avançar para o próximo nível de tomada de decisão, a Análise de Custo – Benefício (ACB).

6 ALTERNATIVAS DE MANEJO TRECHO 8 – ANÁLISE INTEGRADA

Após aplicação do Processo Simplificado de Tomada de Decisão do Plano de Manejo de Rejeito para cada contexto separadamente, foram identificadas as alternativas de manejo, conforme apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17. Objetivos Específicos por Contexto e Alternativas Avaliadas e Seleccionadas no Trecho 8

Contexto	Objetivos Específicos	Alternativas de Manejo
A. Encostas: Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa em encosta.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das encostas • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção manual do rejeito com regeneração natural da vegetação; • <u>Enriquecimento da vegetação com espécies nativas*</u>; e • Monitoramento da estabilidade do meio físico e da regeneração natural da vegetação.
B1. Planícies com atividades econômicas: Depósitos sobre solos naturais em pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Possibilitar a recuperação da produtividade do solo 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção mecânica de todo rejeito e reposição parcial com solos naturais, reconformação topográfica e disciplinamento das drenagens; • <u>Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens*</u>; e • Monitoramento da estabilidade do meio físico e da produtividade agrícola.
B2. Planícies com vegetação natural: Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das planícies • Regeneração da vegetação original • Possibilitar a recuperação do ecossistema terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção mecânica do rejeito e recomposição parcial com solos naturais considerando a reconformação topográfica, disciplinamento das drenagens e revegetação • <u>Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens*</u>; e • Monitoramento da estabilidade do meio físico e regeneração natural da vegetação.
B3. Lagoas marginais: Depósitos sobre lagoas marginais.	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e capeamento com cascalho, reestabelecimento da conexão com o rio, e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem*</u>; • Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e reestabelecimento da conexão com o rio e monitoramento da regeneração natural; e • Enriquecimento da vegetação com espécies nativas.

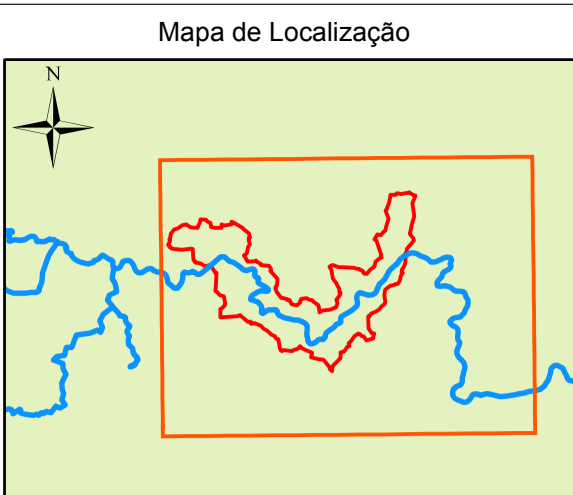
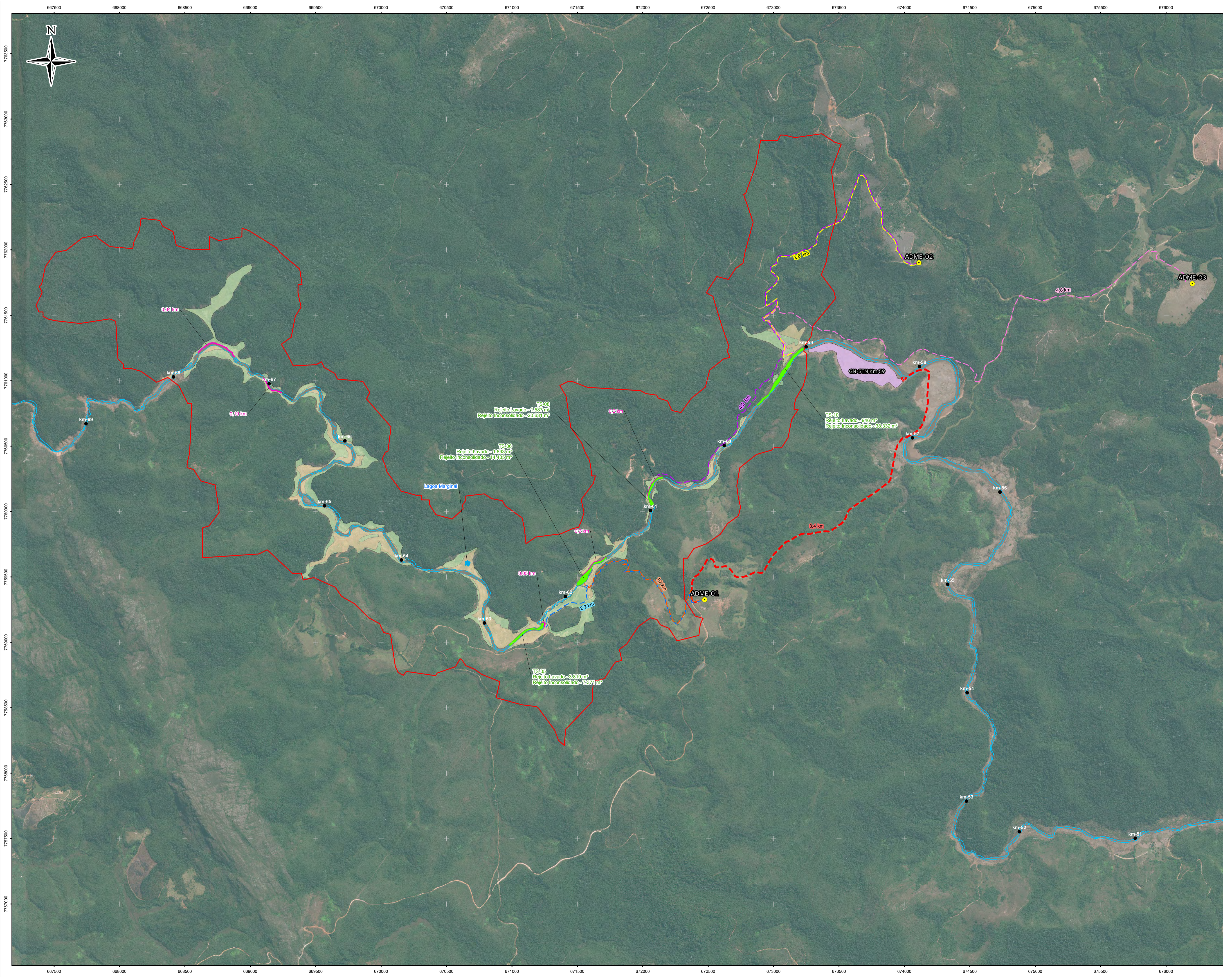
Contexto	Objetivos Específicos	Alternativas de Manejo
C1. Margens: Depósitos nas margens instáveis do leito fluvial sem obra de contenção.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a erosão das margens com rejeito • Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs • Possibilitar a recuperação do ecossistema aquático 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção mecânica do rejeito na margem; • <u>Implementação de medidas de controle da erosão na margem*</u>; e • Monitoramento da estabilidade do meio físico na margem.
C2. Depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis.	<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 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada*</u>; • Capeamento do rejeito na calha; e • Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.
C3. Depósitos no leito fluvial potencialmente estáveis	Idem contexto C2	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada; • Capeamento do rejeito na calha; e • Monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.

*Nota: Alternativa de manejo selecionada por meio do processo simplificado de tomada de decisão em **negrito**.

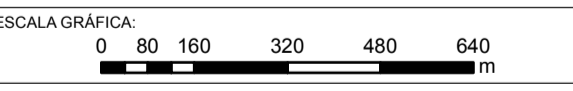
Não foi identificada visualmente nenhuma área de uso com pastagem para a pecuária e nem atividade agrícola nas planícies impactadas dentro do Trecho 8, contexto B1. O levantamento detalhado das atividades agrícolas deverá ser realizado pelo PG-17. Desta maneira, no Trecho 8, tanto para as encostas com depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa, como para as planícies com depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento nas planícies, a alternativa de manejo selecionada considera o enriquecimento da vegetação com espécies nativas.

Como parte do plano de recuperação ambiental, a Fundação Renova vem realizando testes em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas (RENOVA, 2017a). Estes testes fornecem uma importante informação sobre o desenvolvimento vegetal em áreas com rejeito.

Para avaliação da melhor forma de se implantar a fase de recobrimento, o delineamento experimental focou em duas variáveis: no preparo do solo e na estratégia de recobrimento. Para a estratégia de repovoamento, foi considerado plantio de mudas de arbóreas nativas e semeadura de arbóreas nativas.



- LEGENDA:
- Área de disposição
 - Quilometro contado a partir da foz do Rio Gualaxo com a junção com o Rio do Carmo
 - Lagoa Marginal
 - Remoção de Calha
 - Remoção de Calha e Estrutura de Contenção na Margem
 - Sistema de Tratamento Natural
 - Delimitação do Trecho 8
 - Calha do Rio
- Acesso
- TS-05 - AD-01 (2,2 KM)
 - TS-10 - AD-02 (2,8 KM)
 - TS-03 - AD-01 (1,7 KM)
 - TS-08 - AD-02 (4,3 KM)
 - TS-10 - AD-03 (4,8 KM)
 - GN - STN km 59 - AD-01 (3,4 Km)
- Enriquecimento da Vegetação Nativa
- Planície (107.230,0 m²)
 - Encosta (143.871,0 m²)



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

REFERÊNCIA:
IBGE, 2015,
Digital Globe, 2017.



TÍTULO:
Figura 125
Conceito da Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

PROJETO: Volume 1.
Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:13.000	31/07/2017	rutima	EL	AG	RAO

No teste piloto, observou-se que:

- O manejo adaptativo é reconhecido como sendo a abordagem mais adequada para recuperação da vegetação
- Na área piloto observou-se que existe uma baixa mortalidade de mudas verificada ao longo da temporada de chuvas e a semeadura apresenta boas condições para a composição de espécies do estrato regenerante.
- É fundamental que se tenha o monitoramento contínuo por muitos anos, e se possível por algumas décadas, considerando que é um ambiente altamente dinâmico.

Para os depósitos no leito fluvial potencialmente instáveis, foi recomendada a remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada. Além disso, nas margens consideradas como potencialmente instáveis, deverá ser dada continuidade com as intervenções para controle de erosão.

Como os trabalhos serão desenvolvidos em contato com a água, espera-se que essas atividades causem turbilhonamento na água e no sedimento, aumentando as concentrações de material em suspensão. O fato de consistir em remoção do material de depósito inconsolidado, com porções de material fino, reforça esta tese. Desta forma, é recomendado que estas atividades sejam executadas após a implementação das medidas mitigadoras de redução de turbidez, como o Sistema de Tratamento Natural *off-line* e renaturalização dos Trechos Longitudinais do Rio, propostos no presente documento.

6.1 SOLUÇÕES ADOTADAS NO TRECHO 8

A conceituação das alternativas identificadas para o Trecho 8 encontram-se ilustradas na Figura 123 e estão descritas na Tabela 17 para cada contexto, incluindo também a necessidade de tratamento da água por médio de Sistema de Tratamento Natural *off-line*.

Tabela 18. Soluções adotadas no Trecho 8

Contexto	Alternativas de Manejo
Encostas	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas
Planícies com atividades econômicas:	Condicionamento do solo e complementação do disciplinamento das drenagens
Planícies com vegetação natural	Enriquecimento da vegetação com espécies nativas, e complementação do disciplinamento das drenagens
Lagoas marginais	Remoção mecânica ou manual de todo rejeito e capeamento com cascalho, reestabelecimento da conexão com o rio, e estabelecimento da vegetação de macrófitas aquáticas nativas na margem
Margens com potencial erosivo e rejeitos	Implementação de medidas de controle da erosão na margem
Depósitos no leito fluvial (calha) potencialmente instáveis.	Remoção mecânica do rejeito na calha e destinação para fora da área impactada
Depósitos no leito fluvial (calha) potencialmente estáveis	N/A
Tratamento da Água	Sistema de Tratamento Natural <i>off-line</i> e renaturalização dos trechos longitudinais do rio

Nas planícies aluvionares com depósitos de rejeito, onde ainda não foi executado o disciplinamento da drenagem, o mesmo deverá ser executado a fim de evitar processos erosivos, se for considerado necessário.

6.2 REMOÇÃO SETORIAL DOS DEPÓSITOS DE REJEITO NA PORÇÃO INTRACALHA

É proposto o manejo do rejeito dentro das unidades de análise UA2, UA3 e UA4 com a remoção setorial do rejeito presente na porção intracalha, dentro das seções do rio que relacionam com os transectos TS-05, TS-06, TS-08 e TS-10. Os dados estimados para a remoção de rejeito nestas seções do rio são apresentados na Tabela 18.

Tabela 19. Remoção Setorial dos Depósitos de Rejeito na Porção Intracalha no Trecho 8

Unidade de Análise	Transecto	Segmento do Rio (m)	Área de Remoção do Rejeito (m ²)	Média da espessura do Rejeito Depositado (m)	Volume Estimado (m ³)	Área de Disposição Indicada
UA2	TS-05	320	5.800	0,79	4.582	ADME-01
UA3	TS-06	300	7.500	2,3	17.250	ADME-01
UA4	TS-08	270	4.500	2,1	9.450	ADME-02
	TS-10	570	13.000	2,77	36.010	ADME-02
UA2	Lagoa	-	625	2,5	1.563	-
Total	-	1.460	31.425	10,46	68.855	-

As áreas de disposição em processo de avaliação por parte de Fundação RENOVA foram nomeadas como ADME-01, ADME-02 e ADME-03, localizadas dentro ou próximo do Trecho 8 conforme identificado na Figura 123. Estima-se que cada uma delas possa acomodar aproximadamente 40.000 m³ de rejeito, contudo este dado dever ser confirmado e verificado durante a elaboração do projeto.

Para a área do UA2/TS-05, antiga PCH Bicas, estima-se um segmento para remoção do rejeito de aproximadamente 320 metros de extensão, e com um volume de aproximadamente 4.500 m³ de rejeito. A localização da remoção setorial desta área se encontra ilustrada na Figura 123. Nesta área existe acesso para o maquinário de escavação e caminhões para o transporte do rejeito removido. No acesso de entrada, existe uma área que poderia ser utilizada como pátio de manobras para os caminhões. Segundo informado pela Fundação Renova, existe uma área que está sendo avaliada para disposição do rejeito que se encontra próxima e, pelas estradas de acesso, o percurso seria de aproximadamente 2,2 km de distância. Nesta UA

também é recomendada a remoção do rejeito na lagoa, discutida separadamente na seção abaixo.

Para a área do UA3/TS-06 localizada a jusante da antiga PCH Bicas, estima-se 300 metros de segmento de rio para a remoção dos depósitos de rejeito intracalha, com aproximadamente 17.000 m³ de rejeito a ser removido. Neste local há estradas de acesso, contudo uma área de manobra deverá ser adaptada para facilitar a passagem dos caminhões até a beira do rio. A localização deste segmento a ser removido é ilustrado na Figura 123. A área de disposição mais próxima, ADME-01, está localizada a aproximadamente 1,7 km de distância em relação à área de remoção do TS-06.

Para a área do UA4/TS-08, estima-se um segmento de 270 metros de rio para remoção dos depósitos de rejeito identificados na seção intracalha. Calcula-se que sejam removidos 9.500 m³ de rejeito. Esta área possui vias de acesso à aproximadamente 30 metros da margem do rio. Vias de acesso deverão ser construídas para a entrada e saída dos equipamentos e caminhões da atual estrada de terra até a margem do rio, onde deverão ser removidos os rejeitos. Este local está à 4,3 km da área de disposição mais próxima, ADME-02.

Já para a área do UA4/TS-10, estima-se um segmento de 570 metros lineares de rio para remoção dos depósitos, representando um volume de 36.000 m³ de rejeito a ser removido. A localização desta área é ilustrada na Figura 123. Para a atividade de remoção, as rotas de acesso estão presentes somente em parte do segmento do rio, o que implica na necessidade de abrir uma nova via. A unidade de análise UA4/TS-10 está a aproximadamente 2,8 km de distância da área de disposição ADME-02.

Para todas as áreas mencionadas acima, é recomendado que a remoção dos depósitos de rejeito intracalha seja feita por meio de remoção mecânica, utilizando escavadeira hidráulica. Esta escavadeira deverá ser provida de uma lança de alcance de aproximadamente 10 metros para que o centro da calha seja alcançado a partir da margem do rio. Em alguns pontos, na remoção de material da calha, espera-se que o equipamento precise acessar duas margens do rio. Recomenda-se que as conchas da escavadeira comportem 1 m³ ou mais de capacidade de remoção.

Após a escavação do rejeito, este deverá ser acomodado temporariamente na margem para desaguar. Neste local o material poderá ser empilhado sobre estruturas (bermas) que retenham os sólidos e deixem escorrer os fluidos. Somente após o deságue, o rejeito será destinado até o local da disposição final, via caminhões, conforme mencionado acima. O carregamento dos caminhões poderá ser feito com a escavadeira hidráulica ou pá carregadeira, conforme a disponibilidade de maquinários e cronograma de execução.

Recomenda-se o uso de caminhões basculantes utilizados com capacidade de aproximadamente 12 m³, em detrimento de caminhões maiores que dificultam o trânsito nas vias de acesso. As estradas de acesso, apesar de serem de terra e estarem em boas condições, podem necessitar de manutenção para suportar o fluxo de caminhões em circulação durante as atividades de escavação. Medidas de contenção de poeira, como umectação por caminhões-pipa, devem ser tomadas durante o período de intenso tráfego de veículos.

6.3 REMOÇÃO DOS DEPÓSITOS DE REJEITO NA LAGOA

Para a lagoa identificada no TS-04 onde foi constatado um grande acúmulo de rejeito, também é proposta a remoção deste material. Com uma área de aproximadamente 625 m², estima-se remover um volume de aproximadamente 1.500 m³.

O local não conta com acesso para transporte de grandes equipamentos. Por este motivo deve ser considerado remoção deste material por escavação manual ou aterro de conquista atravessando o rio. Além disso não é recomendado o transporte e disposição do material em área externas, e sim na mesma planície onde está a lagoa, tomando as devidas precauções para que este material não seja carregado para o rio ou lagoa novamente.

Após a remoção, a área da lagoa deve ser recuperada com cascalho ou seixos no leito e os canais de drenagem refeitos. Por último, recomenda-se repor a vegetação aquática (macrófitas aquáticas) e das margens.

6.4 ENRIQUECIMENTO DA VEGETAÇÃO COM ESPÉCIES NATIVAS

De forma natural, a recomposição do ecossistema e a recuperação da biodiversidade são improváveis de ocorrer no curto prazo. É dificultosa a recomposição do ecossistema e alcançar a biodiversidade esperada no curto prazo.

É possível verificar que, em locais onde foi apurada a ocorrência de espécies herbáceas, em solos não compostos por rochas, houve uma maior regeneração natural em função das condições da paisagem, onde há fornecimento de material genético do entorno em condições adequadas para o desenvolvimento de espécies regenerantes pioneiras.

Entretanto, quando se analisa o fator de contenção de processos erosivos, acredita-se que o método de possibilitar que somente a regeneração natural seja a responsável pela recomposição florestal na região, sem o enriquecimento florestal, traga resultados somente a longo prazo.

A Fundação Renova vem realizando testes de piloto em áreas piloto com plantio de mudas de espécies nativas e frutíferas os quais providenciaram resultados positivos (RENOVA, 2017a) comprovando a eficiência do enriquecimento da vegetação nativa;

Contudo, é sugerido que os plantios de enriquecimento componham ao menos 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional, dentre aquelas identificadas em levantamentos florísticos regionais, podendo ser computadas todas as formas de vida presentes na floresta do entorno. Contudo, sugere-se que o número de espécies arbustivas e arbóreas represente no mínimo 70% do número total de espécies utilizadas, com representação de espécies zoocóricas, que se enquadram em categorias de ameaças e/ou com espécies pioneiras e não pioneiras.

Com base nos resultados obtidos em vistoria de campo, juntamente com os dados dos testes piloto e demais relatórios aqui considerados, acredita-se que os processos de regeneração natural, juntamente com enriquecimento nas condições já apresentadas serão suficientes para reposição da vegetação local e por consequência o controle da erosão nessas regiões.

6.5 MONITORAMENTO

Indicadores são informações quantificadas, com base em dados técnicos e científicos, e usados nos processos de decisão e úteis como ferramentas de avaliação de processos. Os indicadores representam as tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo.

Através 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 (RENOVA, 2017) são definidos como um conjunto de variáveis mensuráveis agrupadas em três áreas de atuação, definidos como indicadores da efetividade e durabilidade das ações de recuperação adotadas, sendo estes:

- Indicadores Ambientais: indicadores de avaliação dos efeitos das medidas de recuperação adotadas nas águas superficiais e subterrâneas, sedimentos e qualidade do ar e nível de ruído;
- Indicadores de Recuperação de Habitats: indicadores de avaliação de desempenho das medidas de recuperação de habitats terrestres e aquáticos;
- Indicadores Socioeconômicos: indicadores relacionados a melhoria e retomada da função produtiva de áreas com atividades antrópicas e impactos em comunidades afetadas pelas medidas de recuperação.

Na Tabela 19 são listados os aspectos específicos de monitoramento para o manejo do rejeito no Trecho 8.

Tabela 20. Aspectos específicos de monitoramento para o manejo de rejeito no Trecho 8

Programa de Monitoramento	Aspecto específico no Trecho 8
<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.

Programa de Monitoramento	Aspecto específico no Trecho 8
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 Socioeconômicas</i>	
Retorno das atividades socioeconômicas.	Produtividade agrícola nas planícies.

O Plano de Manejo de Rejeito possui interfaces e correlação com três programas de forma direta:

PG 17: Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias

- Este programa tem por objetivo promover a retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do Rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC.

PG 25: Restauração Florestal e Produção de Água

- Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando medidas de cunho reparatório.
- Programa de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce com controle de processos erosivos, de acordo com as medidas e requisitos de cunho compensatório.

PG 28: Conservação da Biodiversidade

- Programa de conservação da biodiversidade aquática, incluindo água doce, zona costeira e estuarina e área marinha impactada, englobando as medidas de cunho reparatório
- Programa de fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre, englobando as medidas de cunho compensatório
- Programa de conservação da fauna e flora terrestre de cunho reparatório
- Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarina, costeiras e marinha impactadas, englobando as medidas de cunho reparatório e compensatório

Dessa forma, tão logo os Programas mencionados apresentem os indicadores propostos, esses deverão ser incorporados nesse documento.

Para as intervenções realizadas no âmbito do PG 25 - Restauração Florestal e Produção de Água já foram definidos monitoramentos específicos, visando avaliar a eficácia das ações implantadas. Nesse sentido, os seguintes indicadores já foram estipulados e estão sendo monitorados com base no Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias (para informações adicionais, consultar o Plano de manejo de Rejeitos, Seção 12.2.1, “Áreas Temáticas de Aplicação dos Indicadores para o Plano de Manejo de Rejeitos”):

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

Com relação aos indicadores específicos do Manejo, esses ainda estão em fase de definição e aprovação interna na Fundação RENOVA, e deverão ser avaliados caso a caso e adaptados por trechos de intervenção. A frequência de amostragem deverá também ser avaliada por trecho de acordo com a sua criticidade. São propostos, divididos por áreas temáticas de aplicação, os seguintes indicadores:

- Qualidade da água superficial: ferro, alumínio, manganês, turbidez, sólidos totais em suspensão e cor aparente.
- Qualidade do sedimento: Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais, metais totais e indicadores biológicos definidos no PMQQS.
- 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.

6.6 SISTEMA DE TRATAMENTO NATURAL OFF-LINE

Os materiais detríticos depositados 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 e cor aparente dessas águas.

As obras para remoção do material da calha e para controle de erosão nas margens geram turbidez temporária devido à remobilização do material fino. Além disso, as atividades de garimpo provocam a ressuspensão do material detrítico e como consequência aumento da turbidez.

Desta maneira, com base nos objetivos específicos do contexto de calha com foco na recuperação do ecossistema aquático, a redução dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte torna-se indispensável. Nos atuais níveis elevados de turbidez, a penetração da luz é reduzida a ponto de suprimir ou impedir significativamente o crescimento de vegetação e reestabelecimento da fauna aquática.

Existem dois tipos de alternativas para o tratamento de sedimentos suspensos. A primeira alternativa caracteriza-se por grandes reservatórios que propiciam elevados tempos de detenção. A segunda alternativa consiste na implantação de reservatórios de pequenas dimensões, com a adição de floculantes e coagulantes, possibilitando a diminuição dos tempos de detenção.

Considerando a geomorfologia do terreno, observou-se a impossibilidade de implantar grandes reservatórios ao longo do rio Gualaxo do Norte e particularmente no Trecho 8, optando-se pela segunda alternativa. Este tipo de tecnologia permite um trabalho em série com *wetlands*, as quais realizam o polimento final da água, melhorando a qualidade da mesma antes de ser vertida nos corpos hídricos.

Na Figura 124 é apresentado um esquema do STN Off-line proposto para a seção a jusante do Trecho 8 do rio Gualaxo do Norte, sendo que maiores detalhes do funcionamento do mesmo serão fornecidos no Anexo III - Projeto Conceitual do Sistema de Tratamento Natural Off-Line - Trecho 8, desse relatório.

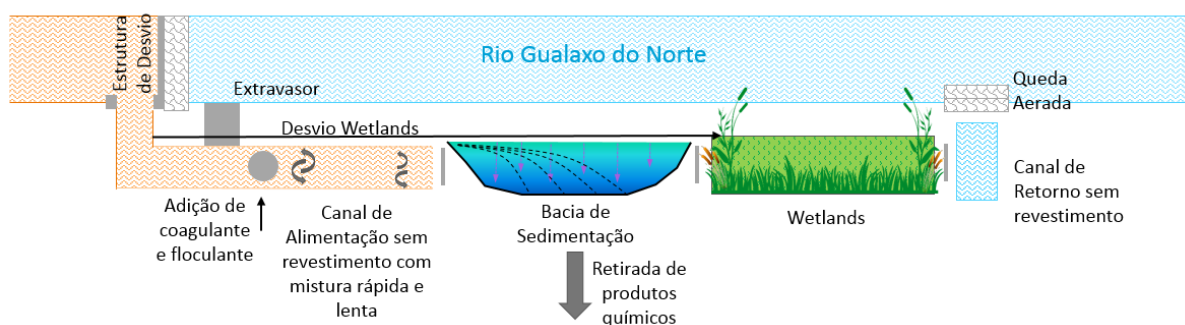


Figura 126. Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte

Como o STN off-line visa a continuidade 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*, alcançará 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.

Exemplificando, se a turbidez do rio for de 300 NTU e a vazão de 6 m³/s, podem ser encaminhados pela estrutura de desvio 5 m³/s ao sistema de tratamento e permitir que 1 m³/s permaneça no rio com o intuito de dar continuidade à vida aquática a jusante do processo de tratamento. Dos 5 m³/s que são desviados para tratamento, apenas 1 m³/s poderá ser encaminhado através das *wetlands* e rapidamente retornado ao rio, tendo mínimo contato com baixos níveis de químicos residuais que estão nas *wetlands*. As concentrações remanescentes de coagulantes e floculantes estarão abaixo das concentrações de toxicidade aguda e crônica admissíveis para a vida aquática, de modo que a vida na água que flui através das *wetlands* não será afetada. A redução da turbidez nas *wetlands* será na ordem de 300 NTU para 200 NTU para a parcela de 1 m³/s do rio. Os 4 m³/s restantes serão tratados com

coagulantes e floculantes, passarão pelas bacias de sedimentação e serão então descarregados nas *wetlands* para polimento final. A turbidez dos 4 m³/s será reduzida de 300 NTU para aproximadamente 25 NTU. Desta maneira, a turbidez nas *wetlands*, considerando a mistura dos 4 m³/s de água totalmente tratada e a parcela de 1 m³/s de vazão que será tratada apenas pelas *wetlands*, estará na ordem de 70 NTU. Finalmente, os 5 m³/s já combinados, que fluem das *wetlands* para o rio, serão misturados com 1 m³/s de água que permanece no rio e resultará na turbidez do rio de 100 NTU. A Figura 125 ilustra o conceito descrito.

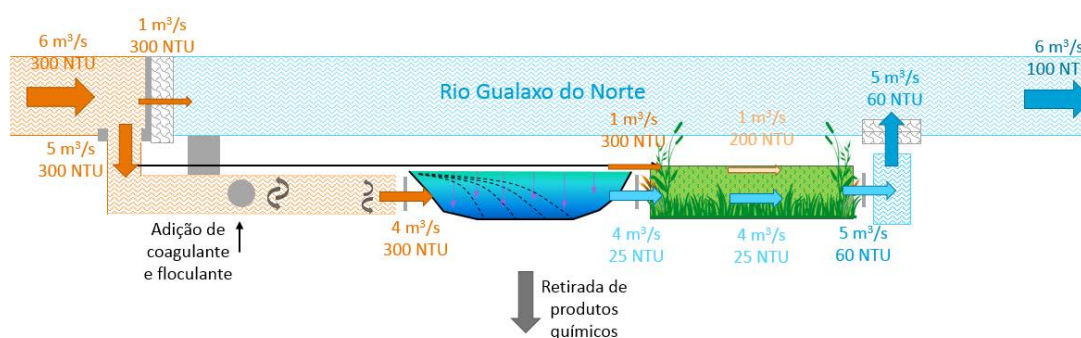


Figura 127. Exemplo do funcionamento do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte

Uma vantagem significativa deste processo de tratamento que divide a vazão em parcelas e realiza o tratamento off-line, é que uma parcela da vazão que vem no rio (aproximadamente 1/6 do rio) nunca é desviado para tratamento, outra parcela (aproximadamente 1/6 do rio) é tratado apenas nas *wetlands* sem nenhum tipo de adição química, desta maneira, a vazão restante (aproximadamente 2/3 da vazão total do rio) permanece com uma pureza que pode suportar a vida aquática sem preocupação com a toxicidade que ocorre quando produtos químicos são adicionados à totalidade da vazão do rio.

As parcelas de água, aquela que não é desviada para tratamento, a parcela que só recebe tratamento nas *wetlands*, e a porção que recebe tratamento completo com coagulantes e floculantes seguidos das *wetlands*, 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 a todo momento, para atingir os níveis de turbidez alvo com maior uso do tratamento natural nas *wetlands* e o um mínimo uso do tratamento químico.

É importante ressaltar que, as *wetlands* amortecem ainda mais os efeitos da ecotoxicidade da água tratada quimicamente, fornecendo um viveiro para a vida aquática que se reproduz e cresce nas *wetlands* antes de retornar ao rio. O objetivo é que a parcela da água, que é tratada quimicamente, recupere a vida ao passar pelas *wetlands*. Desta maneira o impacto ambiental do tratamento advindo da utilização de produtos químicos, é minimizado por meio da utilização de um sistema que divide as vazões em parcelas, e pelo fato de que o tratamento químico é realizado off-line.

Durante as visitas a campo, foi identificada 1 área de planície aluvionar que demonstrou ser adequada para a implantação do local de STN off-line nas proximidades do trecho 8 do rio.

Pensando no rio Gualaxo do Norte como um todo, existe a possibilidade de poder implantação de *wetlands* ao longo do rio, 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 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 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 um outro fator essencial na hora de determinar a vazão que poderá ser tratada. Os sólidos sedimentados, os quais carregam os químicos adicionados, serão removidos de forma direta nessas bacias, evitando assim o descarte nos rios.

Finalmente, a última fase de polimento e tratamento da água que acontecerá nas *wetlands*, as quais contarão com espécies de plantas aquáticas nativas. Estas atuam como filtros finais, aderindo as partículas não sedimentadas previamente nas plantas e sedimentando nas zonas rasas.

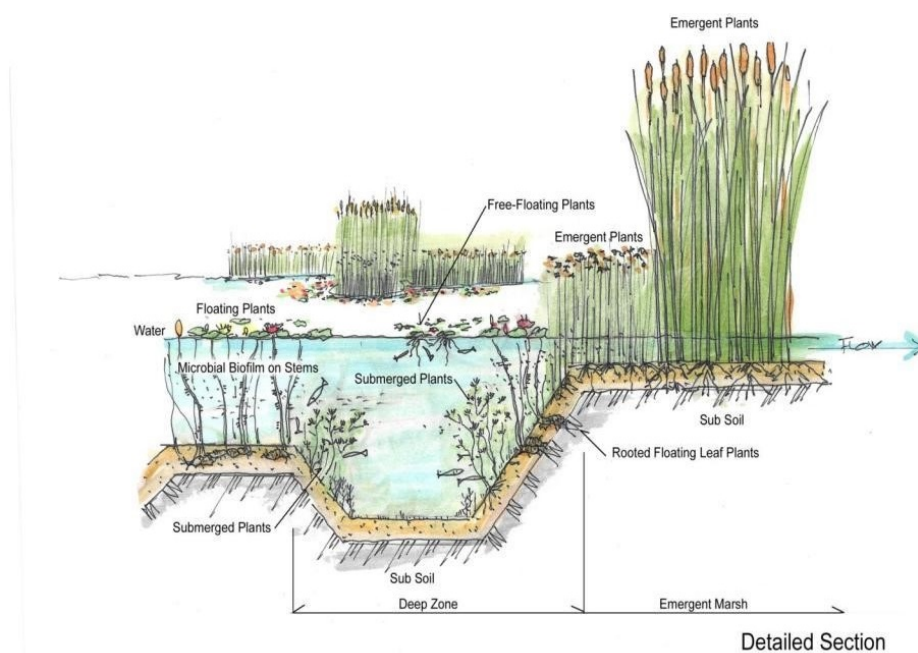


Figura 128. Seção transversal típica de uma *wetland* – Elevada densidade de vegetação que atua como filtro.

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 em série, 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 grandes represamentos e mantendo a geomorfologia natural do rio. O tratamento será localizado nas planícies aluvionares e *wetlands* naturais históricas nas margens do rio. 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. 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.

6.7 RENATURALIZAÇÃO DOS TRECHOS LONGITUDINAIS DO RIO GUALAXO DO NORTE

O Projeto de Renaturalização para os Trechos Longitudinais do Rio Gualaxo do Norte consiste na instalação de estruturas de troncos e galhos de madeira no leito do rio, ou seja, trata-se de uma alternativa de manejo para a porção intracalha, utilizando ferramentas naturais.

Técnicas de instalação de troncos de madeira no campo da restauração fluvial vêm sendo utilizadas por gestores de recursos hídricos ao redor do mundo para instigar melhorias dentro da calha de rios e córregos. Troncos de árvores caídos da mata ciliar desempenham papel essencial na saúde de rios e córregos que cortam florestas.

No ambiente fluvial a madeira promove melhoria da qualidade da água através da oxigenação e ciclagem de nutrientes. Sua presença gera redução da velocidade do fluxo da água, aumento das trocas entre o rio e o aquífero, auxiliando assim na recarga hídrica. A madeira dentro do rio também transforma leitos 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.

Ao mesmo tempo, troncos de madeira dentro do rio provêm recursos alimentares e refúgio para a biota aquática. A formação de áreas de remanso, resultado da redução da velocidade da água, é ideal para refúgio e abrigo de alevinos. Em contrapartida, áreas com a velocidade de fluxo maior servem também de locais

de desova para espécies de peixes que necessitam desses tipos de habitat bem oxigenados para se reproduzirem.

Uma vez que se tem uma grande quantidade de material lenhoso recolhido e armazenado, proveniente da pluma de rejeitos, o uso desse material para a aplicação de técnicas de restauração fluvial pode ser considerado uma alternativa sustentável no caso da recuperação do Gualaxo do Norte.

O prazo de execução do trabalho será de 15 meses, distribuídos da seguinte forma:

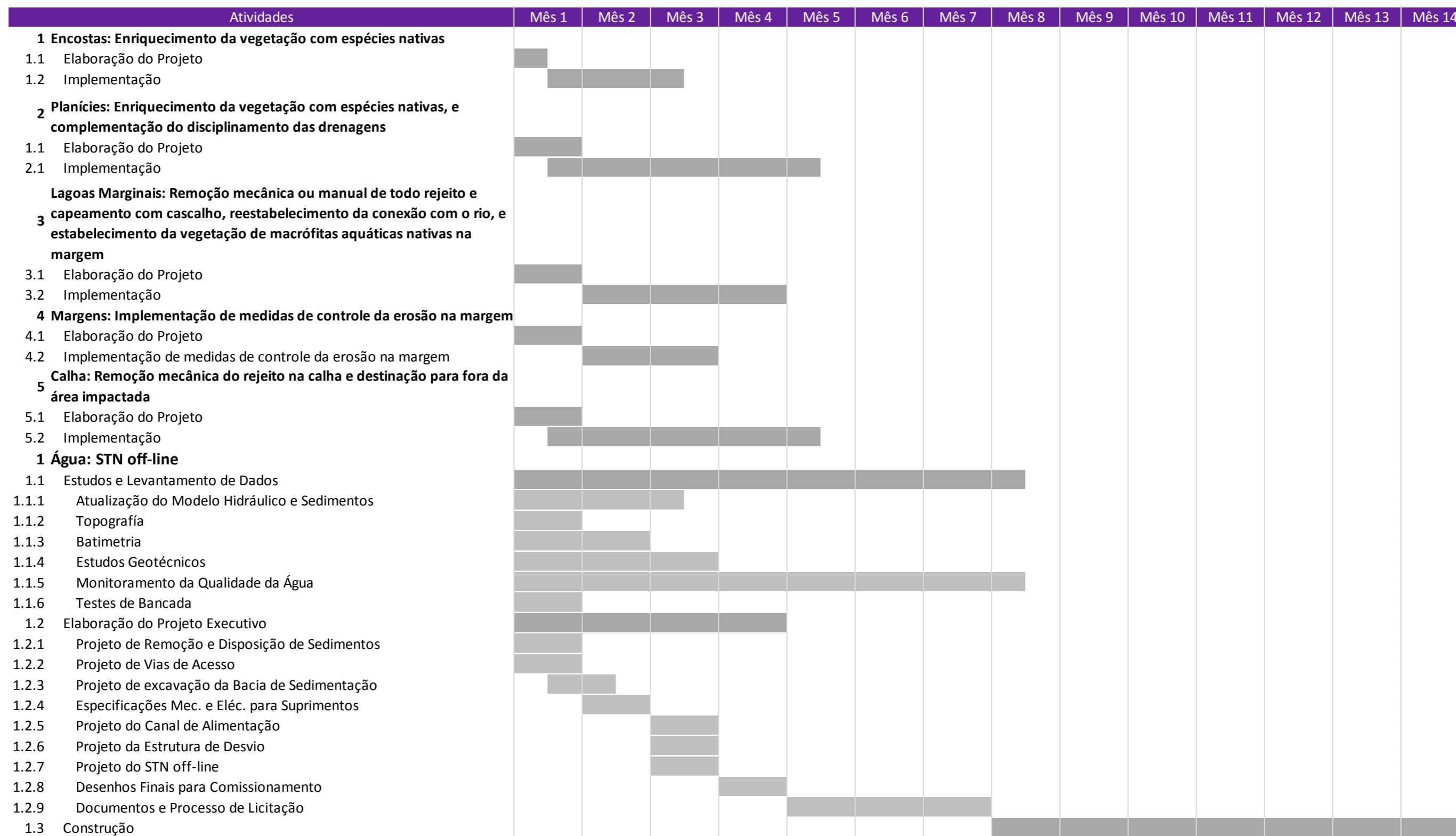
- Etapa 01: Definição dos trechos de restauração do rio Gualaxo do Norte, Diagnóstico e Elaboração do design. Duração prevista: 2 meses.
- Etapa 02: Aplicação de técnica de restauração fluvial com troncos e galhos de madeira. Duração prevista: 2 meses.
- Etapa 03: Monitoramento, manutenção e divulgação. Duração prevista: 11 meses.

A etapas acima são para o Rio Gualaxo como um todo. O Trecho 8 foi selecionado como o primeiro trecho para a instalação dos troncos. A instalação dos troncos de madeiras no leito do rio deve ocorrer durante períodos de seca. Dessa forma, recomenda-se que a instalação das madeiras no Trecho 8 ocorra até o mês de setembro de 2017 ou a partir do mês de abril de 2018, destacando a necessidade de 2 meses para conclusão do desenho amostral e outros 2 a 3 meses para instalação dos troncos de madeiras.

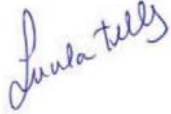

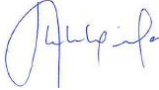



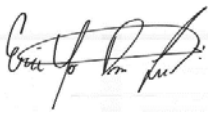

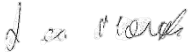






6.8 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANEJO

O Cronograma apresentado na Figura 124, foi elaborado considerando a elaboração de projeto e implantação das alternativas de manejo selecionadas. Na foram incluídas datas, já em prévio à implementação, a proposta deverá ser avaliada pelos órgãos ambientais (Fase 4).

Figura 129. Cronograma de Implementação das Alternativas de Manejo



7 EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação	Registro no Conselho de Classe	Função	Assinatura
Lucila Telles	Engenheira Civil	CREA nº 5060383441	Responsável Técnico CH2M	
Andréia Garcia	Ecóloga	-	Gerência do Projeto / Revisão Sênior	
Valdir Nakazawa	Geólogo	CREA nº 06013239201	Coordenação Técnica	
Sander Eskes	Engenheiro Civil	-	Coordenação Técnica	
Mercedes Buzzella	Engenheira Civil	-	Especialista em recursos hídricos / Coordenação do estudo de STN e Modelo Hidráulico Produtos	
Rodrigo Utima	Tecnólogo em Edifícios	-	cartográficos e geoprocessamento	
Eric Liu	Biólogo	-	Tecnologias de remoção / Trabalhos de campo	
Matheus Ramin	Engenheiro Ambiental	CREA nº 2615484702	Recursos Hídricos / Modelo Hidráulico	
Lucas Molleta	Engenheiro Químico	CREA nº 5069853178	Engenheiro de Processos	
Gabriela Callado	Assistente de Projetos	-	Recursos Hídricos	
Amanda Oehlmeier	Bióloga	Crbio 64101-01 / ctf 3925956	Coordenação do estudo de Revegetação	
Bruno Mimura	Eng. Florestal	Crea 5062922402/ ctf 3015561	Produtos cartográficos e revisão	
Adolfo Borges	Biólogo	Crbio 86702-01 /ctf 86702	Obtenção dados de campo	
Gustavo Creton	Med. Veterinário	Crmv 26916/ ctf 5053085	Apoio na etapa de campo	
Felipe Russo	Doutor em Geotecnia / Eng. Civil	-	Especialista em Geotécnica	

8 REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). 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.

AGROFLOR. 2016. Relatório de Contenção de carreamento de sedimentos por meio de revegetação.

BIOENGENHARIA. 2016. Serviço para Contenção de sedimentos por meio de vegetação.

BRIGHETTI E SCARATI MARTINS, 2001. Estabilização e Proteção de Margens: PHD 5023 – Obras Fluviais. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária.

BROWER JE, ZAR JH. Field & laboratory methods for general ecology. 2nd ed. Iowa: Wm. C. Brown Publishers. 1984.

CHOW V. T. Open-Channel Hydraulics. Blackburn, 1959.

COOPETEC/UFRJ, 2017. Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana Nove meses após o desastre. Rio de Janeiro.

ECONSERVATION. 2017. Levantamento Florístico nas Margens dos Cursos D'agua Afetadas pelo Rompimento da Barragem da Samarco em Mariana/MG.

ESTCP, (2009). Demonstration and Validation of Enhanced Monitored Natural Recovery at DoD Sites Santos et al (2017)

FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.; BROCHADO, A.L. & GUALA II, G.F. 1994. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. Cadernos de Geociências 12: 39-43.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INPE. 2015. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2013-2014. Acesso em 10 de julho de 2017. Disponível em < http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf>

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da barragem de Fundão, RT-023_159-515-2282_01-J, 2016b (outubro)

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. Belo Horizonte, MG. Outubro, 2016. Ref. RT-023_159-515-2282_01-J. 736 pp.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. Outubro, 2016. 740 pp. Ref: RT-023_159-515-2282-01_J.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias. Dezembro, 2016. 60 pp. Ref: RT-033_159-515-2282-00_B.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Plano de Recuperação Ambiental. Belo Horizonte, MG. Fevereiro, 2016. Ref. RT-002_159-515-2282_01-J 412 pp.

GOLDER ASSOCIATES. 2017a. Resultados da primeira campanha de monitoramento. Plano de Monitoramento das Ações Prioritárias.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Plano de Recuperação Ambiental. Relatório do Programa de Revegetação Inicial Emergencial, 2016d (fevereiro)

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Recuperação Ambiental. Relatório do Programa de Revegetação Inicial Emergencial, 2016c (julho)

GOLDER ASSOCIATES. (2016) Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Plano de Recuperação Ambiental, RT-002_159-515-2282_01-J, 2016a (fevereiro)

GOLDER ASSOCIATES. 2017b. Testes de Revegetação - Implantação de parcelas Experimentais. Plano de Recuperação Ambiental pelo rompimento da barragem de Fundão.

HAMMER, O.; D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. Paleontologia Eletronica 4 (1): 1-9.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 2015. Laudo Técnico Preliminar. Acesso em 10 de julho de 2017. Disponível em http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf

JACOBI, P.R. CIBIM. J. A necessária compreensão das consequências ampliadas de um desastre. Scielo. Acesso em 13 de julho de 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n4/1809-4422-asoc-18-04-00000.pdf>

MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurement. Oxford: Princeton University Press, 1988. 179 p.

ODEQ, Oregon Department of Environmental Quality (2010). Turbidity Technical Review: Summary of Sources, Effects, and Issues Related to Revising the Statewide Water Quality Standard for Turbidity. Disponível em: <http://www.deq.state.or.us/wq/standards/docs/Turbidity/10-WQ-022.pdf>

PFAFSTETTER, O. Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989. 19 p. Trabalho não publicado.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.. Biologia da Conservação. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 2001. Biologia Vegetal, 6a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

RENOVA (2017). Plano de Manejo de Rejeito Preparado por CH2M para Fundação Renova

RENOVA (2017^a). Testes de Revegetação -Implantação de parcelas experimentais. Plano de recuperação ambiental pelo rompimento da barragem de fundão.



CH2M HILL
Vila Olímpia
Rua do Rócio, 351 – 1° andar
São Paulo, Brasil 04.552-000
Tel: +55 11 3040 0800