



# **Aplicação do Plano de Manejo no Trechos 6, 7, 8 e 9 – Rio Gualaxo do Norte**

**Preparado por:**



## Índice

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Localização das Áreas de Interesse .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Caraterização das Áreas de Interesse.....</b>	<b>8</b>
3.1	Aspectos Físicos .....	9
3.1.1	PG 25: Recuperação da Área ambiental 1 .....	9
3.2	Aspectos socioambientais.....	13
3.2.1	PG 40 - Programa de fomento à implantação do CAR e dos PRAs na ÁREA AMBIENTAL 1. ....	15
3.2.2	PG017 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias .....	15
3.3	Aspectos Meio Biótico .....	17
3.4	Análise de Risco à Saúde Humana e Ecológico .....	18
3.5	Definição de Contextos.....	19
<b>4</b>	<b>Triagem das Áreas de Interesse .....</b>	<b>21</b>
4.1	Depósitos extra calha.....	21
4.2	Água superficial.....	21
4.3	Depósitos de calhas .....	22
4.4	Definição dos Objetivos Específicos.....	22
<b>5</b>	<b>Descrição do Manejo por Contexto.....</b>	<b>24</b>
5.1	Contexto A – Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo.....	24
5.2	Contexto B – Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão .....	24
5.2.1	Definição de Alternativas de Manejo .....	25
5.2.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	25
5.2.3	Medidas Corretivas Propostas.....	26
5.3	Contexto C – Água do Rio Gualaxo do Norte .....	26
5.3.1	Definição de Alternativas de Manejo .....	27
5.3.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	28
5.3.3	Medidas Corretivas Propostas.....	30
5.4	Contexto C1 - Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina. ....	31
5.4.1	Definição de Alternativas de Manejo .....	31
5.4.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	31
5.4.3	Medidas Corretivas Propostas.....	33

5.5	Contexto C2 – Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina. ....	33
5.5.1	Definição de Alternativas de Manejo .....	33
5.5.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	34
5.5.3	Medidas Corretivas Propostas.....	35
5.6	Contexto C3 – Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e com baixo risco da ressuspensão da fração fina.....	35
5.6.1	Definição de Alternativas de Manejo .....	35
5.6.2	Processo Simplificado de Tomada de Decisão.....	36
5.6.3	Medidas Corretivas Propostas.....	36
<b>6</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Cronograma.....</b>	<b>41</b>

**Anexo I** - Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio Gualaxo do Norte.

## Lista de Figuras

Figura 1: Segmentação da Área Impactada em Trechos .....	6
Figura 2: Área dos Trechos 6, 7, 8 e 9 .....	7
Figura 3: programas socioambientais que possuem interface com o PG23 – Manejo de Rejeito .....	8
Figura 4: Sobreposição das Áreas Prioritárias (Golder) e os Trechos de Estrudo (CH2M) .....	12
Figura 5: Localização das propriedades ao longo dos Trechos 6, 7, 8 e 9 .....	14
Figura 6: Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos A, B e C nos Trechos 6, 7, 8 e 9 do Rio Gualaxo. ....	20
Figura 7: Resumo das alternativas selecionadas .....	40

# 1 Introdução

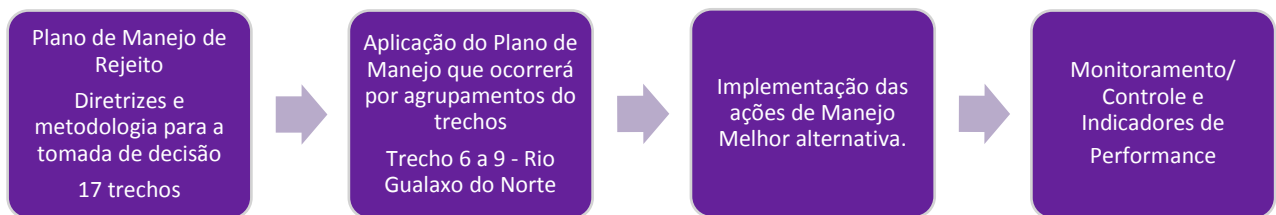
A CH2M HILL do Brasil Engenharia Ltda. (CH2M) foi contratada pela Fundação Renova (FUNDAÇÃO) para a elaboração de um Plano de Manejo de Rejeito (Plano), em função do rompimento da barragem de Fundão, localizada no Complexo de Mineração de Germano, Município de Mariana, Estado de Minas Gerais, ocorrido em 05 de novembro de 2015.

O Plano de Manejo de Rejeito é a principal diretriz que incluirá o planejamento macro das ações a serem realizadas, visando o manejo de rejeito decorrente do rompimento da barragem de Fundão e que, deverá ser desmembrado em várias categorias de planejamento no decorrer da sua implementação. O plano define as diretrizes e a metodologia para a tomada de decisão, a respeito do manejo dos rejeitos que foram depositados no ambiente.

O Plano de Manejo de Rejeito define uma metodologia de tomada de decisão e elenca 17 trechos considerando toda a área impactada, bem como define 8 tipos de deposição do rejeito, intra e extra calha dos rios.

Esse relatório tem como objetivo, retratar, a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, para 4 trechos específicos denominados de 6 a 9, que refere-se especificamente ao Rio Gualaxo do Norte. Esse documento 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.

O manejo do rejeito segue a seguinte estrutura:



A aplicação do Plano de Manejo foi subdividida em 5 etapas, conforme cronograma apresentado no Capítulo 7, considerando as especificidades dos trechos e tipos de depósitos. O seguinte agrupamento por trechos foi proposto:

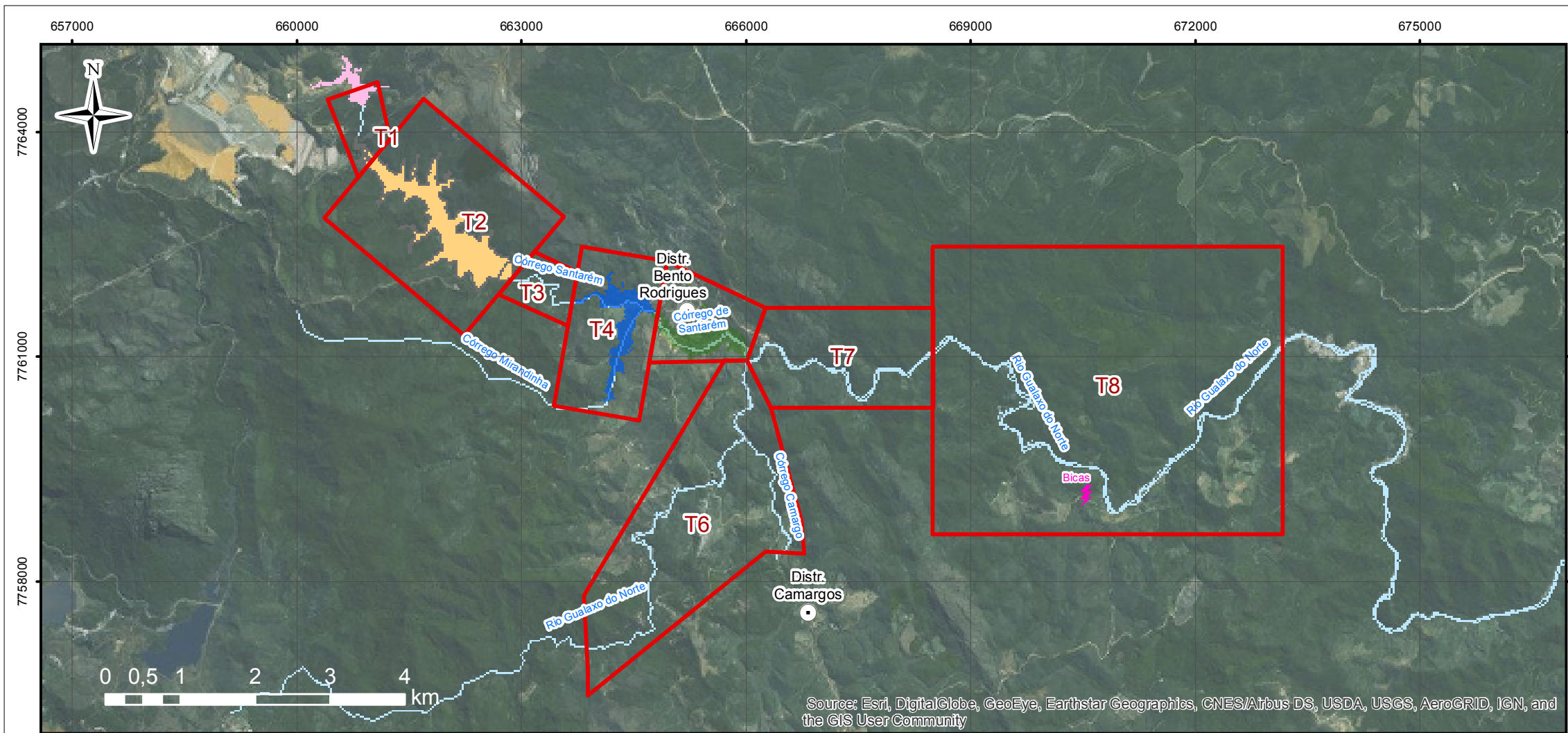
- Trecho 6 a 9: Rio Gualaxo do Norte, objeto desse relatório;
- Trecho 1 a 5: a montante dos diques S3 e S4;
- Trecho 10 a 12: Rio do Carmo e Reservatório de Candonga;
- Trecho 13 a 16: Impactos concentrados na calha do Rio Doce;
- Trecho 17: Zona Marinha Costeira.

## 2 Localização das Áreas de Interesse

Conforme o Plano de Manejo de Rejeito, a área impactada foi subdividida em 17 trechos, conforme ilustra a Figura 1.

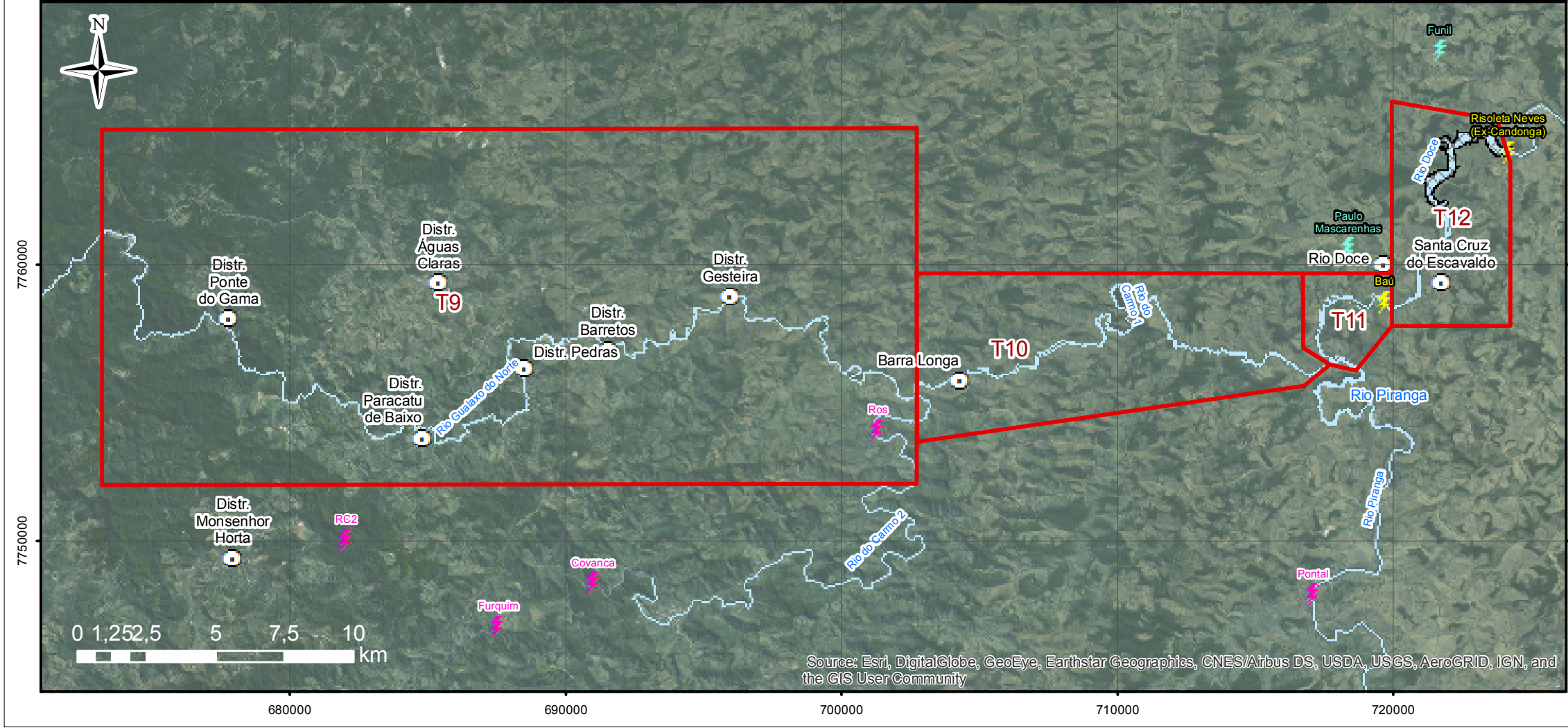
O primeiro trecho selecionado para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito foram os trechos 6 a 9, descritos abaixo e apresentados na Figura 2.

- Trecho 6: Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém. Extensão: 5,7 km no rio Gualaxo do Norte + 2,0 km no córrego “dos Camargos”.
- Trecho 7: Rio Gualaxo do Norte, desde a confluência do córrego Santarém. Extensão: 3,2 km.
- Trecho 8: PCH Bicas. Rio Gualaxo do Norte. Extensão: 9,0 km.
- Trecho 9: Médio e Baixo Gualaxo do Norte. Extensão: 58 km.



**LEGENDA:**

- Trechos
- Municípios / Distritos Afetados
- ⚡ Central Geradora de Energia
- ⚡ Pequenas Centrais Hidrelétricas
- ⚡ Usinas Hidrelétricas
- Nova Santarém
- Barragem do Fundão
- Dique S3
- Dique S4
- Rios Principais
- Curso d'Água
- Reservatório Candongas



ESCALA GRÁFICA:

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

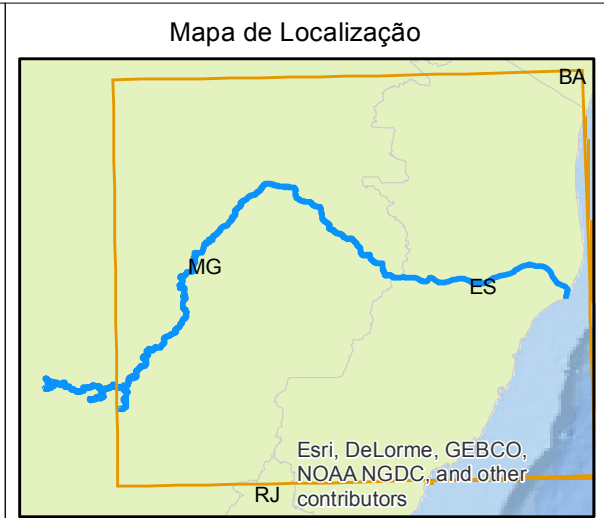
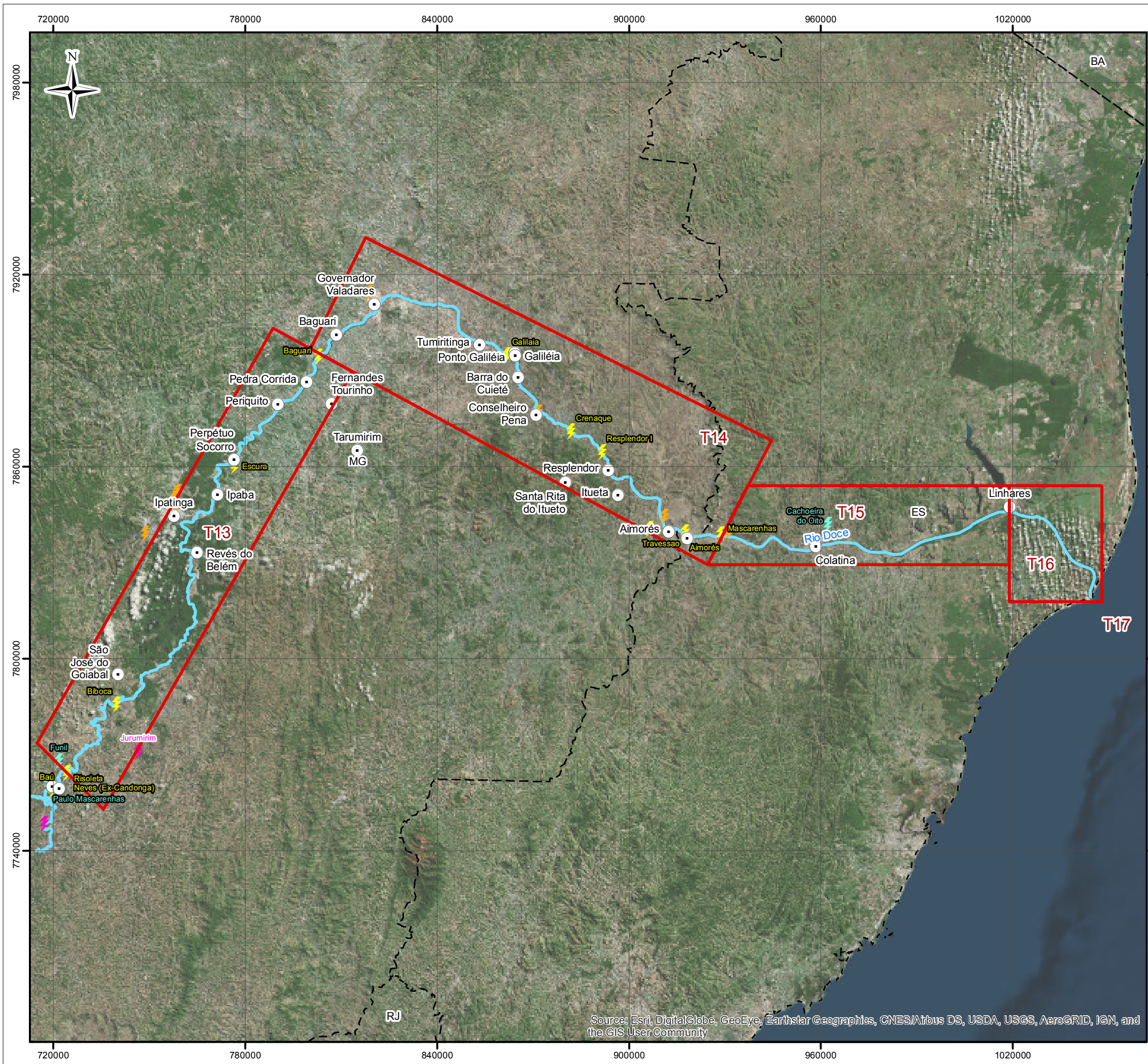
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015

**ch2m**<sup>SM</sup>

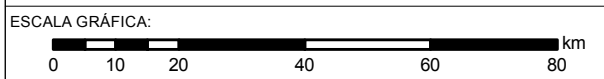
TÍTULO:  
Figura 1-A  
Segmentação da Área Impactada em Trechos

PROJETO:  
Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA: 01/06/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: SE	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------



- LEGENDA:**
- Trechos
  - Municípios / Distritos Afetados
  - ⚡ Central Geradora de Energia
  - ⚡ Pequenas Centrais Hidrelétricas
  - ⚡ Sub estações
  - ⚡ Usinas Hidrelétricas
  - Curso d'Água
  - Divisa Estadual



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015

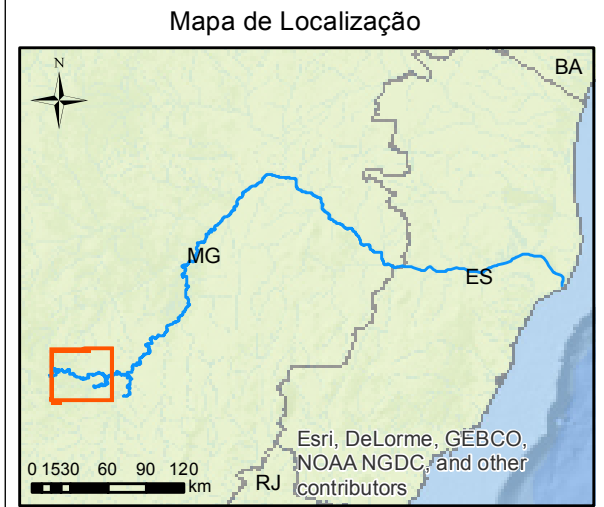
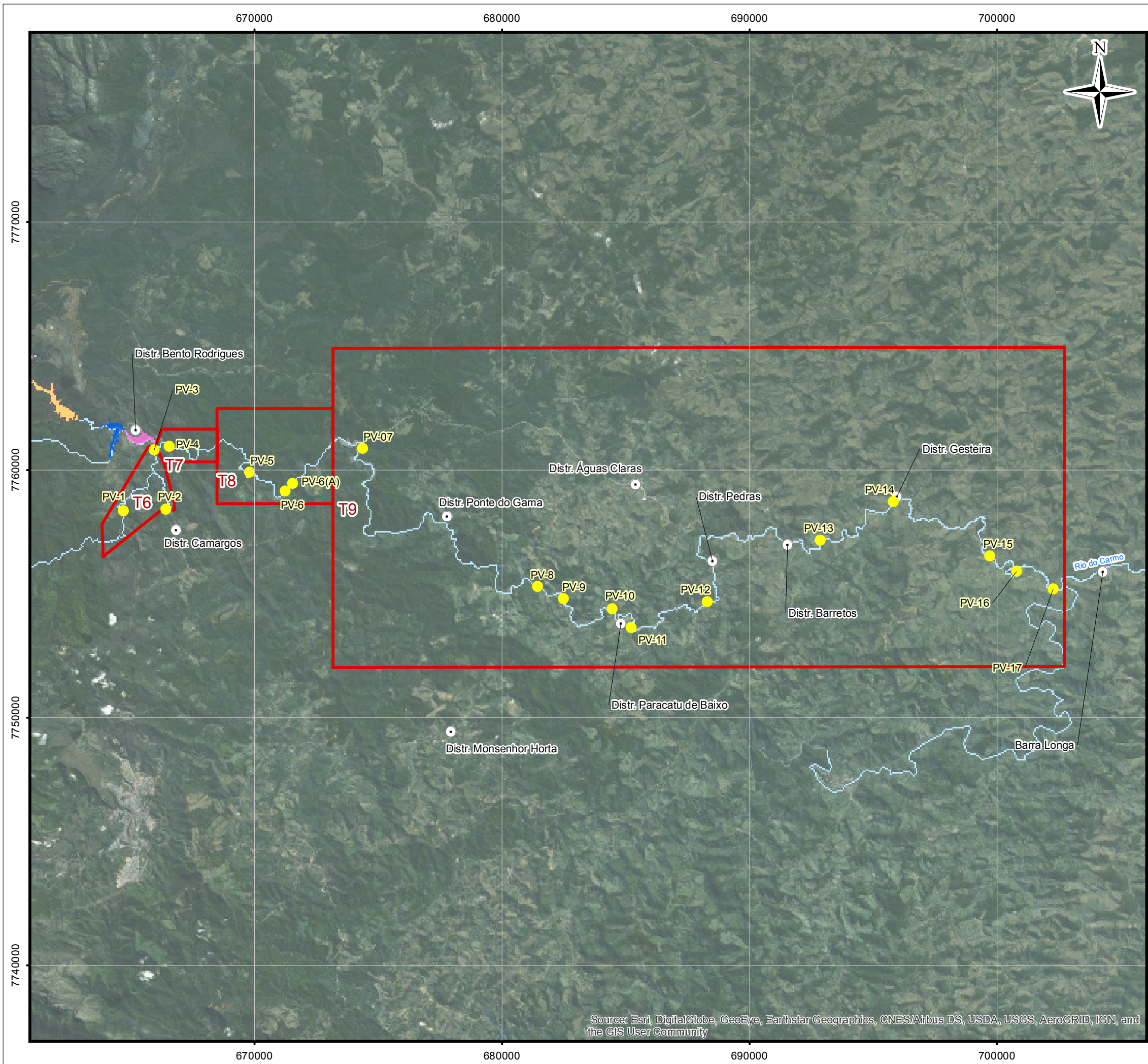


TÍTULO:  
Figura 1-B  
Segmentação da Área Impactada em Trechos

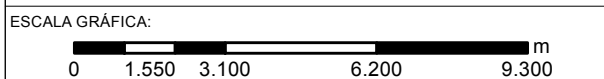
PROJETO:  
Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA: 01/06/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: SE	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

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



- LEGENDA:
- Ponto de Amostragem
  - Trechos
  - Municípios / Distritos Afetados
  - Curso d'Água
  - Nova Santarém
  - Dique S3
  - Dique S4



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015



TÍTULO:  
**Figura 2**  
Trechos 6 a 9

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA: 1:155.000	DATA: 29/05/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: EL	APROV.: AG	REV.: RA1
----------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

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

### 3 Caracterização das Áreas de Interesse

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 do Rio Gualaxo do Norte - Trecho 6 a 9.

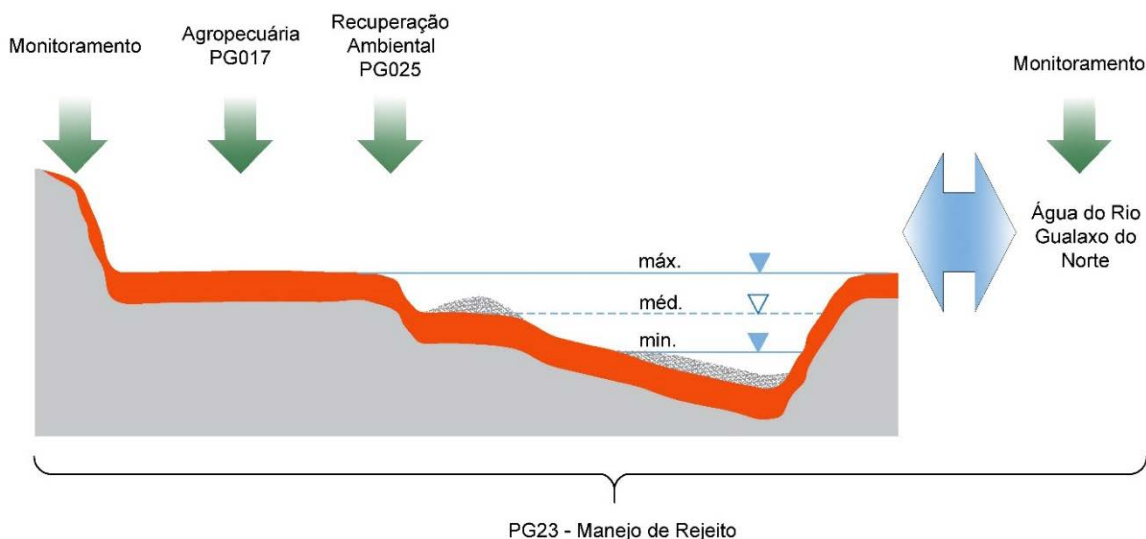
Os trechos relativos ao Rio Gualaxo do Norte foram prioritariamente selecionados para a aplicação do Plano de Manejo, por se tratar de uma das principais fontes de aporte de sedimento e de turbidez no rio.

Para a caracterização da área em estudo foram realizadas atividades de campo entre os dias 03 a 13 de Maio de 2017. O relatório completo com as informações de campo, coleta de dados e análise encontra-se no **Anexo I - Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio Gualaxo do Norte**.

Foi elaborado um descritivo dos principais aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos dos trechos avaliados e que são relevantes para o processo de tomada de decisão do manejo. As informações dos aspectos físicos foram informações 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.

Cabe ressaltar que não é foco desse estudo, fazer uma análise crítica quanto aos outros Programas socioambientais em andamento. Cada programa possui a sua avaliação, análise crítica e indicadores específicos.

A interface do Manejo de Rejeito, com os outros Programas socioambientais, pode ser esquematicamente identificada na Figura 3:



**Figura 3: programas socioambientais que possuem interface com o PG23 – Manejo de Rejeito**

No decorrer do documento também serão apontados os casos onde ainda não existem dados suficientes para a tomada de decisão. A medida que essas informações estejam disponíveis, serão incorporadas no processo.

## 3.1 Aspectos Físicos

Foram identificados 4 tipos de deposição de rejeito originalmente formados com a passagem do fluxo de material detrítico originado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão no trecho de 6 a 9, conforme anteriormente apresentado no Plano de Manejo de Rejeito. A Tabela 1 mostra estes tipos.

**Tabela 1 Tipos de deposição de rejeitos na área de estudo**

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito
Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha
	V. Depósitos Arenosos sobre Leitões Rochosos

O descrito detalhado dos tipos de depósitos no Rio Gualaxo e como estes se apresentam atualmente, encontra-se no **Anexo 1. Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio Gualaxo do Norte.**

Considerando-se os tipos de depósitos presentes nos Trechos 6 a 9, tem-se que dois deles praticamente não existem mais, devido à remobilização pelos processos erosivos pluviais e fluviais ocorridos nos dois últimos períodos chuvosos. São eles os Tipos I e V.

O Anexo I, traz uma identificação preliminar dos depósitos de rejeito, realizado através de técnicas de sensoriamento remoto, bem como dados das amostras dos Depósitos Indiscriminados de Calha – Tipo III, para a caracterização desses materiais no que tange a espessura, granulometria e correlação com a turbidez.

A combinação das informações obtidas pela identificação dos bancos de rejeito, via sensoriamento remoto, e as informações obtidas durante as visitas de campo corroboraram para a elaboração de uma matriz de priorização das áreas com alto, médio e baixo potencial no que tange a geração de turbidez ao longo do Rio Gualaxo do Norte, matriz essa que servirá para embasar o processo de tomada de decisão aqui apresentado.

Nas áreas das planícies aluvionares alcançadas pela inundação decorrente da ruptura da Barragem de Fundão ocorreu uma deposi o por decanta o dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno, formando o que denominou-se de Depósitos extra calha, com textura areno-siltosa, cor marrom amarelada e com espessuras raramente superiores a um metro, mais frequentemente com menos de 0,5 m. Esses depósitos tem sido objeto de trabalhos de controle da erosão. Tais trabalhos são relativos ao PG 25: Recupera o da área ambiental 1 (Análise do Planejamento e Atendimento a Cláusula 184 – TTAC), descrito resumidamente abaixo.

### 3.1.1 PG 25: Recupera o da área ambiental 1

Esse programa tem como objetivo a revegeta o inicialmente 800 ha e em seguida recuperar 2.000 ha na área ambiental 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. CLÁUSULAS: 158   160.

As atividades executadas no âmbito do PG 25 envolve a recuperação, enrocamento e outros métodos propostos para a estabilização das margens dos rios e tributários. O programa foi subdividido entre áreas prioritárias e não prioritárias.

Esse programa encontra-se em andamento e conforme a apresentação realizada na 12ª Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água – CT-FLOR, o cronograma prevê as seguintes atividades:

- Efetuar a revegetação inicial, emergencial e temporária, de 800 ha – término em 07/2016;
- Recuperar 2.000 ha na Área Ambiental 1 – previsão de término 03/2020;
- Realizar a manutenção das áreas recuperadas – previsão de término 03/2026;
- Realizar regularização de calhas e margens e controle de processos erosivos nos Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce – previsão de término 12/2017;

Com relação ao trabalho de regularização de calhas e margens foram selecionadas 16 Áreas Prioritárias definidas pelos estudos da Golder. As Áreas Prioritárias (AP) são consideradas áreas de maior risco de erosão, onde os volumes de rejeitos são relativamente grandes.

A Tabela 2 abaixo descreve as atividades de recuperação planejadas por AP, de acordo com o Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias (Golder, 2016).

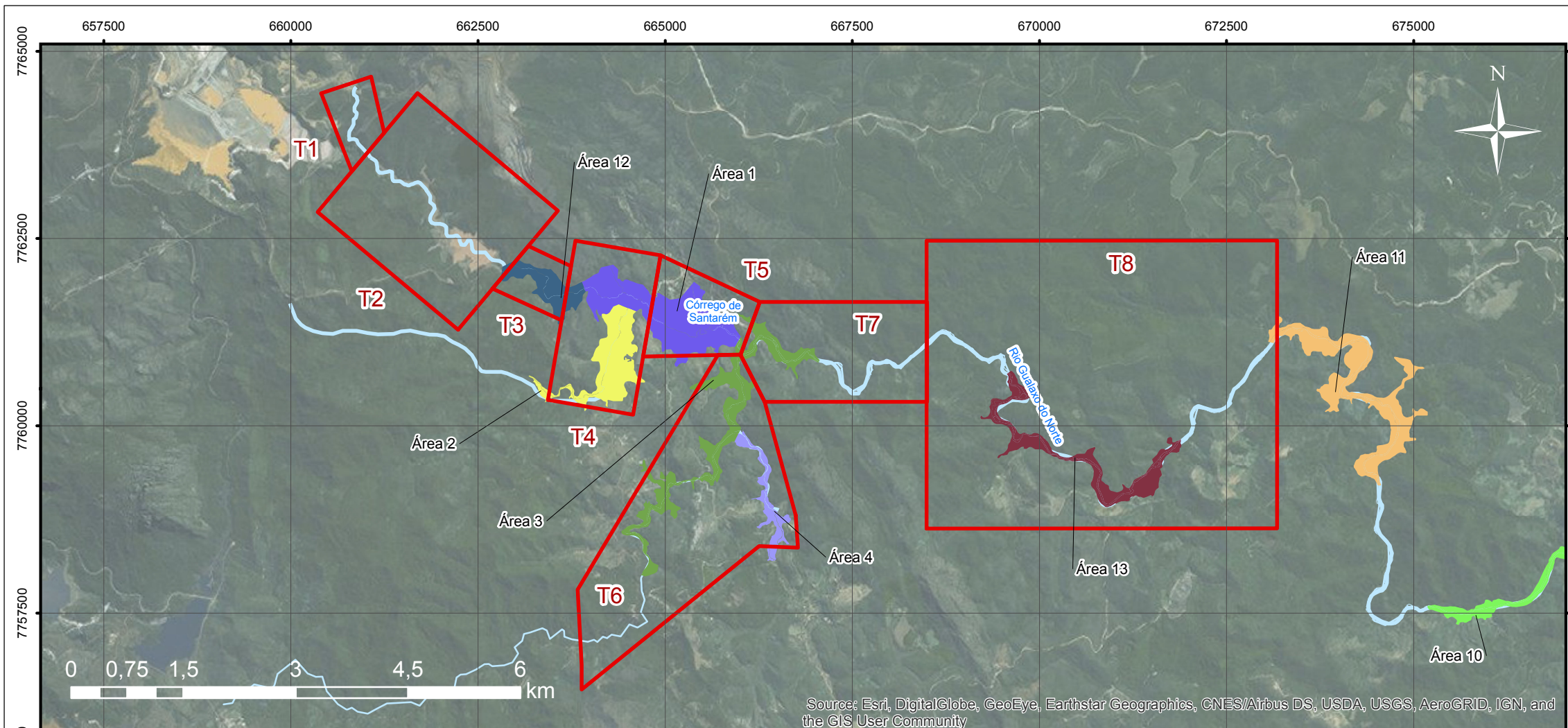
A Tabela 2 apresenta o controle de avanço dos trabalhos listados, com referência no planejamento e controle da Fundação Renova em 11 de maio de 2017 (Recuperação Ambiental entre Fundão e Candonga). A Figura 4 apresenta a localização dos pontos aos quais estão sendo realizadas ações de intervenção.

**Tabela 2: Status de execução das atividades de Recuperação Recomendadas por Área Prioritária (Golder) e trechos (CH2M)**

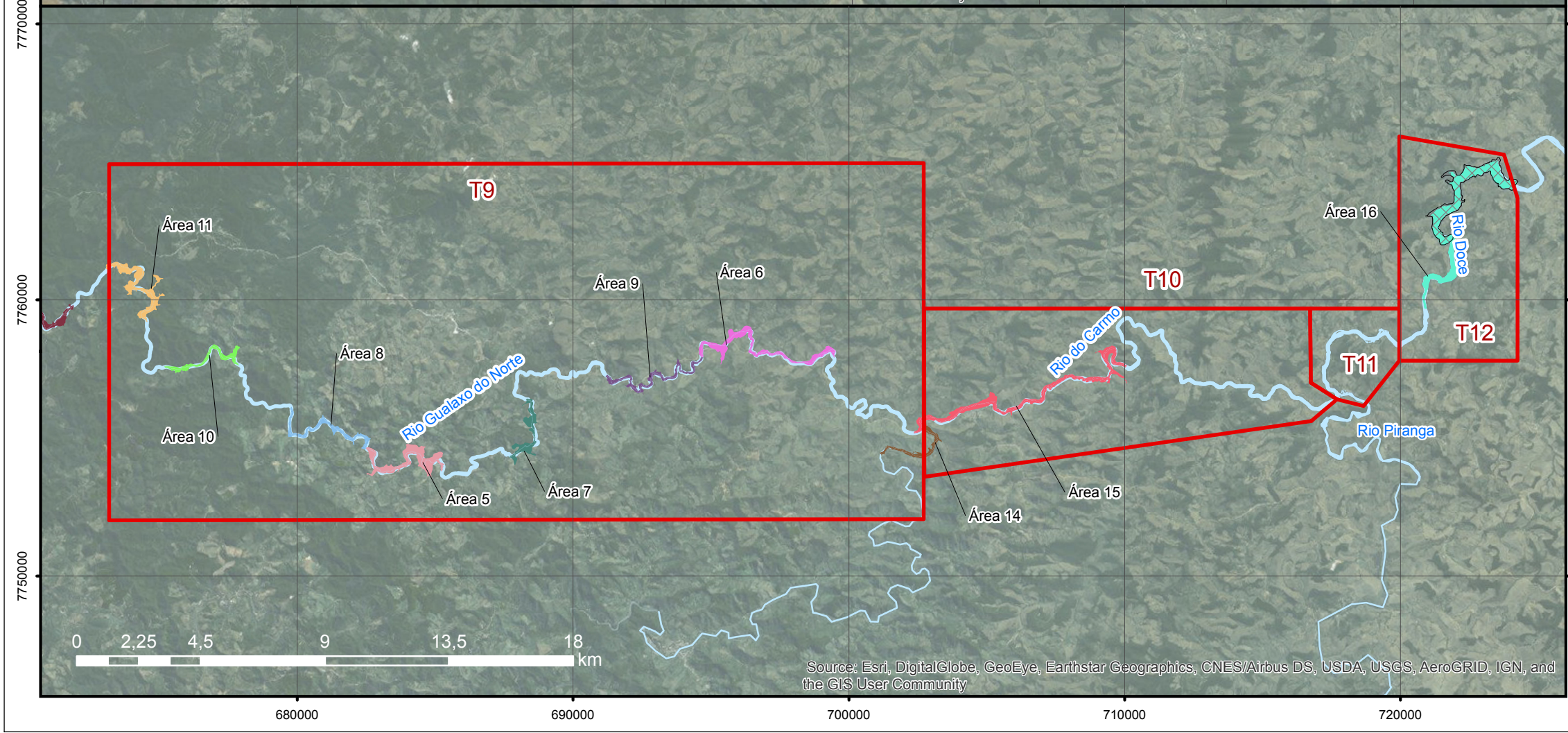
Trecho (CH2M)	Área Prioritária (Golder)	Atividade de Recuperação Recomendada (Golder)	Status de Execução (11/05/17)
6	Área 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;</li> <li>- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.</li> </ul>	<p>50% do trabalho concluído.</p> <p>Previsão de conclusão para 31/08/17</p>
	Área 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restabelecer o canal do alto Rio Gualaxo do Norte, retirando os rejeitos da área do canal e construindo um canal revestido com largura do leito normal e profundidade do leito normal adequadas;</li> <li>- Estabilizar a extremidade da área de impacto do fluxo de detritos a montante e ligar o canal ao canal não afetado a montante;</li> <li>- Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Alto Rio Gualaxo do Norte;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.</li> </ul>	<p>99% do trabalho concluído.</p> <p>Previsão de conclusão para 15/05/17</p>
7			

Trecho (CH2M)	Área Prioritária (Golder)	Atividade de Recuperação Recomendada (Golder)	Status de Execução (11/05/17)
8	Área 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar os rejeitos do rio e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;</li> <li>- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários em áreas impactadas pelos rejeitos, onde necessário;</li> <li>- Restabelecer e revestir o canal na usina hidroelétrica impactada.</li> </ul>	Atividade de Controle de Erosão concluída em 24/04/2017
9	Área 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;</li> <li>- Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;</li> <li>- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.</li> </ul>	98% do trabalho executado
	Área 6		Previsão de conclusão para 15/05/17
	Área 7		Atividade de Controle de Erosão concluída em 15/04/2017
	Área 8		75% do trabalho executado
	Área 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;</li> <li>- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.</li> </ul>	Previsão de conclusão para 31/05/17
	Área 10		Atividade de Controle de Erosão concluída em 08/04/17
	Área 11		82% do trabalho executado
	Área 12		Previsão de conclusão para 31/05/17
Área 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;</li> <li>- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;</li> <li>- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.</li> </ul>	Atividade de Controle de Erosão concluída em 20/04/2017	
Área 14		97% do trabalho executado	
Área 15	Previsão de conclusão para 12/05/17		

Fonte: Adaptado de Golder, 2016 (Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias)



- LEGENDA:
- Reservatório Candongas
  - Cursod'Água
  - Áreas Prioritárias CH2M
  - Áreas Prioritárias Golder
    - Área 1 - Santarém Channel and Floodplain near Bento Rodrigues
    - Área 2 - Mirandinha Channel and Floodplain
    - Área 3 - Upper Gualaxo do Norte Channel and Floodplain
    - Área 4 - Camargo Channel and Floodplain
    - Área 5 - Gualaxo do Norte Floodplain BFL-11
    - Área 6 - Gualaxo do Norte Floodplain BFL-27
    - Área 7 - Gualaxo do Norte Floodplain BFL-17
    - Área 8 - Gualaxo do Norte Floodplain BFS-10
    - Área 9 - Gualaxo do Norte Floodplain BFS-26
    - Área 10 - Gualaxo do Norte Floodplain BFS-08
    - Área 11 - Gualaxo do Norte Floodplain NR-06
    - Área 12 - Upper Santarém Channel and Valley Sides
    - Área 13 - Gualaxo do Norte Floodplains NR-04 and CF-05
    - Área 14 - Upstream Rio Carmo Floodplain
    - Área 15 - Rio Carmo Floodplain BFS-BFL-33
    - Área 16 - Manage Tailings Storage in Candonga Reservoir



ESCALA GRÁFICA:

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

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
**Figura 4**  
**Sobreposição Áreas Golder x Áreas CH2M**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 03/04/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: AG	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

Além das Áreas Prioritárias foram definidas, as Áreas Não-Prioritárias (ANP) que foram consideradas áreas de menor risco onde os volumes de rejeitos são relativamente pequenos e o acesso imediato ao local era mais difícil.

Para a avaliação da eficácia das ações relativas as APs e ANPs, foi estabelecido o Plano de Monitoramento das Intervenções, com os seguintes indicadores:

#### Monitoramento de Vegetação:

- Cobertura vegetal (Monitoramento por Satélite e Drones)
- Biomassa vegetal
- Avaliação do sistema radicular
- Melhoria de parâmetros do solo

#### Monitoramento de Controle de Erosão:

- Sedimentação em estruturas de contenção
- Taxa 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

Não existem ainda, dados relativos a esses monitoramentos, mas assim que disponíveis devem ser incorporados ao Manejo de Rejeito, como avaliação da eficácia das ações executadas.

Durante a visita de campo foi possível observar a execução desse programa nas áreas prioritárias com a implantação de ações de controle da erosão, por meio de implantação de cobertura vegetal e obras de macro e microdrenagem, obras essas que irão reduzir o aporte desses materiais para a calha dos rios durante os episódios de chuvas.

## 3.2 Aspectos socioambientais

A FUNDAÇÃO realizou a identificação das propriedades particulares existente ao longo do Rio Gualaxo do Norte. Conforme esses registros, existem 145 propriedades ao longo do Rio que foram impactadas pelo evento, conforme Figura 5 na sequência.

As tratativas em andamento, relativas as propriedades impactadas e retomada das suas atividades, vem sendo conduzidas por 2 programas definidos pela TTCA, e que possuem interface com a decisão do manejo de rejeito, são esses: o **PG017 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias** e o **PG 40 - Programa de fomento à implantação do CAR (Cadastro Ambiental Rural) e dos PRAs (Plano de Regularização Ambiental) na ÁREA AMBIENTAL 1**. Segue a seguir, um breve descritivo da definição desses 2 programas que serão aplicados nas propriedades rurais.



### 3.2.1 PG 40 - Programa de fomento à implantação do CAR e dos PRAs na ÁREA AMBIENTAL 1.

Conforme o documento denominado PG040 – Programa de fomento à implantação do CAR e dos PRAs na ÁREA AMBIENTAL 1 – Definição do Programa de 12/05/2017 foi definido como objetivo, apoiar e dar suporte técnico para o cadastramento das propriedades rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR), além de fomentar a elaboração e a implementação dos respectivos Programas de Regularização Ambiental (PRA), conforme CLÁUSULA 183 do TTAC.

Com o objetivo de construir respostas adequadas às necessidades colocadas para este programa, identificou-se os principais stakeholders, a saber: EMATER, EMBRAPA, EPAMIG, IMA, SEAPA, Produtores Rurais, Órgãos Ambientais, Instituições Governamentais e IEF/ EMATER.

Como resultado do engajamento dos stakeholders para construção das soluções para este programa, definiram-se os seguintes pontos como importantes para o desenvolvimento do mesmo:

- É importante que todo o escopo de recuperação das propriedades rurais afetadas seja executado em conformidade com o disposto no Código Florestal e com as práticas já realizadas em outros locais do Brasil, observando-se os aspectos socioeconômicos e socioambientais, pois estaria nos moldes que poderão compor o PRA – Plano de Regularização Ambiental das propriedades rurais;
- Uma vez que há dependência da regulamentação do PRA no Estado de Minas Gerais, bem como da consolidação das plataformas e do fluxo de análise do CAR, a emissão dos PASEA's – Plano de Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades, previamente apreciado por todas as partes interessadas, poderá ser o precursor das atividades de recuperação em tais propriedades;
- Sugere-se que o escopo do PASEA, no que tange aos aspectos ambientais venha a compor o PRA da propriedade, quando este estiver regulamentado e seu processo plenamente estabelecido. Como premissa, todas as ações previstas no PASEA deverão seguir o Código Florestal vigente, no âmbito do Estado de Minas Gerais (Lei nº20.922 de 16/10/2013) e da União (Lei 12.651 de 25/05/2012);
- Há que se considerar as diretrizes estabelecidas no Plano de Manejo de Rejeito para definir os planos para cada propriedade rural. Serão considerados os efeitos da permanência ou não do material detritico na propriedade, utilizando-se as metodologias de tomada de decisão definidas neste plano.

O cronograma relativo a esse programa teve início em setembro de 2016 com previsão de término em abril de 2018. O encerramento da execução das adequações nas propriedades rurais, está previsto entre maio de 2026 e agosto de 2026 onde está considerado a captura e formalização de benefícios alcançados.

### 3.2.2 PG017 – Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias

Conforme o documento denominado PG017 – PROGRAMA DE RETOMADA DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS - Definição do Programa de 12/05/2017, foram estabelecidos os objetivos, processos e projetos, por propriedade, visando a retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do Rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC. Esse programa abrange as propriedades impactadas pelo rejeito em função do rompimento da barragem de Fundão.

No âmbito desse programa, entende-se por agropecuária como um centro dinâmico de atividades denominadas de agronegócio. Este segmento envolve atividades de produção agrícola propriamente dita (lavoura, pecuária e extração vegetal).

Com o objetivo de construir respostas adequadas às necessidades colocadas para este programa, como primeira etapa foram identificados os principais stakeholders, a estratégia mais apropriada de engajamento, os conhecimentos que precisavam ser mobilizados, e desenvolveu-se um trabalho colaborativo de construção dos resultados almejados para o programa. Entre os stakeholders identificados e envolvidos no processo estão: EMATER, EMBRAPA, EPAMIG, IMA, SEAPA, Universidades Federais (UFMG/UFV/UFES), Produtores Rurais Impactados (MG); Sindicato dos produtores rurais de Mariana – MG, INCAPER (ES), Produtores Rurais impactados (ES) e SEMAD/IEF.

Como resultado do engajamento dos stakeholders para construção das soluções para este programa agrupou-se as possíveis ações a serem desenvolvidas de acordo com tema e instituição com know-how específico e definiu-se os possíveis projetos para compor o programa e as instituições participantes. A partir desse engajamento foram estabelecidos o agrupamento em eixos temáticos que serão a base para a execução deste Programa, dentre esses:

- **Diversificação e fortalecimento da atividade econômica das propriedades impactadas:** Oferecer alternativas sustentáveis que possam complementar ou substituir a atividade econômica anterior ao evento.
- **Reestabelecimento das infraestruturas de apoio à atividade rural:** Dar condições para produzir conforme situação anterior ou adaptada para novas configurações, restabelecendo as condições de manejo da propriedade e de suas respectivas atividades ao produtor afetado incluindo reposição de equipamentos e reconstrução ou adequações de instalações.
- **Recuperação do solo:** Recomposição das áreas produtivas passíveis de recuperação e das condições para produzir conforme situação anterior, incluindo implantação de técnicas ou alternativas que vislumbrem o aumento da produtividade da propriedade.
- **Recomposição de alimentação animal:** Formação de pastagens ou substituição por outras fontes de alimentação animal com maior produtividade que possam ser cultivadas na propriedade.
- **Capacitação técnica e suporte:** Assistência técnica aos produtores, cooperativas e associações impactados, de modo a viabilizar a retomada de suas atividades, nos termos PNATER – Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural. Cursos de qualificação profissional em outra atividade, prestando assistência técnica nos termos PNATER, quando a retomada da atividade agropecuária não foi possível. Ajuda financeira aos produtores impactados conforme Programa de Auxílio Financeiro até a condição de produção ser equivalente à situação anterior ao rompimento da barragem.

O cronograma relativo a esse programa teve início em dezembro de 2015 com previsão de término até novembro de 2019. O encerramento está previsto entre dezembro de 2025 a março de 2026 onde está considerado a captura e formalização de benefícios alcançados.

Os benefícios a serem alcançados serão medidos ao longo do tempo, principalmente, com a aplicação dos Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas – ISA, ferramenta de gestão desenvolvida pela EPAMIG, em parceria com a Emater-MG, IEF, Embrapa, UFMG e Fundação João Pinheiro. Esses indicadores foram aplicados em cada uma das propriedades que foram diretamente impactadas, a EMATER é responsável pela avaliação do ISA e proposição do PASEA junto ao produtor rural.

A metodologia ISA possibilita uma abordagem mais ampla da propriedade, incluindo os fatores de influência e interdependência que caracterizam o ambiente onde ela está inserida, destacando os sistemas de produção, gestão, habitats naturais, estradas de acesso, ecossistemas aquáticos, diversificação da paisagem agrícola, entre outros. Nesse contexto, cada propriedade é compreendida pelos produtores e extensionistas rurais em sua totalidade, a partir do seu universo particular, destacando o produtor como gestor de todo o conjunto, caracterizado por um agroecossistema.

Dessa forma, o processo de tomada de decisão quanto ao manejo do rejeito deverá considerar, além das metodologias propostas no Plano, também a proposta do PASEA, correlacionando a solução à definição do uso pretendido, à adequação das estruturas de apoio à atividade rural e à diversificação de fonte de renda, que serão definidas em conjunto com cada um dos produtores de acordo com as suas aptidões.

Algumas dessas estruturas que foram afetadas, como os criadouros de peixes, por exemplo, serão planejadas para que a sua reconstrução se dê sob a forma de compensação, utilizando preferencialmente áreas adjacentes na propriedade que não foram afetadas, respeitando as determinações do Código Florestal Estadual e Federal e as condições necessárias para o bom desenvolvimento da atividade no novo local.

Desta forma, o Plano de Manejo deverá sempre observar as propostas de outros programas da FUNDAÇÃO de forma a integrar e associar as iniciativas para proposição de soluções mais adequadas.

### 3.3 Aspectos Meio Biótico

Até o momento houveram poucos avanços na implantação dos programas em atendimento a Biodiversidade. O programa que está sendo executado é o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática em atendimento a uma notificação do IBAMA e a Cláusula 164 do TTAC. Como parte desse programa consta a coletas de peixes, macroinvertebrados aquáticos, fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e ictioplâncton, além de algumas características ambientais em um trecho de aproximadamente 670 km dos rios Gualaxo do Norte/Carmo/Doce. Dos 41 pontos de coleta, 3 pontos encontram-se no Rio Gualaxo do Norte.

Foi elaborado pela Golder Associates (2016), o documento denominado *Plano de Monitoramento da Biodiversidade da Foz do Rio Doce e de Ambientes Estuarinos e Marinhos Impactados*, que traz uma abordagem sobre os impactos na biodiversidade. Apesar de não estar diretamente ligado a biodiversidade do Rio Gualaxo do Norte, esse documento traz alguns vetores de impacto, ainda não definidos em detalhes, a saber:

- *Aumento da concentração de sólidos em suspensão, causando redução da irradiância e redução da produtividade primária de organismos fotossintetizantes (ex. fitoplâncton, macroalgas, corais hermatípicos). Essa alteração pode gerar ainda efeitos bottom-up na teia trófica, com alterações na produção secundária e no fluxo de energia da fauna zooplanctônica, bentônica e nectônica. Além da redução da produção primária, é possível que o aumento da turbidez leve à alteração da estrutura comunidade fitoplânctônica, com possível aumento da dominância de espécies mais eficientes nessas condições e alteração na riqueza de espécies, com possíveis consequências sobre a estrutura das comunidades zooplanctônicas, bentônica e nectônica;*
- *Aumento da concentração de sólidos em suspensão, podendo causar soterramento de vias respiratórias de organismos, especialmente de bentônicos suspensívoros. Como consequência, possíveis mudanças da estrutura da comunidade bentônica, incluindo a redução da riqueza de espécies, podem ocorrer;*
- *Deposição de rejeitos sobre comunidades bentônicas de fundo consolidado e inconsolidado, podendo gerar soterramento de organismos e morte por asfixia em função do aumento da contribuição de sedimentos finos e consequente redução do espaço intersticial;*
- *Contaminação da biota estuarina e marinha por metais que tenham tido sua concentração elevada de forma significativa por consequência do rompimento da barragem. Caso o aumento da concentração de metais em organismos possa ser atribuído ao aumento da concentração dos mesmos metais em água e sedimentos pós-acidente em comparação com*

*condições pré-acidente, é possível que efeitos negativos sobre a biodiversidade tenham ocorrido ou possam vir a ocorrer, a depender do nível de exposição, da toxicidade do metal e da resistência/tolerância da espécie ao metal em questão. Tais efeitos podem variar desde reduções na produção primária ou secundária do organismo até mudanças na estrutura e funcionamento de ecossistemas, incluindo a possibilidade de redução da riqueza de espécies.*

Na ausência de dados específicos, e considerando que no processo de tomada de decisão do Plano de Manejo, o impacto a biodiversidade, segue na definição dos objetivos específicos e portanto, no segundo nível de tomada de decisão (Processo Simplificado), os dados apresentados já são suficientes para apontar a necessidade de adoção de medidas de manejo, com foco nesse aspecto.

### 3.4 Análise de Risco à Saúde Humana e Ecológica

A avaliação de risco à saúde humana deverá ser realizada conforme o ANEXO IV do Plano de Manejo de Rejeitos, denominado “Termo de Referência da Análise de Risco à Saúde Humana”, sem a aplicação da Análise Comparativa de Cenários de Risco.

Serão selecionadas duas áreas denominadas como “área piloto”, uma localizada no estado de Minas Gerais e outra no Espírito Santo, como priorização para aplicação da análise de risco à saúde humana. Entretanto, a análise de risco não será um impeditivo para o andamento da aplicação do plano de manejo, as ações ocorrerão simultaneamente.

## 3.5 Definição de Contextos

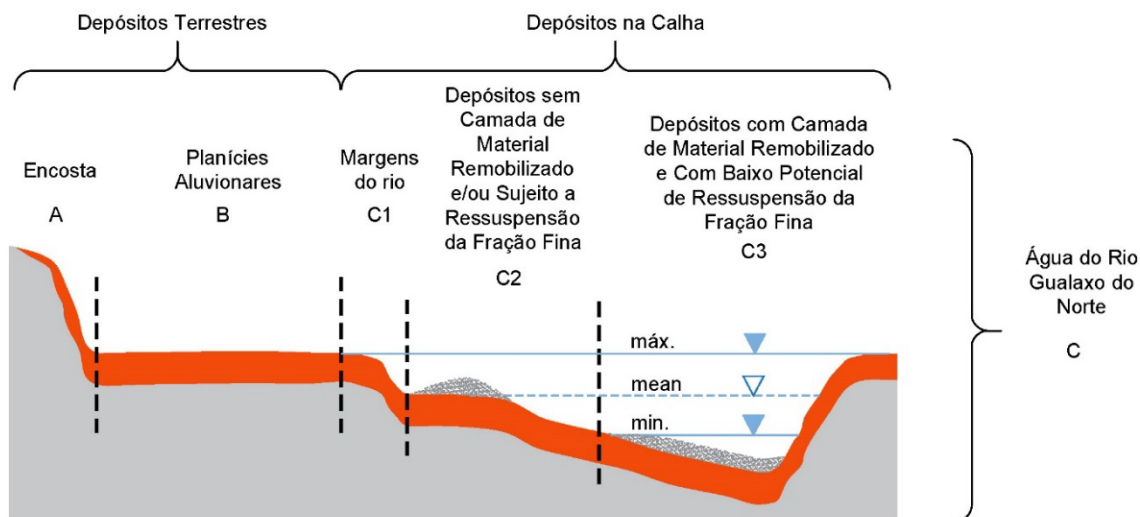
A divisão territorial na escala micro é realizada através da definição de *contextos*. O contexto é o conjunto de características identificadas para um determinado agrupamento de áreas, envolvendo todos os aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos. O processo de tomada de decisão é aplicado para cada contexto, separadamente.

Para o Rio Gualaxo, foram definidos vários contextos distintos, denominados “A” até “D”. A **Tabela 3** define os contextos, por tipo de depósito.

**Tabela 3 Contextos identificados nos Trechos 6, 7, 8 e 9**

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto
<b>Depósito Extra Calha</b>	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	A. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo.
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	B. Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão
<b>Depósito de Calhas</b>	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	C1. Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina.
		C2. Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina.
		C3. Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e sem risco da ressuspensão da fração fina.
	V. Depósitos Arenosos sobre Leitões Rochosos	D. Depósitos em calha fluvial sobre leito rochoso

O contexto D quase não é mais perceptível em campo, devido aos processos naturais de transporte de sedimentos. Além do mais, devido a sua composição arenosa e volume pequeno, não há objetivos específicos de manejo para este contexto, nem mesmo o seu monitoramento. Portanto, durante o processo de triagem, este contexto será removido. A Figura 6 mostra um desenho conceitual de uma seção transversal destes contextos nos trechos estudados do Rio Gualaxo do Norte.



**Figura 6: Desenho conceitual de uma seção transversal dos contextos A, B e C nos Trechos 6, 7, 8 e 9 do Rio Gualaxo.**

**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 Triagem das Áreas de Interesse

O nível 1 do processo de tomada de decisão é chamada de triagem. A triagem envolve a seleção das áreas para o manejo e definição dos objetivos específicos por contexto.

A partir da análise das informações existentes e coletadas em campo, todas áreas relativas aos trechos selecionados, seguem para o 2º nível de tomada de decisão (processo simplificado), exceto o Contexto D. Esse contexto quase não é mais perceptível em campo, devido aos processos naturais de transporte de sedimentos. Além disso, devido a sua composição arenosa e volume pequeno, não há objetivos específicos de manejo para este contexto, nem mesmo o seu monitoramento.

### 4.1 Depósitos extra calha

De maneira geral, a vegetação encontra-se em processo de regeneração nas planícies de aluvionares, o que fornece proteção natural contra erosão. As margens estão estáveis e o risco de erosão provavelmente é baixo.

O risco de remobilização de rejeitos nas planícies aluvionares também é baixo na maioria das áreas, e o plano de monitoramento das intervenções, proposto no PG 15, deverá avaliar a eficácia das ações.

Os depósitos extra calha, embora presentes em grande extensão sobre as planícies aluvionares e em parte da base das encostas adjacentes a essas planícies, não constituem a principal fonte para a degradação da qualidade das águas do rio Gualaxo do Norte.

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.

### 4.2 Água superficial

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, vem 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.

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 reestabelecimento da fauna aquática.

Os elevados níveis 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). Conseqüentemente, um dos principais objetivos refere-se ao progresso na redução dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte no padrão de qualidade da água (100 NTU durante época de seca).

Existem outras situações que contribuem para a turbidez, como as margens com rejeito exposto, as obras a montante (obras no rio e nas margens) e atividades de garimpo.

## 4.3 Depósitos de calhas

No depósito de calhas, temos a subdivisão em 4 contextos. O contexto C1 refere-se aos depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina. 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. A Tabela 2 mostra o status das ações de andamento do PG 25, nos trechos 6 a 9.

Os depósitos de calha dos contextos C2 e C3 diferenciam-se, quanto a existência ou não de uma camada de material remobilizado (*lag layer*) com potencial de ressuspensão da fração fina. Informações sobre a espessura dessa camada, consta no Anexo I. 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 o que 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 são depositados no leito do rio, eles são erodidos, transportados e depositados novamente por processos fluviais.

## 4.4 Definição dos Objetivos Específicos

Para os depósitos extra calha, água superficial do rio e os depósitos de calhas, foram identificados os objetivos específicos listados na Tabela 4.

**Tabela 4: Objetivos específicos por contexto**

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto	Objetivos específicos
Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	A. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar a erosão das encostas</li> <li>▪ Regeneração da vegetação original</li> <li>▪ Restauração da biodiversidade terrestre</li> </ul>
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	B. Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar a erosão das planícies</li> <li>▪ Regeneração da vegetação original</li> <li>▪ Restauração da biodiversidade terrestre</li> <li>▪ Recuperação da produtividade do solo</li> </ul>
Água Superficial	N/A	C. Água do Rio Gualaxo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco</li> <li>▪ Restauração da biodiversidade aquática</li> </ul>
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha	C1. Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar a erosão das margens</li> <li>▪ Regeneração da vegetação original e reconstituição das APPs</li> </ul>
		C2. Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado</li> </ul>

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito	Contexto	Objetivos específicos
		C3. Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e com baixo risco da ressuspensão da fração fina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Promover a formação de camadas superficiais (substrato) de granulometria grossa</li> <li>▪ Restauração da biodiversidade aquática.</li> <li>▪ Restauração da biodiversidade aquática.</li> </ul>

## 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. O processo segue a metodologia descrita na Seção 11.3 do Plano de Manejo e utiliza os seguintes critérios: 1. Efetividade em atingir os objetivos específicos; 2. Viabilidade técnica e administrativa; 3. Impactos e riscos causados pelo manejo; e 4. Tempo de implementação.

A seguir será apresentação a descrição do processo de tomada de decisão, por contexto:

### 5.1 Contexto A – Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das encostas;
- Regeneração da vegetação original; e
- Restauração da biodiversidade terrestre.

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.

No caso presente, estão restritos às encostas dos vales encaixados, normalmente de constituição rochosa ou com fina camada de solos de alteração, os quais foram removidos total ou parcialmente pela erosão durante a passagem da onda de cheia.

Na regressão da onda de cheia, materiais detríticos foram depositados sobre tais encostas, porém em volumes restritos, em nichos e reentrâncias. Entretanto, passados dois períodos chuvosos, grande parte desses materiais já sofreu erosão e os volumes remanescentes estão fixados pela vegetação que também se estabeleceu sobre os mesmos.

Dessa forma, não há necessidade de estudar alternativas de manejo para este contexto. As áreas inseridas nesse Contexto devem ser monitoradas e onde foram identificadas possibilidade de erosão, devem ser tomadas as medidas cabíveis para esse controle.

### 5.2 Contexto B – Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das planícies;
- Regeneração da vegetação original;

- Restauração da biodiversidade terrestre; e
- Recuperação da produtividade do solo.

### 5.2.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:













1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito, recomposição com solo de empréstimo e revegetação.
2. Continuidade do PG 17, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras partes.
3. Continuidade do PG 17, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos.

Na Seção 3.2 consta um resumo do PG 17 - Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias.

### 5.2.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 10 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

**Tabela 5: Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito, recomposição com solo de empréstimo e revegetação	 5	 3	 2	 3	5x3x2x3=90
2. Continuidade do PG 17, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras partes	 4	 3	 3	 3	4x3x3x3=108
3. Continuidade do PG 17, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos.	 3	 3	 4	 3	3x3x4x3=108

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativas 1, 2 e 3 atingem todos os objetivos e incluem melhorias (e.g., melhorias na produtividade do solo), porém somente podemos conceder a nota 5 para a Alternativa 1 que prevê a remoção completa dos rejeitos depositados nas margens do Rio Gualaxo.
- Nas alternativas 2 e 3, parte dos rejeitos permanece nas planícies aluvionares e portanto, existe a possibilidade da erosão das planícies durante eventos extremos (e.g., vazões muito altas), dessa forma, foi instruída a nota 4 e 3 para as alternativas 2 e 3, respectivamente.

#### 2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Todas as alternativas são tecnicamente e administrativamente viáveis, ou seja, a viabilidade não é um fator diferenciador, portanto, todas as alternativas receberam uma nota 3.

#### 3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1 exige a supressão da vegetação existente, e a descontinuidade provisória das ações previstas no PG 17. 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 e grande movimentação e tráfego de caminhões, dessa forma, foi concedida a nota 2.
- Na Alternativa 2, a escavação será de menor porte, comparado com a Alternativa 1, portanto, foi concedida a nota 3.
- A Alternativa 3 não haverá os impactos previstos na remoção e se considerarmos que as ações do PG 17 serão implementadas, incluindo o programa de recuperação do solo e a restauração das atividades agropecuárias, por propriedade. Para esse cenário, concedemos a nota 4.

#### 4. Tempo de implementação:

- Nenhuma das alternativas apresentam um tempo de implementação dentro de um ciclo hidrológico. Dessa forma, todas as alternativas podem ser realizadas dentro do prazo do TTAC, não sendo, o tempo de implementação, considerado um fator diferenciador. Foi concedida a nota 3 para as três alternativas.

### 5.2.3 Medidas Corretivas Propostas

As Alternativas 2 e 3 obtiveram a maior pontuação, mas a Alternativa 1 obteve uma pontuação muito próxima, ou seja, o nível 2 do processo de tomada de decisão não foi capaz de diferenciar entre as alternativas de manejo analisadas. Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se avançar para o nível 3 de tomada de decisão, a Análise de Custo – Benefício (ACB).

Vale ressaltar que o ACB precisa do apoio de outras ferramentas, como os programas de monitoramento em andamento (PG 38) e modelagem hidráulica e de transporte de sedimentos.

Além disto, ressaltamos a importância da continuidade do PG 17, e a incorporação dos dados e do conhecimento obtido nesse programa para auxiliar na análise e na tomada de decisão.

## 5.3 Contexto C – Água do Rio Gualaxo do Norte.

Objetivos específicos para este contexto:

- Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme CLÁUSULA 157 do TTAC) ao longo do rio Gualaxo do Norte

- Restauração da biodiversidade aquática
- Restauração do uso da água

### 5.3.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Construção de três diques no Rio Gualaxo, funcionando como bacias de retenção de sedimentos.
2. Tratamento in-line, na foz do Rio Gualaxo, utilizando os Sistema FlotFlux®;
3. Tratamento off-line ao longo do Rio Gualaxo, utilizando sistemas de tratamento naturais;
4. Nenhum tratamento da água do Rio Gualaxo – apenas o manejo de rejeitos (remoção, estabilização, etc.)

#### **Alternativa 1. Construção de três diques ao longo do Rio Gualaxo do Norte, funcionando como bacias de retenção de sedimentos.**

- Implantação de três diques de retenção para contenção de sedimentos ao longo do Rio Gualaxo do Norte;
- Possibilidade de aplicação de floculantes e coagulantes para a decantação das partículas sólidas mais finas;
- Resepamento das áreas a montante dos diques; e
- Remoção periódica dos sedimentos e disposição dos sólidos para fora da área de impacto.

Tempo de implantação: 7 meses.

Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível normal.

#### **Alternativa 2. Tratamento in-line, na foz do Rio Gualaxo, utilizando o sistema FlotFlux®**

- Instalação e operação de um ETE (floculação e flotação) dentro do leito do rio, na foz do Rio Gualaxo;
- Uso de insumos químicos (floculantes, coagulantes e outros) dentro do rio;
- Implantação de uma unidade de tratamento do rio; e
- Remoção e disposição dos resíduos sólidos gerados.

Tempo de implantação: 1 ano.

Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível normal.

#### **Alternativa 3. Sistema de Tratamento Natural off-line em três planícies ao longo do Rio Gualaxo, utilizando sistemas naturais**

- Desvio parcial das águas do rio por médio de pequenas estruturas de desvio que não mudam a dinâmica natural do rio.
- By-pass para dar continuidade à vida aquática e tratamento em bacias de retenção, instaladas em planícies aluvionares, e *wetlands* viveiros de vida aquática;
- Uso de floculantes nas bacias de retenção (off-line);

- Remoção e disposição dos resíduos sólidos que ficam retidos na bacia de sedimentação; e
- Descomissionamento simples das áreas de tratamento e revegetação e/ou recondicionamento das unidades, dependendo do uso futuro.

Tempo de implantação: 4 meses de um site e em até 1 ano dos 3 sites.

Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível normal.

#### Alternativa 4. Monitoramento da qualidade de água do Rio Gualaxo do Norte

- Monitoramento ambiental

Tempo de implementação: imediato.



Tempo de operação: Até a turbidez voltar ao nível normal.

Esta alternativa depende integralmente do manejo dos rejeitos nos demais contextos, para poder reduzir a turbidez.

### 5.3.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 11 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

**Tabela 6: Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C – Água do Rio Gualaxo**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Construção de três diques ao longo do Rio Gualaxo, funcionando como bacias de retenção de sedimentos	 2	 3	 2	 3	2x3x2x3=36
2. Tratamento <i>in-line</i> , na foz do Rio Gualaxo do Norte, utilizando o sistema FlotFlux®	 3	 3	 2	 3	3x3x2x3=54
3. Tratamento <i>off-line</i> ao longo do Rio Gualaxo do Norte, utilizando sistemas de tratamento naturais	 4	 3	 4	 4	4x3x4x4=192
4. Monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte	 1	 5	 5	 5	1x5x5x5=125

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativa 1 – a construção dos diques, sem adição de floculantes no rio, possui uma eficiência de retenção de sedimentos que pode chegar a 35% em um ano hidrológico de vazões médias, promovendo condições de continuidade à vida aquática. No caso de utilização

de floculantes, por meio de uma estimativa empírica do aumento da eficiência de retenção, chegou-se a eficiência média de até 60% para o período de um ano hidrológico de vazões médias, impossibilitando a continuação da vida aquática e dificultando a rápida restauração de sua biodiversidade. Como vantagem, esta alternativa permite o tratamento ao longo do rio Gualaxo do Norte e como desvantagem, os objetivos específicos são atingidos em parte do tempo e haverá a necessidade de construção de diques de grande porte gerando grandes impactos na água. Portanto, concedemos a nota 2.

- Alternativa 2 – o tratamento *in-line*, com adição de floculantes no rio, será capaz de tratar a turbidez por mais de 95% do tempo (30 m<sup>3</sup>/s). Porém, devido ao alto investimento, e infraestrutura envolvida, o tratamento apenas é viável quando implementado na foz do Rio Gualaxo do Norte. Ou seja, esta alternativa não trata a parte alta da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte. Além de dificultar a rápida restauração da biodiversidade aquática a montante, devido à falta de tratamento, e a jusante, devido a adição de produtos químicos. Obras na calha do rio produzirão impactos na água durante o período de construção. Portanto, concedemos a nota 3.
- Alternativa 3 – O sistema de tratamento natural off-line, será capaz de tratar a turbidez entre 95% e 75% do tempo em três pontos ao longo do Rio Gualaxo do Norte. Deverá ser avaliada a lavagem associadas às cheias considerando que as bacias de sedimentação com adição de produtos químicos encontram-se localizadas nas planícies aluvionares. Pequenas obras no rio minimizam o impacto na água durante o período de construção. Por possuir o by-pass para dar continuidade à vida aquática e *wetlands* como viveiros de vida aquática, o sistema permitirá uma acelerada restauração da biodiversidade aquática. Portanto, concedemos a nota 4.
- Alternativa 4 – o monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte, não prevê nenhum tratamento. Esta alternativa depende integralmente do manejo dos rejeitos nos demais contextos, para eficiente redução da turbidez. Enquanto estas obras estão em andamento e há depósitos sujeitos a ressuspensão da fração fina, a geração de turbidez será contínua. Além do mais, durante a execução das obras, temporariamente eleva o nível de turbidez. Não há medidas de controle para estas obras para evitar esta situação. Dessa forma, a pontuação foi 1.

## 2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativa 1 – a construção dos diques, sem ou com adição de floculantes e coagulantes no rio, é tecnicamente e administrativamente viável. Porém, na deliberação n° 37 do CIF do dia 24 de novembro de 2016 solicitaram-se informações complementares para validar esta solução, e portanto, concedemos a nota 3.
- Alternativa 2 – o tratamento *in-line*, com adição de floculantes no rio, é tecnicamente e administrativamente viável. Porém, apresenta um elevado investimento e depende de aprovações específicas, visto que o tratamento da água ocorrerá diretamente no leito do rio. Portanto, concedemos a nota 3.
- Alternativa 3 – O sistema de tratamento natural off-line, é tecnicamente e administrativamente viável. A implementação desta alternativa é mais fácil do que a alternativa 2, depende de autorização, todavia, todo o tratamento é feito off-line. Igualmente, estudos específicos deverão ser realizados para demonstrar que não haverá impactos da lavagem pelas cheias. Portanto, concedemos a nota 3.
- Alternativa 4 – o monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte, é tecnicamente e administrativamente viável, pois não envolve obras e autorização específica, dessa forma, concedemos a nota 5.

### 3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativa 1 – a construção dos diques, sem ou com adição de floculantes no rio, causa o alagamento de grandes áreas mudando a hidrodinâmica natural do corpo hídrico. Caso sejam utilizados coagulantes e floculantes para aumentar a eficiência os do tratamento, os produtos eliminariam toda a vida aquática do rio, portanto, concedemos a nota 2.
- Alternativa 2 – a adição de floculantes e coagulantes diretamente no rio, eliminaria toda a vida aquática do rio. Uma unidade de tratamento do rio do grande porte deverá ser construída nas planícies e descomissionada uma vez atingidos os objetivos (Até a turbidez voltar ao nível normal). Portanto, concedemos a nota 2.
- Alternativa 3 – O sistema de tratamento natural off-line, possui uma pequena área de represamento devido às estruturas de desvio com altura entre 1 e 2m sem alterar a dinâmica natural; os produtos químicos não ingressam no rio na operação normal e os *wetlands* aceleram a recuperação da biodiversidade aquática e terrestre atuando como viveiros para geração de vida. Produtos químicos podem ingressar no rio nos eventos extremos de cheias e deverá ser avaliado o impacto. Pela ausência de impactos significativos e por ser considerado uma tecnologia sustentável, concedemos a nota 4.
- Alternativa 4 – o monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo, é inofensivo. Portanto concedemos a nota 3.

### 4. Tempo de implementação:

- Alternativa 1 – construção dos diques, sem ou com adição de floculantes no rio, apresentam um tempo de implementação dentro de um ciclo hidrológico, portanto, foi concedida a nota 3.
- Alternativa 2– a adição de floculantes e coagulantes diretamente no rio, apresentam um tempo de implementação dentro de um ciclo hidrológico, portanto, foi concedida a nota 3.
- Alternativas 3 - O sistema de tratamento natural off-line, permite a implantação de pelo menos um sistema em um prazo de 4 meses, e dos outros dois dentro de um ciclo hidrológico, portanto, foi concedida a nota 4.
- Alternativa 4 o monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo, não prevê nenhuma obra e a sua implementação poderia ser de imediata, portanto, concedemos a nota 5.

### 5.3.3 Medidas Corretivas Propostas

A Alternativa 3, Tratamento off-line em três planícies ao longo do Rio Gualaxo do Norte, utilizando sistemas de tratamento natural off-line, teve a maior pontuação. Isto significa a construção de três sistemas de tratamento de água, ao longo do Rio Gualaxo. O conceito de Sistemas de Tratamento Natural (STN) off-line para reduzir os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte envolve o desvio da água do rio para bacias de sedimentação e *wetlands* artificiais. Para que este conceito seja viável, deve haver uma área relativamente plana adjacente à calha do rio e o mesmo deverá estar disponível para a construção de bacias e *wetlands*. A sua vez, este terreno deve estar a uma certa elevação que permita o desvio por gravidade da água do rio para o STN off-line.

Os locais para implantação devem estar distribuídos a montante, meio e jusante dos Trechos 8 e 9 proporcionam a redução na turbidez ao longo do rio. Isto é importante, por que as cargas mais excessivas de sedimentos finos, encontrem se nas partes altas da bacia hidrográfica.

Os STN off-line, visam a continuidade da vida aquática, dessa forma, uma parte da vazão do rio será desviada para o tratamento e parte não será desviada para o processo de tratamento. Dentre a parcela encaminhada para tratamento, uma pequena porção será tratada com 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. A vazão combinada da água tratada apenas nas *wetlands*, quando misturada com a vazão tratada nas bacias de sedimentação com adição de coagulantes e floculantes, fora do curso natural do rio, 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.

Os STN devem comportar uma vazão suficiente para atender o alvo de 100 NTU no período seco e apenas não atender este objetivo em eventos extremos de cheias, conseguindo mesmo assim tratar uma grande parcela de vazão no período chuvoso, reduzindo de forma considerável os valores de turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte.

Como a adição de floculantes e coagulantes acontece nas bacias de sedimentação, deve ser avaliado o impacto na qualidade da água na eventualidade de um evento de cheia adentrar o sistema.

Sendo que é fatível a implantação e pelo menos um STN no prazo de 4 meses, e de aproximadamente um ciclo hidrológico para o tratamento da água ao longo do Rio Gualaxo do Norte, deve inclusive ser implantado visando minimizar os impactos decorrentes das obras realizadas no rio Gualaxo do Norte. Da mesma forma, o STN deveria ser predecessor a qualquer atividade de manejo relacionado com a remoção do rejeito na calha, pois iria minimizar o impacto dessa atividade.

## 5.4 Contexto C1 - Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a erosão das margens; e
- Regeneração da vegetação original e reconstituição dos APPs.

### 5.4.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito depositado nas margens, recomposição do solo e estabilização dos taludes.
2. Continuidade do PG 25, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras áreas.
3. Continuidade do PG 25, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos.













Na Seção 3.2 consta um resumo do PG 25 - Recuperação da Área ambiental 1 (Cláusula 184 - TTAC)

Conforme a análise realizada para o Contexto C – Água do Rio Gualaxo, foi indicada a importância do tratamento da água superficial durante a fase do manejo dos rejeitos, ou seja, cada alternativa de manejo para este contexto, implicitamente supõe a implementação do(s) sistema(s) de tratamento, selecionado(s) na Seção 5.3.

### 5.4.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 12 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

**Tabela 7: Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C1**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito depositado nas margens, importação de solo de empréstimo e estabilização dos taludes (similar ao PG 25).	 5	 3	 2	 3	5x3x2x3=90
2. Continuidade do PG 25, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras áreas	 4	 3	 3	 3	4x3x3x3=108
3. Continuidade do PG 25, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos	 3	 3	 4	 3	3x3x4x3=108

**1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:**

- Alternativas 1, 2 e 3 - atingem todos os objetivos e incluem melhorias (e.g., revegetação dos APPs), porém, somente podemos conceder a nota 5 para a Alternativa 1 que prevê a remoção completa dos rejeitos depositados nas margens do Rio Gualaxo.
- Nas alternativas 2 e 3, parte dos rejeitos permanece nas margens e portanto, existe a possibilidade da erosão das margens durante eventos extremos (e.g., vazões muito altas). Portanto, foi concedida a nota 4 e 3 para as alternativas 2 e 3, respectivamente.

**2. Viabilidade técnica e administrativa:**

- Todas as alternativas são tecnicamente e administrativamente viáveis. Ou seja, a viabilidade não é um fator diferenciador, portanto, todas as alternativas receberam uma nota 3.

**3. Impactos e riscos causados pelo manejo:**

- Alternativa 1 - exige a supressão da vegetação existente, e a retirada da maioria das medidas emergências, implementadas no PG 25, causando um aumento temporário de turbidez. Essa alternativa causa impactos, pois, torna-se necessária a disposição de rejeito em áreas externas, impactos em áreas de empréstimo para a recomposição do solo e grande movimentação e tráfego de caminhões. Nesse caso foi concedida a nota 2.

- Na Alternativa 2, a escavação será de menor porte, comparado com a Alternativa 1, portanto, foi concedida a nota 3.
- A Alternativa 3 - não haverá os impactos previstos na remoção, dessa forma, foi concedida a nota 4.

#### 4. Tempo de implementação:

- Nenhuma das alternativas apresentam um tempo de implementação dentro de um ciclo hidrológico. Porém, todas as alternativas podem ser realizadas dentro do prazo do TTAC, ou seja, o tempo de implementação não foi considerado um fator diferenciador. Nesse caso, foi concedida a nota 3 para as três alternativas.

### 5.4.3 Medidas Corretivas Propostas

As Alternativas 2 e 3 obtiveram a maior pontuação, mas a Alternativa 1 obteve uma pontuação muito próxima, ou seja, o nível 2 do processo de tomada de decisão não foi capaz de diferenciar entre as alternativas de manejo analisadas. Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se avançar para o nível 3 de tomada de decisão, a Análise de Custo – Benefício (ACB).

Vale ressaltar que o ACB precisa do apoio de outras ferramentas, como os programas de monitoramento em andamento (PG 38) e modelagem hidráulica e de transporte de sedimentos.

Independentemente do processo de tomada de decisão, é importante dar continuidade ao PG25 nas APs e ANPs com obras específicas, em locais onde a estabilidade da margem ameaça a infra-estrutura ou onde foram identificados problemas (por exemplo, processos ativos de erosão, estabilidade ou avulsão do canal).

## 5.5 Contexto C2 – Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina.

Objetivos específicos para este contexto:

- Evitar a ressuspensão da fração fina do material depositado;
- Promover a formação de camadas superficiais (substrato) de granulometria grossa; e
- Restauração da biodiversidade aquática.

### 5.5.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção do material detrítico depositado no evento e destinação para fora da área impactada;
2. Remoção do material detrítico depositado no evento e deposição em diques marginais;
3. Capeamento do material detrítico depositado no evento;
4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.

















Conforme a análise realizada para o Contexto C – Água do Rio Gualaxo, foi determinado que é importante o tratamento da água superficial durante a fase do manejo dos rejeitos, ou seja, cada

alternativa de manejo para este contexto, implicitamente supõe a implementação do(s) sistema(s) de tratamento, selecionado(s) na Seção 5.3.

## 5.5.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 13 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

**Tabela 8: Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C2**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção do material detritico depositado no evento e destinação para fora da área impactada	 4	 4	 3	 3	4x4x3x3=144
2. Remoção do material detritico depositado no evento e deposição em diques marginais	 4	 3	 3	 3	4x3x3x3=108
3. Capeamento do material detritico depositado no evento	 4	 2	 3	 3	4x2x3x3=72
4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.	 2	 5	 5	 2	2x5x5x2=100

### 1. Efetividade em atingir os objetivos específicos:

- Alternativas 1, 2 e 3 atingem todas os objetivos específicos, porém não incluem grandes melhorias, quando comparada com a situação anterior ao evento, portanto foi atribuída a nota 4;
- Alternativa 4 não atinge todos os objetivos específicos, pois não evita a ressuspensão da fração fina do material depositado, portanto, foi atribuída a nota 2.

### 2. Viabilidade técnica e administrativa:

- Alternativas 1 e 2 são viáveis, mas sofrem na fase de implementação, em função de alguns trechos com dificuldade de acesso. A Alternativa 2 prevê ainda a construção de diques marginais, restringindo assim o rio e aumentando o seu potencial erosivo. Foram concedidas as notas 4 e 3, respectivamente;
- Alternativa 3 apresenta grandes dificuldades de implementação, principalmente a montante no Rio Gualaxo, devido a espessura do rejeito consolidado, dessa forma, foi atribuída a nota 2.
- Alternativa 4 não apresenta dificuldade de implementação ou licenciamento, portanto nota 5.

### 3. Impactos e riscos causados pelo manejo:

- Alternativas 1, 2 e 3 causam um aumento temporário de turbidez durante a obra. Elas também causam impactos nas jazidas de solo de empréstimo e áreas de destinação de rejeito. Porém, o aumento temporário na turbidez será parcialmente controlado pela implementação do(s) sistema(s) de tratamento, selecionado(s) na Seção 5.3. Portanto, foi concedida a nota 3 para as três alternativas.
- Alternativa 4 não apresenta impactos ou riscos, portanto foi atribuída a nota 5.

#### 4. Tempo de implementação:

- Alternativas 1, 2 e 3 apresentam um tempo de implementação dentro do intervalo de 2 a 8 anos, mas não dentro de um ciclo hidrológico. Portanto, foi concedida a nota 3 para as três alternativas.
- Alternativa 4 não prevê nenhum condicionamento dos rejeitos em calha. Estimamos, sem estudo técnico ou modelagem específica, que a regeneração natural, sem intervenção humana, demoraria mais do que 8 anos. Portanto, foi concedida a nota 2.

### 5.5.3 Medidas Corretivas Propostas

A Alternativa 1, a remoção do material detrítico depositado no evento e destinação para fora da área impactada, teve a maior pontuação. Isto significa mitigar as cargas excessivas de sedimentos finos, principalmente a montante no Rio Gualaxo do Norte, onde as vazões são menores e as cargas sedimentos são relativamente mais elevadas.

O manejo dos depósitos de rejeitos em locais específicos, onde os rejeitos podem ser removidos do canal principal e estabilizados em áreas na planície de inundação ou levados para outros locais, pode trazer grande melhoria para qualidade do rio e para a vida aquática.

Existem áreas ao longo do canal com depósitos de rejeitos que devem ser removidos do rio de maneira controlada, utilizando as condições geomorfológicas e hidráulicas naturais do rio, durante a estação seca, minimizando os impactos na qualidade da água ou no ambiente fluvial. O **Anexo I** desse relatório, traz um critério de priorização de áreas que poderá ser utilizado para iniciar as ações de manejo. O projeto de remoção deve ser elaborado com base na modelagem hidrodráulica e de transporte de sedimentos, bem como no mapeamento detalhado do material detrítico ao longo do rio.

## 5.6 Contexto C3 – Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e com baixo risco da ressuspensão da fração fina.

Objetivos específicos para este contexto:

- Restauração da biodiversidade de organismos aquáticos.

### 5.6.1 Definição de Alternativas de Manejo

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo deste contexto:

1. Remoção do material detrítico depositado no evento e destinação para fora da área impactada;
2. Remoção do material detrítico depositado no evento e deposição em diques marginais;
3. Capeamento do material detrítico depositado no evento;

















#### 4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.

Conforme a análise realizada para o Contexto C – Água do Rio Gualaxo foi determinado que é importante o tratamento da água superficial durante a fase do manejo dos rejeitos, ou seja, cada alternativa de manejo para este contexto, implicitamente supõe a implementação do(s) sistema(s) de tratamento, selecionado(s) na Seção 5.3.

### 5.6.2 Processo Simplificado de Tomada de Decisão

A Tabela 14 mostra as notas e a pontuação de cada alternativa de manejo analisada.

**Tabela 9: Análise Simplificada de Tomada de Decisão para o Contexto C3**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção do material detrítico depositado no evento e destinação para fora da área impactada	 4	 4	 3	 3	4x4x3x3=144
2. Remoção do material detrítico depositado no evento e deposição em diques marginais	 4	 3	 3	 3	4x3x3x3=108
3. Capeamento do material detrítico depositado no evento	 4	 2	 3	 3	4x2x3x3=72
4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.	 4	 5	 5	 2	4x5x5x2=200

Na pontuação da coluna 1, foi utilizado o seguinte raciocínio: Todas as alternativas atingem todos os objetivos específicos, porém não incluem grandes melhorias, quando comparada com a situação anterior ao evento, portanto concedemos a nota 4.

Na pontuação das colunas 2, 3, e 4 foi utilizado o mesmo raciocínio do para o Contexto C2, ou seja, a pontuação deste contexto é semelhante a pontuação do Contexto C2, salvo a coluna 1 da Alternativa 4, que mudou de 2 para 4.

### 5.6.3 Medidas Corretivas Propostas

A Alternativa 4, o monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial, teve a maior pontuação. Isto demonstra que com as informações existentes até o presente momento, a melhor alternativa seria não remover os depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e sem risco da ressuspensão da fração fina.

Todavia, para o melhor entendimento e confirmação dessa dinâmica é necessário o mapeamento, monitoramento e a modelo hidráulico e de transporte de sedimentos.

## 6 Conclusões

Esse relatório relata a aplicação do Plano de Manejo de rejeito para 4 trechos específicos denominados de 6 a 9, que refere-se especificamente ao Rio Gualaxo do Norte. Para tanto, foi realizada a caracterização da área em estudo através de atividades de campo realizadas entre os dias 03 a 13 de Maio de 2017. O relatório completo com as informações de campo encontra-se no **Anexo I - Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio Gualaxo do Norte**.

Foram identificados 4 tipos de deposição de rejeito originalmente formados com a passagem do fluxo de material detrítico originado pelo evento de ruptura da barragem de Fundão no Trecho de 6 a 9, conforme anteriormente apresentado no Plano de Manejo de Rejeito, são esses:

Deposição de rejeitos	Tipo de Depósito
Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha
	V. Depósitos Arenosos sobre Leitos Rochosos

Com base na definição dos tipos de depósitos foram definidos os contextos denominados de “A” até “D”, a seguir descritos:

- A. Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo.
- B. Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão
- C. Água do Gualaxo do Norte
- C1. Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina.
- C2. Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina.
- C3. Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e sem risco da ressuspensão da fração fina.
- D. Depósitos em calha fluvial sobre leito rochoso.

Na primeira etapa do processo de tomada de decisão, a triagem, define-se que todas as áreas mapeadas e contextos apresentados seguem para o 2º nível de tomada de decisão (Processo simplificado) e definição dos objetivos específicos. Cada contexto possui 1 ou mais objetivos específicos.

No processo simplificado, foram definidas as alternativas de manejo para cada contexto e objetivos específicos e a atribuição das notas, considerando os critérios previamente estabelecidos:

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

Para cada contexto, a seguinte alternativa de manejo foi indicada, conforme o processo de tomada de decisão:

- **Contexto A** - Depósitos sobre solos naturais com vegetação florestal nativa susceptíveis à erosão ou superfícies rochosas decorrentes da remoção da vegetação e do solo. Conclui-se que não há necessidade de estudar alternativas de manejo diferentes para este contexto. As áreas inseridas no Contexto devem ser monitoradas e onde foram identificadas possibilidade de erosão, devem ser tomadas as medidas cabíveis para esse controle, visto que passados dois períodos chuvosos, parte desses materiais já sofreu erosão e os volumes remanescentes estão fixados pela vegetação que se fixou sobre os mesmos.
- **Contexto B**. Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão. Para esse caso, as pontuações ou foram iguais ou muito próximas, ou seja, o nível 2 do processo de tomada de decisão não foi capaz de diferenciar entre as alternativas de manejo analisadas (remoção total, parcial ou não remoção). Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se avançar para o nível 3 de tomada de decisão: Análise de Custo – Benefício (ACB).
- **Contexto C**. Água do Gualaxo do Norte. A Alternativa selecionada refere-se ao Tratamento off-line em três planícies ao longo do Rio Gualaxo, utilizando sistemas naturais. A Alternativa 3, Tratamento off-line em três planícies ao longo do Rio Gualaxo do Norte, utilizando sistemas de tratamento natural off-line, teve a maior pontuação. Isto significa a construção de três sistemas de tratamento de água, ao longo do Rio Gualaxo. O conceito de Sistemas de Tratamento Natural (STN) off-line para reduzir os níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte envolve o desvio da água do rio para bacias de sedimentação e wetlands artificiais. Para que este conceito seja viável, deve haver uma área relativamente plana adjacente à calha do rio e o mesmo deverá estar disponível para a construção de bacias e wetlands. A sua vez, este terreno deve estar a uma certa elevação que permita o desvio por gravidade da água do rio para o STN off-line.
- **Contexto C1**. Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina. Para esse caso, as pontuações ou foram iguais ou muito próximas, ou seja, o nível 2 do processo de tomada de decisão não foi capaz de diferenciar entre as alternativas de manejo analisadas (remoção total, parcial ou não remoção). Nesse caso, conforme previsto no Plano de Manejo de Rejeito, recomenda-se avançar para o nível 3 de tomada de decisão: A Análise de Custo – Benefício (ACB).
- **Contexto C2**. Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina. A Alternativa de remoção do material detrítico depositado no evento e destinação para fora da área impactada, teve a maior pontuação.

Existem áreas ao longo do canal com depósitos de rejeitos que devem ser removidos do rio de maneira controlada, utilizando as condições geomorfológicas e hidráulicas naturais do rio, durante a estação seca, minimizando os impactos na qualidade da água ou no ambiente fluvial. O **Anexo 1** desse relatório, traz um critério de priorização de áreas que poderá ser utilizado para iniciar as ações de manejo. O projeto de remoção deve ser elaborado com base na modelagem hidráulica e de transporte de sedimentos, bem como no mapeamento detalhado do material detrítico ao longo do rio.

- **Contexto C3**. Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e sem risco da ressuspensão da fração fina. O monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial, teve a maior pontuação. Com as informações existentes até o presente momento, a melhor alternativa seria não remover os depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e com baixo risco da ressuspensão da fração fina. Todavia, nesse caso, torna-se

necessário a realização do mapeamento, monitoramento e a modelagem hidráulica e de transporte de sedimentos.

- Contexto D. *Depósitos em calha fluvial sobre leito rochoso*. O contexto D quase não é mais perceptível em campo, devido aos processos naturais de transporte de sedimentos.

A Figura 7 resume a alternativa selecionada em cada um dos contextos definidos.

A aplicação do Plano de Manejo foi subdividida em 5 etapas considerando as especificidades dos trechos e tipos de depósitos. Dessa forma, o Plano de Manejo será aplicado, considerando os seguintes agrupamentos por trechos:

- Trecho 1 a 5: a montante dos diques S3 e S4;
- Trecho 10 a 12: Rio do Carmo e Reservatório de Candonga;
- Trecho 13 a 16: Impactos concentrados na calha do Rio Doce;
- Trecho 17: Zona Marinha Costeira.

Contexto B - Depósitos sobre solos naturais com vegetação nativa ou pastagem/cultivos removida pelo evento, susceptíveis à erosão

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito, recomposição com solo de empréstimo e revegetação	● 5	● 3	● 2	● 3	5x3x2x3=90
2. Continuidade do PG 17, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras partes	● 4	● 3	● 3	● 3	4x3x3x3=108
3. Continuidade do PG 17, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos.	● 3	● 3	● 4	● 3	3x3x4x3=108

Análise Custo Benefício (ACB)

Contexto C1 - Depósitos nas margens do leito fluvial sujeito a ressuspensão da fração fina.

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Supressão de vegetação, remoção da maior parte do rejeito depositado nas margens, importação de solo de empréstimo e estabilização dos taludes (similar ao PG 25).	● 5	● 3	● 2	● 3	5x3x2x3=90
2. Continuidade do PG 25, com remoção de pequenos volumes de rejeito das partes mais vulneráveis à erosão e monitoramento dos processos erosivos em outras áreas	● 4	● 3	● 3	● 3	4x3x3x3=108
3. Continuidade do PG 25, sem remoção do rejeito e monitoramento dos processos erosivos	● 3	● 3	● 4	● 3	3x3x4x3=108

Análise Custo Benefício (ACB)

Contexto C3 - Depósitos no leito fluvial com camada de material remobilizado e com baixo risco da ressuspensão da fração fina.

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção do material detritico depositado no evento e destinação para fora da área impactada	● 4	● 4	● 3	● 3	4x4x3x3=144
2. Remoção do material detritico depositado no evento e deposição em diques marginais	● 4	● 3	● 3	● 3	4x3x3x3=108
3. Capeamento do material detritico depositado no evento	● 4	● 2	● 3	● 3	4x2x3x3=72
4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.	● 4	● 5	● 5	● 2	2x5x5x2=200

Mapeamento / Monitorado e Modelagem Hidráulica e de Transporte de Sedimentos

Contexto C - Água do Rio Gualaxo do Norte.

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Construção de três diques ao longo do Rio Gualaxo, funcionado como bacias de retenção de sedimentos	● 2	● 3	● 2	● 4	2x3x2x3=36
2. Tratamento in-line, na foz do Rio Gualaxo do Norte, utilizando o sistema FlotFlux®	● 3	● 3	● 2	● 4	3x3x2x3=54
3. Tratamento off-line ao longo do Rio Gualaxo do Norte, utilizando sistemas de tratamento naturais	● 4	● 4	● 5	● 4	4x3x4x4=192
4. Monitoramento da qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte	● 1	● 5	● 3	● 5	1x5x5x5=125

Sistema de Tratamento Natural Off-line

Contexto C2 - Depósitos no leito fluvial sem camada de material remobilizado e/ou sujeito a ressuspensão da fração fina.

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
1. Remoção do material detritico depositado no evento e destinação para fora da área impactada	● 4	● 4	● 3	● 3	4x4x3x3=144
2. Remoção do material detritico depositado no evento e deposição em diques marginais	● 4	● 3	● 3	● 3	4x3x3x3=108
3. Capeamento do material detritico depositado no evento	● 4	● 2	● 3	● 3	4x2x3x3=72
4. Monitoramento da regeneração natural do substrato fluvial.	● 2	● 5	● 5	● 2	2x5x5x2=100

Remoção com Base na Modelagem Hidráulica e de Transporte de Sedimentos

# 7 Cronograma

O cronograma apresentado prevê a aplicação do Plano de Manejo no agrupamento dos Trechos, conforme apresentado:

- Trecho 1 a 5: a montante dos diques S3 e S4;
- Trecho 10 a 12: Rio do Carmo e Reservatório de Candonga;
- Trecho 13 a 16: Impactos concentrados na calha do Rio Doce;
- Trecho 17: Zona Marinha Costeira.

Além disso, o cronograma define os prazos para a processo de tomada de decisão, nível 3 (análise de custo benefício), para o contexto B e C1, conforme descrito acima. Não foram inseridos os prazos para o processo de tomada de decisão nível 3 considerando os outros trechos, visto que ainda não houve a aplicação com o método simplificado.

Atividades	Duração dias	Cronograma																											
		jul/17				ago/17				set/17				out/17				nov/17				dez/17				jan/18			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>1 Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito</b>	<b>300</b>																												
<b>1.1 Aplicação do Plano - Processo Simplificado de Tomada de Deci:</b>	<b>120</b>																												
1.1.1 Trecho 1 a 5 - Montante dos diques S3 e S4;	45																												
1.1.2 Trecho 10 a 12 - Rio do Carmo e Reservatório de Candonga	60																												
1.1.3 Trecho 13 a 16 - Jusante de Candonga	45																												
1.1.4 Trecho 17 - Zona Marinha Costeira.	45																												
<b>1.2 ACB - Análise Custo Benefício</b>	<b>120</b>																												
1.2.1 Trecho 6 a 9 - Rio Gualaxo do Norte	90																												
1.2.2 Trecho 1 a 5 - Montante dos diques S3 e S4;	a definir																												
1.2.3 Trecho 10 a 12 - Rio do Carmo e Reservatório de Candonga	a definir																												
1.2.4 Trecho 13 a 16 - Jusante de Candonga	a definir																												
1.2.5 Trecho 17 - Zona Marinha Costeira.	a definir																												
<b>1.3 Modelagem hidráulica e de transporte de sedimento</b>	<b>90</b>																												
1.3.1 Elaboração da Modelagem	90																												
<b>1.4 Consolidação</b>	<b>60</b>																												
1.4.1 Elaboração de Relatório Consolidado com todos os trechos	60																												

Obs.: Não foram considerados possíveis atrasos, em função da necessidade de estudos adicionais.



# **Anexo I - Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio Gualaxo do Norte**

**Preparado por:**



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos e Atividades.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Definições .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Identificação dos Depósitos de Rejeito.....</b>	<b>10</b>
4.1	Classificação dos Depósitos de Rejeito .....	10
4.1.1	Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas: Tipo I.....	10
4.1.2	Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas: Tipo II.....	11
4.1.3	Depósitos em Bancos Arenosos: Tipo IV .....	13
4.1.4	Depósitos Arenosos sobre Leitos Rochosos: Tipo V.....	13
4.1.5	Depósitos Indiscriminados de Calha: Tipo III .....	14
4.2	Identificação Preliminar dos Depósitos de Rejeito Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Verificação em Campo.....	15
4.3	Amostragem dos Depósitos de Calha .....	16
4.3.1	Definição dos Pontos de Amostragem .....	16
4.3.2	Execução de Sondagens de Reconhecimento .....	17
4.3.3	Medição de Turbidez.....	21
<b>5</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>22</b>
5.1	Identificação e Avaliação da Extensão dos Depósitos de Calha.....	22
5.1.1	Análise Temporal - Fotointerpretação e Geoprocessamento de Imagens .....	22
5.1.2	Áreas de Influência dos Depósitos de Calha .....	23
5.2	Caracterização dos Materiais nos Depósitos de Calha.....	24
5.2.1	Espessura do Rejeito .....	28
5.2.2	Relação com Dados Pretéritos da Área .....	33
5.2.2.1	Leito do Rio.....	33
5.2.2.2	Intracalha .....	34
5.2.3	Análise Granulométrica do Material Coletado .....	37
5.3	Turbidez da Água do Rio .....	39
5.4	Modelo Conceitual .....	41
<b>6</b>	<b>Priorização das Áreas com Potencial de Geração de Turbidez .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Limitações e Premissas .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>48</b>

<b>Anexo I - Figuras.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo II – Formulários de Campo.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo III – Relatório Fotográfico.....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo IV – Laudos Analíticos .....</b>	<b>52</b>

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Classificação dos depósitos de material detrítico decorrentes do acidente de ruptura da Barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015 .....	7
Tabela 2: Características das imagens utilizadas.....	15
Tabela 3: Identificação, Localização e Coordenadas Geográficas dos Pontos de Vistoria .....	16
Tabela 4: Informação das Sondagens de Reconhecimento Executada em Cada um dos Pontos de Vistoria Selecionados.....	18
Tabela 5: Amostras de Solo Selecionadas .....	20
Tabela 6: Áreas dos Bancos em Função dos Pontos de Amostragem.....	24
Tabela 7: Espessuras dos Dois Tipos de Rejeito Encontrados nas Sondagens de Reconhecimento na Calha do Rio.....	30
Tabela 8: Dados de Espessura de Rejeito no Canal do Rio do Programa de Geoquímica.....	33
Tabela 9: Dados de Espessura de Rejeito na Planície de Inundação Selecionados (Golder, 2016) .....	35
Tabela 10: Resumo dos Resultados das Análises Granulométricas .....	38
Tabela 11: Resultado das Medições de Turbidez da Água do Rio.....	40
Tabela 12: Matriz com critérios para priorização .....	46
Tabela 13: Exemplo de priorização de área de remoção.....	46

## Lista de Figuras (no corpo do texto)

Figura 1 e Figura 2: Esquema de Depósitos de Rejeito (extracalha e calha).....	22
Figura 3: Espessura das Camadas de Rejeito (Lavado e Inconsolidado) Encontradas nas Sondagens de Reconhecimento .....	32
Figura 4: Espessura Total da Camada de Rejeito Encontradas nos Ponto de Coleta de Sedimentos (Golder, 2016) .....	34
Figura 5: Espessura Total da Camada de Rejeito Encontradas nos Ponto de Coleta na Planície de Inundação, Pontos a 10 metros ou Menos do Rio (Golder, 2016).....	36
Figura 6: Comparativo de Espessura Total da Camada de Rejeito Entre Dados da Golder e CH2M ....	37
Figura 7: Média da Percentagem Granulométrica das Diferentes Camadas Identificadas na Sondagens de Campo .....	39
Figura 8: Média da Percentagem Granulométrica das Diferentes Camadas Identificadas na Sondagens de Campo .....	41
Figura 9: Ilustração do Modelo Conceitual de formação do Lag Layer na calha do rio .....	43

## Lista de Figuras (Anexo I)

Figura 1	Localização da área de estudo
Figura 2	Localização dos pontos de vistoria
Figura 3	Localização dos Bancos de Rejeito (Intracalha e Extracalha)
Figura 4	Localização das Ilhas de Rejeito
Figura 5A	Localização dos Pontos Vistoria - PV01
Figura 5B	Localização dos Pontos de Vistoria - PV02
Figura 5C	Localização dos Pontos de Vistoria - PV03
Figura 5D	Localização dos Pontos de Vistoria - PV04
Figura 5E	Localização dos Pontos de Vistoria - PV05
Figura 5F	Localização dos Pontos de Vistoria - PV06
Figura 5G	Localização dos Pontos de Vistoria - PV06A
Figura 5H	Localização dos Pontos de Vistoria - PV08
Figura 5I	Localização dos Pontos de Vistoria - PV09
Figura 5J	Localização dos Pontos de Vistoria - PV10
Figura 5K	Localização dos Pontos de Vistoria - PV11
Figura 5L	Localização dos Pontos de Vistoria - PV12
Figura 5M	Localização dos Pontos de Vistoria - PV13
Figura 5N	Localização dos Pontos de Vistoria - PV14
Figura 5O	Localização dos Pontos de Vistoria - PV15
Figura 5P	Localização dos Pontos de Vistoria - PV16
Figura 5Q	Localização dos Pontos de Vistoria - PV17
Figura 6	Distribuição da turbidez nos pontos de vistoria
Figura 7	Localização dos Bancos de Rejeito de acordo com a priorização para geração de turbidez
Figura 8A	Localização dos Bancos de Rejeito com Prioridade Alta
Figura 8B	Localização dos Bancos de Rejeito com Prioridade Alta
Figura 9C	Localização dos Bancos de Rejeito com Prioridade Alta
Figura 10A	Localização das Ilhas
Figura 10B	Localização das Ilhas
Figura 10C	Localização das Ilhas

# 1 Introdução

A CH2M HILL do Brasil Engenharia Ltda. (CH2M) foi contratada pela Fundação Renova (FUNDAÇÃO) para os trabalhos de Identificação dos Depósitos e Avaliação da Espessura de Rejeito na Calha do Rio, em função do rompimento da barragem de Fundão, localizada no Complexo de Mineração de Germano, Município de Mariana, Estado de Minas Gerais, ocorrido em 05 de novembro de 2015.

As atividades focaram o Rio Gualaxo do Norte em um trecho de aproximadamente 78 quilômetros, que compreende os Trechos 6, 7, 8 e 9, conforme definido no Plano de Manejo de Rejeito.

## 2 Objetivos e Atividades

Este estudo teve por objetivo identificar e caracterizar os depósitos de material detrítico presentes no rio Gualaxo do Norte formados em decorrência do acidente de ruptura da Barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015 e caracterizar sua atuação na alteração da qualidade das águas do referido rio, em especial quanto aos parâmetros de turbidez e cor aparente, impacto remanescente e persistente e que vem causando restrições ao pleno uso das águas, tal como ocorria preteritamente, antes da ocorrência do acidente de ruptura e disseminação dos rejeitos por toda a área alcançada pela inundação, há cerca de 18 meses.

Visando à consecução deste objetivo, a área objeto dos trabalhos, constituída pelo Trechos 6 a 9, foi selecionada de acordo com os seguintes critérios:

- i. Os Trechos 1 a 5, que compreendem o córrego Santarém e o córrego Mirandinha, estão abrangidos pelos Diques 3 e 4, que vem atuando como estruturas de retenção de sedimentos em suspensão gerados pela erosão dos rejeitos remanescentes na barragem de Fundão e no próprio segmento dos referidos córregos. Em decorrência desse controle, as águas que aportam ao rio Gualaxo do Norte na foz no córrego Santarém, a jusante do Dique 4, tem apresentado índices de turbidez significativamente abaixo de 100 UNT, no mais das vezes abaixo de 20 UNT. Deste modo, a aplicação do Plano de Manejo nos Trechos 1 a 5 será feita na sequência.
- ii. Os trechos a jusante da foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo, até a confluência do reservatório de Candonga, apresentam índices decrescentes de turbidez, decorrentes do acréscimo de vazão de águas com baixa turbidez dos rios do Carmo e do rio Piranga, indicando não haver uma contribuição relevante para a turbidez decorrentes de fontes situadas na calha dos rios nestes Trechos 10 e 11.
- iii. No Trecho 12, que corresponde ao reservatório de Candonga, recorrentemente há uma elevação da turbidez em decorrência das ações de dragagem em execução para a remoção dos rejeitos que assorearam este reservatório. Devidos a estas especificidades, este Trecho será tratado posteriormente, juntamente com os Trechos 10 e 11;
- iv. Os Trechos a jusante da barragem de Candonga tiveram os impactos restritos praticamente à calha do rio Doce, com os sedimentos transportados em suspensão e sendo depositados em camadas muito delgadas sobre os bancos arenosos e leitos rochosos. Assim, os trechos 13 a 17 serão tratados posteriormente quanto à avaliação da necessidade de intervenções de recuperação decorrentes da deposição desses sedimentos;
- v. Os Trechos 6 a 9 que correspondem ao rio Gualaxo do Norte afetado pela inundação da massa fluida constituída por água, rejeitos da barragem de Fundão, sedimentos, solos e vegetação removida dos vales e planícies afetadas, formando os materiais detríticos os quais, em parte, sedimentaram por toda a área inundada, formando os depósitos classificados como os tipos II e III, definidos no primeiro relatório do Plano de Manejo de Rejeitos.

**Tabela 1: Classificação dos depósitos de material detrítico decorrentes do acidente de ruptura da Barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015**

Depósito Extra Calha	I. Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas
	II. Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas
Depósito de Calhas	III. Depósitos Indiscriminados de Calha
	IV. Depósitos em Bancos Arenosos
	V. Depósitos Arenosos sobre Leitos Rochosos
	VI. Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga
	VII. Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos
	VIII. Depósitos Finos sobre Leitos Rochosos

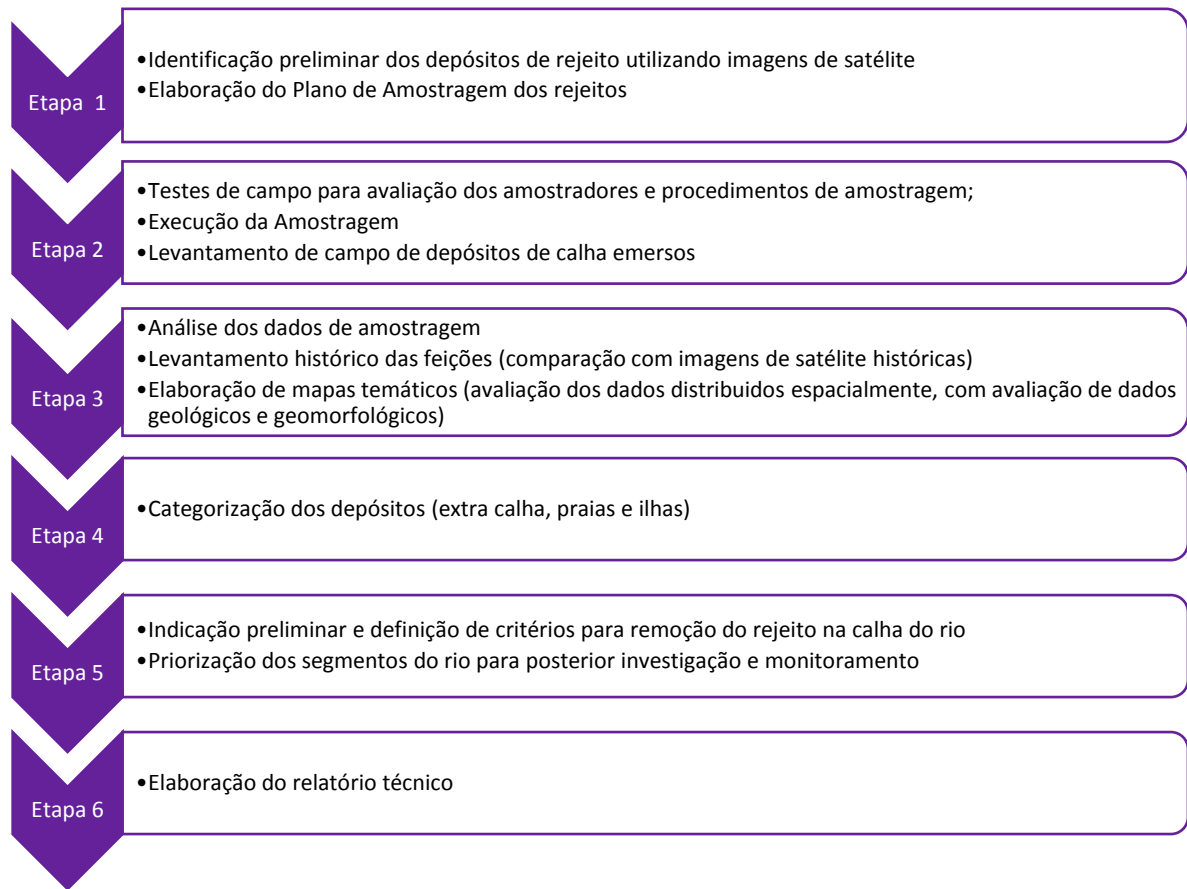
Já os Depósitos Indiscriminados de Calha – Tipo III, formados na calha do rio Gualaxo do Norte em parte dos seus afluentes afetados pela inundação decorrente do acidente de ruptura da Barragem de Fundão, estão sendo retrabalhados pelas águas do rio, permanentemente, mesmo nos períodos de baixa vazão característicos do período de estiagem, conforme comprovam os resultados do monitoramento diário de turbidez realizado pela Fundação Renova, com valores em torno de 200 UNT, em praticamente toda a extensão dos trechos supra citados, mesmo em períodos sem chuvas nos dias precedentes.

Observações de campo, com análise visual dos processos de remobilização dos depósitos de calha e de aportes pontuais decorrentes de obras em execução em alguns pontos da margem do rio Gualaxo do Norte apontam para uma contribuição aparentemente disseminada de sólidos finos que compõem os depósitos e que entram em suspensão por remobilização de sua porção superior em decorrência do fluxo turbulento das águas em setores do rio.

Nos pontos onde haviam obras nas margens e cuja movimentação dos materiais resultava no aporte de sedimentos ao rio, as medições de turbidez apontaram para uma elevação imediata, mas que a alguns quilômetros a jusante, já decresceram e retornaram aos valores médios característicos de todo o trecho afetado do rio Gualaxo do Norte.

Portanto, os trabalhos tiveram como principal foco a identificação e caracterização dos depósitos indiscriminados de calha, que incluem as margens e o leito do rio, com o intuito de definir o seu papel na determinação da degradação continuada da qualidade das águas do rio Gualaxo do Norte e avaliar a aplicabilidade de ações de remoção dos mesmos como medida de controle das causas de tal degradação.

Os levantamentos de campo ocorreram entre os dias 03 e 13 de maio de 2017, por equipe de profissionais da CH2M em conjunto com profissionais da Fundação Renova. O **Fluxograma 1** a seguir apresenta a seqüência das atividades principais.



**Fluxograma 1: Fluxograma das Etapas do Trabalho**

## 3 Definições

A seguir são apresentadas as definições de alguns termos adotados no presente relatório. São conceitos simplificados e aplicados exclusivamente aos trabalhos ora apresentados, sem a pretensão de qualquer significado universal.

**Bancos:** Depósitos de sedimentos, normalmente arenosos, formados no interior da calha dos rios, os quais ficam emersos nos períodos de baixa vazão. Podem estar situados no meio da calha, formando ilhas, ou junto às margens, formando praias.

**Calha do Rio:** Seção do curso d'água do rio compreendendo o leito fluvial e os taludes marginais.

**Depósitos de Rejeitos:** Acúmulo de rejeitos (material detrítico) provenientes do rompimento da Barragem do Fundão ao longo das calhas dos rios e das áreas inundadas.

**Garganta:** Passagem estreita existente no curso do rio, geralmente com leito rochoso e formação de rápidos e corredeiras e sem planícies aluvionar adjacente.

**Ilha:** Acúmulo de rejeitos em bancos na calha do rio, sem contato com suas margens.

**Margem do Rio:** mesmo que talude marginal. Seção de alta declividade e pequena altura que delimita o leito fluvial e, com este, forma a calha do rio.

**Meandro:** curva acentuada do rio, em trecho com planície aluvionar adjacente, normalmente com migração lateral do curso d'água.

**Planície Aluvionar:** Formações geológicas que se caracterizam por serem planas ou muito pouco inclinadas. Formam-se pela deposição de sedimentos trazidos pelo rio e depositados em eventos de inundação.

**Praia:** Acúmulo de rejeitos em bancos na calha do rio, junto às margens.

**Rejeito:** Material detrítico sólido transportado pela água proveniente do rompimento da Barragem de Rejeitos do Fundão.

**Rejeito Inconsolidado:** Material detrítico de granulometria fina proveniente do rompimento da Barragem do Fundão, de coloração marrom avermelhado e possível causador da turbidez do curso d'água.

**Rejeito Lavado:** Material remanescente da lavagem do rejeito, cujas partes finas foram carregadas, restando apenas partes mal selecionadas e de granulometria de areia média a grossa e coloração acinzentada.

**Remanso:** Trecho do rio com redução significativa da velocidade das águas, normalmente devido a um barramento artificial ou natural.

**Sedimento:** Materiais sólidos resultantes da erosão, da precipitação química ou biológica (gerado por organismos vivos ou mortos), depositados em ambiente aquoso.

**Sedimentação:** Processo de acúmulo ou deposição de sedimentos ocorrido na calha do rio e nas planícies inundadas, ocasionado pela perda de energia das águas que os transportam.

**Solo Natural:** Substrato original da calha do rio, subjacente aos depósitos formados pelos rejeitos provenientes da ruptura da Barragem de Fundão, normalmente constituídos por: areia média a grossa com grãos e seixos de quartzo, grãos de minério de ferro, de coloração cinza; argila siltosa marrom escuro; alteração de rocha e rocha.

## 4 Identificação dos Depósitos de Rejeito

### 4.1 Classificação dos Depósitos de Rejeito

A barragem de Fundão constituía uma estrutura de contenção e deposição de rejeitos de beneficiamento de minério de ferro da Unidade Industrial de Germano da empresa Samarco Mineração.

Com a ruptura da barragem, o rejeito foi liberado e entrou no sistema fluvial a jusante. Grande parte do material detrítico mobilizado pelo evento, especialmente aquela com granulometria maior que a classe de silte, foi depositada nas áreas inundadas pelo evento, até o reservatório de Candonga. A jusante deste, apenas os materiais mais finos, como argilas e parte da fração siltosa, foram transportados em suspensão, depositando-se na calha do rio Doce e parte alcançando o oceano.

A seguir são apresentados os tipos de depósitos presentes nos Trechos 6 a 9, de acordo com a classificação apresentada anteriormente no Plano de Manejo de Rejeitos, e reproduzida na Tabela 1 do presente relatório.

#### 4.1.1 Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas: Tipo I

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.

No caso presente, estão restritos às encostas dos vales encaixados, normalmente de constituição rochosa ou com fina camada de solos de alteração, os quais foram removidos total ou parcialmente pela erosão durante a passagem da onda de cheia

Na regressão da onda de cheia, materiais detríticos foram depositados sobre tais encostas, porém em volumes restritos, em nichos e reentrâncias. Entretanto, passados dois períodos chuvosos, grande parte desses materiais já sofreu erosão e os volumes remanescentes estão fixados pela vegetação que se fixou sobre os mesmos, conforme se observa nas **Fotos 1a e 1b**.



**Fotos 1a e 1b:** Depósitos sobre encostas rochosas em grande parte já removidos pela erosão posterior ao evento.

### 4.1.2 Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas: Tipo II.

Nas áreas das planícies aluvionares alcançadas pela inundação decorrente da ruptura da Barragem de Fundão ocorreu uma deposição por decantação dos sólidos transportados, formando uma camada de espessura homogênea, acompanhando as irregularidades do terreno, formado o que denominou de Depósitos extra calha, com textura areno-siltosa, cor marrom amarelada e com espessuras raramente superiores a um metro, mais frequentemente com menos de 0,5 m (**Fotos 2a e 2b**).



**Foto 2a e 2b:** Detalhe da camada de material detrítico (rejeitos), de coloração mais escura, com espessura aproximada de 0,5 m, acompanhando a topografia, classificado como Depósito Tipo II. Situado na aluvionar do rio Gualaxo do Norte, Trecho 6.



**Fotos 3a e 3b:** Depósitos extra calha do Tipo II, sobre planície aluvionar, com cobertura vegetal de proteção contra a erosão. Na foto à direita, observar a espessura da camada de rejeitos, de cor mais escura. Trechos 8 e 9.

As **Fotos 4a e 4b** mostram esses mesmos depósitos em área com cultivo de milho e as Fotos 5.1-4 a e b mostram depósitos desse mesmo material sobre a base de encostas ocupadas pela vegetação florestal nativa.



**Fotos 4a e 4b: Aspecto da retomada de cultivos anuais, sobre os depósitos extracalha Tipo II e, ao lado, detalhe da textura desse material.**

As Fotos **5a** e **5b** ilustram o mesmo Depósito Tipo II, agora formado sobre a serrapilheira, base de encostas ocupadas por formações florestais nativas.



**Fotos 5a e 5b: Depósitos extra calha do Tipo II, sobre encostas ocupadas por florestas nativas, com espessuras entre 40 cm (esquerda) e 20 cm (direita). Notar a camada de solo original com raízes, abaixo da caneta.**

### 4.1.3 Depósitos em Bancos Arenosos: Tipo IV

Este tipo se refere aos materiais detríticos depositados sobre bancos arenosos pré existentes, como o banco apresentado na **Foto 6**, a seguir.

Esta diferenciação entre bancos pré existentes e bancos neoformados em decorrência do acidente é relevante quando se tem como um dos objetivos definir a necessidade de remoção dos materiais detríticos depositados na calha do rio.



**Foto 6:** Banco arenoso preexistente situado a jusante da casa de força da PCH Bicas.

### 4.1.4 Depósitos Arenosos sobre Leitões Rochosos: Tipo V

Nos Trechos 6 a 9 há segmentos do rio Gualaxo do Norte que formam vales encaixados e estreitos, sem planícies aluvionares adjacentes. Nestes segmentos, embora tenha havido a deposição de materiais detríticos durante a passagem da onda resultante do acidente, os depósitos formados foram removidos inteiramente durante os dois períodos de cheias posteriores ao evento, restando apenas um tingimento de cor avermelhada nas rochas pela fixação dos óxidos de ferro contidos nos rejeitos, conforme se pode observar nas **Fotos 7a e 7b**.

Estes segmentos em vales encaixados constituem níveis de base locais e propiciaram a formação de planícies aluvionares a montante, sendo feições recorrentes, especialmente ao longo dos Trechos 8 e 9.



**Fotos 7a e 7b:** Segmentos do rio Gualaxo do Norte em vales encaixados e com leito rochoso.

### 4.1.5 Depósitos Indiscriminados de Calha: Tipo III

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, que compreendem as margens, pias e ilhas, vem 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 – **Fotos 8a e 8b**.



**Fotos 8a e 8b:** Rejeitos na calha do rio Gualaxo do Norte e em parte dos afluentes os quais, quando remobilizados, representam fonte de sólidos finos que entram em suspensão e elevam a turbidez e a cor aparente de suas águas.

Nas **Fotos 8 c a 8f** se observam depósitos intra calha – Tipo III - que formam 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.



**Fotos 8c e 8d:** Depósitos Intracalha – Tipo III - na forma de praias, com sedimentos de constituição variando de areno-siltoargilosa a argilosa. Trecho 8.



**Fotos 8e e 8f: Depósitos Intracalha – Tipo III - na forma de praias, nos Trechos 9 e 6.**

Considerando-se todos os tipos de depósitos presentes nos Trechos 6 a 9, tem-se que dois deles praticamente não existem mais, devido à remobilização pelos processos erosivos pluviais e fluviais ocorridos nos dois últimos períodos chuvosos. São eles os Tipos I e V.

Os depósitos do Tipo II, embora presentes em grande extensão sobre as planícies aluvionares e em parte da base das encostas adjacentes a essas planícies, não constituem a principal fonte para a degradação da qualidade das águas do rio Gualaxo do Norte. Durante chuvas intensas, certamente haverá uma contribuição de sólidos carreados desses depósitos, bem como haverá contribuição de sólidos provenientes da erosão de outras feições, como estradas, além de uma contribuição difusa associada ao uso do solo em toda a bacia de contribuição do rio Gualaxo do Norte e que não tem relação direta com os depósitos em questão.

Assim, o detalhamento da ocorrência e das características físicas para a definição do potencial como fonte de degradação da qualidade das águas do rio Gualaxo do Norte, foram os depósitos de calha dos Tipos III – Depósitos Indiscriminados de Calha (margens e leito fluvial), e IV Depósitos em Bancos Arenosos.

## 4.2 Identificação Preliminar dos Depósitos de Rejeito Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Verificação em Campo

Para a identificação dos Depósitos de Calha ao longo do rio Gualaxo do Norte e alguns afluentes foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto tais como fotointerpretação e geoprocessamento de imagens de satélite multiespectral, para se obter uma análise temporal do impacto do rompimento da barragem de Fundão no que tange à deposição de sedimentos. Para tal, foi considerada a análise temporal das imagens de satélite anteriores ao acidente datadas do ano de 2015) e imagens de 2016, bem como imagens obtidas por sobrevoo de drone datadas do ano de 2017, disponibilizadas pela FUNDAÇÃO RENOVA (Maio, 2017). As principais características das imagens utilizadas encontram-se descritas na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2: Características das imagens utilizadas**

Satélite	Data	Instrumentos Sensores	Resolução Espacial
GeoEye-1	04/05/2016	Pancromático	0,46 m
		Multiespectral	1,84 m
WorldView-2	04/05/2016	Pancromático	0,46 m
		Multiespectral	1,84 m

Para a interpretação das imagens de satélite foram considerados os itens tais como tonalidade, textura, forma e sombra. Ressalta-se que em alguns trechos ao longo do rio podem ter ocorrido cobertura de nuvens que impossibilitaram a interpretação das feições, mas a interpretação foi complementada por vistoria em campo.

As atividades de verificação em campo ocorreram entre os dias 03 e 13 de Maio de 2017 e tiveram como objetivo principal reconhecer os principais depósitos identificados por imagens aéreas, avaliar acesso às áreas e a geomorfologia do entorno, bem como a possibilidade de contribuição para o

aumento de turbidez na água, condições das margens, entre outros fatores que são apresentados no Anexo II desse documento (boletins de campo).

### 4.3 Amostragem dos Depósitos de Calha

O objetivo da amostragem foi avaliar as características do material detrítico encontrado nos Depósitos Indiscriminados de Calha – Tipo III – e nos Depósitos me Bancos Arenosos – Tipo IV, para verificar a dinâmica de deposição e medir a espessura desses materiais, visando ao entendimento dos mecanismos de aporte deste material nas águas do rio e na degradação de sua qualidade, especialmente em relação à turbidez e cor aparente.

As atividades de amostragem foram realizadas no período de estiagem da região, período em que as águas dos rios estão mais baixas, expondo parte dos depósitos na forma de bancos que se encontram na calha, os quais se mantêm submersos em outras épocas do ano. Tais bancos, apenas para fins de determinação de critérios de manejo, foram subdivididos em praias, quando formados junto a uma das margens, e ilhas, quando isolados no meio do leito fluvial.

Os bancos foram selecionados prioritariamente para amostragem uma vez que permitem os trabalhos em melhores condições de segurança, maior recuperação das amostras e são representativas da condição dos depósitos em toda a extensão transversal da calha. Não obstante, também foram realizadas amostragens no meio do rio, na seção molhada, especialmente para verificar as características de espessura e textura da camada de rejeitos lavados que capeiam os materiais detríticos inconsolidados remanescentes.

#### 4.3.1 Definição dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem foram definidos com base na avaliação das fotos aéreas e nos segmentos do rio com tendência de deposição de material detrítico, considerando-se já uma remobilização parcial pelos fluxos fluviais e, portanto, considerados agora como sedimentos fluviais. Foram considerados os seguintes critérios para a determinação dos pontos a serem amostrados:

- Presença de bancos de sedimentação (praias ou ilhas) em fotos aéreas;
- Geomorfologia dos trechos do rio que favorecem a deposição de sedimentos na calha;
- Distribuição espacial dos pontos nos segmentos do rio;
- Existência de dados pretéritos na área;
- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem;
- Presença de estruturas antrópicas que poderiam aumentar a sedimentação na calha do rio (ex. antiga hidrelétrica – Bicas).

Ao todo foram selecionados dezoito (18) pontos de vistoria para verificação do sedimento (PV-01 a PV-17, sendo o ponto PV-16 composto de dois pontos [PV-16 e PV-16A]). Os pontos selecionados para avaliação de tipo e espessura do material detrítico e dos sedimentos, assim como turbidez da água do rio, são identificados na Tabela 3 abaixo. A Figura 2 (Anexo I) apresenta a localização dos pontos vistoria para avaliação da espessura do material detrítico e dos sedimentos.

**Tabela 3: Identificação, Localização e Coordenadas Geográficas dos Pontos de Vistoria**

Identificação dos Pontos de Vistoria	Localização	Coordenadas Geográficas		
		Fuso	Leste	Norte
PV-01	Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém	23k	664700	7758336

Identificação dos Pontos de Vistoria	Localização	Coordenadas Geográficas		
		Fuso	Leste	Norte
PV-02	Rio dos Camargos	23k	666420	7758393
PV-03	Montante da Confluência (Rio Gualaxo e Córrego Santarém)	23k	665953	7760792
PV-04	Jusante da Estação Elevatória (Captação de Água da Samarco)	23k	666550	7760958
PV-05	Montante da PCH Bicas	23k	669806	7759890
PV-06	PCH Bicas	23k	671537	7759445
PV-06A	Jusante da PCH Bicas (Antiga Casa de Maquinas e Turbina da Hidrelétrica)	23k	671244	7759142
PV-07	Próximo ao Gasoduto	-	-	-
PV-08	Jusante da Ponte do Gama	23k	681442	7755279
PV-09	Montante da Ponte de Águas Claras	23k	682475	7754790
PV-10	Montante de Paracatu de Baixo	23k	684455	7754385
PV-11	Área Piloto – jusante de Paracatu de Baixo	23k	685211	7753631
PV-12	Jusante da Área Piloto	23k	688291	7754670
PV-13	Passarela	23k	692857	7757166
PV-14	Montante de Gesteira	23k	695807	7758705
PV-15	Jusante de Gesteira	23k	699709	7756524
PV-16	Fazenda	23k	700792	7755905
PV-17	Foz do Rio Gualaxo do Norte (antes da confluência com o Rio do Carmo em Barra Longa)	23k	702271	7755183

### 4.3.2 Execução de Sondagens de Reconhecimento

As atividades de campo foram executadas entre os dias 09 e 13 de maio de 2017 pela equipe da CH2M com constante acompanhamento da Fundação Renova.

Os locais para a execução das sondagens nos Pontos de Vistoria (PV) focaram nos maiores bancos localizados nas margens ou no meio do rio. Algumas sondagens foram realizadas na calha dentro do rio, mas devido ao material ser pouco consolidado e se encontrar no meio saturado, foi verificada recuperação pouco satisfatória das amostras nestes pontos. Como parte do escopo de trabalho, foram realizadas de uma a quatro sondagens em cada um dos pontos de vistoria estabelecidos.

As sondagens foram executadas pela equipe da empresa Trusty Sondagens com supervisão integral da CH2M. As Figuras 5A a 5Q (Anexo I) mostra a localização das sondagens de reconhecimento realizadas nesta etapa do trabalho.

As sondagens foram realizadas, por meio de trado manual e amostrador bipartido de 2 polegadas de diâmetro. Em alguns casos foi utilizado a cavadeira no início da sondagem, devido à baixa recuperação

do material não consolidado e/ou saturado. O material perfurado foi descrito para a caracterização do rejeito/sedimento e espessura do rejeito, tanto sua porção lavada quanto o rejeito inconsolidado. A Foto 9 ,abaixo, apresenta os amostradores bipartidos utilizados na execução da perfilagem e descrição do material.



Foto 9: Detalhe do amostrador bipartido utilizado nas amostragens de campo

Os perfis litológicos e construtivos das sondagens estão apresentados nas Figura 5A a 5Q, do Anexo I. A Tabela 4 sumariza as sondagens de reconhecimento realizadas em cada ponto de vistoria, com a profundidade e data de realização.

**Tabela 4: Informação das Sondagens de Reconhecimento Executada em Cada um dos Pontos de Vistoria Selecionados**

Identificação dos Pontos de Vistoria	Identificação das Sondagens	Profundidade da Sondagem	Data da Realização das Sondagens
PV-01	PV-01A	1,65	9/5/2017
	PV-01B	1,15	
	PV-01C	1,40	
PV-02	PV-02A	1,50	10/5/2017
	PV-02B	1,35	
	PV-02C	1,35	
PV-03	PV-03A	2,50	9/5/2017
	PV-03B	1,40	
PV-04	PV-04A	1,00	9/5/2017
	PV-04B	1,50	
PV-05	PV-05A	2,00	10/5/2017
	PV-05B	-	
	PV-05C	1,40	
PV-06	PV-06A	1,70	10/5/2017
	PV-06B	-	

Identificação dos Pontos de Vistoria	Identificação das Sondagens	Profundidade da Sondagem	Data da Realização das Sondagens
	PV-06C	1,50	
PV-06A	PV-06(A)A	2,40	10/5/2017
	PV-06(A)B	2,60	
PV-07*	-	-	-
PV-08	PV-08A	1,35	13/05/2017
	PV-08B	1,50	
PV-09	PV-09A	1,50	13/05/2017
	PV-09B	0,60	
	PV-09C	0,95	
PV-10	PV-10A	1,30	12/5/2017
	PV-10B	1,60	
	PV-10C	1,90	
PV-11	PV-11A	3,30	12/5/2017
	PV-11B	0,30	
	PV-11C	0,40	
PV-12	PV-12A	1,50	12/5/2017
	PV-12B	2,50	
PV-13	PV-13A	1,00	12/5/2017
	PV-13B	1,30	
PV-14	PV-14A	1,65	11/5/2017
	PV-14B	0,95	
PV-15	PV-15A	2,50	11/5/2017
	PV-15B	2,00	
PV-16	PV-16A	2,30	10/5/2017
	PV-16B	1,30	
PV-17	PV-17A	1,40	10/5/2017

Nota: \*Ponto não amostrado.

Durante as atividades de campo para coleta de dados no ponto PV-07, foi identificada a presença de atividades de garimpo nas proximidades da via de acesso a esta área. Nesse ponto, a amostragem foi cancelada.

Após recuperação dos testemunhos pela escavadeira ou amostrador bipartido, as amostras foram processadas da seguinte maneira:

- Após recuperar o amostrador, os testemunhos de solo foram devidamente identificados (local de perfuração, profundidade, data e hora);
- Descrições geológicas detalhadas foram documentadas nas fichas de campo, discriminando a porção do rejeito lavado, rejeito inconsolidado e sedimento natural (substrato natural do leito);
- Amostras dos materiais foram analisadas visualmente para a detecção da presença de rejeito e/ou materiais finos que poderiam causar turbidez.

Além das sondagens de campo, para avaliação visual, foram coletadas amostras de sedimentos no leito do rio com a utilização de amostrador tubular de gravidade do tipo Kajak, ilustrado na Foto 10, para verificar a condição do sedimento que capeia os depósitos de rejeitos na calha.



**Foto 10: Detalhe do amostrador de sedimento tipo Kajak utilizado em campo**

Um total de doze (12) amostras de material detrítico foram coletadas a partir das sondagens realizadas para análise laboratorial de granulometria. As amostras foram coletadas visando identificar a textura de cada uma das camadas identificada em cinco (5) pontos de vistoria diferentes (PV-01, PV-06, PV-12, PV-15 e PV-17), com o objetivo de verificar a diferença de textura entre elas e determinar entre as três camadas (rejeito lavado, rejeito inconsolidado e sedimento natural) e quais estariam contribuindo para o aumento de turbidez na água.

Vale ressaltar que em alguns pontos não foi possível fazer a coleta por não ser possível a recuperação de material suficiente para análise nas sondagens.

As amostras foram colocadas em saco plástico tipo *zip lock* sendo rotulados apropriadamente e preservados até a entrega ao laboratório. A Tabela 5, abaixo, apresenta as amostras selecionadas para as análises laboratoriais e suas respectivas profundidades.

**Tabela 5: Amostras de Solo Selecionadas**

Identificação do Ponto de Vistoria	Identificação da Sondagem	Identificação da Amostra	Camada Selecionada	Profundidade da Amostra	Data e Hora da Coleta
PV-01	PV-01B	PV - 01 B1	Rejeito Lavado	0.1	09/05/17 - 10:30
		PV - 01 B2	Rejeito Inconsolidado	0.8	09/05/17 - 10:35
PV-06	PV-06A	PV - 06 A	Rejeito Inconsolidado	1	10/05/17 - 14:10
PV-12	PV-12B	PV - 12 B1	Rejeito Lavado	0.1	12/05/17 - 17:30
		PV - 12 B2	Rejeito Inconsolidado	0.8	12/05/17 - 17:40
		PV - 12 B3	Sedimento Natural	1.2	12/05/17 - 17:50
PV-15	PV-15B	PV - 15 B1	Rejeito Lavado	0.5	11/05/17 - 15:30
		PV - 15 B2	Rejeito Inconsolidado	1.2	11/05/17 - 15:40

Identificação do Ponto de Vistoria	Identificação da Sondagem	Identificação da Amostra	Camada Seleccionada	Profundidade da Amostra	Data e Hora da Coleta
		PV - 15 B3	Sedimento Natural	1.5	11/05/17 - 15:50
PV-17	PV-17A	PV - 17 A1	Rejeito Lavado	0.1	11/05/17 - 10:00
		PV - 17 A2	Rejeito Inconsolidado	0.5	11/05/17 - 10:15
		PV - 17 A3	Sedimento Natural	1.2	11/05/17 - 10:30

As amostras de solo foram enviadas para análise granulométrica para o laboratório Loctest Laboratório de Geotécnica, localizado em Belo Horizonte, MG. Os laudos analíticos das amostras encontram-se no Anexo IV.

### 4.3.3 Medição de Turbidez

Em cada um dos pontos de vistoria foram coletadas amostras para medição da turbidez da água do rio. As medições foram executadas por meio de um equipamento *in situ* portátil e os resultados foram registrados nas fichas de campo, apresentadas no Anexo II.

## 5 Resultados e Discussão

### 5.1 Identificação e Avaliação da Extensão dos Depósitos de Calha

A identificação dos Depósitos de Calha foi realizada através da identificação de bancos de rejeitos emersos na calha, na forma de ilhas e praias, por meio de imagens de satélite e vistoria de campo. Os dados das imagens de satélite e as verificações de campo foram compilados e avaliados de modo que geraram como produto dois mapas (Figuras 3 e 4 presentes no Anexo I). O primeiro deles apresenta os depósitos na planície aluvionar (extra calha) e os depósitos de calha na forma de praias; e o segundo apresenta a localização das ilhas, as quais estão representadas em figura distinta devido à necessidade de uma escala maior de representação.

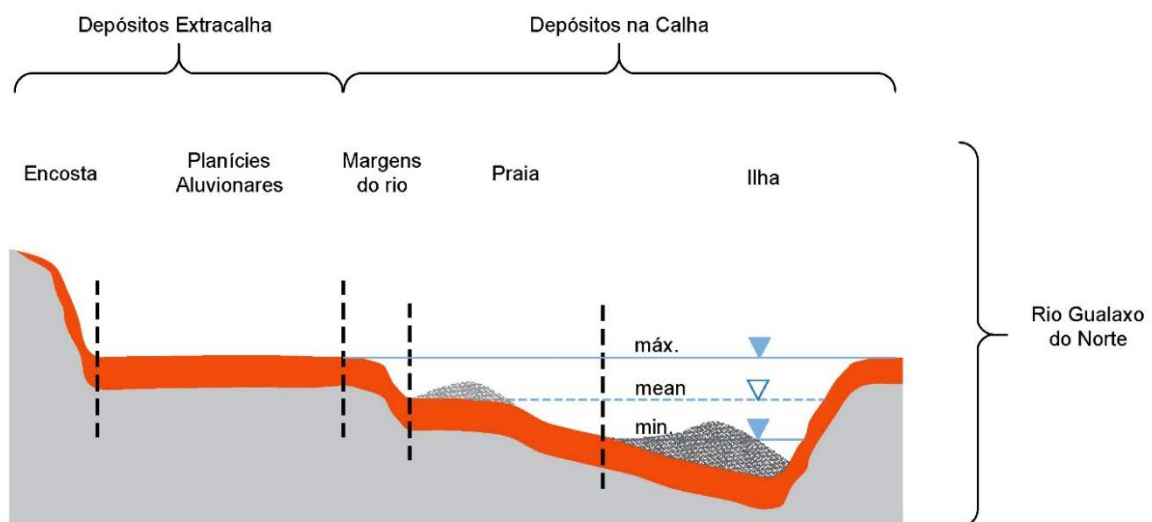
#### 5.1.1 Análise Temporal - Fotointerpretação e Geoprocessamento de Imagens

Ao longo do rio Gualaxo do Norte e os afluentes de interesse aqui estudados foram identificados os depósitos extra calha e de calha, estes representados por feições visíveis, os bancos emersos na forma de praias e ilhas, os quais tiveram suas áreas estimadas através do *software* de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1 (ESRY, 2017) (

Tabela 6).

Comparando-se os dados dos bancos presentes na calha fluvial em diferentes períodos, antes e depois da ocorrência da ruptura da Barragem de Fundão, constata-se que parte dos bancos - cerca de 60% - já faziam parte da conformação natural do Rio Gualaxo do Norte antes do acidente.

As Figura 1 e Figura 2 apresentam o modelo esquemático dos depósitos avaliados nesse estudo, subdivididos entre depósitos extra calha (Figura 1) e depósitos de calha (Figura 2).



**Figura 1 e Figura 2: Esquema de Depósitos de Rejeito (extracalha e calha)**

Com relação às feições dos Depósitos Indiscriminados de Calha, denominados de ilhas, foram identificadas cerca de cento e quarenta e nove (149) feições indicativas ao longo do canal do rio Gualaxo do Norte, as quais foram priorizadas primeiramente pela extensão. As ilhas maiores que 0,5 hectare foram avaliadas uma a uma, analisando temporalmente sua pré existência, conforme pode ser avaliado na Figura 10, presente no Anexo I.

As demais ilhas foram mapeadas, tiveram suas áreas calculadas e são apresentadas apenas na Figura de localização das Ilhas presente no Anexo I (Figura 4). Dessa forma foram selecionados vinte (20) ilhas com maior extensão, as quais foram comparadas às feições anteriores ao evento, por meio do registro histórico de imagens aéreas, para averiguar se são feições neoformadas ou se eram feições que faziam parte do canal do rio, conforme será apresentado a seguir.

A Foto 11 a seguir ilustra uma das ilhas identificadas na porção a jusante da PCH Bicas.



Foto 11: Ilha na porção a jusante da área da PCH Bicas

### 5.1.2 Áreas de Influência dos Depósitos de Calha

Após a identificação dos depósitos através de técnicas de fotointerpretação, geoprocessamento de imagens de satélite e drones, foi necessário agrupar os polígonos com o objetivo de setorizar o trecho do rio Gualaxo do Norte e correlacionar as informações de forma a definir áreas de influência para cada ponto amostral definido na etapa pós-campo e revalidados após as atividades de visitação de campo e amostragem, aos quais estão descritos no **Item 6** desse documento.

Os pontos de amostragem totalizam dezessete (17) e também foi realizada visita o de todo o trecho com acesso do rio Gualaxo do Norte, entre o Distrito de Bento Rodrigues e a foz do Rio, no município de Barra Longa. Adicionalmente, os aspectos geomorfológicos foram considerados para a defini o das áreas de influência de cada ponto de amostragem, conforme ilustrado na **Error! Reference source not found.** (Anexo I).

Os aspectos geomorfológicos considerados para a setoriza o do Rio levados em considera o foram, a declividade da área, morfologia do canal, ou seja, trechos de planície e trechos de gargantas do rio foram individualizados.

Após a defini o dos trechos de influência foi calculada a área de cada um dos trechos de influência, considerando um *buffer* de cinquenta (50) metros a partir da calha do Rio Gualaxo do Norte, considerando a porão molhada da calha, que será utilizado nos itens seguintes.

Ressalta-se que as áreas dos depósitos na planície aluvionar (extra calha), embora tenha sido calculada, não está sendo considerada na análise da razão entre a área dos bancos e a área de influência, já que se tratam de propriedades privadas e, em muitos pontos, durante as atividades de campo, não foi

possível avaliar a espessura de rejeito presente nessas áreas. Além disso considera-se que embora possa haver alguma contribuição para a geração de turbidez, a maior contribuição é proveniente dos rejeitos de calha.

**Tabela 6: Áreas dos Bancos em Função dos Pontos de Amostragem**

Identificação dos Pontos	Área das Praias e Ilhas (m <sup>2</sup> )	Área de Influência (m <sup>2</sup> ) (Assumindo um buffer de 50 metros da calha do Rio Gualaxo do Norte)	Razão entre Área das Praias e Ilhas e Área de Influência
PV-01	26626	216565	8,13
PV-02	899	201802	224,51
PV-03	21930	45842	2,09
PV-04	19762	148999	7,54
PV-05	25951	167426	6,45
PV-06	6720	740211	110,15
PV-06A	28926	173108	5,98
PV-07	139100	325415	2,34
PV-08	6046	349905	57,87
PV-09	10680	349905	32,76
PV-10	23168	508606	21,95
PV-11	11956	303266	25,37
PV-12	9642	739730	76,72
PV-13	31036	1230130	39,64
PV-14	20915	932051	44,56
PV-15	11940	400805	33,57
PV-16	10025	414033	41,30
PV-17	8084	239008	29,57

PNA= Ponto não amostrado.

## 5.2 Caracterização dos Materiais nos Depósitos de Calha

Durante as atividades de campo pode ser verificada a presença dos rejeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão na maior parte das praias e ilhas, bem como abaixo da seção molhada da calha do rio. Em algumas áreas foi verificada na superfície a presença do rejeito lavado, de colocação cinza/branco de matriz arenosa, conforme mostra a Foto 12, abaixo. Já em outros locais, foi verificada a presença do rejeito inconsolidado na superfície dos depósitos emersos, conforme ilustrado na Foto 13.



**Foto 12: Detalhe do material encontrado na superfície do ponto de amostragem PV-15**



**Foto 13: Detalhe do material encontrado na superfície do ponto de amostragem PV-03**

Foram observados rejeitos nas praias, constituído por rejeitos inconsolidados, conforme mostra a Foto 14. Apesar deste material não estar atualmente contribuindo para turbidez do rio, o aumento do nível de água do rio no período de chuvas pode atingir o nível deste material depositado, mobilizando a sua fração fina.



**Foto 14: Detalhe do material encontrado na superfície do ponto de amostragem PV-10.**

Pontos de erosão deste material localizado no limite da calha foram observados durante as atividades de campo, como mostram as Fotos 15 e 16, abaixo.



**Foto 15: Detalhe do rejeito inconsolidado encontrado na margem da calha do PV-04, local onde na data da visita era objeto de obras de controle de erosão**



**Foto 16: Margem em processo de erosão encontrado no PV-15, com exposição do rejeito inconsolidado.**

As amostras coletadas no leito do rio para inspeção visual do material identificou somente o rejeito lavado, variando de 20 a 50 cm de espessura, conforme mostra a Foto 17. As amostras coletadas em alguns pontos de vistoria não identificaram a base desta camada, não sendo possível verificar a espessura máxima nem o material que se encontra abaixo do rejeito lavado.



**Foto 17: Rejeito lavado encontrado no leito da calha do rio**

### 5.2.1 Espessura do Rejeito

Foram observados nas sondagens de reconhecimento, de maneira geral, as seguintes camadas, da superfície para base:

- **Rejeito Lavado:** Camada de material detrítico de matriz arenosa, que varia de fina a média, de coloração que varia de cinza claro a cinza escuro, friável;
- **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;
- **Sedimento Natural (leito original do rio):** areia média a grossa com grãos e seixos de quartzo, grãos de minério de ferro, de coloração que varia de cinza escura a cinza claro; argila siltosa marrom escuro, plástica; alteração de rocha e rocha.

As Fotos 18, 19 e 20, abaixo, ilustram as diferentes características observadas das camadas de rejeito lavado, rejeito inconsolidado e sedimento natural, respectivamente.



Foto 18: Exemplo do Rejeito Lavado



Foto 19: Exemplo do Rejeito Inconsolidado



Foto 20: Exemplo do Sedimento Natural Encontrado no PV-01

Com base nas descrições das sondagens realizadas, foram determinadas as espessuras do material encontrado nos Depósitos de Calha no trecho do rio Gualaxo do Norte e Córrego dos Camargos. Os dados desta avaliação foram compilados e são apresentados na Tabela 7, abaixo.

**Tabela 7: Espessuras dos Dois Tipos de Rejeito Encontrados nas Sondagens de Reconhecimento na Calha do Rio**

Identificação dos Pontos de Vistoria	Identificação das Sondagens	Espessura do Rejeito Lavado	Espessura do Rejeito Inconsolidado	Profundidade do Rejeito Inconsolidado	Espessura Média do Rejeito Inconsolidado
PV-01	PV-01A	0,20	1,25	0,20-1,45	1,07
	PV-01B	0,20	0,65	0,20-0,85	
	PV-01C	0,10	1,30	0,10-1,40	
PV-02	PV-02A	0,20	1,00	0,20-1,00	0,93
	PV-02B	0,20	1,00	0,20-1,00	
	PV-02C	0,15	0,80	0,15-0,95	
PV-03	PV-03A	0,20	>2,10	0,20-BNI	1,65
	PV-03B	0,20	>1,20	0,20-BNI	
PV-04	PV-04A	0,05	>0,95	0,05-BNI	0,83
	PV-04B	0,60	0,70	0,60-1,30	
PV-05	PV-05A	0,45	1,50	0,45-1,90	0,75
	PV-05B	NR	NR	NR	
	PV-05C	1,00	0,00	0	
PV-06	PV-06A	0,15	1,55	0,15-1,70	1,45
	PV-06B	NR	NR	NR	
	PV-06C	0,00	1,35	0,00-1,35	
PV-06A	PV-06(A)A	0,20	>2,2	0,20-BNI	2,20
	PV-06(A)B	0,40	>2,2	0,40-BNI	
PV-07*	PNA	-	-	-	-
PV-08	PV-08A	0,20	>1,15	0,2-BNI	1,33
	PV-08B	0,00	1,50	0,00-1,50	
PV-09	PV-09A	0,10	0,90	0,10-1,10	0,52
	PV-09B	0,12	0,30	0,10-0,40	
	PV-09C	0,40	0,35	0,40-0,75	
PV-10	PV-10A	0,25	0,85	0,25-1,10	0,77
	PV-10B	0,35	0,95	0,35-1,30	
	PV-10C	0,05	0,50	0,05-0,55	
PV-11	PV-11A	2,20	>1,1	2,20-BNI	0,55
	PV-11B	0,30	0,00	0,00	
	PV-11C	0,20	0,20	0,20-0,40	
PV-12	PV-12A	0,00	>1,5	0,00-1,50	1,80
	PV-12B	0,30	1,80	0,30-2,10	
PV-13	PV-13A	0,05	0,60	0,05-0,65	0,80
	PV-13B	0,05	1,00	0,05-1,05	
PV-14	PV-14A	0,50	0,40	0,50-0,90	0,40
	PV-14B	0,80	>0,15	0,80-0,95	
PV-15	PV-15A	2,20	>0,3	2,20-2,50	0,40
	PV-15B	1,00	0,40	1,00-1,40	
PV-16	PV-16A	0,90	0,00	0,00	0,23
	PV-16B	0,35	0,45	0,35-0,80	

Identificação dos Pontos de Vistoria	Identificação das Sondagens	Espessura do Rejeito Lavado	Espessura do Rejeito Inconsolidado	Profundidade do Rejeito Inconsolidado	Espessura Média do Rejeito Inconsolidado
PV-17	PV-17A	0,25	0,70	0,25-0,95	0,70

Notas: NR: Não recuperado; BNI: Base não identificada; \* Ponto não avaliado

Dentre os pontos avaliados, foi observada uma variação de 0,0 (PV-06C e PV-12A) a 2,2 (PV-11A e PV-15A) metros de espessura do rejeito lavado, com uma média de 0,4 m. Já a espessura do rejeito inconsolidado variou de 0,00 (PV-05C, PV-11B e PV-16A) a mais de 2,2 (PV-06(A)A e PV-06(A)B) metros de espessura, com uma média de 0,93 m.

As maiores espessuras do rejeito lavado foram encontradas nas sondagens PV-05C (1 m), PV-15B (1 m), PV-11A (2,2 m) e PV-15A (2,2 m). As maiores espessuras do rejeito inconsolidado foram encontrados nas sondagens PV-12B (1,8 m), PV-03A (2,1 m), PV-06(A)A (2,2 m) e PV-06(A)B (2,2 m).

As Figuras 5A a 5Q do Anexo 1 mostram os perfis de sondagem e a sua localização aproximada. Vale ressaltar que devido a dinâmica do rio que causa deposição e sedimentação em pontos diversos em um mesmo curto trecho do rio, foi observada uma certa heterogeneidade espacial nas espessuras dos rejeitos observados nas sondagens realizadas em um mesmo ponto de vistoria (PV).

A Figura 3 mostra a relação entre estas duas camadas de rejeito, rejeito lavado e rejeito inconsolidado, observada em cada uma das trinta e sete (37) sondagens realizadas nos dezessete (17) pontos de vistoria, dados organizados de montante para jusante.

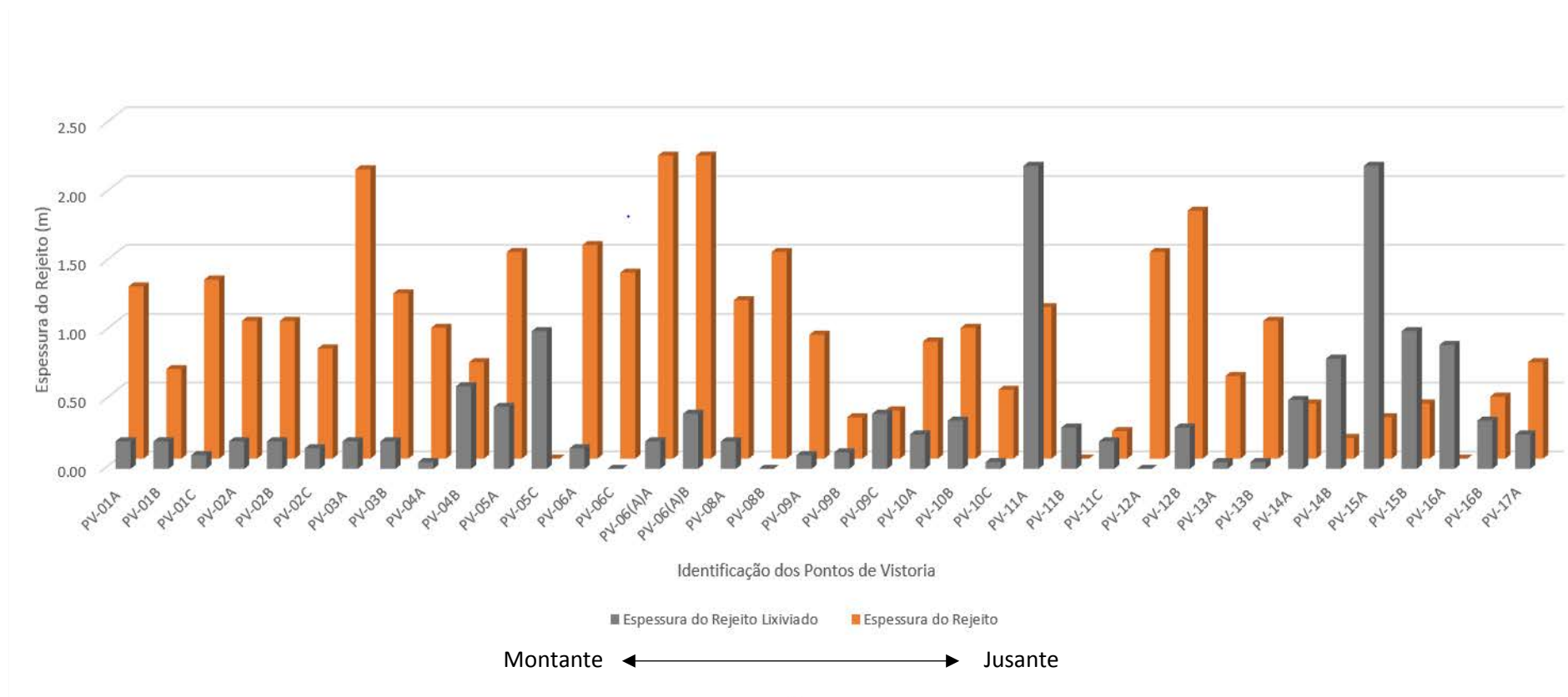


Figura 3: Espessura das Camadas de Rejeito (Lavado e Inconsolidado) Encontradas nas Sondagens de Reconhecimento

Conforme ilustrado na Figura 3, nota-se uma maior espessura do rejeito inconsolidado nos primeiros trechos do rio próximos do rompimento da barragem, e uma menor espessura nos pontos mais a jusante. Inversamente, o rejeito lavado tem uma menor espessura nos pontos mais a montante e uma espessura maior nos pontos a jusante. Estes resultados preliminares indicam que de maneira geral o segmento dos rios mais próximo do acidente (Trecho 6) sofrem de processos com tendência a serem mais erosivos, com uma menor espessura do rejeito lavado e uma maior espessura do rejeito inconsolidado. Já na porção do rio Gualaxo mais próximo a sua foz, próximo ao município de Barra Longa, os dados indicam que o rio sofre um processo com tendência a ser deposicional, com uma espessura maior de rejeito lavado e uma espessura menor do rejeito inconsolidado.

Vale ressaltar que os dados de espessura de sedimento devem ser usados com cautela, uma vez que representam uma avaliação inicial do Rio Gualaxo do Norte afetado pelo acidente de ruptura da Barragem de Fundão, com aproximadamente 80 km, e os Pontos de Vistoria e respectivas Áreas de Influência representam um pequeno espaço amostral em vista da extensão total do rio afetada pelo acidente.

## 5.2.2 Relação com Dados Pretéritos da Área

### 5.2.2.1 Leito do Rio

Os dados coletados neste estudo pela CH2M, apresentados acima, foram comparados com os dados coletados pela empresa Golder Associates, dados estes apresentados no relatório intitulado “Avaliação de Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” datado de Outubro de 2016.

Os dados de espessura do rejeito foram coletados dentro canal do rio, no Programa de Geoquímica do referido estudo, apresentados na Tabela 8. Vale ressaltar que os dados da empresa Golder referente ao rejeito não discriminam os diferentes tipos de rejeito, sendo apresentados somente como espessura total do material.

Os dados com relação à espessura do rejeito foram coletados no canal do rio, no Programa de Geoquímica do referido estudo, apresentados na Tabela 8 abaixo.

**Tabela 8: Dados de Espessura de Rejeito no Canal do Rio do Programa de Geoquímica**

Amostra	Leste	Norte	Elevação (m)	Ponto de Dados de Espessura (m)
T149	665215	7762255	720	0,45
T164	664724	7757693	708	0,40
T151	671108	7759083	662	0,70
T169	702796	7755274	598	0,80
T167	673978	7761059	594	0,55
T152	676786	7758081	581	0,60
T153	677965	7757576	573	0,55
T154	680658	7755337	557	0,65
T155	682466	7754727	543	0,30
T156	684348	7754460	530	0,60
T157	687150	7754493	516	0,70
T158	688492	7755891	514	0,70
T159	688038	7757408	503	0,65
T160	691047	7757605	459	0,50
T161	692983	7757356	426	0,65
T162	695497	7758346	419	0,70

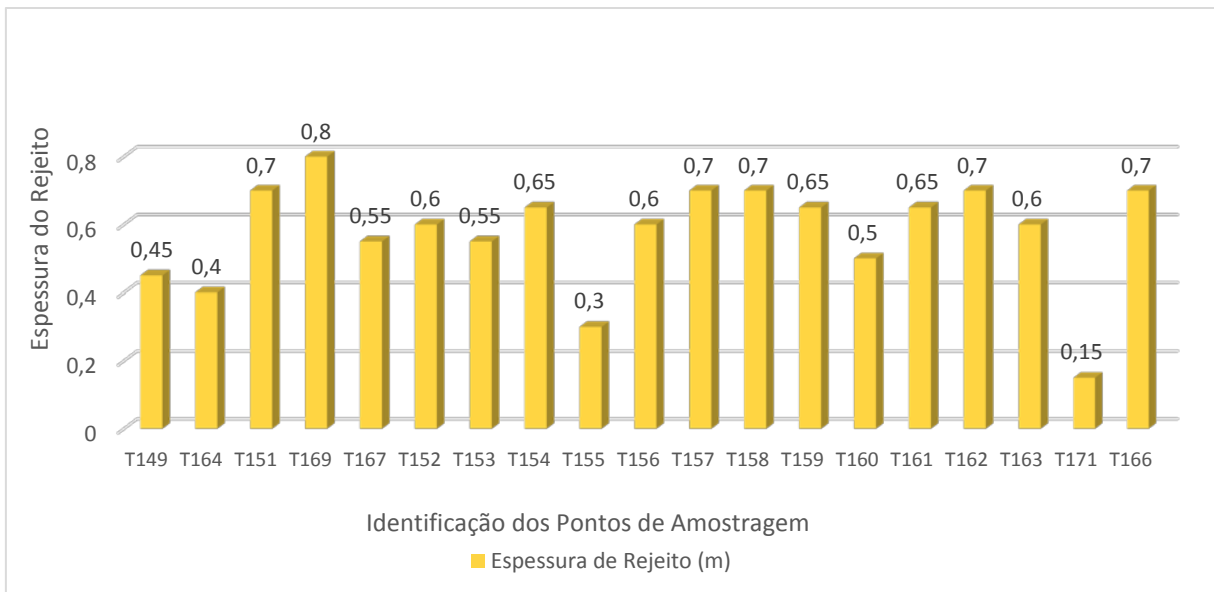
Amostra	Leste	Norte	Elevação (m)	Ponto de Dados de Espessura (m)
T163	698072	7757720	406	0,60
T171	705818	7756026	384	0,15
T166	701999	7755632	377	0,70
<b>T175</b>	<b>709524</b>	<b>7757345</b>	<b>374</b>	<b>0,65</b>
<b>T173</b>	<b>710016</b>	<b>7758468</b>	<b>363</b>	<b>0,45</b>
<b>T177</b>	<b>714185</b>	<b>7756865</b>	<b>351</b>	<b>1,20</b>
<b>T179</b>	<b>717631</b>	<b>7756358</b>	<b>339</b>	<b>0,60</b>
<b>T181</b>	<b>719479</b>	<b>7758874</b>	<b>332</b>	<b>1,95</b>

Fonte: Golder, 2016

Nota: Dados em negrito não representam a seção do rio avaliada pela empresa CH2M neste estudo

Os resultados das espessuras de rejeito listadas acima foram coletados na calha do rio, mais especificamente dentro do leito do rio, indicando uma média de 0,57 metros de espessura de rejeito, excluindo os dados em negrito que estão fora da área de representação deste estudo da CH2M (áreas a jusante da cidade de Barra Longa).

Os resultados da Golder foram tabelados de montante para jusante, conforme apresentado na Figura 4.



**Figura 4: Espessura Total da Camada de Rejeito Encontradas nos Ponto de Coleta de Sedimentos (Golder, 2016)**

Os resultados das medições do rejeito dentro do leito do rio não apresentam uma tendência clara de variação na deposição ao longo do trecho avaliado.

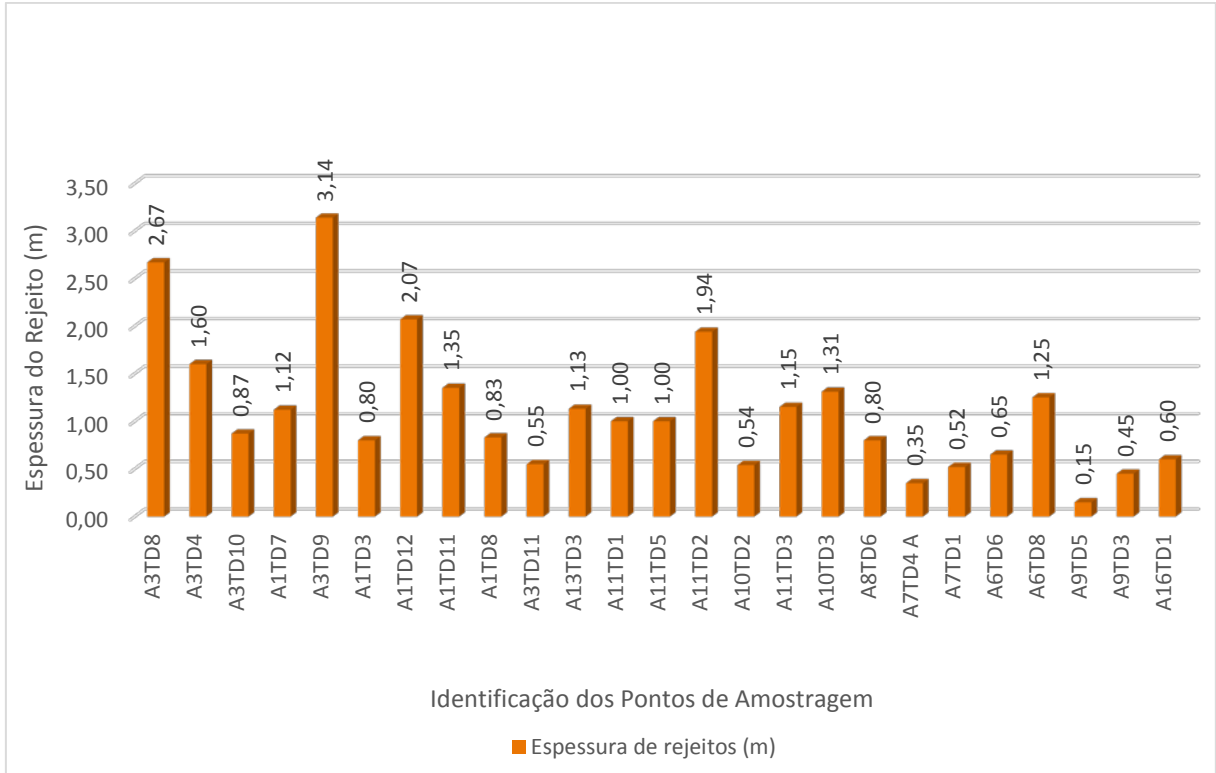
#### 5.2.2.2 Intracalha

Como conceitualmente houve uma discrepância na classificação da área considerada como calha entre os dois estudos realizados (Golder e CH2M), uma vez que a Golder considerou os bancos (ilhas e praias avaliadas neste estudo) como planície de inundação, estes dados filtrados (pontos coletados para medição de espessura do rejeito nos estudos da Golder iguais ou menores de 10 metros do rio) para uma avaliação e comparação com os dados coletados pela CH2M. A Tabela 9, abaixo, indica os dados selecionados.

**Tabela 9: Dados de Espessura de Rejeito na Planície de Inundação Selecionados (Golder, 2016)**

ID	Coordenadas Geográficas (UTM-23K- SAD69)		Elevação	Espessura de Rejeitos (m)	Data	Distância Aprox. do Ponto à Calha do Rio (m)
A3TD8	664.744	7.758.382	712	2.67	04/07/16	5
A3TD4	665.629	7.759.319	709	1.60	04/07/16	3
A3TD10	665.725	7.759.750	706	0.87	04/07/16	8
A1TD7	665.468	7.761.638	704	1.12	01/07/16	3
A3TD9	664.704	7.758.756	704	3.14	04/07/16	6
A1TD3	665.357	7.761.836	703	0.80	01/07/16	4
A1TD12	665.622	7.761.172	702	2.07	04/07/16	3
A1TD11	665.711	7.761.358	701	1.35	02/07/16	4
A1TD8	665.552	7.761.514	701	0.83	02/07/16	8
A3TD11	666.209	7.761.157	692	0.55	05/07/16	3
A13TD3	670.033	7.759.770	655	1.13	06/28/16	3
A11TD1	673.512	7.761.304	598	1.00	06/29/16	3
A11TD5	674.836	7.760.051	596	1.00	06/29/16	3
A11TD2	673.853	7.761.182	590	1.94	06/29/16	3
A10TD2	677.031	7.758.316	588	0.54	06/29/16	5
A11TD3	674.032	7.761.184	588	1.15	06/29/16	3
A10TD3	677.660	7.757.889	575	1.31	06/29/16	8
A8TD6	681.414	7.755.302	546	0.80	04/07/16	5
A7TD4 A	688.568	7.755.328	518	0.35	05/07/16	7
A7TD1	688.506	7.755.899	506	0.52	04/07/16	10
A6TD6	694.928	7.758.391	416	0.65	01/07/16	8
A6TD8	696.393	7.758.746	414	1.25	01/07/16	6
A9TD5	693.188	7.757.314	388	0.15	01/07/16	10
A9TD3	692.837	7.757.242	380	0.45	02/07/16	10
A16TD1	718.607	7.758.619	338	0.60	05/07/16	10

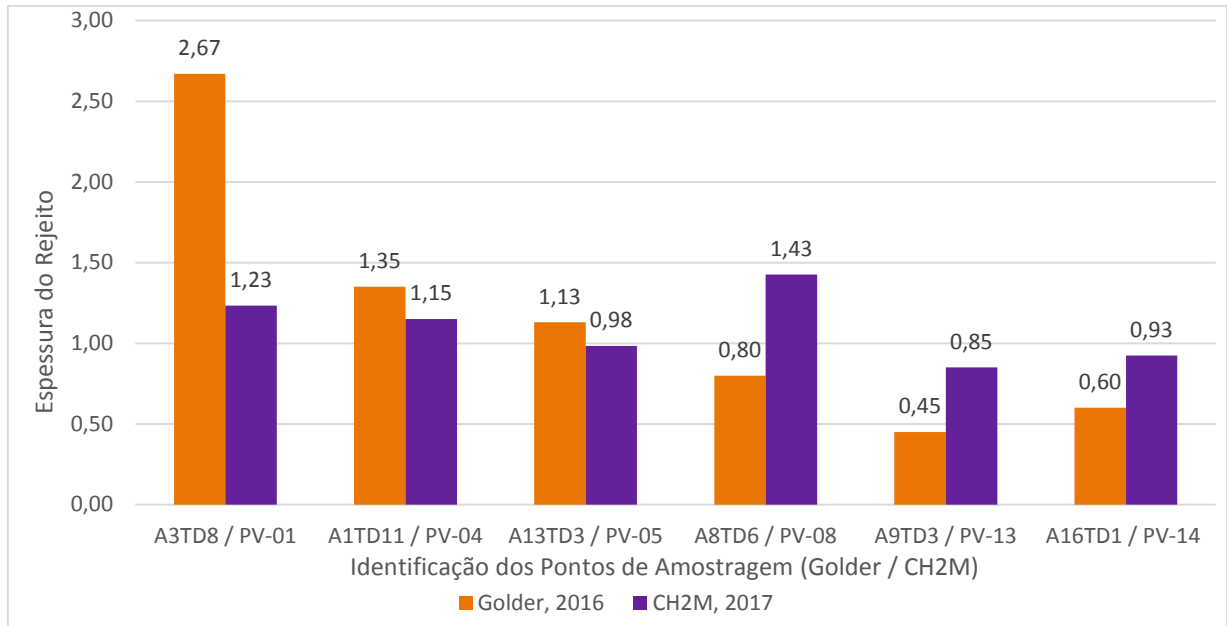
Os resultados das espessuras de rejeito totais apresentados na Tabela 9 acima foram plotados, de montante a jusante, apresentado na Figura 5, abaixo.



**Figura 5: Espessura Total da Camada de Rejeito Encontradas nos Ponto de Coleta na Planície de Inundação, Pontos a 10 metros ou Menos do Rio (Golder, 2016).**

O gráfico indica uma tendência de acúmulo de rejeito nas áreas próximas do rompimento da barragem, e uma redução da espessura do rejeito nas áreas a jusante, para o mesmo trecho da área avaliada neste estudo.

Golder, 2016		CH2M, 2017	
Identificação dos Pontos de Amostragem	Espessura de Rejeitos (m)	Identificação dos Pontos de Vistoria	Espessura Média do Total da Camada de Rejeito
A3TD8	2,67	PV-01	1,23
A1TD11	1,35	PV-04	1,15
A13TD3	1,13	PV-05	0,98
A8TD6	0,80	PV-08	1,43
A9TD3	0,45	PV-13	0,85
A16TD1	0,60	PV-14	0,93



**Figura 6: Comparativo de Espessura Total da Camada de Rejeito Entre Dados da Golder e CH2M**

Com exceção de dois pontos, a comparação entre os dados da Golder em 2016 e os dados da CH2M em 2017 para os pontos vistoriados, indicam resultados similares de espessura de rejeito total. Vale ressaltar que além da variação temporal, há também uma variação espacial entre os dados coletados, já que existe uma proximidade entre os pontos de coleta, mas não foram coletados exatamente nos mesmo locais.

Esta avaliação com os dados existentes sobre as espessuras de rejeito serviu para balizar os dados coletados em campo neste presente estudo, assim como corroborar com algumas tendências gerais sobre a deposição dos rejeitos ao longo do rio Gualaxo. Contudo, os dados existentes não discriminam os diferentes tipos de rejeito (lavado e inconsolidado), dado considerado importante na avaliação do potencial para formação de turbidez na água do rio.

### 5.2.3 Análise Granulométrica do Material Coletado

Os laudos analíticos das amostras de rejeitos e sedimentos para análise granulométrica do laboratório Loctest são apresentados no Anexo 4 deste relatório. Um resumo com os resultados das análises é apresentado na Tabela 10, abaixo.