

# **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no**

## **Trecho 9**

### **ANEXO VIII – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO -**

### **ATIVIDADE DE CAMPO CH2M**

# **RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**

## **TRANSECTOS**



**Cliente:**  
Fundação Renova

**Localização do Site:**  
Trecho 9

**Atividade:**  
Coleta de Dados em Campo

**Foto N°**  
**01**

**Localização:**  
T9T1

**Data e hora:** 15/11/2017 10:51;

**Coordenadas:**  
S20°14'20.45"; W43°20'16.36"



**Foto N°**  
**02**

**Localização:**  
T9T1

**Data e hora:** 15/11/2017 13:43;

**Coordenadas:**  
S20°14'20.30"; W43°20'13.76"




<b>Foto Nº 03</b>	<b>Localização:</b> T9T1	
<b>Data e hora: 15/11/2017 14:11;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°14'20.48"; W43°20'13.87"		

<b>Foto Nº 04</b>	<b>Localização:</b> T9T2	
<b>Data e hora: 15/11/2017 10:52;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°14'34.60"; W43°19'52.99"		



<b>Foto Nº 05</b>	<b>Localização:</b> T9T2
<b>Data e hora: 15/11/2017 11:41;</b>	
<b>Coordenadas:</b> S20°14'34.52"; W43°19'53.44"	



--


<b>Foto Nº 06</b>	<b>Localização:</b> T9T2
<b>Data e hora: 15/11/2017 11:41;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°14'34.48"; W43°19'53.47"	
	

<b>Foto Nº 07</b>	<b>Localização: T9T3</b>	
<b>Data e hora: 15/11/2017 14:26;</b>		
<b>Coordenadas:</b> S20°14'45.67"; W43°20'3.49"		

<b>Foto Nº 08</b>	<b>Localização:</b> T9T3	
<b>Data e hora:</b> 15/11/2017 10:32;		
<b>Coordenadas:</b> S20°14'45.19"; W43°20'2.14"		




Foto Nº 09	Localização: T9T3	
Data e hora: 15/11/2017 10:59;  Coordenadas: S20°14'45.11"; W43°20'2.01"		


<b>Foto Nº 10</b>	<b>Localização: T9T4</b>	
<b>Data e hora: 09/11/2017 11:22;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'6.93"; W43°19'33.43"		




<b>Foto Nº 11</b>	<b>Localização: T9T4</b>	
<b>Data e hora: 09/11/2017 11:41;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'6.89"; W43°19'33.49"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>12</b>	<b>Localização:</b> T9T4
<b>Data e hora:</b> 09/11/2017 11:49;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'6.61"; W43°19'34.69"	

A photograph showing a cross-section of a muddy bank. The soil is a dark, reddish-brown color, appearing wet and saturated. There are several small, green plants growing from the top edge of the bank. A small, orange-handled tool, possibly a shovel or a probe, is stuck into the mud in the center of the frame. The ground surface is uneven, with some small rocks and debris scattered around. The overall scene suggests a recent erosion or a site being investigated for geological or environmental purposes.

<b>Foto Nº 13</b>	<b>Localização: T9T5</b>	
<b>Data e hora: 16/12/2017 13:24;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'30.98"; W43°19'43.71"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>14</b>	<b>Localização:</b> T9T5	
<b>Data e hora:</b> 16/12/2017 12:09;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'31.71"; W43°19'44.82"		




<b>Foto Nº 15</b>	<b>Localização: T9T5</b>	
<b>Data e hora: 16/12/2017 13:07;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'31.45"; W43°19'44.96"		

Foto Nº 16	Localização: T9T6	
Data e hora: 16/12/2017 09:59;  Coordenadas: S20°16'15.99"; W43°19'49.66"		





<b>Foto Nº 17</b>	<b>Localização: T9T6</b>	
<b>Data e hora: 16/12/2017 11:54;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'14.95"; W43°19'48.75"		

Foto Nº 18	Localização: T9T6	
Data e hora: 16/12/2017 11:33;  Coordenadas: S20°16'15.26"; W43°19'48.88"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>19</b>	<b>Localização:</b> T9T7	
<b>Data e hora:</b> 11/11/2017 13:39;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'19.53"; W43°19'30.53"		

<b>Foto Nº 20</b>	<b>Localização: T9T7</b>	
<b>Data e hora: 11/11/2017 14:22;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'18.07"; W43°19'32.21"		



Foto Nº 21	Localização: T9T7	
Data e hora: 11/11/2017 13:47;  Coordenadas: S20°16'19.30"; W43°19'30.26"		

<b>Foto</b> Nº 22	<b>Localização:</b> T9T8	
<b>Data e hora:</b> 11/11/2017 12:07;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'17.74"; W43°19'29.06"		



Foto Nº 23	Localização: T9T8	
Data e hora: 11/11/2017 09:46;  Coordenadas: S20°16'19.07"; W43°18'59.05"		

Foto Nº 24	Localização: T9T8	
Data e hora: 11/11/2017 10:45;  Coordenadas: S20°16'18.68"; W43°18'58.57"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>25</b>	<b>Localização:</b> T9T9
<b>Data e hora:</b> 10/11/2017 11:09;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'8.13"; W43°18'2.67"	



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>26</b>	<b>Localização:</b> T9T9
<b>Data e hora:</b> 10/11/2017 13:53;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'5.35"; W43°18'1.61"	

A photograph showing three workers in safety gear (hard hats, life jackets, and waders) wading through a river. They are using a long pole to measure the water depth. The water is brown and murky. The background shows a grassy bank and some trees.



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>27</b>	<b>Localização:</b> <b>T9T9</b>
<b>Data e hora:</b> 10/11/2017 <b>13:55;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'5.54"; W43°18'1.76"	




--

Foto Nº 28	Localização: T9T10
Data e hora: 10/11/2017;  Coordenadas: S20°16'22.82"; W43°17'45.76"	







<b>Foto Nº 29</b>	<b>Localização:</b> T9T10	
<b>Data e hora:</b> 10/11/2017 13:57;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'20.47"; W43°17'45.16"		

Foto N° 30	Localização: T9T10
Data e hora: 10/11/2017;  Coordenadas: S20°16'20.55"; W43°17'45.41"	

A photograph showing a black plastic tray containing a large, irregular mass of brown sediment and debris. A yellow measuring tape is placed across the top of the tray, and a white card with the handwritten label 'T9T10-05' is held above it. An orange tape measure is also visible on the right side of the tray. The background shows some dry grass and soil.

<b>Foto Nº 31</b>	<b>Localização: T9T11</b>	
<b>Data e hora: 14/11/2017 09:54;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'1.27"; W43°17'23.96"		

Foto Nº 32	Localização: T9T11
<p>Data e hora: 14/11/2017 11:01;</p> <p>Coordenadas: S20°16'59.43"; W43°17'28.31"</p>	





<b>Foto Nº 33</b>	<b>Localização: T9T11</b>	
<b>Data e hora: 14/11/2017 10:00;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'1.05"; W43°17'24.16"		

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>37</b>	<b>Localização:</b> T9T13	
<b>Data e hora:</b> 13/11/2017 <b>09:51;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'35.07"; W43°16'30.59"		




Foto Nº 38	Localização: T9T13
Data e hora: 13/11/2017 10:07;  Coordenadas: S20°17'37.76"; W43°16'31.48"	

A photograph showing two workers in safety gear (hard hats, life jackets, and waders) standing in a muddy river. One worker is using a long-handled tool to sample the water, while the other stands nearby holding a yellow pole. The background shows a rocky bank and some vegetation.

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>39</b>	<b>Localização:</b> T9T13	
<b>Data e hora:</b> 13/11/2017 12:57;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'37.64"; W43°16'31.47"		



Foto Nº 40	Localização: TT14	
Data e hora: 13/11/2017 09:50;  Coordenadas: S20°17'19.60"; W43°16'2.11"		

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>41</b>	<b>Localização:</b> T9T14	
<b>Data e hora:</b> 13/11/2017 13:02;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'16.90"; W43°16'3.29"		



Foto Nº 42	Localização: T9T14
Data e hora: 13/11/2017 17:25;  Coordenadas: S20°17'16.74"; W43°16'3.31"	
	

<b>Foto</b> Nº 43	<b>Localização:</b> T9T15	
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 15:00;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'39.64"; W43°15'27.53"		




<b>Foto</b> N° 44	<b>Localização:</b> T9T15	
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 10:19;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'39.64"; W43°15'27.70"		


<b>Foto</b> N° 45	<b>Localização:</b> T9T15	
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 14:49;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'40.07"; W43°15'27.80"		



<b>Foto Nº 46</b>	<b>Localização: T9T16</b>	
<b>Data e hora: 08/12/2017 09:34;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'53.25"; W43°15'0.97"		

<b>Foto N° 47</b>	<b>Localização:</b> T9T16
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 10:42;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'54.27"; W43°15'1.30"	
	

<b>Foto N° 48</b>	<b>Localização: T9T16</b>	
<b>Data e hora: 11/12/2017 14:55;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'53.53"; W43°15'1.78"		

<b>Foto Nº 49</b>	<b>Localização:</b> T9T17	
<b>Data e hora:</b> 16/11/2017 11:16;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'18.49"; W43°14'45.08"		



<b>Foto Nº 50</b>	<b>Localização:</b> T9T17	
<b>Data e hora:</b> 16/11/2017 16:30;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'18.52"; W43°14'45.01"		

<b>Foto N° 51</b>	<b>Localização:</b> T9T17	
<b>Data e hora:</b> 16/11/2017 14:08;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'18.82"; W43°14'45.59"		



<b>Foto Nº 52</b>	<b>Localização: T9T18</b>	
<b>Data e hora: 16/11/2017 13:51;</b>  <b>Coordenadas: S20°17'58.20"; W43°14'19.19"</b>		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>53</b>	<b>Localização:</b> T9T18
<b>Data e hora:</b> 16/11/2017 <b>10:27;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'58.64"; W43°14'18.70"	





<b>Foto Nº 54</b>	<b>Localização: T9T18</b>	
<b>Data e hora: 16/11/2017 10:41;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'58.13"; W43°14'19.60"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>55</b>	<b>Localização:</b> T9T19	
<b>Data e hora:</b> 17/11/2017 11:41;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'6.95"; W43°13'51.55"		





<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>56</b>	<b>Localização:</b> T9T19	
<b>Data e hora:</b> 17/11/2017 <b>09:18;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°18'3.98"; W43°13'52.17"		

<b>Foto</b> Nº 57	<b>Localização:</b> T9T19	
<b>Data e hora:</b> 17/11/2017 10:25;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'3.91"; W43°13'52.16"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>58</b>	<b>Localização:</b> T9T20
<b>Data e hora:</b> 17/11/2017 <b>09:03;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°18'19.70"; W43°13'48.31"	


--

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>59</b>	<b>Localização:</b> T9T20	
<b>Data e hora:</b> 17/11/2017 <b>09:03;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°18'20.05"; W43°13'47.92"		



<b>Foto Nº 60</b>	<b>Localização: T9T20</b>	
<b>Data e hora: 17/11/2017 08:58;</b>  <b>Coordenadas: S20°18'20.10"; W43°13'47.68"</b>		

<b>Foto Nº 61</b>	<b>Localização: T9T21</b>	
<b>Data e hora: 21/11/2017 09:27;</b>  <b>Coordenadas: S20°17'55.89"; W43°13'39.37"</b>		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>62</b>	<b>Localização:</b> T9T21
<b>Data e hora: 15/12/2017</b> <b>11:10;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°18'3.54"; W43°13'38.48"	
	


<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>63</b>	<b>Localização:</b> T9T21
<b>Data e hora:</b> 15/12/2017 11:35;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'3.59"; W43°13'38.97"	
	




Foto Nº 64	Localização: T9T22	
Data e hora: 21/11/2017 10:56;  Coordenadas: S20°18'19.21"; W43°13'16.16"		

<b>Foto</b> N° 65	<b>Localização:</b> T9T22	
<b>Data e hora:</b> 21/11/2017 10:56;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'19.21"; W43°13'16.16"		



Foto Nº 66	Localização: T9T22
Data e hora: 25/11/2017 14:55;  Coordenadas: S20°18'19.13"; W43°13'16.36"	


--


<b>Foto Nº 67</b>	<b>Localização: T9T23</b>	
<b>Data e hora: 21/11/2017 14:00;</b>  <b>Coordenadas: S20°17'59.82"; W43°12'46.84"</b>		



<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>68</b>	<b>Localização:</b> T9T23	
<b>Data e hora:</b> 21/11/2017 <b>14:04;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'58.50"; W43°12'45.63"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>69</b>	<b>Localização:</b> T9T23	
<b>Data e hora:</b> 21/11/2017 13:41;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'57.03"; W43°12'46.40"		



Foto N° 70	Localização: T9T24	
Data e hora: 29/11/2017 12:50;  Coordenadas: S20°17'47.31"; W43°12'25.17"		

<b>Foto Nº 71</b>	<b>Localização:</b> T9T24	
<b>Data e hora:</b> 29/11/2017 11:05;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'50.56"; W43°12'22.71"		



<b>Foto</b> N° 72	<b>Localização:</b> T9T24
<b>Data e hora:</b> 29/11/2017 11:20;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'51.20"; W43°12'24.55"	




A black plastic tray containing soil samples. A yellow measuring tape is placed horizontally across the tray to indicate scale. The soil is dark brown and clumpy. The tray is placed on a reddish-brown surface. The measuring tape shows markings from 20 to 60 cm. The soil is divided into two distinct layers: a top layer of dark brown, clumpy soil and a bottom layer of lighter brown, more granular soil.

Foto Nº 73	Localização: T9T25	
Data e hora: 22/11/2017 11:17;  Coordenadas: S20°17'42.98"; W43°11'45.21"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>74</b>	<b>Localização:</b> T9T25	
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 <b>10:15;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'45.28"; W43°11'42.78"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>75</b>	<b>Localização:</b> T9T25
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 10:42;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'44.90"; W43°11'43.00"	

A photograph showing a black plastic tray filled with a dark, muddy sediment sample. The sediment is broken into several pieces, with some showing a lighter, yellowish-brown interior. A yellow measuring tape is placed horizontally below the tray, indicating a length of approximately 40 cm. A blue label with white text is attached to the bottom of the tray, reading "11/12/17", "T9T25.05", and "CH2M". The tray is placed on a light brown, rocky soil surface. Some green vegetation is visible on the right side of the tray.



Foto Nº 76	Localização: T9T26	
Data e hora: 11/12/2017 14:30;  Coordenadas: S20°17'12.08"; W43°11'43.13"		

<b>Foto Nº 77</b>	<b>Localização:</b> T9T26	
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 17:53;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'11.99"; W43°11'40.97"		



<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>78</b>	<b>Localização:</b> T9T26
<b>Data e hora:</b> 11/12/2017 15:19;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'11.53"; W43°11'41.16"	



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>79</b>	<b>Localização:</b> T9T27
<b>Data e hora:</b> 29/11/2017 12:06;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'44.56"; W43°12'5.96"	


--




<b>Foto</b> Nº 80	<b>Localização:</b> T9T27
<b>Data e hora:</b> 29/11/2017 11:02;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'44.67"; W43°12'4.77"	



<b>Foto</b> N° 81	<b>Localização:</b> T9T27	
<b>Data e hora:</b> 29/11/2017 11:28;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'44.52"; W43°12'5.11"		



Foto Nº 82	Localização: T9T28	
Data e hora: 27/11/2017 12:22;  Coordenadas: S20°16'20.00"; W43°11'59.37"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>83</b>	<b>Localização:</b> T9T28
<b>Data e hora:</b> 27/11/2017 11:33;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'20.06"; W43°11'59.73"	





<b>Foto</b> N° 84	<b>Localização:</b> T9T28	
<b>Data e hora:</b> 27/11/2017 11:58;		
<b>Coordenadas:</b> S20°16'20.14"; W43°11'59.51"		

<b>Foto</b> N° 85	<b>Localização:</b> T9T29	
<b>Data e hora:</b> 27/11/2017 09:53;		
<b>Coordenadas:</b> S20°16'15.73"; W43°11'12.81"		



<b>Foto Nº 86</b>	<b>Localização: T9T29</b>	
<b>Data e hora: 27/11/2017 10:33;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'15.73"; W43°11'12.81"		



<b>Foto Nº 87</b>	<b>Localização: T9T29</b>	
<b>Data e hora: 27/11/2017 10:33;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'16.80"; W43°11'13.41"		



Foto Nº 88	Localização: T9T30	
Data e hora: 23/11/2017 10:21;  Coordenadas: S20°16'19.03"; W43°10'37.60"		

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>89</b>	<b>Localização:</b> T9T30
<b>Data e hora:</b> 27/11/2017 <b>09:53;</b>	
<b>Coordenadas:</b> S20°16'19.62"; W43°10'38.86"	







Foto N° 90	Localização: T9T30
Data e hora: 27/11/2017 11:55;  Coordenadas: S20°16'18.30"; W43°10'39.20"	
	

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>91</b>	<b>Localização:</b> T9T31	
<b>Data e hora:</b> 06/12/2017 09:54;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'11.54"; W43°10'12.22"		



<b>Foto</b> N° 92	<b>Localização:</b> T9T31	
<b>Data e hora:</b> 15/12/2017 12:10;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'22.41"; W43°10'8.74"		

<b>Foto</b> N° 93	<b>Localização:</b> T9T31
<b>Data e hora:</b> 15/12/2017 12:15;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'22.25"; W43°10'8.33"	

A black plastic bucket is shown, partially filled with dark, moist, clumpy sediment. A white label with the handwritten text "T9T31-06" is attached to the top rim of the bucket. A yellow measuring tape is stretched horizontally across the middle of the bucket, showing a measurement of approximately 21 centimeters. The sediment inside the bucket is dark brown to black and appears to be a fine-grained material, possibly soil or sediment from a geological site. The bucket is placed on a dark, textured surface, likely ground or a tarp.



<b>Foto Nº 94</b>	<b>Localização:</b> T9T32
<b>Data e hora: 23/11/2017 10:14;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'26.91"; W43°9'57.02"	


--

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>95</b>	<b>Localização:</b> T9T32
<b>Data e hora:</b> 27/11/2017 15:53;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'29.37"; W43°9'56.26"	





Foto Nº 96	Localização: T9T32
Data e hora: 27/11/2017 16:37;  Coordenadas: S20°16'29.45"; W43°9'55.92"	

A photograph showing two metal trays placed on a muddy, uneven ground. The tray on the left contains a small amount of reddish-brown soil and some water. The tray on the right is filled with a larger amount of similar soil, which appears moist and clumpy. A small, rectangular, light green label with a white border is placed on the right tray, with the handwritten text 'T9T32-05' in black ink. The background shows more of the muddy ground and some dry grass.

<b>Foto</b> Nº 97	<b>Localização:</b> T9T33	
<b>Data e hora:</b> 25/11/2017 10:43;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'37.62"; W43°9'31.90"		




<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>98</b>	<b>Localização:</b> T9T33	
<b>Data e hora:</b> 25/11/2017 11:59;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'36.67"; W43°9'34.45"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>99</b>	<b>Localização:</b> T9T33
<b>Data e hora:</b> 25/11/2017 12:04;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'36.51"; W43°9'34.59"	

A black plastic container filled with dark, moist soil and small rocks. A white label with a green border is placed on top of the soil, with the handwritten text "T9T33-05". The container is sitting on a sandy or dirt surface.




<b>Foto Nº 100</b>	<b>Localização:</b> T9T34	
<b>Data e hora: 24/11/2017 10:32;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'24.11"; W43°9'11.64"		

<b>Foto Nº 101</b>	<b>Localização:</b> T9T34	
<b>Data e hora: 25/11/2017 10:45;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'23.04"; W43°9'11.55"		



<b>Foto Nº 102</b>	<b>Localização:</b> T9T34
<b>Data e hora:</b> 25/11/2017 11:09;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'23.26"; W43°9'11.76"	

A photograph showing a person's hand wearing a blue nitrile glove, holding three distinct soil samples. From left to right, the samples are: a dark brown, crumbly soil mass; a reddish-brown, more cohesive soil mass; and a pile of light brown, granular soil. The background shows a field of dark brown soil with several black plastic trays containing more soil samples. A white sleeve is visible on the right side of the frame.

<b>Foto Nº 103</b>	<b>Localização:</b> T9T35	
<b>Data e hora:</b> 24/11/2017 15:16;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'23.09"; W43°8'45.31"		



<b>Foto Nº 104</b>	<b>Localização: T9T35</b>	
<b>Data e hora: 24/11/2017 11:47;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'24.64"; W43°8'45.29"		

<b>Foto N° 105</b>	<b>Localização:</b> T9T35	
<b>Data e hora:</b> 24/11/2017 15:00;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'23.91"; W43°8'45.22"		




<b>Foto Nº 106</b>	<b>Localização:</b> T9T36	
<b>Data e hora:</b> 07/12/2017 11:04;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'11.39"; W43°8'20.41"		

Foto Nº 107	Localização: T9T36	
Data e hora: 07/12/2017 12:26;  Coordenadas: S20°16'12.82"; W43°8'19.05"		



Foto N° 108	Localização: T9T36
Data e hora: 07/12/2017 12:43;  Coordenadas: S20°16'12.65"; W43°8'19.50"	


--


Foto N° 109	Localização: T9T37	
Data e hora: 28/11/2017 11:33;  Coordenadas: S20°15'44.76"; W43°7'57.62"		



<b>Foto Nº 110</b>	<b>Localização:</b> T9T37	
<b>Data e hora:</b> 28/11/2017 10:42;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'43.94"; W43°7'56.96"		

<b>Foto N° 111</b>	<b>Localização: T9T37</b>	
<b>Data e hora: 28/11/2017 11:46;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'45.18"; W43°7'56.88"		



<b>Foto Nº 112</b>	<b>Localização: T9T38</b>	
<b>Data e hora: 28/11/2017 12:21;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'54.24"; W43°7'43.00"		

<b>Foto Nº 113</b>	<b>Localização: T9T38</b>	
<b>Data e hora: 28/11/2017 10:09;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'54.79"; W43°7'43.35"		



<b>Foto Nº 114</b>	<b>Localização: T9T38</b>	
<b>Data e hora: 28/11/2017 11:25;</b>  <b>Coordenadas: S20°15'54.65"; W43°7'43.41"</b>		

<b>Foto Nº 115</b>	<b>Localização: T9T39</b>	
<b>Data e hora: 07/12/2017 13:53;</b>  <b>Coordenadas: S20°15'29.28"; W43°7'25.21"</b>		




Foto Nº 116	Localização: T9T39	
Data e hora: 15/12/2017 15:12;  Coordenadas: S20°15'28.89"; W43°7'21.96"		

Foto Nº 117	Localização: T9T39	
Data e hora: 15/12/2017 16:32;  Coordenadas: S20°15'28.65"; W43°7'21.97"		



<b>Foto Nº 118</b>	<b>Localização:</b> T9T40	
<b>Data e hora:</b> 01/12/2017 09:09;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'42.70"; W43°7'8.78"		

<b>Foto N° 119</b>	<b>Localização:</b> T9T40	
<b>Data e hora:</b> 13/12/2017 10:00;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'42.52"; W43°7'7.78"		



<b>Foto N° 120</b>	<b>Localização: T9T40</b>	
<b>Data e hora: 13/12/2017 11:11;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'42.89"; W43°7'7.80"		

<b>Foto Nº 121</b>	<b>Localização:</b> T9T41	
<b>Data e hora:</b> 01/12/2017 09:58;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'53.76"; W43°6'49.45"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>122</b>	<b>Localização:</b> T9T41
<b>Data e hora:</b> 12/12/2017 <b>11:41;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'53.03"; W43°6'50.57"	



--


Foto N° 123	Localização: T9T41
Data e hora: 12/12/2017 12:14;  Coordenadas: S20°15'52.66"; W43°6'50.29"	

	
--	--




<b>Foto Nº 124</b>	<b>Localização: T9T42</b>	
<b>Data e hora: 01/12/2017 10:29;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'4.14"; W43°6'12.12"		


<b>Foto Nº 125</b>	<b>Localização:</b> T9T42
<b>Data e hora: 01/12/2017 10:39;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'4.50"; W43°6'12.66"	

A photograph of a river flowing through a lush green landscape. The river is surrounded by dense vegetation and trees. In the background, there are rolling green hills under a cloudy sky. The water in the river appears slightly turbid or reddish-brown, possibly due to sediment. The foreground is filled with various green plants and shrubs, some of which are partially submerged in the water. The overall scene is a natural, rural landscape.



<b>Foto N° 126</b>	<b>Localização: T9T42</b>
<b>Data e hora: 12/12/2017 15:37;</b>	
<b>Coordenadas:</b> S20°16'4.61"; W43°6'13.04"	



<b>Foto N° 127</b>	<b>Localização: T9T43</b>	
<b>Data e hora: 15/12/2017 10:22;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'53.97"; W43°5'44.52"		



<b>Foto Nº 128</b>	<b>Localização: T9T43</b>	
<b>Data e hora: 15/12/2017 12:12;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'55.61"; W43°5'44.04"		

Foto Nº 129	Localização: T9T43
Data e hora: 15/12/2017 12:11;  Coordenadas: S20°15'55.57"; W43°5'44.01"	

A photograph showing a rectangular metal tray placed on the ground, which is covered with dry grass and some green plants. Inside the tray, there are two distinct, elongated mounds of dark brown, silty sediment. A small, light-colored, irregular object is visible on the right side of the upper mound. In front of the tray, a blue rectangular label with white text is placed on the ground. The text on the label reads "15/12/17" on the first line, "T9T43-04" on the second line, and "CH2M" on the third line.



<b>Foto N° 130</b>	<b>Localização: T9T44</b>	
<b>Data e hora: 14/12/2017 10:57;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°15'52.69"; W43°5'28.09"		

<b>Foto N° 131</b>	<b>Localização:</b> T9T44
<b>Data e hora:</b> 14/12/2017 11:23;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'53.05"; W43°5'25.65"	


A photograph of a wide river with muddy, brown water. A rocky shoreline is visible in the foreground, and green hills are in the background. The water is a uniform brown color, suggesting sediment or silt. The shoreline is composed of various sized rocks and stones. The background features rolling green hills under a cloudy sky.



Foto Nº 132	Localização: T9T44	
Data e hora: 14/12/2017 11:18;  Coordenadas: S20°15'53.06"; W43°5'25.74"		

Foto Nº 133	Localização: T9T45	
Data e hora: 05/12/2017 09:51;  Coordenadas: S20°16'34.89"; W43°5'26.94"		



<b>Foto Nº 134</b>	<b>Localização: T9T45</b>	
<b>Data e hora: 12/12/2017 12:18;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'29.69"; W43°5'27.69"		

<b>Foto Nº 135</b>	<b>Localização: T9T45</b>	
<b>Data e hora: 12/12/2017 12:18;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'29.61"; W43°5'27.62"		




<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>136</b>	<b>Localização:</b> T9T46
<b>Data e hora:</b> 05/12/2017 10:23;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'45.47"; W43°5'7.23"	
	


<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>137</b>	<b>Localização:</b> T9T46	
<b>Data e hora:</b> 12/12/2017 <b>10:26;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'47.23"; W43°5'8.72"		



<b>Foto Nº 138</b>	<b>Localização: T9T46</b>	
<b>Data e hora: 12/12/2017 10:27;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'47.34"; W43°5'8.74"		

<b>Foto Nº 139</b>	<b>Localização:</b> T9T47	
<b>Data e hora:</b> 14/12/2017 11:44;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'48.61"; W43°4'46.14"		



<b>Foto Nº 140</b>	<b>Localização:</b> T9T47	
<b>Data e hora:</b> 14/12/2017 09:59;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'48.17"; W43°4'43.41"		

<b>Foto N° 141</b>	<b>Localização:</b> T9T47
<b>Data e hora:</b> 14/12/2017 12:28;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'48.18"; W43°4'44.59"	


--



Foto Nº 142	Localização: T9T48	
Data e hora: 05/12/2017 10:52;  Coordenadas: S20°16'51.94"; W43°4'26.93"		

<b>Foto Nº 143</b>	<b>Localização:</b> T9T48	
<b>Data e hora:</b> 13/12/2017 09:38;  <b>Coordenadas:</b> S20°16'54.62"; W43°4'27.71"		



<b>Foto N° 144</b>	<b>Localização: T9T48</b>	
<b>Data e hora: 13/12/2017 10:59;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°16'53.88"; W43°4'27.08"		


<b>Foto N° 145</b>	<b>Localização:</b> T9T49	
<b>Data e hora:</b> 05/12/2017 10:54;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'13.06"; W43°3'57.77"		



<b>Foto Nº 146</b>	<b>Localização:</b> T9T49	
<b>Data e hora:</b> 12/12/2017 09:54;  <b>Coordenadas:</b> S20°15'31.24"; W43°7'25.94"		


<b>Foto Nº 147</b>	<b>Localização: T9T49</b>	
<b>Data e hora: 12/12/2017 15:30;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'11.95"; W43°3'56.01"		



<b>Foto N° 148</b>	<b>Localização: T9T50</b>	
<b>Data e hora: 07/12/2017 11:28;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'24.01"; W43°3'35.94"		

<b>Foto Nº 149</b>	<b>Localização:</b> T9T50	
<b>Data e hora: 13/12/2017 15:50;</b>  <b>Coordenadas:</b> S20°17'23.27"; W43°3'37.23"		




<b>Foto N° 150</b>	<b>Localização:</b> T9T50	
<b>Data e hora:</b> 13/12/2017 16:41;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'23.32"; W43°3'37.30"		

<b>Foto N° 151</b>	<b>Localização:</b> T9T51	
<b>Data e hora:</b> 05/12/2017 14:07;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'54.78"; W43°3'43.61"		



<b>Foto Nº 152</b>	<b>Localização: T9T51</b>	
<b>Data e hora: 05/12/2017 11:29;</b>  <b>Coordenadas: S20°17'52.08"; W43°3'42.37"</b>		

<b>Foto Nº 153</b>	<b>Localização: T9T51</b>	
<b>Data e hora: 05/12/2017 14:04;</b>  <b>Coordenadas: S20°17'54.55"; W43°3'44.09"</b>		



<b>Foto Nº 154</b>	<b>Localização:</b> T9T52
<b>Data e hora: 05/12/2017 14:02;</b>	
<b>Coordenadas:</b> S20°17'36.92"; W43°3'15.13"	




<b>Foto Nº 155</b>	<b>Localização:</b> T9T52	
<b>Data e hora:</b> 05/12/2017 14:16;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'36.83"; W43°3'16.24"		



Foto Nº 156	Localização: T9T52	
Data e hora: 05/12/2017 14:21;  Coordenadas: S20°17'37.16"; W43°3'15.83"		



# **RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**

## **LAGOAS**



**Cliente:**

Fundação Renova

**Localização do Site:**

Trecho 9

**Atividade:**

Coleta de Dados em Campo

**Foto  
Nº  
01**
**Localização:**  
T09-CARA-KM01

**Data e hora:** 24/01/2018 14:04;

**Coordenadas:**

S20°17'41.50"; W43°3'23.09"


**Foto  
Nº  
02**
**Localização:**  
T09-CARA-KM01

**Data e hora:** 24/01/2018 14:45;

**Coordenadas:**

S20°17'42.84"; W43°3'21.88"





Foto N° 03	Localização: T09-CARA-KM01	
Data e hora: 24/01/2018 15:02; Coordenadas: S20°17'42.52"; W43°3'22.27"		

Foto N° 04	Localização: T09-GN-KM611	
Data e hora: 22/01/2018 10:26 Coordenadas: S20°16'26.59"; W43°9'16.60"		



Foto Nº 05	Localização: T09-GN-KM611
Data e hora: 22/01/2018 10:44	
Coordenadas: S20°16'27.01"; W43°9'16.57"	

A photograph showing a person in a grey jumpsuit and blue cap digging a hole in the ground with a shovel. The person is wearing blue gloves. The ground is dirt, and there is a black plastic container and a small blue sign on the ground. The sign has the text "T09-GN KM 611 Ponto 03" written on it. The background is a dense field of tall green grass.



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>06</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM611	
<b>Data e hora:</b> 22/01/2018 10:53  <b>Coordenadas:</b> S20°16'27.15"; W43°9'16.56"		



Foto Nº 07	Localização: T09-GN-KM612	
Data e hora: 22/01/2018 09:38  Coordenadas: S20°16'18.76"; W43°9'14.64"		

<b>Foto N° 08</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM612	
<b>Data e hora:</b> 22/01/2018 09:10  <b>Coordenadas:</b> S20°16'18.78"; W43°9'14.65"		




<b>Foto</b> N° 09	<b>Localização:</b> T09-GN-KM612	
<b>Data e hora:</b> 22/01/2018 09:30  <b>Coordenadas:</b> S20°16'18.80"; W43°9'15.10"		

Foto Nº 10	Localização: T09-GN-KM615	
Data e hora: 22/01/2018 11:28  Coordenadas: S20°16'26.09"; W43°10'50.49"		



<b>Foto Nº 11</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM615	
<b>Data e hora:</b> 22/01/2018 11:36  <b>Coordenadas:</b> S20°16'26.10"; W43°10'50.14"		

Foto Nº 12	Localização: T09-GN-KM615
Data e hora: 22/01/2018 11:49	
Coordenadas: S20°16'26.09"; W43°10'50.31"	

A photograph showing a sediment core sample. A blue sign with white text is placed on a dark, reflective surface. The sign reads "T09-GN", "KM 615", and "PONTO 03". Below the sign, a yellow measuring tape is laid out horizontally, showing a scale from 0 to 100 cm. The sediment core is a long, cylindrical object, partially broken into several pieces, with a light brown, silty texture. The background is a dark, reflective surface, possibly a metal tray or container.



<b>Foto Nº 13</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM621
<b>Data e hora:</b> 31/01/2018 13:37	
<b>Coordenadas:</b> S20°17'16.05"; W43°11'45.09"	



A photograph showing two workers in safety gear (hard hats, reflective vests) working in a field of dense vegetation. One worker, wearing a blue hard hat and a grey vest with 'W3510' on the back, is using a long-handled tool to dig or clear the ground. The other worker, wearing a red hard hat and a grey vest, is standing nearby. A small white sign with handwritten text 'T09 GN KM 621 Ponto 03' is visible in the foreground. The background shows a hillside with trees and a clear sky.

Foto Nº 14	Localização: T09-GN-KM621	
Data e hora: 31/01/2018 14:40  Coordenadas: S20°17'14.55"; W43°11'44.98"		



Foto N° 15	Localização: T09-GN-KM621	
Data e hora: 31/01/2018 15:38		
Coordenadas: S20°17'14.00"; W43°11'44.26"		

<b>Foto Nº 16</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM623	
<b>Data e hora:</b> 22/01/2018 13:11		
<b>Coordenadas:</b> S20°17'55.46"; W43°12'42.20"		





<b>Foto</b> N° 17	<b>Localização:</b> T09-GN-KM623	
<b>Data e hora:</b> 23/01/2018 09:11 <b>Coordenadas:</b> S20°17'55.24"; W43°12'42.72"		

Foto N° 18	Localização: T09-GN-KM623
Data e hora: 24/01/2018 09:52	
Coordenadas: S20°17'56.76"; W43°12'43.13"	





<b>Foto</b> N° 19	<b>Localização:</b> T09-GN-KM624	
<b>Data e hora:</b> 23/01/2018 10:42  <b>Coordenadas:</b> S20°18'17.32"; W43°13'4.45"		



<b>Foto</b> N° 20	<b>Localização:</b> T09-GN-KM624	
<b>Data e hora:</b> 23/01/2018 14:34  <b>Coordenadas:</b> S20°18'17.69"; W43°13'4.50"		



Foto Nº 21	Localização: T09-GN-KM624
Data e hora: 23/01/2018 11:43	
Coordenadas: S20°18'17.89"; W43°13'4.51"	



<b>Foto</b> N° 22	<b>Localização:</b> T09-GN-KM625	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 14:28		
<b>Coordenadas:</b> S20°18'19.81"; W43°13'12.55"		



<b>Foto</b> N° 23	<b>Localização:</b> T09-GN-KM625
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 13:20	
<b>Coordenadas:</b> S20°18'20.47"; W43°13'15.91"	




<b>Foto</b> N° 24	<b>Localização:</b> T09-GN-KM625	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 13:20  <b>Coordenadas:</b> S20°18'20.47"; W43°13'15.91"		




Foto N° 25	Localização: T09-GN-KM626	
Data e hora: 19/01/2018 09:36  Coordenadas: S20°17'58.89"; W43°13'38.80"		

Foto N° 26	Localização: T09-GN-KM626
Data e hora: 19/01/2018 10:06	
Coordenadas: S20°17'57.82"; W43°13'38.38"	


--



<b>Foto</b> N° 27	<b>Localização:</b> T09-GN-KM626	
<b>Data e hora:</b> 19/01/2018 10:18  <b>Coordenadas:</b> S20°17'58.07"; W43°13'38.69"		


<b>Foto</b> N° 28	<b>Localização:</b> T09-GN-KM626-1	
<b>Data e hora:</b> 19/01/2018 11:02;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'1.19"; W43°13'41.94"		



<b>Foto</b> N° 29	<b>Localização:</b> T09-GN-KM626-1	
<b>Data e hora:</b> 19/01/2018 11:21;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'1.69"; W43°13'41.95"		


Foto N° 30	Localização: T09-GN-KM626-1	
Data e hora: 19/01/2018 11:30;  Coordenadas: S20°18'1.40"; W43°13'41.93"		



<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>31</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM629	
<b>Data e hora:</b> 17/01/2018 11:13  <b>Coordenadas:</b> S20°18'21.95"; W43°14'58.94"		

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>32</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM629	
<b>Data e hora:</b> 17/01/2018 10:06  <b>Coordenadas:</b> S20°18'21.29"; W43°14'57.89"		



Foto N° 33	Localização: T09-GN-KM629	
Data e hora: 17/01/2018 10:45  Coordenadas: S20°18'21.47"; W43°14'58.14"		

<b>Foto</b> N° 34	<b>Localização:</b> T09-GN-KM629-1	
<b>Data e hora:</b> 17/01/2018 08:29;  <b>Coordenadas:</b> S20°18'12.46"; W43°14'36.81"		




<b>Foto</b> N° 35	<b>Localização:</b> T09-GN-KM629-1	
<b>Data e hora:</b> 17/01/2018 08:54; <b>Coordenadas:</b> S20°18'12.82"; W43°14'37.40"		

<b>Foto</b> N° 36	<b>Localização:</b> T09-GN-KM629-1	
<b>Data e hora:</b> 17/01/2018 09:01; <b>Coordenadas:</b> S20°18'12.70"; W43°14'37.61"		



<b>Foto</b> N° 37	<b>Localização:</b> T09-GN-KM631
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 08:27	
<b>Coordenadas:</b> S20°17'35.36"; W43°15'14.69"	

A photograph showing three workers in safety gear (blue helmets, blue and yellow vests, black waders) in a muddy river. One worker is kneeling in the water holding a blue sign that reads "T09-GN-KM 631 FUPO 02". Two other workers stand on the grassy bank, one pointing towards the water. The water is brown and murky, and the background shows a grassy bank.

<b>Foto</b> N° 38	<b>Localização:</b> T09-GN-KM631	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 09:12  <b>Coordenadas:</b> S20°17'34.95"; W43°15'14.05"		



<b>Foto</b> N° 39	<b>Localização:</b> T09-GN-KM631	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 08:31  <b>Coordenadas:</b> S20°17'35.28"; W43°15'14.75"		

<b>Foto</b> N° 40	<b>Localização:</b> T09-GN-KM631-1	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 10:18;  <b>Coordenadas:</b> S20°17'34.38"; W43°15'18.60"		





<b>Foto</b> N° 41	<b>Localização:</b> T09-GN-KM631-1	
<b>Data e hora:</b> 18/01/2018 10:19; <b>Coordenadas:</b> S20°17'34.38"; W43°15'18.60"		


Foto N° 42	Localização: T09-GN-KM631-1	
Data e hora: 18/01/2018 10:34; Coordenadas: S20°17'33.80"; W43°15'19.17"		




<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>43</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM632	
<b>Data e hora:</b> 24/01/2018 10:51  <b>Coordenadas:</b> S20°17'28.48"; W43°15'51.84"		

<b>Foto</b> N° 44	<b>Localização:</b> T09-GN-KM632	
<b>Data e hora:</b> 24/01/2018 11:28  <b>Coordenadas:</b> S20°17'29.70"; W43°15'50.75"		



<b>Foto Nº 45</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM632	
<b>Data e hora:</b> 24/01/2018 11:17		
<b>Coordenadas:</b> S20°17'29.00"; W43°15'51.46"		

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>46</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM642	
<b>Data e hora:</b> 06/02/2018 10:45		
<b>Coordenadas:</b> S20°16'22.54"; W43°18'54.31"		



<b>Foto</b> N° 47	<b>Localização:</b> T09-GN-KM642
<b>Data e hora:</b> 06/02/2018 09:47	
<b>Coordenadas:</b> S20°16'22.36"; W43°18'53.15"	

A photograph showing a flooded area. In the background, a small, partially submerged building with a tiled roof and some structural damage is visible. The building is surrounded by lush green vegetation and trees. In the foreground, two people wearing life jackets and hats are wading through the murky, brown water. The water appears to be quite deep, reaching up to the people's chests. The overall scene suggests a flood or a similar natural disaster.

Foto N° 48	Localização: T09-GN-KM642	
Data e hora: 06/02/2018 10:18 Coordenadas: S20°16'22.14"; W43°18'53.14"		




Foto N° 49	Localização: T09-GN-KM647
Data e hora: 25/01/2018 09:50	
Coordenadas: S20°14'50.99"; W43°19'35.59"	



<b>Foto</b> N° 50	<b>Localização:</b> T09-GN-KM647	
<b>Data e hora:</b> 25/01/2018 09:17  <b>Coordenadas:</b> S20°14'50.30"; W43°19'35.99"		



Foto Nº 51	Localização: T09-GN-KM647	
Data e hora: 25/01/2018 09:40  Coordenadas: S20°14'50.83"; W43°19'35.46"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>52</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM647-1	
<b>Data e hora:</b> 25/01/2018 11:53;  <b>Coordenadas:</b> S20°14'49.44"; W43°20'4.57"		




<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>53</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM647-1	
<b>Data e hora:</b> 25/01/2018 10:54; <b>Coordenadas:</b> S20°14'48.50"; W43°20'6.21"		

Foto Nº 54	Localização: T09-GN-KM647-1	
Data e hora: 25/01/2018 11:44; Coordenadas: S20°14'48.27"; W43°20'6.04"		



<b>Foto</b> N° 55	<b>Localização:</b> T09-GN-KM648	
<b>Data e hora:</b> 16/01/2018 12:58  <b>Coordenadas:</b> S20°14'32.40"; W43°19'59.11"		

<b>Foto Nº 56</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM648	
<b>Data e hora:</b> 16/01/2018 14:28  <b>Coordenadas:</b> S20°14'28.15"; W43°19'59.52"		



Foto Nº 57	Localização: T09-GN-KM648
Data e hora: 16/01/2018 14:13	
Coordenadas: S20°14'29.35"; W43°19'57.72"	

A photograph showing three cylindrical soil samples, likely from a core drill, resting in a black plastic tray. The soil is a reddish-brown color and appears moist. A white label with blue text is placed behind the samples, reading "T09-GN-KM648" and "FURO 02". The background shows dry grass and soil.

<b>Foto</b> <b>N°</b> <b>58</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM649	
<b>Data e hora:</b> 15/01/2018 15:08  <b>Coordenadas:</b> S20°14'26.48"; W43°20'16.24"		



Foto Nº 59	Localização: T09-GN-KM649
Data e hora: 15/01/2018 15:35	
Coordenadas: S20°14'26.27"; W43°20'17.74"	



Foto N° 60	Localização: T09-GN-KM649	
Data e hora: 15/01/2018 15:08  Coordenadas: S20°14'26.55"; W43°20'16.39"		



Foto Nº 61	Localização: T09-GN-KM654	
Data e hora: 16/01/2018 09:19  Coordenadas: S20°15'12.55"; W43°21'57.41"		

<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>62</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM654	
<b>Data e hora:</b> 16/01/2018 09:04  <b>Coordenadas:</b> S20°15'12.82"; W43°21'57.37"		



<b>Foto</b> <b>Nº</b> <b>63</b>	<b>Localização:</b> T09-GN-KM654	
<b>Data e hora:</b> 16/01/2018 10:28  <b>Coordenadas:</b> S20°15'13.45"; W43°21'58.48"		
		



# **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no**

## **Trecho 9**

### **ANEXO IX – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

#### **TÉCNICA (ART)**





**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**28027230180061084**

#### 1. Responsável Técnico

**DANIEL GRAVALOS**

Título Profissional: **Engenheiro Mecânico**

Empresa Contratada: **CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA**

RNP: **2605654885**

Registro: **5061701861-SP**

Registro: **0531425-SP**

#### 2. Dados do Contrato

Contratante: **FUNDAÇÃO RENOVA**

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Complemento:

Cidade: **Belo Horizonte**

Contrato:

Valor: R\$ **5.715.557,73**

Ação Institucional:

CPF/CNPJ: **25.135.507/0001-83**

Nº: **671**

Bairro: **SAVASSI**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Celebrado em: **06/09/2017**

Vinculada à Art nº:

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

#### 3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Complemento:

Cidade: **Belo Horizonte**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Nº: **671**

Bairro: **SAVASSI**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua DO ROCIO**

Complemento: **1º andar**

Cidade: **São Paulo**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Nº: **351**

Bairro: **VILA OLÍMPIA**

UF: **SP**

CEP: **04552-000**

Código:

CPF/CNPJ:

#### 4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
<b>Consultoria</b>					
<b>1</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Plano</b>	<b>Recuperação de Áreas Degradadas</b>	<b>8,00000</b>	<b>hora por dia</b>

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

#### 5. Observações

PN 697445 Aplicação do Plano de Manejo

#### 6. Declarações

**Acessibilidade:** Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.



## 7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 24 de Janeiro de 2018

Local

data

DANIEL GRAVALOS - CPF: 306.637.718-03

FUNDAÇÃO RENOVA - CPF/CNPJ: 25.135.507/0001-83

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)  
tel: 0800-17-18-11



Valor ART R\$ 214,82

Registrada em: 18/01/2018

Valor Pago R\$ 214,82

Nosso Número: 28027230180061084

Versão do sistema

Impresso em: 19/01/2018 12:10:32



Serviço Público Federal CONSELHO FEDERAL/CRBio - CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA			
<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>			1-ART Nº: <b>2018/01346</b>
<b>CONTRATADO</b>			
2.Nome: MARIANA AMÉLIA ARANTES ADAS		3.Registro no CRBio: 074657/01-D	
4.CPF: 329.009.338-70	5.E-mail: mariana.adas@gmail.com		6.Tel: (11)3721-9968
7.End.: SOUSA REIS 121		8.Compl.: APTO. 102 A	
9.Bairro: BUTANTÃ	10.Cidade: SÃO PAULO	11.UF: SP	12.CEP: 05586-080
<b>CONTRATANTE</b>			
13.Nome: CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA			
14.Registro Profissional: 5061701861-		15.CPF / CGC / CNPJ: 01.655.351/0001-01	
16.End.: RUA DO ROCIO 351			
17.Compl.: 1 ANDAR		18.Bairro: VILA OLÍMPIA	19.Cidade: SAO PAULO
20.UF: SP	21.CEP: 04552-000	22.E-mail/Site: www.ch2m.com/	
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;			
24.Identificação : BIÓLOGA - INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE CAMPO, AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS, ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS TÉCNICOS PARA COMPOSIÇÃO DE RELATÓRIO TÉCNICO.			
25.Município de Realização do Trabalho: SAO PAULO			26.UF: SP
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: EQUIPE MULTIDISCIPLINAR (ENGENHEIROS, GEÓLOGO, GEÓGRAFO)	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : BIÓLOGA - INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE CAMPO, AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS, ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS TÉCNICOS PARA COMPOSIÇÃO DE RELATÓRIO VOLUME II - APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO - TRECHO 9.			
32.Valor: R\$ 0,00	33.Total de horas: 120	34.Início: FEV/2018	35.Término: MAR/2018
<b>36. ASSINATURAS</b>			<b>37. LOGO DO CRBio</b>
Declaro serem verdadeiras as informações acima			 CRBio-01
Data: 02/03/2018 Assinatura do Profissional 		Data: Assinatura e Carimbo do Contratante  Daniel de Castro Godoy Diretor Financeiro e Administrativo CPF: 214.628.578-84 CH2M HILL do Brasil Engenharia Ltda	
<b>38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO</b>		<b>39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO</b>	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS**  
**NÚMERO DE CONTROLE: 1197.1511.1511.1825**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio01.org.br](http://www.crbio01.org.br)





**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**28027230180247281**

**1. Responsável Técnico**

Equipe-vinculada à 28027230180061084

**DANIEL FERNANDO FERRARI**Título Profissional: **Engenheiro Ambiental**RNP: **2609862989**Registro: **5063656028-SP**Empresa Contratada: **CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA**Registro: **0531425-SP****2. Dados do Contrato**Contratante: **Fundação Renova**CPF/CNPJ: **25.135.507/0001-83**Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**Cidade: **Belo Horizonte**UF: **MG**CEP: **30112-021**

Contrato:

Celebrado em: **06/09/2017**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **5.715.557,73**Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**Cidade: **Belo Horizonte**UF: **MG**CEP: **30112-021**Data de Início: **06/09/2017**Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua DO ROCIO**Nº: **351**Complemento: **1º andar**Bairro: **VILA OLÍMPIA**Cidade: **São Paulo**UF: **SP**CEP: **04552-000**Data de Início: **06/09/2017**Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

**4. Atividade Técnica****Consultoria****1****Avaliação****Plano de Recuperação de  
Áreas Degradadas /  
PRAD**

Quantidade

Unidade

**8,00000****hora por dia**

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

**5. Observações**

PN 697445 - Aplicação do Plano de Manejo de Resíduo (Trecho 9)

**6. Declarações****Acessibilidade:** Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.



## 7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 02 de Março de 2018

Local

data

DANIEL FERNANDO FERRARI - CPF: 353.292.698-90

Fundação Renova - CPF/CNPJ: 25.135.507/0001-83

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)  
tel: 0800-17-18-11



Valor ART R\$ 82,94

Registrada em: 02/03/2018

Valor Pago R\$ 82,94

Nosso Número: 28027230180247281

Versão do sistema

Impresso em: 28/03/2018 14:42:49





**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**28027230180256330**

**1. Responsável Técnico**

Equipe-vinculada à 28027230180061084

**MAIRA CIDADE CAIUBY SUGAWARA**

Título Profissional: **Geóloga**

RNP: **2608143393**

Registro: **5063165187-SP**

Registro: **0531425-SP**

Empresa Contratada: **CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **FUNDAÇÃO RENOVA**

CPF/CNPJ: **25.135.507/0001-83**

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Contrato:

Celebrado em: **06/09/2017**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **5.715.557,73**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**

Endereço: **Rua DO ROCIO**

Nº: **351**

Complemento: **1º andar**

Bairro: **VILA OLÍMPIA**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04552-000**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

**4. Atividade Técnica**

Quantidade

Unidade

**Consultoria**  
**1**

**Avaliação**

**Plano de Recuperação de**  
**Áreas Degradadas /**  
**PRAD**

**8,00000**

**hora por dia**

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

**5. Observações**

PN 697445 Aplicação do Plano de Manejo - Trecho 9

**6. Declarações**

**Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.**

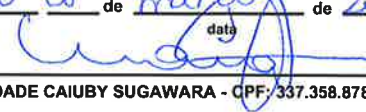


## 7. Entidade de Classe

69 - SIGESP - SINDICATO DOS GEÓLOGOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - SIGESP

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo de 08 de março de 2018  
Local data  
  
MAIRA CIDADE CAIUBY SUGAWARA - CPF: 337.358.878-21  
FUNDAÇÃO RENOVA - CPF/CNPJ: 25.135.507/0001-83

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)  
tel: 0800-17-18-11



Valor ART R\$ 82,94

Registrada em: 05/03/2018

Valor Pago R\$ 82,94

Nosso Número: 28027230180256330 Versão do sistema

Impresso em: 08/03/2018 07:46:17





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

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço  
28027230180111390

1. Responsável Técnico

Equipe-vinculada à 28027230180061084

**VALDIR AKIHIKO NAKAZAWA**

Título Profissional: **Geólogo**

RNP: **2605024164**

Registro: **0601323920-SP**

Empresa Contratada: **ECODUE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL LTDA-ME**

Registro: **1964883-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **FUNDAÇÃO RENOVA**

CPF/CNPJ: **25.135.507/0001-83**

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Contrato:

Celebrado em: **06/09/2017**

Vinculada à Art nº:

Valor: **R\$ 5.715.557,73**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Avenida GETÚLIO VARGAS**

Nº: **671**

Complemento:

Bairro: **SAVASSI**

Cidade: **Belo Horizonte**

UF: **MG**

CEP: **30112-021**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua DO ROCIO**

Nº: **351**

Complemento:

Bairro: **VILA OLÍMPIA**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04552-000**

Data de Início: **06/09/2017**

Previsão de Término: **20/09/2018**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

Quantidade

Unidade

**Consultoria**

**1**

**Avaliação**

**Plano de Recuperação de  
Áreas Degradadas /  
PRAD**

**8,00000**

**hora por dia**

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

5. Observações

PN 697445 Aplicação do Plano de Manejo

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.



## 7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
data

VALDIR AKIHIKO NAKAZAWA - CPF: 058.683.588-13

FUNDAÇÃO RENOVA - CPF/CNPJ: 25.135.507/0001-83

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)  
tel: 0800-17-18-11



Valor ART R\$ 82,94

Registrada em: 31/01/2018

Valor Pago R\$ 82,94

Nosso Número: 28027230180111390 Versão do sistema

Impresso em: 02/02/2018 07:48:05

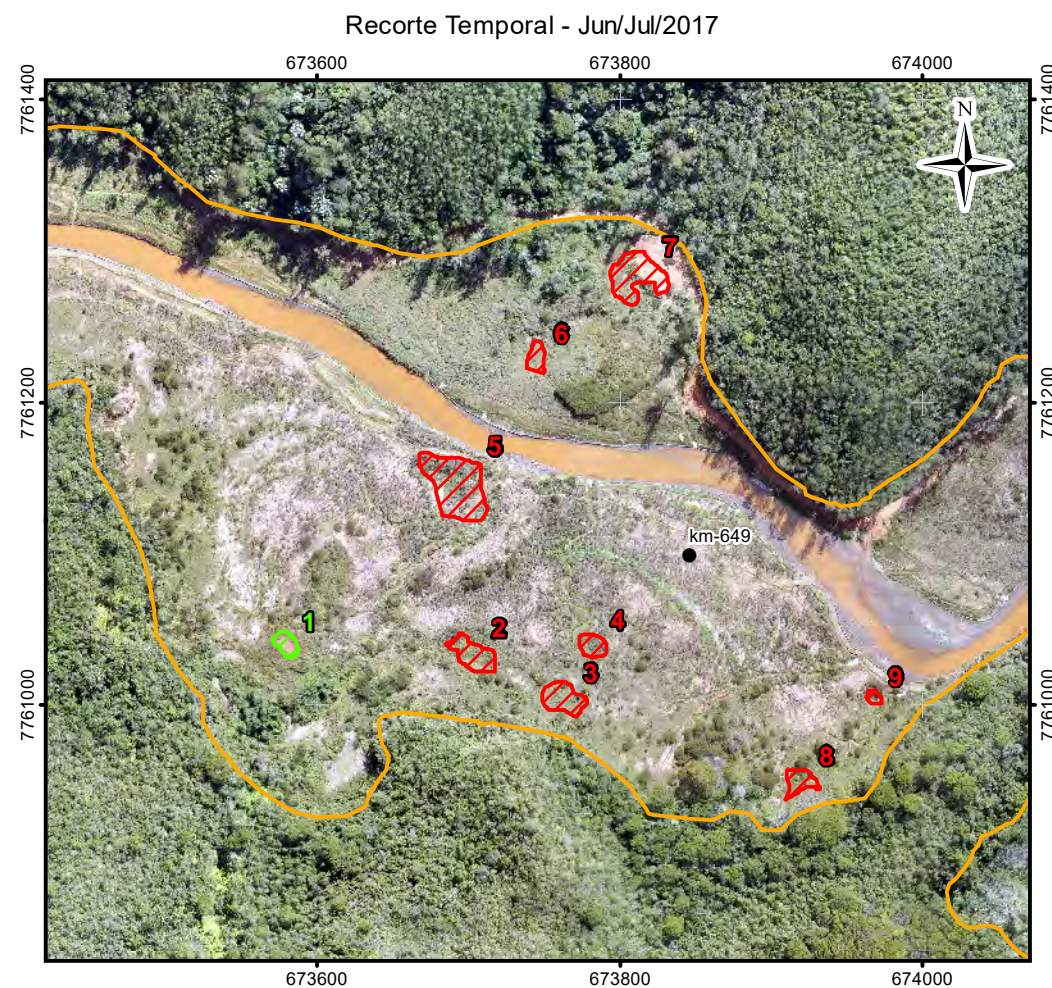
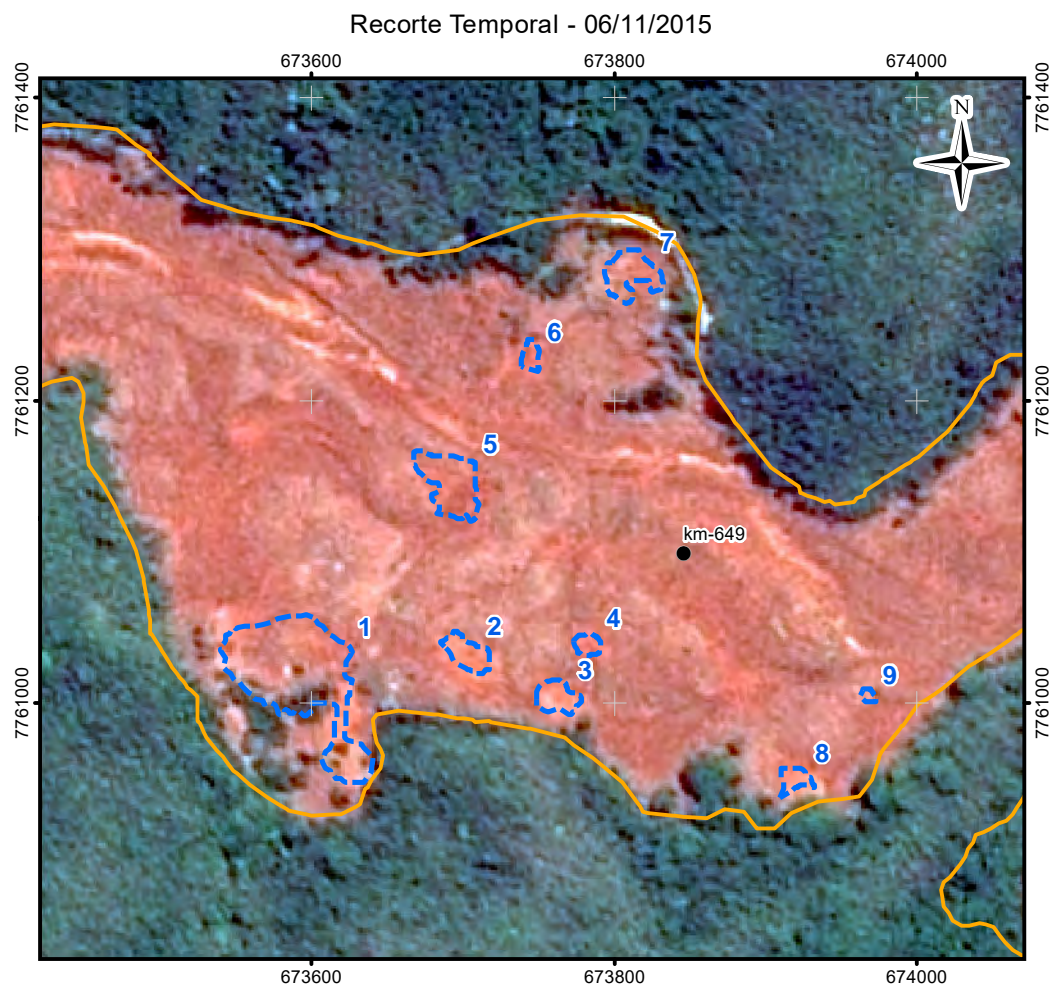
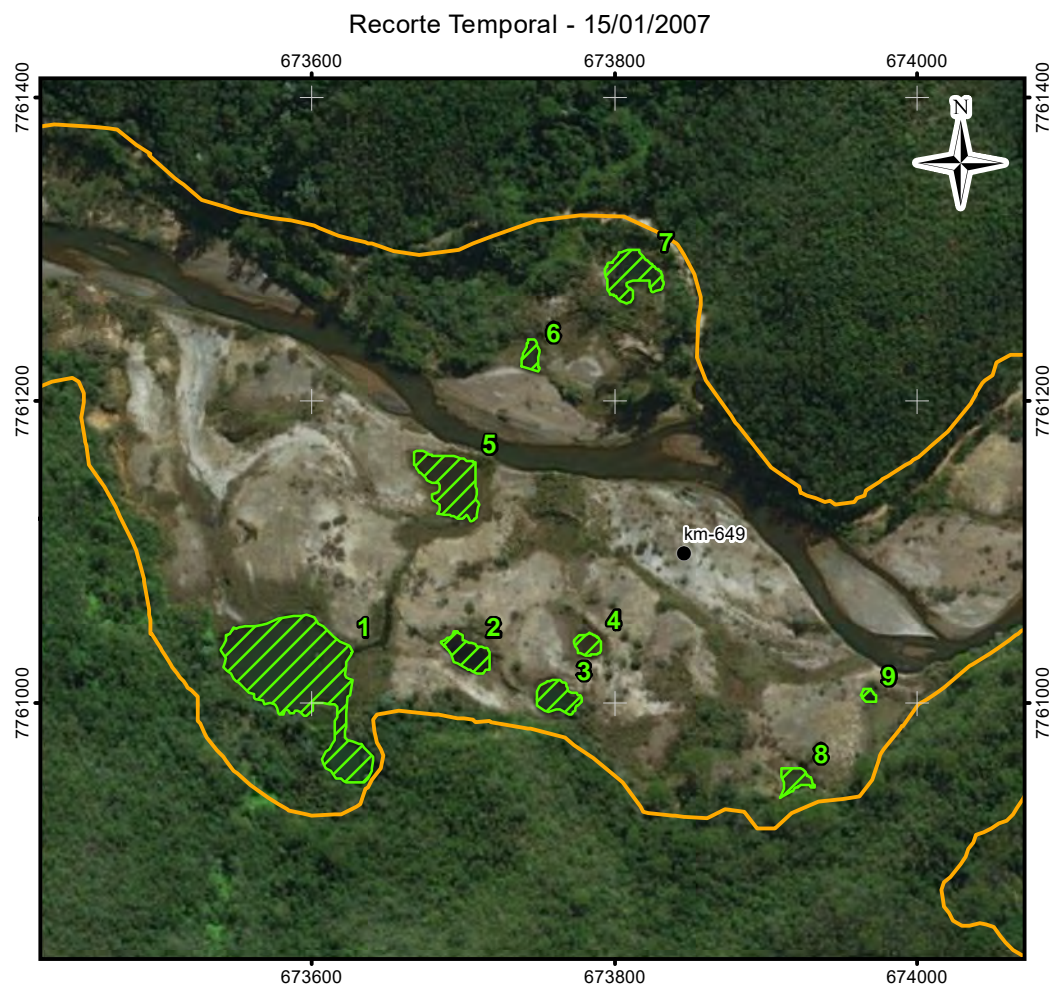


# **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no**

## **Trecho 9**

### **ANEXO X – LAGOAS MARGINAIS**





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▨ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:  
0 25 50 100 150 200 250  
m

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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

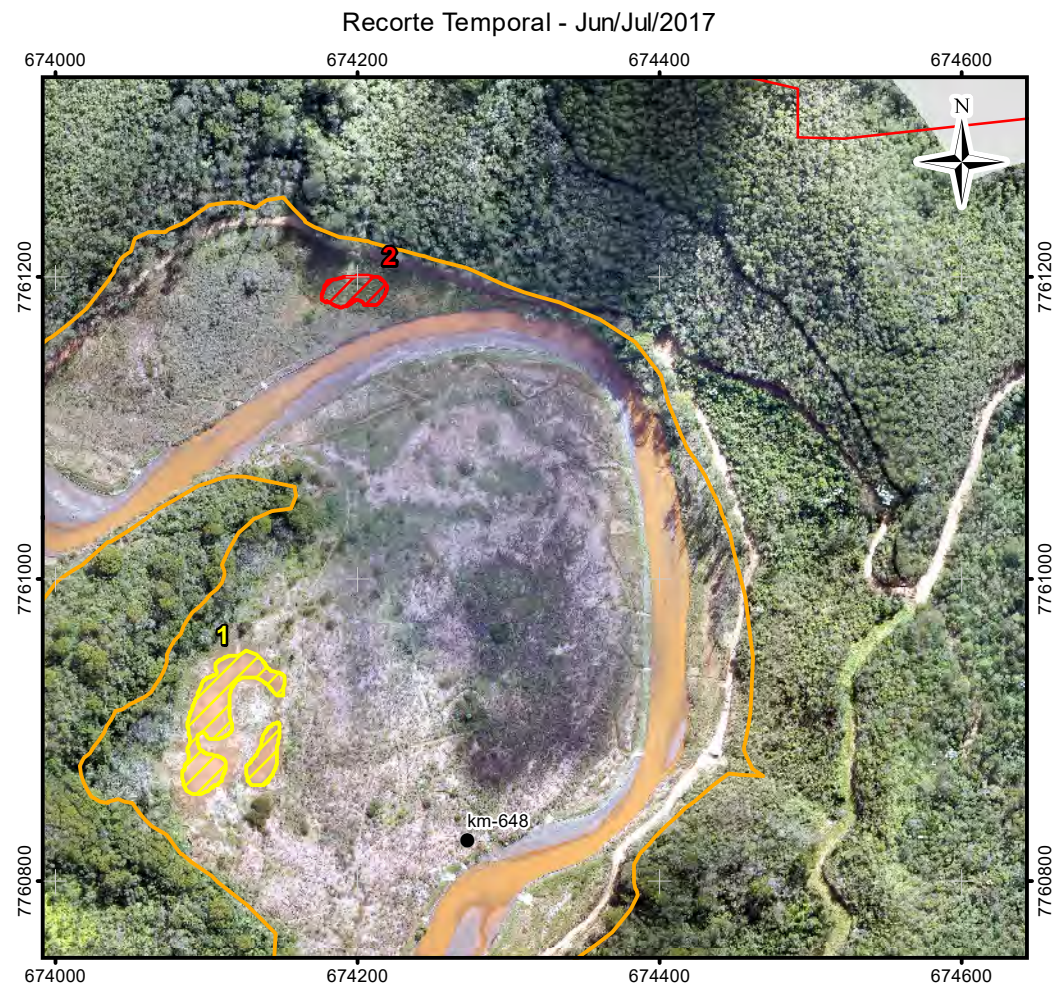
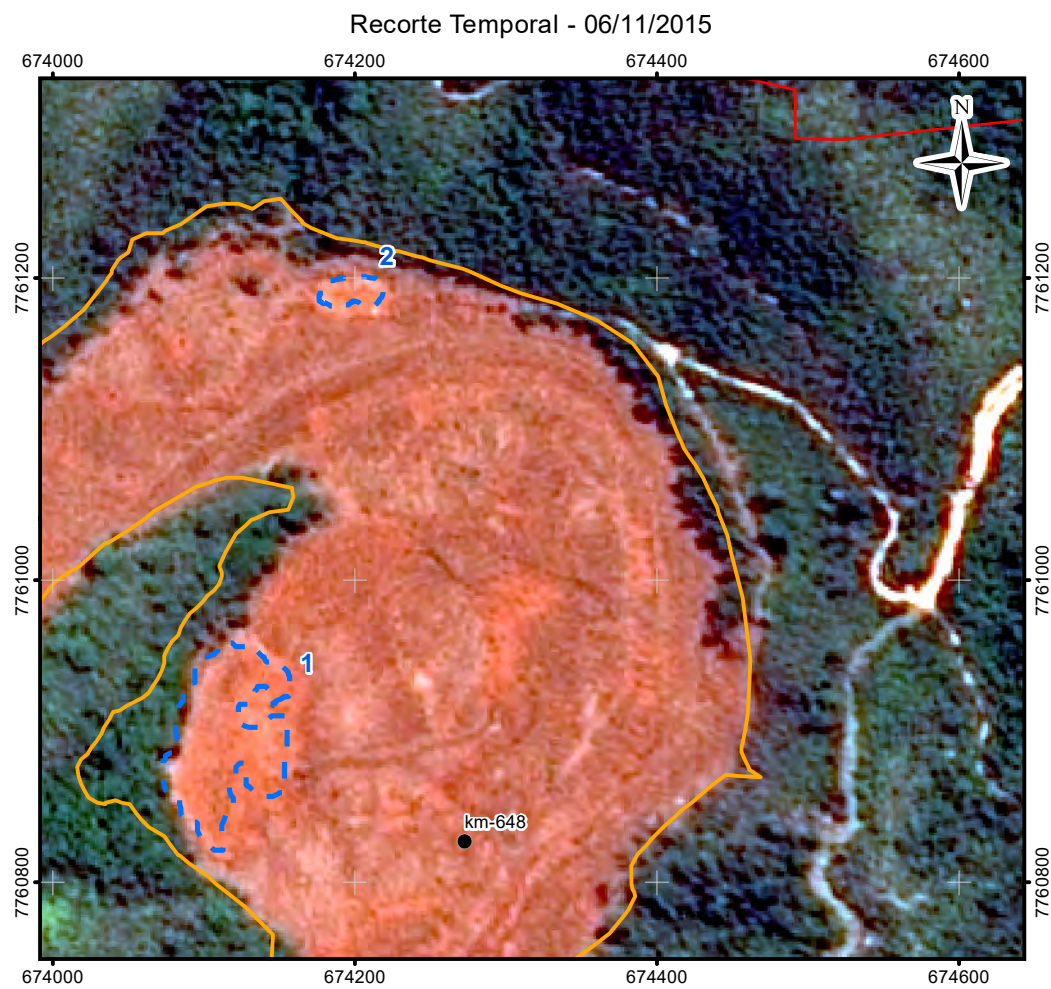
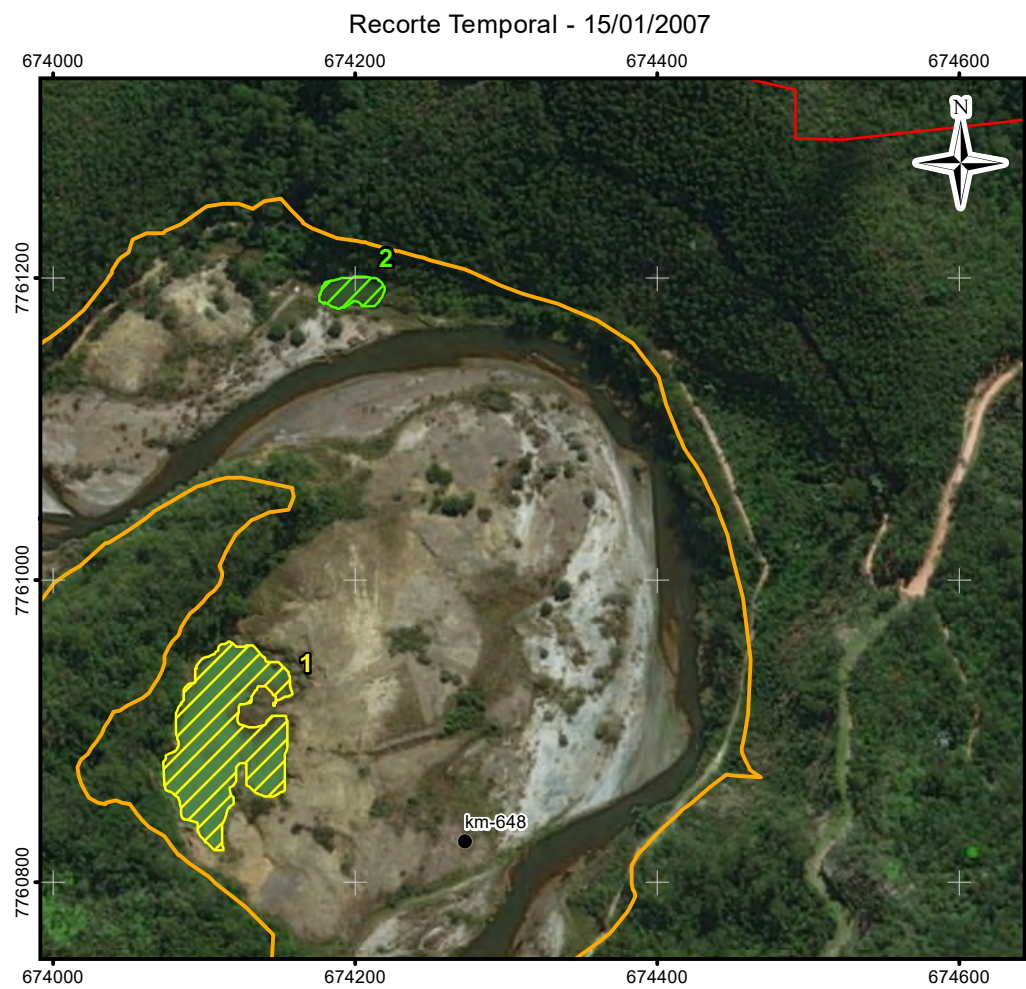
TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 01 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM649)

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

ESCALA: 1:5.000	DATA: 05/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0
--------------------	---------------------	--------------	---------------	---------------	--------------

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▨ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em 15/01/2007**

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

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIAS:

Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/2015

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 02 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM648)

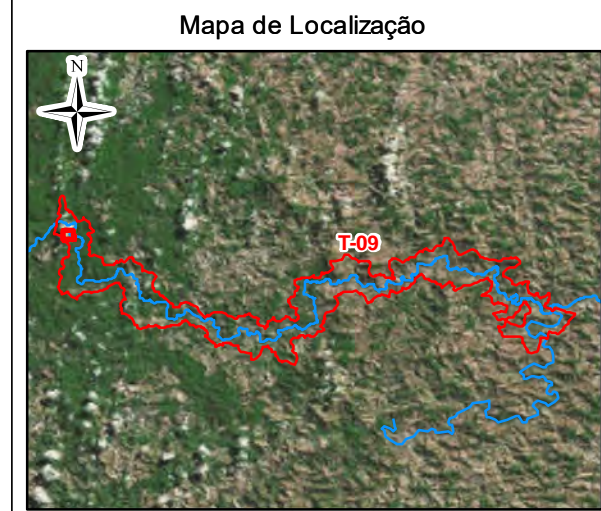
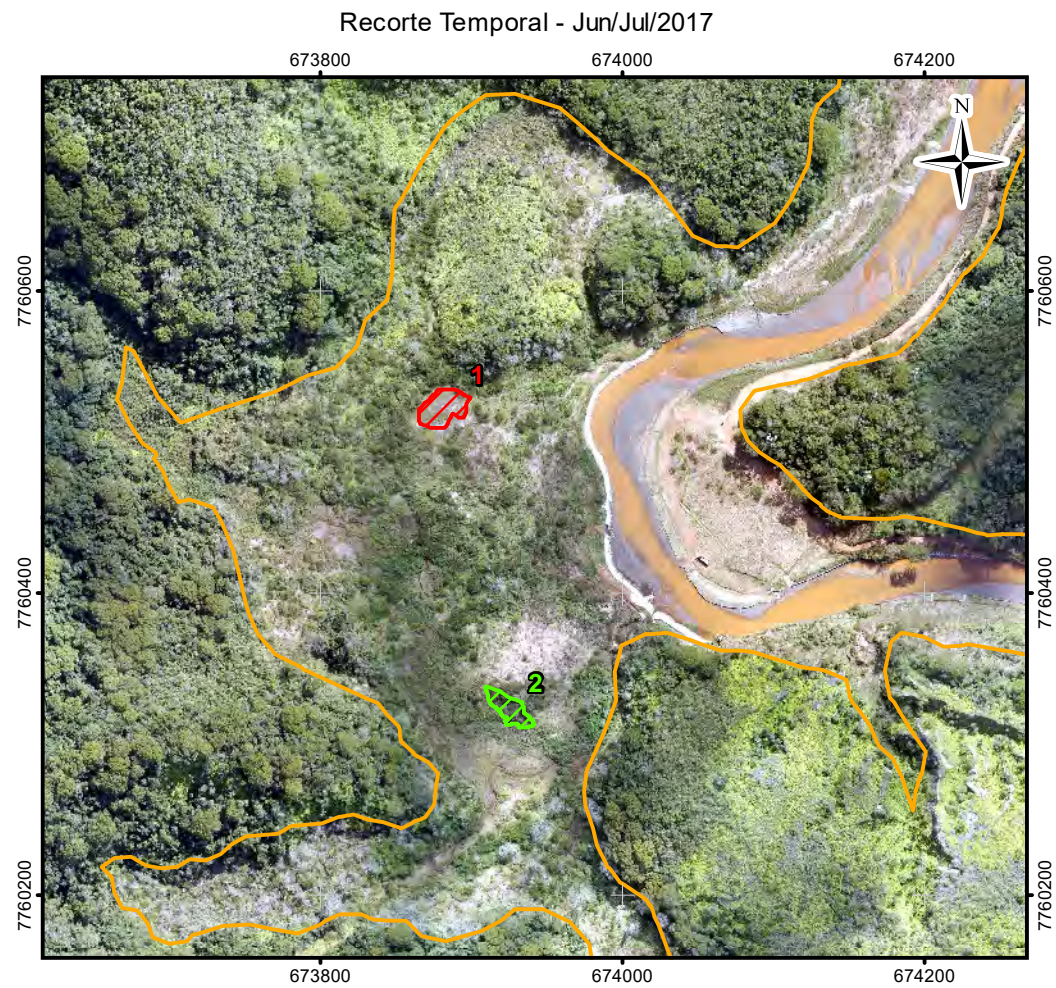
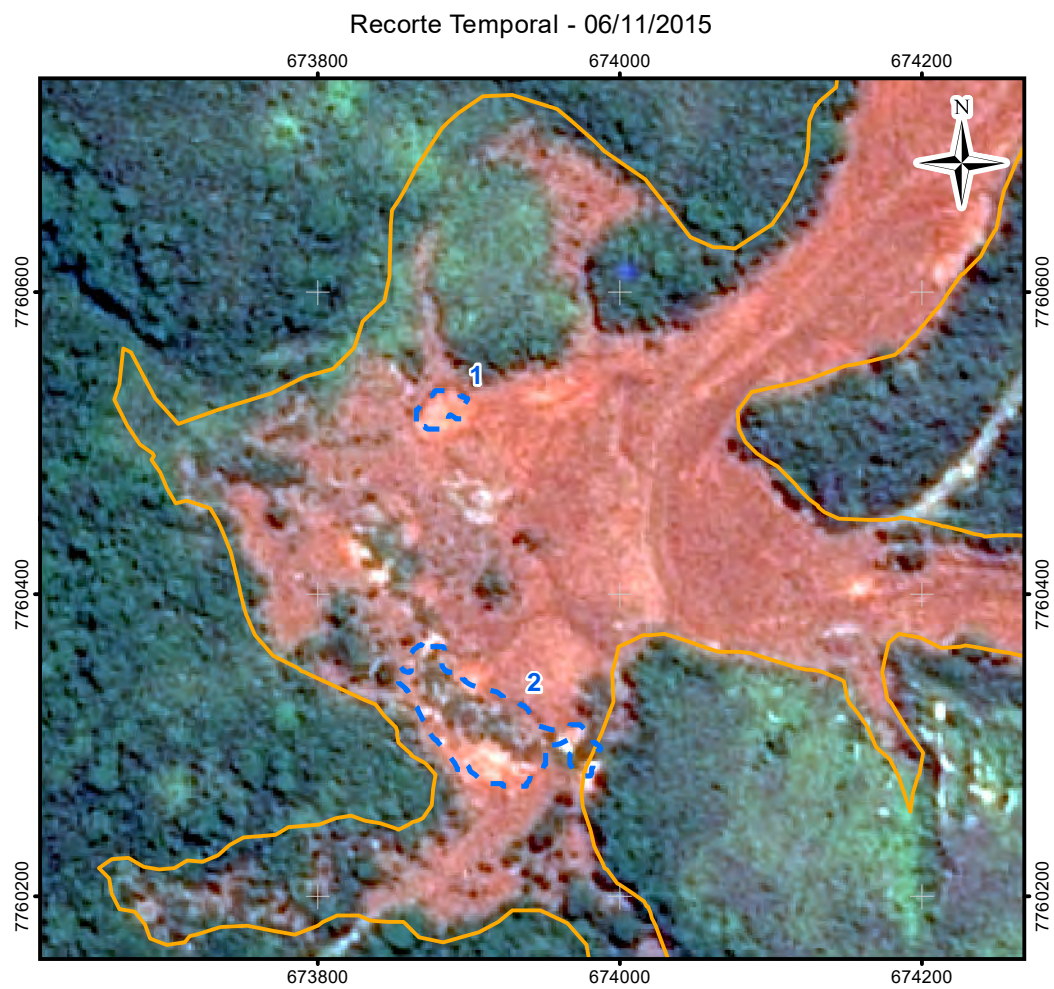
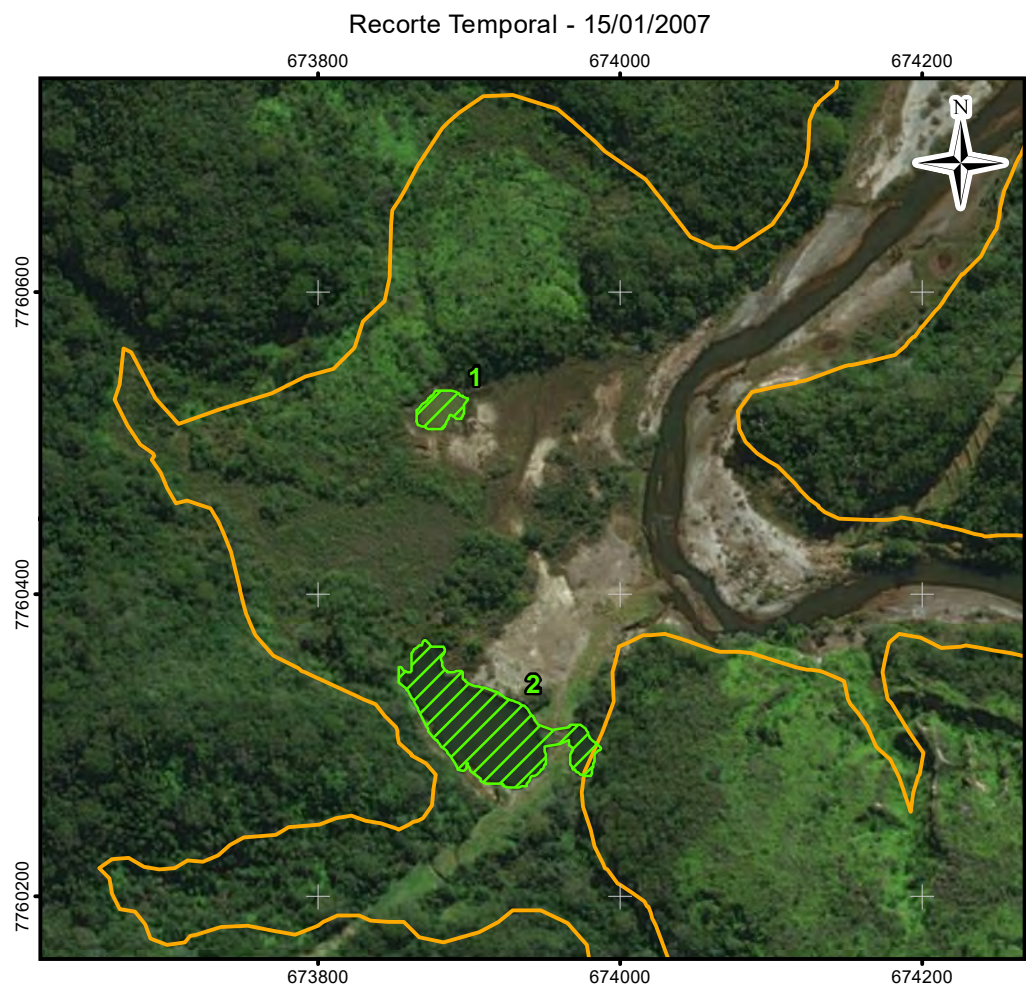
PROJETO:

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

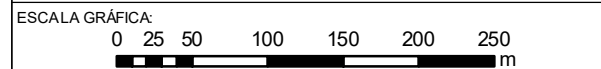
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





- LEGENDA:
- Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

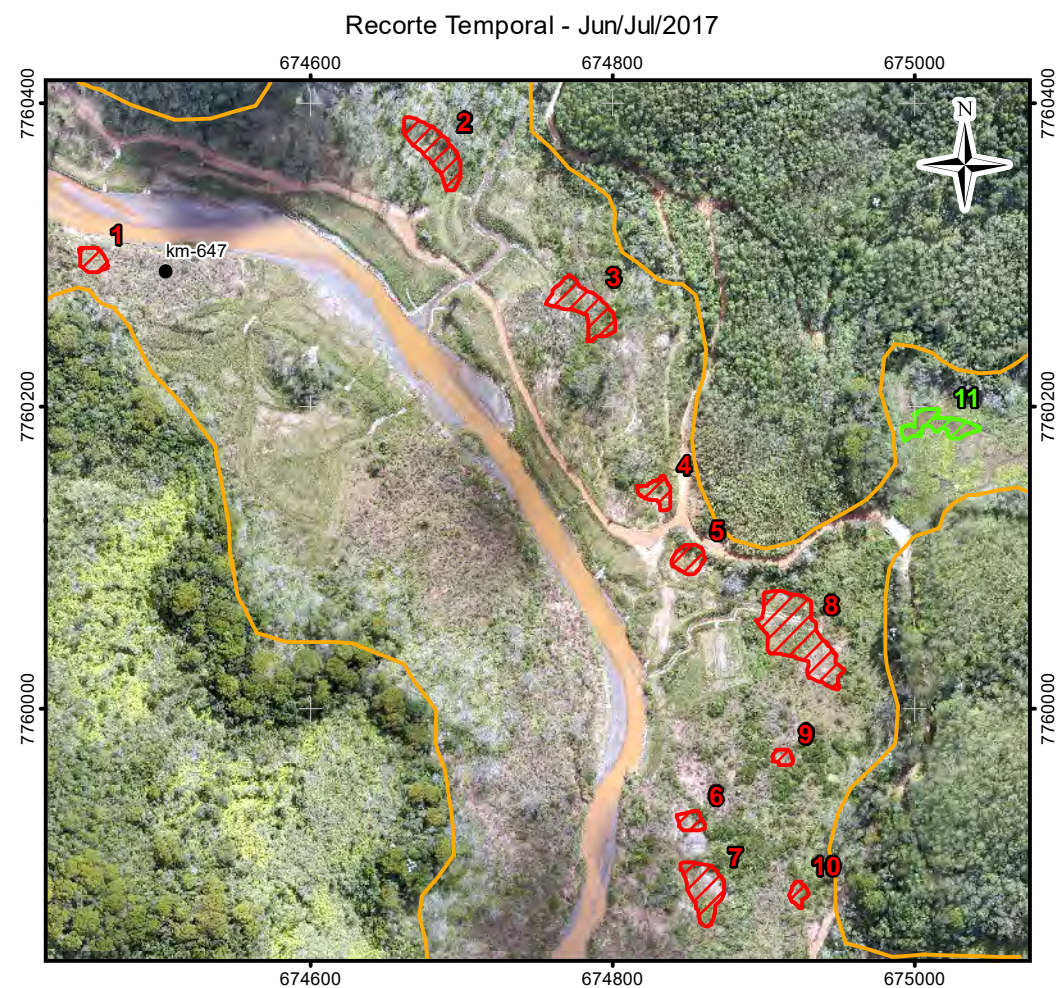
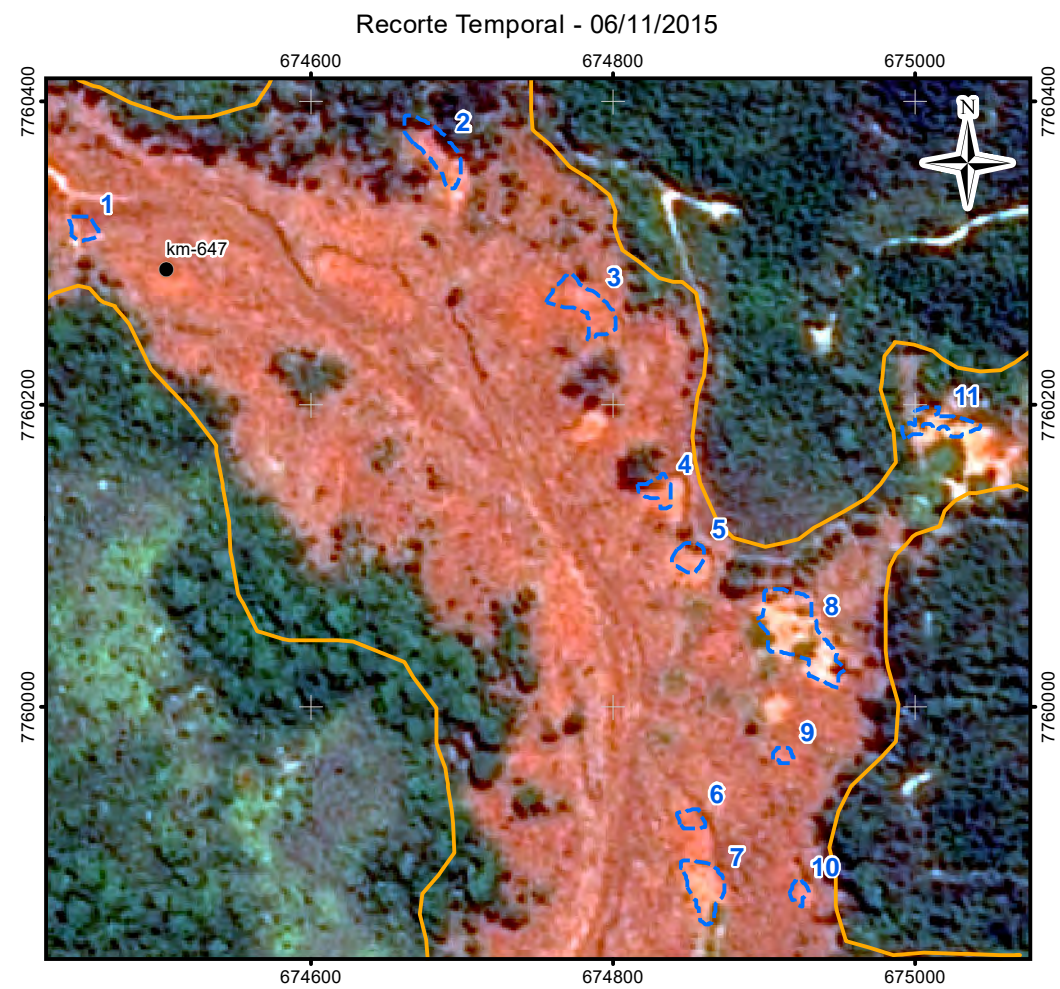
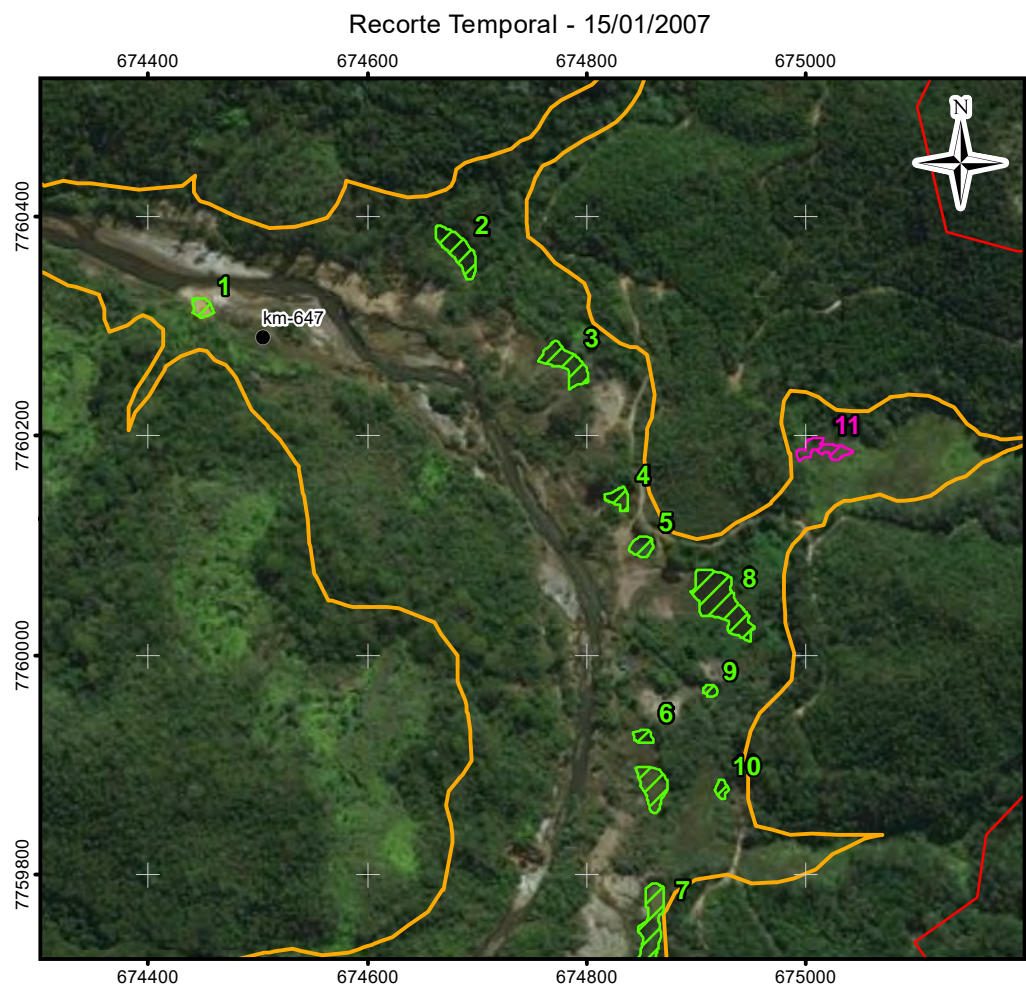
**JACOBS ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 03 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM647)

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

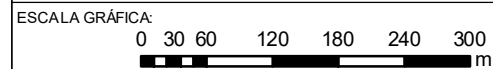
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Lagoa Marginal em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

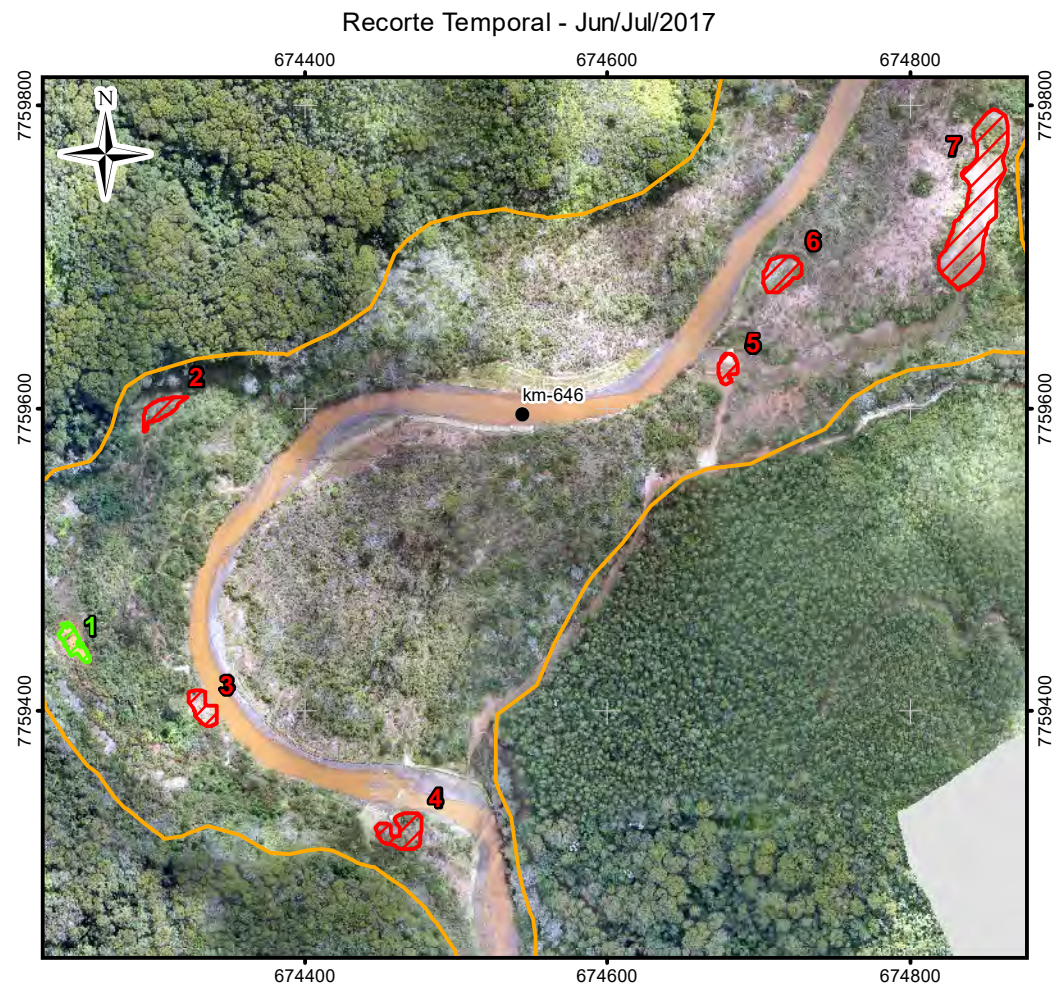
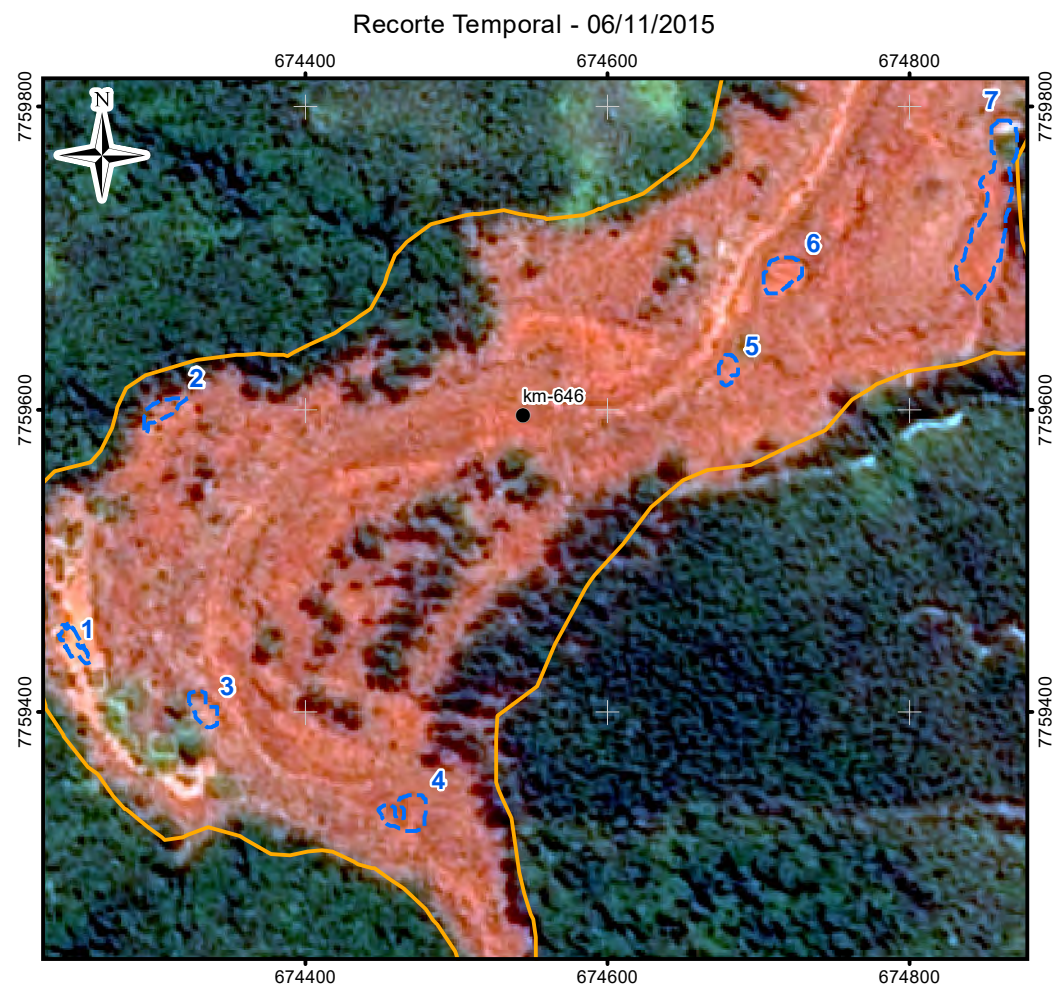
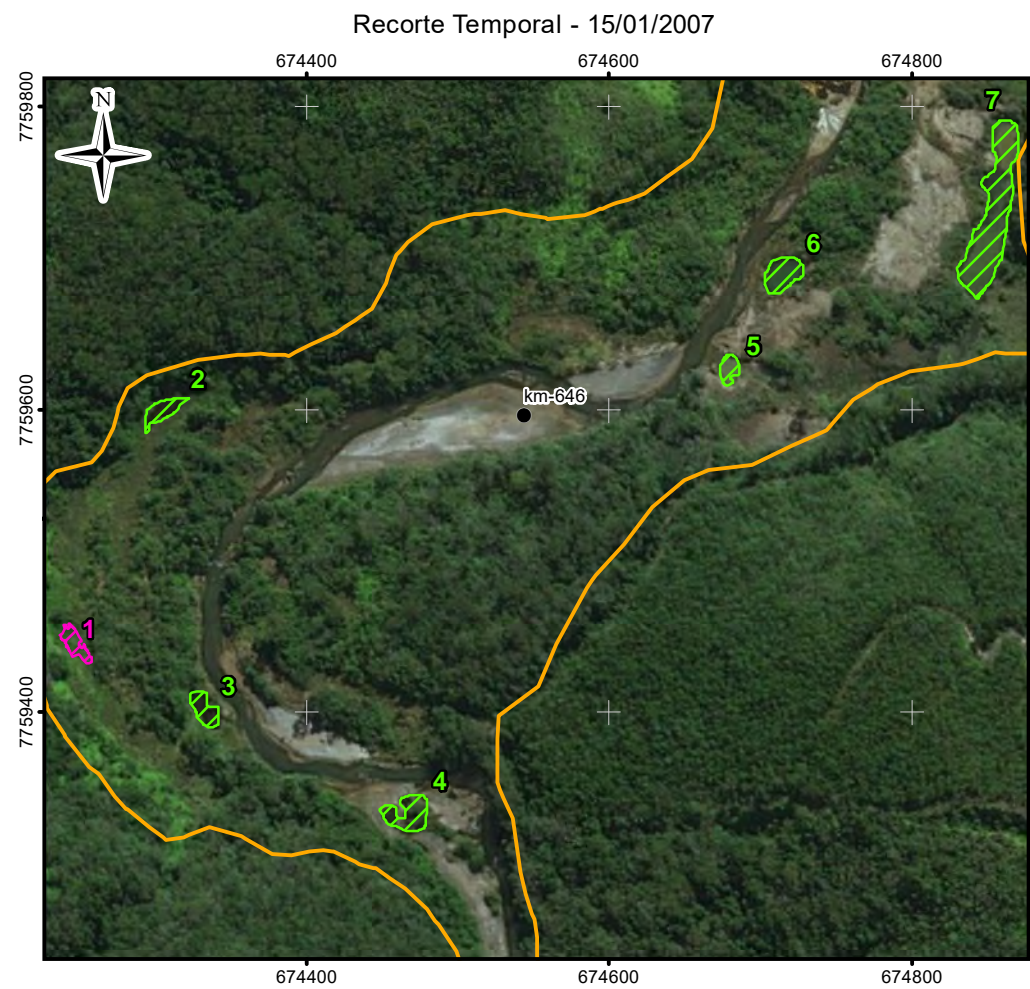
**JACOBS ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 04 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM646)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:6.893	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação da Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 05 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM645)

PROJETO:

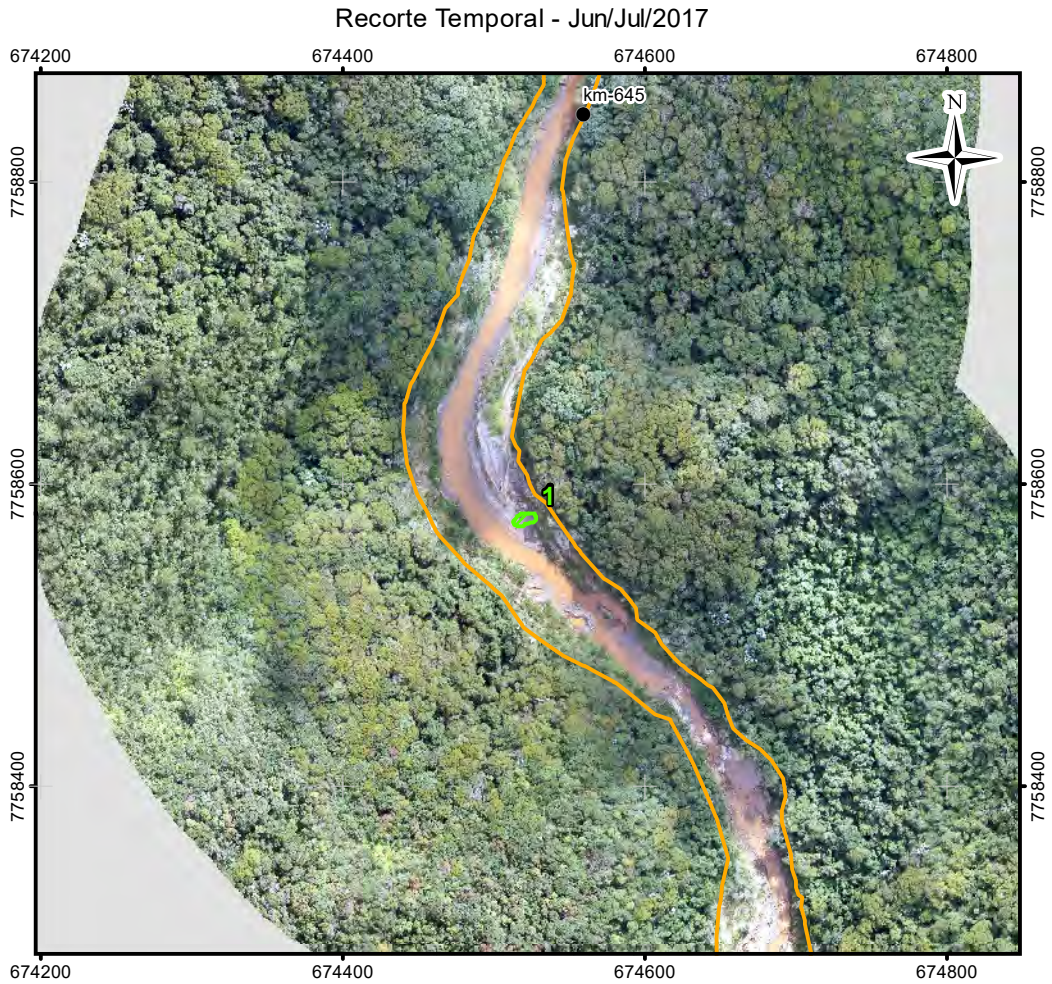
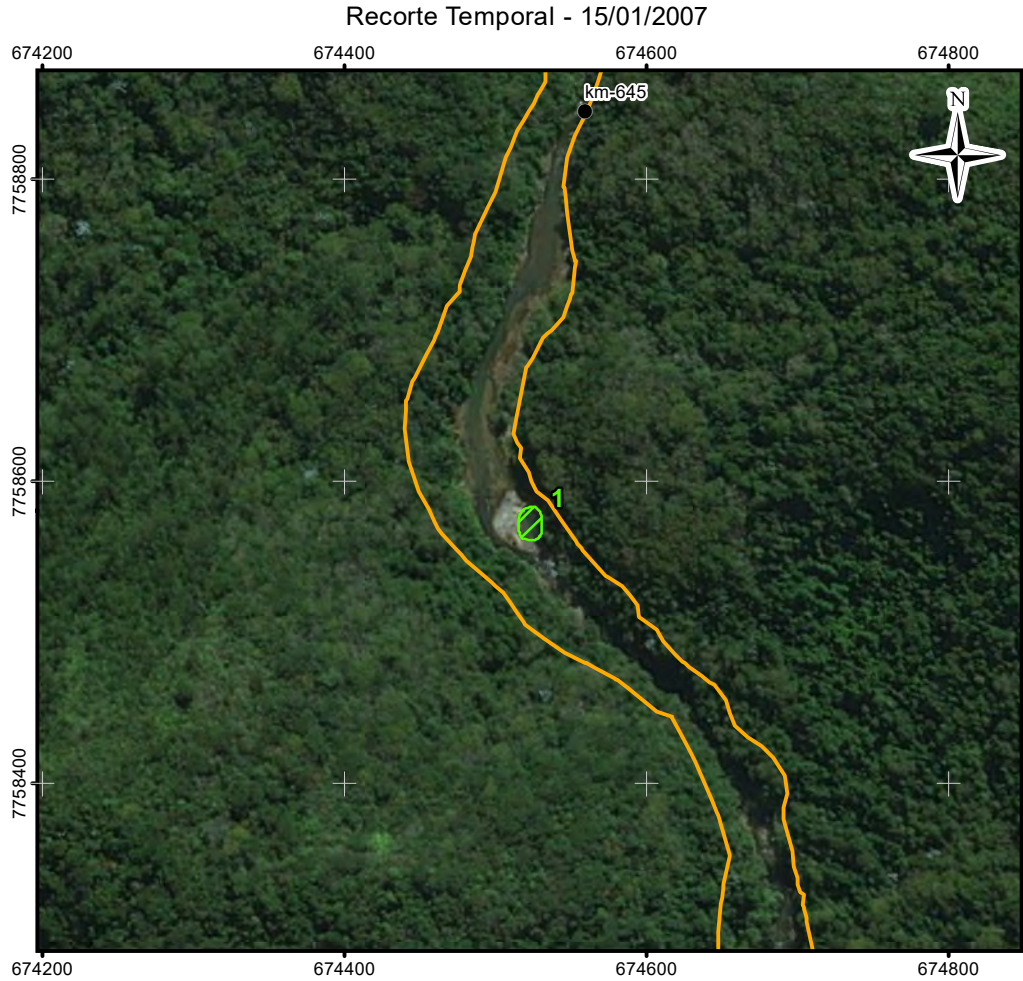
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 05 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM645





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 06 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM644)

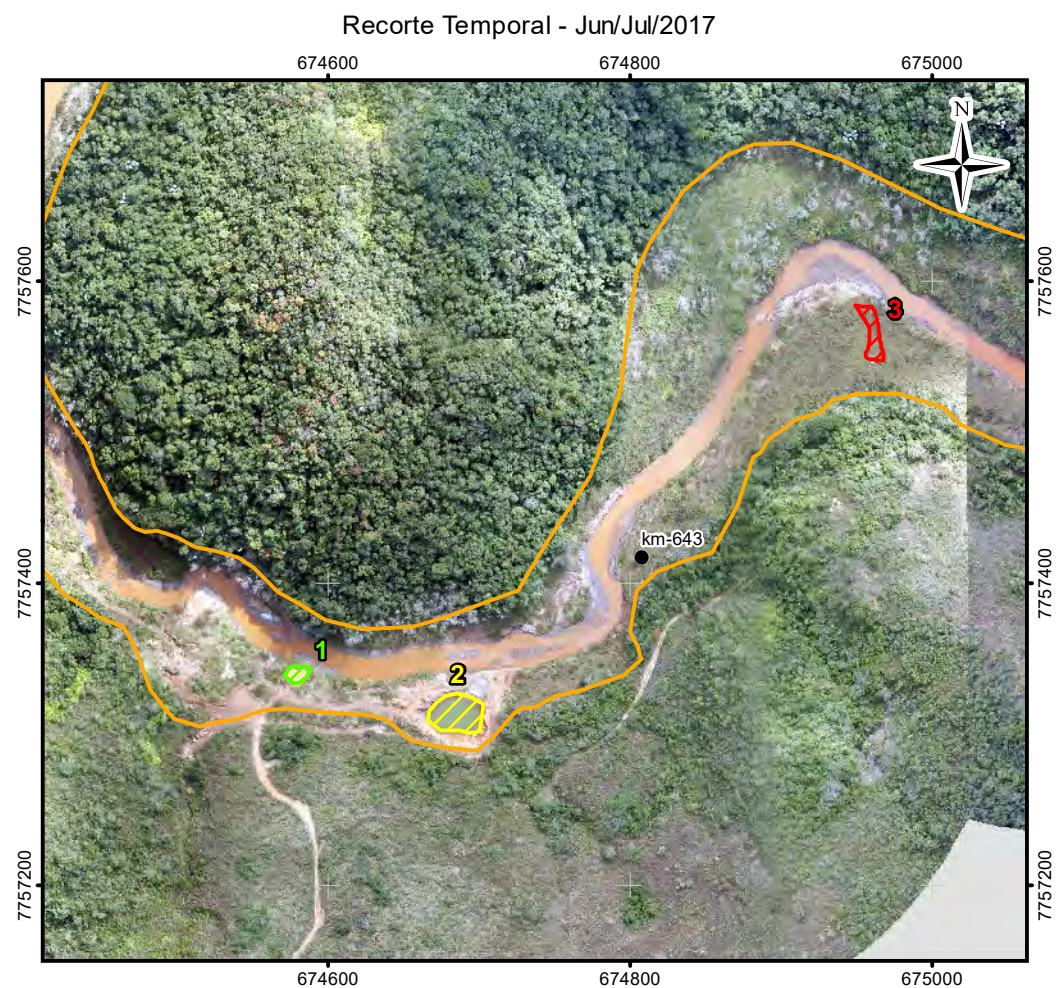
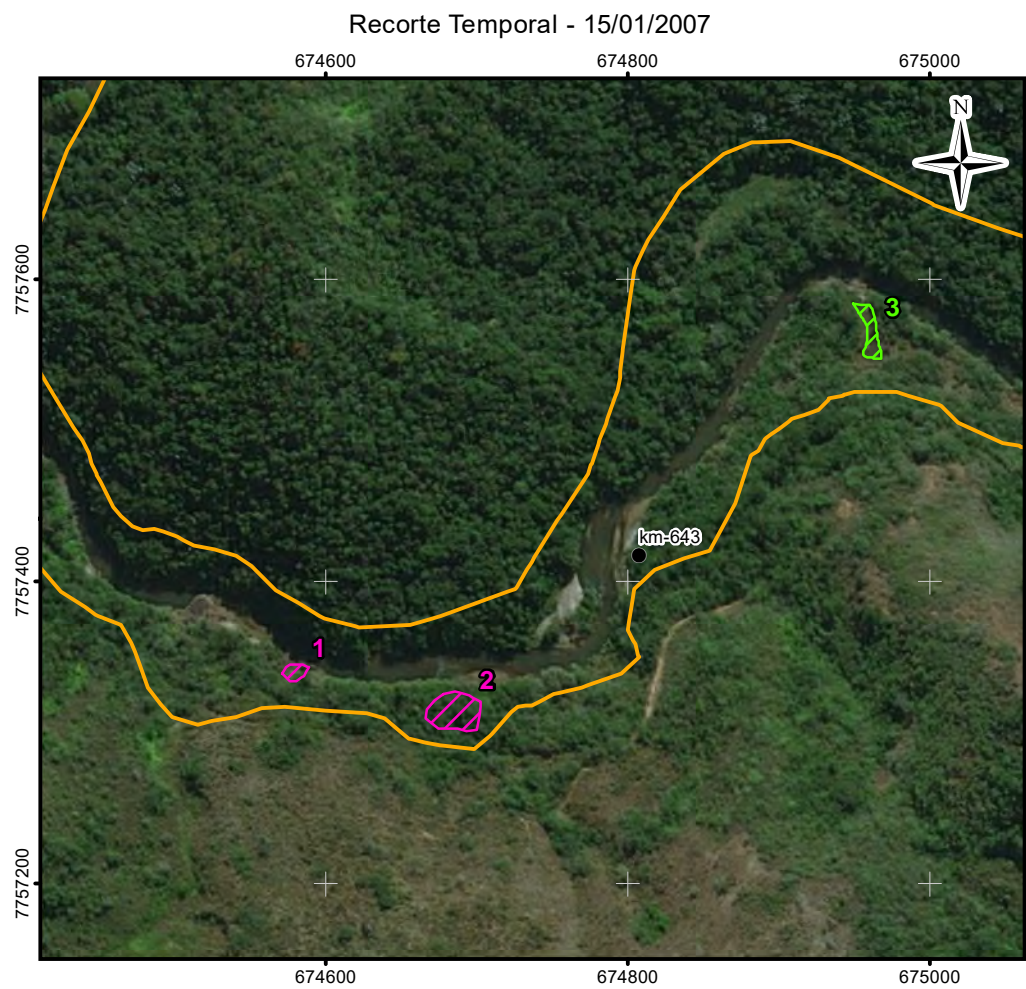
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

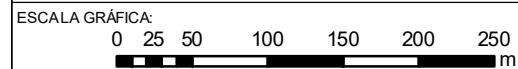
FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - ▭ Trecho 09
  - ▭ Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▨ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Soterrada



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

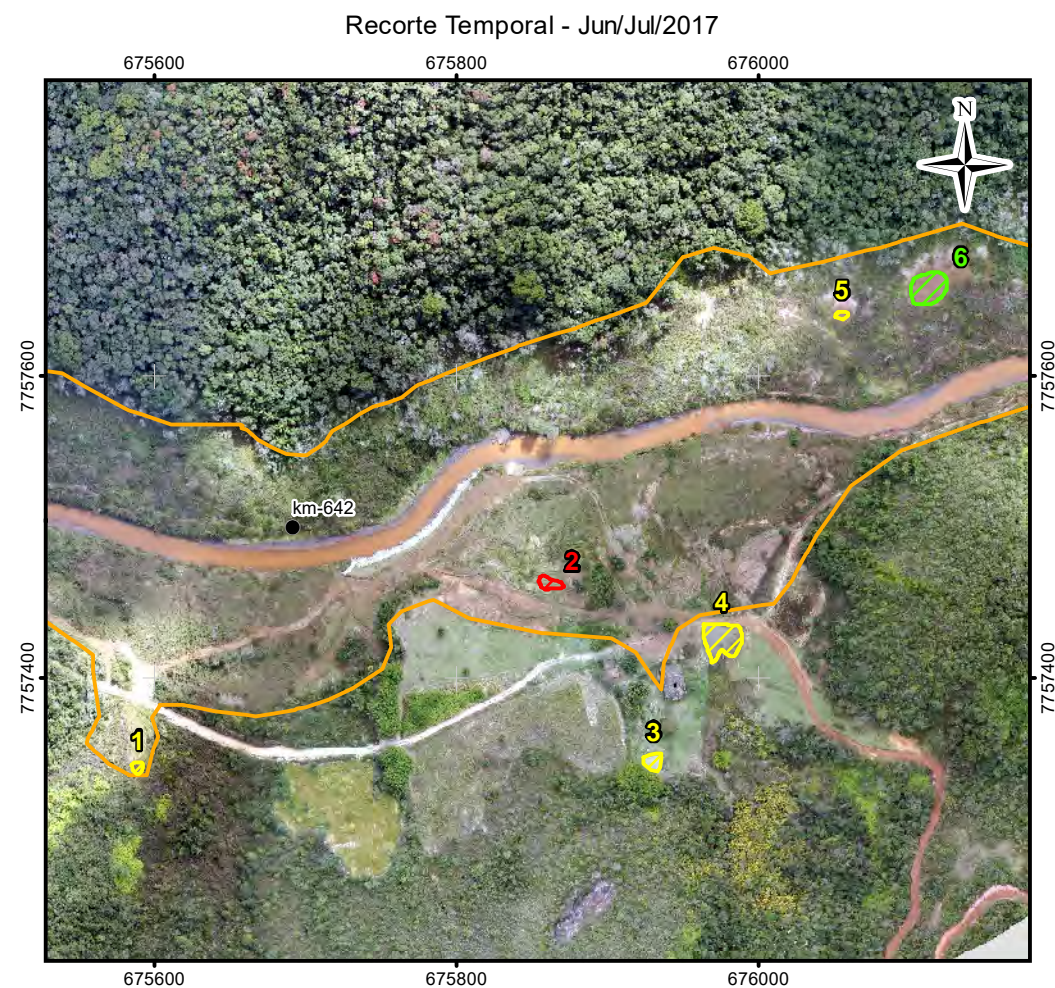
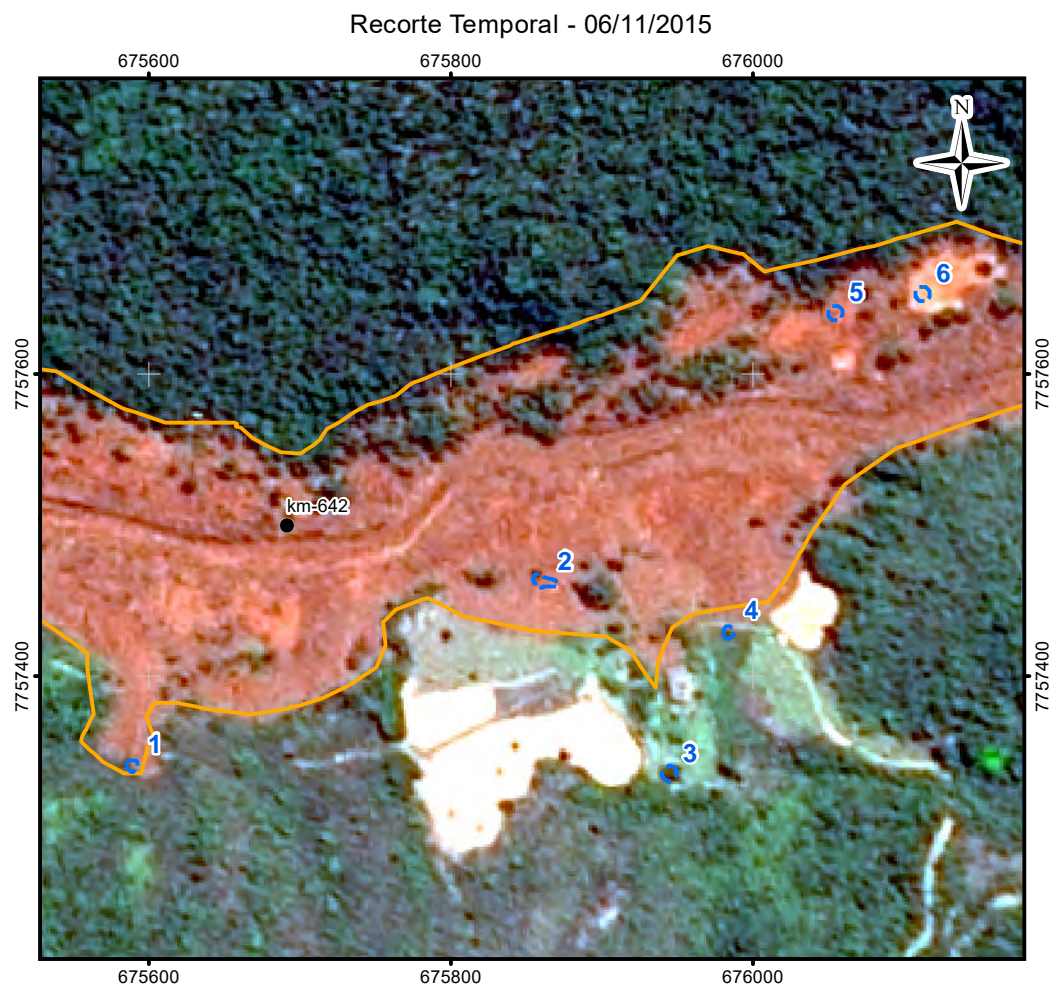
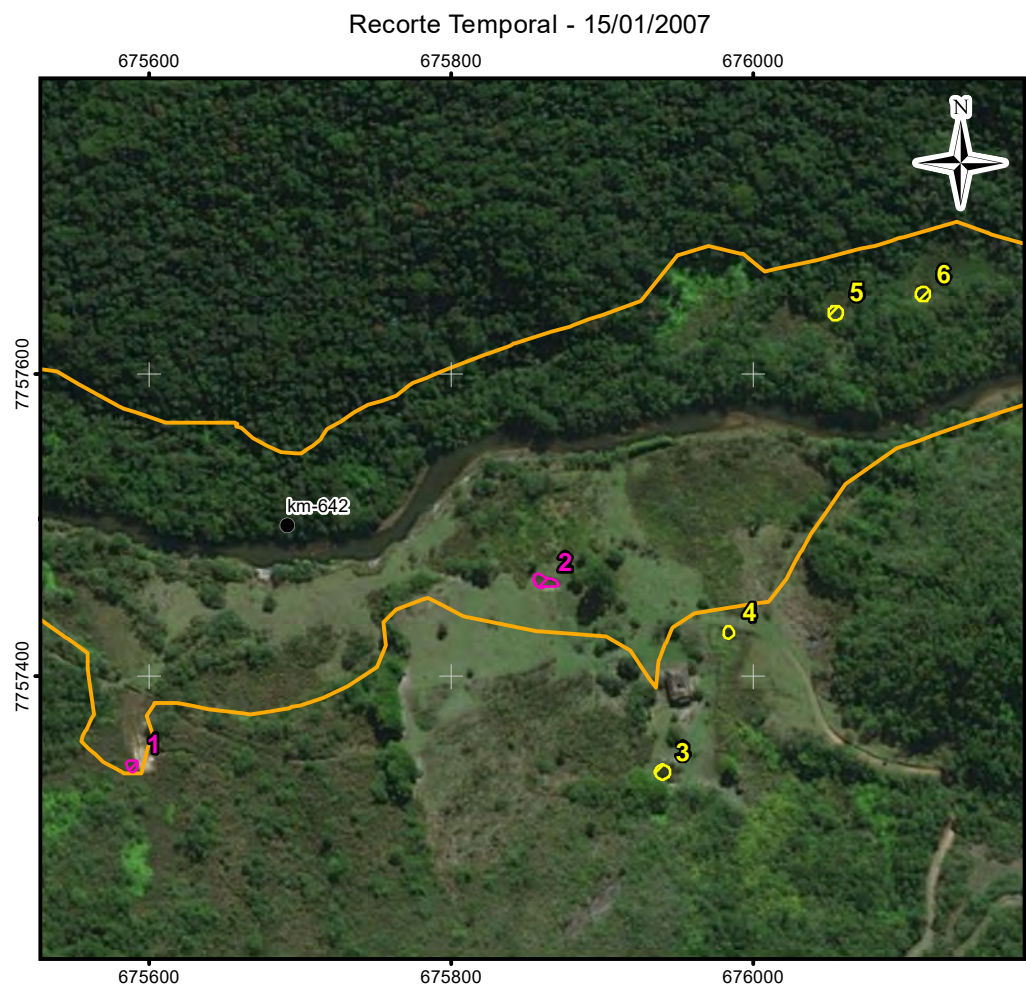
**JACOBS ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 07 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM643)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 08 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM642)

PROJETO:

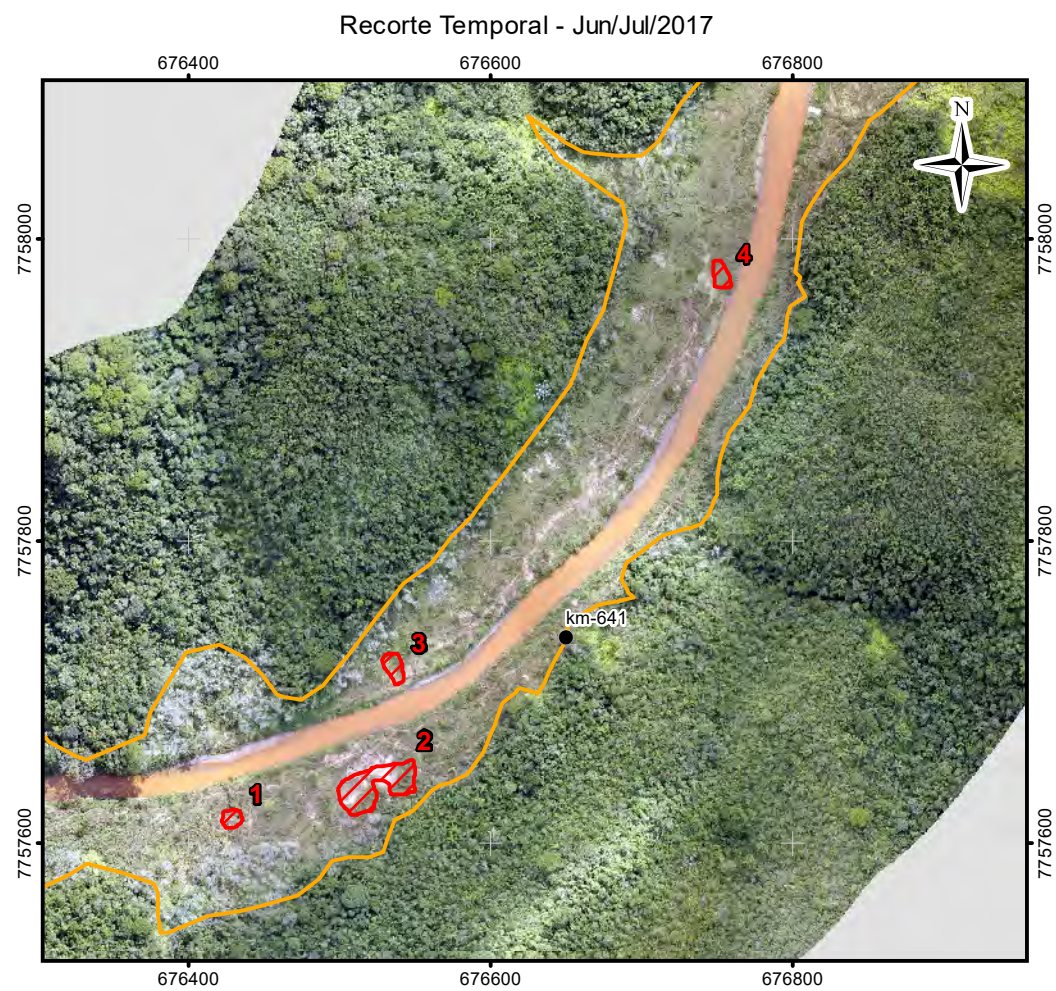
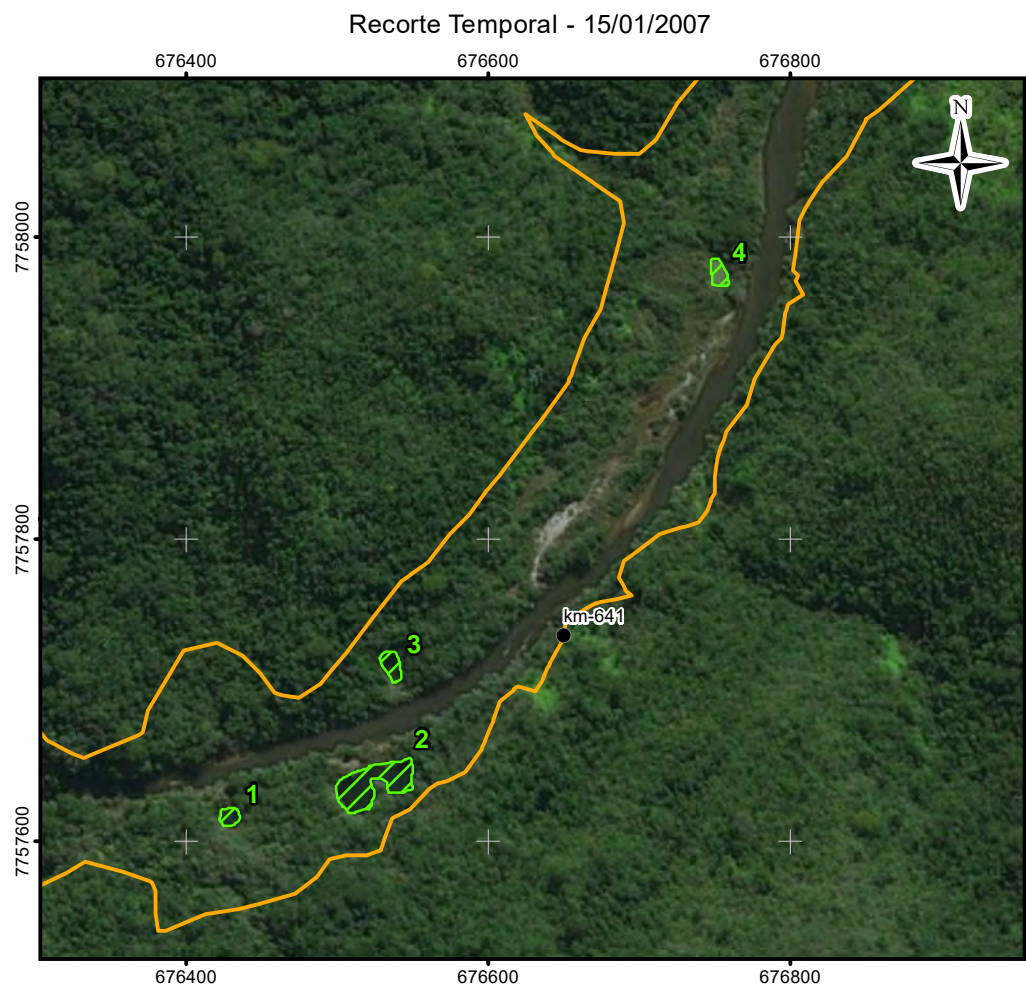
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo  
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 08 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM642





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em 15/01/2007**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 09 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM641)

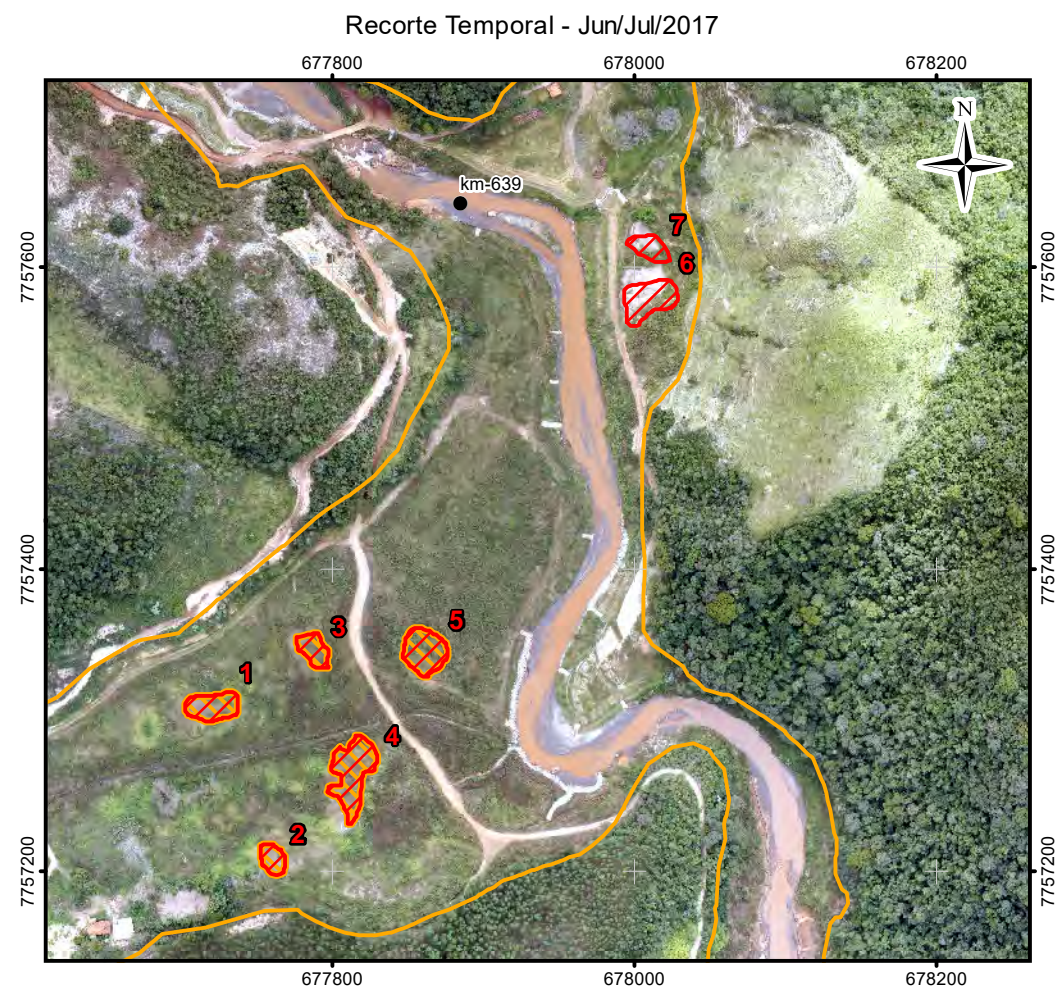
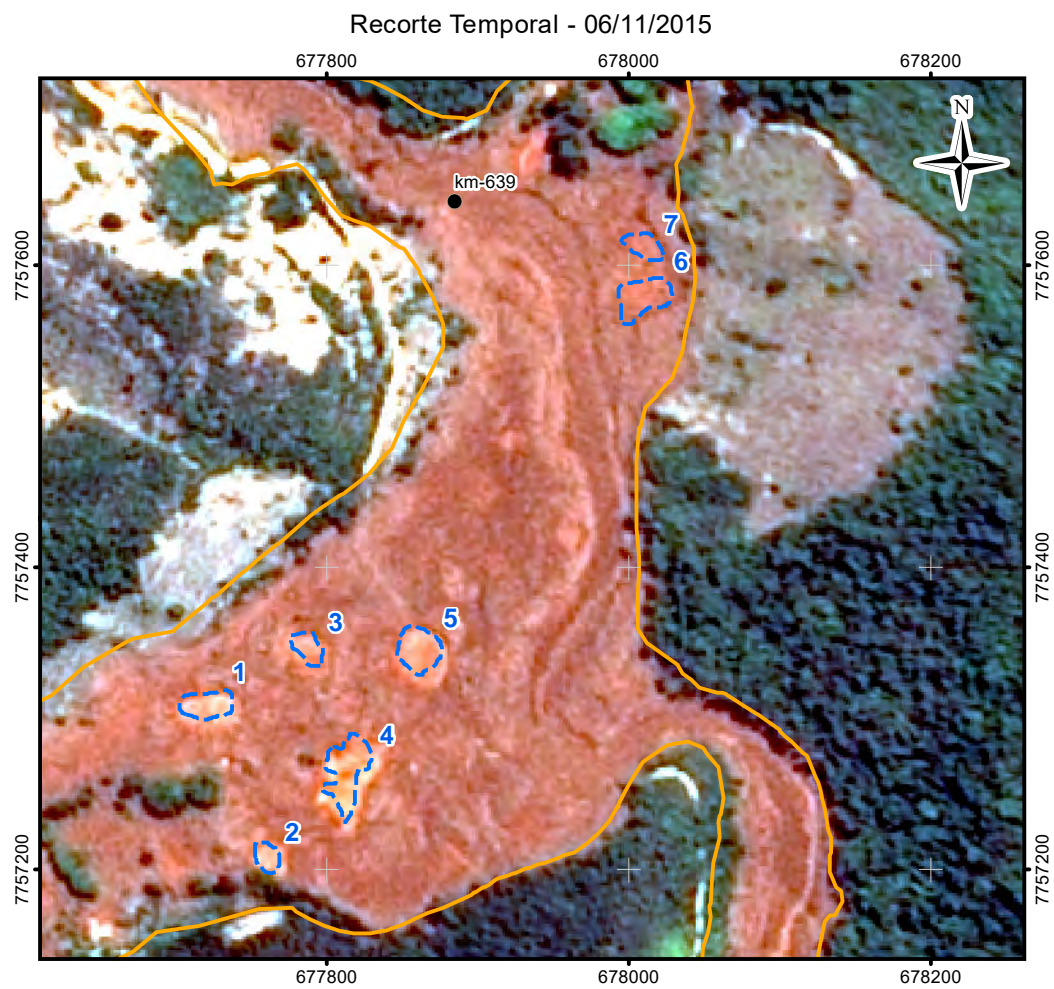
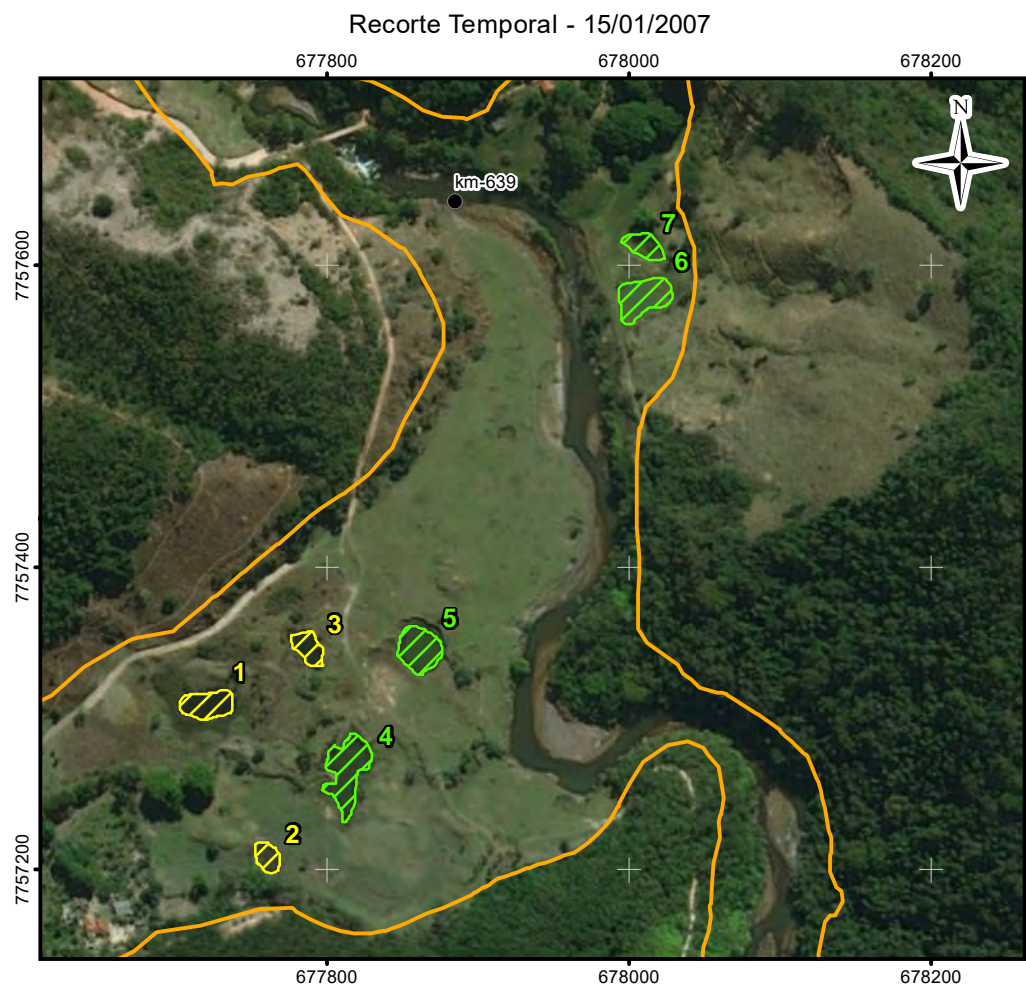
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

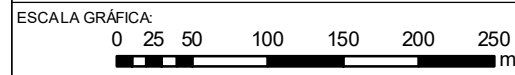
FORMATO A3: 420mm X297mm





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Não existia
- Lagoa Marginal em 06/11/2015
- ▨ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Soterrada

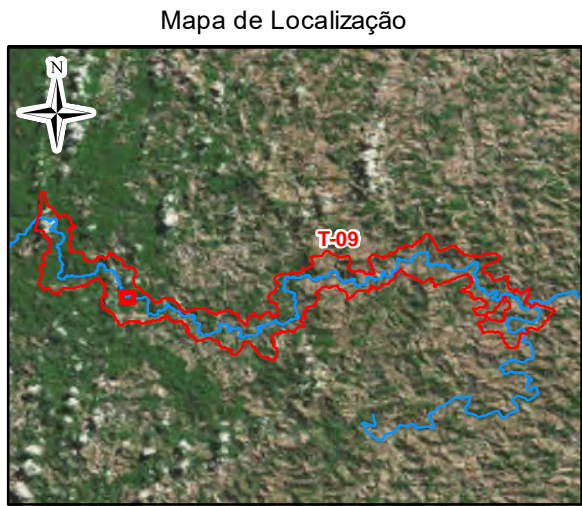
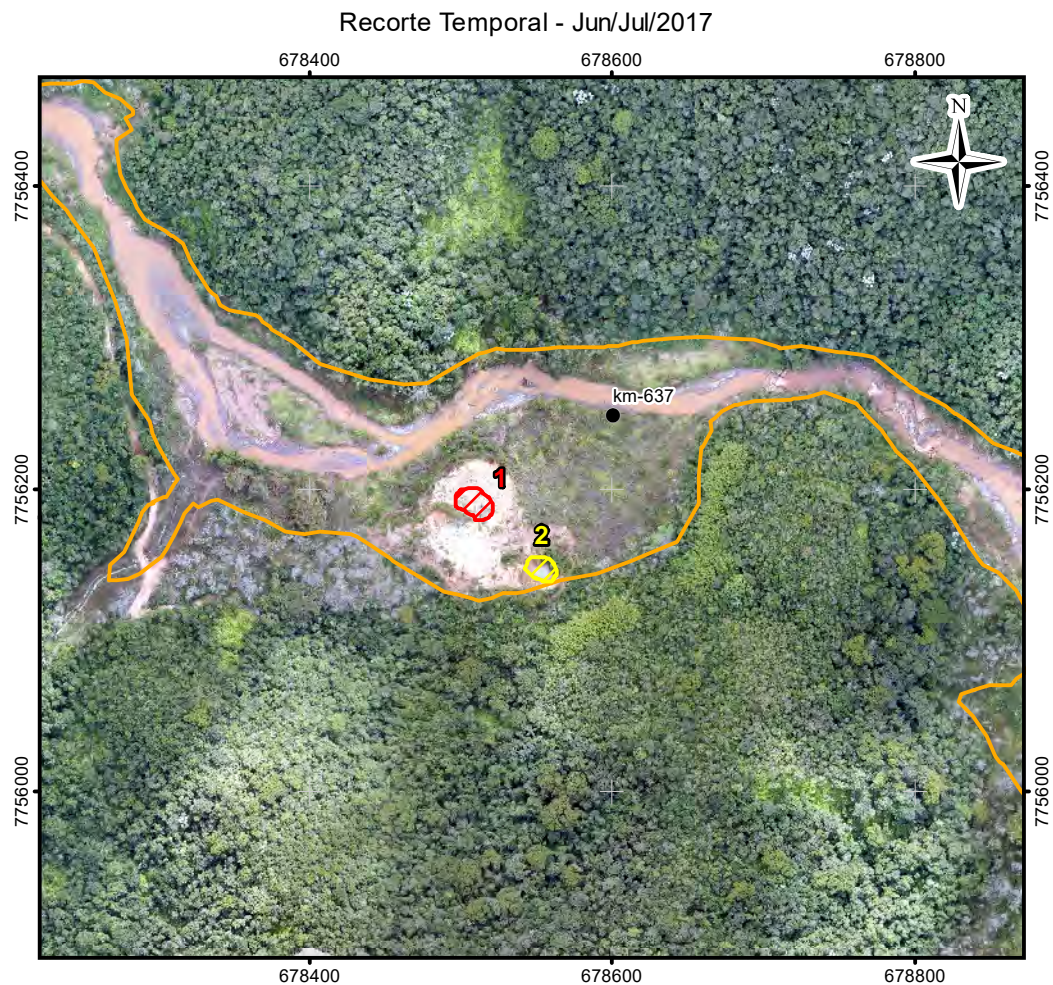
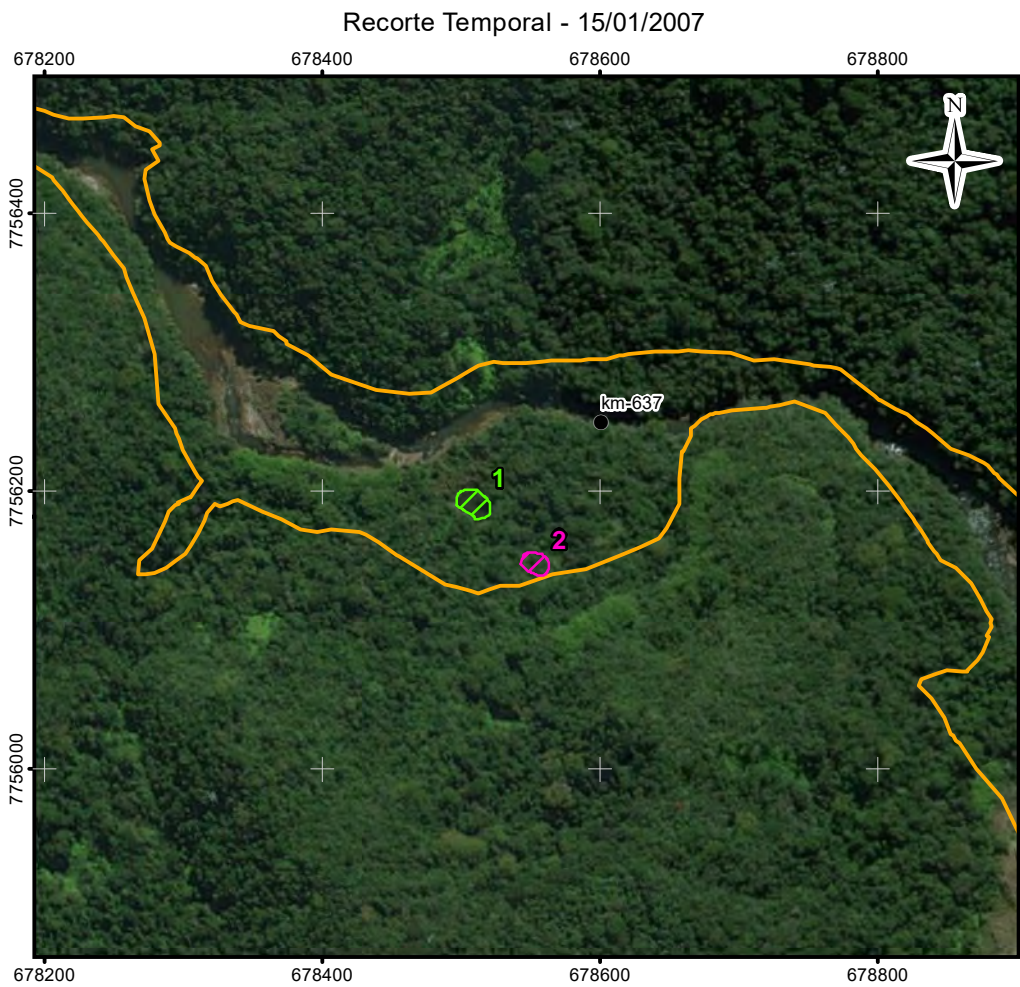


NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

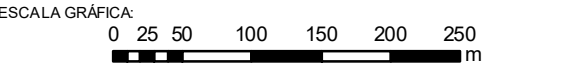
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

<b>JACOBS ch2m</b>					
TÍTULO: Anexo X Figura 10 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM638)					
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9					
ESCALA: 1:5.000	DATA: 05/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

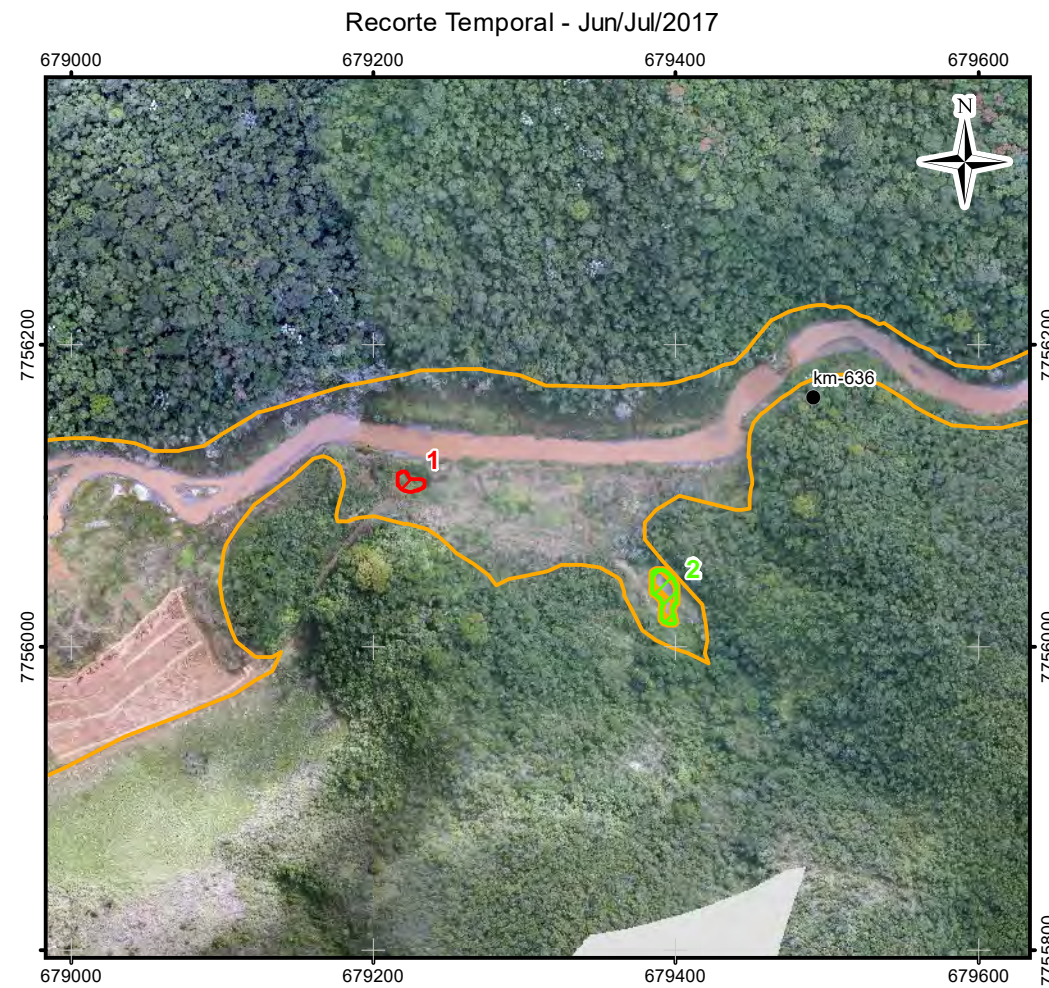
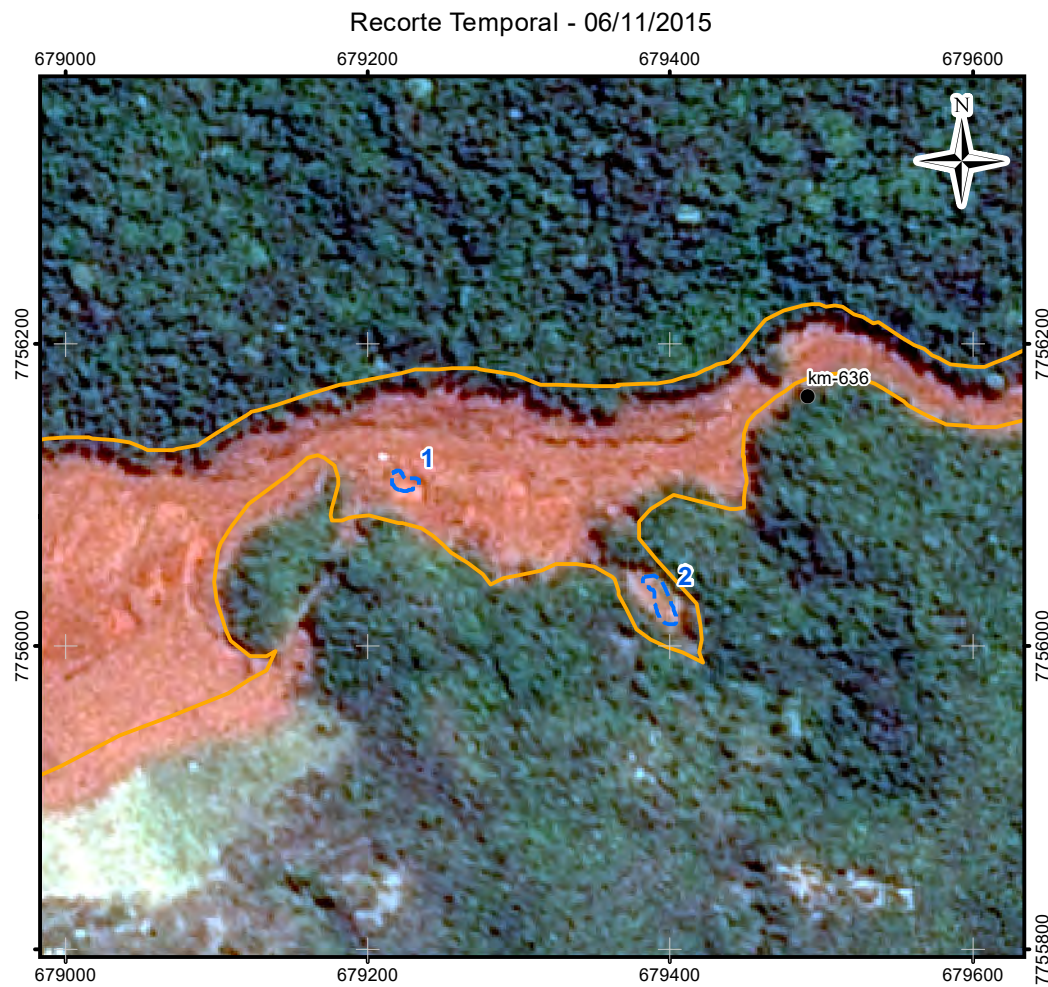
Anexo X

Figura 11 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM637)

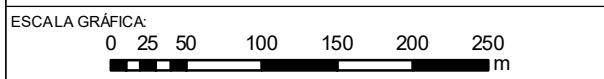
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.443	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
  - Viveiro de peixe



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 12 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM636)

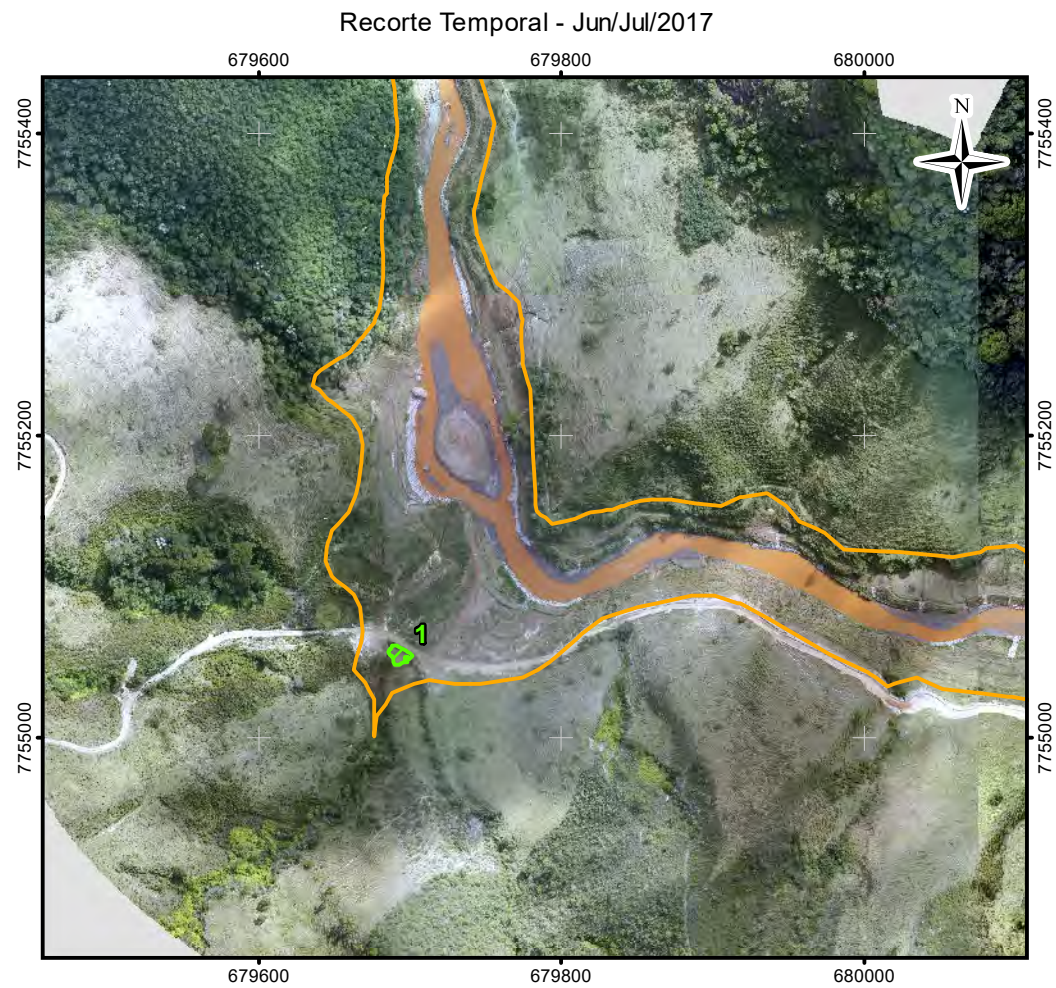
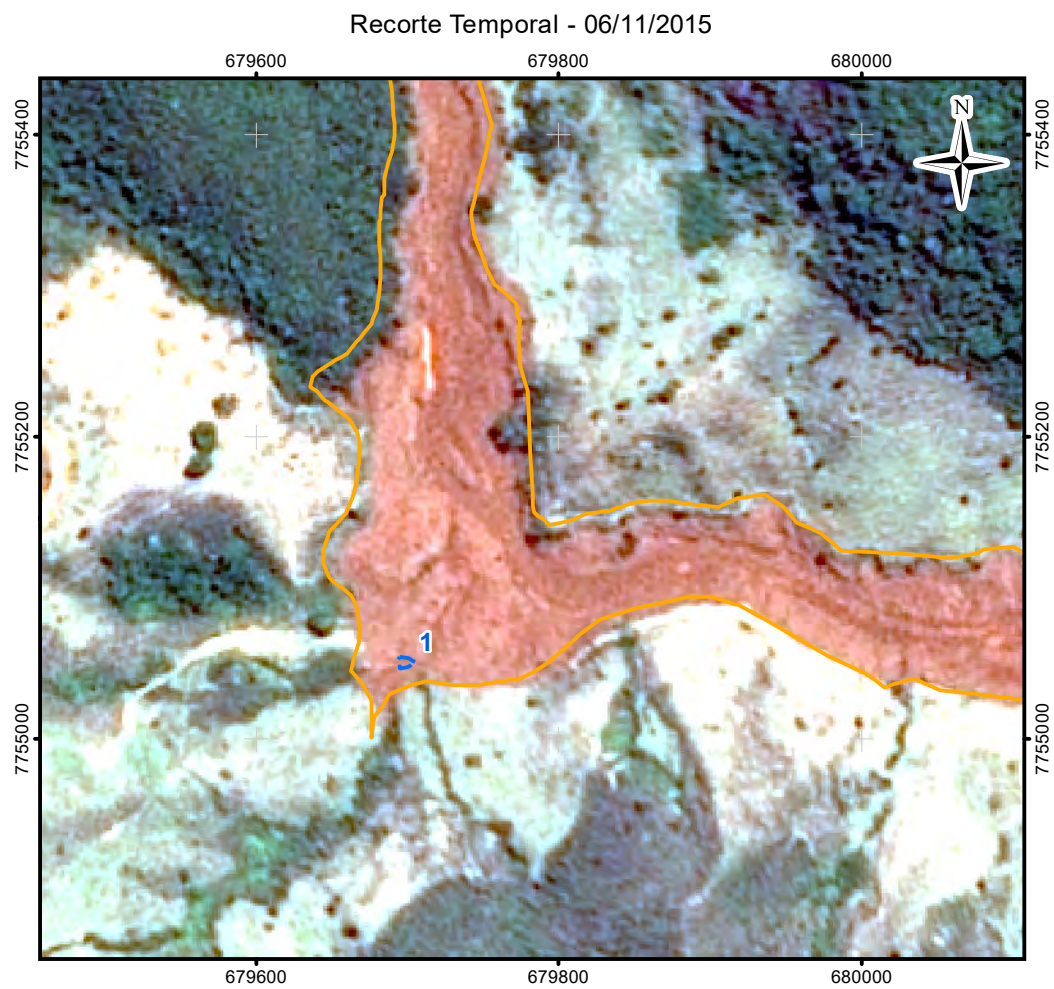
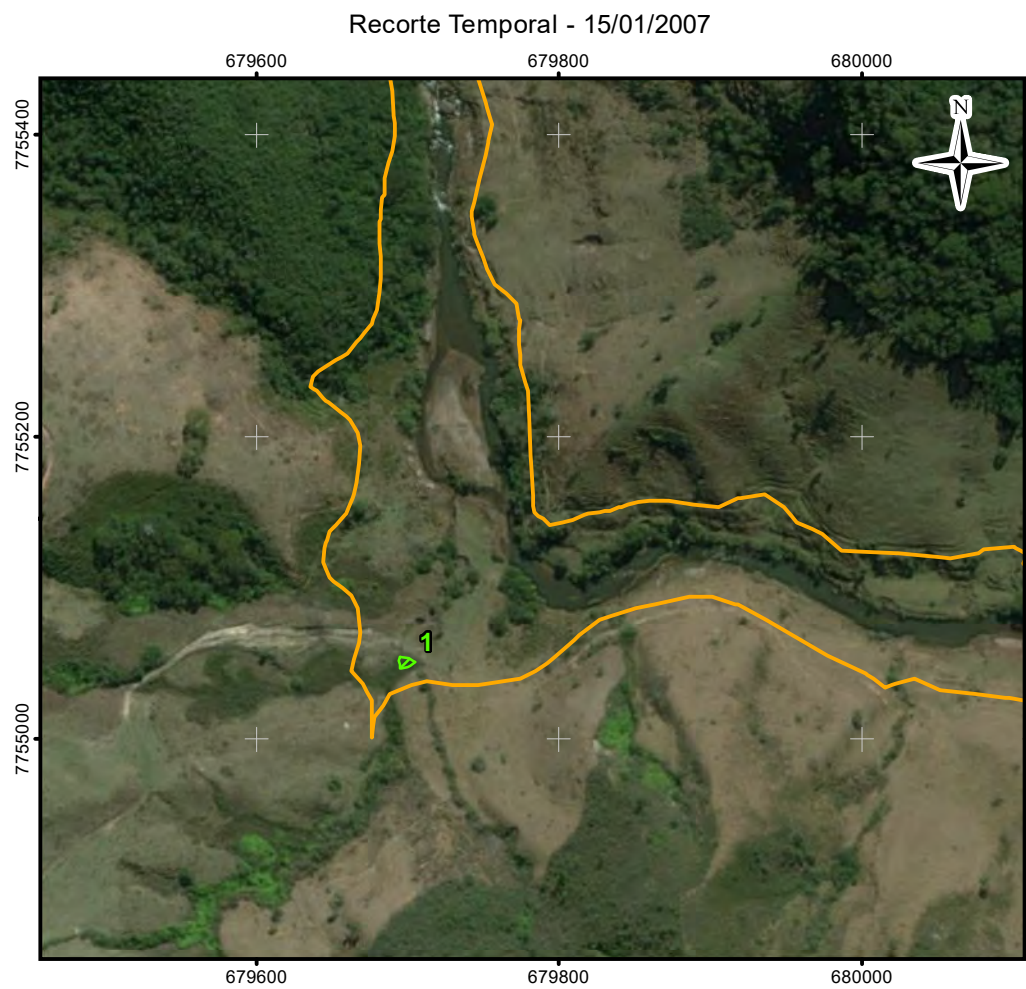
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 12 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM636





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m.**

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 13 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM634)

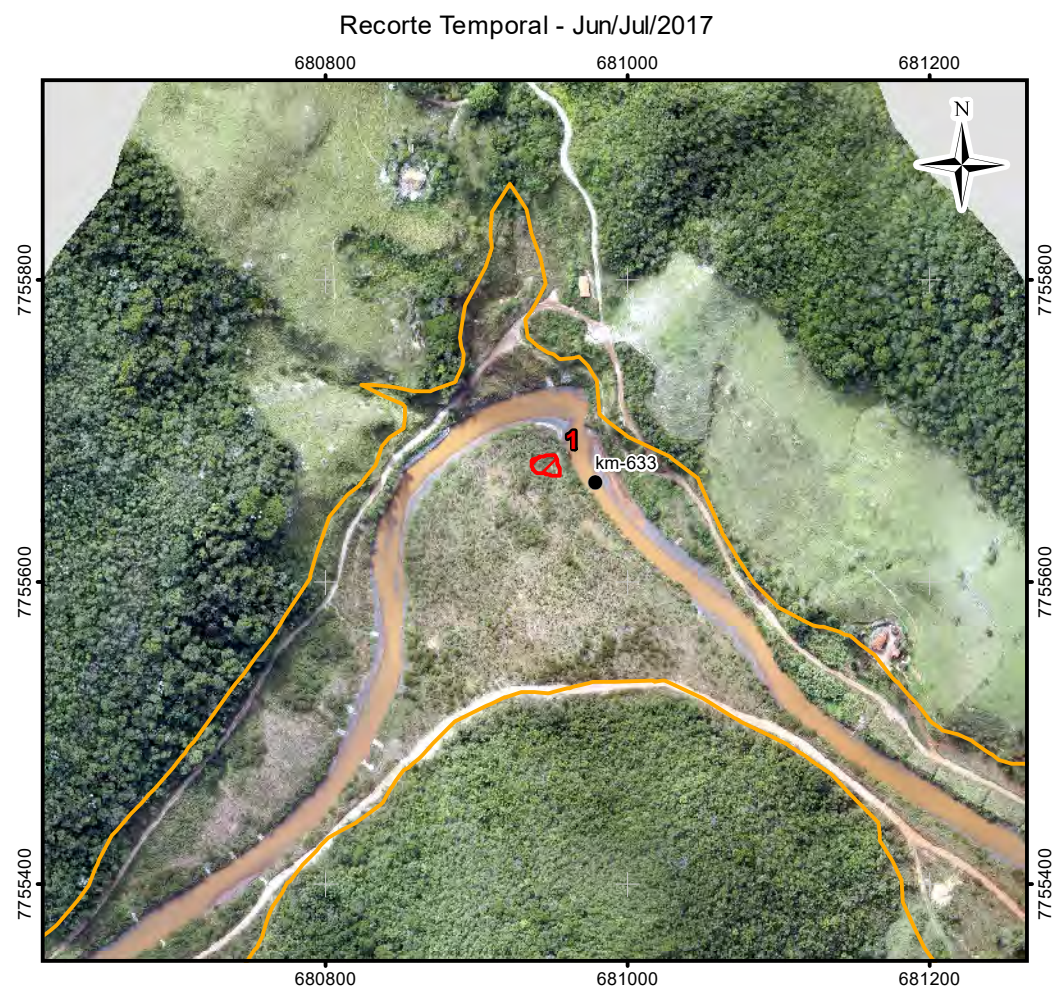
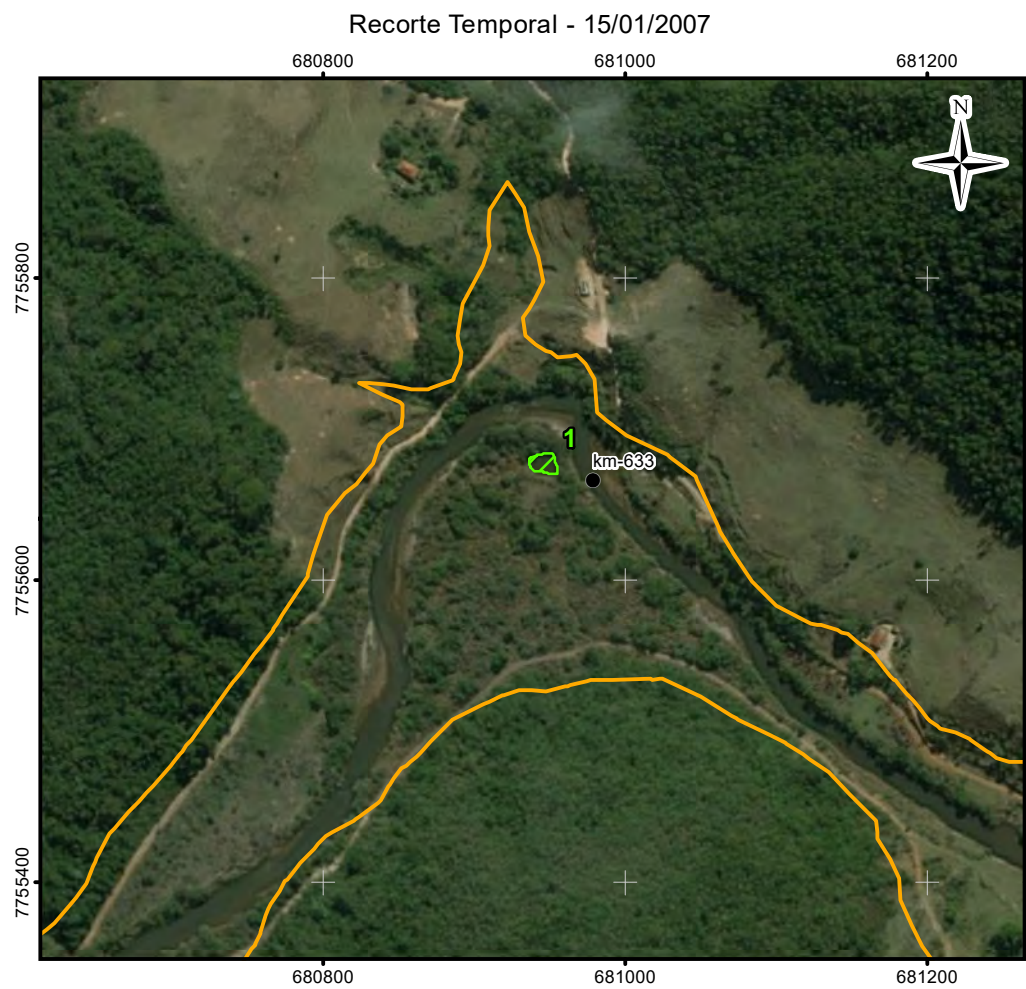
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 13 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM634





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação da Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 14 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM633)

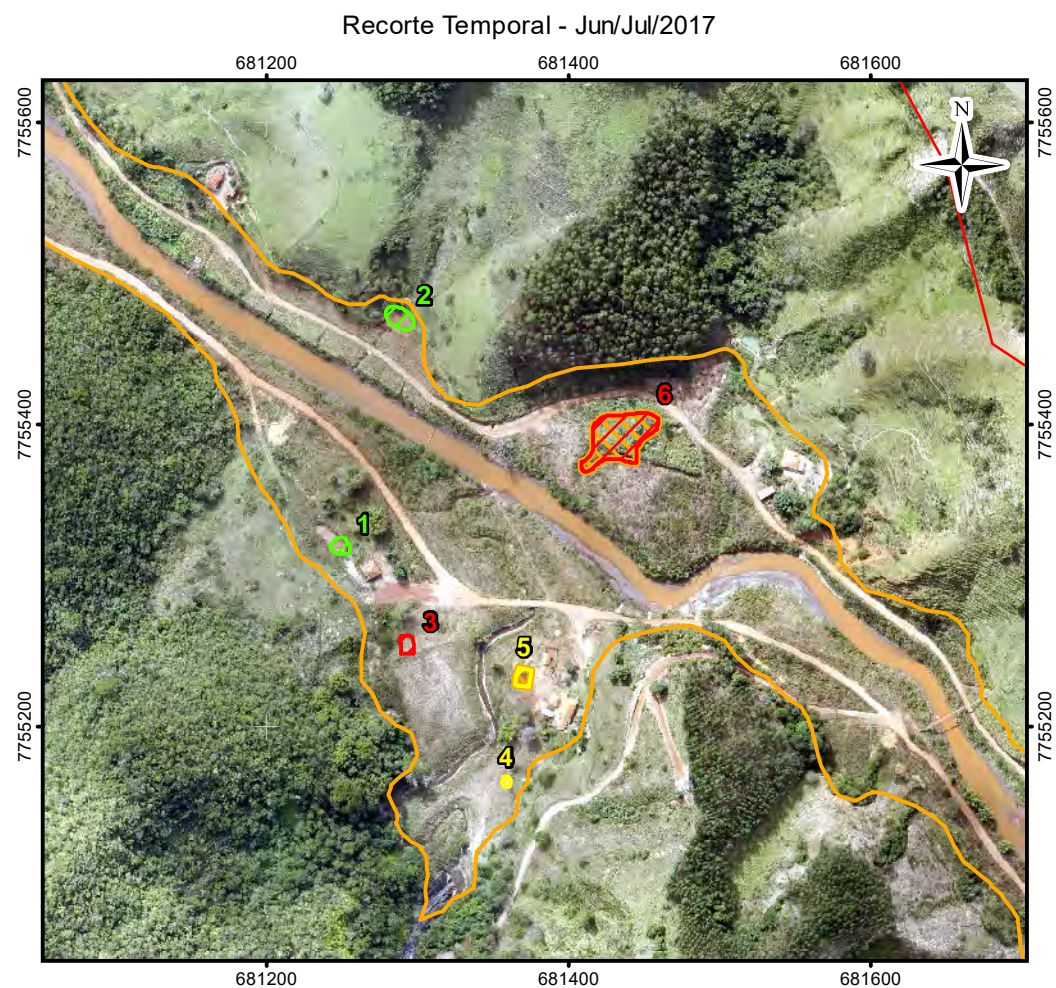
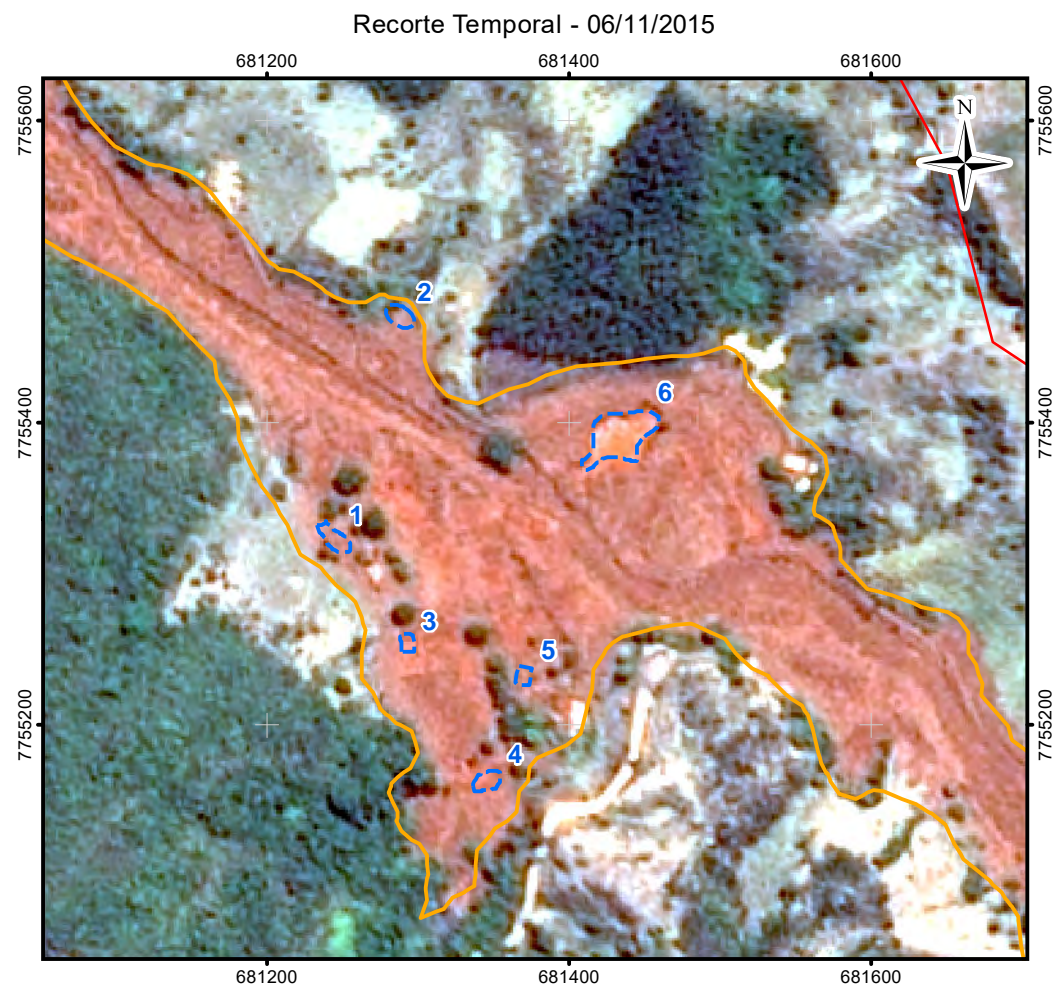
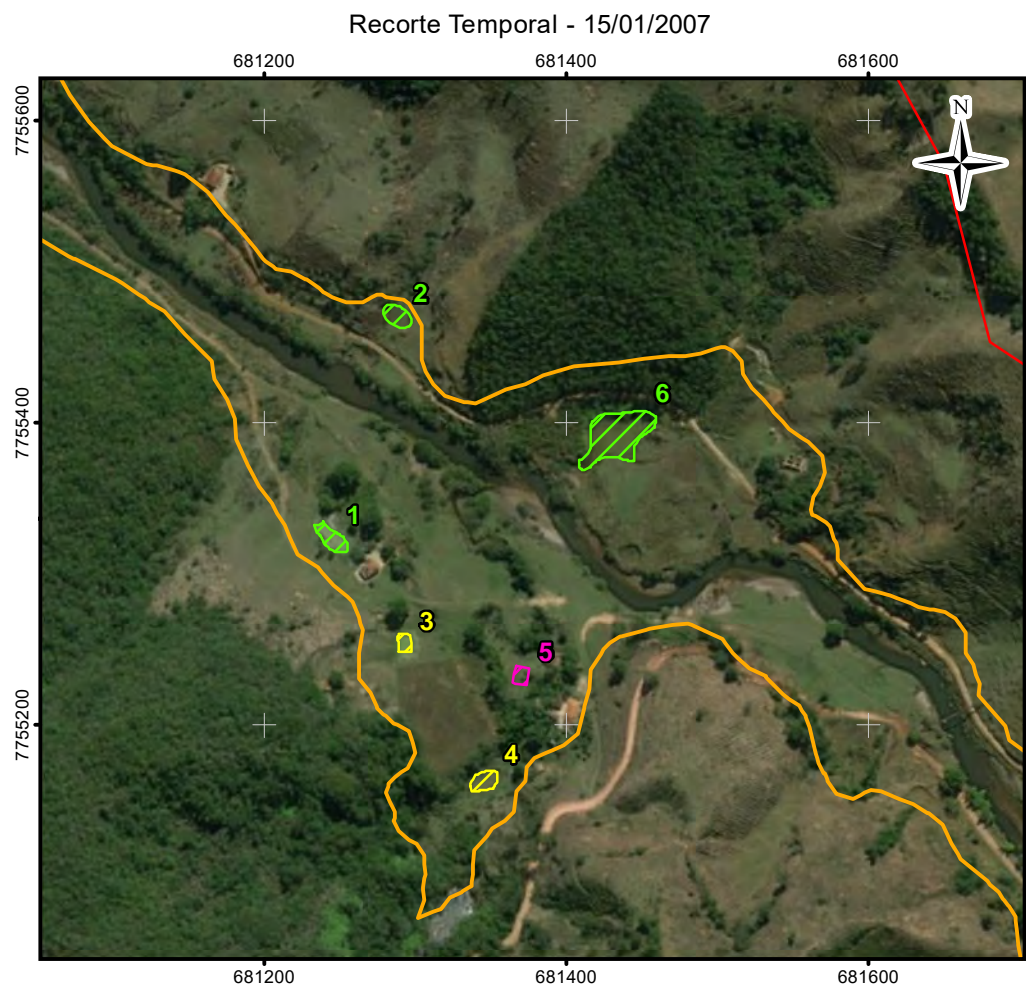
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 14 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM633





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada
- Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 15 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM632)

PROJETO:

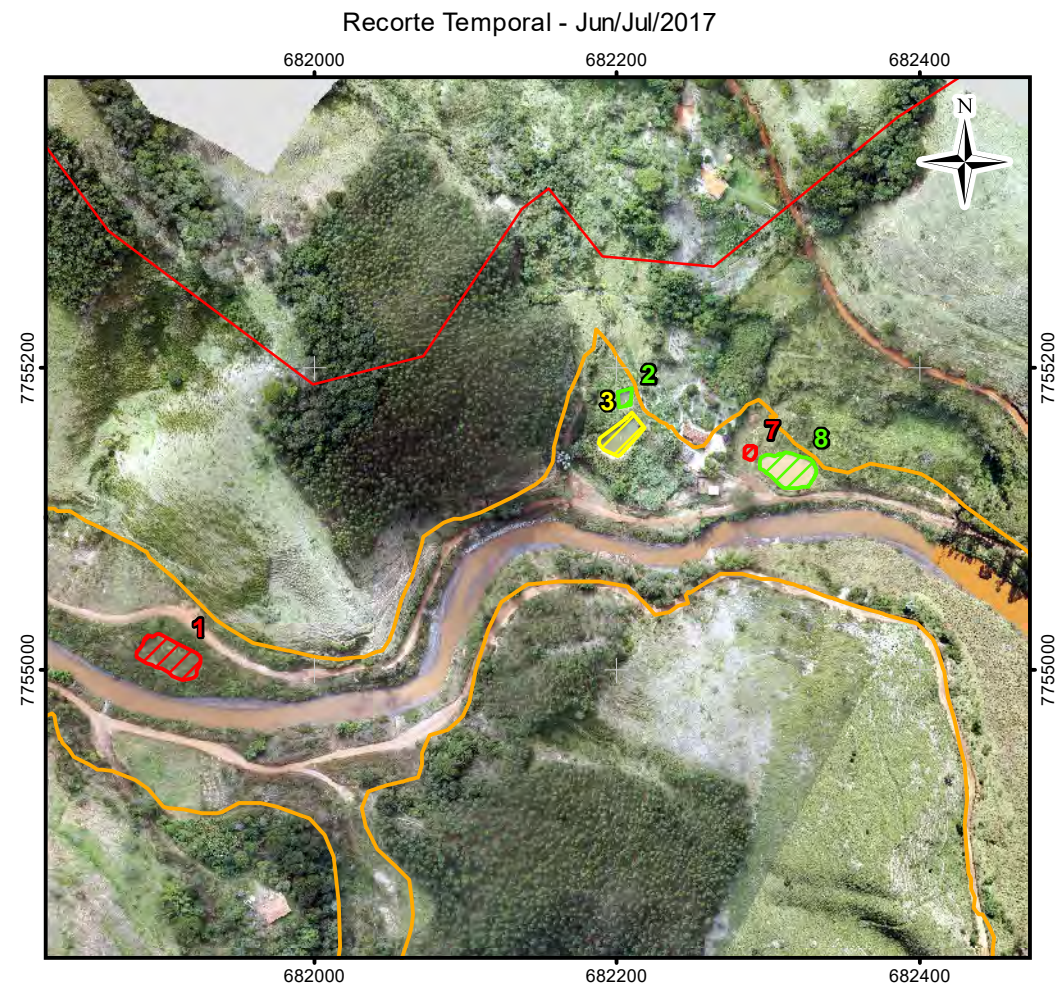
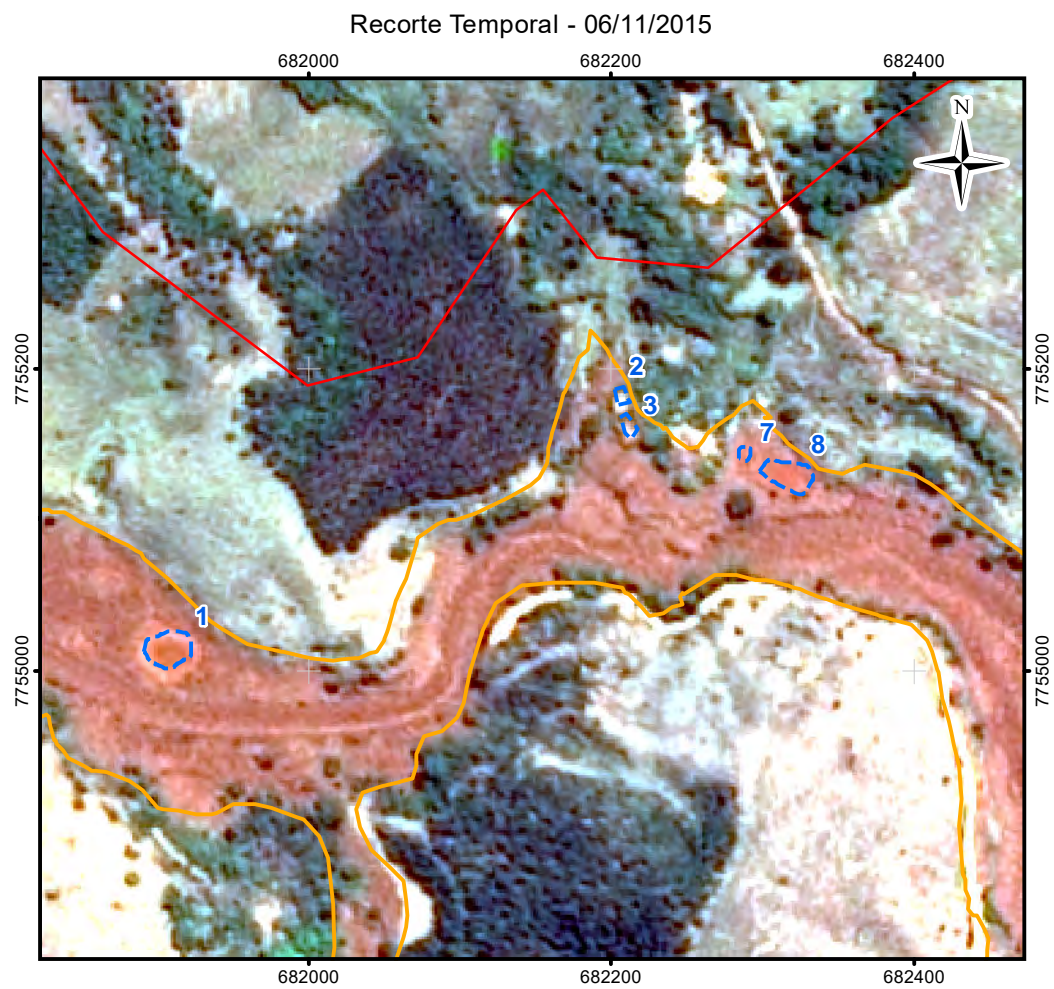
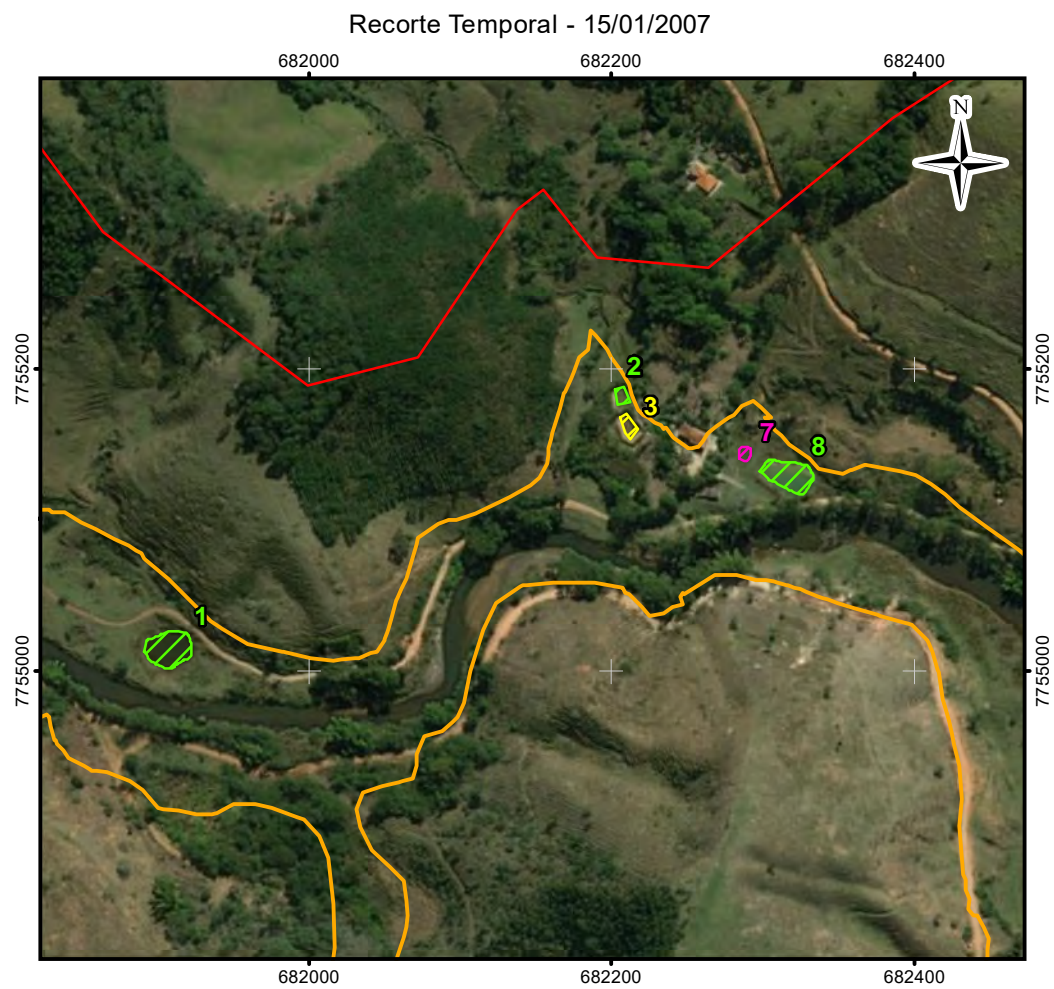
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 15 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM632





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 16 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM631)

PROJETO:

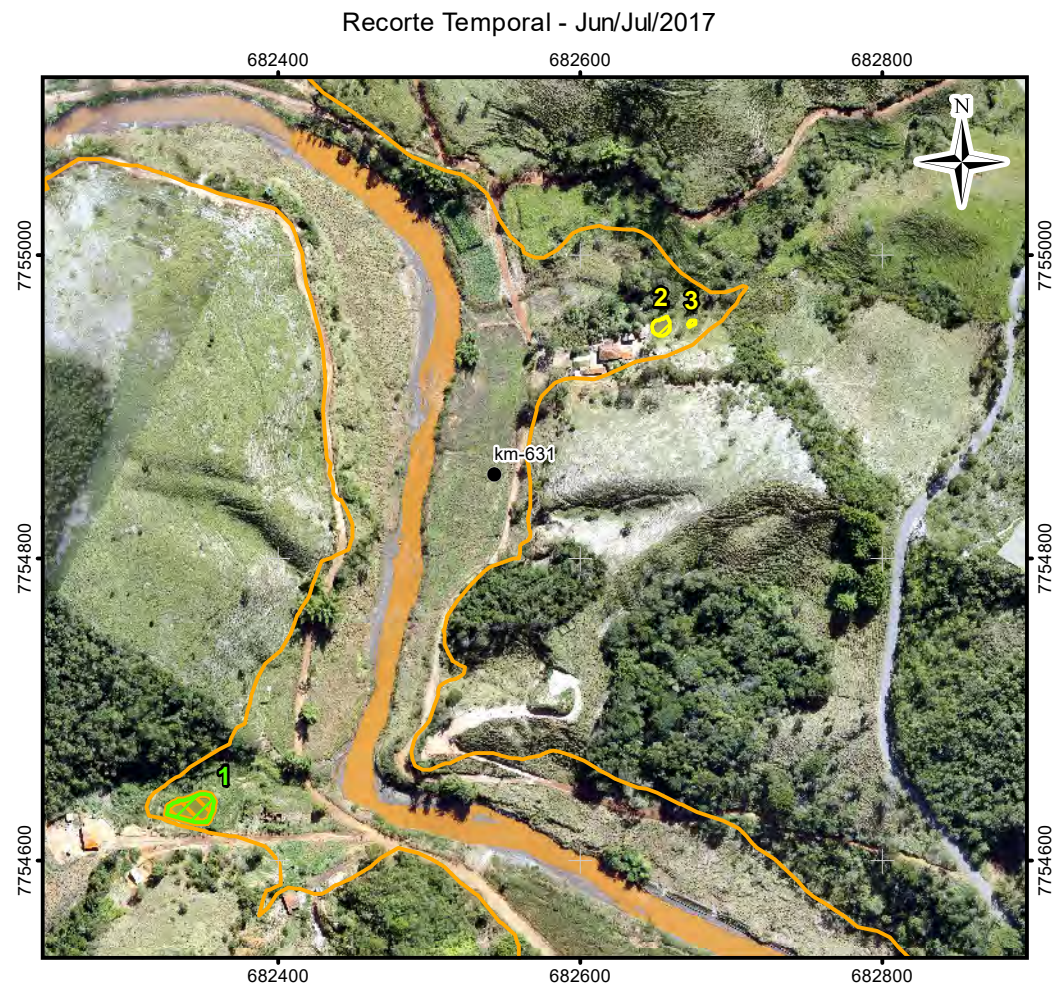
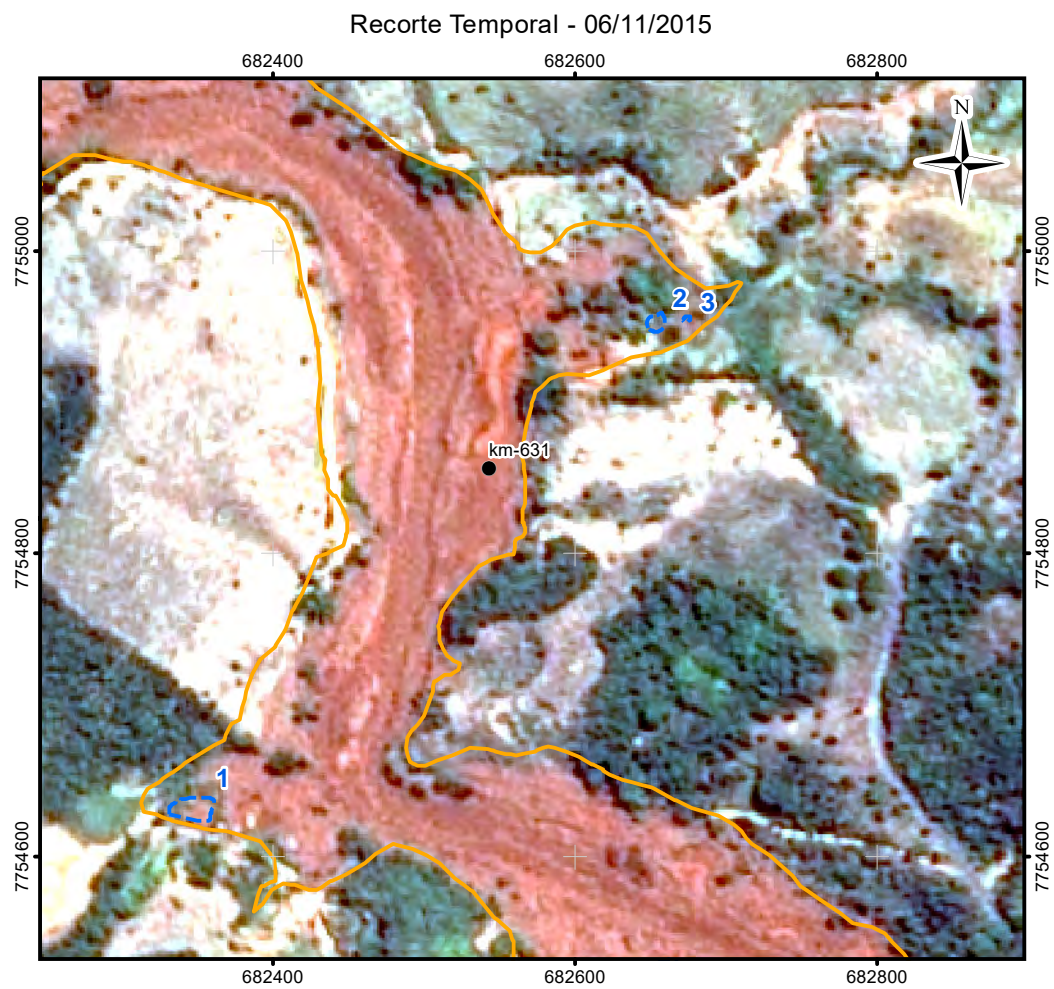
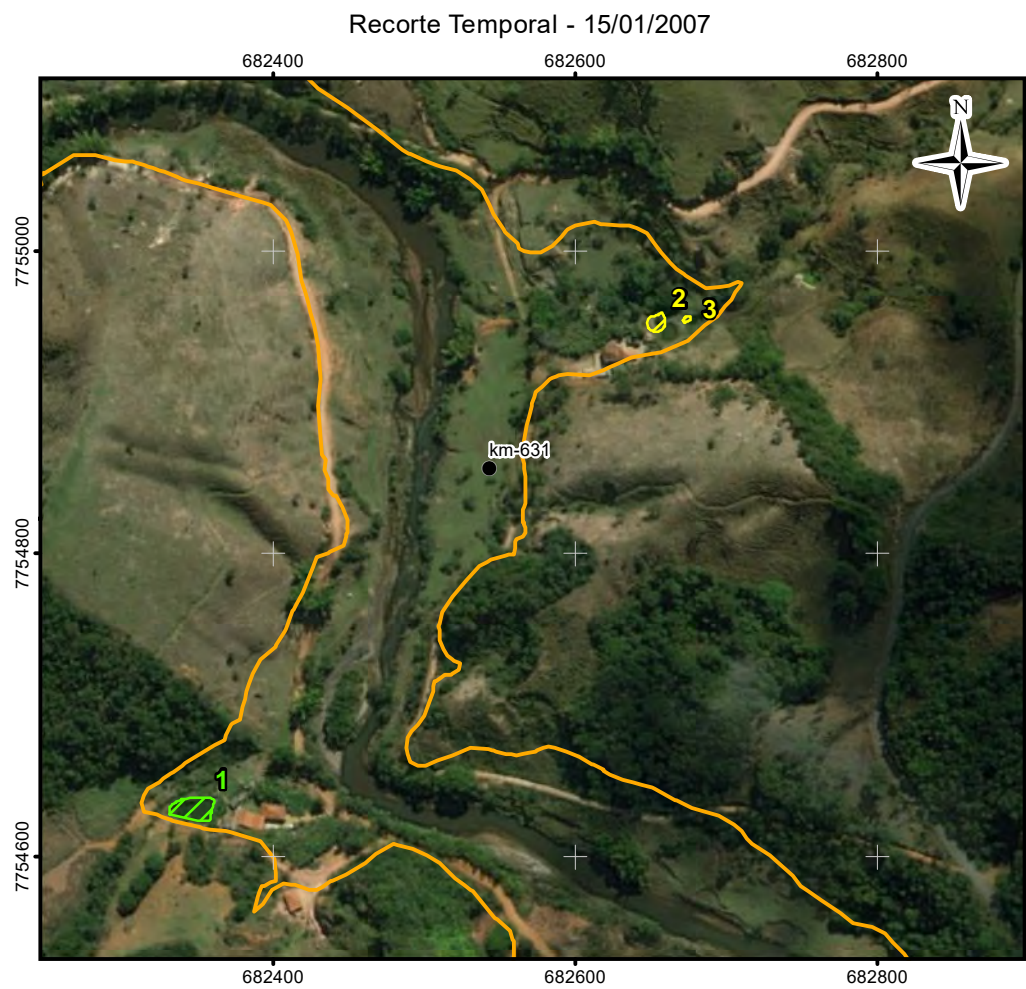
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 16 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM631





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
  - Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

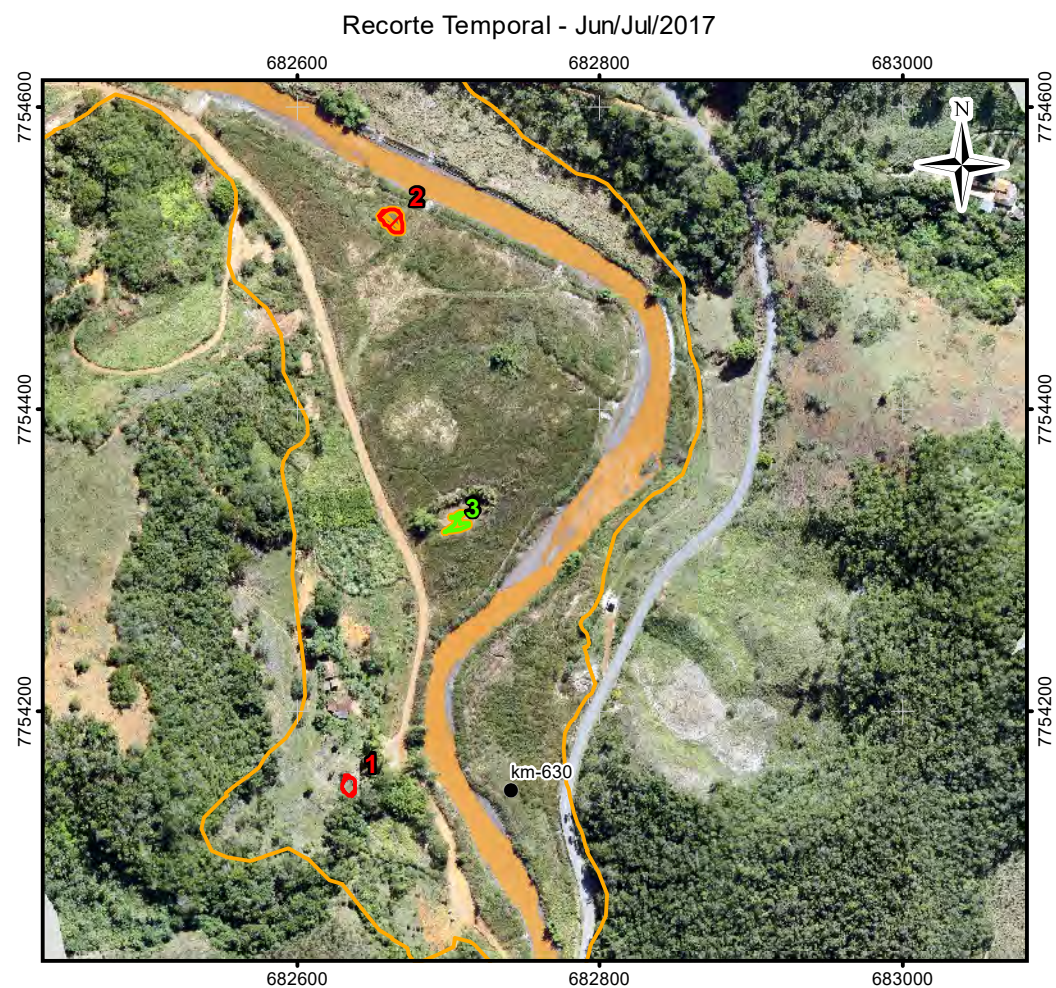
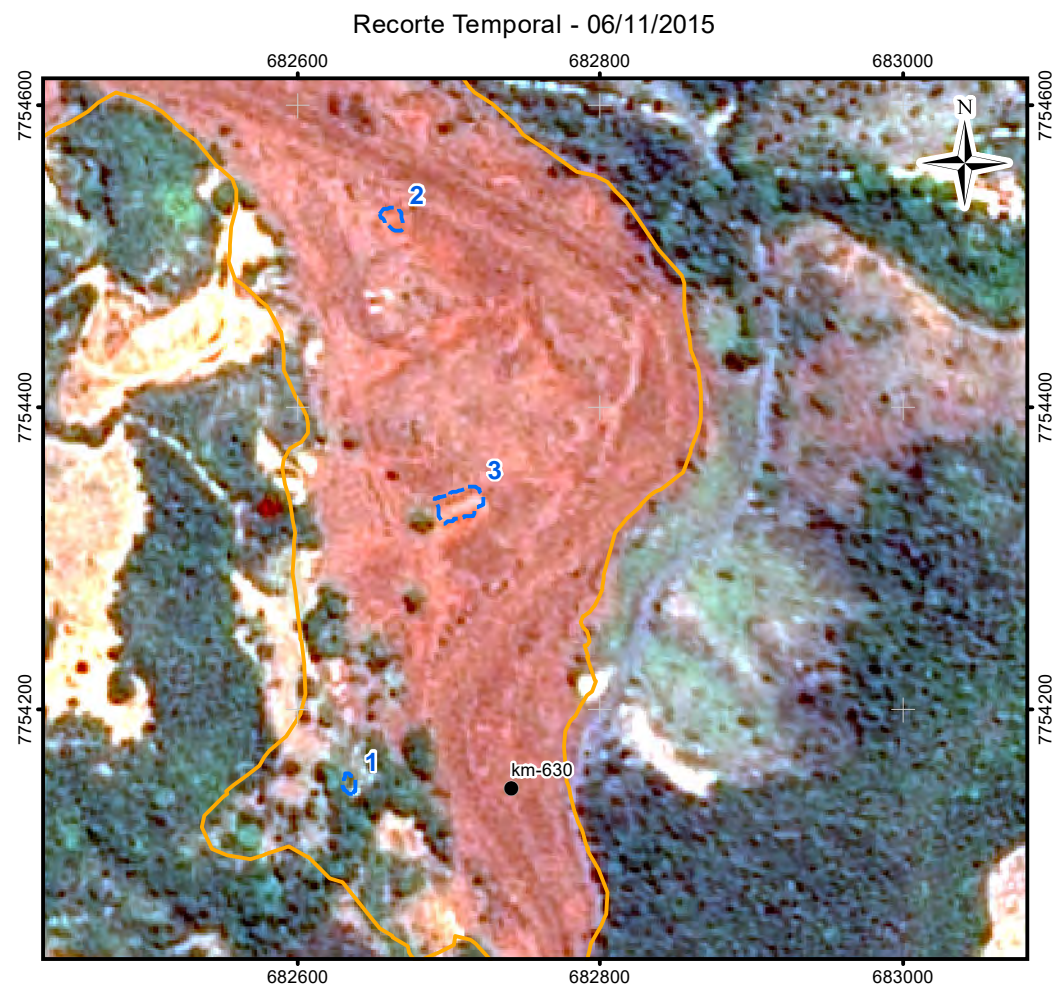
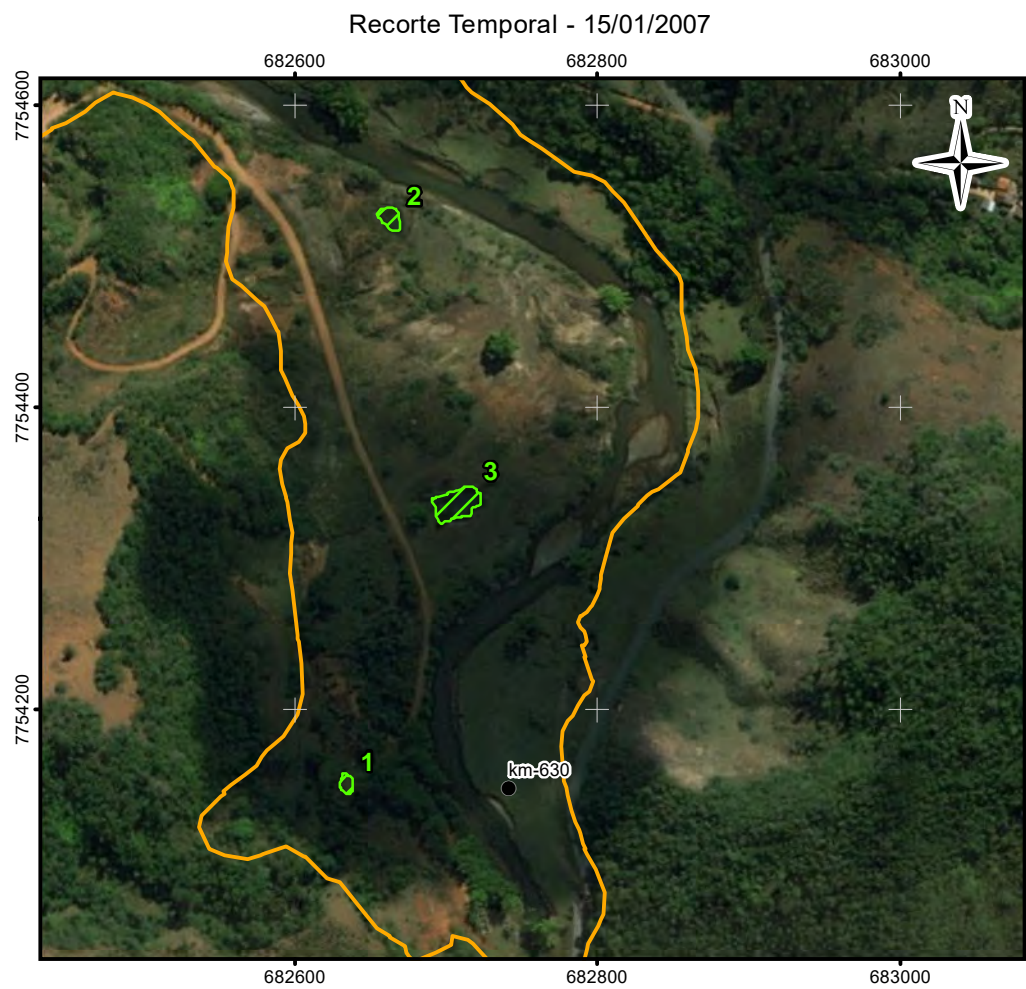
Figura 17 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM630-1)

PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- ▭ Lagoa Marginal Conectada
- ▭ Lagoa Marginal Isolada
- ▭ Lagoa Marginal Soterrada
- ▭ Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 18 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM630)

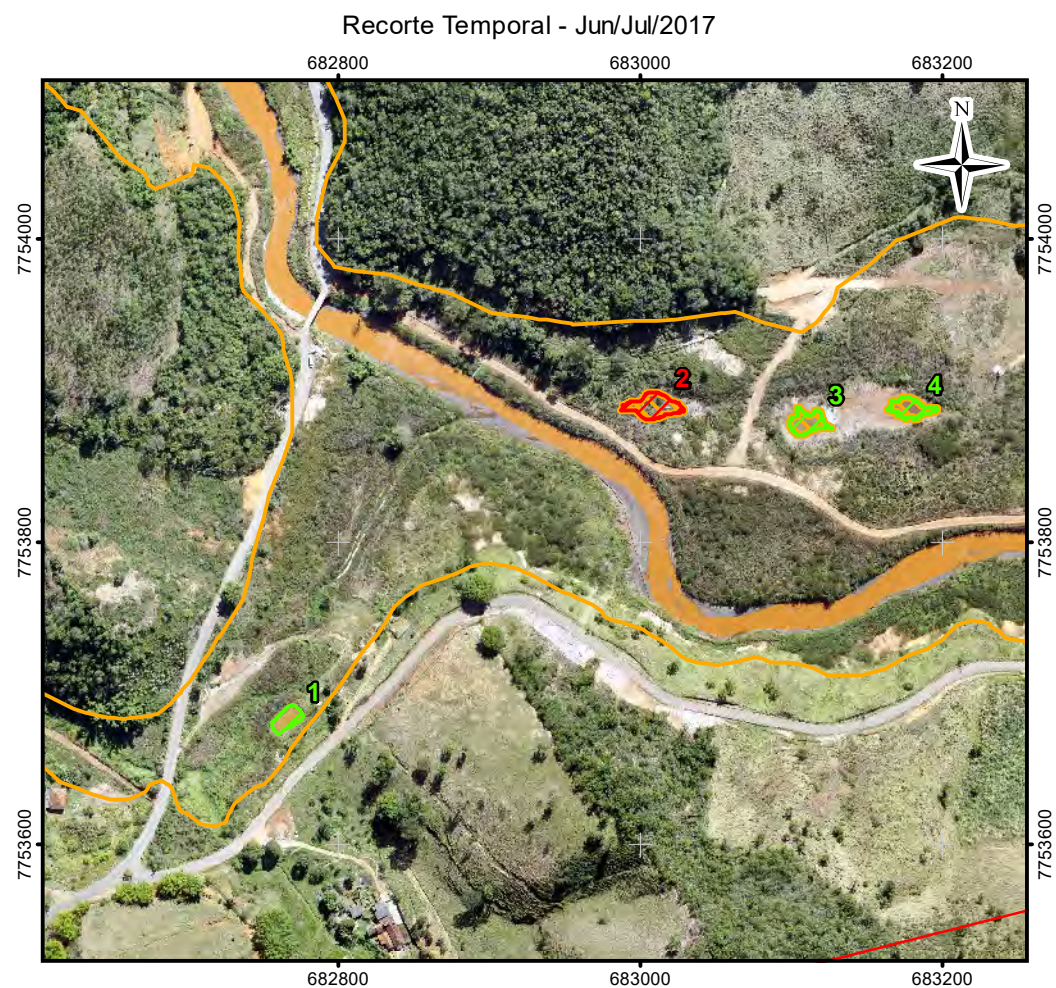
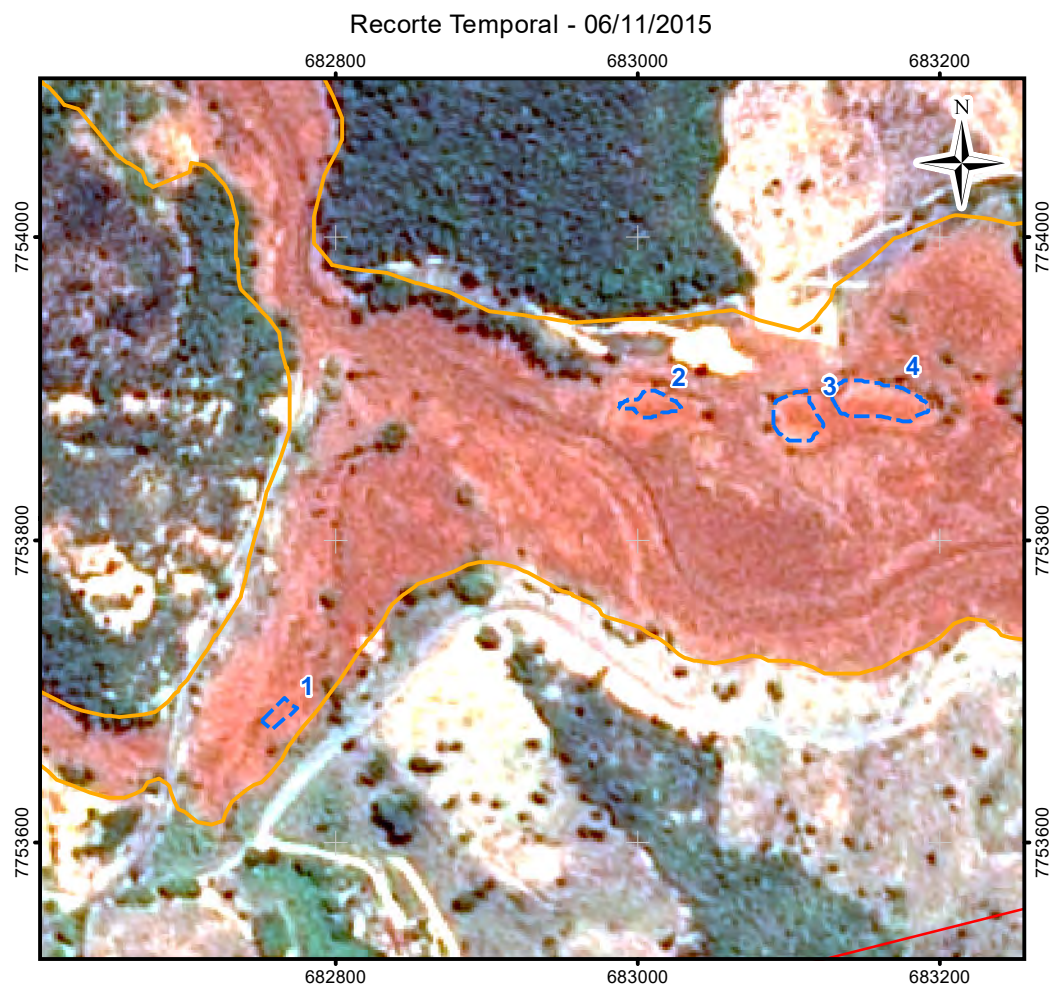
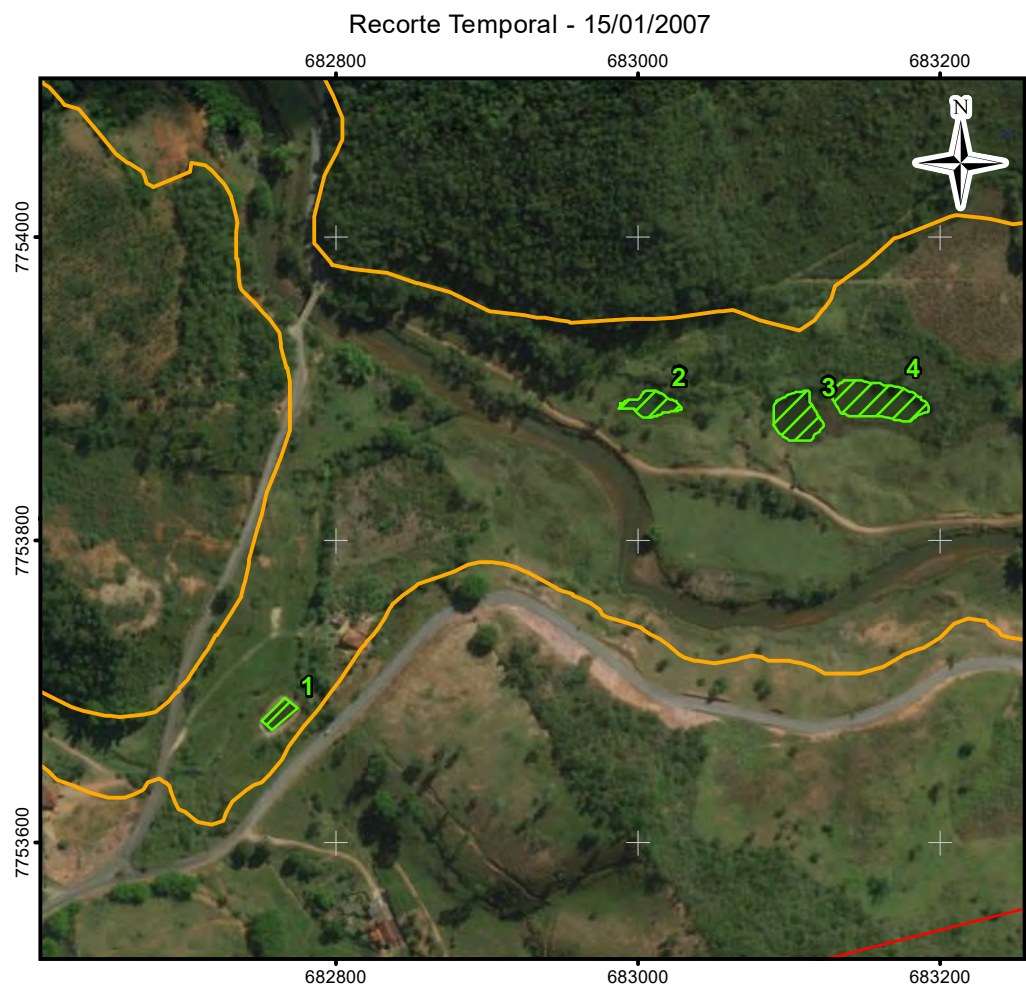
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 18 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM630





Mapa de Localização

LEGENDA:

Curso d'água

Trecho 09

Área Impactada Trecho 09

Imagem em 15/01/2007

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 06/11/2015

Identificação de Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Soterrada

Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

JACOBS

ch2m

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 19 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM629-1)

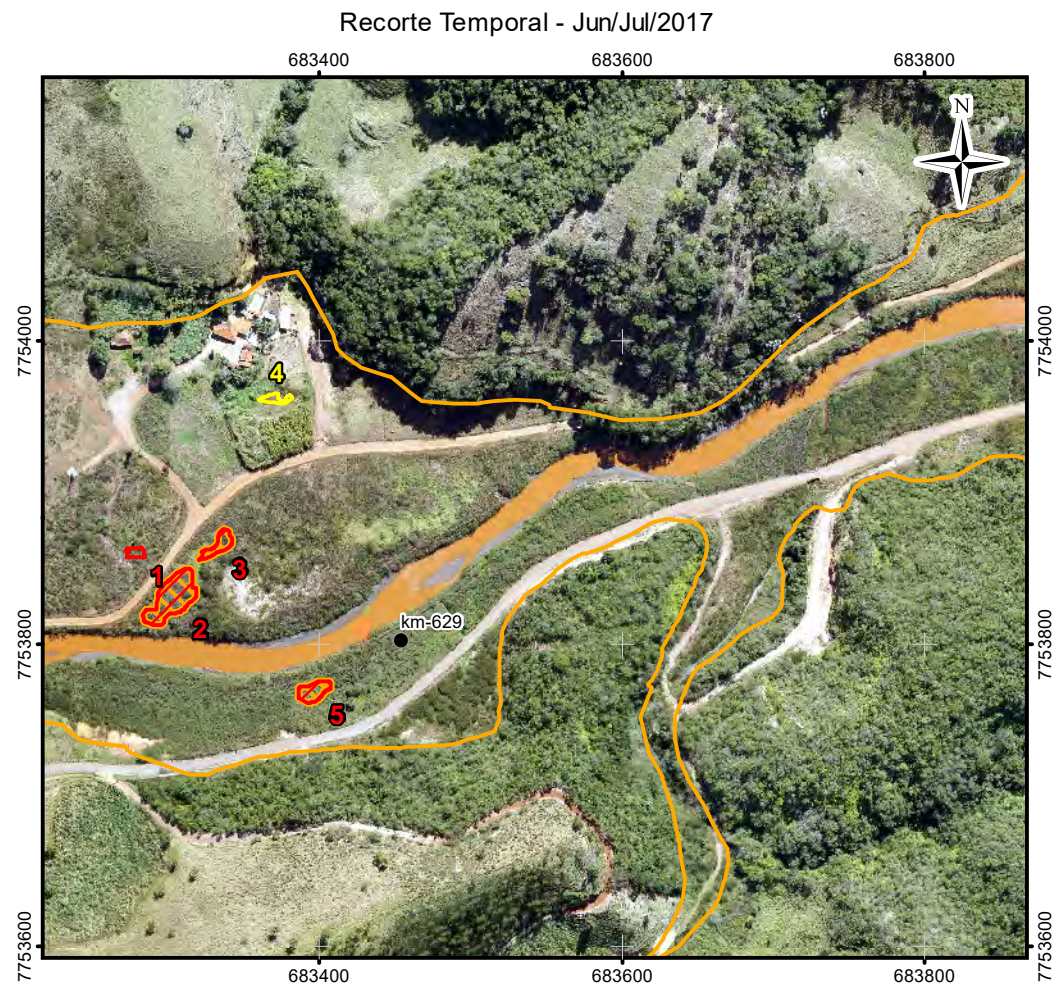
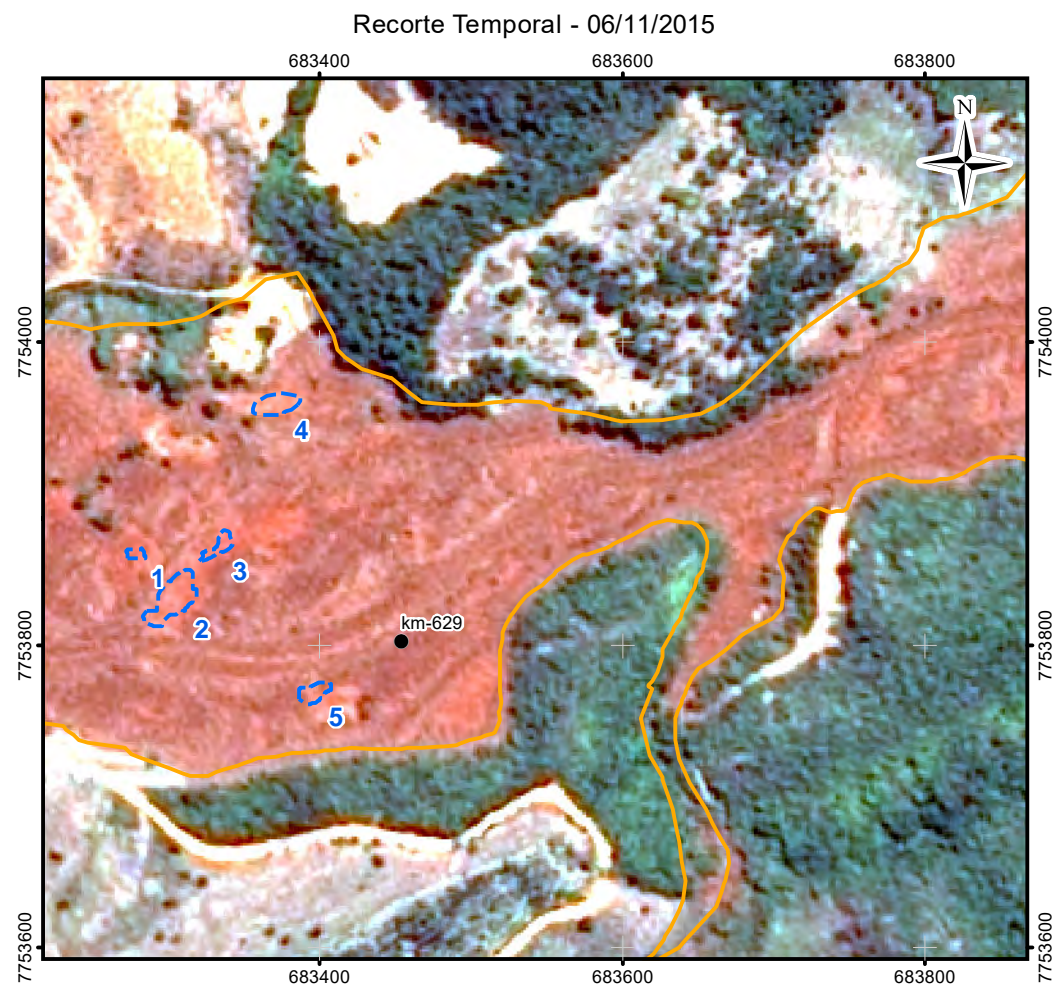
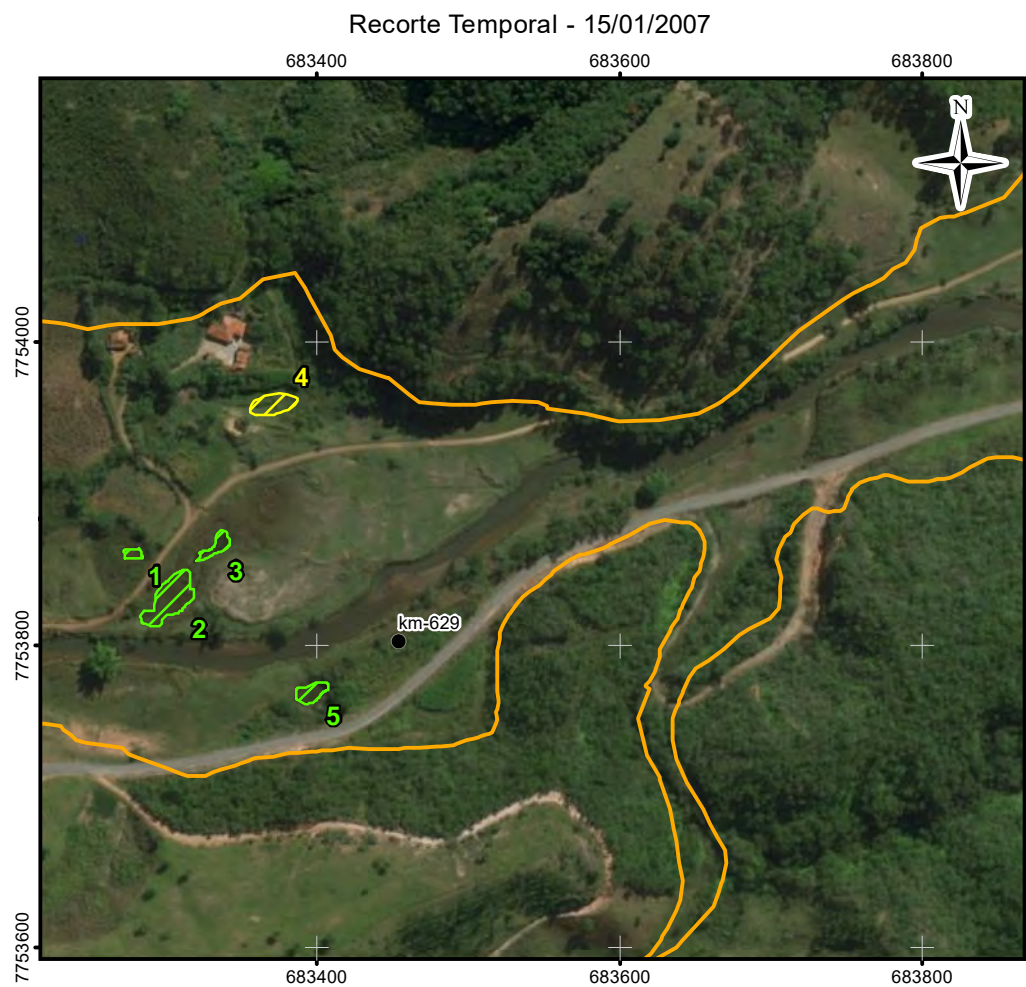
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - ▭ Trecho 09
  - ▭ Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▭ Lagoa Marginal Conectada
  - ▭ Lagoa Marginal Isolada
  - ▭ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▭ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▭ Lagoa Marginal Conectada
  - ▭ Lagoa Marginal Isolada
  - ▭ Lagoa Marginal Soterrada
  - ▭ Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 20 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM629)

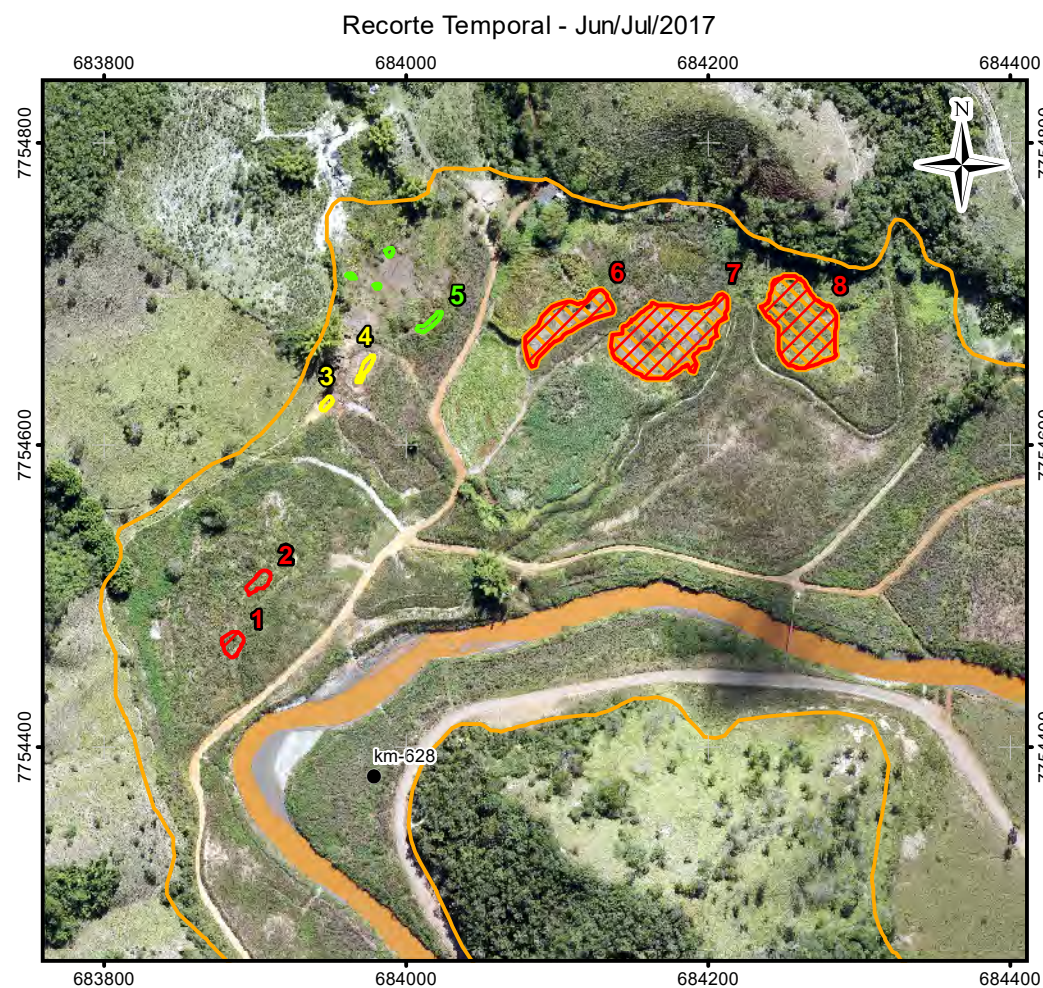
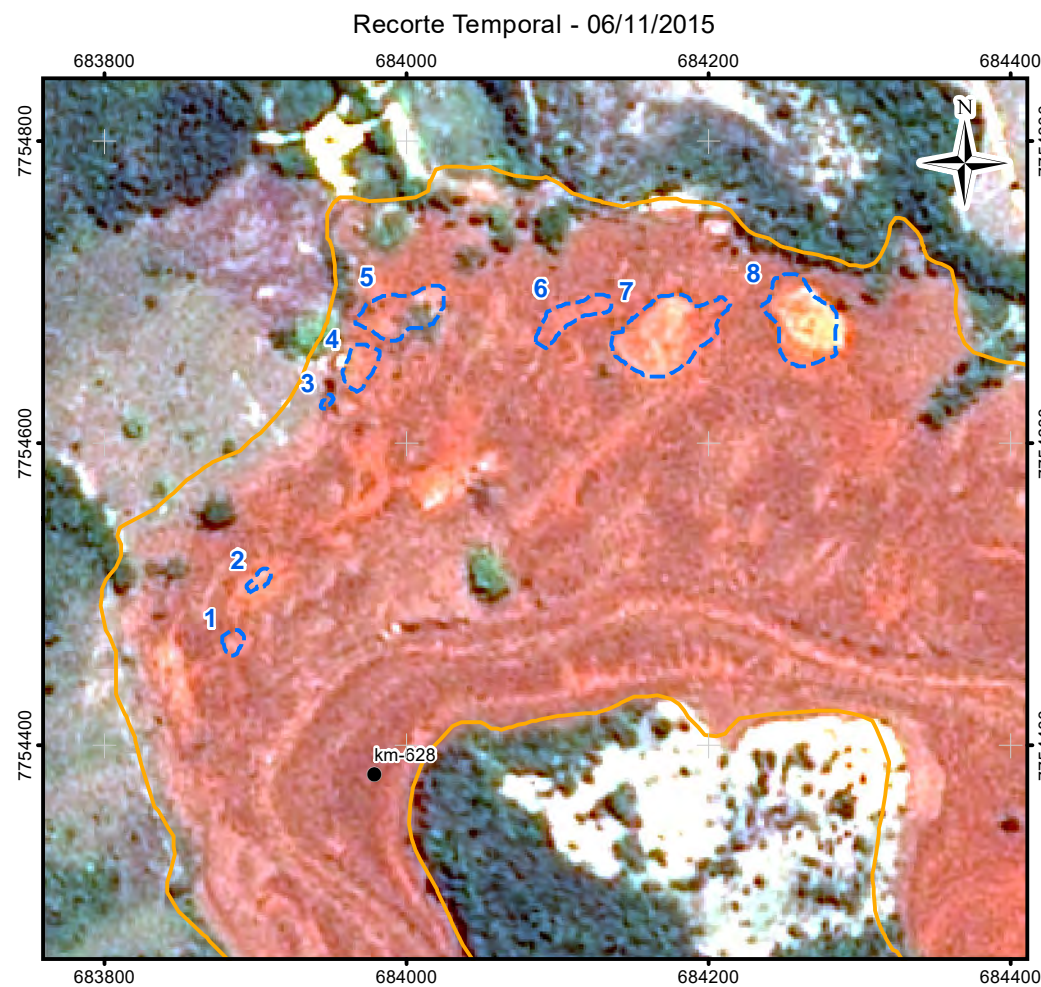
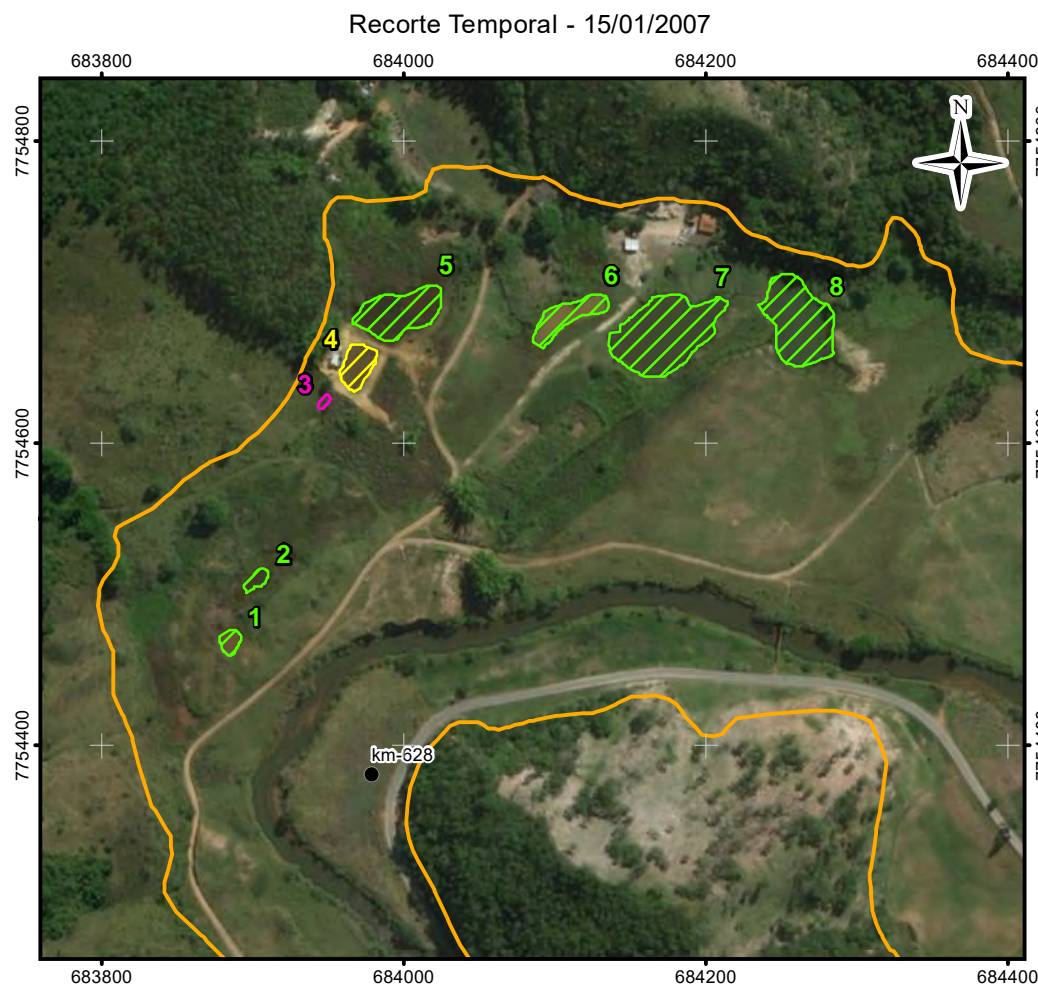
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- ▭ Lagoa Marginal Conectada
- ▭ Lagoa Marginal Isolada
- ▭ Lagoa Marginal Soterrada
- ▭ Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m.**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 21 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM627-1)

PROJETO:

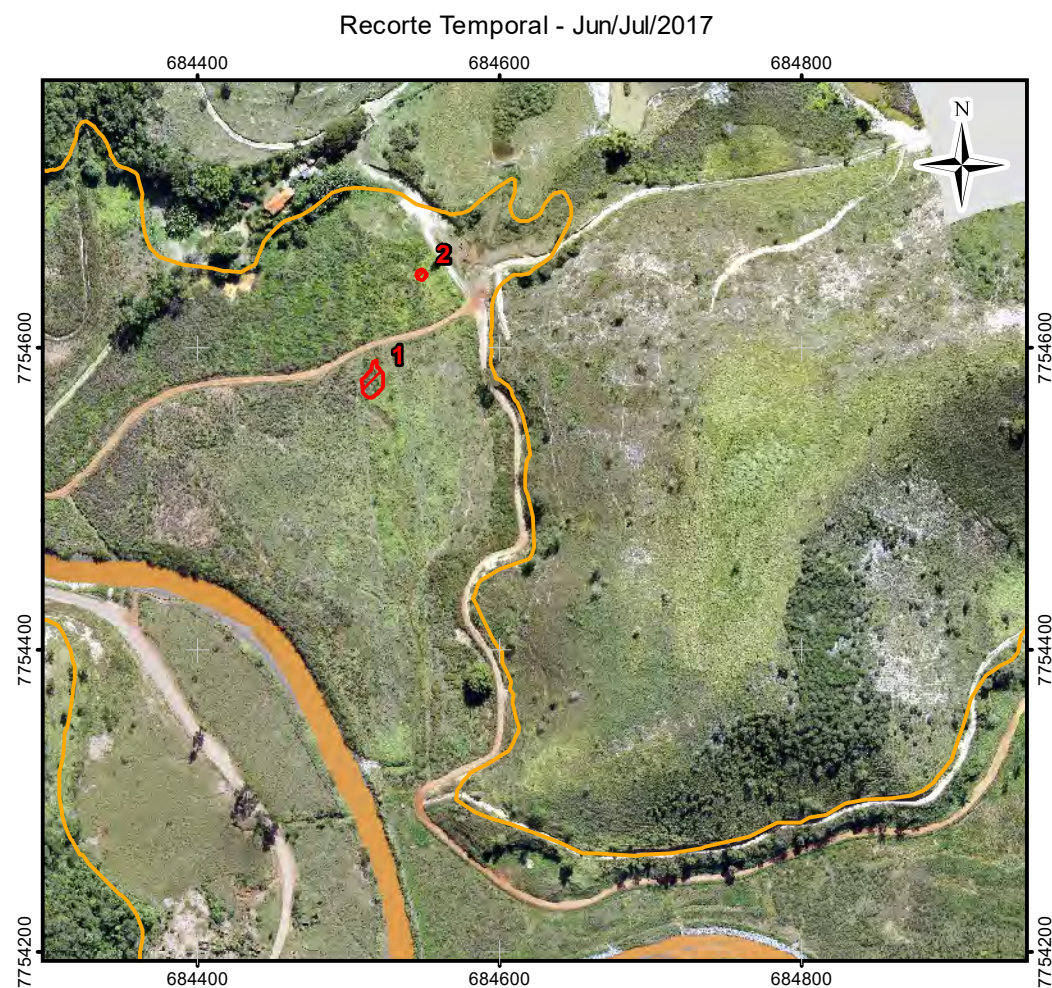
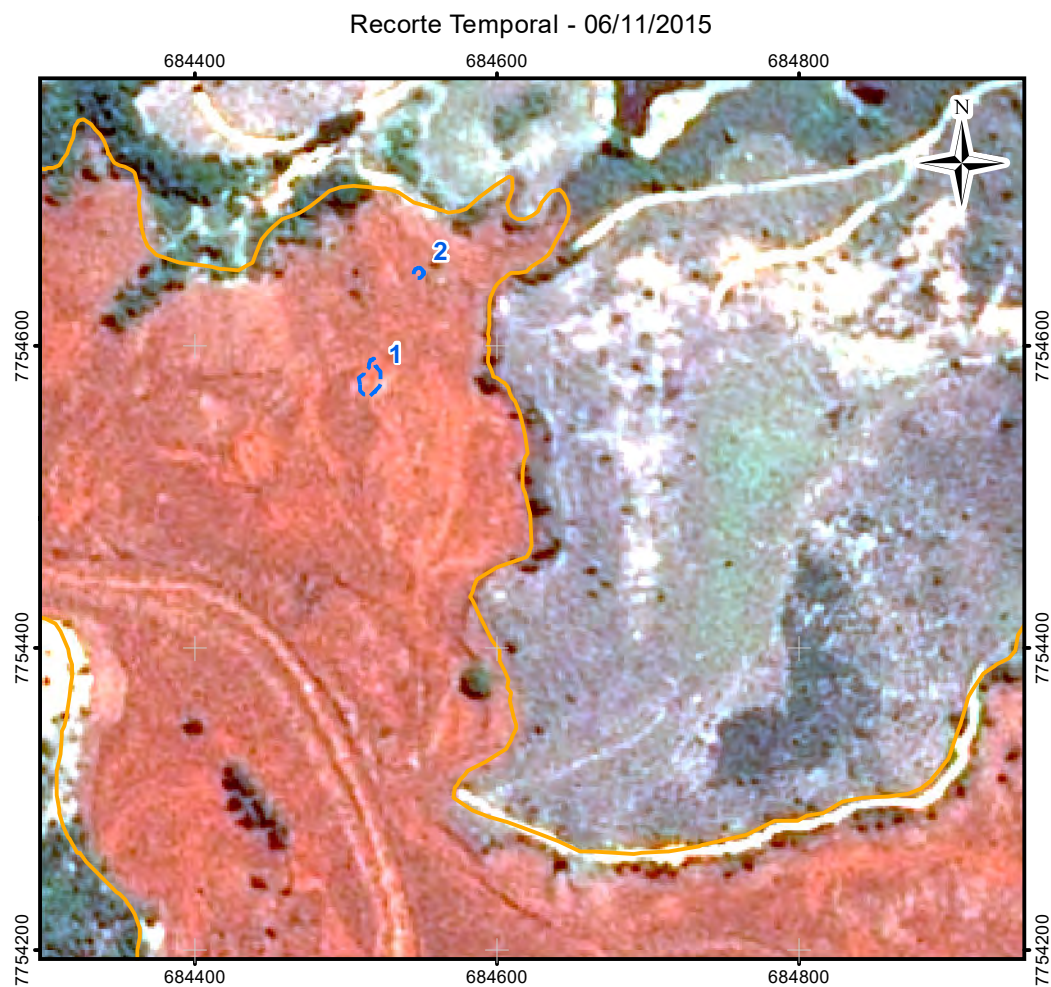
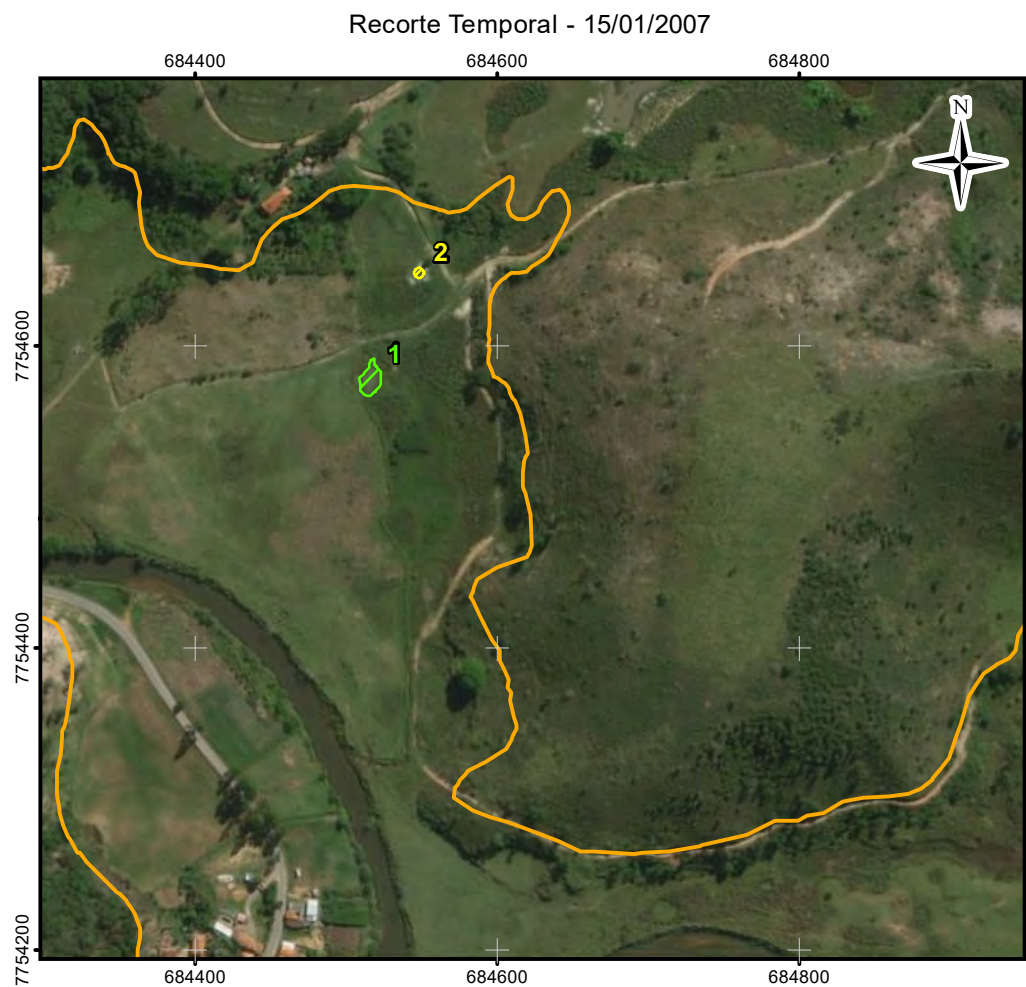
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 21 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM627-1





LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
  - Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015
  - Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
  - Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:  
0 25 50 100 150 200 250 m

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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

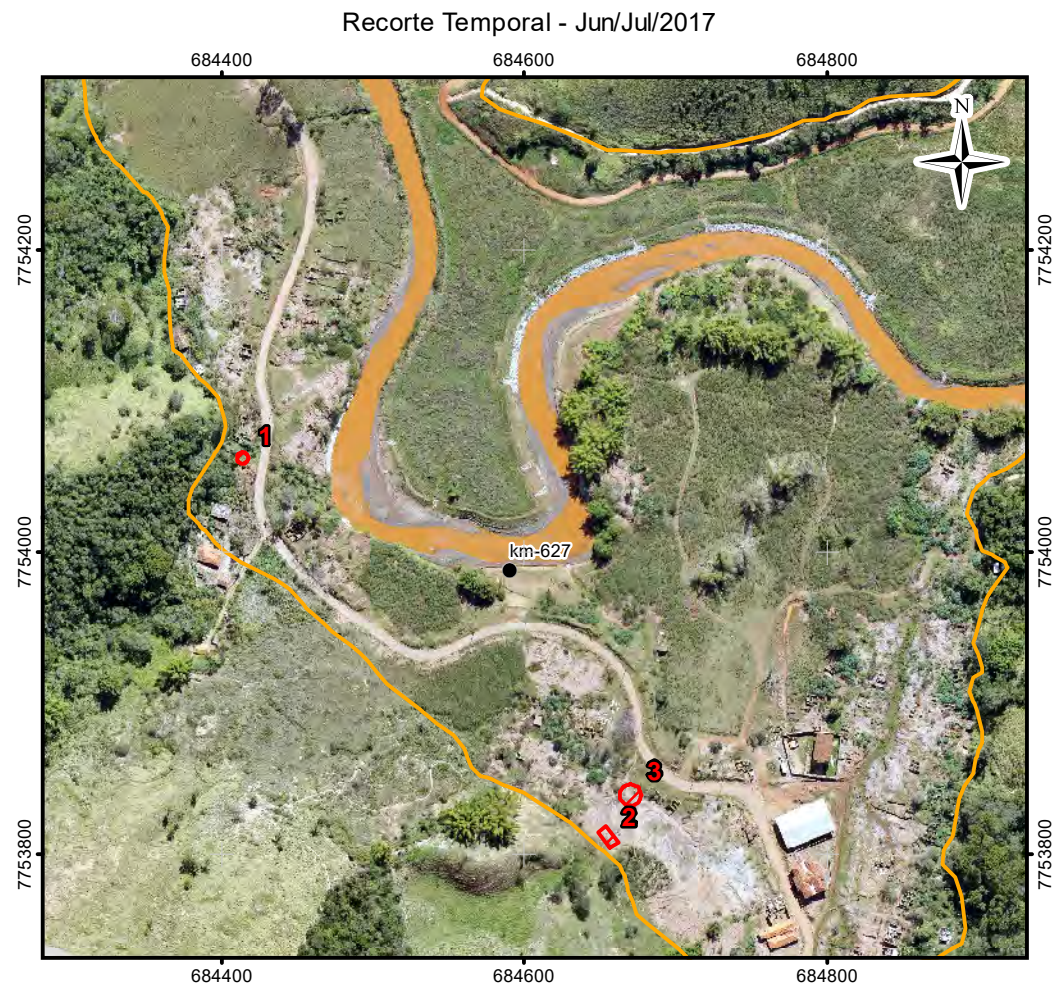
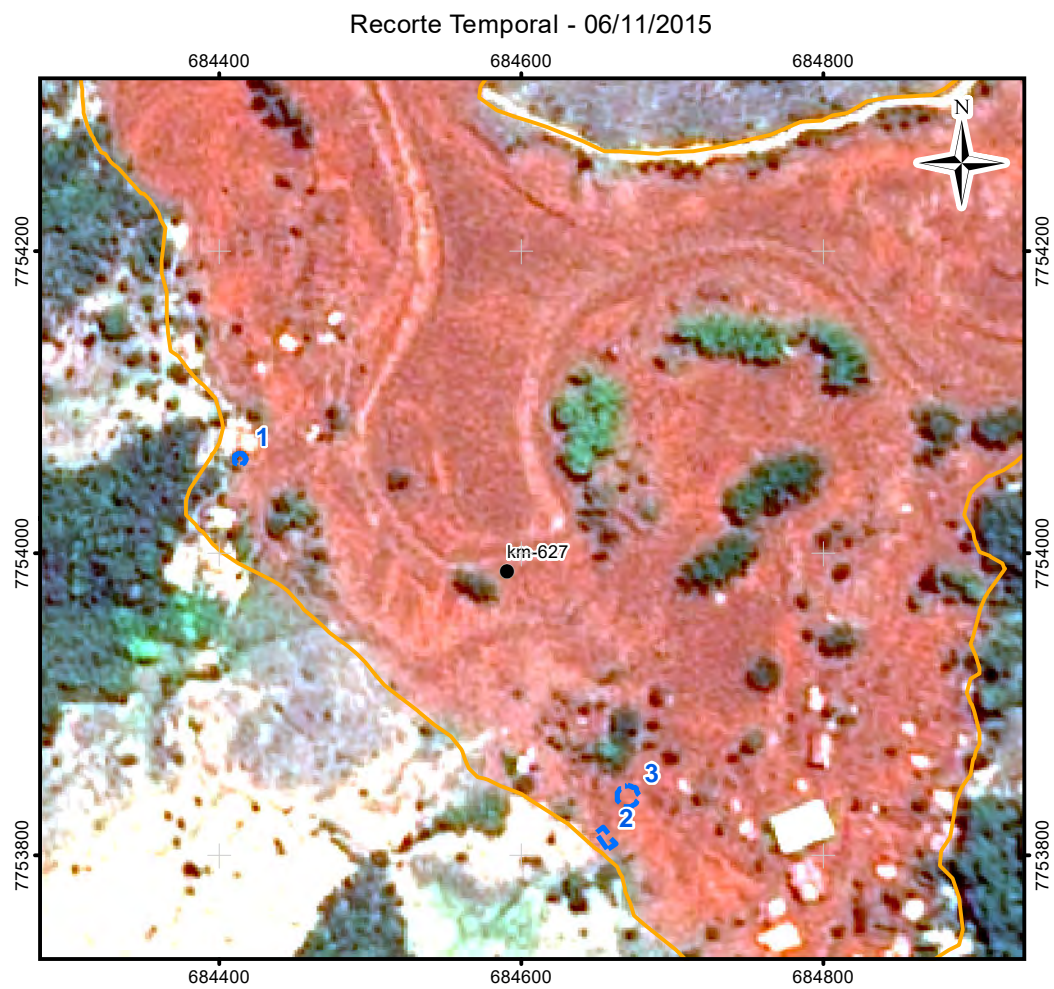
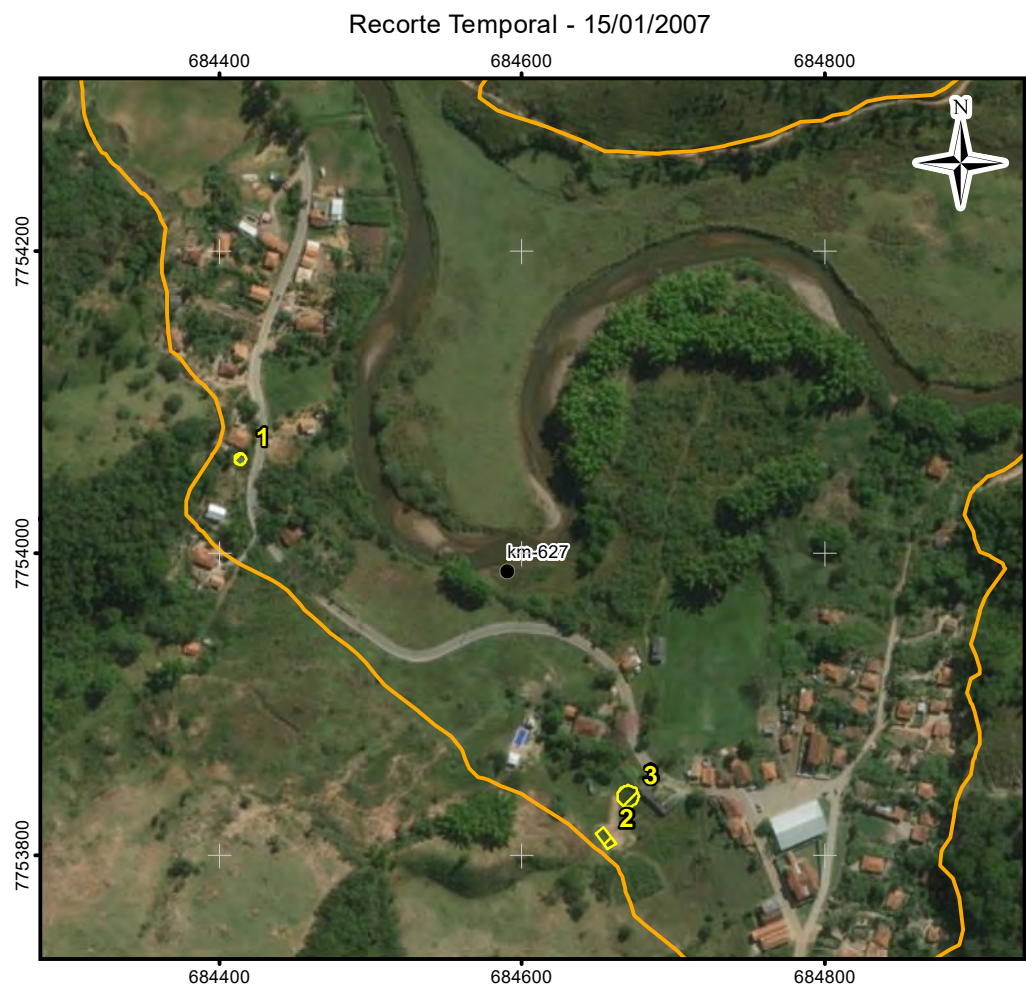
**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 22 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM627)

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

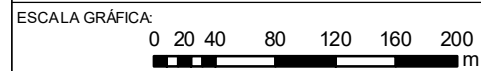
ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - ▭ Trecho 09
  - ▭ Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▭ Lagoa Marginal Conectada
  - ▭ Lagoa Marginal Isolada
  - ▭ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▭ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▭ Lagoa Marginal Conectada
  - ▭ Lagoa Marginal Isolada
  - ▭ Lagoa Marginal Soterrada



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

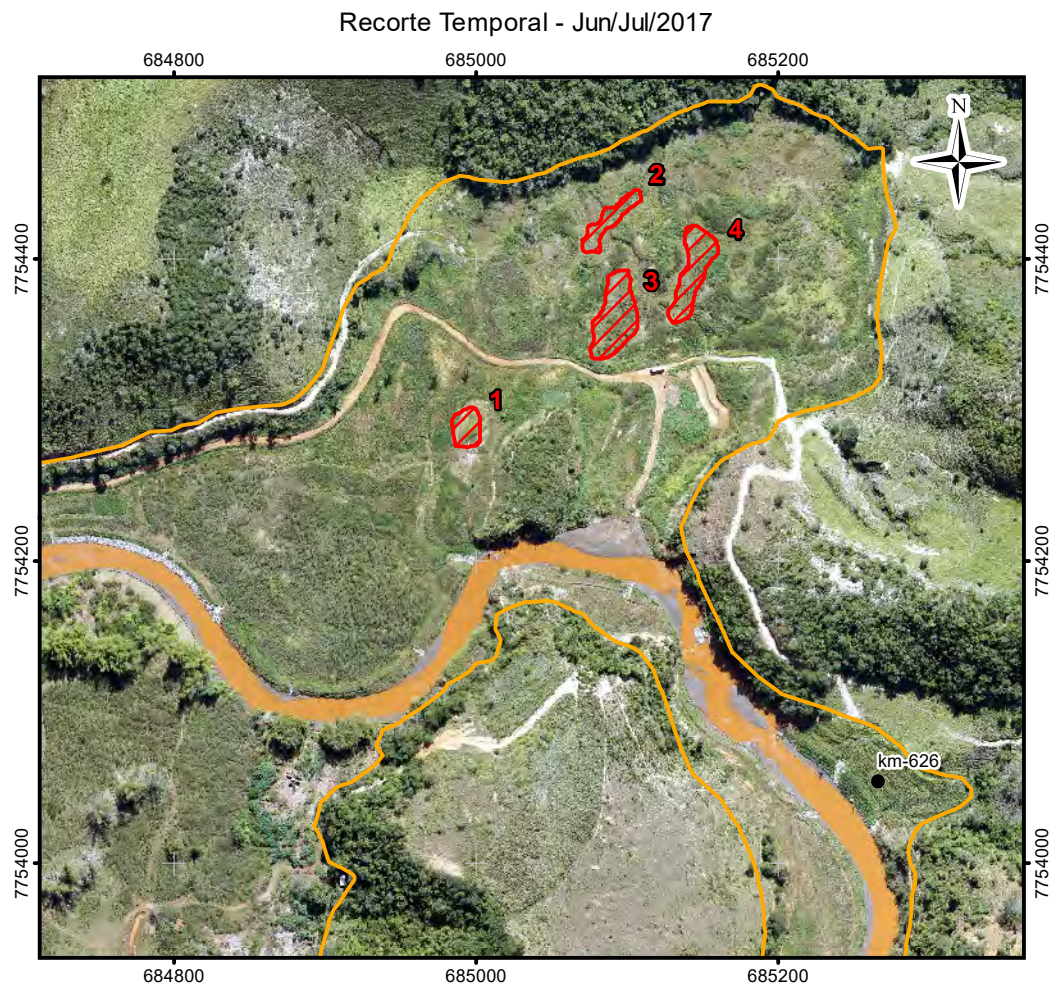
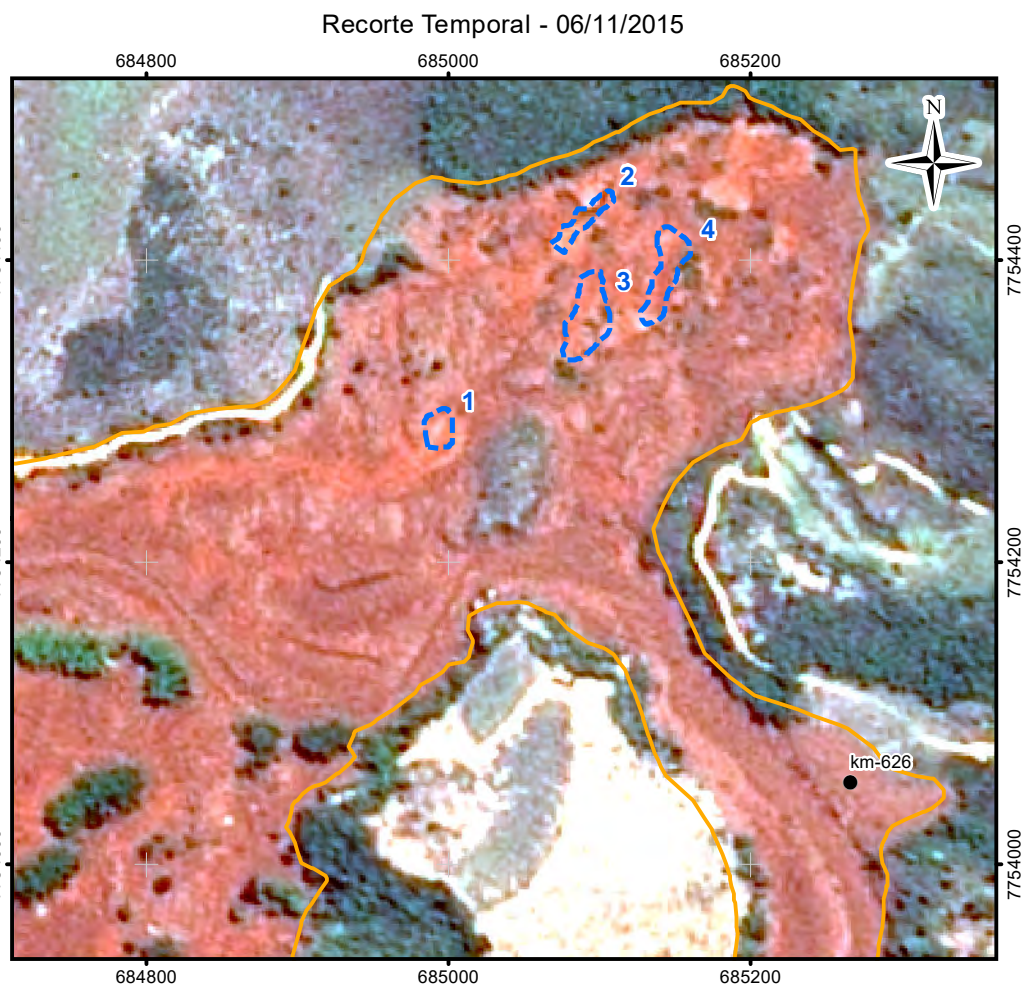
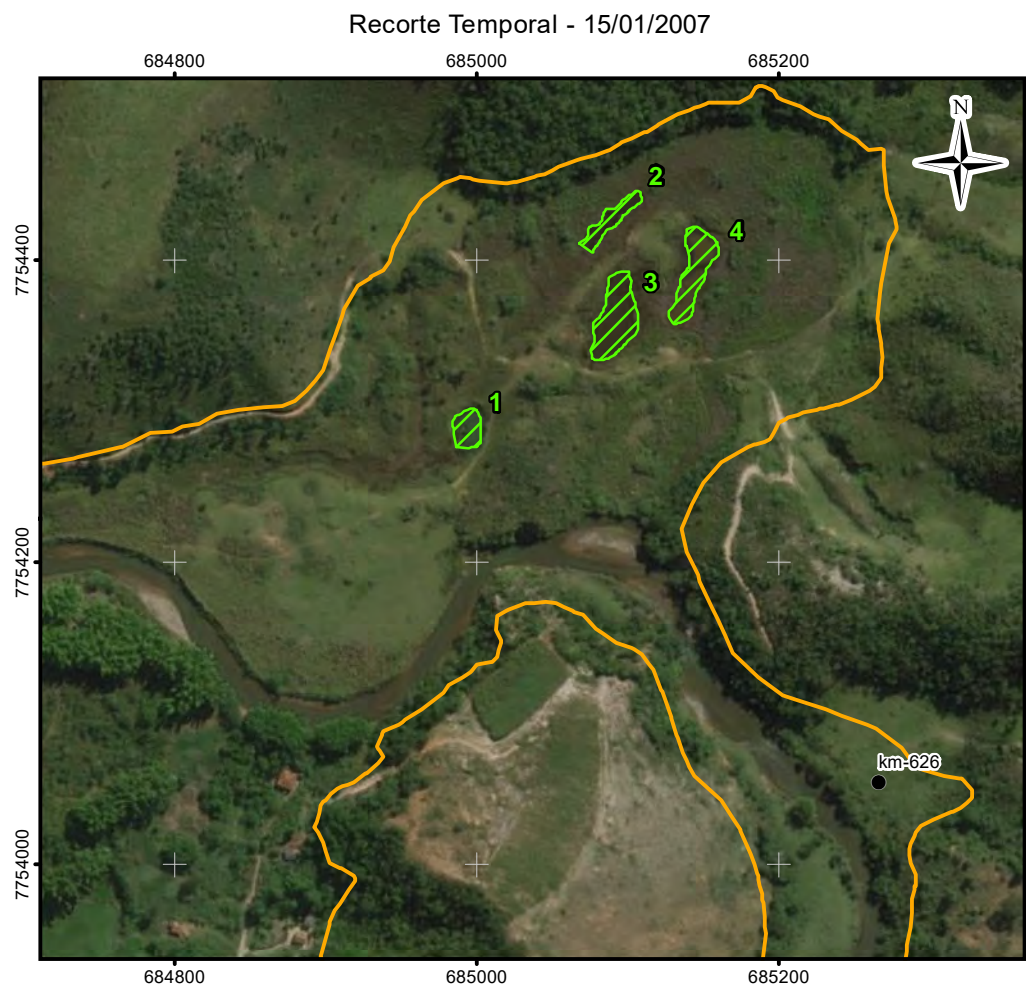
**JACOBS ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 23 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM626-1)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m.**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 24 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM626)

PROJETO:

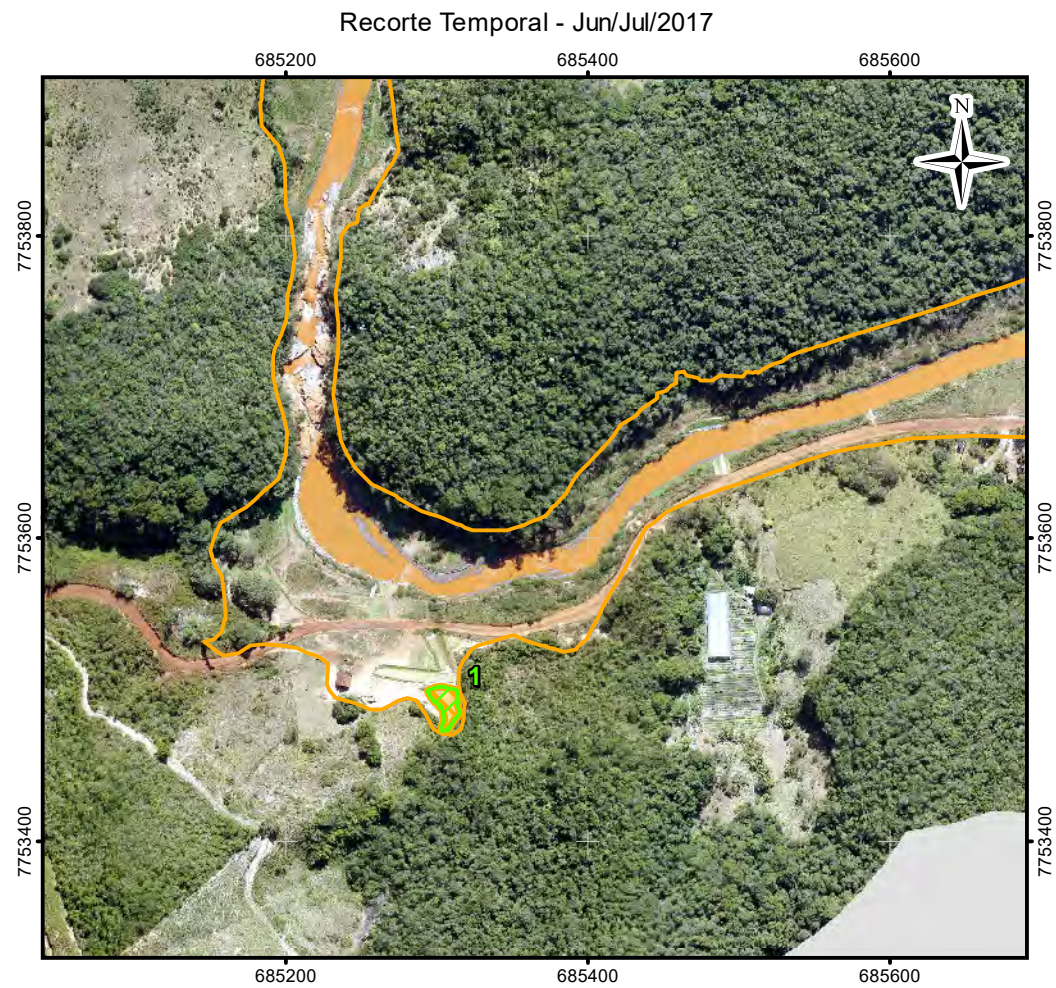
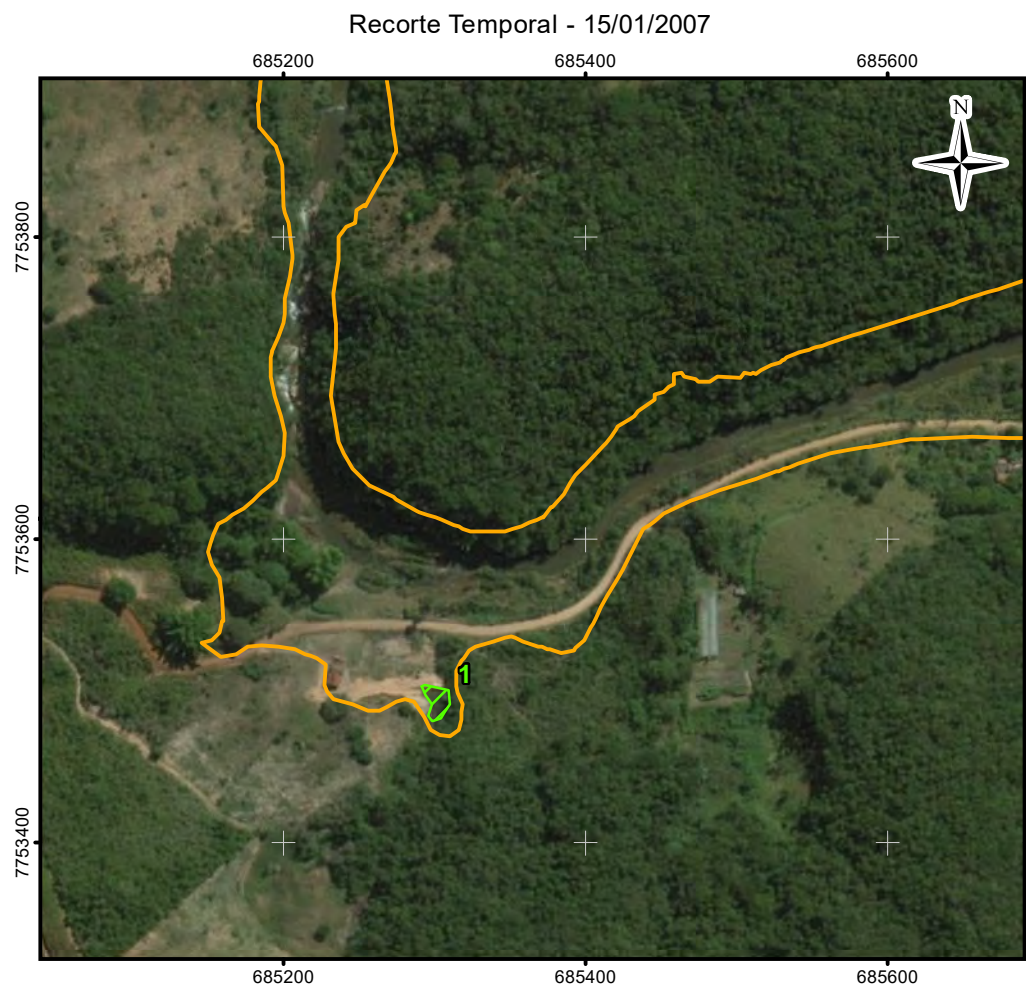
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	08/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 24 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM626





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada
- Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

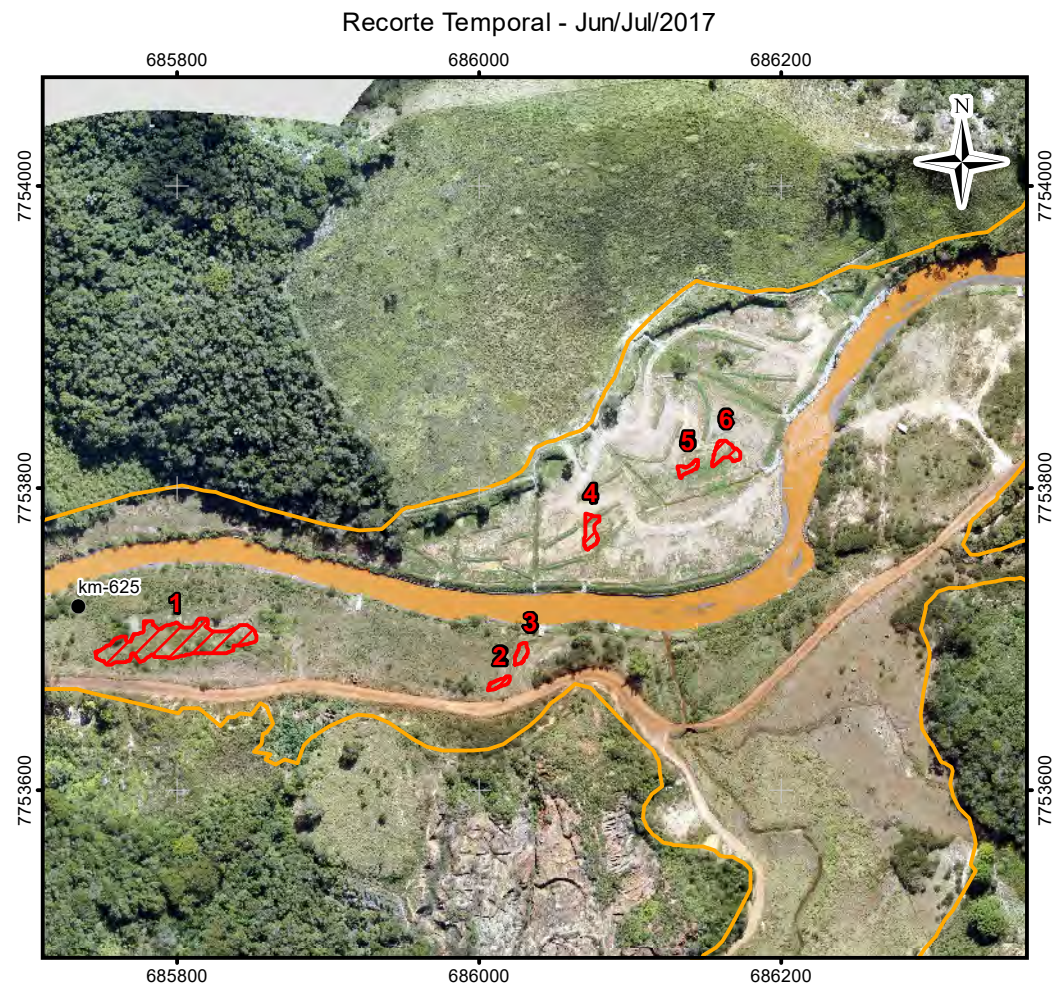
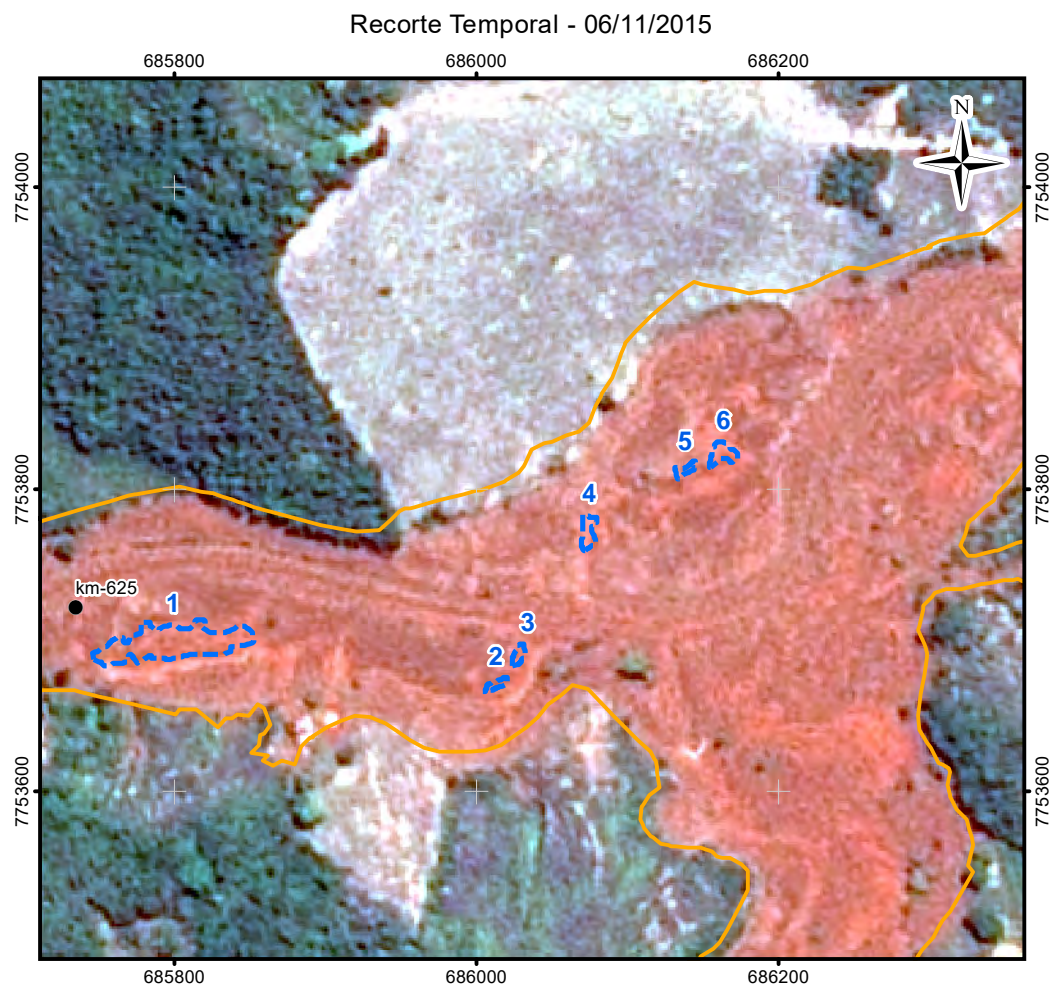
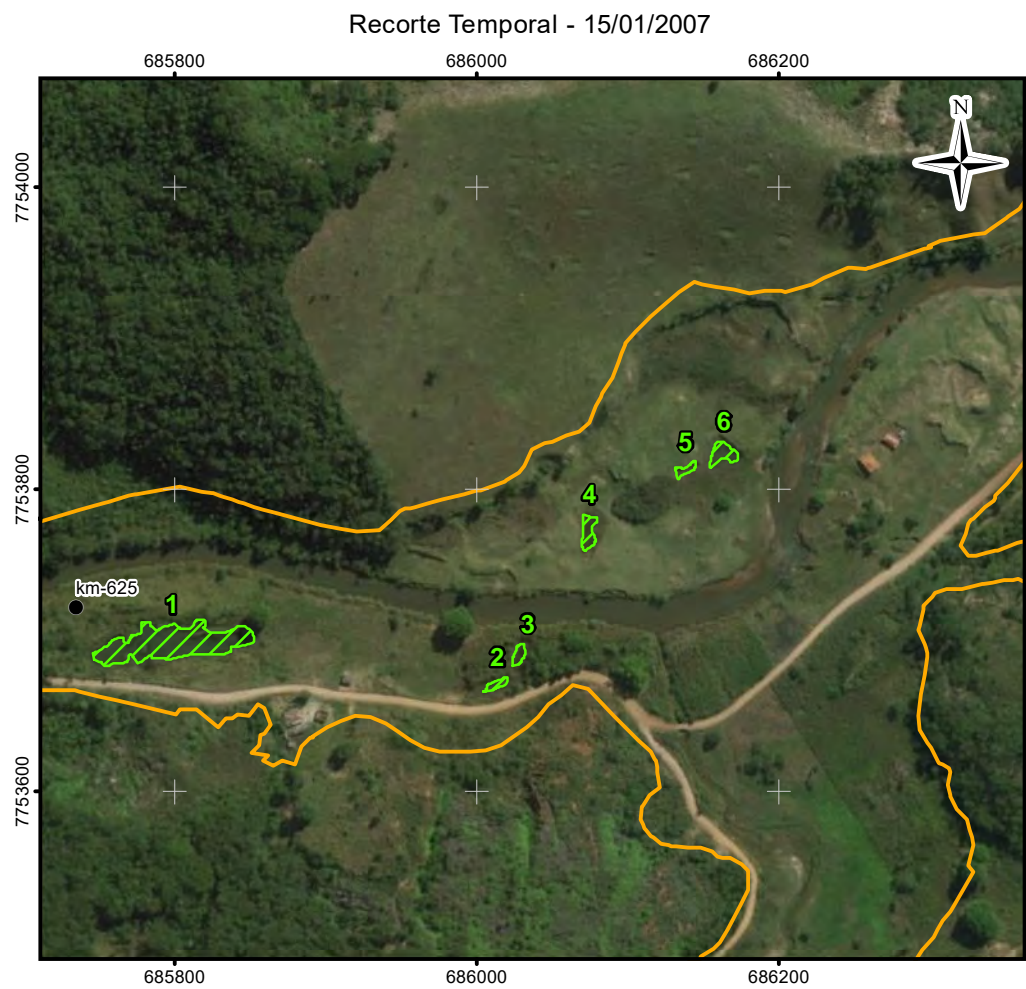
Figura 25 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM625)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

Figura 25 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM625





Mapa de Localização

LEGENDA:

Quilometragem (início na foz do Rio Doce)

Curso d'água

Trecho 09

Área Impactada Trecho 09

Imagem em 15/01/2007

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 06/11/2015

Identificação de Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

02550100150200250

m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

JACOBS

ch2m

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 26 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM624)

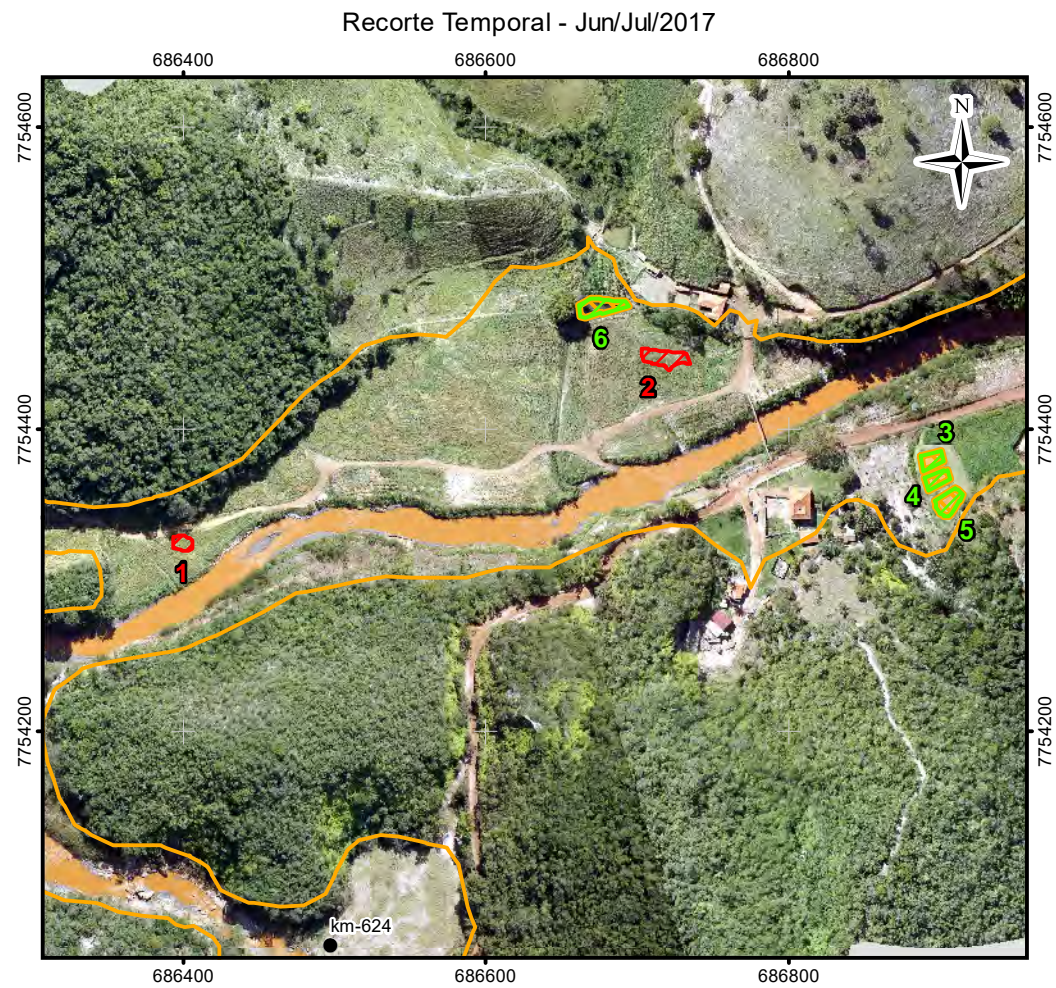
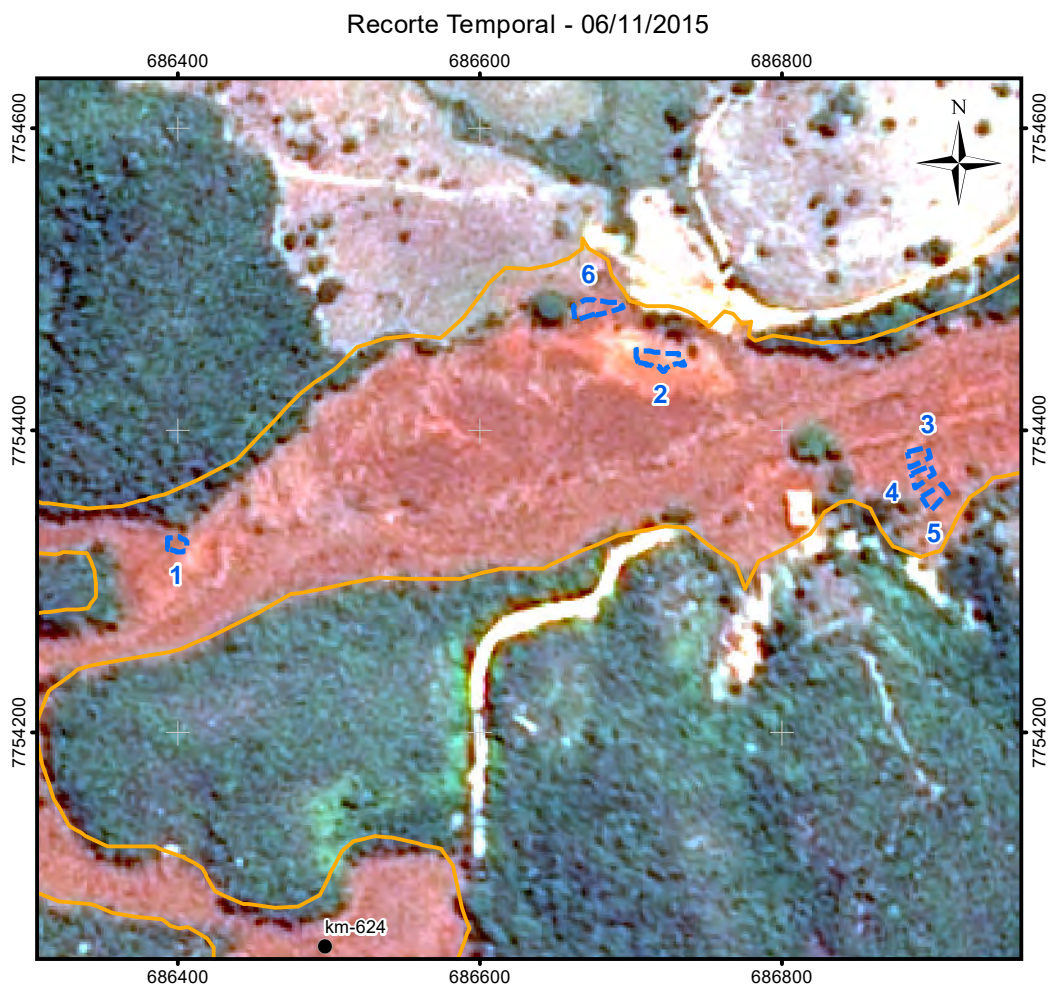
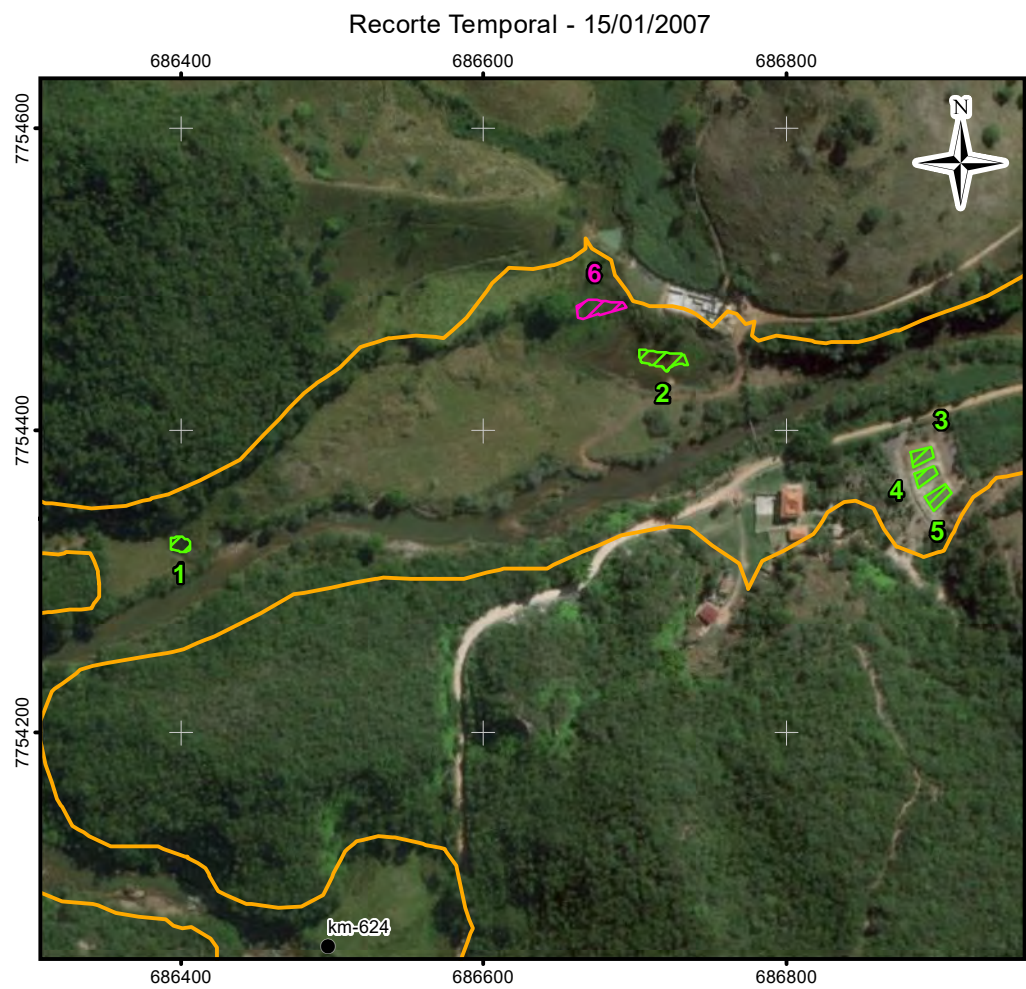
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

LEGENDA:

Quilometragem (início na foz do Rio Doce)

Curso d'água

Área Impactada Trecho 09

Trecho 09

Imagem em 15/01/2007

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Não existia

Imagem em 06/11/2015

Identificação de Lagoa Marginal

Imagem em Jun/Jul/2017

Lagoa Marginal Conectada

Lagoa Marginal Isolada

Lagoa Marginal Soterrada

Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0

25

50

100

150

200

250

m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

JACOBS

ch2m

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 27 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM623)

PROJETO:

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

ESCALA:

1:5.000

DATA:

05/03/2018

PROJ.:

RM

VERIF.:

EL

APROV.:

MB

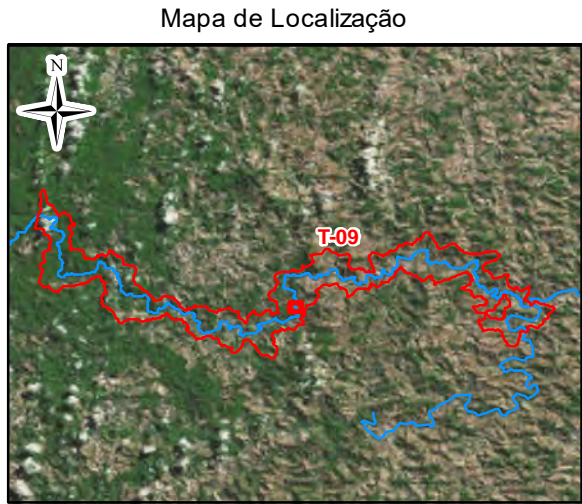
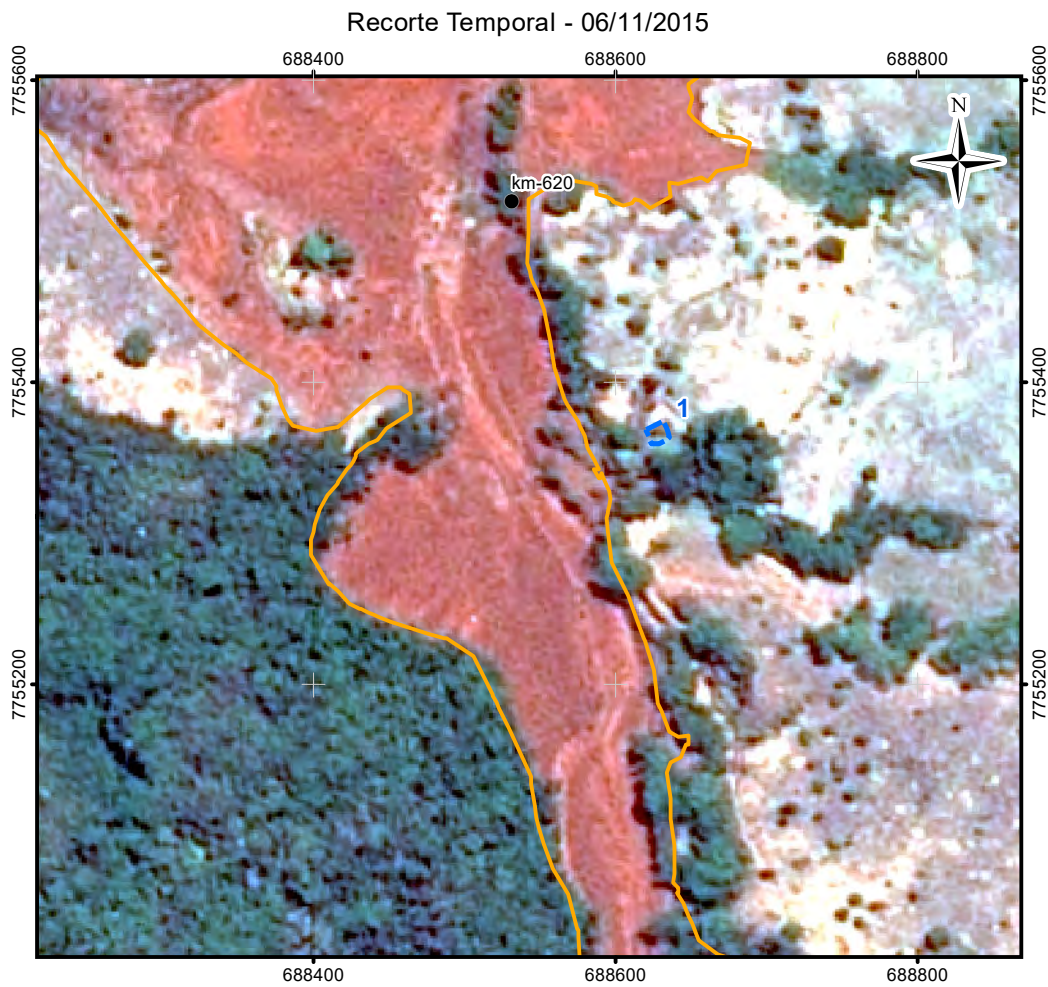
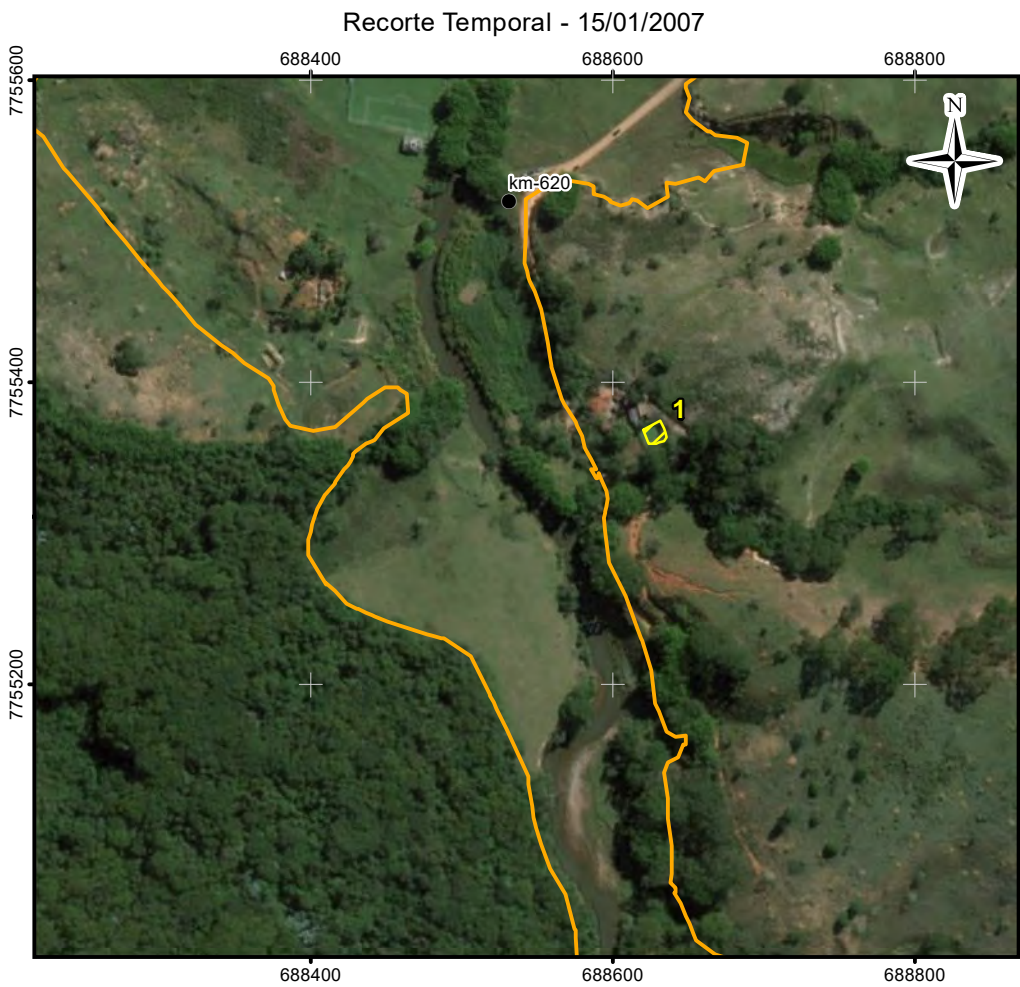
REV.:

RA0

Figura 27 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM623

FORMATO A3: 420mm X297mm





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▨ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Soterrada



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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

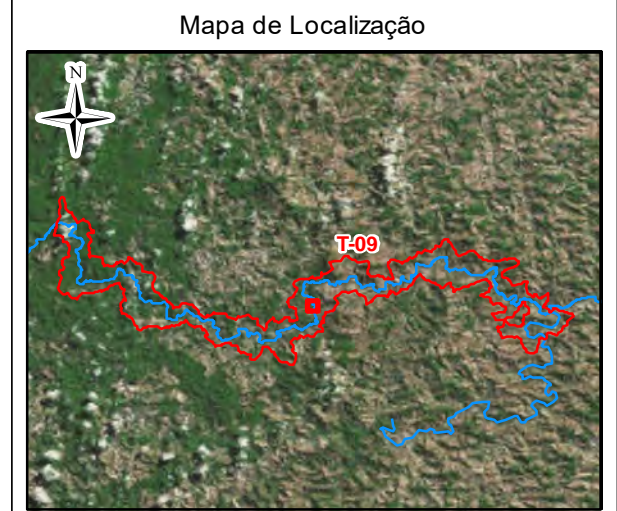
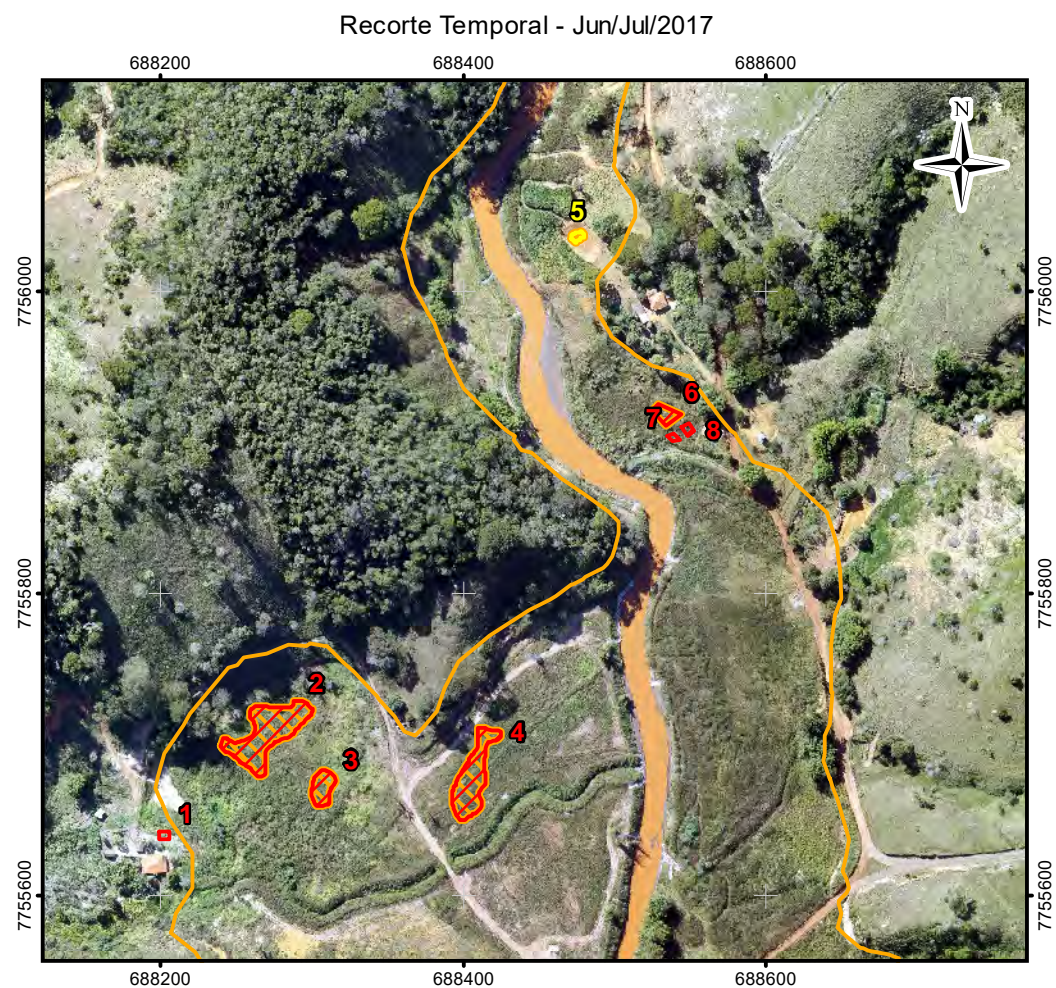
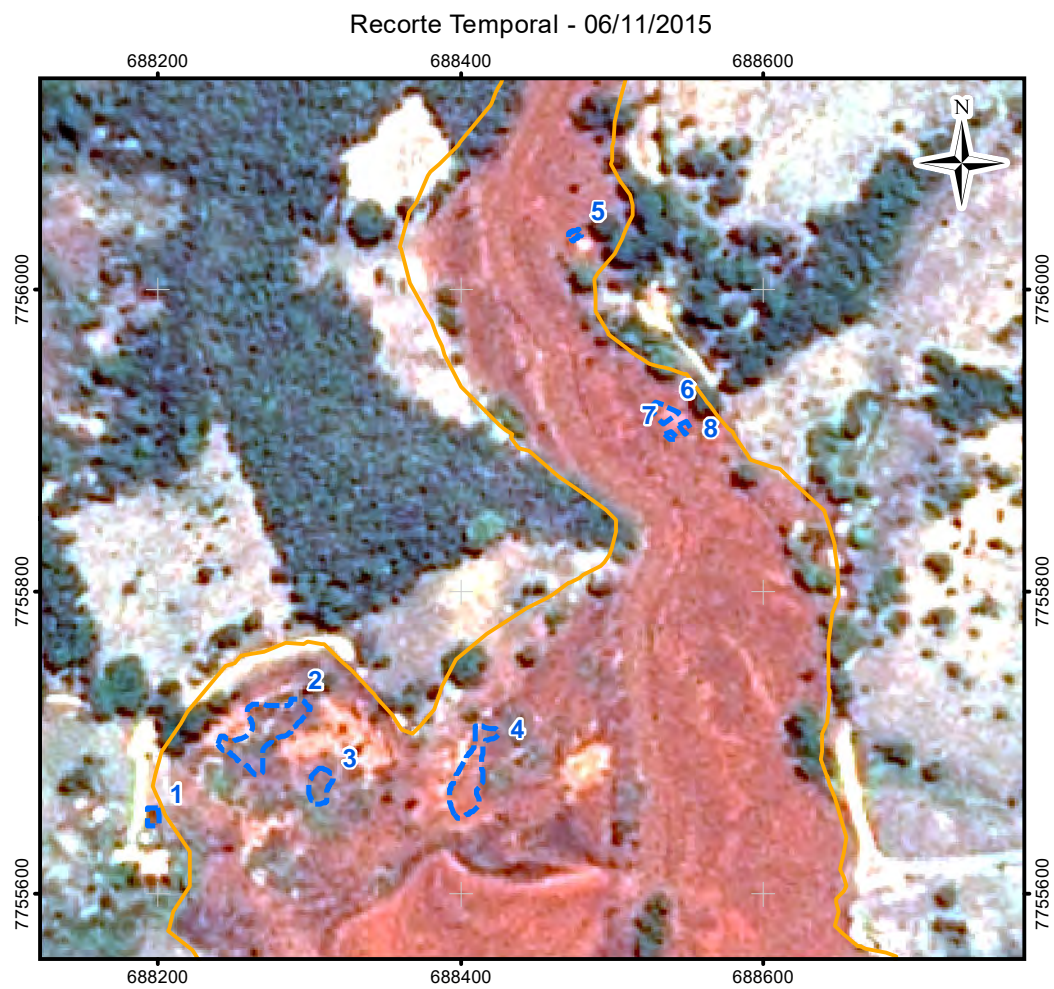
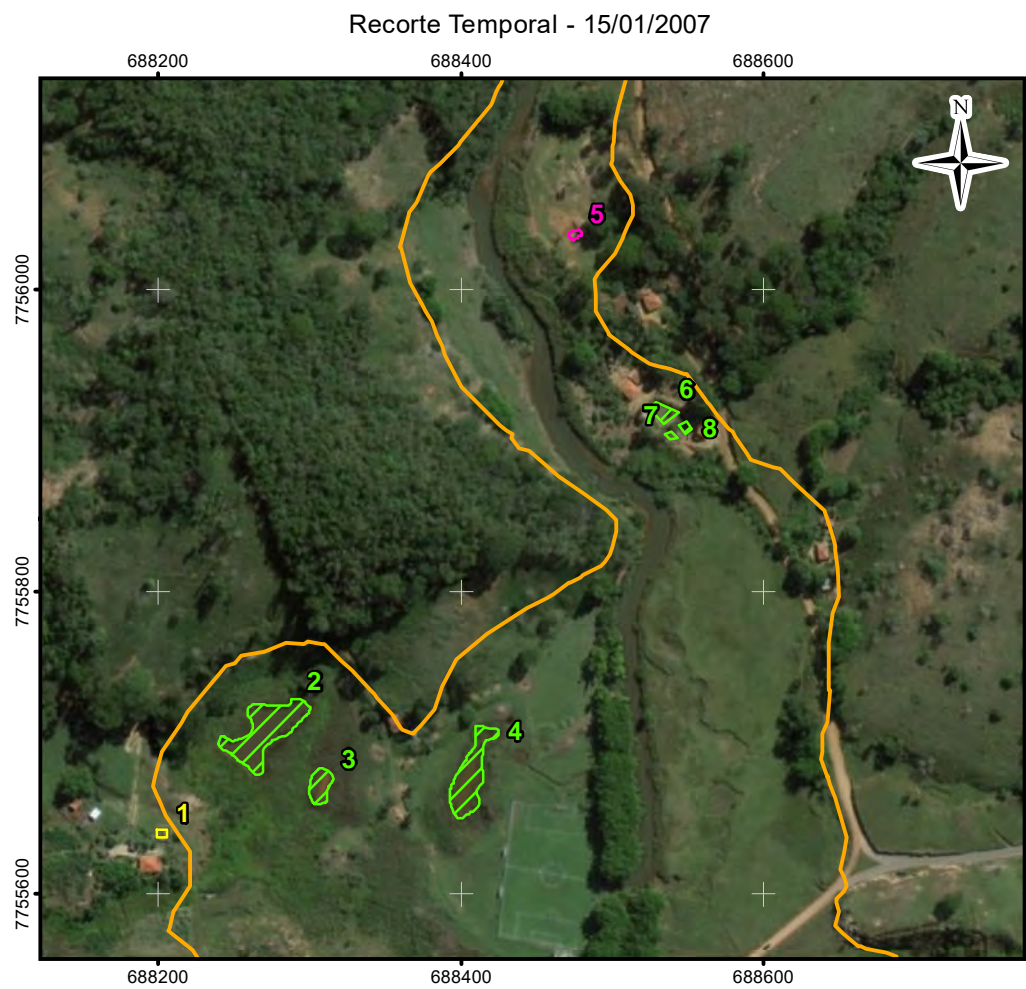
**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 28 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM620)

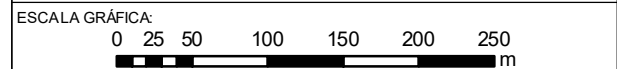
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo  
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





- LEGENDA:
- Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
  - Viveiro de peixe



NOTAS:

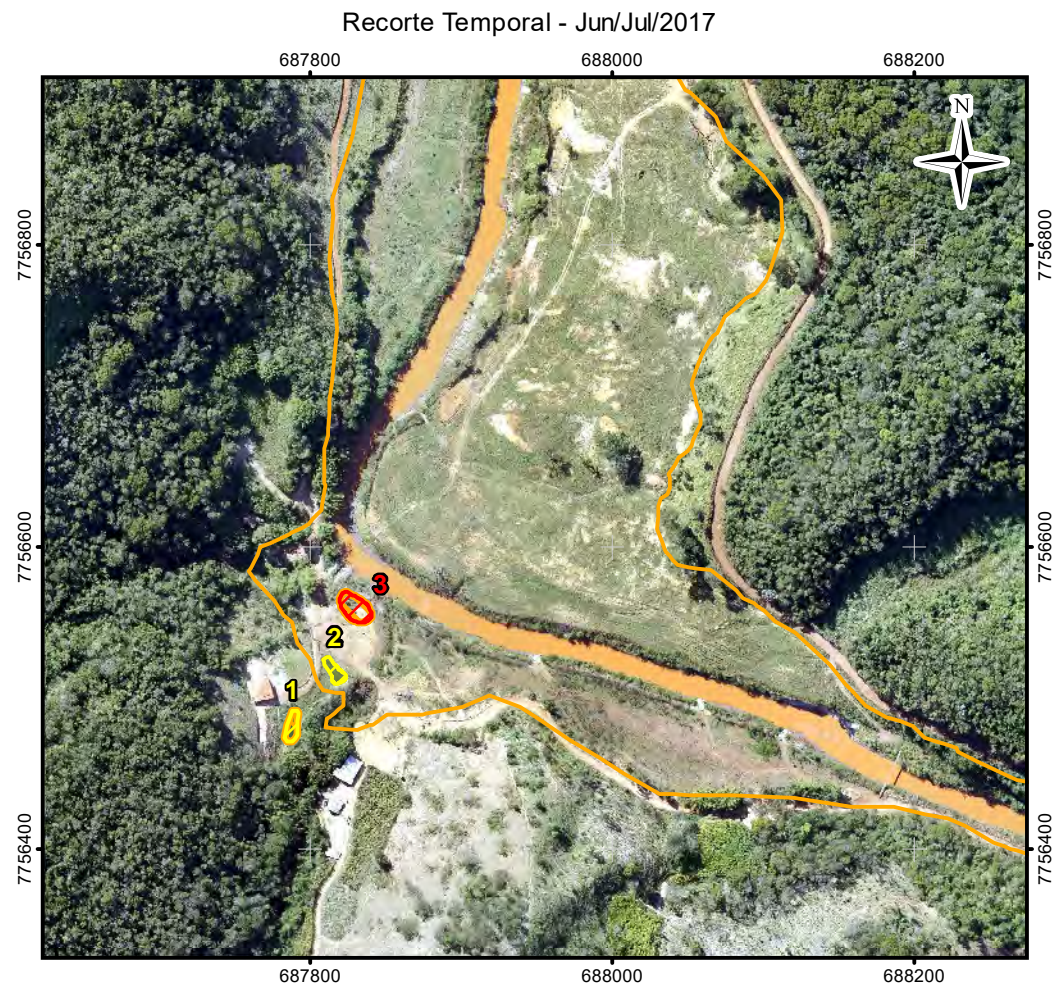
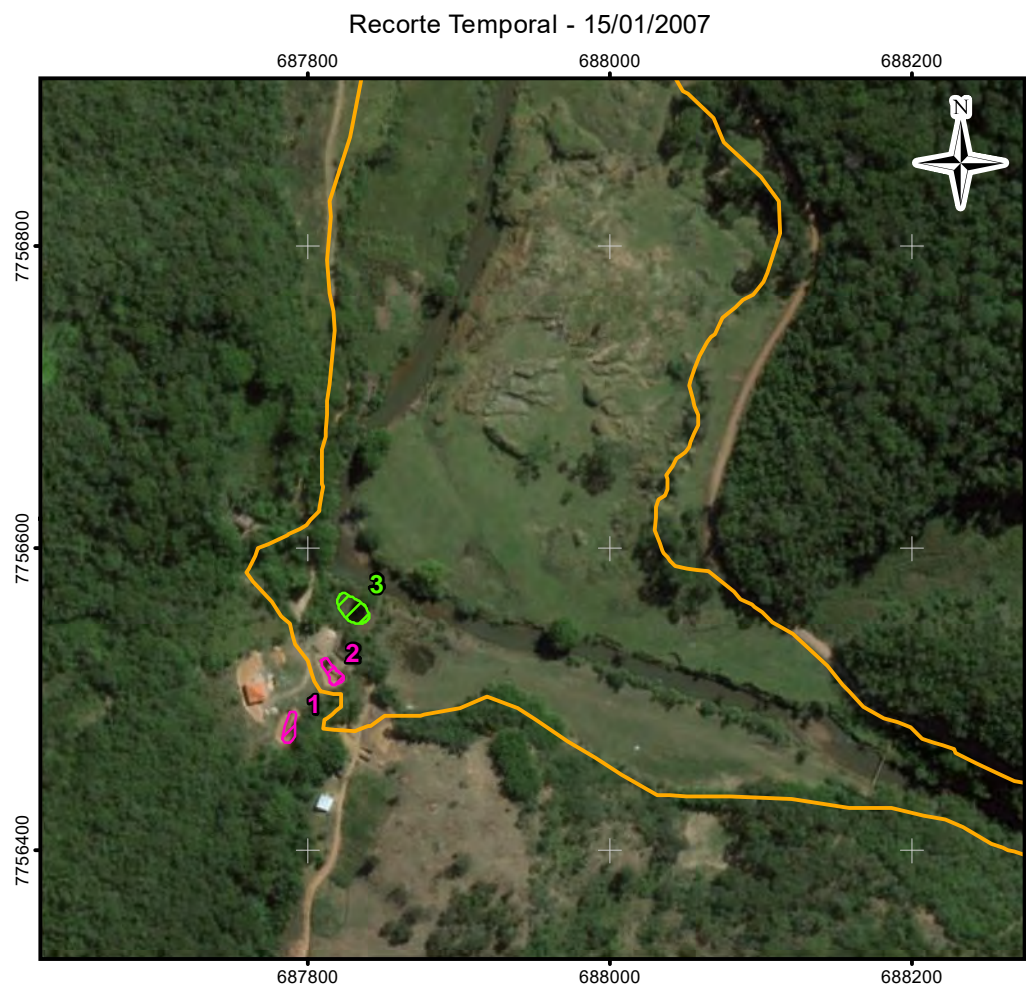
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

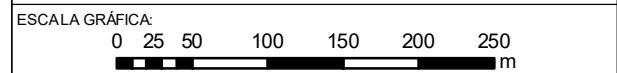
<b>JACOBS ch2m</b>					
TÍTULO: Anexo X Figura 29 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM619)					
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9					
ESCALA: 1:5.000	DATA: 05/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
  - Viveiro de peixe



NOTAS:

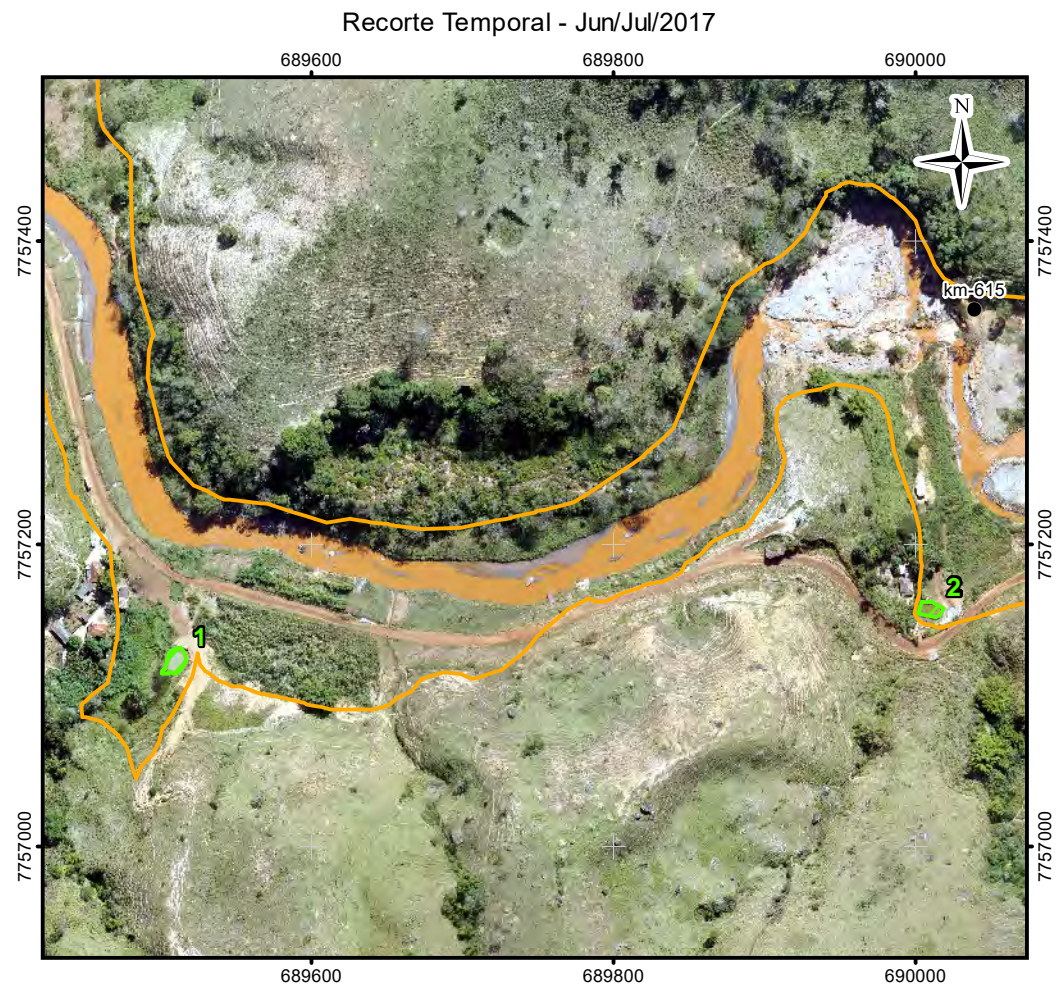
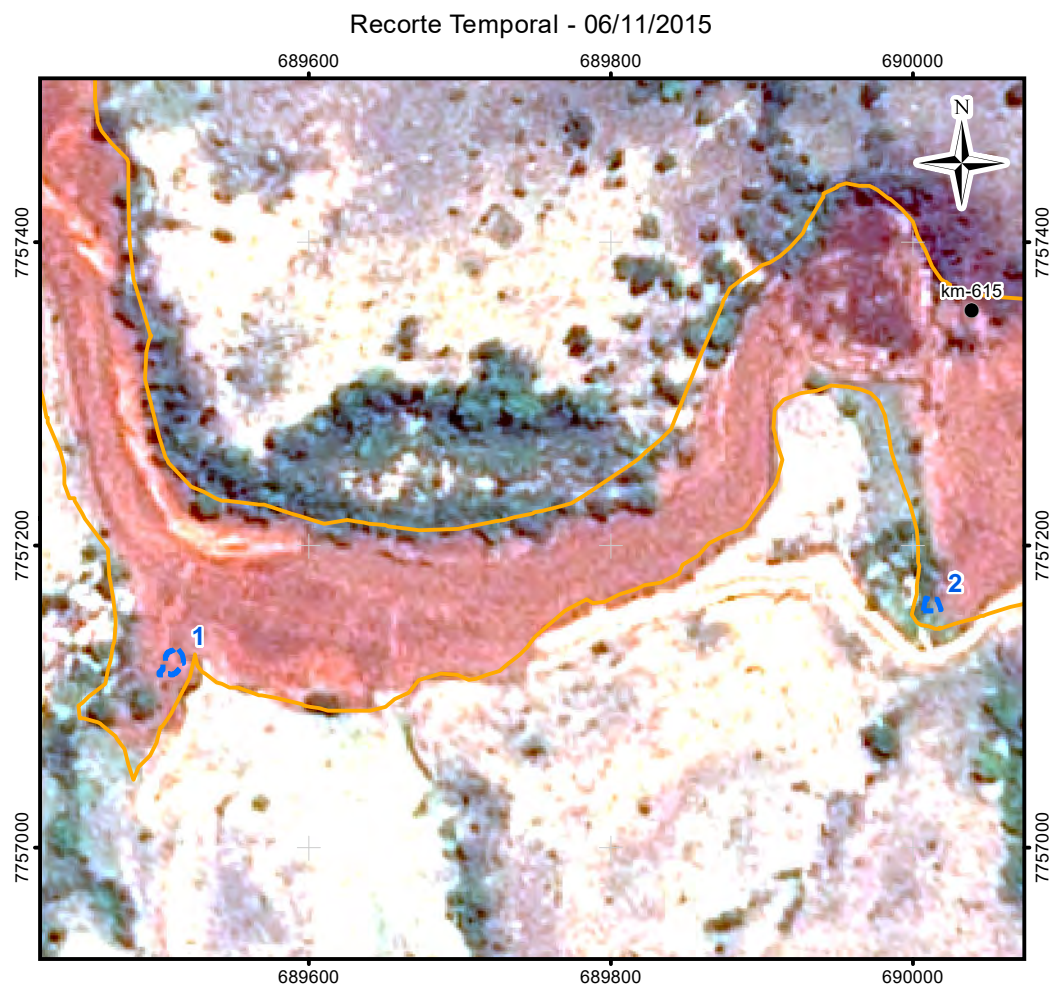
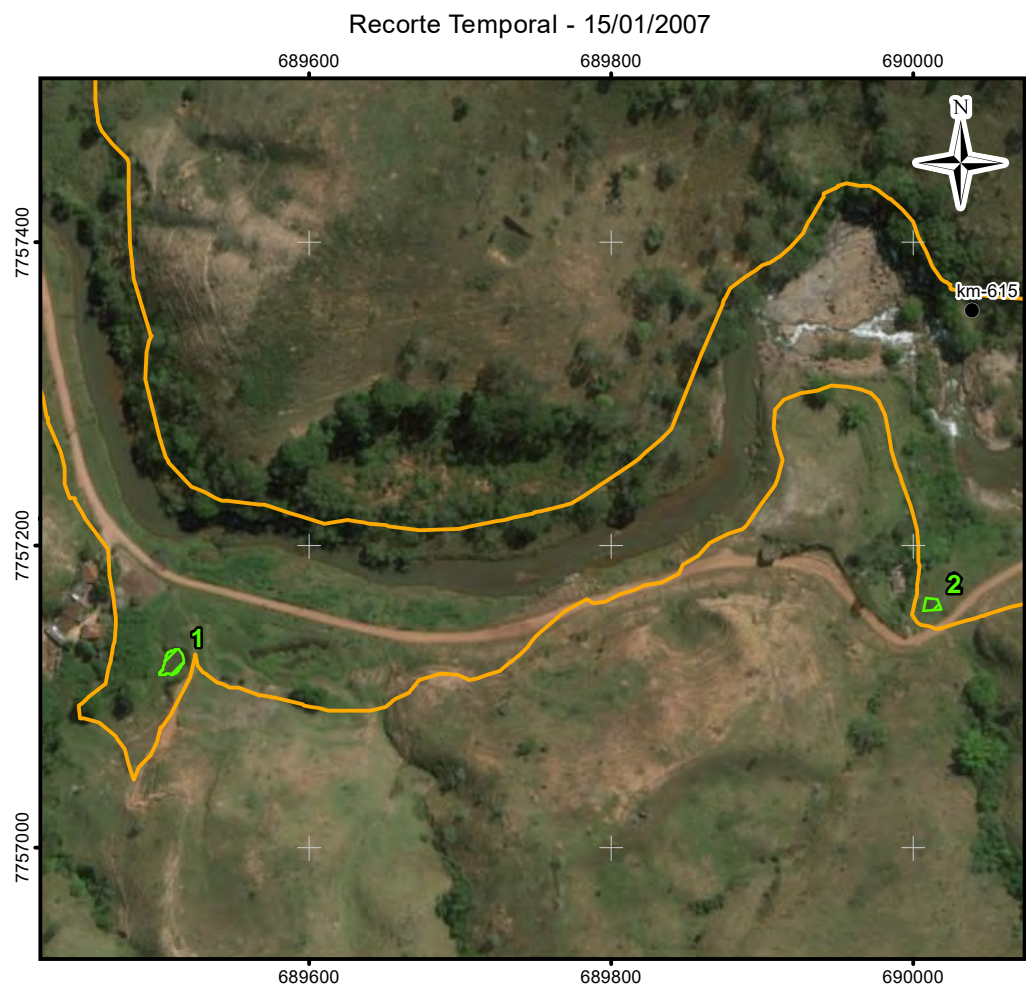
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

<b>JACOBS</b> <b>ch2m</b>					
TÍTULO: Anexo X Figura 30 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM618)					
PROJETO: Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9					
ESCALA: 1:5.000	DATA: 05/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: RA0





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:  
0 25 50 100 150 200 250  
m

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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

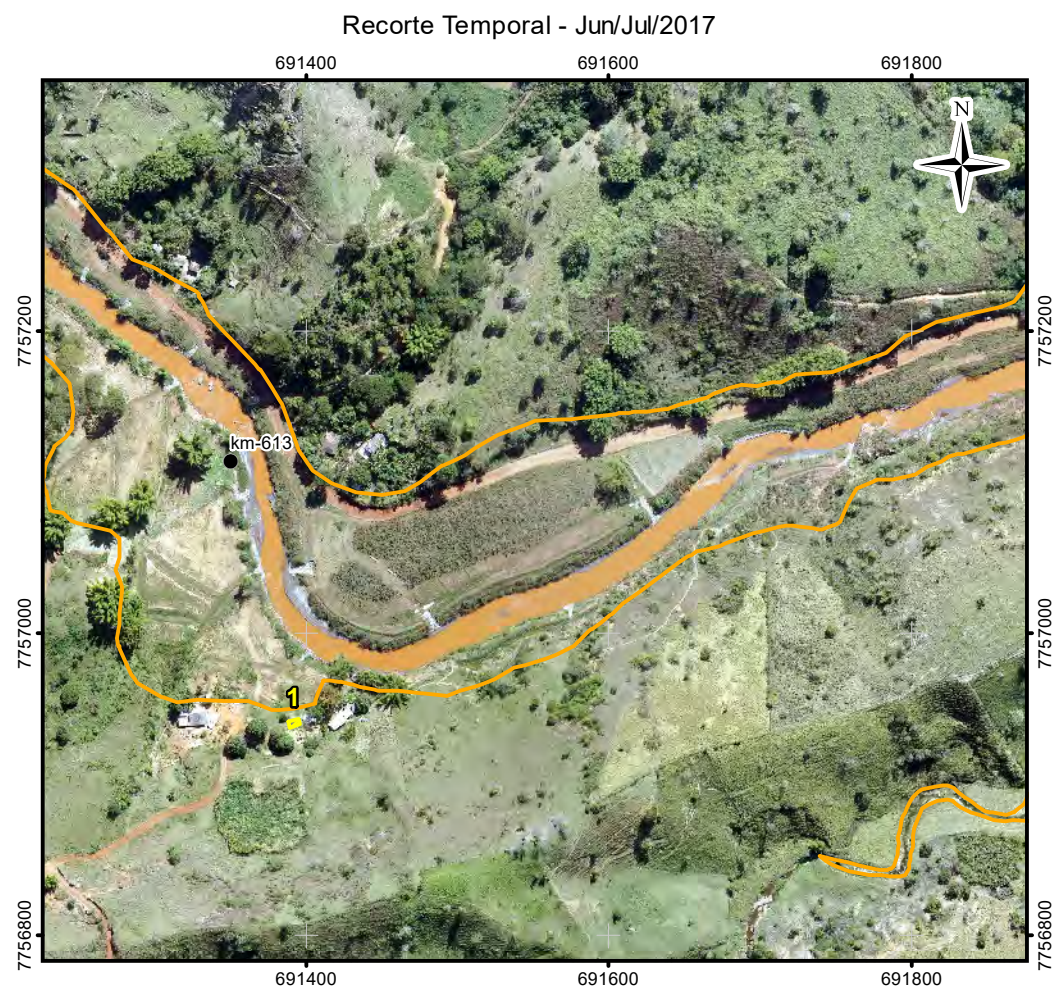
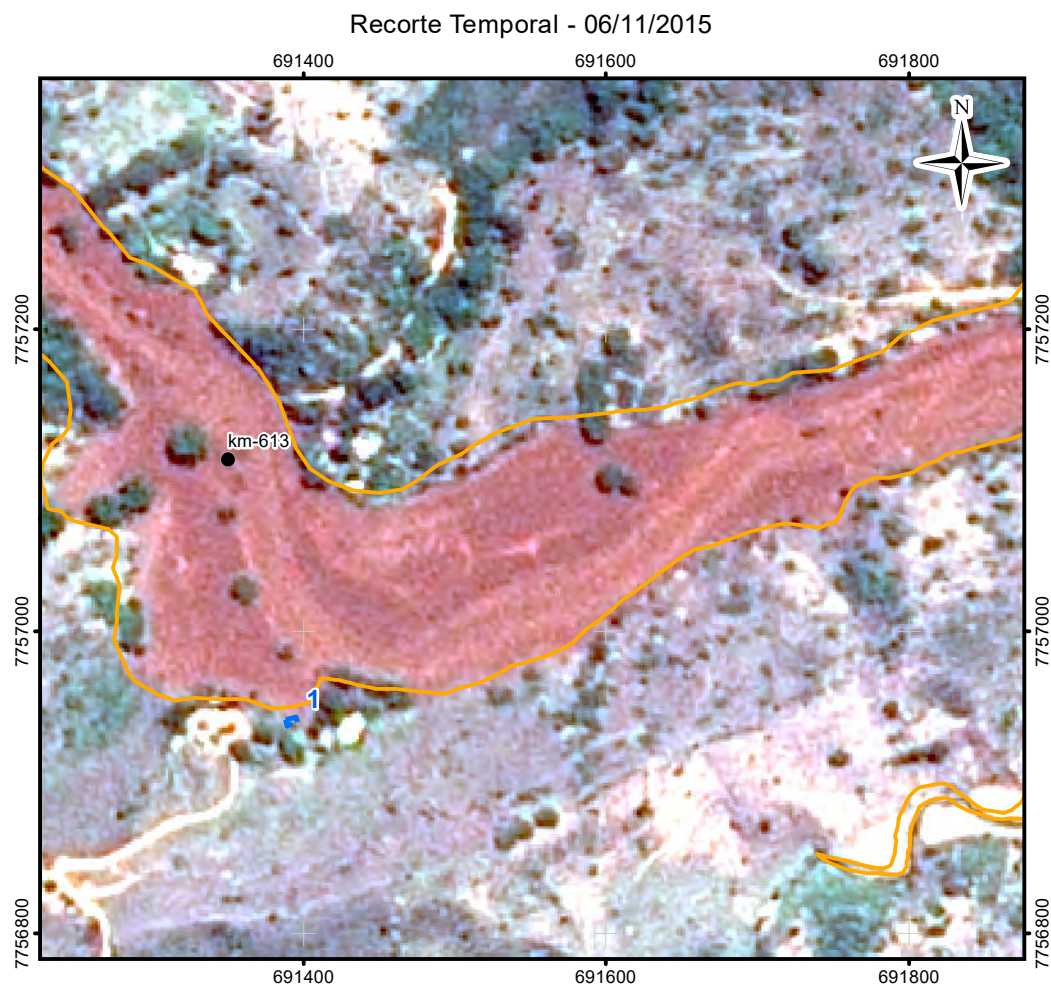
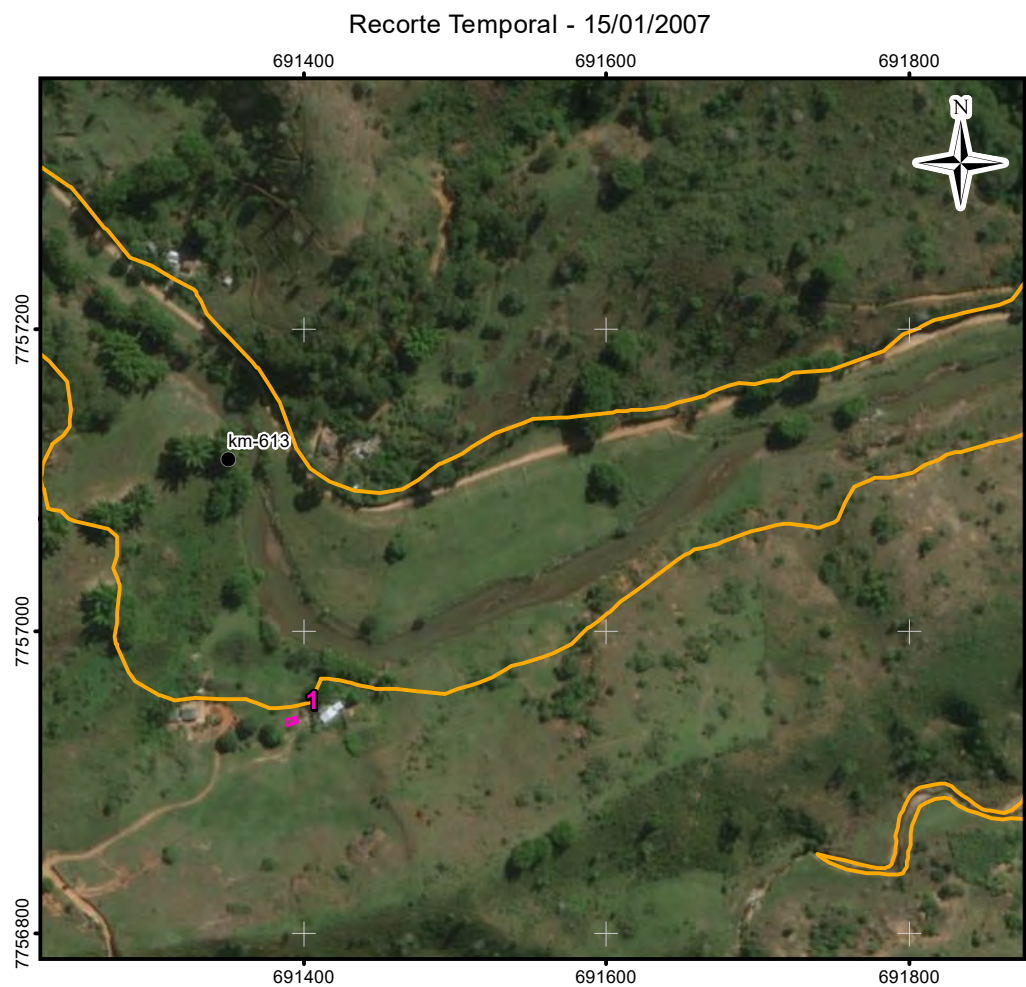
TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 31 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM615)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

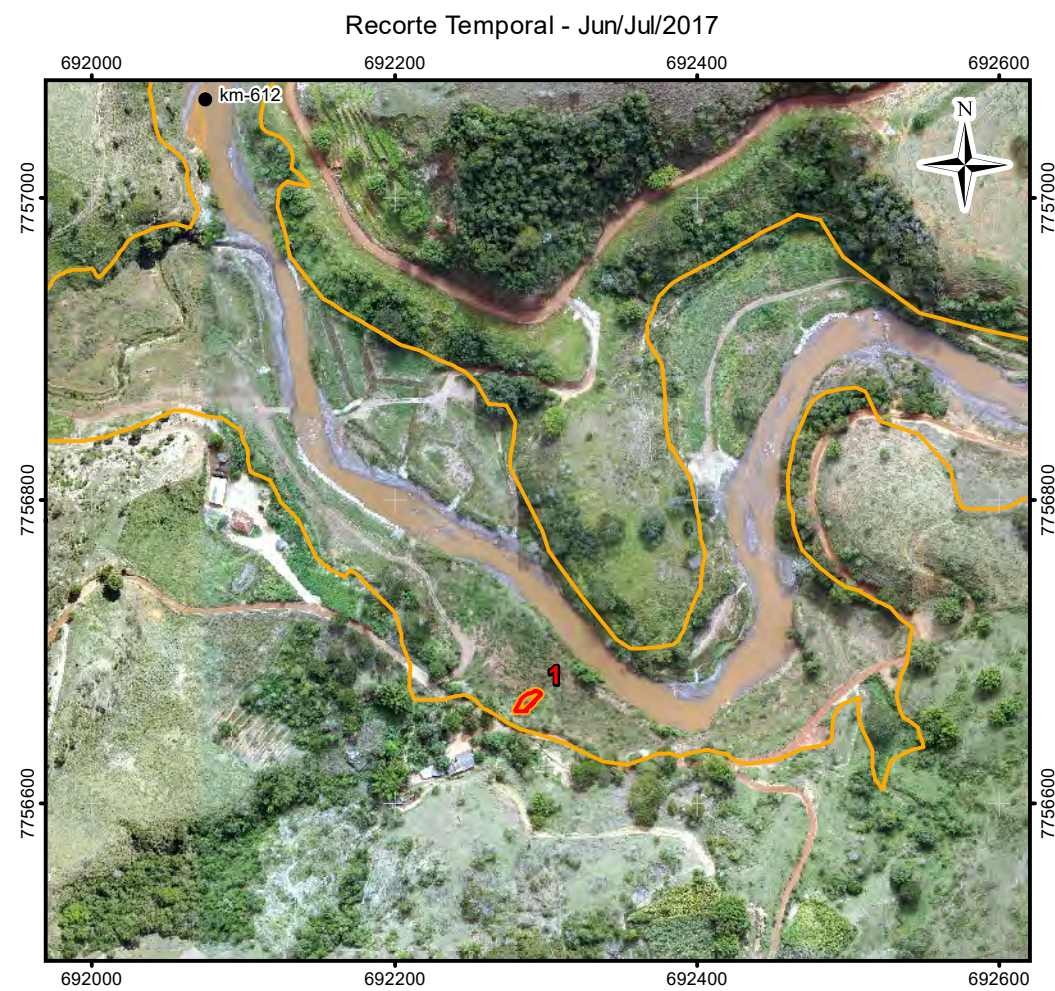
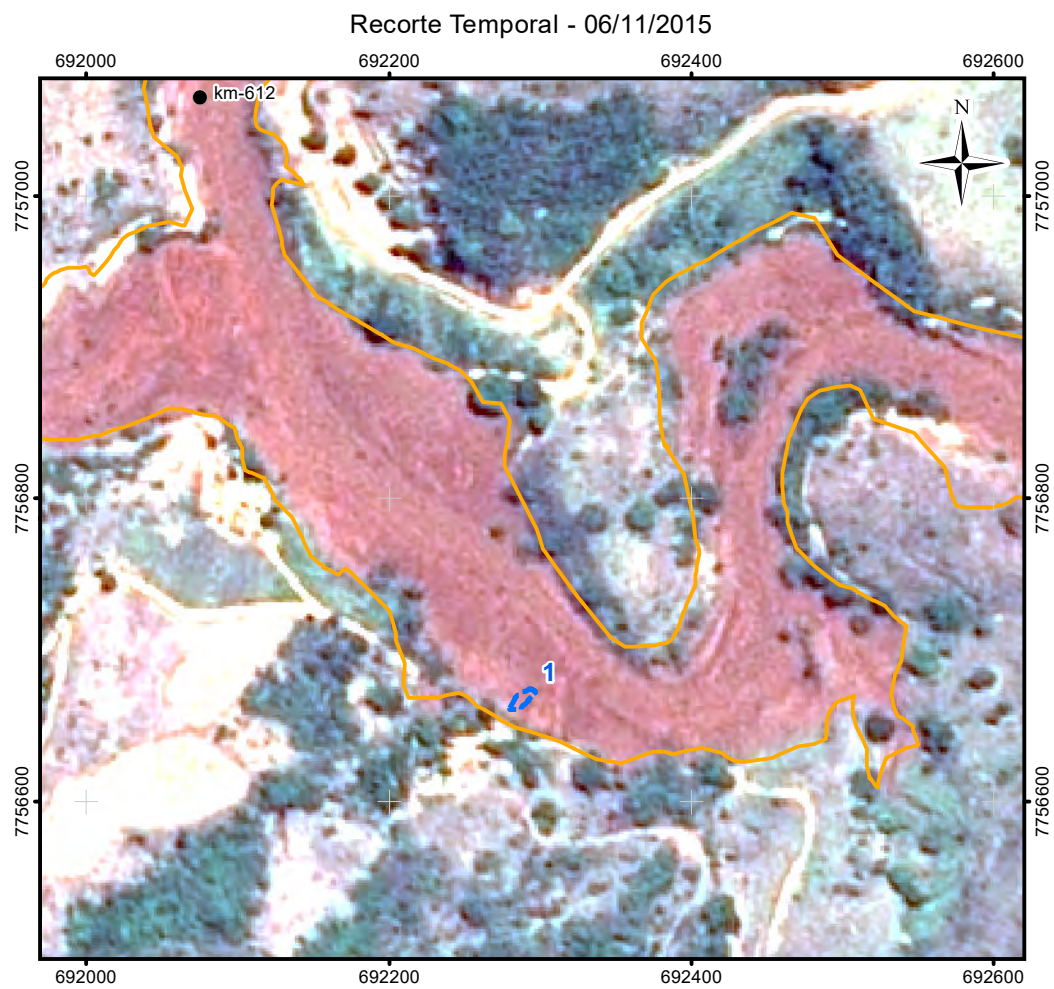
Figura 32 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM612)

PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- ▭ Lagoa Marginal Conectada
- ▭ Lagoa Marginal Isolada
- ▭ Lagoa Marginal Soterrada
- ▭ Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 33 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM611)

PROJETO:

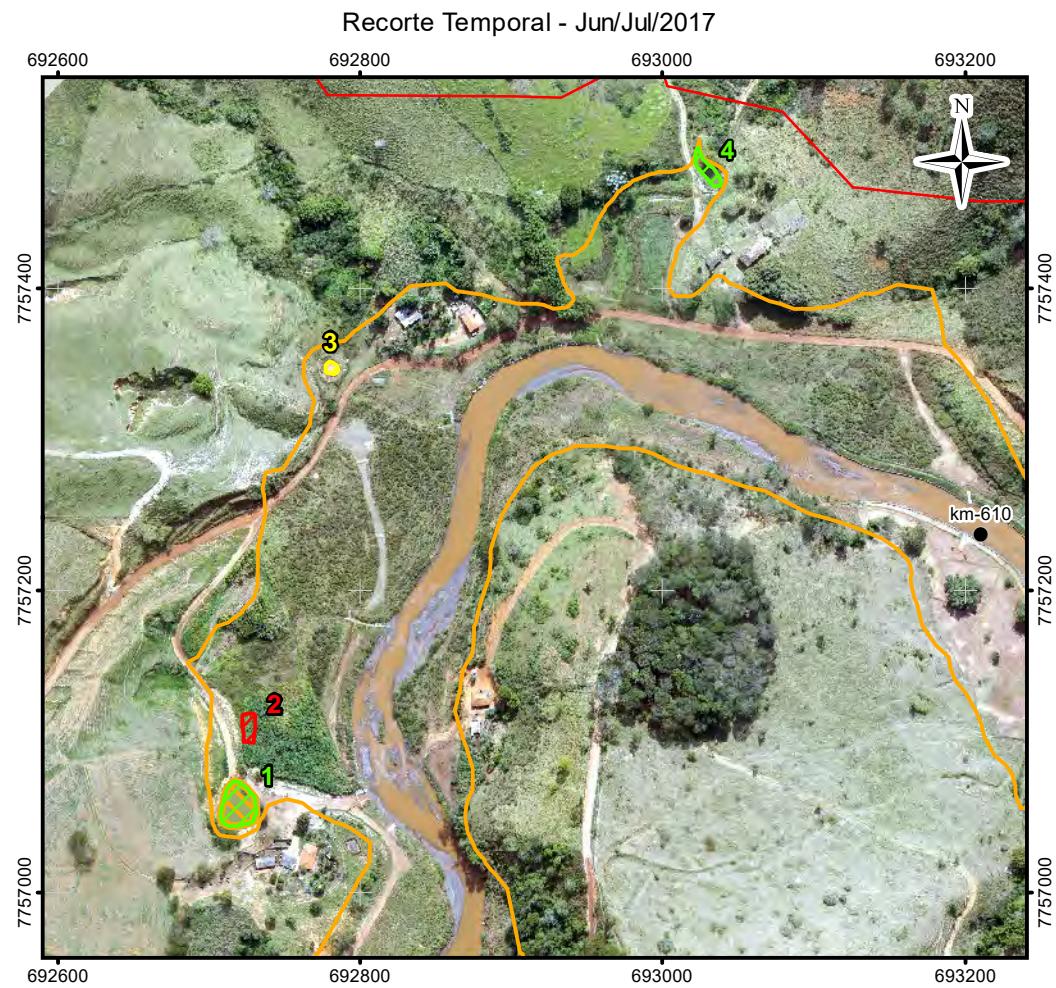
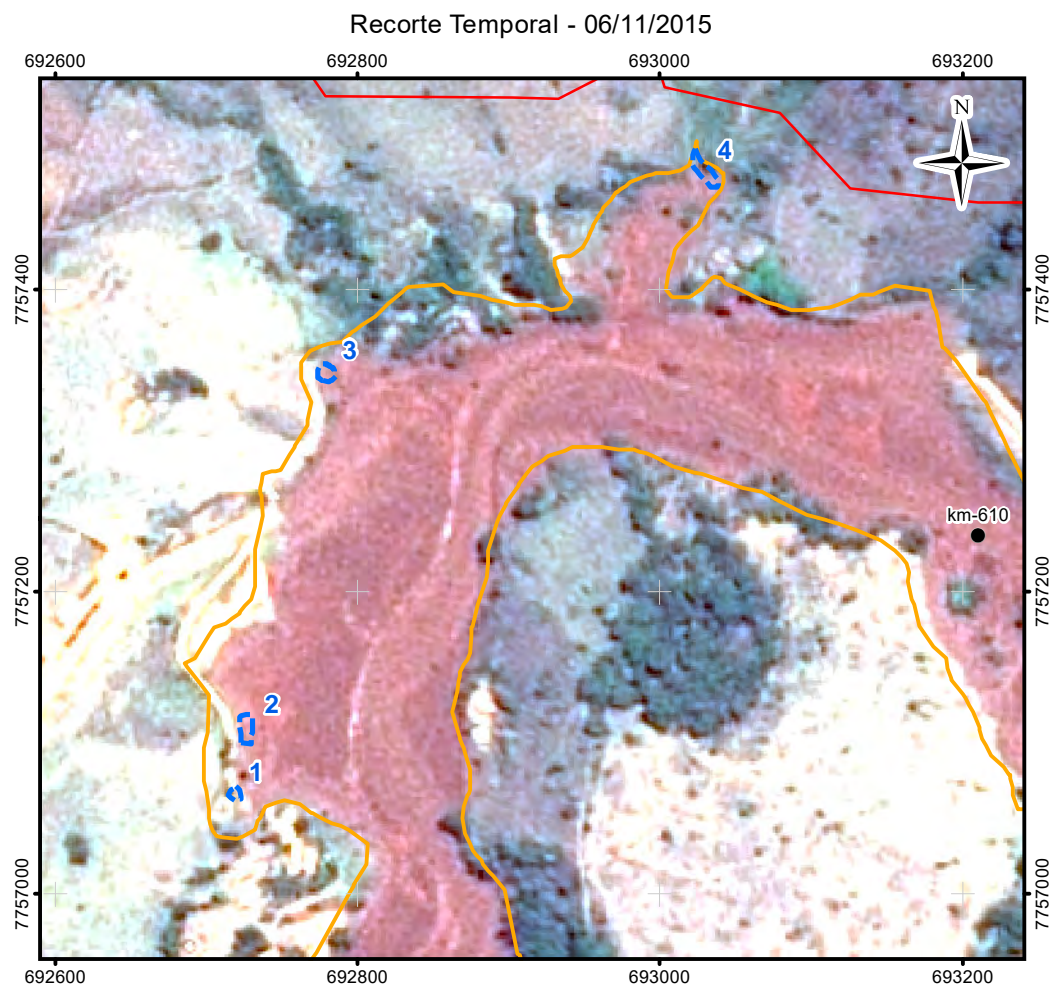
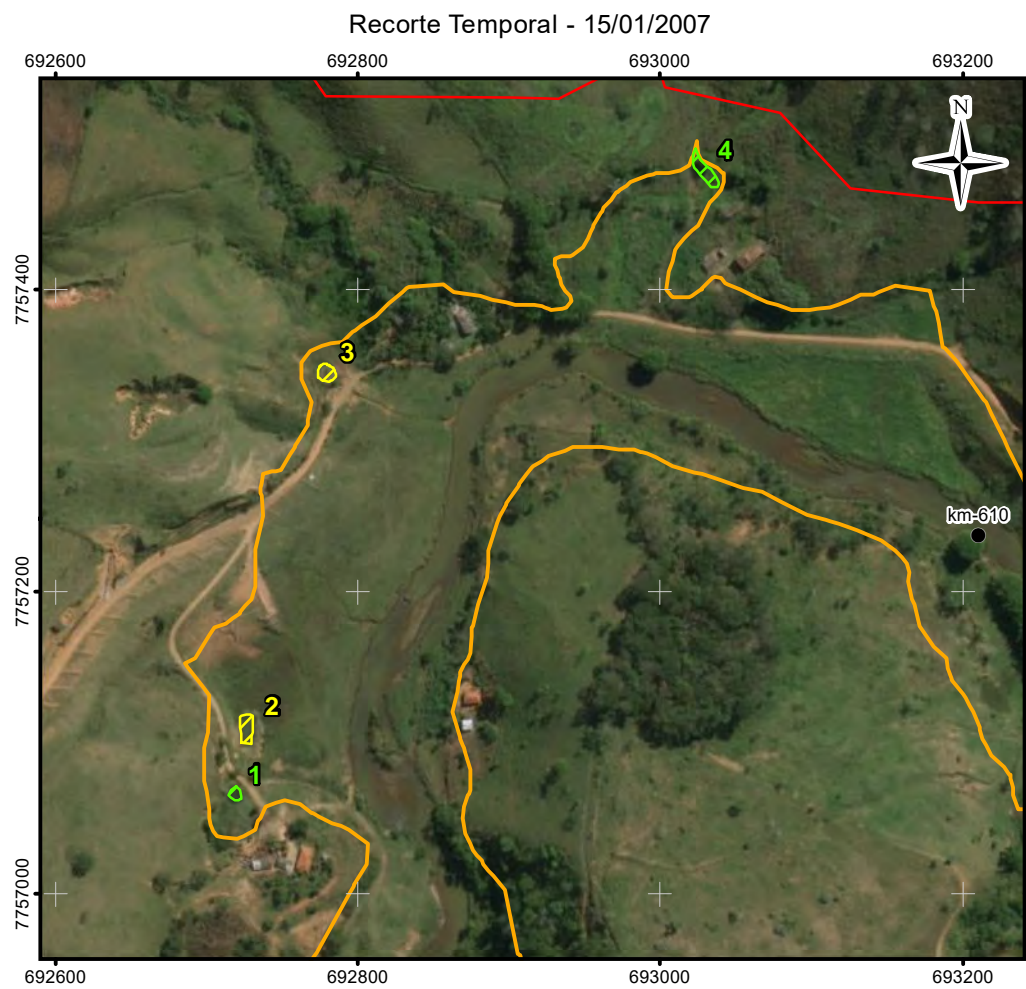
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	PT	MB	EL	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

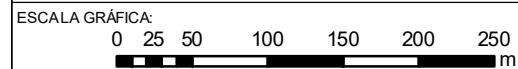
Figura 33 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM611





Mapa de Localização

- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - Trecho 09
  - Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- Lagoa Marginal Conectada
  - Lagoa Marginal Isolada
  - Lagoa Marginal Soterrada
  - Viveiro de peixe



NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

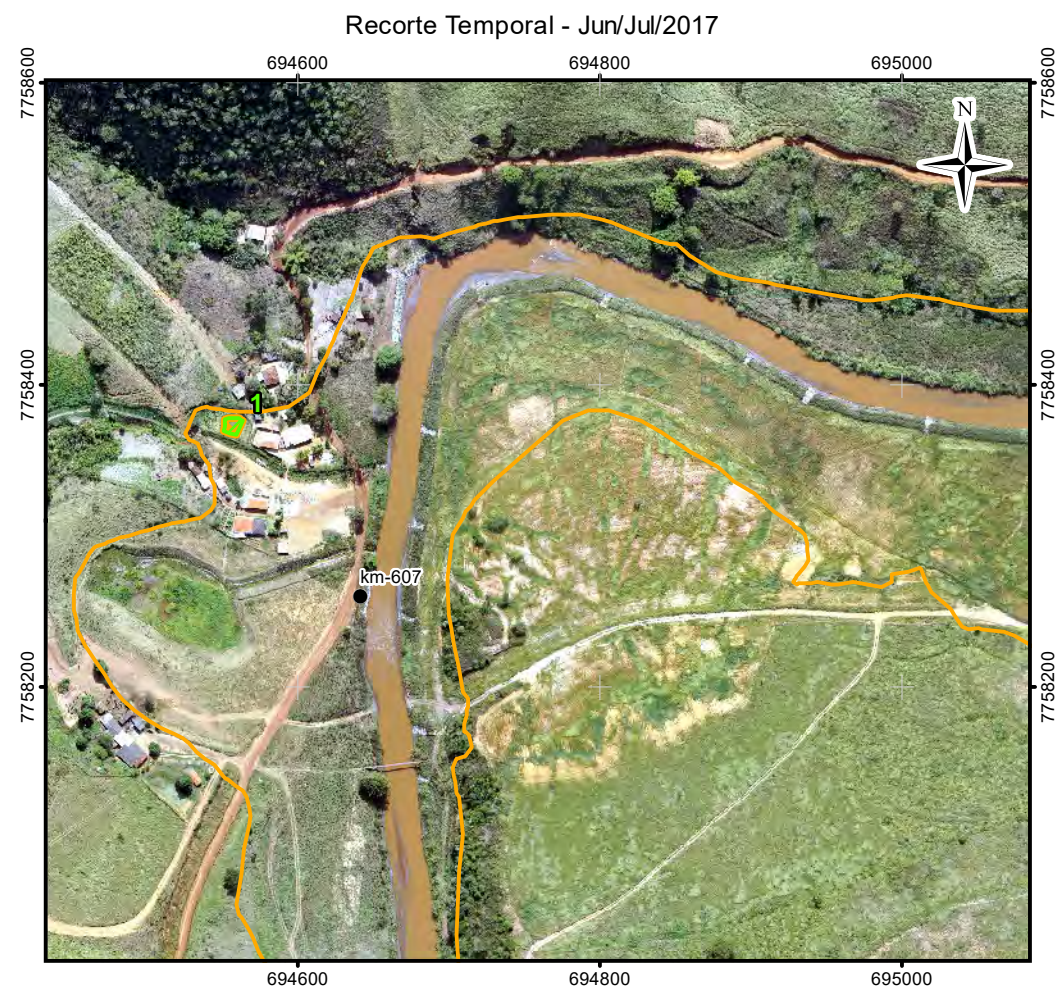
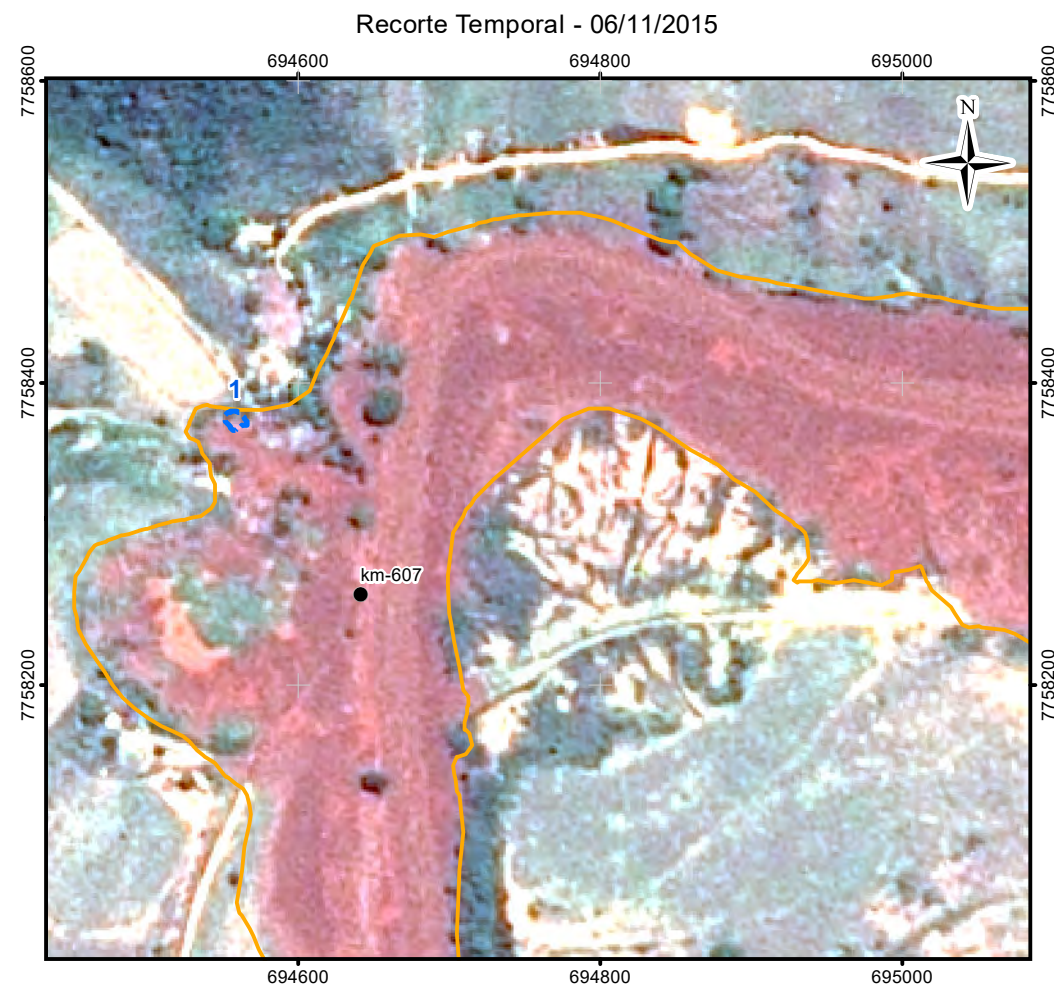
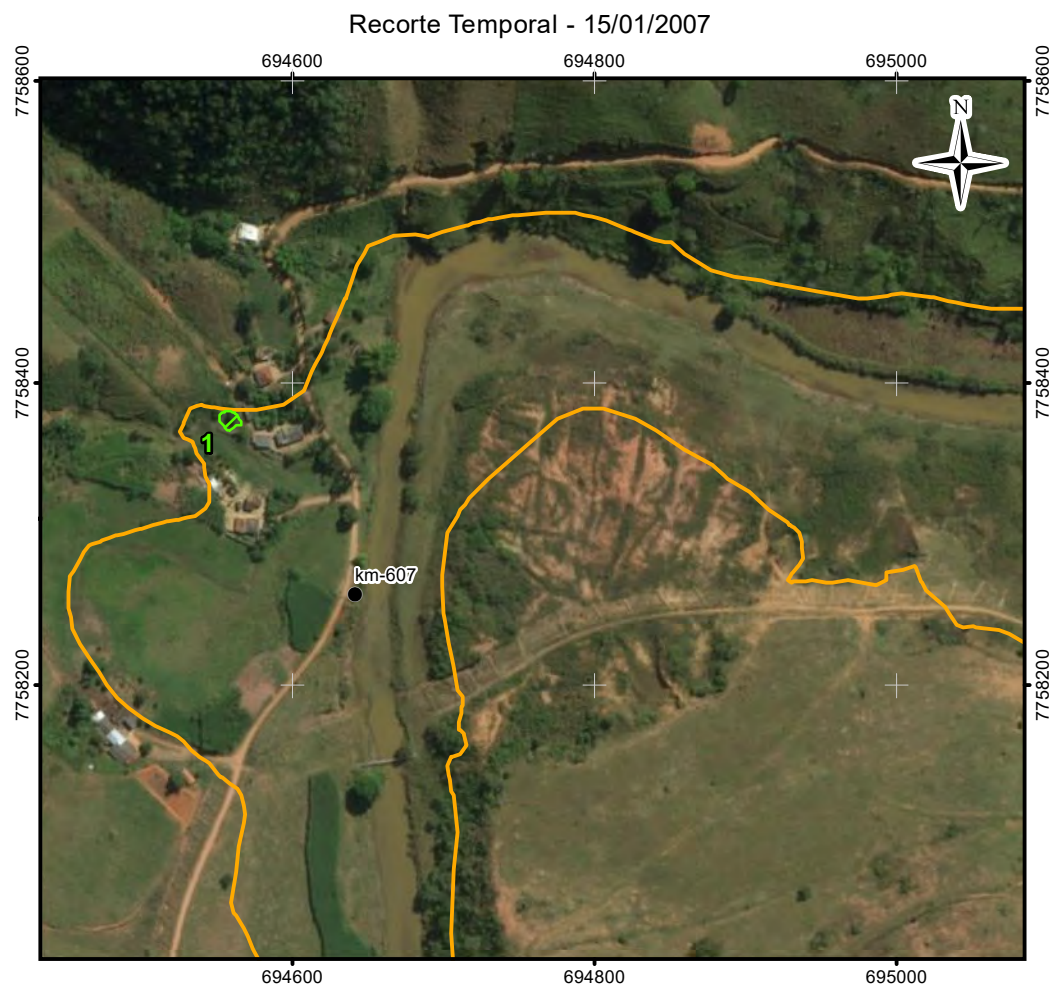
Figura 34 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM610)

PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	PT	MB	EL	RA0





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- Lagoa Marginal Conectada
- Lagoa Marginal Isolada
- Lagoa Marginal Soterrada
- Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 35 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM607)

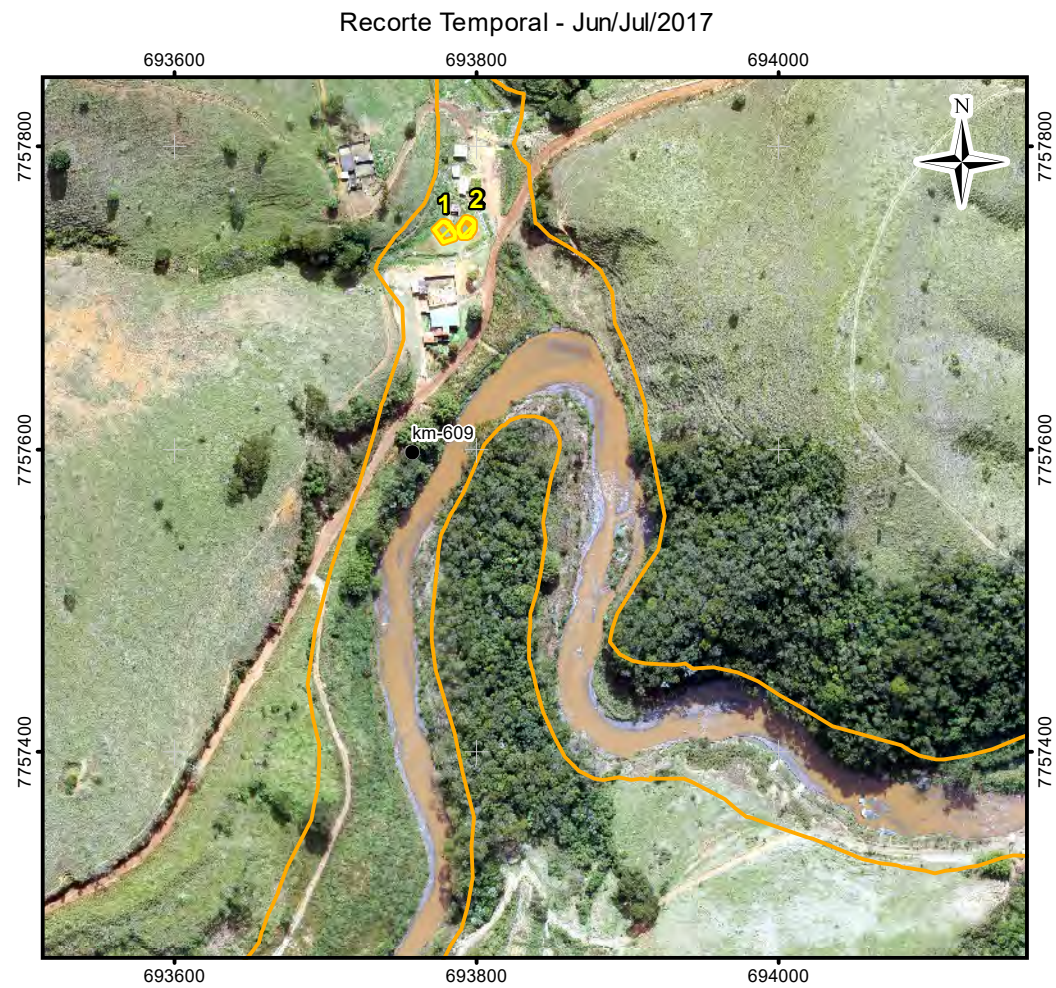
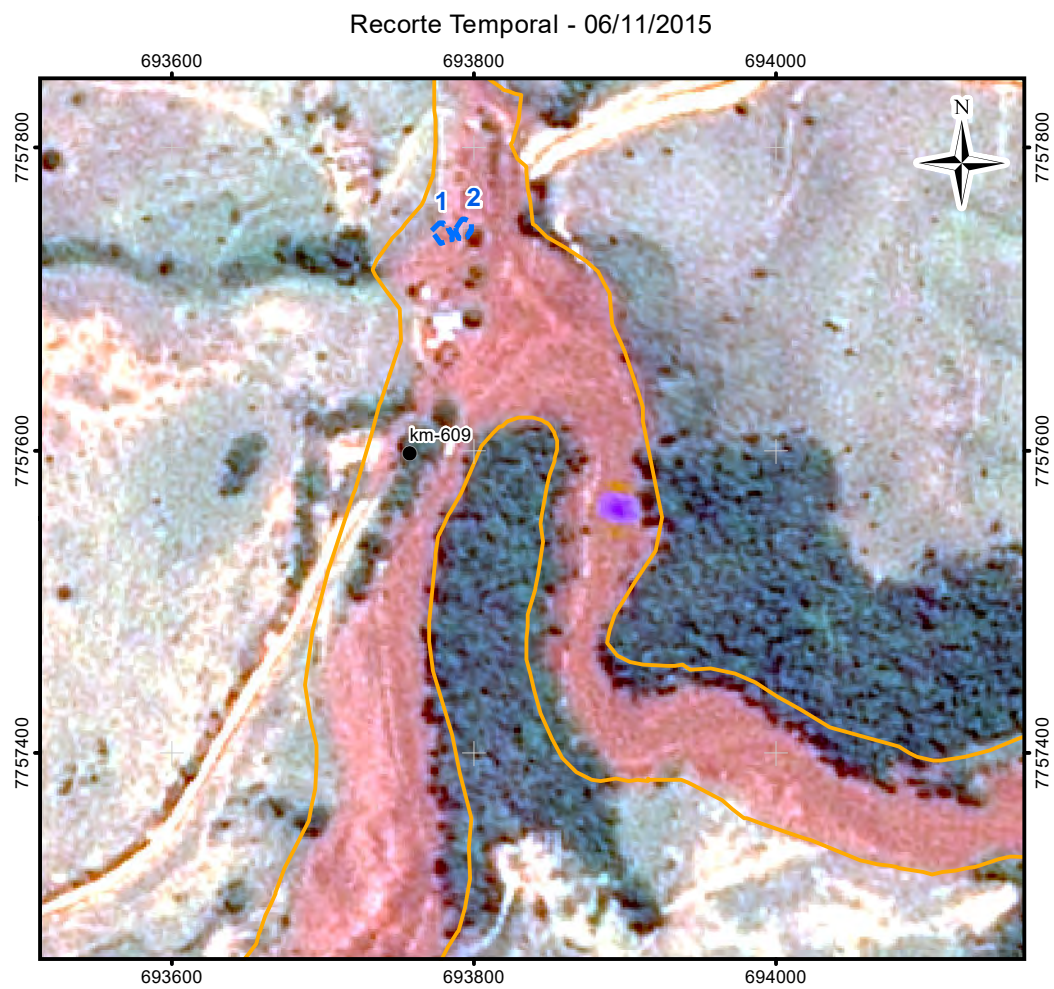
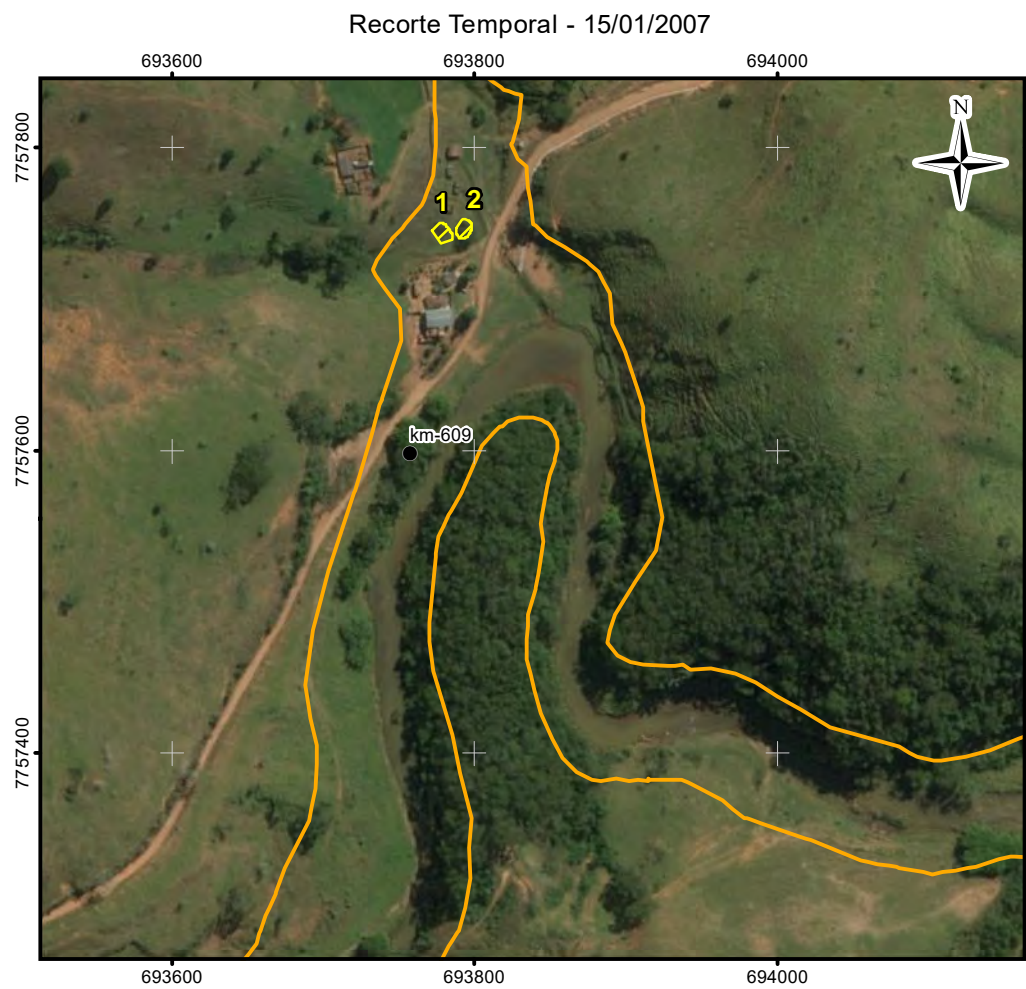
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	PT	MB	EL	RA0

Figura 35 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM607





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
- Curso d'água
- ▭ Trecho 09
- ▭ Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▭ Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

- ▭ Lagoa Marginal Conectada
- ▭ Lagoa Marginal Isolada
- ▭ Lagoa Marginal Soterrada
- ▭ Viveiro de peixe

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 36 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - GN - KM609)

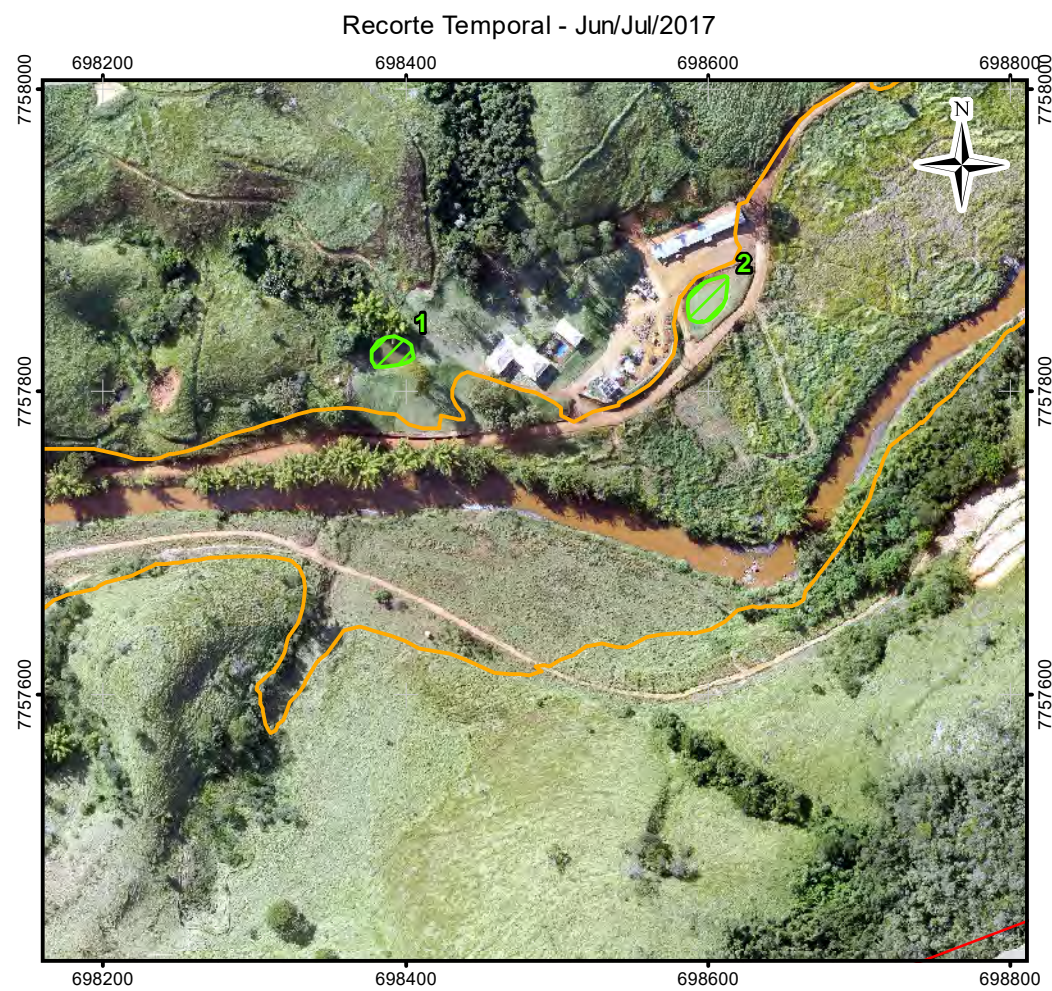
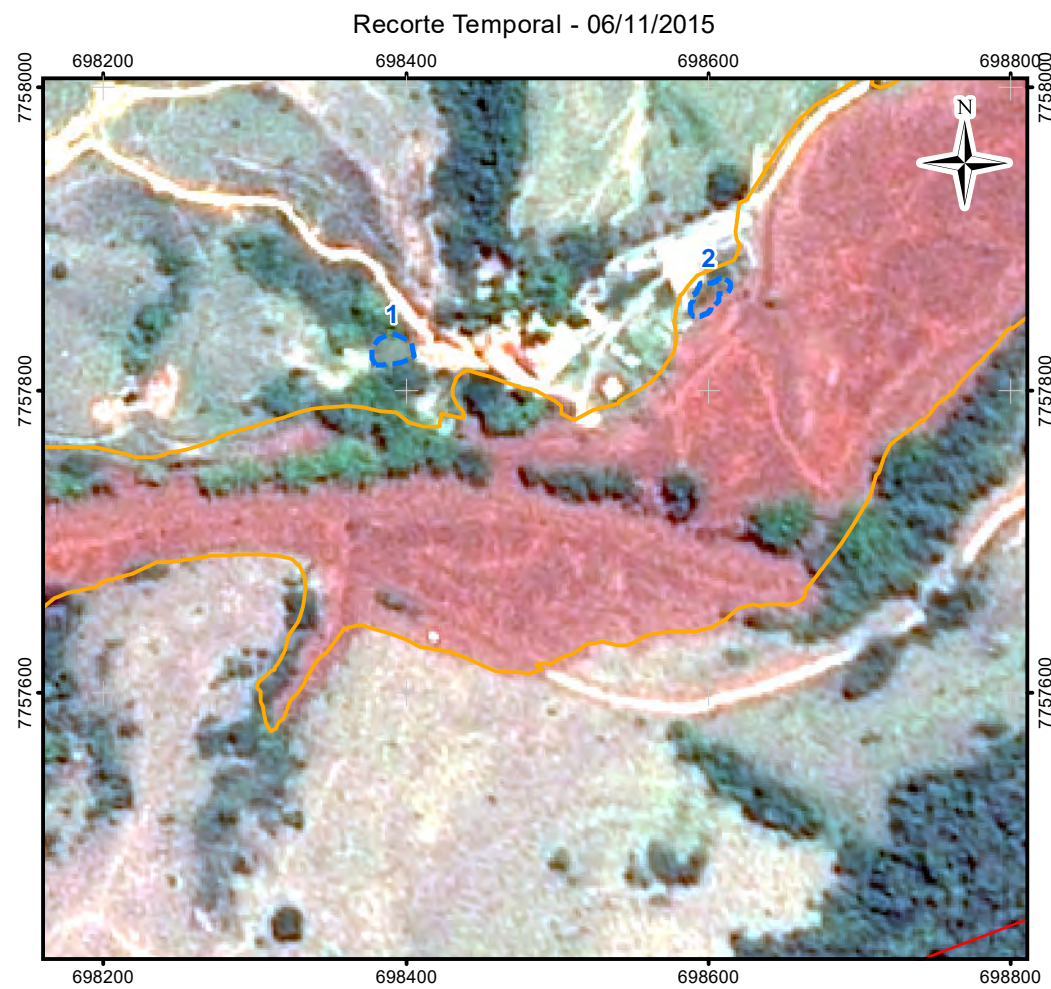
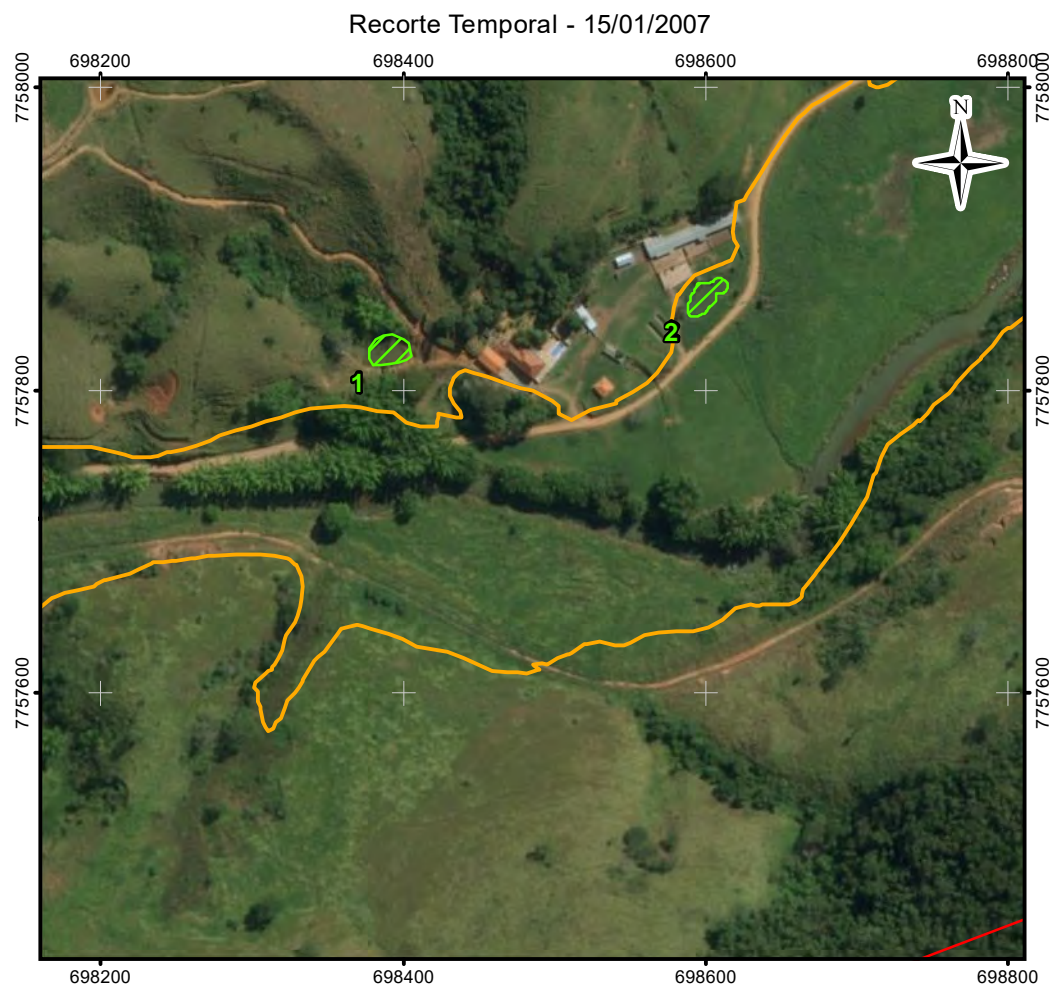
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	PT	MB	EL	RA0

Figura 36 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM609





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 37 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM601)

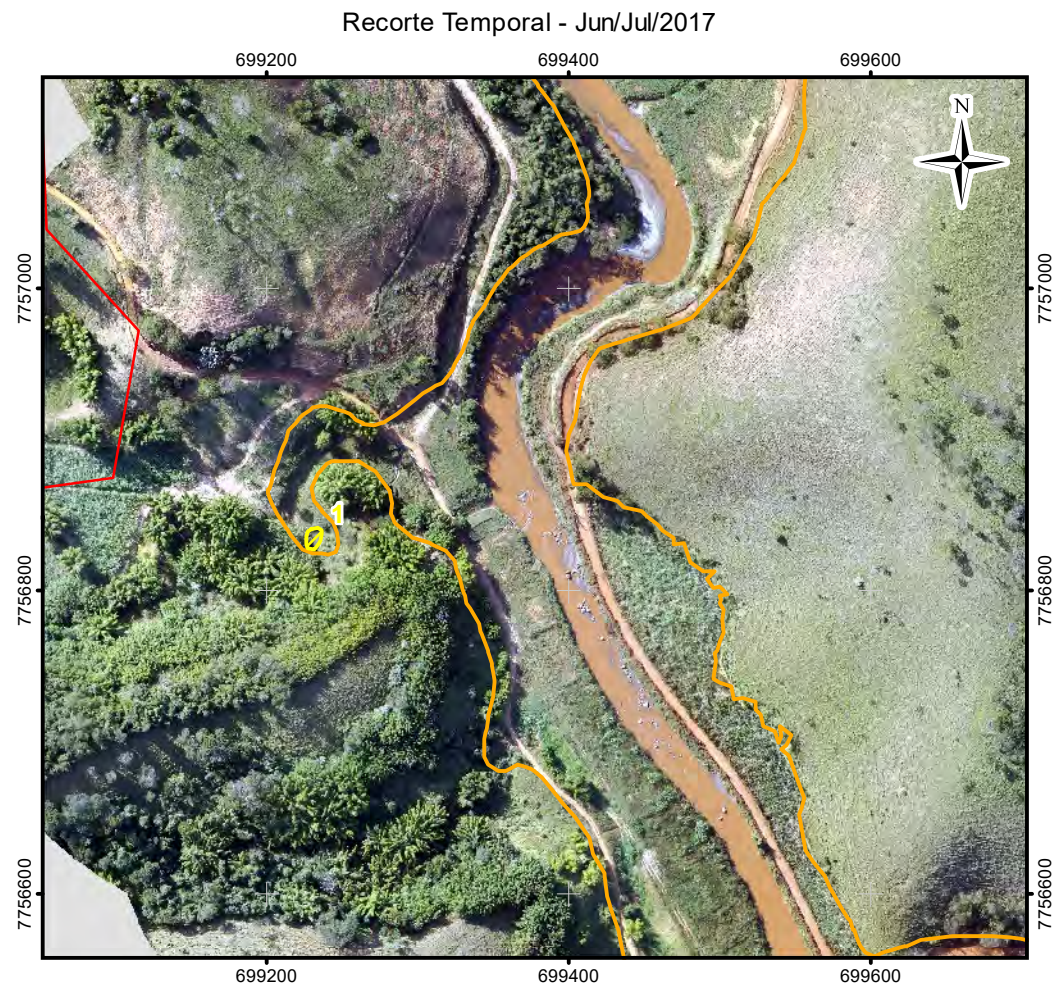
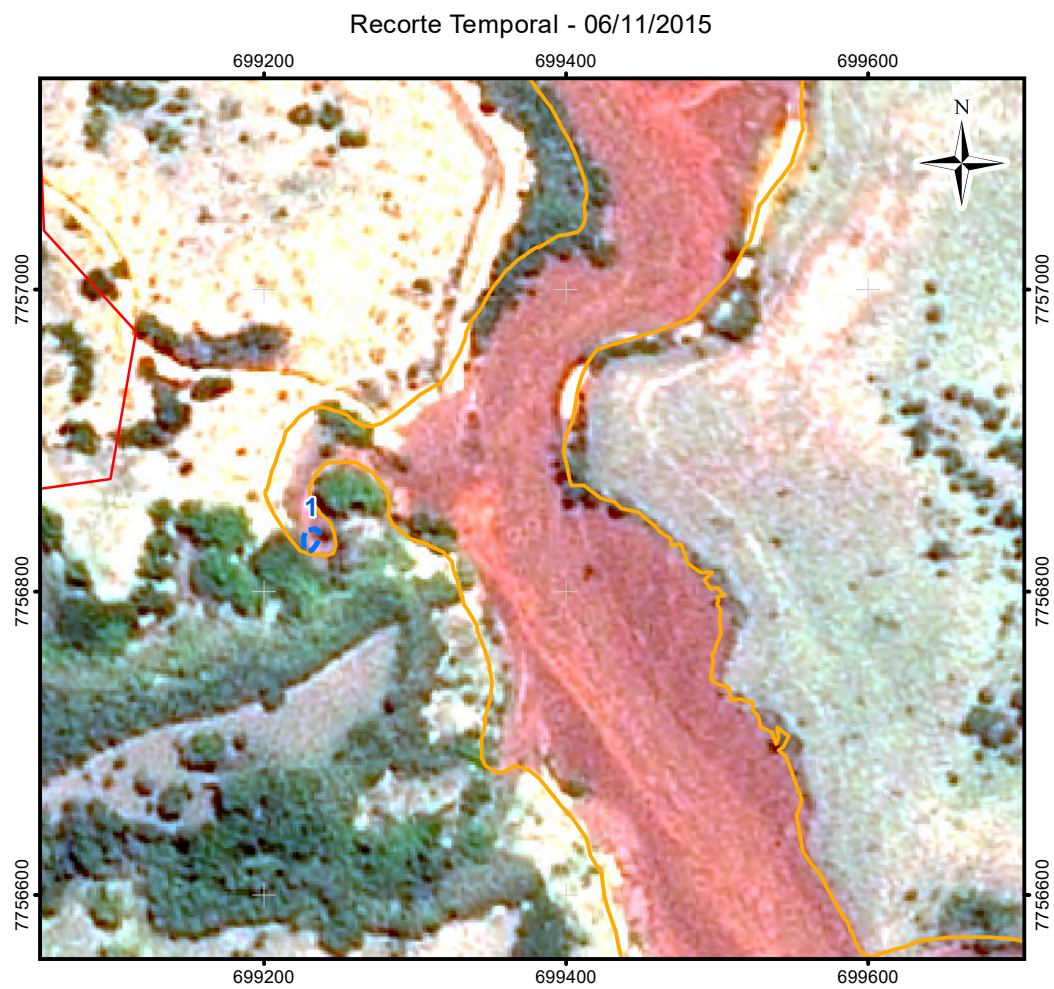
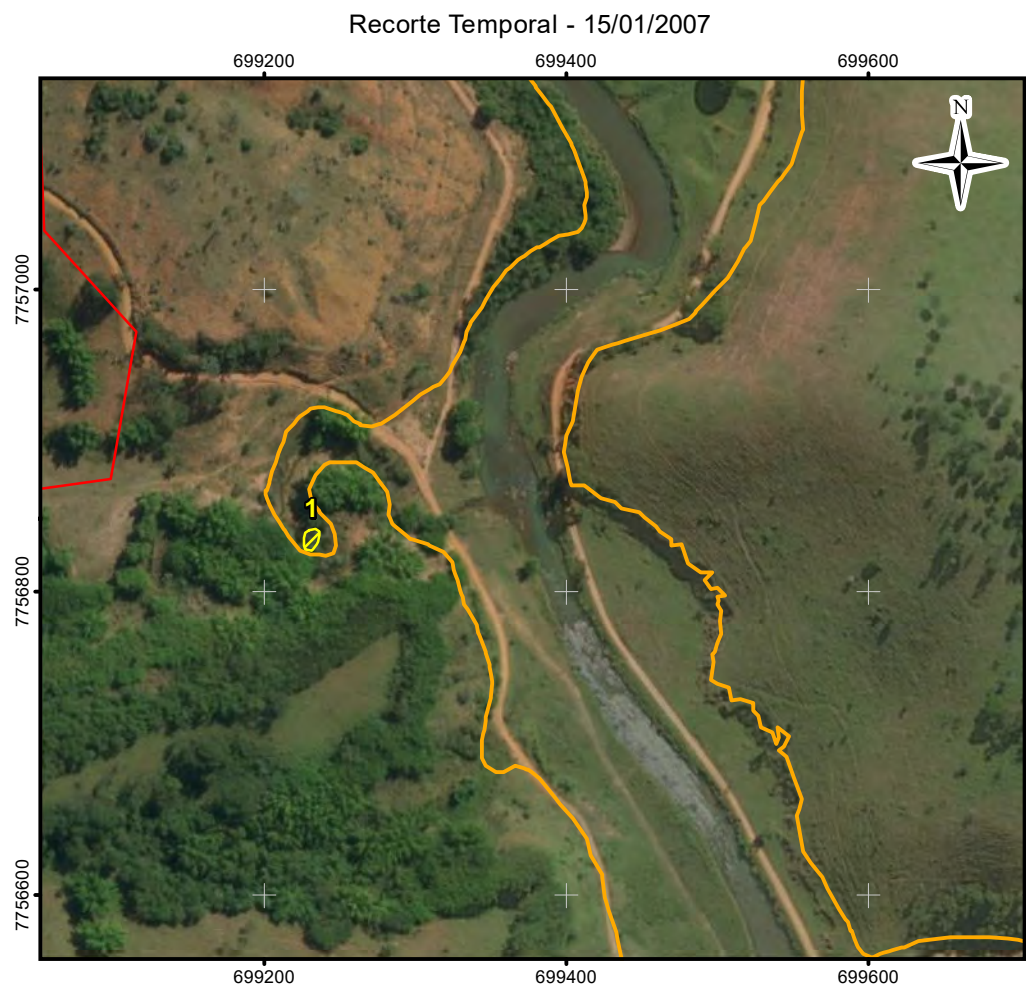
PROJETO:

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	PT	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 09

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- Identificação de Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7, 11/ 2015.

**JACOBS ch2m**

TÍTULO:

Anexo X  
Figura 38 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - GN - KM598)

PROJETO:

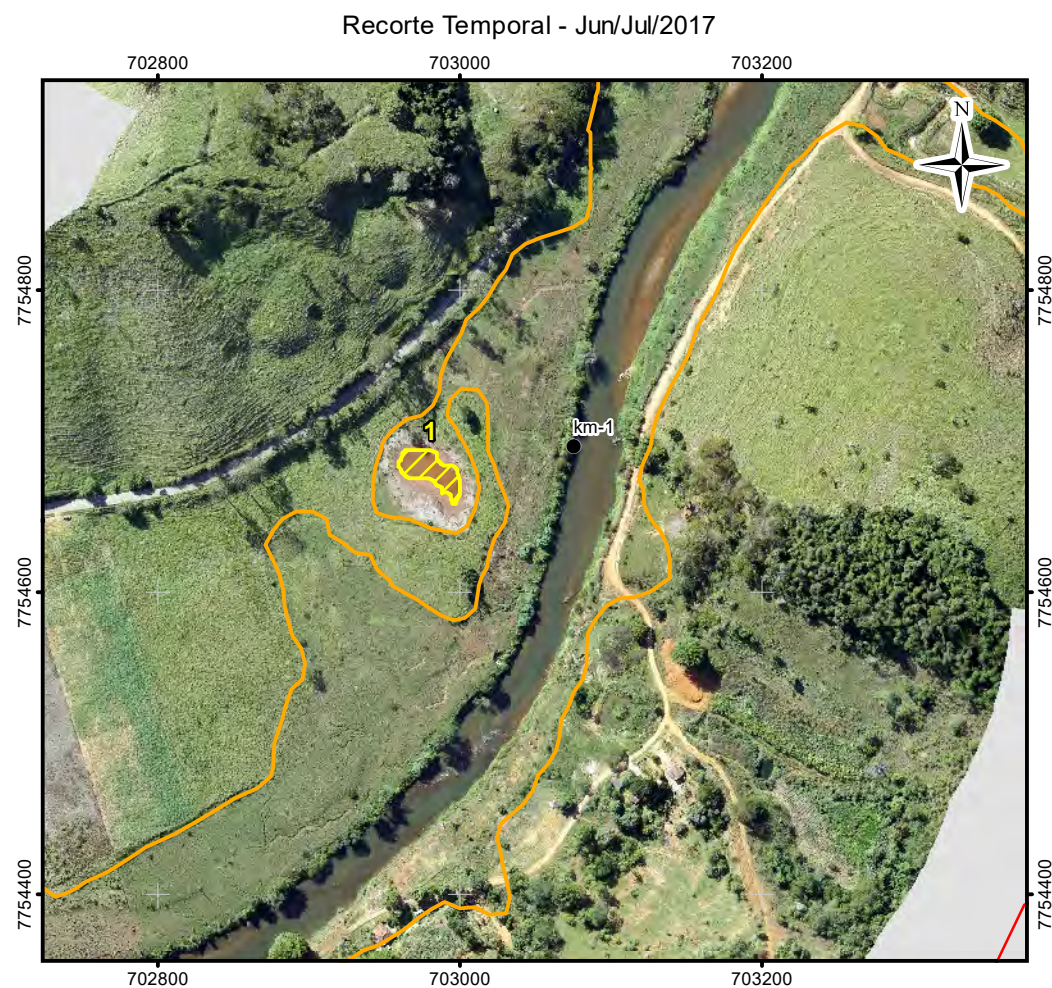
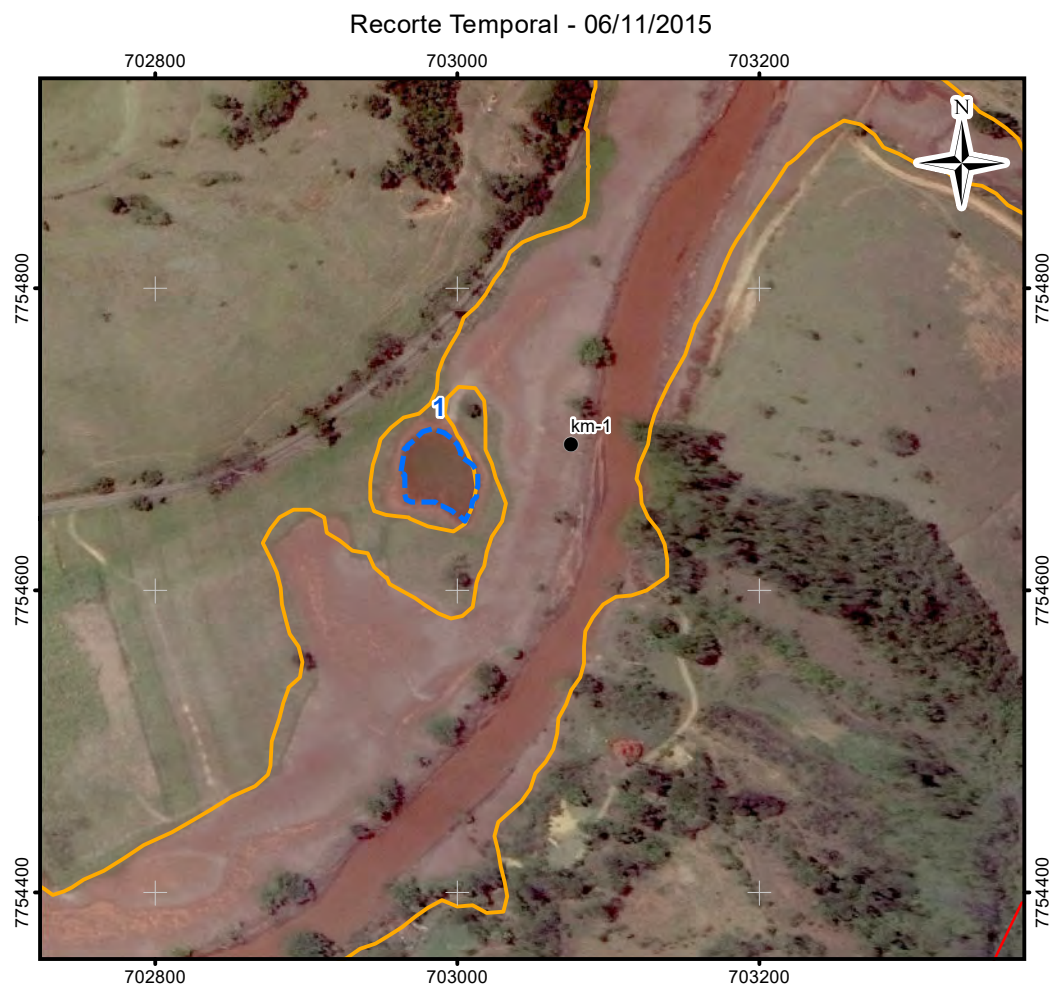
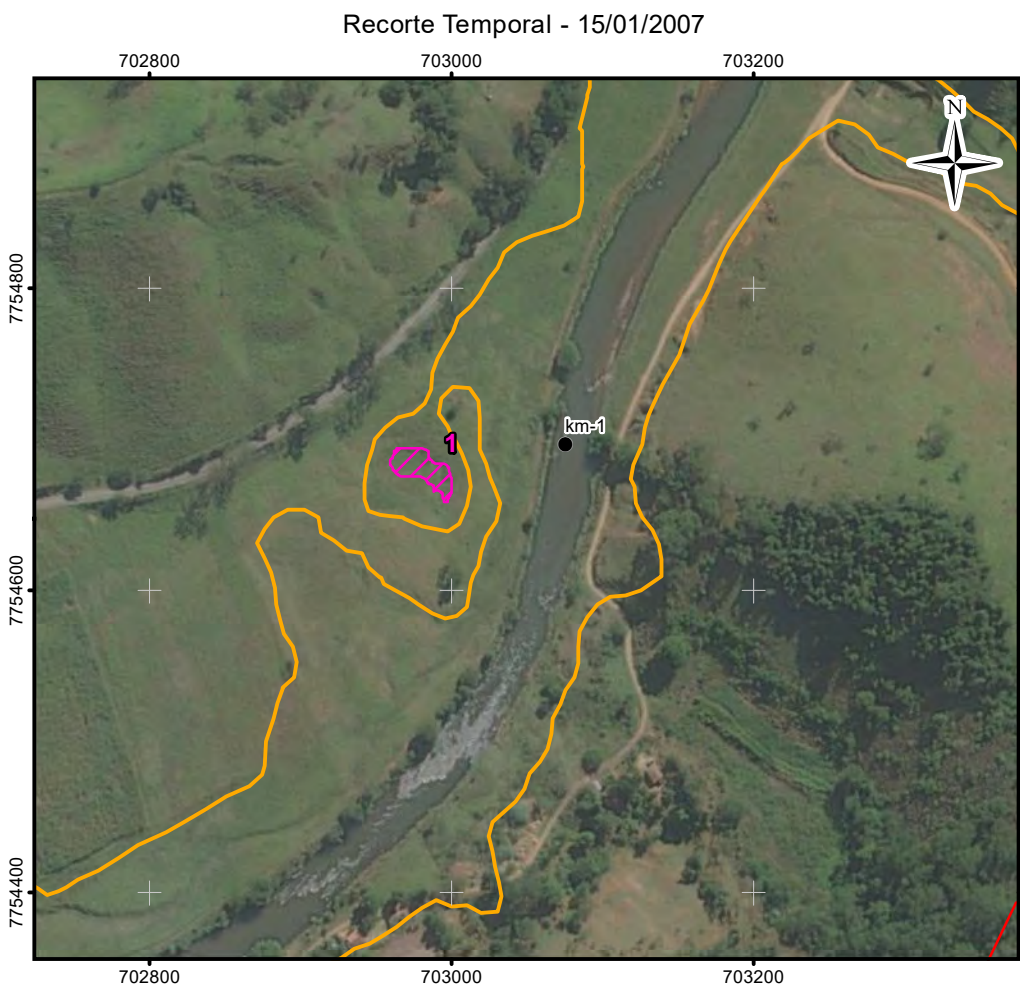
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo  
de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 38 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - GN - KM598





Mapa de Localização

LEGENDA:

- Quilometragem (início na foz do Rio Carmo)
- Curso d'água
- Trecho 09
- Área Impactada Trecho 9

**Imagem em 15/01/2007**

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

**Imagem em 06/11/2015**

- ▨ Identificação da Lagoa Marginal

**Imagem em Jun/Jul/2017**

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

ESCALA GRÁFICA:

0 25 50 100 150 200 250 m

NOTAS:

Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS ch2m.**

TÍTULO:

Anexo X

Figura 39 - Lagoas Marginais - Análise Histórica (T09 - CARA - KM1)

PROJETO:

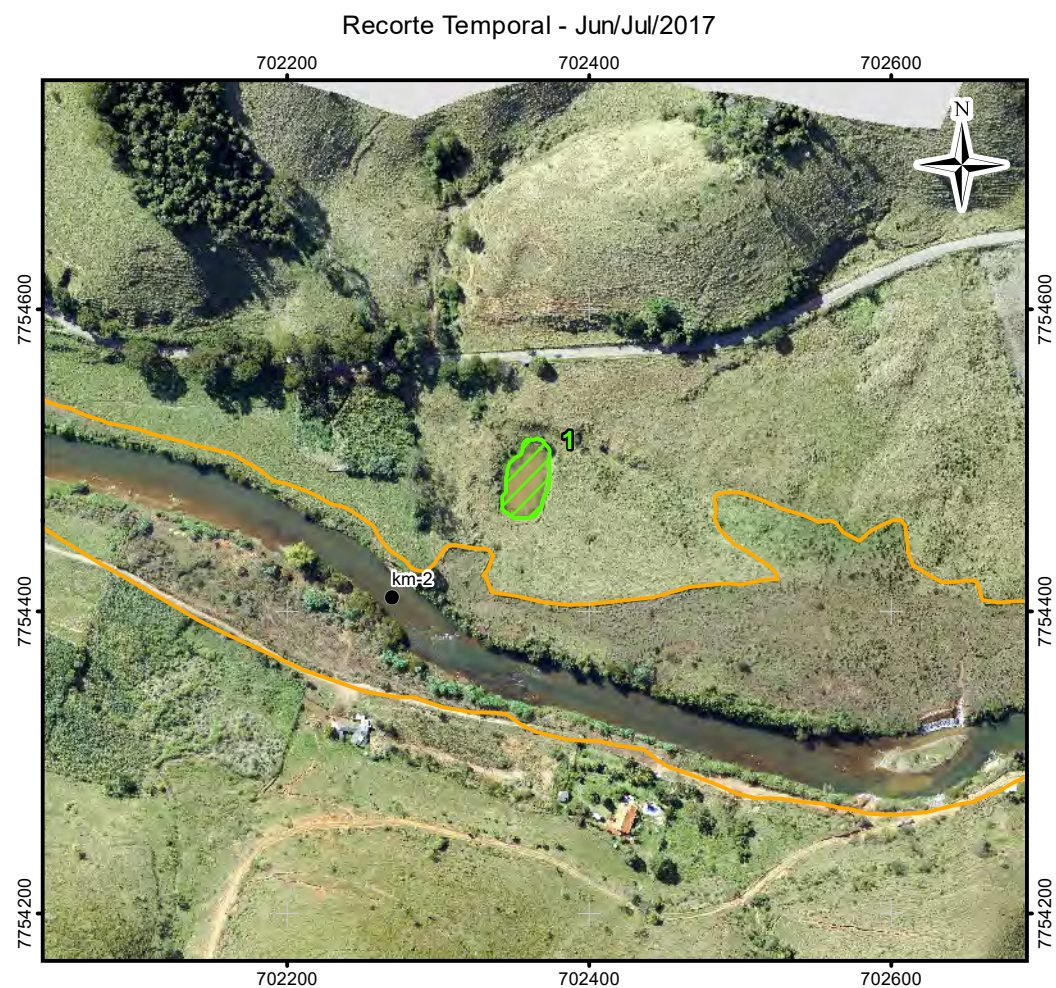
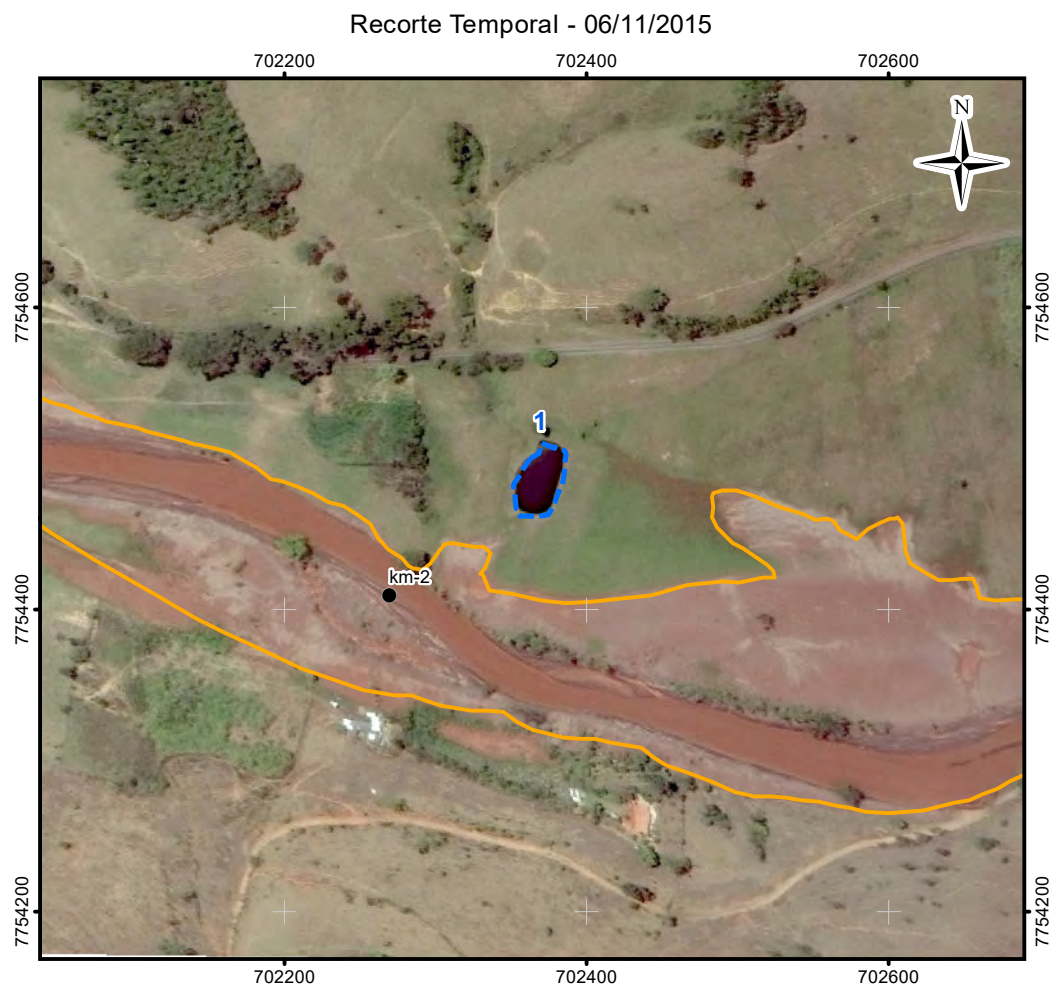
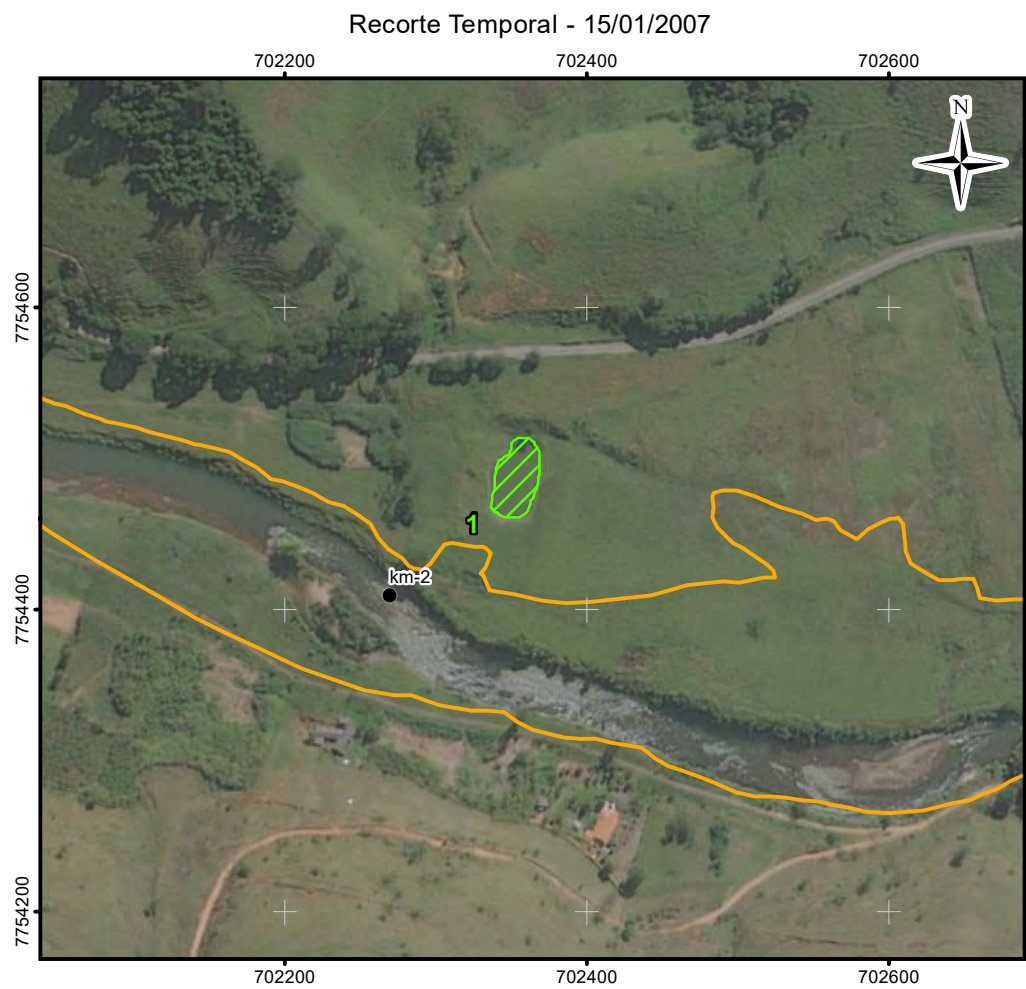
Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 9

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm

Figura 39 - Lagoas Marginais - Análise Histórica - T09 - CARA - KM1





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Carmo)
  - Curso d'água
  - ▭ Trecho 09
  - ▭ Área Impactada Trecho 09
- Imagem em 15/01/2007**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Não existia
- Imagem em 06/11/2015**
- ▨ Identificação de Lagoa Marginal
- Imagem em Jun/Jul/2017**
- ▨ Lagoa Marginal Conectada
  - ▨ Lagoa Marginal Isolada
  - ▨ Lagoa Marginal Soterrada

ESCALA GRÁFICA:  
0 25 50 100 150 200 250  
m

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

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
Google Earth, 2007 / 2015  
Imageamento por Drone, 2017  
Imageamento por Satélite, Spot, 6/7,11/ 2015.

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:  
Anexo X  
Figura 40 - Lagoas Marginais - Análise Histórica  
(T09 - CARA - KM2)

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

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:5.000	05/03/2018	RM	EL	MB	RA0

FORMATO A3: 420mm X 297mm



# **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito Trecho 9**

## **ANEXO XI – RESULTADOS GEOQUÍMICA**



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	PH DE PASTA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE PASTA	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO
				unidade de pH	µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015							17,2	30,6	84,8
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				-	-	-	0,5	8	93
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	2	15	150
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	5	35	300
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	10	55	500
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	25	150	750
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	14	60	-
T168	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,33	201	2012	2,11	10,2	57,4
T40	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,37	146	2456	<1	9,76	28,5
S56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5,59	78	25297	<1	1,1	101
T42	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,14	68,4	4420	1,22	32,4	221
T44	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,25	101	2559	<1	11,9	45,4
S65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5,59	42,5	26879	<1	<1	40,8
T46	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,41	78,6	1261	<1	3,07	17,2
T48	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,15	135	3229	<1	6,58	19,4
T39	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,93	99,4	2040	<1	3,56	18,4
T41	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,41	146	3042	<1	7,18	25,2
T54	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,44	77,9	995	<1	5,29	34,8
T56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,7	52	1105	<1	5,06	20,7
S57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,14	75,1	45734	<1	1,09	20,3
T50	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,06	91,9	2095	<1	4,44	19,4
T52	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,24	83,8	1310	<1	5,44	16
T09	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,1	161	2626	<1	6,26	22,4
T10	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,19	168	3481	<1	11,1	33,7
T11	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,07	236	3288	<1	11,3	37,5
T12	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,38	217	3221	<1	6,49	20,6



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO	CÁLCIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015					14,4	0,52		15,1	9,1	35,1	
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011					-	11,5	0,4	-	19,5	6	49
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009					-	-	1,3	-	72	25	60
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009					-	-	3	-	180	35	200
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	8	-	300	65	400
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	20	-	900	90	600
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95					-	-	-	-	24	-	70
T168	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.21	<1	333	9	<8		5,46
T40	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.52	<1	267	<8	<8		6,18
S56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.56	<1	263	16	8,4		6,64
T42	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.57	<1	162	<8	9		10,2
T44	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.69	<1	194	<8	21		8,58
S65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.63	<1	218	27,8	<8		5,01
T46	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.68	<1	170	<8	<8		<3
T48	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.52	<1	255	<8	<8		5,68
T39	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.75	<1	93,5	<8	<8		<3
T41	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.53	<1	255	<8	<8		5,67
T54	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.61	<1	162	<8	<8		<3
T56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.17	<1	145	<8	<8		<3
S57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.89	<1	321	26,8	<8		6,95
T50	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.74	<1	118	<8	<8		3,28
T52	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.72	<1	205	<8	<8		<3
T09	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.66	<1	254	<8	<8		5,57
T10	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.68	<1	298	<8	<8		7,64
T11	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.48	<1	268	<8	<8		7,45
T12	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.43	<1	222	<8	<8		6,42



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉ SIO	MANGA NÊS
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				134,7						
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				150	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				300	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				400	-	-	-	-	-	-
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	10000
T168	Solo	Planície de Inundação	Dentro	13,7	26,2	123371	115,7	< 10.5	125	722
T40	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,98	68,9	115549	814,4	< 11.3	87,8	425
S56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	48	308,6	22732	129,1	< 13.9	1974	392
T42	Solo	Planície de Inundação	Dentro	30	32,2	178286	31,5	< 11.4	167	2280
T44	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,98	53,6	111885	287,7	< 11.7	86,8	822
S65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	28,1	42,1	14814	36	< 14.1	1074	125
T46	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,98	58,7	124040	46,7	< 11.7	74,8	305
T48	Solo	Planície de Inundação	Dentro	16,9	100,8	167675	144,1	< 11.3	90,7	380
T39	Solo	Planície de Inundação	Dentro	8,96	33,4	120994	70	< 11.9	74,6	243
T41	Solo	Planície de Inundação	Dentro	14,9	61,5	135841	142	< 11.3	89,5	438
T54	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5,98	34,7	130033	26	< 11.5	62,8	363
T56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	8,93	27,6	134876	68,2	< 10.4	74,4	290
S57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	29,6	102,1	22673	77,2	< 12.2	706	197
T50	Solo	Planície de Inundação	Dentro	8,93	33,1	132406	100,5	< 11.9	85,4	278
T52	Solo	Planície de Inundação	Dentro	9,98	23,1	76465	39,5	< 11.8	70,9	228
T09	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	37,8	94590	76,9	< 11.6	87,5	384
T10	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	168,9	153614	87,5	< 11.7	105	546
T11	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	3,97	152,1	119704	109,4	< 11.2	90,4	615
T12	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	145,6	135572	92,5	< 11.1	79	418



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				0,024	6,34	40,7			1,53
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,05	0,9	21,5	-	-	0,45
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				0,5	30	30	-	-	2
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				12	50	70	-	-	25
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				36	100	100	-	-	50
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				70	120	130	-	-	100
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	0,5
T168	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.105	<3	4,68	38,5	127	<1
T40	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.113	<3	3,99	69,2	105	<1
S56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.139	<3	17,5	764,3	1737	<1
T42	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.343	<3	16,7	151,9	202	<1
T44	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.117	<3	6,49	72,2	129	<1
S65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.141	<3	8,49	362	1313	<1
T46	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.117	<3	<3	14,4	67,8	<1
T48	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.339	<3	3,79	77,6	147	<1
T39	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.356	<3	<3	9,01	150	<1
T41	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.340	<3	3,18	90,2	149	<1
T54	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.346	<3	<3	34	43,8	<1
T56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.313	<3	<3	36,5	57,5	<1
S57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.122	<3	8,27	453,9	855	<1
T50	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.119	<3	<3	10,5	162	<1
T52	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.118	<3	<3	38,9	67,9	<1
T09	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.349	<3	3,78	56	109	<1
T10	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.351	<3	5,95	135,76	140	<1
T11	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.336	<3	5,66	115,12	134	<1
T12	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.332	<3	3,75	106,49	127	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				36,5					90,1	73,9
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,5	-	-	-	-	129	46,5
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				5	-	-	-	-	-	300
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	450
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	1000
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	1000	2000
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	80,75
T168	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	141	<20	103	< 5.26	11,3	18,9
T40	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	72,8	<20	63,8	< 5.66	<8	13
S56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	150	<20	746	< 6.95	35,3	28,9
T42	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	35	<20	208	< 5.71	20,7	28,2
T44	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	89,8	<20	76,8	< 5.86	9	17
S65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	158	<20	482	< 7.04	27	24
T46	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	N.A.	68,8	< 5.85	<8	13
T48	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	54,8	<20	141	< 5.65	12,6	19,8
T39	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	69,7	< 5.94	<8	12,9
T41	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	47,7	<20	95,5	< 5.66	11,4	18,2
T54	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	42,8	<20	87,7	< 5.76	<8	20,2
T56	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	209	< 5.21	8,4	16
S57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	187	<20	631	< 6.11	53,2	23,9
T50	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	69,5	< 5.93	<8	13,9
T52	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	86,8	<20	55,9	< 5.90	<8	17
T09	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	424	<20	73,6	< 5.82	9,9	15,9
T10	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	470	<20	95,2	< 5.85	12,9	21,8
T11	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	439	<20	93,4	< 5.61	14,9	19,9
T12	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	439	<20	84,9	< 5.54	10,9	18,8



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	PH DE PASTA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE PASTA	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO
				unidade de pH	µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015							17,2	30,6	84,8
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				-	-	-	0,5	8	93
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	2	15	150
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	5	35	300
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	10	55	500
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	25	150	750
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	14	60	-
T14	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,12	222	3079	<1	4,92	24,1
T15	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,17	169	2892	<1	4,67	24,3
T16	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,39	165	3763	<1	7	22,8
T17	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,27	196	4288	<1	14,5	85,4
T18	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,15	206	3580	<1	6,72	32,2
T19	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	7,12	148	5342	1,25	12,3	69,3
T55	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,8	73	690	<1	4,1	15,9
T57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,55	143	3702	1,17	6,27	22,2
S58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5,97	80	40061	<1	1,6	30,8
T62	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,69	52	793	<1	3,18	11,7
T64	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,41	66,2	1610	<1	5,97	36,1
T58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,36	65,5	1581	1,34	13,1	93,6
T60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,05	124	4194	<1	8,62	41
T70	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,3	118	2181	<1	27,4	180
T72	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,19	136	2491	<1	13,5	22,8
T74	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,09	56,3	1469	<1	3,93	13,6
T76	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,35	129	8032	<1	6,37	64,5
S59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,13	142	25300	<1	3,09	78,4
T59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,13	60,8	1129	<1	4,76	28,4
T61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,31	150	2562	<1	7,01	22,7



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO	CÁLCIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015					14,4	0,52		15,1	9,1	35,1	
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011					-	11,5	0,4	-	19,5	6	49
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009					-	-	1,3	-	72	25	60
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009					-	-	3	-	180	35	200
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	8	-	300	65	400
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	20	-	900	90	600
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95					-	-	-	-	24	-	70
T14	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.54	<1	255	<8	<8	5,55	
T15	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.61	<1	230	<8	<8	5,73	
T16	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.62	<1	287	<8	<8	6,79	
T17	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.46	<1	282	<8	<8	9,46	
T18	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.59	<1	583	<8	54	12,9	
T19	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	< 4.59	<1	428	<8	13,8	15,2	
T55	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.88	<1	151	<8	<8	<3	
T57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.25	<1	219	<8	<8	5,58	
S58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.01	<1	299	21,9	<8	<3	
T62	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.01	<1	130	<8	<8	<3	
T64	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.34	<1	172	<8	<8	4,29	
T58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.49	<1	134	<8	<8	3,67	
T60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.47	<1	270	<8	<8	6,8	
T70	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.59	<1	192	<8	10	9,07	
T72	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.43	<1	230	<8	<8	6,25	
T74	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.68	<1	103	<8	<8	<3	
T76	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.82	<1	913	<8	<8	6,49	
S59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.25	<1	670	13	10	22,4	
T59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.85	<1	72,8	<8	<8	<3	
T61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.52	<1	204	<8	<8	4,69	



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉ SIO	MANGA NÊS
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				134,7						
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				150	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				300	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				400	-	-	-	-	-	-
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	10000
T14	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	144,3	104930	102,2	< 11.4	82,2	413
T15	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	129,4	123259	86,3	< 11.5	88	432
T16	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<3	122,2	143414	80,8	< 11.6	111	481
T17	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	9,95	136,4	124878	136,3	< 11.1	106	1181
T18	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	132,5	136533	95,9	< 11.5	167	1018
T19	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	8,9	132,2	151484	103,4	< 11.5	137	1027
T55	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	28,9	66130	182,9	< 12.2	59,6	200
T57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	14	29,2	168934	61,9	< 10.6	86,8	383
S58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	11,6	107	20715	52,4	< 12.5	665	91,5
T62	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5	27,7	124356	22,3	< 12.5	53,9	180
T64	Solo	Planície de Inundação	Dentro	9,98	31,3	94970	81,4	< 10.8	93,8	438
T58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	11,9	27,2	283483	28,1	< 11.2	77,3	828
T60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	21	41,7	124109	161,2	< 11.2	116	559
T70	Solo	Planície de Inundação	Dentro	8,97	25,7	128517	75,3	< 11.5	97,7	1538
T72	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,94	21,7	95433	77,3	< 11.1	80,4	375
T74	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,99	33,7	151477	70,3	< 11.7	64,9	212
T76	Solo	Planície de Inundação	Dentro	21	31,7	73995	59,4	< 12.0	798	423
S59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	60,5	133,5	29694	285,6	< 13.1	2184	429
T59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,98	39,3	144252	54,7	< 12.1	63,8	310
T61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,98	34,5	77887	104,1	< 11.3	72,8	366



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				0,024	6,34	40,7			1,53
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,05	0,9	21,5	-	-	0,45
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				0,5	30	30	-	-	2
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				12	50	70	-	-	25
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				36	100	100	-	-	50
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				70	120	130	-	-	100
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	0,5
T14	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.341	<3	3,76	112,51	123	<1
T15	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.346	<3	4,05	109,58	110	<1
T16	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.347	<3	5,31	117,92	166	<1
T17	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.334	<3	9,06	115,88	189	<1
T18	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.344	<3	10,2	139,06	184	<1
T19	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	< 0.344	<3	12,9	142,21	193	<1
T55	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.122	<3	<3	29,6	42,7	<1
T57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.318	<3	3,99	60,6	185	<1
S58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.125	<3	3,38	451,7	770	<1
T62	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.376	<3	<3	32,6	42	<1
T64	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.325	<3	3,29	41,2	94,8	<1
T58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.337	<3	4,46	30,1	73,3	<1
T60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.335	<3	6,1	130	186	<1
T70	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.115	<3	9,17	35,1	92,7	<1
T72	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.111	<3	4,96	72,3	102	<1
T74	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.351	<3	<3	4,53	89,9	<1
T76	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.120	<3	12	82,1	488	<1
S59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.131	<3	22,9	699	1730	<1
T59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.364	<3	<3	5,19	63,8	<1
T61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.113	<3	3,39	62,8	119	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				36,5					90,1	73,9
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,5	-	-	-	-	129	46,5
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				5	-	-	-	-	-	300
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	450
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	1000
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	1000	2000
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	80,75
T14	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	422	<20	78,2	< 5.68	9,9	16,8
T15	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	509	<20	75,1	< 5.77	9,9	19,8
T16	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	394	<20	111	< 5.78	13,8	24,6
T17	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	440	<20	108	< 5.57	15,9	24,9
T18	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	434	<20	87	< 5.74	12	25
T19	Solo	Paracatu de Baixo	Dentro	<1	280	<20	191	< 5.73	25,7	28,7
T55	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	69,5	<20	40,7	< 6.11	<8	13,9
T57	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	28,9	<20	173	< 5.31	12,6	21,8
S58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	195	<20	431	< 6.26	17,6	18,9
T62	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	33	<20	64,9	< 6.27	<8	18,3
T64	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	32,9	<20	118	< 5.42	<8	17,2
T58	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	26,8	<20	441	< 5.61	16	30,9
T60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	59	<20	114	< 5.59	13,2	22,1
T70	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	233	<20	82,8	< 5.74	10	18,9
T72	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	84,4	<20	64,5	< 5.54	8,9	13,9
T74	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	69,9	< 5.85	10	14
T76	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	198	<20	323	< 6.02	19	18
S59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	217	<20	780	< 6.56	57,5	38
T59	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	89,7	< 6.07	<8	14
T61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	97,8	<20	63,9	< 5.66	<8	13



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	PH DE PASTA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE PASTA	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO
				unidade de pH	µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015							17,2	30,6	84,8
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				-	-	-	0,5	8	93
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	2	15	150
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	5	35	300
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	10	55	500
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	25	150	750
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	14	60	-
S15	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,24	157	46549	1,65	10,6	78,8
S60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,17	199	22213	<1	3	110
T21	Solo	Gesteira	Dentro	7,24	155	6340	<1	7,39	32
T24	Solo	Gesteira	Dentro	7,17	185	2673	<1	6,04	21,4
T25	Solo	Gesteira	Dentro	7,08	146	4153	1,95	8,49	36,5
T26	Solo	Gesteira	Dentro	7,14	179	3999	<1	8,66	23,4
T27	Solo	Gesteira	Dentro	6,96	172	3025	<1	5,46	29,2
T63A	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,07	59,5	2072	<1	5,2	21,7
T63B	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,12	80,3	2407	<1	7,44	23,7
T65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,08	141	4085	<1	6,68	23,5
T67	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,08	51,1	1439	<1	3,28	13,6
T69	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,26	118	2808	<1	7,6	29,2
S61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,1	79,2	28325	<1	2,09	33,5
T80	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,04	158	3752	1,02	9,22	35,7
T28	Solo	Barra Longa	Dentro	6,89	184	3408	<1	6,74	23,7



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO	CÁLCIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015					14,4	0,52		15,1	9,1	35,1	
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011					-	11,5	0,4	-	19,5	6	49
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009					-	-	1,3	-	72	25	60
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009					-	-	3	-	180	35	200
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	8	-	300	65	400
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	20	-	900	90	600
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95					-	-	-	-	24	-	70
S15	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.08	<1	305	14,9	<8	23,3	
S60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.51	<1	1096	9	12	22,5	
T21	Solo	Gesteira	Dentro	<3	< 4.58	<1	398	<8	<8	11	
T24	Solo	Gesteira	Dentro	<3	< 4.45	<1	438	<8	<8	5,65	
T25	Solo	Gesteira	Dentro	<3	< 4.38	<1	417	<8	<8	7,98	
T26	Solo	Gesteira	Dentro	<3	< 4.42	<1	417	<8	<8	7,63	
T27	Solo	Gesteira	Dentro	<3	< 4.39	<1	433	<8	<8	5,83	
T63A	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.55	<1	86,4	10	<8	<3	
T63B	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.60	<1	348	<8	<8	3,78	
T65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.61	<1	265	<8	<8	5,67	
T67	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.84	<1	132	<8	<8	<3	
T69	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.44	<1	225	<8	<8	4,95	
S61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 3.77	<1	232	16,9	<8	18,1	
T80	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.78	<1	250	<8	<8	8,64	
T28	Solo	Barra Longa	Dentro	<3	< 4.41	<1	304	<8	<8	5,76	



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉ SIO	MANGA NÊS
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				134,7						
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				150	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				300	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				400	-	-	-	-	-	-
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	10000
S15	Solo	Planície de Inundação	Dentro	58,6	44,6	55701	55,9	< 12.7	721	1051
S60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	62,5	43,1	33431	200,5	< 11.3	4181	421
T21	Solo	Gesteira	Dentro	8,91	40,4	127732	52,1	< 11.4	249	645
T24	Solo	Gesteira	Dentro	<3	37,9	122602	68,3	< 11.1	107	428
T25	Solo	Gesteira	Dentro	<3	40,9	137210	97,9	< 11.0	145	542
T26	Solo	Gesteira	Dentro	<3	28,5	140447	75,2	< 11.0	134	491
T27	Solo	Gesteira	Dentro	<3	28,4	153368	75,6	< 11.0	125	405
T63A	Solo	Planície de Inundação	Dentro	10,9	34,3	201094	84,5	< 11.4	61,6	308
T63B	Solo	Planície de Inundação	Dentro	12	33,1	153554	131,7	< 11.5	79,6	415
T65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	16,9	71,8	152996	136,3	< 11.5	111	445
T67	Solo	Planície de Inundação	Dentro	6,98	30	148128	68,7	< 12.1	69,8	201
T69	Solo	Planície de Inundação	Dentro	5,94	24,5	99570	83,8	< 11.1	112	499
S61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	50,8	17,2	34629	121,7	< 9.43	615	162
T80	Solo	Planície de Inundação	Dentro	17,9	34,7	169188	60,7	< 11.9	110	606
T28	Solo	Barra Longa	Dentro	17,9	53,9	144875	156,4	< 11.0	146	435



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				0,024	6,34	40,7			1,53
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,05	0,9	21,5	-	-	0,45
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				0,5	30	30	-	-	2
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				12	50	70	-	-	25
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				36	100	100	-	-	50
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				70	120	130	-	-	100
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	0,5
S15	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.381	<3	19,1	807,8	680	<1
S60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.113	<3	28	191,8	3525	<1
T21	Solo	Gesteira	Dentro	< 0.343	<3	7,03	124,3	309	<1
T24	Solo	Gesteira	Dentro	< 0.334	<3	4,66	46,01	111	<1
T25	Solo	Gesteira	Dentro	< 0.329	<3	5,52	68,32	195	<1
T26	Solo	Gesteira	Dentro	< 0.331	<3	6,14	52,9	185	<1
T27	Solo	Gesteira	Dentro	< 0.329	<3	4,05	72,58	151	<1
T63A	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.341	<3	<3	19,3	124	<1
T63B	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.345	<3	3,19	13,2	142	<1
T65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.115	<3	3,98	15,8	179	<1
T67	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.363	<3	<3	21,3	96,7	<1
T69	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.111	<3	4,16	70,3	161	<1
S61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.094	<3	10,8	505	592	<1
T80	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.358	<3	9,34	69,5	197	<1
T28	Solo	Barra Longa	Dentro	< 0.330	<3	4,27	88,9	184	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				36,5					90,1	73,9
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,5	-	-	-	-	129	46,5
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				5	-	-	-	-	-	300
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	450
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	1000
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	1000	2000
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	80,75
S15	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	62,6	<20	746	< 6.35	77	33,1
S60	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	317	<20	1124	< 5.64	55,3	36,7
T21	Solo	Gesteira	Dentro	<1	43,6	<20	191	< 5.72	20,8	24,8
T24	Solo	Gesteira	Dentro	<1	151	<20	75,3	< 5.56	8,9	15,9
T25	Solo	Gesteira	Dentro	<1	81,8	<20	116	< 5.48	13,8	21,7
T26	Solo	Gesteira	Dentro	<1	244	<20	103	< 5.52	13,9	22,8
T27	Solo	Gesteira	Dentro	<1	97,8	<20	96,8	< 5.49	11,9	24,7
T63A	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	89,4	< 5.68	8,9	18,9
T63B	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	108	<20	87,4	< 5.75	10,5	21,9
T65	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	46,8	<20	89,5	< 5.76	11,9	16,9
T67	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	28,9	<20	69,8	< 6.05	<8	14
T69	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	68,4	<20	85,2	< 5.56	8,9	11,9
S61	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	162	<20	582	< 4.72	81,9	20,8
T80	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	24,8	<20	167	< 5.97	14,5	24,5
T28	Solo	Barra Longa	Dentro	<1	66,6	<20	131	< 5.51	12,6	18,8



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	PH DE PASTA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE PASTA	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO	ARSÊNIO	BÁRIO
				unidade de pH	µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015							17,2	30,6	84,8
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				-	-	-	0,5	8	93
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	2	15	150
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	5	35	300
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	10	55	500
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	25	150	750
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	14	60	-
T30	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,06	108	10582	<1	10	34,5
T82	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,42	188	21031	<1	63,4	103
T84	Solo	Planície de Inundação	Dentro	7,57	143	3184	<1	6,09	18,4
S06	Solo	Encosta	Fora	5,43	132	35676	<1	2	12
S10	Solo	Encosta	Fora	5,82	99	42589	<1	2,69	36,3
S09	Solo	Encosta	Fora	5,76	38,4	68312	<1	1,06	11,2
S12	Solo	Encosta	Fora	5,71	102	77693	<1	4,56	8,72
S11	Solo	Encosta	Fora	5,55	40,4	36068	<1	3,38	13
S18	Solo	Encosta	Fora	5,7	43,8	23576	<1	3,67	15,1
S16	Solo	Encosta	Fora	5,87	122	57450	<1	2,89	11,3
S28	Solo	Encosta	Fora	5,52	102	58937	<1	2,4	11,3
S13	Solo	Encosta	Fora	6,39	53,2	47678	<1	2,32	42,2
S17	Solo	Encosta	Fora	6,46	21,7	35839	<1	1,5	51,5
S32	Solo	Encosta	Fora	5,45	201	35930	<1	2,19	34,2
S34	Solo	Encosta	Fora	5,34	77,9	73085	<1	<1	50,7



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO	CÁLCIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015					14,4	0,52		15,1	9,1	35,1	
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011					-	11,5	0,4	-	19,5	6	49
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009					-	-	1,3	-	72	25	60
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009					-	-	3	-	180	35	200
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	8	-	300	65	400
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009					-	-	20	-	900	90	600
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95					-	-	-	-	24	-	70
T30	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.24	<1	258	16	<8	10,2	
T82	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 5.59	<1	666	14,9	14,9	24,1	
T84	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<3	< 4.29	<1	229	<8	<8	5,8	
S06	Solo	Encosta	Fora	<3	< 5.02	<1	138	<8	<8	4,99	
S10	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.72	<1	127	14	<8	5,59	
S09	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.99	<1	57,8	25,8	<8	<3	
S12	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.78	<1	121	<8	<8	4,17	
S11	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.68	<1	87,3	14,9	<8	<3	
S18	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.58	<1	101	<8	<8	7,25	
S16	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.43	<1	745	13	12	17,5	
S28	Solo	Encosta	Fora	<3	< 5.06	<1	228	50	36,9	42,9	
S13	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.56	<1	126	17,7	24,8	69,9	
S17	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.91	<1	91,7	21,7	15	43,9	
S32	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.41	<1	147	19,9	10,9	29,7	
S34	Solo	Encosta	Fora	<3	< 4.63	<1	178	<8	59,9	102	



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	CROMO	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉSIO	MANGANÊS
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				134,7						
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				75	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				150	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				300	-	-	-	-	-	-
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				400	-	-	-	-	-	-
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	10000
T30	Solo	Planície de Inundação	Dentro	24,9	70,3	213087	238	< 13.1	270	676
T82	Solo	Planície de Inundação	Dentro	66,4	42,3	92310	124,2	< 14.0	1545	1870
T84	Solo	Planície de Inundação	Dentro	15	34	140634	56	< 10.7	88,9	370
S06	Solo	Encosta	Fora	38,9	155,6	23181	55,3	< 12.5	135	91,8
S10	Solo	Encosta	Fora	13	127,5	14976	46,5	< 11.8	624	294
S09	Solo	Encosta	Fora	4,8	178,2	10330	14,9	< 12.5	107	72,7
S12	Solo	Encosta	Fora	19,8	128,8	26608	61,3	< 11.9	221	97,8
S11	Solo	Encosta	Fora	3,97	74	13124	21,6	< 11.7	183	65,6
S18	Solo	Encosta	Fora	20,8	117,8	31749	58,8	< 11.5	212	197
S16	Solo	Encosta	Fora	30	167,4	66009	184,1	< 11.1	375	349
S28	Solo	Encosta	Fora	48,9	134,8	117760	51	< 12.7	96,8	769
S13	Solo	Encosta	Fora	173	< 7.97	65910	104,6	< 11.4	1612	276
S17	Solo	Encosta	Fora	71,8	15,1	52060	59,6	< 12.3	1677	206
S32	Solo	Encosta	Fora	43,8	58,8	41035	57,7	< 11.0	1377	254
S34	Solo	Encosta	Fora	166	47,5	125308	186,9	< 11.6	922	969



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				0,024	6,34	40,7			1,53
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,05	0,9	21,5	-	-	0,45
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				0,5	30	30	-	-	2
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				12	50	70	-	-	25
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				36	100	100	-	-	50
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				70	120	130	-	-	100
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	0,5
T30	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.393	<3	5,27	27,6	400	<1
T82	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.420	<3	29,4	403,8	1415	<1
T84	Solo	Planície de Inundação	Dentro	< 0.322	<3	4,5	59,2	160	<1
S06	Solo	Encosta	Fora	< 0.376	<3	7,78	572,9	204	<1
S10	Solo	Encosta	Fora	< 0.354	<3	8,08	625,7	780	<1
S09	Solo	Encosta	Fora	< 0.375	<3	<3	386,8	433	<1
S12	Solo	Encosta	Fora	< 0.358	<3	7,44	698,4	242	<1
S11	Solo	Encosta	Fora	< 0.351	<3	<3	480,2	703	<1
S18	Solo	Encosta	Fora	< 0.344	<3	4,27	424,4	312	<1
S16	Solo	Encosta	Fora	< 0.332	<3	6,9	446	409	<1
S28	Solo	Encosta	Fora	< 0.380	<3	12,7	541,4	93,8	<1
S13	Solo	Encosta	Fora	< 0.114	<3	48,9	61,4	1067	<1
S17	Solo	Encosta	Fora	< 0.123	<3	30,1	205,8	1727	<1
S32	Solo	Encosta	Fora	< 0.330	<3	17,8	302	1492	<1
S34	Solo	Encosta	Fora	< 0.348	<3	40,2	110,3	611	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	SELÊNIO	SÓDIO	TÁLIO	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Distribuição de elementos-traço no Quadrilátero Ferrífero (Q75 com outlier). FEAM 2015				36,5					90,1	73,9
Padrão de Referência de Minas Gerais. D.N.COPAM 166/2011				0,5	-	-	-	-	129	46,5
Valor de Prevenção. Res. CONAMA 420/2009				5	-	-	-	-	-	300
Valor de Investigação - Agrícola. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	450
Valor de Investigação - Residencial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	-	1000
Valor de Investigação - Industrial. Res. CONAMA 420/2009				-	-	-	-	-	1000	2000
Dados de qualidade de solos para o Estado de Minas Gerais entre 1972 e 2011 - Percentil 95				-	-	-	-	-	-	80,75
T30	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	<20	<20	259	< 6.54	28,9	28,9
T82	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	93,2	<20	652	< 6.99	49,6	42,8
T84	Solo	Planície de Inundação	Dentro	<1	32	<20	101	< 5.36	12	19,3
S06	Solo	Encosta	Fora	<1	73,8	<20	252	< 6.27	39,4	12,8
S10	Solo	Encosta	Fora	<1	<20	<20	343	< 5.90	15	33,8
S09	Solo	Encosta	Fora	<1	22,9	<20	98,7	< 6.24	<8	7,97
S12	Solo	Encosta	Fora	<1	50,6	<20	291	< 5.97	33,4	21,2
S11	Solo	Encosta	Fora	<1	86,3	<20	104	< 5.85	12	12,9
S18	Solo	Encosta	Fora	<1	82,4	<20	454	< 5.73	48,5	15,9
S16	Solo	Encosta	Fora	<1	117	<20	1750	< 5.54	190	22,2
S28	Solo	Encosta	Fora	<1	44,9	<20	3229	< 6.33	368	43,9
S13	Solo	Encosta	Fora	<1	113	<20	1168	< 5.69	128	44,7
S17	Solo	Encosta	Fora	<1	58,8	<20	1510	< 6.13	102	38,9
S32	Solo	Encosta	Fora	<1	93,5	<20	1029	< 5.51	79,8	35,7
S34	Solo	Encosta	Fora	<1	<20	<20	5028	< 5.79	549	72



## Resultados Análise Elementar – Amostras de Sedimento

ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	PH DE PASTA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE PASTA	ALUMÍNIO	ANTIMÔNIO
				unidade de pH	µS/cm	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-
T167	Sedimento	Calha	Dentro	7,47	74,9	1021	<1
T152	Sedimento	Calha	Dentro	6,93	75,9	836	<1
T153	Sedimento	Calha	Dentro	6,58	71,9	537	<1
T154	Sedimento	Calha	Dentro	6,59	94,7	1470	1,31
T155	Sedimento	Calha	Dentro	6,58	68,7	1448	1,27
T156	Sedimento	Calha	Dentro	6,65	102	2458	1,15
T157	Sedimento	Calha	Dentro	6,79	61,1	653	<1
T158	Sedimento	Calha	Dentro	6,51	117	2069	1,06
T159	Sedimento	Calha	Dentro	6,47	62,3	413	<1
T160	Sedimento	Calha	Dentro	6,55	123	1157	<1
T161	Sedimento	Calha	Dentro	6,59	82,8	553	<1
T162	Sedimento	Calha	Dentro	6,39	69,9	568	<1
T163	Sedimento	Calha	Dentro	6,21	63,7	425	<1
T166	Sedimento	Calha	Dentro	6,87	74	616	<1
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	7,74	154	3918	<1
T169	Sedimento	Calha	Dentro	7,43	80,6	839	<1
SD05	Sedimento	Calha	Fora	7,3	123	6018	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	ARSÊNIO	BÁRIO	BERÍLIO	BORO	CÁDMIO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				5,9	-	-	-	0,6
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				17	-	-	-	3,5
T167	Sedimento	Calha	Dentro	3,58	12,5	<3	< 5.04	<1
T152	Sedimento	Calha	Dentro	3,89	12,6	<3	< 4.80	<1
T153	Sedimento	Calha	Dentro	2,59	8,48	<3	< 4.78	<1
T154	Sedimento	Calha	Dentro	15,5	1548	<3	< 4.73	<1
T155	Sedimento	Calha	Dentro	5,9	<3	<3	< 4.69	<1
T156	Sedimento	Calha	Dentro	36,3	<3	<3	< 4.61	<1
T157	Sedimento	Calha	Dentro	3,18	<3	<3	< 5.06	<1
T158	Sedimento	Calha	Dentro	36	<3	<3	< 4.72	<1
T159	Sedimento	Calha	Dentro	3,79	<3	<3	< 4.81	<1
T160	Sedimento	Calha	Dentro	23	<3	<3	< 4.76	<1
T161	Sedimento	Calha	Dentro	3,28	<3	<3	< 4.83	<1
T162	Sedimento	Calha	Dentro	3,38	<3	<3	< 4.87	<1
T163	Sedimento	Calha	Dentro	2,89	10,2	<3	< 5.00	<1
T166	Sedimento	Calha	Dentro	7,29	49,5	<3	< 4.78	<1
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	9,76	24,7	<3	< 4.69	<1
T169	Sedimento	Calha	Dentro	5,17	32,9	<3	< 4.86	<1
SD05	Sedimento	Calha	Fora	82,5	47,4	<3	< 1.44	<1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	CÁLCIO	CHUMBO	COBALTO	COBRE	CROMO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	35	-	35,7	37,3
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	91,3	-	197	90
T167	Sedimento	Calha	Dentro	368	<8	<8	<3	5,78
T152	Sedimento	Calha	Dentro	175	<8	<8	<3	8
T153	Sedimento	Calha	Dentro	142	<8	<8	<3	5,12
T154	Sedimento	Calha	Dentro	205	<8	<8	4,68	12,1
T155	Sedimento	Calha	Dentro	191	<8	<8	<3	7,35
T156	Sedimento	Calha	Dentro	255	<8	9	9,88	22
T157	Sedimento	Calha	Dentro	226	<8	<8	<3	6,55
T158	Sedimento	Calha	Dentro	202	<8	9	8,79	21,3
T159	Sedimento	Calha	Dentro	157	<8	<8	<3	5,18
T160	Sedimento	Calha	Dentro	217	<8	<8	5,58	13,9
T161	Sedimento	Calha	Dentro	180	<8	<8	<3	6,5
T162	Sedimento	Calha	Dentro	141	<8	<8	<3	7,63
T163	Sedimento	Calha	Dentro	219	<8	<8	<3	5,03
T166	Sedimento	Calha	Dentro	219	<8	<8	<3	8,93
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	436	12	<8	6,97	20
T169	Sedimento	Calha	Dentro	270	<8	<8	<3	6,14
SD05	Sedimento	Calha	Fora	500	<8	8,9	9,01	37,1



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	ENXOFRE	FERRO	FÓSFORO	LÍTIO	MAGNÉSIO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	-	2000	-	-
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	-	2000	-	-
T167	Sedimento	Calha	Dentro	< 8.82	75766	52,9	< 12.6	128
T152	Sedimento	Calha	Dentro	22,4	80494	59,5	< 12.0	84
T153	Sedimento	Calha	Dentro	17,4	54097	38,8	< 11.9	67,8
T154	Sedimento	Calha	Dentro	24,8	78194	44,2	< 11.8	122
T155	Sedimento	Calha	Dentro	26,3	65522	52,9	< 11.7	122
T156	Sedimento	Calha	Dentro	30	129350	117,1	< 11.5	186
T157	Sedimento	Calha	Dentro	21	31364	18,6	< 12.6	132
T158	Sedimento	Calha	Dentro	23,5	104923	50,4	< 11.8	143
T159	Sedimento	Calha	Dentro	19,3	59600	39,3	< 12.0	75,5
T160	Sedimento	Calha	Dentro	23,1	124470	48,5	< 11.9	152
T161	Sedimento	Calha	Dentro	15,4	74068	28,6	< 12.1	111
T162	Sedimento	Calha	Dentro	17,4	95109	37,6	< 12.2	83,7
T163	Sedimento	Calha	Dentro	56,5	46199	92,7	< 12.5	103
T166	Sedimento	Calha	Dentro	25,3	68943	36,6	< 11.9	123
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	12,6	150595	274,2	< 11.7	213
T169	Sedimento	Calha	Dentro	< 8.51	55782	38,4	< 12.2	233
SD05	Sedimento	Calha	Fora	61,2	33030	46,9	< 3.59	1224



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	MANGANÊS	MERCÚRIO	MOLIBDÊNIO	NÍQUEL
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	0,17	-	18
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	0,486	-	35,9
T167	Sedimento	Calha	Dentro	298	< 0.126	<3	<3
T152	Sedimento	Calha	Dentro	285	< 0.120	<3	<3
T153	Sedimento	Calha	Dentro	206	< 0.119	<3	<3
T154	Sedimento	Calha	Dentro	1130	< 0.118	<3	5,47
T155	Sedimento	Calha	Dentro	430	< 0.117	<3	<3
T156	Sedimento	Calha	Dentro	2765	< 0.115	<3	11,5
T157	Sedimento	Calha	Dentro	272	< 0.126	<3	3,29
T158	Sedimento	Calha	Dentro	2991	< 0.118	<3	10
T159	Sedimento	Calha	Dentro	206	< 0.120	<3	<3
T160	Sedimento	Calha	Dentro	1857	< 0.119	<3	6,47
T161	Sedimento	Calha	Dentro	224	< 0.121	<3	<3
T162	Sedimento	Calha	Dentro	226	< 0.122	<3	<3
T163	Sedimento	Calha	Dentro	197	< 0.125	<3	<3
T166	Sedimento	Calha	Dentro	579	< 0.119	<3	3,09
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	670	< 0.117	<3	4,78
T169	Sedimento	Calha	Dentro	416	< 0.122	<3	3,19
SD05	Sedimento	Calha	Fora	738	< 0.144	<3	15



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	NITROGÊNIO	POTÁSSIO	PRATA	SELÊNIO	SÓDIO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-	-
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-	-
T167	Sedimento	Calha	Dentro	908,4	94,6	<1	<1	267
T152	Sedimento	Calha	Dentro	37,5	59	<1	<1	64
T153	Sedimento	Calha	Dentro	31,3	36,9	<1	<1	53,9
T154	Sedimento	Calha	Dentro	29,1	82,6	<1	<1	78,6
T155	Sedimento	Calha	Dentro	37,7	94,9	<1	<1	75,9
T156	Sedimento	Calha	Dentro	23,3	122	<1	<1	116
T157	Sedimento	Calha	Dentro	33,3	83,7	<1	<1	113
T158	Sedimento	Calha	Dentro	37,8	102	<1	<1	51
T159	Sedimento	Calha	Dentro	37,4	29,8	<1	<1	57,6
T160	Sedimento	Calha	Dentro	35,1	84,6	<1	<1	78,7
T161	Sedimento	Calha	Dentro	27,4	54,9	<1	<1	74,9
T162	Sedimento	Calha	Dentro	30,4	44,8	<1	<1	34,9
T163	Sedimento	Calha	Dentro	36,5	38	<1	<1	123
T166	Sedimento	Calha	Dentro	30,8	54,8	<1	<1	86,7
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	105,4	196	<1	<1	145
T169	Sedimento	Calha	Dentro	22,6	103	<1	<1	149
SD05	Sedimento	Calha	Fora	72,9	961	<1	<1	173



ID	TIPO	LOCAL	ÁREA AFETADA	TÁLIO	TITÂNIO	URÂNIO	VANÁDIO	ZINCO
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 1. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-	123
Níveis de Classificação para Água Doce - Nível 2. Res. CONAMA 454/2012				-	-	-	-	315
T167	Sedimento	Calha	Dentro	<20	42,7	< 6.30	<8	12
T152	Sedimento	Calha	Dentro	<20	51,5	< 6.00	<8	10
T153	Sedimento	Calha	Dentro	<20	35,1	< 5.97	<8	5,99
T154	Sedimento	Calha	Dentro	<20	69,9	< 5.91	<8	11,9
T155	Sedimento	Calha	Dentro	<20	62,9	< 5.86	<8	8,99
T156	Sedimento	Calha	Dentro	<20	172	< 5.76	14,9	23,9
T157	Sedimento	Calha	Dentro	<20	58,4	< 6.32	<8	4,98
T158	Sedimento	Calha	Dentro	<20	101	< 5.90	13,1	17
T159	Sedimento	Calha	Dentro	<20	47,8	< 6.01	<8	5,96
T160	Sedimento	Calha	Dentro	<20	212	< 5.95	11,5	15,9
T161	Sedimento	Calha	Dentro	<20	74,2	< 6.03	<8	8,99
T162	Sedimento	Calha	Dentro	<20	64,7	< 6.08	<8	11
T163	Sedimento	Calha	Dentro	<20	42,3	< 6.25	<8	6
T166	Sedimento	Calha	Dentro	<20	109	< 5.97	<8	8,97
SD169	Sedimento	Calha	Dentro	<20	97,9	< 5.86	13,5	20,9
T169	Sedimento	Calha	Dentro	<20	79	< 6.08	<8	8,96
SD05	Sedimento	Calha	Fora	<20	368	< 1.80	20	16



# **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no**

## **Trecho 9**

### **ANEXO XII – Projeto Conceitual dos Sistemas de Tratamento Natural Off-Line (STN Off line)**



# Projeto Conceitual dos Sistemas de Tratamento Natural Off-Line - Trecho 9 do Rio Gualaxo do Norte

*Preparado para*



Março, 2018

**JACOBS** **ch2m**



## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Conceito de tratamento .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Sistemas de tratamento off-line e on-line .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Conceito do STN – Sistema de Tratamento Natural off-line.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Regulamentação Ambiental Aplicável e Parâmetros de Estudo .....</b>	<b>16</b>
5.1	Regulamentação sobre padrões de qualidade de águas.....	16
5.2	Estudos de Ecotoxicidade Existentes .....	18
<b>6</b>	<b>Características Históricas e Atuais do rio Gualaxo do Norte .....</b>	<b>21</b>
6.1	Vazões .....	21
6.2	Turbidez.....	23
6.2.1	Pré-Evento .....	23
6.2.2	Pós-Evento .....	26
<b>7</b>	<b>Seleção dos Locais adequados para o Sistema de Tratamento Natural Off-line .....</b>	<b>32</b>
7.1	Potenciais Locais para Implantação o STN off-line .....	32
7.2	Sites Recomendados para Implantação dos STN Off-line .....	38
<b>8</b>	<b>Projeto Conceitual dos Sistemas de Tratamento Natural Off-line .....</b>	<b>42</b>
8.1	Conceito e Critérios de Projeto.....	42
8.1.1	Diagrama de Blocos.....	42
8.1.2	Descrição do Processo de Tratamento .....	0
8.1.3	Critérios de Projeto .....	2
8.1.4	Teste Realizado em Campo .....	4
8.2	Sistema de Tratamento em GN-STN km 14 .....	6
8.3	Sistema de Tratamento em GN-STN km 48 .....	7
8.4	Memorial de Cálculo .....	9
8.5	Eficiência do Tratamento.....	11
8.5.1	Vazões Encaminhadas para Tratamento .....	11
8.5.2	Balanco de Turbidez .....	15
8.6	Procedimentos para o Comissionamento e Descomissionamento dos STN Off-line.....	20
8.7	Critérios de Seleção das Áreas de Disposição do Material Removido durante a implantação das STN .....	20
8.7.1	Capacidade de Recebimento e Avaliações Geotécnicas .....	21
8.7.2	Permissões.....	21



8.7.3	Licenciamento e Adequação das Áreas de Disposição.....	21
<b>9</b>	<b>Modelo Hidráulico Simplificado no HEC-RAS do rio Gualaxo do Norte.....</b>	<b>22</b>
9.1	Configuração do Modelo .....	22
9.1.1	Domínio .....	22
9.1.2	Geometria.....	22
9.2	Dados de Entrada .....	24
9.3	Resultados .....	28
9.3.1	GN-STN km 48.....	28
9.3.2	GN-STN km 14.....	29
<b>10</b>	<b>Lavagem nos Eventos de Cheias .....</b>	<b>31</b>
<b>11</b>	<b>Próximos Passos: Projeto Executivo .....</b>	<b>33</b>
11.1	Teste de Bancada .....	33
11.1.1	Metodologia .....	33
11.1.2	Seleção das faixas de turbidez analisadas .....	35
11.1.3	Dosagens de coagulantes .....	39
11.2	Monitoramento da Qualidade da Água.....	40
11.3	Relatório Geotécnico.....	40
11.4	Topografia.....	41
11.5	Batimetria .....	41
11.6	Modelo Hidráulico e Análise de Transporte de Sedimentos .....	41
11.7	Projeto Executivo de Engenharia .....	41
11.8	Questionamentos.....	44
<b>12</b>	<b>Cronograma de Implantação das Soluções Apresentadas .....</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>Referências.....</b>	<b>50</b>



## Lista de Figuras

Figura 1: Localização do Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte .....	7
Figura 2 – Exemplo de Sistema Off-line.....	12
Figura 3 – Exemplo de Sistema On-line .....	12
Figura 4: Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte.....	14
Figura 5: Seção transversal de uma wetland – Elevada densidade de vegetação que atuam como filtros.....	16
Figura 6: Localização da Estação 56337000 e bacia hidrográfica correspondente.....	22
Figura 7: Curva de Permanência da Estação 56337000.....	23
Figura 8: Vazões médias mensais da série histórica da estação 56337000.....	23
Figura 9: Dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio do Carmo (RD009) .....	24
Figura 10: Médias mensais dos dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio do Carmo (RD009) .....	25
Figura 11: Dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio Doce (RD071).....	25
Figura 12: Análise de frequência das medições de turbidez pré-evento entre outubro de 2008 e 2015 .....	26
Figura 13 – Resultados históricos de turbidez no rio Gualaxo do Norte (RDC-24) .....	26
Figura 14 – Resultados históricos de turbidez no rio Carmo (RDC-25) .....	27
Figura 15 – Dados de turbidez, pluviosidade e nível d’água – RGN 06 (agosto a outubro/17) .....	28
Figura 16 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 06 (novembro/17 a janeiro/18) .....	29
Figura 17 - Dados de turbidez, pluviosidade e nível d’água – RGN 08 (agosto a outubro/17).....	30
Figura 18 - Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 08 (novembro/17 a janeiro/18) .....	31
Figura 19: Localização dos potenciais locais para implantação dos STN off-line.....	33
Figura 20: Potencial locação para o GN-STN km 2 .....	33
Figura 21: Potencial locação para o GN-STN km 14 .....	34
Figura 22: Potencial locação para o GN-STN km 33 .....	34
Figura 23: Potencial locação para o GN-STN km 48 .....	35
Figura 24: Potencial locação para o GN-STN km 58 .....	35
Figura 25: Potencial locação para o GN-STN km 59 .....	36
Figura 26: Perfil de elevações do rio em potenciais locações para os STN off-line - Influência das estruturas de desvio de vazão.....	37
Figura 27: Proprietários das áreas identificadas para implantação do GN-STN km 48.....	40
Figura 28: Proprietários das áreas identificadas para implantação do GN-STN km 14 .....	41



Figura 29: Diagrama de blocos do Sistema de Tratamento Natural Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte .....	43
Figura 30: Resultados fotográficos dos testes realizados em campo para diferentes dosagens de Sulfato de Alumínio .....	5
Figura 31: Resultados de turbidez dos testes realizados em campo para diferentes dosagens de Sulfato de Alumínio .....	6
Figura 32: Fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 14 .....	7
Figura 33: Ilustração do layout preparado para o projeto conceitual do site GN-STN km 14 .....	7
Figura 34: Fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 48 .....	8
Figura 35: Ilustração do layout preparado para o projeto conceitual do site GN-STN km 48 .....	9
Figura 36: Localização da estação 56337000 e dos STNs .....	12
Figura 37: Curva de Permanência do ponto GN-STN Km 48.....	13
Figura 38: Vazões médias mensais da série histórica no ponto GN-STN Km 48.....	13
Figura 39: Curva de Permanência do ponto GN-STN Km 14.....	14
Figura 40: Vazões médias mensais da série histórica no ponto GN-STN Km 14.....	14
Figura 41: Exemplo com Q50 e Turbidez Baixa: rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.....	16
Figura 42: Exemplo com Q50 e Turbidez Média: rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.....	17
Figura 43: Exemplo com Q10 e Turbidez Elevada (650 NTU): rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14. .	18
Figura 44: Exemplo com Q10 e Turbidez Muito Elevada (1.000 NTU): rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.....	19
Figura 45. Domínio do modelo hidráulico fluvial do rio Gualaxo do Norte. Fonte: (Google Earth, 2016).....	22
Figura 46. Camada de elevação TIN gerada a partir dos dados do LiDAR para obtenção da geometria do modelo. ....	23
Figura 47. Sub-bacias de drenagem na bacia do rio Gualaxo do Norte. ....	27
Figura 48. Site GN-STN km 48 – Seções transversais analisadas na modelagem .....	29
Figura 49. Site GN-STN km 14 – Seções transversais analisadas na modelagem .....	30
Figura 50. Metodologia Testes de Bancada .....	34
Figura 51. Evolução temporal dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte no ponto TUR25.....	35



Figura 52. Gráficos da série histórica entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-81, considerando época chuvosa e de estiagem. ....	36
Figura 53. Box plot entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26, considerando época chuvosa e de estiagem. ....	36
Figura 54. Gráfico de frequência do período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-81. ....	37
Figura 55. Box plot entre o período de julho de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26, considerando época chuvosa e de estiagem. ....	38
Figura 56. Gráfico de frequência do período de julho de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26. ...	38
Figura 57: Cronograma de elaboração do Projeto Executivo e Construção dos STN off-line Conclusões e Recomendações. ....	49

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Resumo dos dados sobre os produtos químicos estudados e respectiva ecotoxicidade aguda .....	18
Tabela 2: Resultados dos ensaios crônicos de ecotoxicidade na barragem de Santarém .....	19
Tabela 3: Dados da Estação Fluviométrica .....	21
Tabela 4: Vazões observadas nos últimos 30 anos na estação 56337000. ....	22
Tabela 5: Características dos Sites para Cada Potencial Site do Sistema de Tratamento Natural Off-line .....	38
Tabela 6: Critérios de projeto para elaboração do projeto conceitual do STN OFF-LINE .....	2
Tabela 7: Memorial de cálculo para o canal de alimentação e as bacias de sedimentação. ....	10
Tabela 8: Vazões médias calculadas nos STN off-line .....	12
Tabela 9: Área total estimada para a implantação das STN Off-Line .....	20
Tabela 10: Volume total Gerado produto dos trabalhos para a implantação das STN Off-Line. ....	21
Tabela 11. Coeficientes de rugosidade de Manning adotados .....	23
Tabela 12. Sub-bacias agrupadas em cada ponto de entrada .....	24
Tabela 13. Vazões simuladas no modelo de corpo receptor .....	25
Tabela 14. Vazões acumuladas inseridas no modelo de corpo receptor. ....	25
Tabela 15. Seções transversais de análise e cotas de elevação de referência para análise do nível d'água nos sites de tratamento propostos. ....	28
Tabela 16. Resultados na modelagem – Site GN-STN km 48. Altura do nível d'água acima da superfície das bermas. ....	29



Tabela 17. Resultados na modelagem – Site GN-STN km 14. Altura do nível d'água acima da superfície das bermas. ....	30
Tabela 18: Análise de diluição do alumínio presente no lodo sedimentado em um evento de cheia do rio.....	31
Tabela 19. Resumo da análise estática dos dados do ponto TUR-81 entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017. ....	37
Tabela 20. Resumo da análise estática dos dados do ponto TUR-26 entre o período de julho de 2016 a junho de 2017.....	38

## Apêndices

Apêndice A – Exemplos Internacionais de Implantação de STN Off-line

Apêndice B – Projeto Conceitual das Áreas de Tratamento



# 1 Introdução

Foi elaborado o relatório denominado “**Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9**”, cujo objetivo foi apresentar a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito exclusivamente para o Trecho 9 localizado no rio Gualaxo do Norte. Esse documento relatou 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. Após este processo, foi identificada a necessidade de redução da turbidez e cor nos Trecho 9 do Rio Gualaxo do Norte (Figura 1).



Figura 1: Localização do Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte

Coordenadas UTM: Início Trecho 9 673252.03 E 7761244.75 S, Fim Trecho 9 702666.68 E 7755324.79 S

Com relação ao impacto da turbidez e cor das águas no referido trecho, o impacto se deve à ressuspensão das frações finas do rejeito, devido ao constante movimento de remobilização pelo fluxo normal das águas do rio Gualaxo do Norte, o que pode ser denominado como um processo de “lavagem” dos finos, e que continuará sendo a principal fonte de turbidez e cor aparente dessas águas.

Ainda que a turbidez tenha apresentado tendência de diminuição ao longo do tempo, as médias mensais continuam por acima dos 100 NTU, aumentando de forma considerável nos períodos chuvosos. Por outro lado, foi observado que as obras na seção intracalha são fontes de turbidez, desta maneira no caso de serem realizadas, medidas mitigadoras da turbidez devem ser consideradas.

Entre os principais impactos observou-se que:

- Impedimento ou restrições a usos de contato primário devido ao aumento da turbidez, degradação da paisagem decorrente da cor e turbidez principalmente no período chuvoso;
- Perda da biodiversidade aquática;
- Alteração do ecossistema aquático (redução na sobrevivência ou sucesso reprodutivo);
- Impacto na dessedentação das espécies terrestres;

A redução dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte será um primeiro passo na restauração da vida aquática no rio. Nos atuais níveis elevados de turbidez, a penetração da luz é reduzida a ponto de suprimir ou impedir significativamente o crescimento de vegetação e algas aquáticas submersas. Em um sistema saudável, a vegetação e as algas submersas se fazem presentes contribuindo para maiores níveis de oxigênio dissolvido na coluna de água oriundos da respiração das plantas e fornecendo a



fonte fundamental de alimentos para organismos aquáticos. Uma pesquisa realizada evidenciou que níveis elevados de turbidez, mesmo quando abaixo do padrão de qualidade de água de 100 NTU para este rio, têm um impacto direto e mensurável na redução da produtividade primária e da densidade de macroinvertebrados que servem como principal fonte de alimento para peixes (ODEQ, 2010). Enquanto os altos níveis de turbidez no rio ainda impedem o retorno da vida aquática, os tributários que desaguam no Rio Gualaxo do Norte levam ao mesmo a vida aquática.

Consequentemente, um dos principais objetivos deste projeto deve ser o progresso na redução dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte abaixo do padrão de qualidade da água (100 NTU).

Desta maneira, no relatório **Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9** foi realizado o processo de tomada de decisão de diferentes alternativas que visam o atendimento dos seguintes objetivos específicos:

- 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

Foram definidas as seguintes alternativas para o manejo da qualidade da água:

1. **Reservatórios ou armadilhas on-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água:** Reservatórios ou armadilhas de sedimentos com tempos de detenção suficiente que permitam a sedimentação natural dos sólidos suspensos que produzem turbidez. Estas estruturas se encontram on-line, ou seja, é necessária a construção de um dique, afundamento da calha ou alteração da declividade natural, que permitam armazenar a água por tempo suficiente;
2. **Reservatórios ou armadilhas off-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água:** Reservatórios ou armadilhas de sedimentos com tempos de detenção suficiente que permitam a sedimentação natural dos sólidos suspensos que produzem turbidez. Estas estruturas se encontram off-line, ou seja, a água é desviada do rio (parcial ou totalmente dependendo das necessidades por meio de uma estrutura de desvio) e, a sedimentação natural das partículas acontece em reservatórios ou armadilhas localizados em planícies aluvionares e não diretamente na calha do rio.
3. **Tratamento on-line, na foz do Rio Gualaxo, utilizando adição de produtos químicos e monitoramento da qualidade da água:** Sistema de tratamento que utiliza como principal estrutura física a própria calha do rio, dispensa a criação de áreas alagadas ou reservatórios nas planícies. Toda a vazão do rio deve ser considerada no tratamento que utiliza a adição de produtos químicos para remover os sólidos em suspensão. Um exemplo neste caso seria o sistema de tratamento FlotFlux®.
4. **Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água:** Esta alternativa contempla a implantação de reservatórios de pequenas dimensões nas planícies aluvionares (off-line), para a adição de floculantes e coagulantes, seguidos de sistemas de “wetlands” (áreas alagadas). A vazão do rio é parcialmente desviada ao sistema de tratamento com adição de produtos químicos. Este sistema de tratamento também é denominado como Sistema de Tratamento Natural (STN).



5. **Monitoramento da qualidade da água:** Esta alternativa contempla o monitoramento periódico da água dos rios visando o entendimento da evolução do parâmetro turbidez, e tendências para avaliação de necessidades de intervenção.

Das premissas estabelecidas para cada uma das alternativas, observou-se a inviabilidade de implantar a alternativa 1 – Reservatórios ou armadilhas on-line com sedimentação natural e monitoramento da qualidade da água. Desta maneira, apenas as Alternativas 2, 3, 4 e 5 foram consideradas no processo de tomada de decisão, sendo finalmente vencedora, a Alternativa 4 - 4. Tratamento off-line, utilizando adição de produtos químicos seguidos de sistemas de tratamento natural e monitoramento da qualidade da água.

De forma resumida, pode-se dizer que o Sistemas de Tratamento Natural (STN) *off-line* proposto possui as seguintes vantagens:

- **Tratamento distribuído ao longo do rio** – A possibilidade de tratamento sequencial favorece a redução da turbidez ao longo do rio e não apenas num ponto a jusante. Além disso, fornece a possibilidade de tratamento em áreas a montante onde pode ser tratada a vazão em tempo seco e chuvoso. Um benefício adicional de implantar mais de um STN em série, é a mitigação do impacto ambiental ocasionado por ações de remediação (obras intracalha) a montante de cada sistema, evitando a propagação do impacto a jusante. Outra vantagem de possuir múltiplos locais de tratamento, é o fato de que cada local de aplicação da técnica tende a a possuir menor parcela do rio direcionada para tratamento químico, devido à diminuição da turbidez nos locais a montante, desta maneira, pode ser reduzida a dosagem de produtos químicos.
- **Pequenas áreas de represamento a montante da estrutura de desvio** - As estruturas são localizadas a jusante de áreas com grandes declividades ou gargantas naturais, evitando grandes represamentos e mantendo a geomorfologia natural do rio. O tratamento será localizado nas planícies aluvionares e *wetlands* naturais históricas nas margens do rio.
- **Tratamento off-line** - O descarte de produto químico nas *wetlands* e no rio é praticamente nulo e inofensivo para a vida aquática, visto que os mesmos são retirados nas bacias de sedimentação (testes de bancada serão realizados para garantir esta hipótese). No caso, de algum residual ser transferido às *wetlands*, essas áreas irão filtrar o excedente evitando o descarte no rio. As bacias de sedimentação serão projetadas para serem inundadas em grandes eventos com tempos de retorno de 10 anos ou mais, de modo de diminuir o impacto no caso de lavagem de cheias. O tratamento off-line também reduz o impacto ambiental gerado durante a construção, já que apenas a estrutura de desvio é construída no rio, sendo as demais estruturas construídas nas planícies de inundação.
- **Reprodução de ambientes naturais e recuperação da vida aquática** - As *wetlands* trabalham como filtros e atuam como viveiros para plantas nativas e vida aquática, as quais são liberadas para o rio em conjunto com a água tratada. No futuro, com o rio recuperado e o tratamento não sendo mais necessário, as *wetlands* podem permanecer para restaurar de forma acelerada a vida aquática aos níveis que existiam anteriormente. Uma vantagem significativa deste processo de tratamento, é que divide a vazão em parcelas, uma parcela do rio nunca é desviada para tratamento, outra parcela do rio é tratada nas *wetlands* sem nenhum tipo de adição química e uma última parcela é encaminhada para tratamento com produtos químicos. Esta última, é misturada com as outras duas parcelas, que permanecem com uma pureza que pode suportar a vida aquática sem preocupação com a toxicidade que ocorre quando produtos químicos são adicionados à totalidade da vazão do rio.



- **Processo de descomissionamento simples** - Devido ao processo de construção ser simples e com poucas estruturas de concreto, maximizando o aproveitamento da geomorfologia natural, o processo de descomissionamento é considerado simples, existindo a possibilidade de reutilização das estruturas e bacias por parte dos proprietários para serem utilizadas como sistemas de irrigação, cultura de peixes, entre outros.
- **Funcionamento por gravidade** - As estruturas de desvio serão localizadas em áreas elevadas a montante das planícies de inundação evitando a inclusão de sistemas de bombeamento, minimizando os custos de operação, manutenção e o impacto durante a construção.
- **Custo reduzidos de construção, operação e demanda de energia** – Os custos de construção são reduzidos devido à pequena infraestrutura de concreto a ser implantada, e como consequência redução no custo operacional, sendo possível a implementação de soluções sustentáveis que possam ser incorporadas como um benefício adicional ao proprietário. Em função desses aspectos, o tempo de implementação é reduzido, possibilitando o comissionamento em 4 meses.

Considerando o rio Gualaxo do Norte como um todo, existe a possibilidade de se implantar diversos STN ao longo desse, sendo que quanto maior o número de sites que forem implantados, menor será a parcela de vazão que deve ser desviada e tratada com produtos químicos em cada um deles. Com a implantação do maior número possível de sites ao longo do rio Gualaxo do Norte, o alvo da turbidez poderia ser atingido em uma maior faixa de vazões e níveis de turbidez, e como consequência, a maior parte do rio não exigiria tratamento com produtos químicos. Em decorrência disso, ocorreria a preservação da vida aquática de forma a restaurar rapidamente a saúde do rio e retorno da biota.

No presente relatório é apresentado o Projeto Conceitual do STN off-line identificado como viável no km 14 e km 48 desde a foz do rio Gualaxo do Norte. O design apresentado deverá ser aprimorado durante a etapa de **projeto executivo**, o qual fornecerá as informações necessárias para a construção dos mesmos.



## 2 Conceito de tratamento

Existem dois tipos de alternativas para o tratamento de sedimentos suspensos. A primeira caracteriza-se por elevados tempos de detenção em grandes reservatórios, sendo que a segunda alternativa, por meio de adição de floculantes e coagulantes, possibilita a diminuição dos tempos de detenção e, como consequência, permite a implantação de reservatórios de pequenas dimensões.

Turbidez é o termo aplicado a matéria suspensa de qualquer natureza, presente em um corpo de água. Considera-se necessário realizar uma distinção entre matéria suspensa, que precipita rapidamente, chamada sedimento, e aquela que precipita vagorosamente, que provoca a turbidez. A parte fina, é mantida em suspensão devido a interações eletroestáticas e viscosas com a água, geralmente esta parte fina composta por silte e argila.

Para sedimentação natural das partículas, existe uma relação direta entre a velocidade de sedimentação, o diâmetro das partículas e a densidade das mesmas, conforme apresentado na Lei de Stokes (20°C). Conforme apresentado em Tomaz (2013) a velocidade de sedimentação em partículas de argila varia entre 8 cm/d e 35 cm/d e para silte varia entre 0,0008 cm/s e 0,14 cm/s.

Para que aconteça a sedimentação, é necessário que o tempo de sedimentação seja menor que o tempo de detenção no reservatório, de forma que para poder sedimentar a partícula de silte a profundidade de 1m, considerando uma velocidade de sedimentação de 0,01 cm/s, é necessário um tempo de sedimentação de 3 hs.

O tempo de detenção nos reservatórios deve ser suficiente para diminuir a velocidade da água e permitir o processo de sedimentação. Se o objetivo fosse tratar 10 m<sup>3</sup>/s, a velocidade da água pode ser estimada em 0,67 m/s (profundidade de 1 m e largura de 15 m). Desta maneira, se o objetivo fosse que o tempo de detenção seja ao menos igual ao tempo de sedimentação, seria necessário um comprimento de canal na ordem de 7 km.

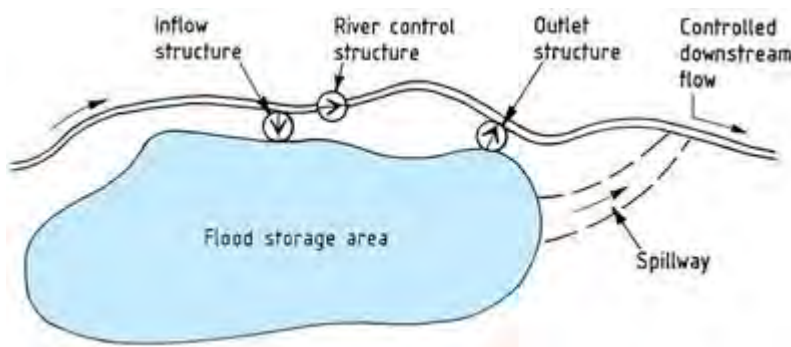
Considerando a geomorfologia do terreno, observou-se a impossibilidade de implantar grandes reservatórios ao longo do rio Gualaxo do Norte. Desta maneira será necessária a adição de floculantes e coagulantes, o que possibilita a diminuição dos tempos de detenção.



### 3 Sistemas de tratamento off-line e on-line

Um exemplo em que a técnica de tratamento off-line é utilizada, é mostrado na Figura 2, de autoria da Agência de Meio Ambiente do Governo de Grã-Bretanha. O esquema representa uma planície de alagamento fora da calha do rio.

Figura 2 – Exemplo de Sistema Off-line



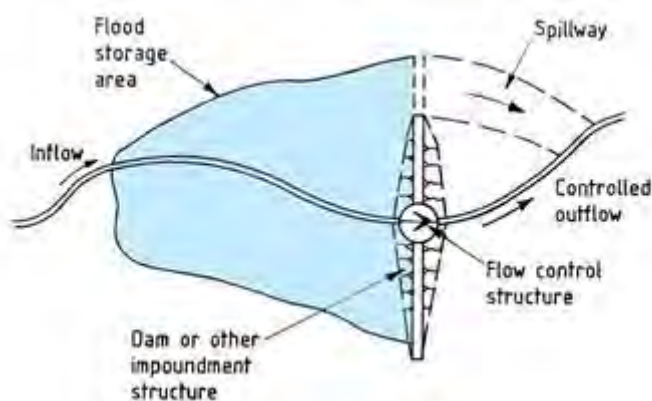
**Fonte:** Environmental Agency, 2018.

Nesse caso, a água desviada do curso do rio (parcial ou totalmente dependendo das necessidades) e a aplicação dos produtos químicos para o tratamento da água não é diretamente no rio, mas em um canal de alimentação ou em reservatórios localizados em planícies aluvionares.

Por outro lado, um tratamento “on-line”, ou conectado/ligado, seria um sistema de tratamento que utiliza como principal estrutura física a própria calha do rio. Dessa maneira toda a vazão do rio deve ser considerada no tratamento com produtos químicos, e os componentes do rio são retirados do mesmo indiscriminadamente, incluindo poluentes e vida aquática, esterilizando o rio.

Um exemplo em que tal técnica é utilizada é mostrado na Figura 3. O esquema representa uma planície de alagamento na calha do rio.

Figura 3 – Exemplo de Sistema On-line



**Fonte:** Environmental Agency, 2018.

As principais diferenças entre ambos sistemas de tratamento da água são:



- Para os sistemas on-line, uma vez aplicados os produtos químicos para tratamento da água, a mesma permanece esterilizada na sua totalidade. No caso dos sistemas off-line, é possível deixar uma parcela sem tratamento.
- Os sistemas de tratamento off-line permitem flexibilidade entre as vazões que serão encaminhadas para tratamento e as que não serão tratadas com produtos químicos. Desta maneira, nos períodos nos que os níveis de turbidez estiverem apenas um pouco por acima dos valores esperados, apenas uma pequena parcela pode ser encaminhada para tratamento.
- O tratamento off-line reduz o impacto ambiental gerado durante a construção, pois apenas a estrutura de desvio é construída no rio, sendo as demais estruturas construídas nas planícies de inundação. Por outro lado, os sistemas on-line, possuem um impacto maior durante a construção devido as obras a serem realizadas intracalha e extracalha.
- Os sistemas de tratamento off-line possuem um descomissionamento simples, proporcional ao simples processo de construção com poucas estruturas de concreto, maximizando o aproveitamento da geomorfologia natural, existindo ainda, a possibilidade de reutilização das estruturas e bacias por parte dos proprietários como sistemas de irrigação, cultura de peixes, entre outros. Por outro lado, nos sistemas de tratamento on-line, o processo de descomissionamento é mais complicado devido às grandes estruturas a serem implantadas, as quais não podem ser utilizadas para outros fins.

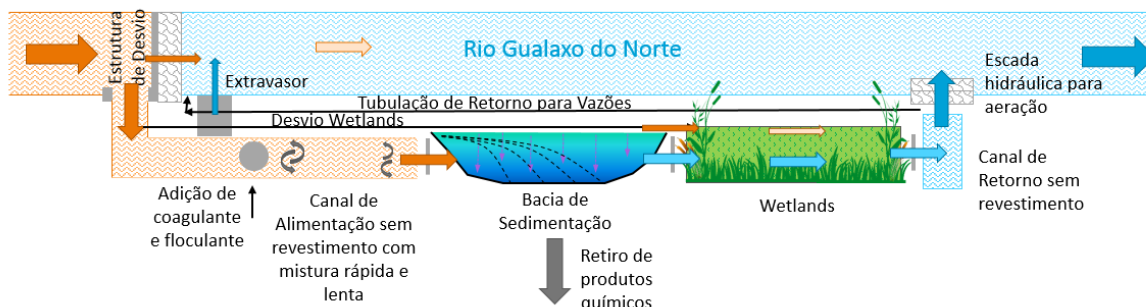
Desta maneira, caso necessária a aplicação de produtos químicos para o tratamento da água do rio, o sistema de tratamento off-line apresenta maiores vantagens quando comparado aos tratamentos on-line.



## 4 Conceito do STN – Sistema de Tratamento Natural off-line

Este tipo de tecnologia permite um trabalho em série de bacias de sedimentação com aplicação de produtos químicos com wetlands, as quais melhoram a qualidade da água antes de ser vertida nos corpos hídricos. Esta alternativa é considerada amplamente viável e tem sido implementada com sucesso em diversas partes do mundo para tratamento da água, conforme apresentado no **Apêndice A**.

Na Figura 4, é apresentado um esquema do STN Off-line proposto para o Trecho 9 no rio Gualaxo do Norte. O detalhamento de sua aplicação e funcionamento será apresentado na Seção 8.



**Figura 4: Esquema do STN Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte**

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 remanescente será tratada com coagulantes e floculantes, e posteriormente também filtrada nas wetlands a fim de remover partículas e flocos em suspensão e recuperar a vida aquática. A vazão combinada da água tratada apenas nas wetlands com a vazão tratada nas bacias de sedimentação, com adição de coagulantes e floculantes e nas wetlands, alcançará uma turbidez consideravelmente inferior a 100 NTU. Desta maneira, quando a água tratada é devolvida ao curso do rio, a turbidez total da mistura ainda será menor que 100 NTU.

Uma vantagem significativa do processo de tratamento off-line, é que a parcela tratada quimicamente recebe novamente a condição de suportar a vida aquática ao ser adicionada às parcelas não tratadas quimicamente (parcela não desviada e parcela tratada naturalmente por meio das wetlands), minimizando os impactos ambientais do tratamento. A condição não seria possível caso os produtos químicos fossem adicionados à totalidade da vazão do rio (tratamento on-line), uma vez que não haveria etapas posteriores para atenuação da toxicidade ocorrida.

O processo consiste na divisão da vazão do rio em parcelas, em que uma parcela nunca é desviada para tratamento, outra parcela é tratada nas wetlands sem nenhum tipo de adição química e uma última parcela é encaminhada para tratamento com produtos químicos. Esta última, é misturada às outras duas parcelas, que permanecem com pureza suficiente para suportar a vida aquática sem a



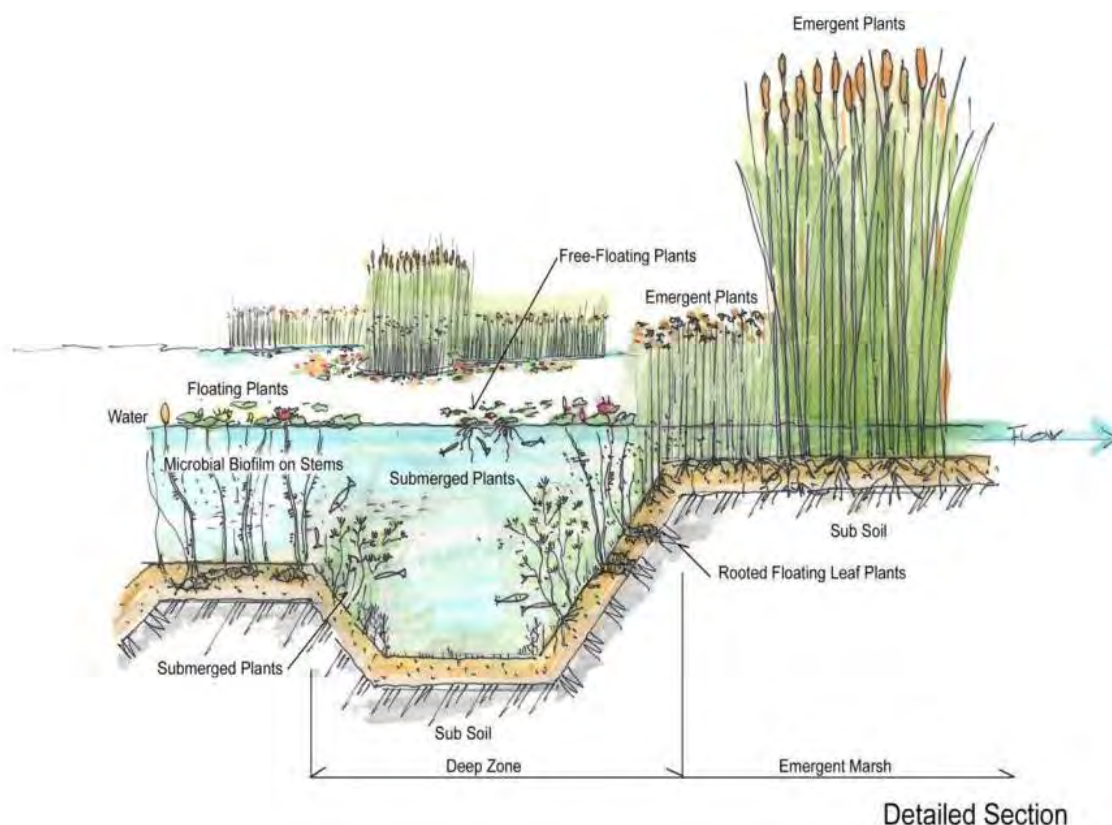
preocupação com a toxicidade ocorrida caso os produtos químicos fossem adicionados à totalidade da vazão do rio.

As proporções das parcelas de água (a parcela não desviada para tratamento, a parcela que só recebe tratamento nas wetlands, e a parcela que recebe tratamento completo com coagulantes e floculantes mais wetlands), **mudarão continuamente com base nos níveis de turbidez do rio e na vazão**. Isto é, durante a estação seca, quando a vazão total do rio e a turbidez são menores, a parcela desviada para tratamento poderá ser mantida, aumentando a proporção com relação a vazão total do rio e consequentemente, reduzindo o uso total de produtos químicos. Portanto, **a porcentagem do rio que se encontra exposta a concentrações de coagulantes e floculantes será minimizada a todo momento**, para atingir os níveis alvo de turbidez com maior uso do tratamento natural nas wetlands e menor uso do tratamento químico.

Resumidamente, a parcela de vazão com tratamento com produtos químicos no STN off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte será encaminhada a um processo composto por três fases principais nas quais será realizado o procedimento de redução da turbidez até os valores admissíveis e esperados.

- A primeira fase será no canal de alimentação, onde será realizada a dosagem de químicos, para favorecer o processo de sedimentação por meio do adensamento das partículas. Os floculantes possuem a particularidade de conseguir remover argila, matéria orgânica e cor em até algumas horas. A esta mistura de produtos químicos pode ser adicionada alcalinidade, isto dependerá do pH da água do rio.
- Após o processo de mistura no canal de alimentação, a água será transferida para a segunda fase nas bacias de sedimentação, onde acontecerá a sedimentação dos flocos formados no processo de coagulação e floculação. A área disponível para a bacia de sedimentação é um dos fatores que condiciona a vazão total a ser tratada, sendo assim, foi selecionada a maior área disponível, a fim de tratar a maior vazão possível. Além da área disponível, a taxa de escoamento superficial ou velocidade de sedimentação é um outro fator essencial na hora de determinar a vazão que poderá ser tratada. Os sólidos sedimentados, os quais carregam os químicos adicionados, são removidos de forma direta nessas bacias, evitando assim o descarte nos rios.
- A última fase acontecerá nas wetlands, as quais contarão com espécies de plantas aquáticas nativas. Estas atuam como filtros finais, aderindo nas plantas e sedimentando nas zonas rasas, as partículas não sedimentadas previamente.





**Figura 5: Seção transversal de uma *wetland* – Elevada densidade de vegetação que atuam como filtros.**

Com base em estudos anteriores, no conhecimento do processo e experiência, é esperado que a aplicação de um coagulante a base de um sal metálico não atinja níveis de ecotoxicidade aguda ou crônica durante a operação normal do STN. Um sistema operando com alcalinidade e agitação adequadas deverão prover as condições ideais para que o metal reaja completamente. No entanto é de extrema importância que testes de bancada sejam realizados para a seleção rigorosa do tipo de produto químico a ser utilizado, e sua dosagem.

## 5 Regulamentação Ambiental Aplicável e Parâmetros de Estudo

### 5.1 Regulamentação sobre padrões de qualidade de águas

Para a esta etapa de concepção dos STN off-line de água propostos, limitou-se o levantamento de regulamentação ambiental aplicável apenas à qualidade de águas superficiais. Desta forma, foram identificados dois instrumentos legais:

- **Resolução CONAMA Nº357, de 17 de março de 2005**

*“Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”*



- **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, de 05 de Maio de 2008**

*“Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”*

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1/2008 é aplicada no âmbito do Estado de Minas Gerais e corresponde à Resolução CONAMA Nº357/2005, esta última de âmbito federal. De acordo com esses documentos, a classificação das águas deve ser avaliada por condições e padrões específicos, de forma a assegurar níveis de qualidade e usos preponderantes e o enquadramento dos corpos de água, um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve “estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade” (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/2008).

Quanto ao enquadramento dos trechos do rio, escopo deste trabalho, de acordo com o “Relatório Técnico – Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG”, de 1 de fevereiro de 2016, publicado pelo IGAM: “as águas do Rio Doce não possuem proposta de enquadramento aprovada”. Conforme estabelecido tanto pelo artigo 42º da Resolução CONAMA nº 357/05 e artigo 37º da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/08: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2”. Portanto, para as premissas deste projeto, as águas do rio Gualaxo do Norte, afluente da bacia do Rio Doce, pertencem a águas doces de Classe 2.

Ambos os instrumentos legais citados definem águas doces como “águas com salinidade igual ou superior a 0,5 ‰”. Para as águas doces de Classe 2, os parâmetros relacionados à concepção dos sistemas de tratamento deste projeto e seus respectivos limites são:

- i. Turbidez: até 100 NTU;
- ii. Sólidos em suspensão totais: 100 mg/L;
- iii. Sólidos dissolvidos totais: 500 mg/L;
- iv. Cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- v. Sulfato total: 250 mg/L SO<sub>4</sub>;
- vi. Alumínio dissolvido: 0,1 mg/L de Al.

Dentre os parâmetros citados acima, ressalta-se que a turbidez seria o parâmetro diretamente relevante para o objetivo da concepção proposta, sendo que os outros importam de forma indireta no tratamento e descarte.

Entretanto, segundo o Termo de Transição e de Ajustamento de Conduta, assinado em 2 de março de 2016, sobre o evento do rompimento da barragem do Fundão ocorrido em 5 de novembro de 2015, dispõe sobre o limite de turbidez:

*“CLÁUSULA 157: As medidas descritas nos PROGRAMAS terão por objetivo reduzir gradativamente a turbidez dos Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, até a UHE Risoleta Neves, para níveis máximos de 100 (cem) NTU na estação seca, no prazo definido de acordo com os estudos estabelecidos na CLÁUSULA 150, observado o prazo máximo de 3 (três) anos.”*



## 5.2 Estudos de Ecotoxicidade Existentes

Quanto à toxicidade de substâncias químicas adicionadas às águas para tratamento da turbidez, de acordo com o relatório da APLYSIA Soluções Ambientais preparado para Samarco denominado “Avaliação dos Possíveis Efeitos do Uso Contínuo de Floculantes e Coagulantes no Ambiente - Relatório Final - Relatório Técnico nº 836/2017 - Revisão 00”, o qual se encontra no momento de realização do presente projeto em processo de revisão interna por parte da Fundação Renova, foram estudados possíveis agentes coagulantes ou floculantes, e a combinação dos mesmos, que seriam aplicáveis nas soluções propostas neste projeto conceitual. Mesmo sendo o referido estudo realizado com uma outra finalidade, os resultados obtidos servem como base e ponto de partida para entendimento do impacto na ecotoxicidade dos diferentes floculantes e coagulantes avaliados. Testes de bancada deverão ser elaborados na etapa de projeto executivo para determinar a combinação de concentrações ótimas e o remanescente na água tratada a fim de evitar agregar toxicidade ao ambiente.

Segundo o Guia Técnico do Manual de Produtos Químicos da CETESB<sup>1</sup>: “A ecotoxicologia preocupa-se com o estudo das ações e efeitos nocivos de agentes físicos e químicos presentes no meio ambiente sobre os constituintes vivos dos ecossistemas, tendo como principal finalidade avaliar o risco resultante da presença de tais agentes”.

No meio aquático, para a avaliação da toxicidade de agentes ou da mistura de agentes tóxicos, geralmente se utiliza uma população homogênea, como organismo-teste, para a determinação da concentração responsável por um efeito tóxico. Usualmente, por motivos técnicos e econômicos, são escolhidas espécies representativas de diferentes níveis tróficos (como algas, crustáceos, moluscos e peixes).

O Guia Técnico da CETESB lista alguns parâmetros comumente usados para exprimir toxicidade, entre eles a “Concentração Efetiva – CE”, definida como:

**“CE<sub>50</sub> – Concentração Efetiva 50:** *exprime a toxicidade a curto prazo de uma substância que por inalação em condições bem definidas afeta 50% de um grupo de seres vivos em teste, mencionando-se também a duração da exposição ao agente tóxico.*”

O estudo da APLYSIA (2017) teve como objetivo geral determinar se a utilização de floculantes e coagulantes combinados é causador potencial de efeitos crônicos, a longo prazo, em organismos aquáticos. Este estudo teve três etapas: avaliação da ecotoxicidade individual de cada produto, avaliação dos produtos combinados e ensaios na Barragem Santarém, *in situ*, dos produtos selecionados. O estudo ressalta a ausência de informações referentes aos efeitos crônicos em organismos aquáticos. A Tabela 1 mostra o levantamento da ecotoxicidade aguda de 10 produtos selecionados pelo estudo.

**Tabela 1: Resumo dos dados sobre os produtos químicos estudados e respectiva ecotoxicidade aguda**

Categoria	Identificação	Características	Ecotoxicidade Aguda (CE <sub>50</sub> )
Coagulante	Flonex 4540	Líquido incolor levemente amarelado	10 – 100 mg/L

<sup>1</sup> Manual de Produtos Químicos da CETESB. O manual é composto de um Guia Técnico e 879 Fichas de Informação de Produto Químico. Disponível em: <http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/manual-de-produtos-quimicos/>



Categoria	Identificação	Características	Ecotoxicidade Aguda (CE <sub>50</sub> )
	Superfloc C577	Líquido amarelo viscoso	10 – 100 mg/L
	Sulfato de Alumínio Ferroso	Sólido granulado marrom/ cinza	Não disponível
	Policloreto de Alumínio PAC12	Líquido âmbar pouco viscoso	282,8 mg/L
	Policloreto de Alumínio PAC18	Líquido âmbar pouco viscoso	282,8 mg/L
	Tanfloc SG	Líquido castanho escuro	13,2 mg/L
Floculante	Flonex 934 VHM	Sólido branco granulado	>100 mg/L
	Flonex 920 SHR	Sólido granular	>100 mg/L
	Superfloc A100S	Sólido creme	>100 mg/L
	Superfloc N100	Sólido branco	>100 mg/L

Fonte: APLYSIA, 2017.

Em relação à ecotoxicidade crônica, o relatório aponta os seguintes resultados para organismos de 3 níveis tróficos, de acordo com ensaios realizados na Barragem Santarém. Contudo, o estudo sugere que as concentrações reportadas não são compreendidas como a dose máxima de aplicação, mas que sejam consideradas como referência de carga residual dos produtos no ambiente, ou seja, que poderiam interagir com a biota aquática.

Os resultados abaixo correspondem à concentração que causa efeito em 10% dos organismos (CE<sub>10</sub>) ou ao valor crônico estimado (VC), calculado sob a CE<sub>15</sub> gerada em ensaio de avaliação da mortalidade dos peixes.

**Tabela 2: Resultados dos ensaios crônicos de ecotoxicidade na barragem de Santarém**

Categoria	Produto	Ecotoxicidade Crônica		
		<i>Danio rerio</i> VC	<i>Ceriodaphnia dubia</i> CE <sub>10</sub>	<i>P. subcapitata</i> CE <sub>10</sub>
Coagulante	Flonex 4540	0,048 mg/L	0,32 mg/L	0,078 mg/L
	Superfloc C577	0,032 mg/L	0,15 mg/L	0,33 mg/L
	Tanfloc	1,72 mg/L	5,76 mg/L	1,6 mg/L
	Sulfato de Alumínio Ferroso	3,45 mg/L	10,66 mg/L	5,61 mg/L
	Policloreto de Alumínio – PAC12	138 mg/L	124 mg/L	8,13 mg/L
	Policloreto de Alumínio – PAC18	34,5 mg/L	25,92 mg/L	2,34 mg/L
Floculante	Flonex 920 SHR	17,25 mg/L	33,73 mg/L	98,49 mg/L
	Flonex 934 VHM	17,25 mg/L	0,36 mg/L	166,56 mg/L
	Superfloc A100S	17,25 mg/L	6,89 mg/L	38,28 mg/L
	Superfloc A100S	862,5 mg/L	343,3 mg/L	75,2 mg/L

Fonte: APLYSIA, 2017.



Para a avaliação de produtos combinados, estudou-se um ponto a montante da UHE Candonga, compreendida no Rio Doce, concluindo-se que:

- Isoladamente os coagulantes (ecotoxicidade crônica entre 0,032 e 138 mg/L) apresentam maior potencial tóxico quando comparados com floculantes (0,36 a 862,5 mg/L).
- O Policloreto de alumínio – PAC12 – foi o coagulante com menor potencial tóxico e, em geral, os coagulantes constituídos por sais de alumínio foram os relativamente menos tóxicos.
- O Superfloc N100 foi o floculante com menor ecotoxicidade crônica.
- A combinação Superfloc C577 com o Superfloc A100S apresentou o menor risco ecológico.
- A combinação de Policloreto de alumínio (PAC12) 10 mg/L + Superfloc N100 25 mg/L não apresentou toxicidade para nenhum dos organismos expostos.
- A efetivação dos impactos sobre a biota depende da fração residual dos compostos, nesse sentido, os resultados obtidos na avaliação com amostras do ambiente indicaram que o uso não provocou incremento na ecotoxicidade frente as condições atuais do curso hídrico.
- Sugere-se que sejam realizados estudos/monitoramentos *in situ* durante a aplicação visando confirmar se a utilização da combinação de coagulante e floculante para a região não está agregando toxicidade ao ambiente.



## 6 Características Históricas e Atuais do rio Gualaxo do Norte

### 6.1 Vazões

Através do levantamento de estações fluviométricas disponíveis com histórico de dados registrados e ainda de acordo com outros relatórios de estudos hidrológicos foi identificada apenas uma estação de monitoramento com dados históricos, cuja bacia compreende o rio Gualaxo do Norte e, consequentemente, o trecho de interesse desse projeto de concepção. Os dados foram obtidos através do portal Hidroweb da ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>).

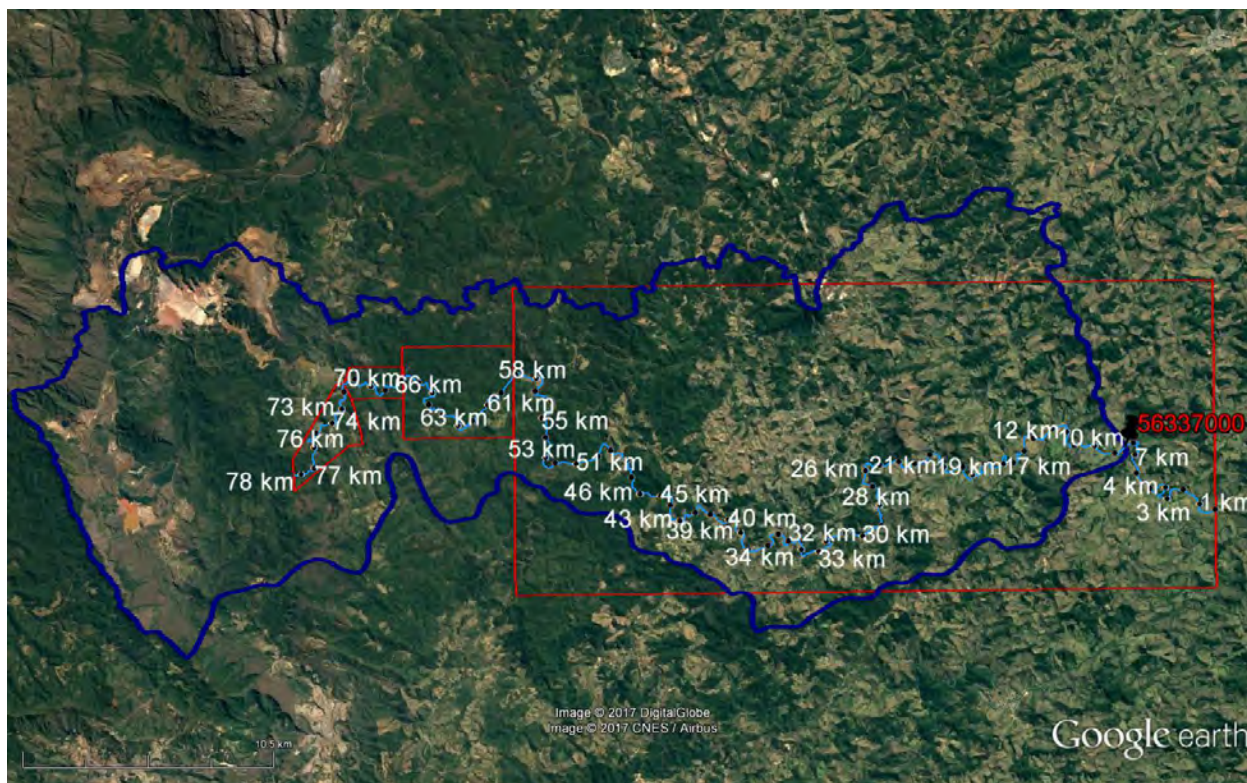
Os dados da estação fluviométrica considerada são os seguintes:

**Tabela 3: Dados da Estação Fluviométrica**

Código	56337000
Nome	FAZENDA OCIDENTE
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO LESTE (5)
Sub-bacia	RIO DOCE (56)
Rio	RIO GUALAXO DO NORTE
Estado	MINAS GERAIS
Município	BARRA LONGA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-20:16:2
Longitude	-43:6:3
Altitude (m)	549
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	529

A área da bacia hidrográfica correspondente à Estação Fluviométrica 56337000, denominada como FAZENDA OCIDENTE, é apresentada na Figura 6.





**Figura 6: Localização da Estação 56337000 e bacia hidrográfica correspondente**

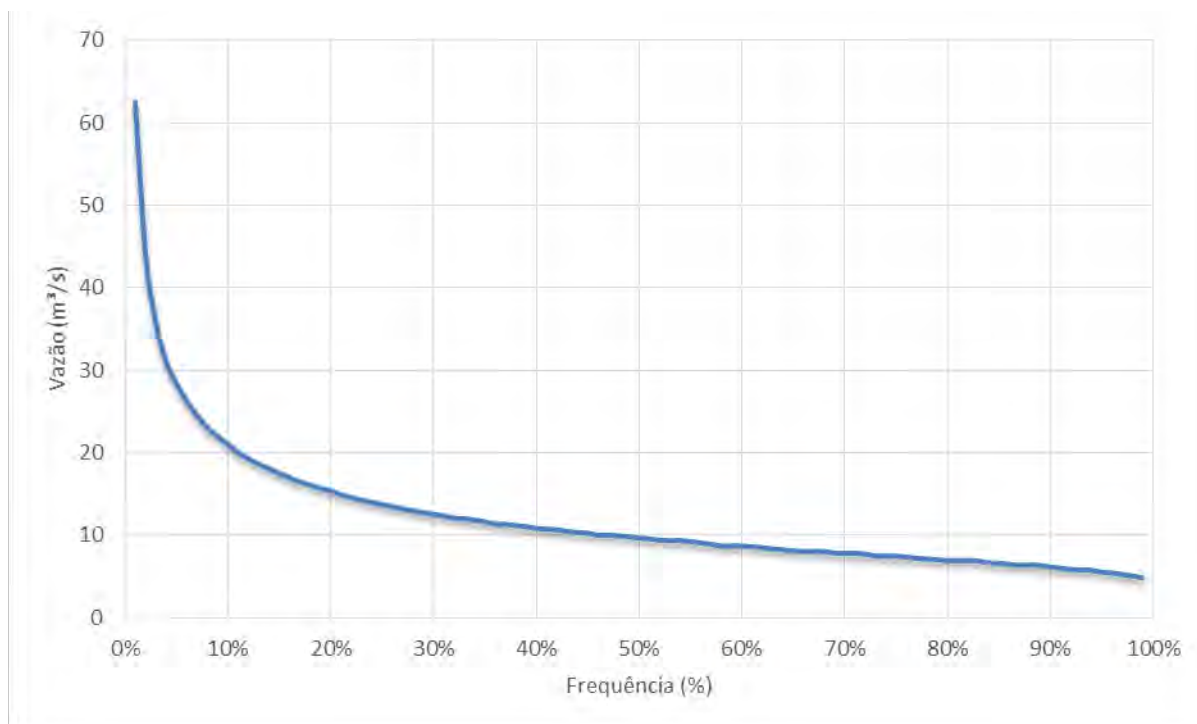
Esta estação 56337000 compreende dados brutos de vazão de 1938 a 2005 e dados consistidos de 2008 a abril de 2015. A vazão média da série histórica da estação é de 12,8 m<sup>3</sup>/s, enquanto que a vazão com 50% de frequência é de 9,7 m<sup>3</sup>/s. A partir da curva de permanência calculada em função dos últimos 30 anos de vazões disponíveis, Figura 7, observa-se que aproximadamente 70% das vazões ocorrem abaixo da média.

Na Tabela 4 estão apresentadas as estatísticas de vazões, enquanto na Figura 8 estão apresentadas as médias anuais calculadas para os últimos 30 anos na estação 56337000. Nessa figura, observou-se que o período de vazões baixas começa no mês de abril, estendendo-se até o mês de setembro, sendo que os meses com maiores vazões são dezembro e janeiro.

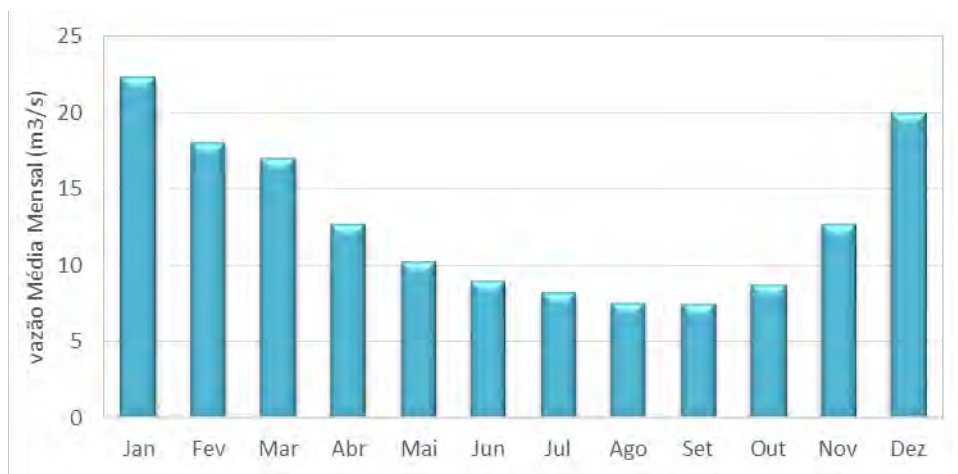
**Tabela 4: Vazões observadas nos últimos 30 anos na estação 56337000**

Série de vazões (m <sup>3</sup> /s)	
Média	12,8
Máxima	540,0
Mínima	2,2
Mediana	9,7
Q <sub>7,10</sub>	4,8





**Figura 7: Curva de Permanência da Estação 56337000**



**Figura 8: Vazões médias mensais da série histórica da estação 56337000**

## 6.2 Turbidez

Os níveis de turbidez do rio Gualaxo do Norte foram divididos entre período pré-evento e pós-evento, considerando o impacto nas características da água superficial causado pelo rompimento da barragem de Fundão. Esta informação serve como base para entendimento das condições pré-evento (ou linha de base), principalmente com relação a ordem de grandeza da turbidez e a sua variação sazonal, e também das condições pós-evento, ligadas ao entendimento da variação dos diferentes parâmetros de interesse de qualidade da água afluente aos STN off-line.

### 6.2.1 Pré-Evento

Os dados para análise das características de linha de base da bacia hidrográfica avaliada foram coletados do banco de dados do monitoramento da qualidade de água realizado pelo Instituto Mineiro



de Gestão das Águas – IGAM. Estes dados foram obtidos através do Portal InfoHidro do IGAM (<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica>) e as estações de monitoramento relevantes para este estudo são:

- RD009 –(20°21'0"; -43°19'5,002") – estação de monitoramento a montante da confluência do rio Gualaxo do Norte e Rio Carmo
- RD071 (-20°16'58,199"; -43°1'56,338") – estação de monitoramento a jusante da confluência do rio Gualaxo do Norte e Rio Carmo

Mesmo que ambas estações se encontram fora do Trecho 9, servem como referência da ordem de grandeza da turbidez na bacia pré evento.

A seguir são apresentados os registros históricos disponíveis de turbidez na estação RD009 na Figura 9 entre os períodos de julho de 1997 e junho de 2016 (frequência mensal ou bimestral), ou seja, antes e depois do evento de rompimento da Barragem do Fundão. Observou-se que os valores médios estão na ordem de 50 NTU, sendo que o máximo observado atinge aproximadamente 420 NTU (fevereiro de 2002). Em função disso, foram obtidas as médias mensais, conforme apresentado na Figura 10, onde observou-se que no mês de fevereiro, época de chuvas, ocorreram os valores mais elevados de turbidez.

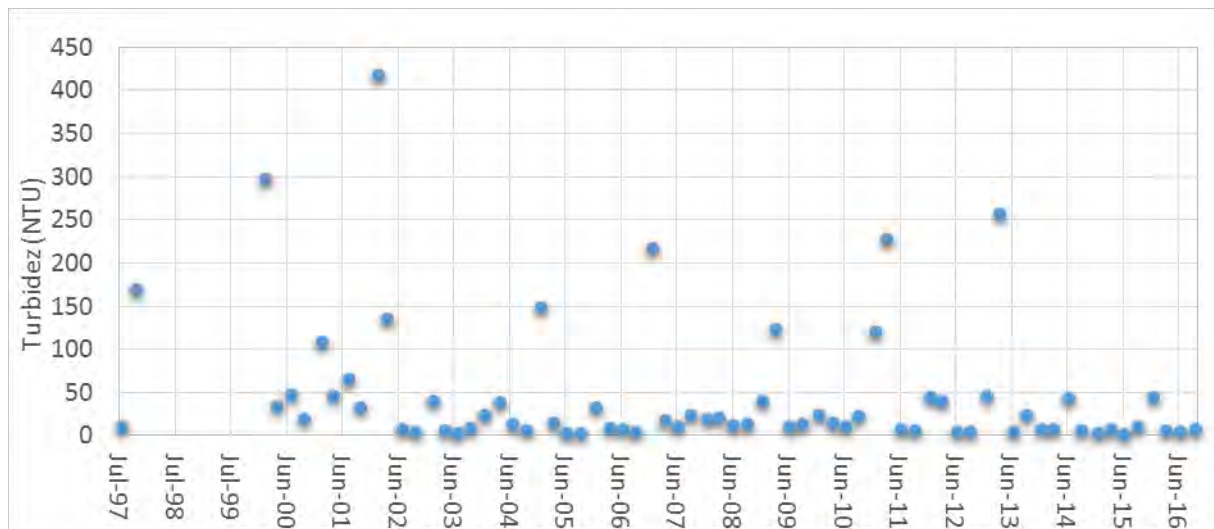
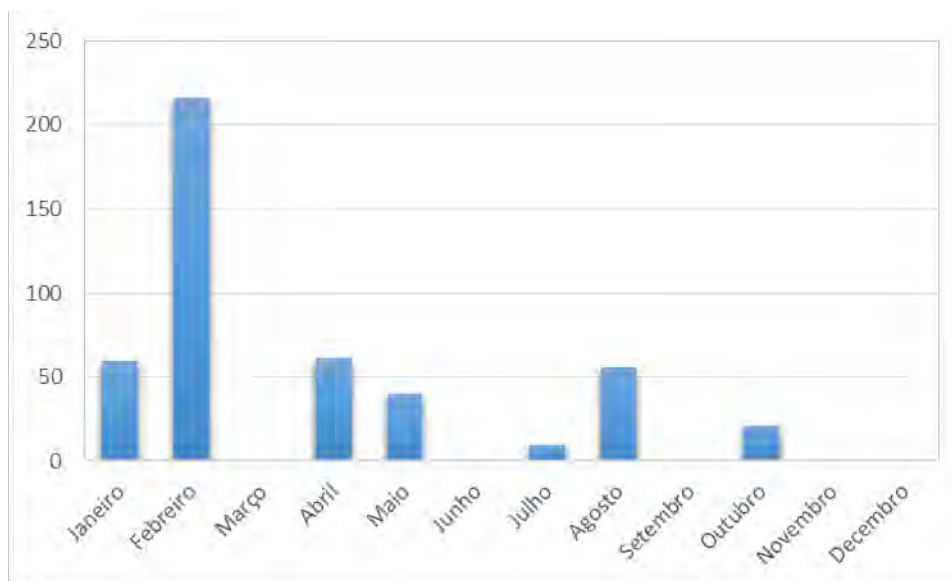


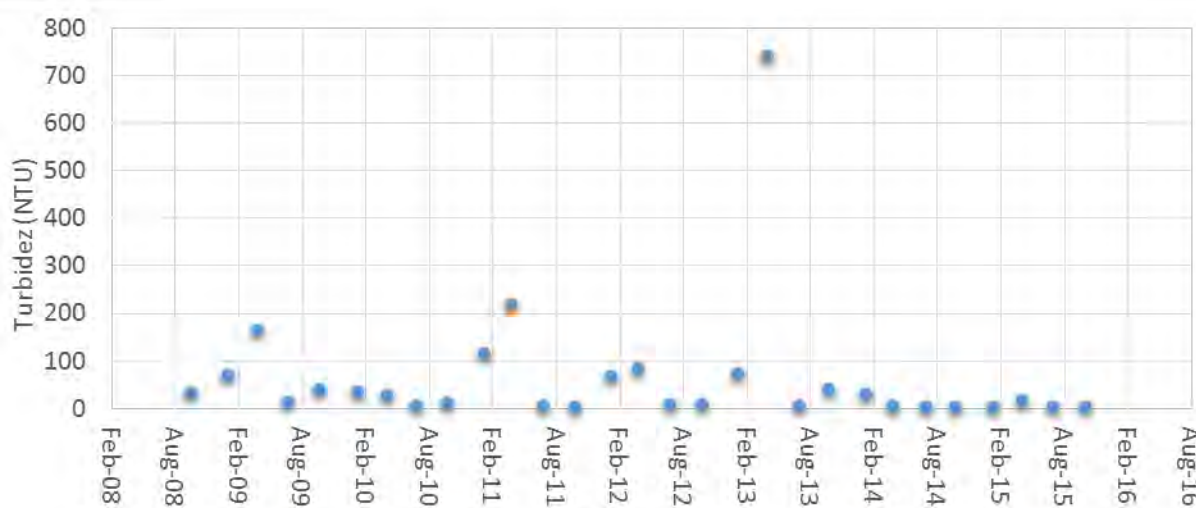
Figura 9: Dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio do Carmo (RD009)





**Figura 10: Médias mensais dos dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio do Carmo (RD009)**

Na Figura 11 são apresentados os registros históricos disponíveis de turbidez na estação RD072 no rio Doce entre o mês de junho de 2008 e o mês do acontecimento do evento, em novembro de 2015.

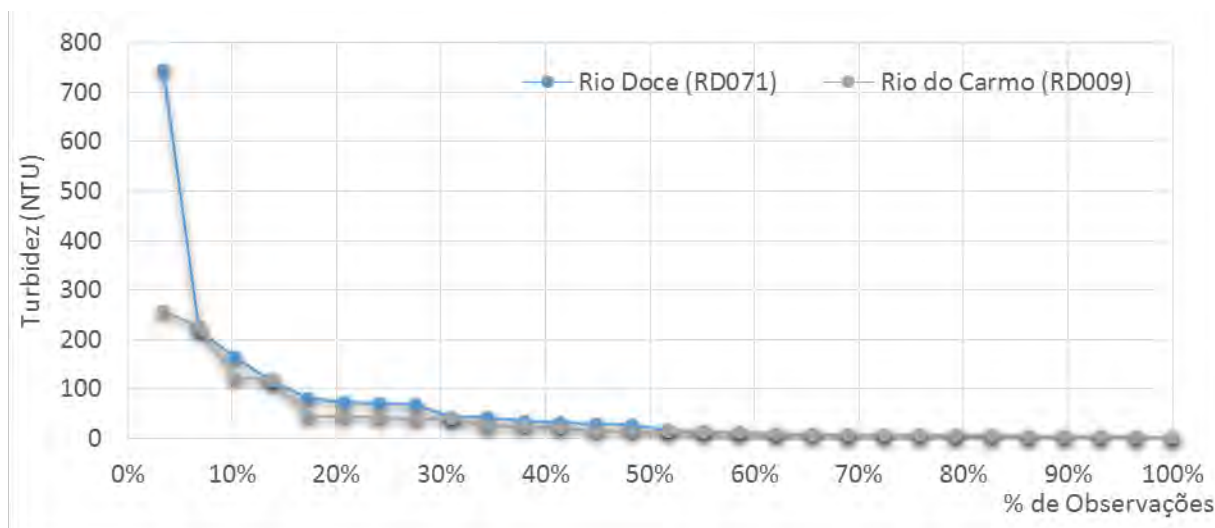


**Figura 11: Dados de monitoramento histórico de turbidez no Rio Doce (RD071)**

Em seguida, na Figura 12, foi calculada a frequência dos dados de turbidez nas estações para o mesmo período quando foram medidos valores abaixo de 100 NTU em aproximadamente 85% do tempo e, consequentemente, 15% das medições históricas estavam acima do limite legal de 100 NTU.

Foi observado que historicamente em período antes do evento de rompimento da barragem, o Rio Doce apresentou maiores valores de turbidez que o Rio do Carmo. Considerando as vazões dos dois principais tributários, entende-se que o rio Gualaxo do Norte pode ter apresentado maior turbidez.





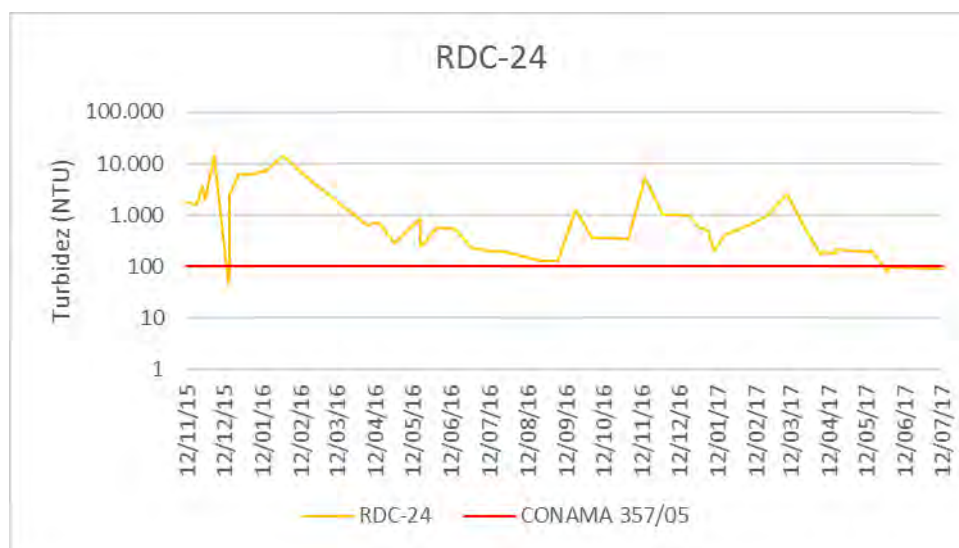
**Figura 12: Análise de frequência das medições de turbidez pré-evento entre outubro de 2008 e 2015**

### 6.2.2 Pós-Evento

A fim de entender o impacto da sazonalidade (período chuvosos e secos) e da evolução da ordem de grandeza dos níveis de turbidez no Trecho 9 desde o evento de rompimento da barragem de Fundão foram compilados os dados de dois pontos localizados próximos da confluência do rio Gualaxo do Norte com o rio Carmo: um na foz do Gualaxo do Norte (RDC-24) e outro no Carmo (RDC-25) a montante da confluência com o Gualaxo. Estes foram disponibilizados pela Fundação Renova através de um banco de dados de monitoramento (“BDGERAL”). A Figura 13 apresenta a localização destes pontos (Seção 5.1.7 - Resultados dos Monitoramentos e Informações de Outros Programas do Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9).

Nas Figura 13 e Figura 14 estão os compilados os dados de média diária de turbidez nos pontos avaliados em comparação com o valor permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce, classe II de 100 NTU para o período de 12 de novembro de 2015 a meados de junho/julho de 2017.

**Figura 13 – Resultados históricos de turbidez no rio Gualaxo do Norte (RDC-24)**

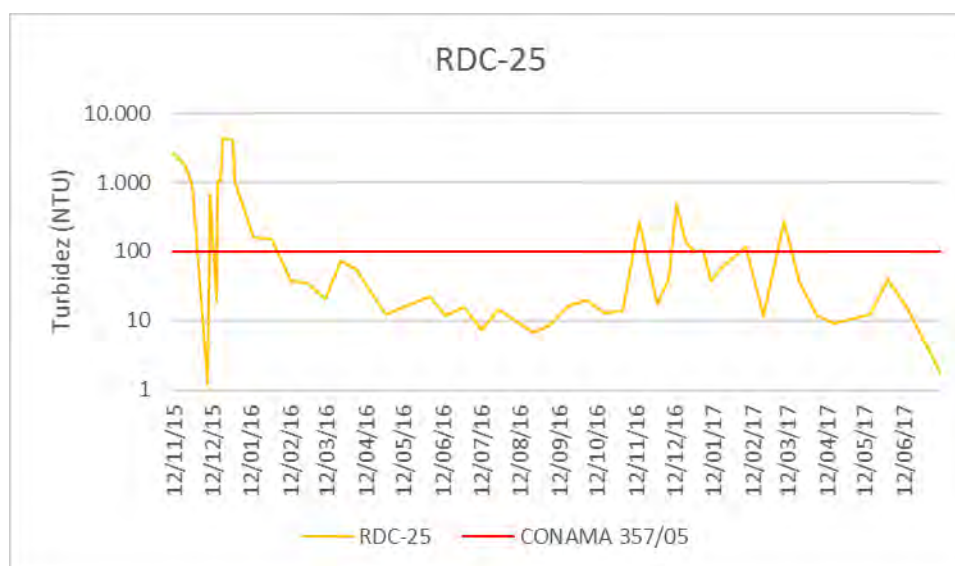


**Fonte:** Fundação Renova, 2017



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

**Figura 14 – Resultados históricos de turbidez no rio Carmo (RDC-25)**



**Fonte:** Fundação Renova, 2017

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

Além das análises laboratoriais, o PMQQS conta com 22 estações automáticas contemplando o monitoramento em tempo real em rios, compostas por estruturas fixas nos locais de medição, onde foram instalados equipamentos para medição de nível d'água bem como sondas de medição contínua de parâmetros de qualidade da água, com início de operação entre junho e julho de 2017. Além disso, as estações contam com equipamento de medição de parâmetros meteorológicos.

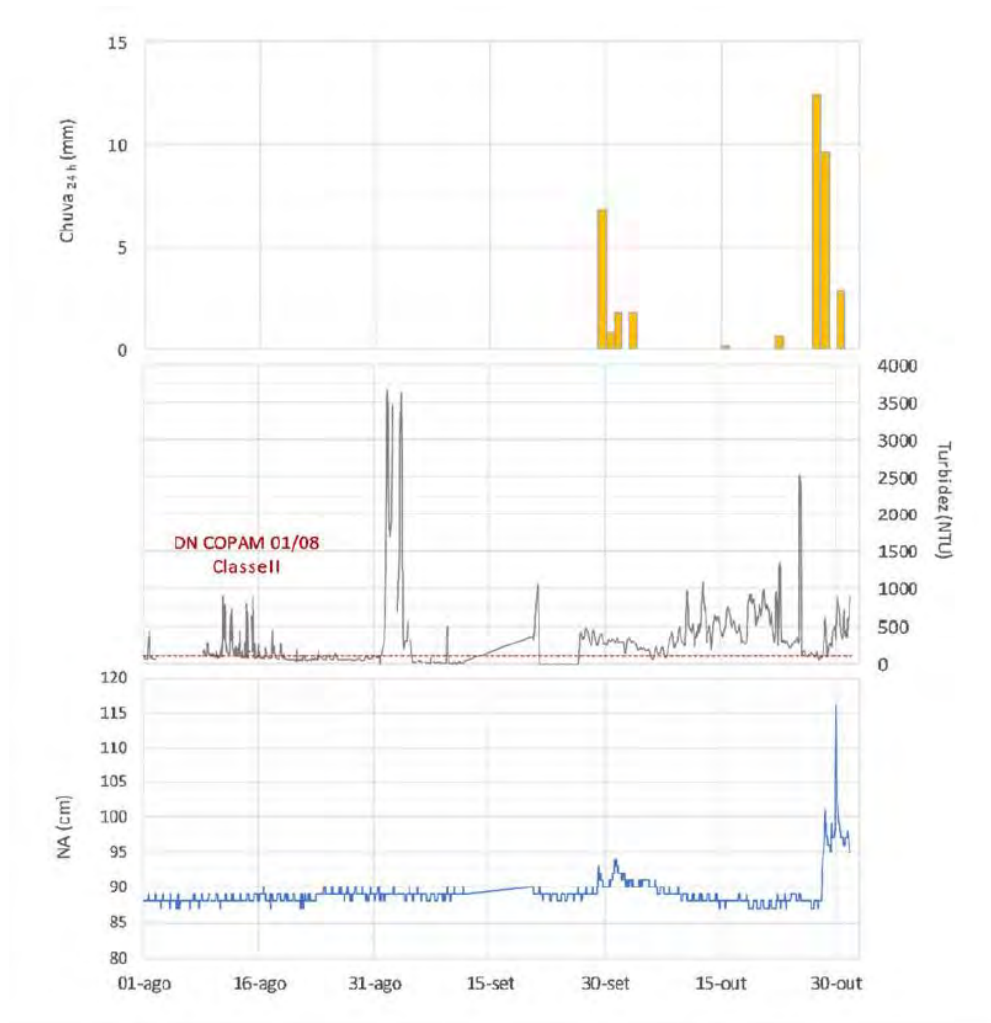
Para o presente PMR serão utilizados os dados de duas estações automáticas: RGN 06 e RGN 08, os quais estão inseridos dentro do Trecho 9. Estas são do tipo I, ou seja, estações telemétricas de monitoramento de nível do rio (modelo de pressão ou de radar), sensor pluviométrico (modelo do tipo báscula), temperatura do ar e turbidímetro Modelo OBS500 da Campbell. A localização destas



estão na Figura 135 na Seção 5.1.7 - Resultados dos Monitoramentos e Informações de Outros Programas do Volume 4 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9.

A Figura 15 apresenta gráficos com dados de pluviosidade, turbidez e nível d'água registrados na Estação Automática RGN 06 no período de agosto a outubro de 2017, que foram extraídos do relatório técnico trimestral do PMQQS, referente ao período de agosto a outubro de 2017, elaborado em fevereiro de 2018 pela Fundação Renova.

**Figura 15 – Dados de turbidez, pluviosidade e nível d'água – RGN 06 (agosto a outubro/17)**



Fonte: Fundação Renova (PMQQS), 2018

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

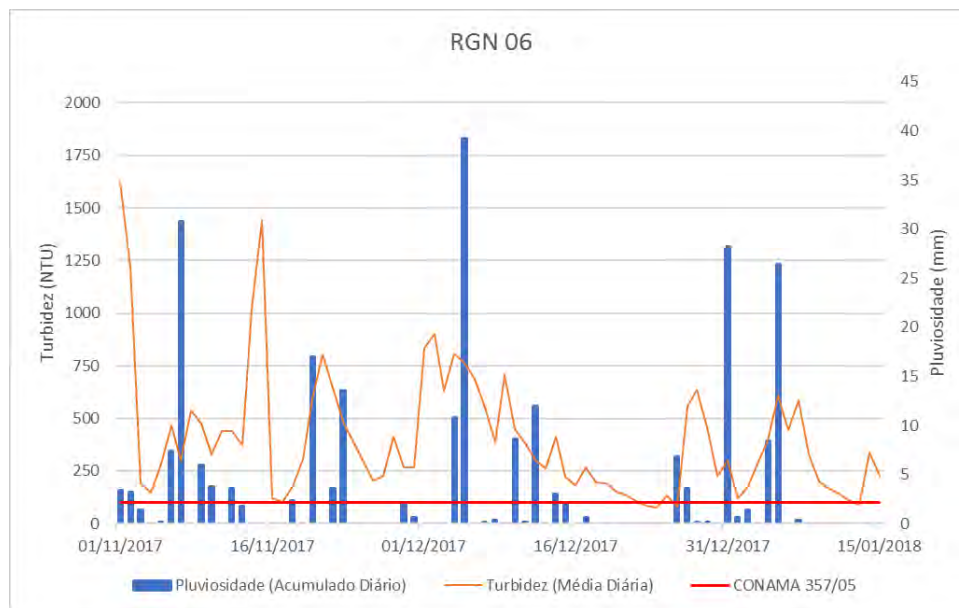
Para complementar a análise, a Fundação Renova disponibilizou os dados de monitoramento de pluviosidade e turbidez do RGN 06 dos meses seguintes (novembro de 2017 a janeiro de 2018) e que serão contemplados no próximo relatório trimestral do PMQQS que se encontra em fase de



elaboração. Os dados são apresentados na Figura 16, a qual indica que as médias diárias de turbidez oscilaram de 100 a 1.600 NTU aproximadamente, estando os picos no início e no fim da primeira quinzena de novembro. Logo na sequência dos dois picos, a turbidez reduziu significativamente para quase 100 NTU. No entanto, os dias mais chuvosos não coincidem com esses valores mais altos de turbidez.

De acordo com o relatório citado, alguns valores elevados de turbidez identificados estão relacionados à presença de algas aderidas no turbidímetro, observadas durante visitas de manutenção semanais das estações. Outra justificativa apresentada é a influência das obras de engenharia e movimentação de terra realizadas a montante da estação por meio do programa de regularização de calhas e margens dos rios e afluentes, as quais foram concluídas no fim de dezembro de 2017.

**Figura 16 – Dados de turbidez e pluviosidade – RGN 06 (novembro/17 a janeiro/18)**

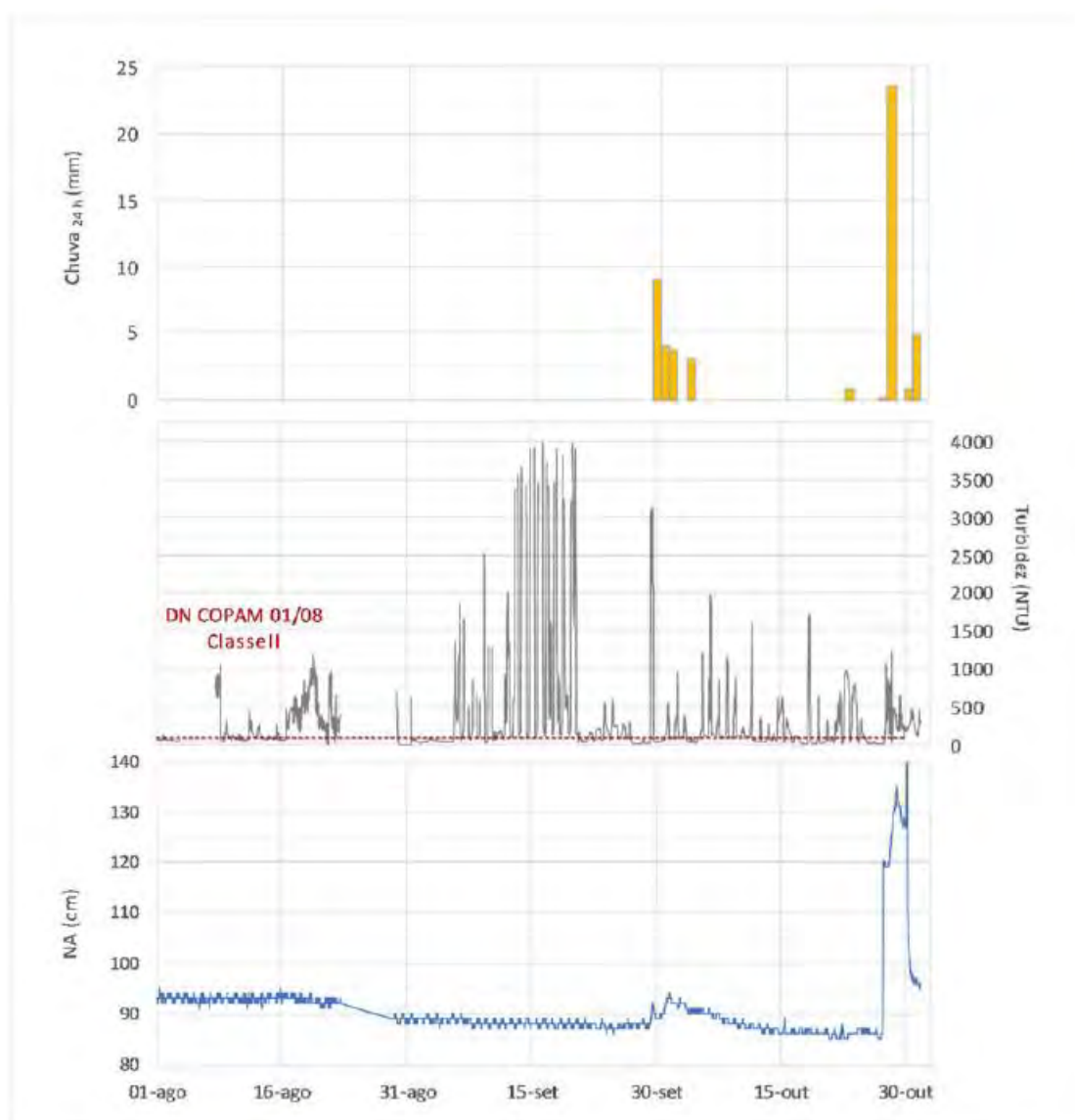


Fonte: Fundação Renova, 2018

A Figura 17 apresenta os dados de turbidez, pluviosidade e nível d'água no ponto RGN 08, para o período de agosto a outubro de 2017, sendo o gráfico também extraído do relatório trimestral do PMQQS elaborado pela Fundação Renova (fevereiro de 2018).



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



Fonte: Fundação Renova (PMQQS), 2018

De acordo com o gráfico, a turbidez durante a segunda semana de setembro atingiu quase 4.000 NTU (valor limite de quantificação da sonda multiparamétrica) quando a precipitação de chuva foi de 0 mm. Outro pico foi detectado no fim de setembro com mais de 3.000 NTU, período em que a precipitação foi de quase 10 mm, entretanto, a Fundação Renova afirma que estes valores não são esperados para a estação de estiagem. Nestes períodos, o RGN 06 (estação a montante do RGN 08) registrou turbidez por volta de 500 NTU. Ressalta-se que, apesar de valores altos de turbidez, a estação também detectou concentrações menores que 100 NTU e, estando portanto, em atendimento à referência legal, em todos os meses.

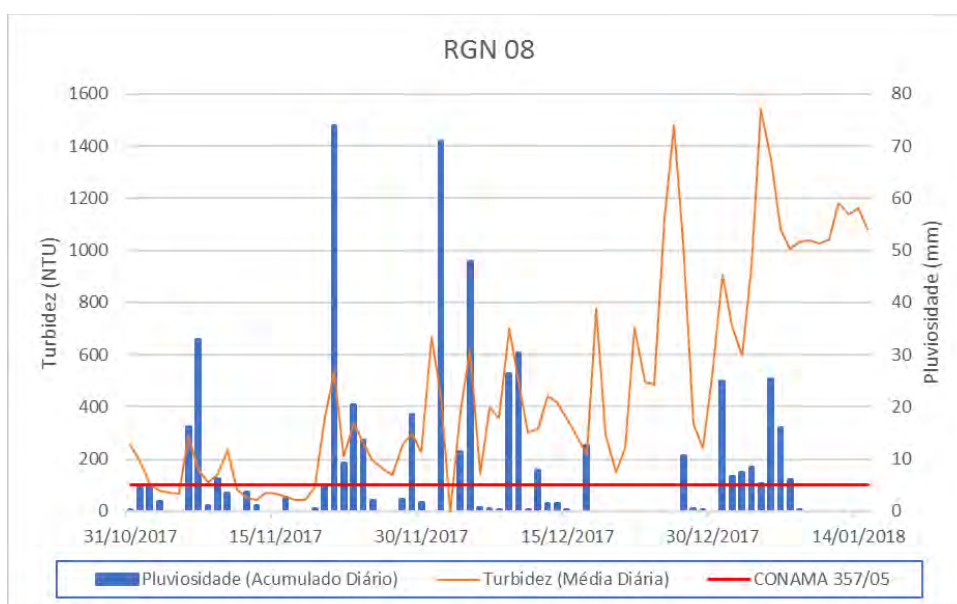
Segundo o relatório citado, assim como verificado no RGN 06, no ponto RGN 08 foram observadas algas aderidas no turbidímetro, que podem ter influenciado alguns valores elevados de turbidez.



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

Como feito para os dados do RGN 06, a Figura 18 apresenta os dados de turbidez (média diária) e pluviosidade (acumulada diária) de novembro de 2017 a janeiro de 2018 do ponto RGN 08. Em linhas gerais, observa-se que a turbidez foi aumentando de outubro a janeiro, passando de aproximadamente 200 NTU a 1500 NTU. Os menores valores foram do início de outubro até a primeira quinzena de dezembro e os maiores valores no fim de dezembro até início de janeiro. Já a pluviosidade no período foi mais alta na segunda quinzena de novembro e no início de dezembro.

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



Fonte: Fundação Renova, 2018



## 7 Seleção dos Locais adequados para o Sistema de Tratamento Natural Off-line

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.

Esta seção apresenta a descrição do processo que foi feito na identificação e seleção de sites propícios para a implantação dos STN off-line.

### 7.1 Potenciais Locais para Implantação o STN off-line

Nos 58 km de comprimento do Trecho 9 no rio Gualaxo do Norte, a bacia hidrográfica é caracterizada por uma geomorfologia de íngremes montanhas e vales e um rio que possui um elevado gradiente. A declividade média do rio dentro destes trechos estudados está na ordem de 0,4% (0,004 m/m). Várias quedas ocorrem na região em que o canal está limitado por íngremes afloramentos rochosos. Nos trechos do rio com menor gradiente, em consequência de o canal do rio ser pouco limitado pelas colinas adjacentes, surgem as planícies aluvionares, as quais na maioria dos casos possuem pequenas dimensões (menores de 1ha de tamanho). Desta maneira, devido à topografia local, existem apenas alguns locais de planícies ao longo do rio que possuem tamanho suficiente para a implantação dos STN off-line.

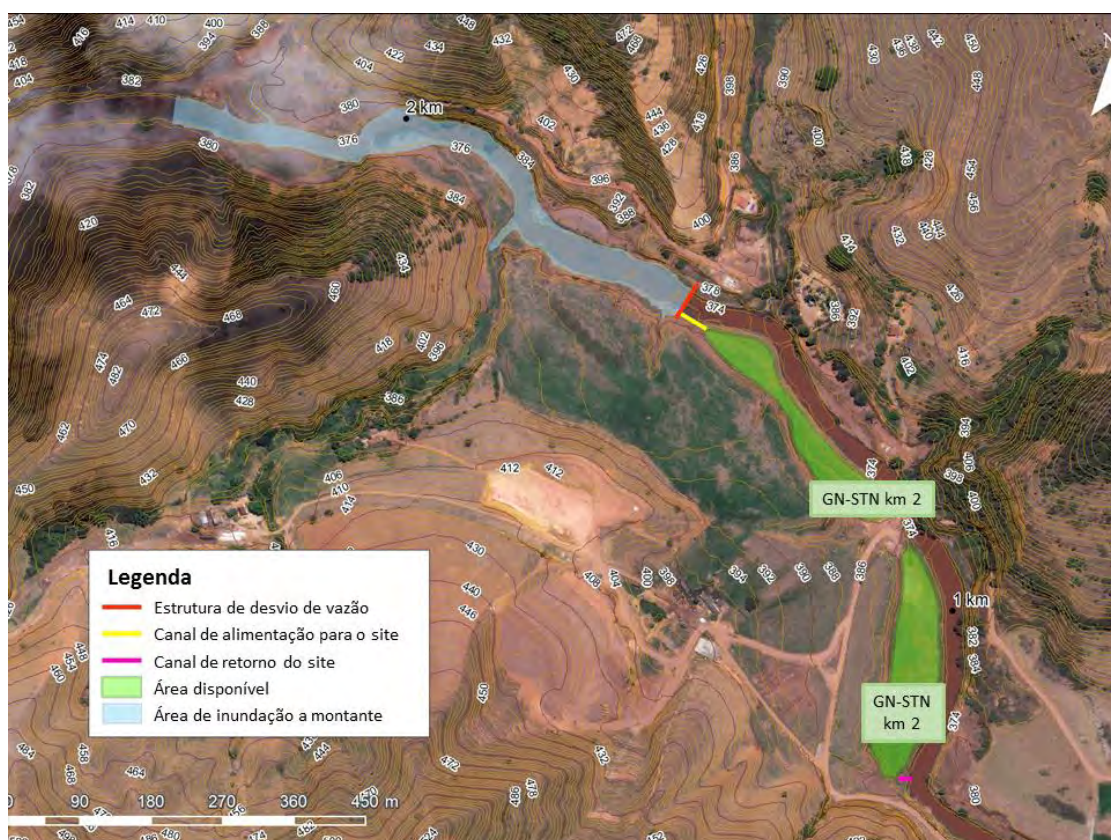
Para o presente estudo, imagens aéreas e dados topográficos foram primeiramente avaliados, a fim de identificar potenciais locais para implantação dos STN off-line. Todos os locais identificados que eram acessíveis por estrada foram visitados, para verificar principalmente, se as condições dos mesmos eram favoráveis para as instalações dos STN off-line.

A Figura 19 apresenta um mapa geral dos sete (7) locais selecionados e considerados como potenciais locais para implantação dos STN off-line. Estes locais encontram-se distribuídos ao longo dos Trechos 8 e 9 do rio Gualaxo do Norte. Os mapas de cada local mostram, a área potencial disponível para as instalações do STN off-line e a localização das estruturas de desvio de vazão (Figura 20 a Figura 25). Adicionalmente, perfis longitudinais do rio, ao longo dos trechos atingidos em cada local são apresentados na Figura 26.





**Figura 19: Localização dos potenciais locais para implantação dos STN off-line**

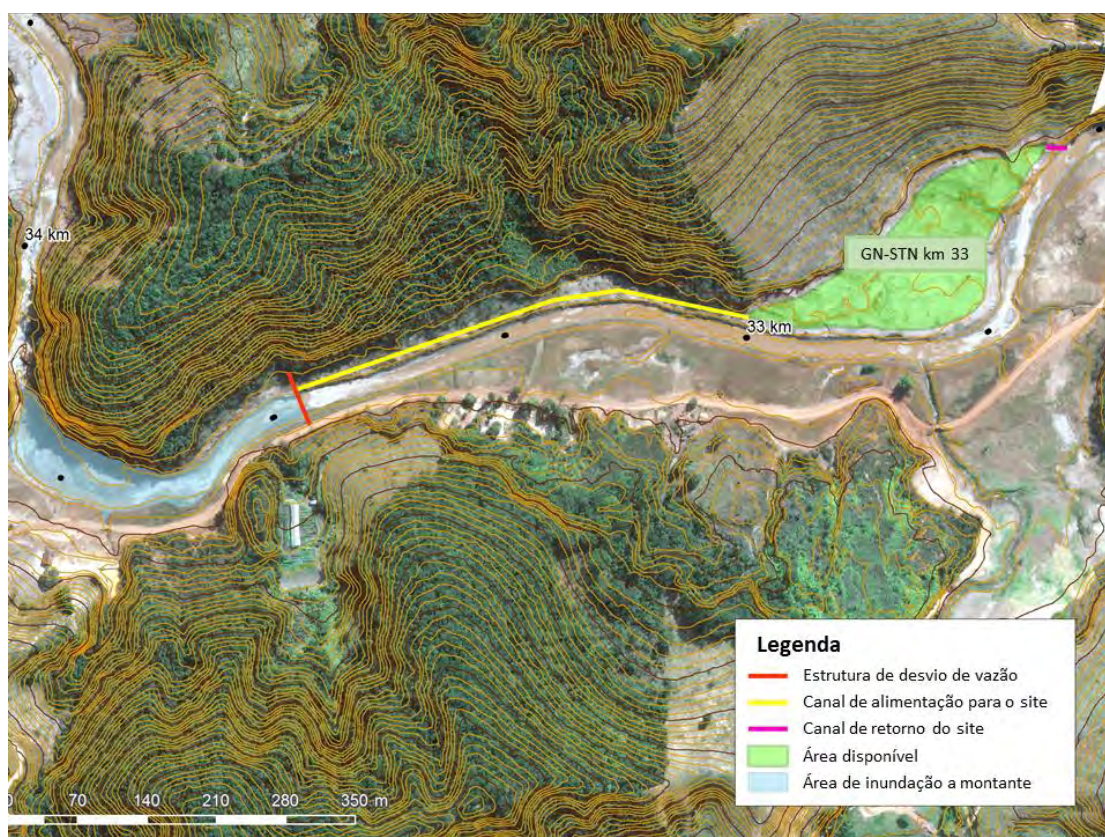


**Figura 20: Potencial locação para o GN-STN km 2**





**Figura 21: Potencial locação para o GN-STN km 14**



**Figura 22: Potencial locação para o GN-STN km 33**



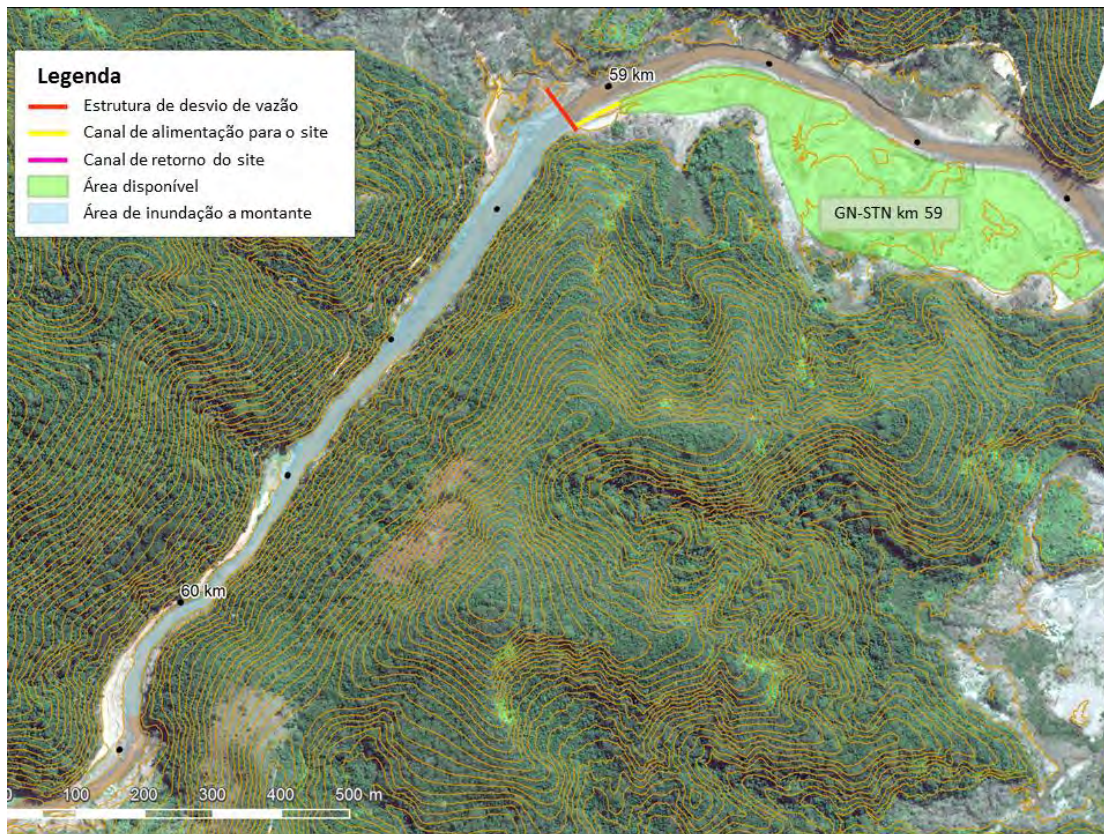


**Figura 23: Potencial localização para o GN-STN km 48**



**Figura 24: Potencial localização para o GN-STN km 58**

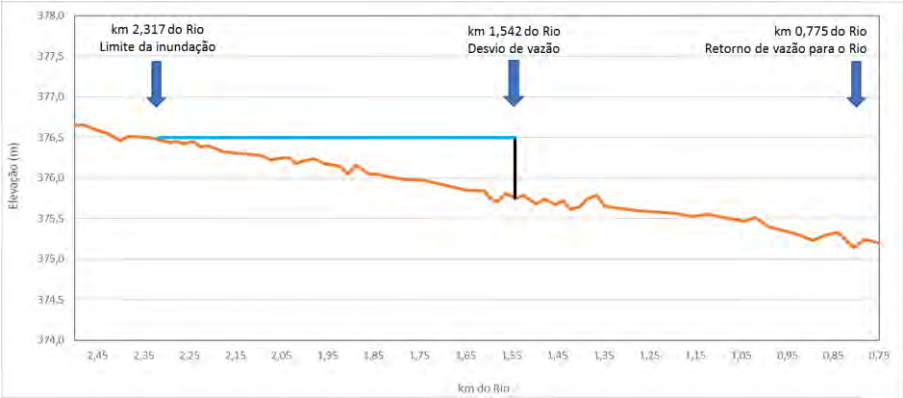




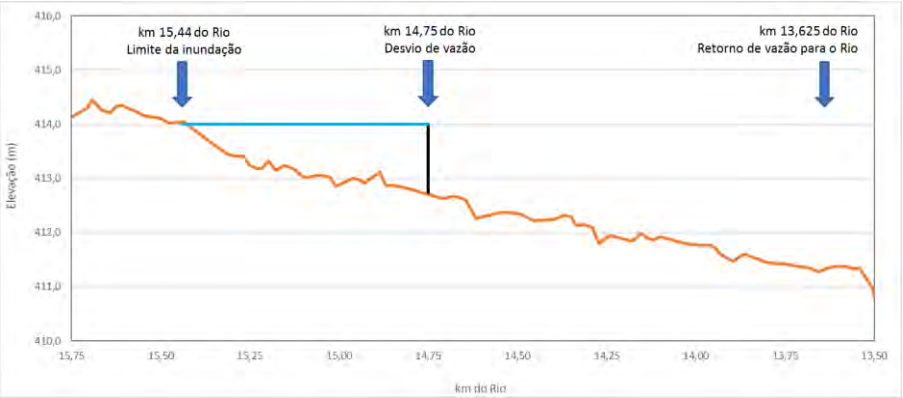
**Figura 25: Potencial locação para o GN-STN km 59**



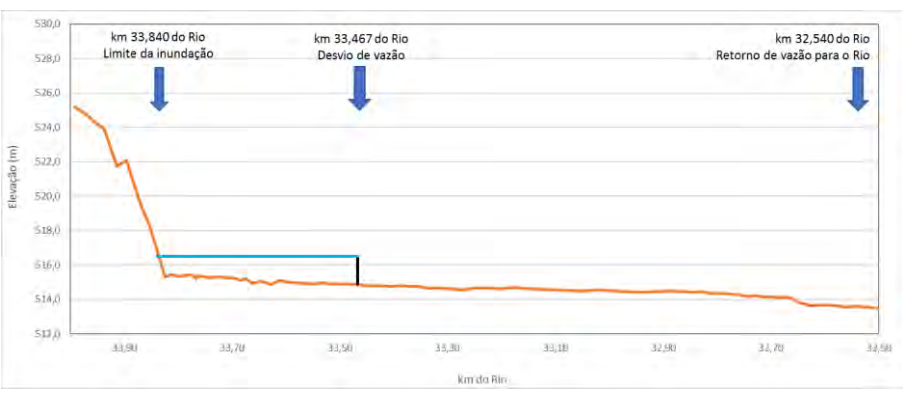
Figura 26: Perfil de elevações do rio em potenciais locais para os STN off-line - Influência das estruturas de desvio de vazão



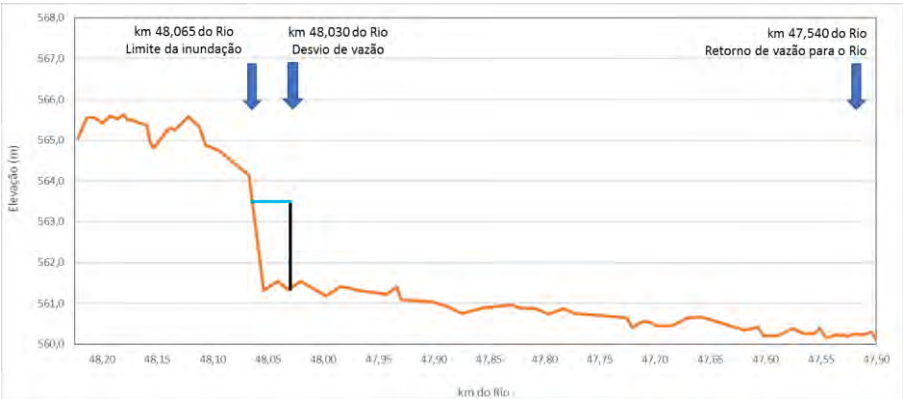
GN-STN km 2



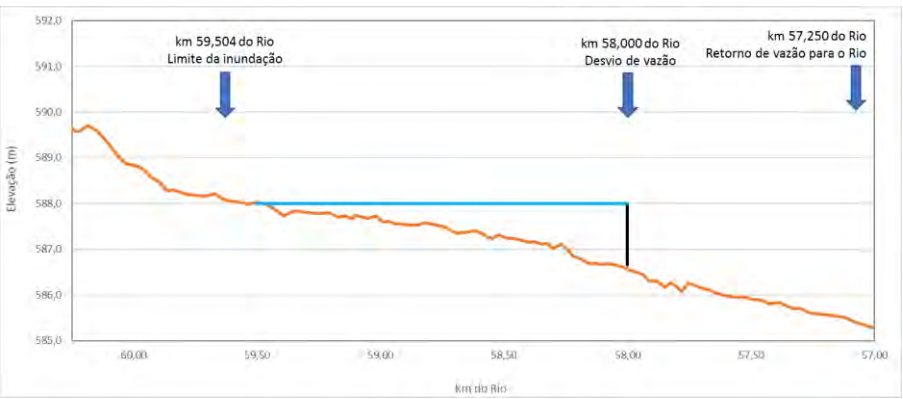
GN-STN km 14



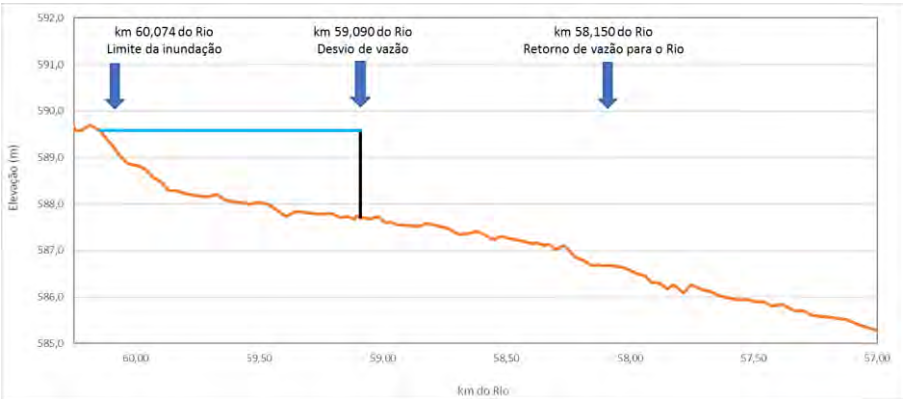
GN-STN km 33



GN-STN km 48



GN-STN km 58



GN-STN km 59

Nota: Diferentes escalas são usadas em cada perfil de elevação.



Após a locação preliminar das estruturas de desvio de vazão e delimitação inicial das áreas disponíveis para a implantação do STN off-line para cada local, diversas características dos sites foram resumidas para auxiliar na triagem e seleção dos locais mais adequados. Alguns dos principais critérios utilizados no processo de triagem e seleção do site incluíram:

- A área disponível para as instalações do STN off-line - áreas maiores permitem o tratamento de uma maior porcentagem da vazão total do rio;
- Comprimento do canal e área do rio afetados pelo represamento causado pela estrutura de desvio - comprimentos menores e áreas afetadas minimizam os impactos locais;
- Localização ao longo do rio Gualaxo do Norte - locais distribuídos a montante, meio e jusante dos Trechos 8 e 9 proporcionam a redução na turbidez ao longo do rio.
- Elevação das planícies aluvionares e estruturas de desvio a fim de evitar bombeamento.

Desta maneira, as principais características de cada local são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5: Características dos Sites para Cada Potencial Site do Sistema de Tratamento Natural Off-line**

Características dos sites	Site					
	GN-STN km 2	GN-STN km 14	GN-STN km 33	GN-STN km 48	GN-STN km 58	GN-STN km 59
km do rio na estrutura de desvio (km)	1,5	14,8	33,5	48,0	58,0	59,1
km do rio no retorno de vazão (km)	0,8	13,6	32,5	47,5	57,3	58,2
Área disponível (ha)	2,5	7,6	2,2	5,4	6,4	8,7
Comprimento do canal de alimentação para o site (m) <sup>a</sup>	40	247	477	41	50	76
Comprimento da estrutura de desvio (m)	52,0	43,0	57,0	34,0	77,0	76,0
Altura da estrutura de desvio (m)	0,8	1,3	1,6	2,2	1,4	1,8
Elevação da superfície da água a montante do desvio (m)	376,5	414,0	516,5	563,5	588,0	589,6
km do rio a montante do limite da inundação (km)	2,3	15,4	33,8	48,1	59,5	60,1
Comprimento do leito do rio afetado pelo desvio (km)	0,78	0,69	0,37	0,03	1,50	1,06
Área de represamento a montante da estrutura de desvio (ha)	2,8	2,0	1,4	0,1	6,1	3,7

Notas:

<sup>a</sup> Os comprimentos dos canais de alimentação e de retorno representam a distância entre o rio e a borda da área até o STN off-line. O comprimento real dos canais possuirá um comprimento maior para distribuir a água entre as bacias.

## 7.2 Sites Recomendados para Implantação dos STN Off-line

Uma das principais limitações para a implantação das instalações do STN off-line é a área disponível na planície aluvionar para a implantação das instalações do STN off-line. A fim de tratar a maior parcela de vazão do rio durante a estação seca, locais de 5 ha ou maiores em área são preferenciais. Dos locais avaliados, apenas os sites GN-STN km 14, km 48, km 58 e km 59 satisfazem este critério. Os sites GN-STN km 58 e km 59 estão muito próximos um do outro na porção superior do Trecho 9, separados por uma distância inferior a 1,0 km. Apenas um destes locais seria necessário e o site GN-STN km 59 é preferível devido a sua maior área disponível para unidades do STN off-line e a posição da estrutura de desvio de vazão, que cria uma menor área de represamento de água e comprimento do canal do

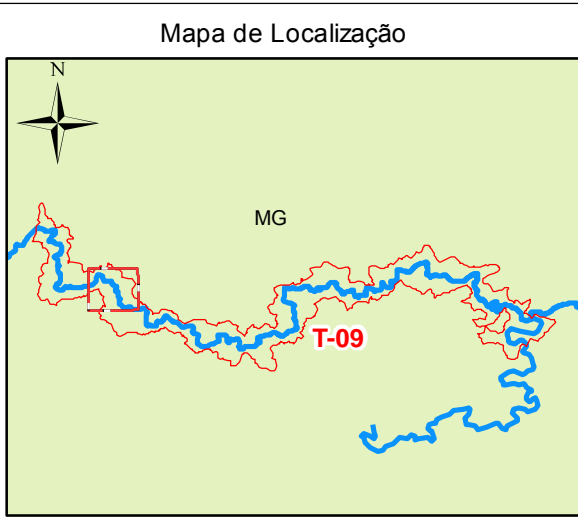
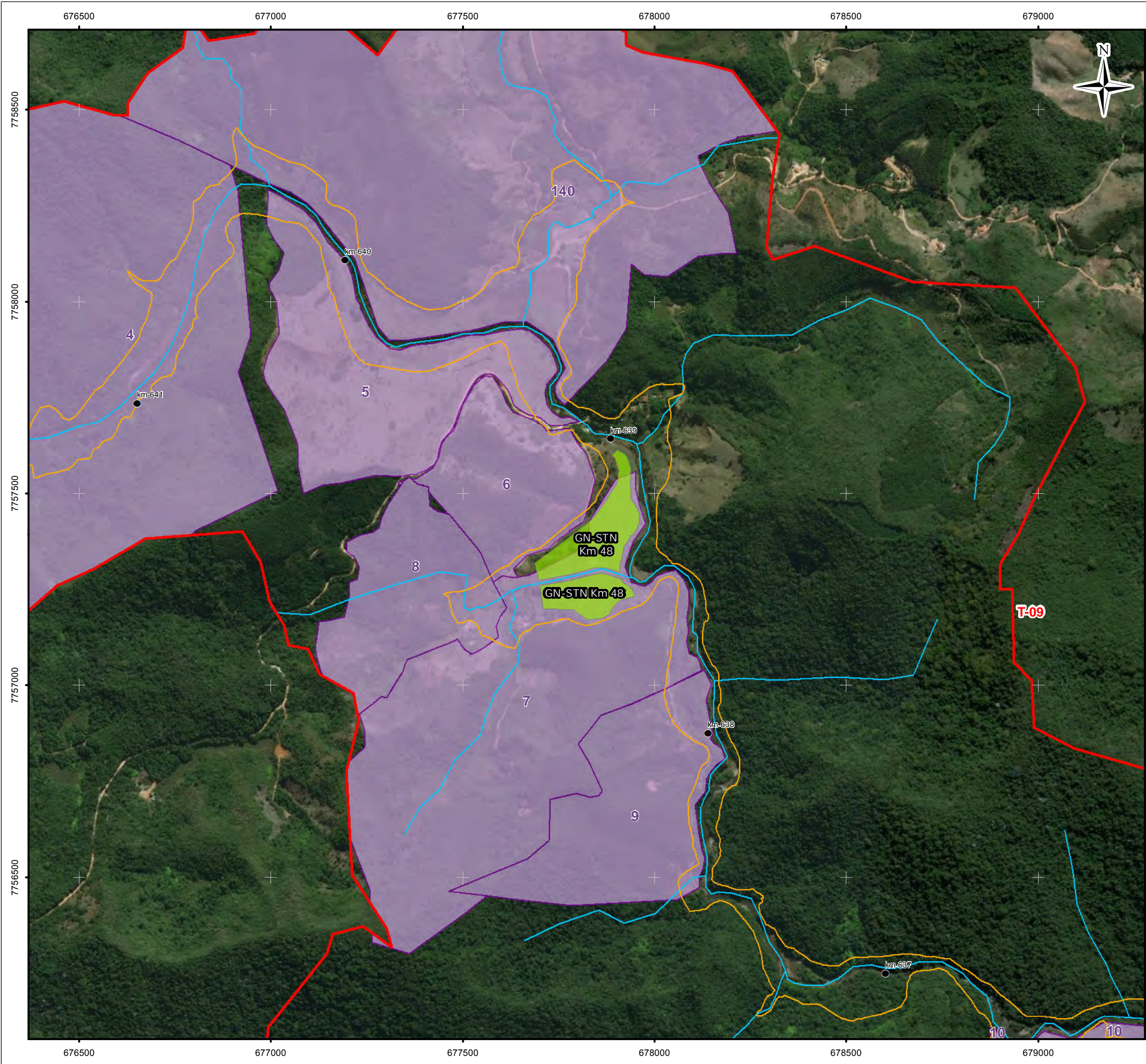


rio impactados. Como este site se encontra a montante do Trecho 9, o mesmo foi considerado para tratamento da água do Trecho 8 no relatório Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito do Trecho 8. Além disso, o site GN-STN km 2 foi desconsiderado já que o mesmo requeria de instalação de sistemas de bombeamento.

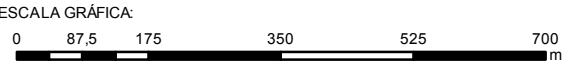
Sites GN-STN km 14 e km 48 são os locais recomendados para aprofundar a investigação para o desenvolvimento dos STN off-line. Com as estruturas de desvio nas posições do rio em km 14,8 (GN-STN km 14) e km 48,0 (GN-STN km 48), os dois locais em conjunto com o site do km 59 (utilizado para tratamento da água do Trecho 8) poderiam fornecer tratamento distribuído para reduzir a turbidez e melhorar a qualidade da água durante mais de 59 km da área de estudo. Estes dois locais são avaliados detalhadamente nas próximas seções.

Encontram-se identificados na Figura 27 os proprietários das áreas para implantação do GN-STN km 48 e GN-STN km 14.





- LEGENDA:
- Quilometragem (início na foz do Rio Doce)
  - Curso d'água
  - ▭ Trecho 9
  - ▭ Área Impactada
  - ▭ Propriedades
  - ▭ Sisteam de Tratamento Natural (STN)



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

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

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

**JACOBS** **ch2m**

TÍTULO:  
Figura 27  
Proprietários das áreas identificadas para implantação do GN-STN km 48

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

ESCALA: 1:10.000	DATA: 08/03/2018	PROJ.: RM	VERIF.: EL	APROV.: MB	REV.: R0
---------------------	---------------------	--------------	---------------	---------------	-------------







## 8 Projeto Conceitual dos Sistemas de Tratamento Natural Off-line

Nesta seção serão apresentados os locais pré-selecionados para a instalação do Sistema de Tratamento Natural (STN) off-line, que tem como objetivo principal a diminuição dos níveis de turbidez do rio Gualaxo do Norte durante a estação seca. Os conceitos e critérios de projeto serão expostos, assim como as plantas a nível conceitual de um possível STN off-line para dois dos locais pré-selecionados para implantação.

Os desenhos elaborados para o presente projeto conceitual encontram-se no Apêndice B – Projeto Conceitual das Áreas de Tratamento. Nesse documento são apresentados os desenhos a seguir:

- 690862-CI-0KM14-200-001: Layout GN-STN km 14
- 690862-CI-0KM48-200-001: Layout GN-STN km 48
- 690862-CI-0KM14-240-001: Movimentação de solo GN-STN km 14
- 690862-CI-0KM48-240-001: Movimentação de solo GN-STN km 48
- 690862-PR-0KM14-220-001: Fluxograma de processo GN-STN km 14
- 690862-PR-0KM48-220-001: Fluxograma de processo GN-STN km 48
- 690862-CI-0KM14-200-002: Perfil hidráulico GN-STN km 14
- 690862-CI-0KM48-200-002: Perfil hidráulico GN-STN km 48
- 690862-CI-0KM14-200-003: Área de inundação GN-STN km 14
- 690862-CI-0KM48-200-003: Área de inundação GN-STN km 48
- 690862-GE-00STN-000-002: Lista de equipamentos
- 690862-CI-00STN-230-001: Detalhes construtivos I de IV
- 690862-CI-00STN-230-002: Detalhes construtivos II de IV
- 690862-CI-00STN-230-003: Detalhes construtivos III de IV
- 690862-CI-00STN-230-004: Detalhes construtivos IV de IV
- 690862-AR-00STN-240-001: Paleta de Plantio Wetland

### 8.1 Conceito e Critérios de Projeto

Nessa Seção é apresentado o conceito do STN proposto para o tratamento do rio Gualaxo do Norte. São mostrados diagramas de blocos, fluxogramas de processo, uma descrição do processo e plantas feitas a nível conceitual para a compreensão do sistema proposto.

**Cabe ressaltar que os critérios aqui propostos são conceituais e que durante o desenvolvimento da próxima fase de projeto executivo, os mesmos serão aprimorados e validados.**

#### 8.1.1 Diagrama de Blocos

Na Figura 29 é apresentado o diagrama de blocos do STN off-line proposto para o tratamento do Trecho 9 no rio Gualaxo do Norte. O diagrama apresenta todas as etapas de tratamento propostas, de maneira genérica, sendo aplicável para a solução de todos os sites. Os critérios de projeto selecionados são apresentados (como a velocidade nos canais e taxa de escoamento nas bacias de sedimentação), porém serão discutidos com mais detalhes na Seção 8.1.2.5. Já a descrição completa do processo de tratamento encontra-se na Seção 8.1.2.



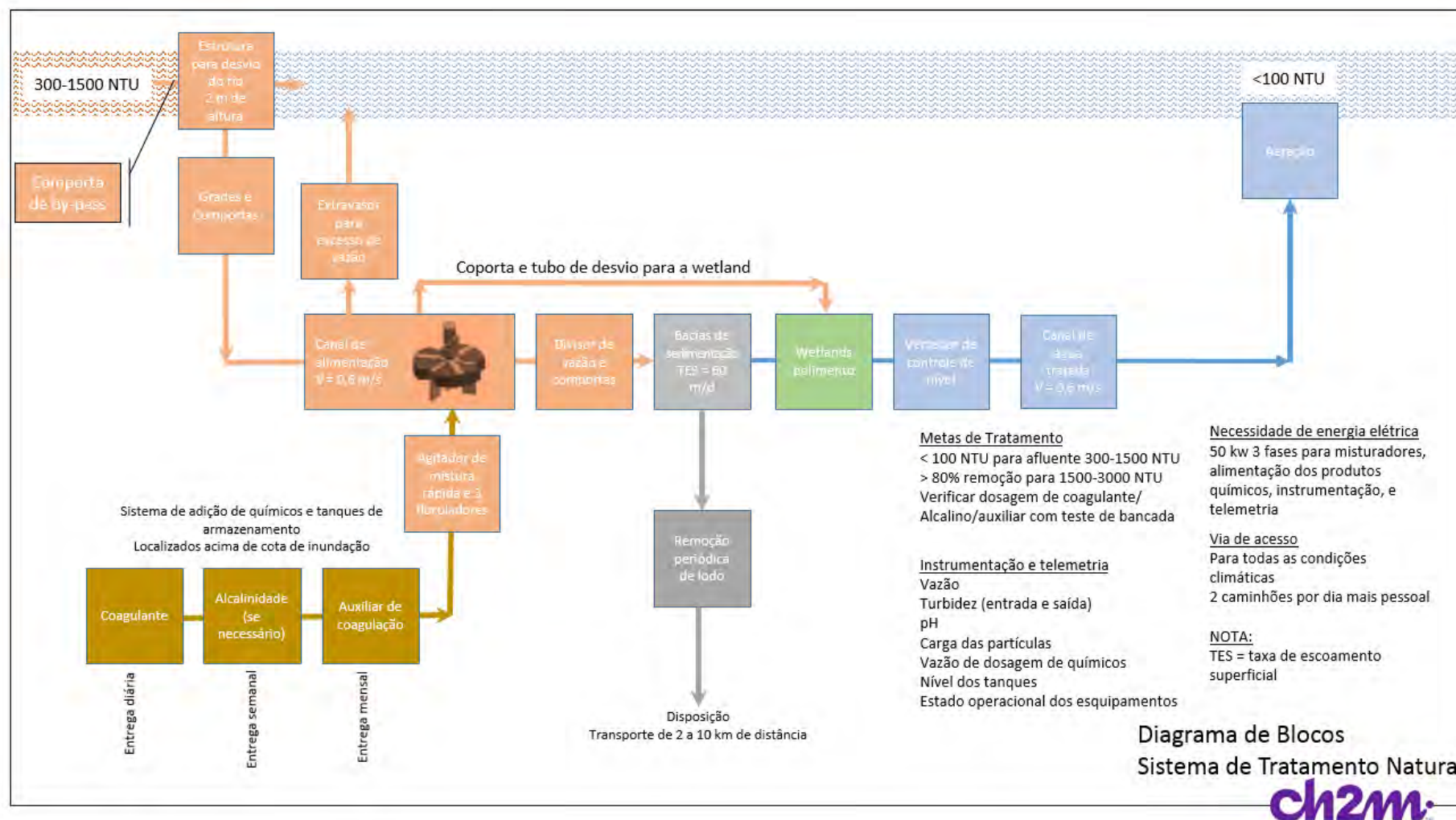


Figura 29: Diagrama de blocos do Sistema de Tratamento Natural Off-line proposto para o rio Gualaxo do Norte



### 8.1.2 Descrição do Processo de Tratamento

O Sistema de Tratamento Natural off-line (STN off-line) proposto é resultado da união de um processo convencional de tratamento de água –coagulação/floculação/sedimentação – e um processo de tratamento natural denominado de *wetland*.

Nos locais selecionados às margens do rio Gualaxo do Norte serão projetados, a nível conceitual, os STN off-line com a finalidade de reduzir os níveis de turbidez presentes no curso de água. Um dos conceitos principais do STN é a minimização da quantidade de obras e impacto no rio. O processo proposto é o mesmo para cada local e é composto das seguintes unidades e estruturas:

#### 8.1.2.1 Estrutura de desvio de vazão

A estrutura terá entre 1 e 2 metros de altura e será construída usando rocha compactada, tendo como função o desvio da maior parcela da vazão do rio para dentro do STN off-line. Será instalada logo após a entrada para o canal de alimentação do processo de tratamento e ocupará toda a seção transversal do rio. Sua face de montante será pavimentada com concreto ou com a aplicação de membrana de PEAD (polietileno de alta densidade) a ser incorporada na estrutura. As vazões que excederem a capacidade de tratamento do sistema de tratamento fluirão por cima da estrutura de desvio. O sistema de tratamento funcionará por gravidade a partir da estrutura de desvio, a qual possuirá uma comporta e um tubo cuja função será desviar a parte desejada da vazão do rio (sofra *by-pass*), permitindo a passagem de peixes, cascalho e areia do leito do rio, auxiliando na recuperação do rio e diminuindo a quantidade de sedimentos que entram no STN.

A comporta atuará ainda no controle do fluxo do canal de abastecimento do STN, e possuirá gradeamento, para impedir que a ictiofauna ingresse no canal de alimentação. A estrutura da comporta será de concreto armado poderá ser operada manualmente ou mecanicamente (a ser definido no projeto executivo) e possuirá uma passarela com guarda-corpos para fornecer acesso aos operadores.

#### 8.1.2.2 Canal de alimentação e sistema de dosagem de químicos

A montante do canal existirá um vertedouro de vazão excedente, localizado na lateral do canal, o qual atuará de acordo com o nível de água no canal, direcionando o fluxo excedente para o canal do rio. Na mesma estrutura será projetado um sistema de tubulação com controle de fluxo que permitirá o desvio de parte da vazão diretamente para wetlands, sem receber adição de produtos químicos. Esse desvio tem por objetivo preservar qualquer tipo de organismos vivos que possam estar presentes na água, facilitando assim a recuperação do rio após o tratamento. A estrutura será feita de concreto armado.

A vazão a ser tratada será conduzida às bacias de sedimentação por um canal, ao qual será adicionada quantidade suficiente de produto químico coagulante para o tratamento apropriado (a definição da dosagem será avaliada durante a elaboração dos testes de bancada – Seção 11.1 - e projeto executivo). O canal possuirá seção transversal trapezoidal e será dimensionado de tal modo que a velocidade máxima no canal não ultrapasse 0,6 m/s, para que o mesmo não precise ser revestido. Revestimento de brita/cascalho sobre manta geotêxtil é previsto nas áreas em que se espera mais turbulência, como por exemplo abaixo dos agitadores. No caso de ser observada a necessidade de impermeabilização durante a elaboração do projeto executivo, o uso de geomembranas impermeabilizantes pode ser avaliado.

A parcela encaminhada para às bacias de sedimentos receberá adição de produtos químicos para coagulação e floculação. Serão adicionados um composto coagulante e um coadjuvante (auxiliar de coagulação) e alcalinidade, caso necessário. A seleção do produto químico a ser utilizado como



coagulante, bem como sua dosagem ideal, deve ser realizada com base em testes de bancada usando a água do rio, Seção 11.1, durante etapas de elaboração do projeto executivo.

O sistema de dosagem incluirá tanques de armazenamento, bombas de dosadores de químicos, tubulação, painel elétrico e controles automatizados para regular a dosagem. Os tanques e equipamentos serão montados em uma base de concreto. Um telhado para proteção do sol/chuva será fornecido para abrigar equipamentos mecânicos, elétricos e operadores. Os tanques de armazenamento de produtos químicos serão dimensionados para fornecer três dias de armazenamento para que sempre haja capacidade de armazenamento disponível equivalente a um caminhão de produto químico. As dosagens químicas e o volume de lodo gerado nas bacias de sedimentação serão determinados em ensaios de tratabilidade em escala de bancada.

Os misturadores do canal de alimentação serão flutuantes e fornecerão gradiente para mistura rápida e floculação. Um agitador de mistura rápida e três misturadores de floculação serão fornecidos. O agitador de mistura rápida irá consumir cerca de 20 kW e os misturadores de floculação consumirão aproximadamente 5 kW cada. A demanda de energia total para o sistema de tratamento natural é de aproximadamente 50 kW e será fornecida por uma linha de transmissão de energia próxima ou por um gerador local.

Ao final do canal de alimentação serão instaladas vertedores para divisão de vazão para as bacias de sedimentação que irão operar em paralelo. Os vertedores, cujo desenho final será apresentado durante a fase de elaboração do projeto executivo, podem ser circulares e construídos utilizando-se tubos de concreto armado, similares a seções de bueiros. Um tubo com uma comporta em seu final será usado para transportar a vazão de cada vertedor para as bacias de sedimentação. Uma passarela com guarda-corpo será instalada para dar acesso ao controle da comporta. Os tubos possuirão anéis de vedação. As taxas de escoamento sobre o vertedor serão de no máximo 5.000 m<sup>3</sup>/d/m.

#### **8.1.2.3 Bacias de sedimentação**

O objetivo dessas unidades é a sedimentação dos flocos formados no processo de coagulação/floculação. Serão projetadas bacias de sedimentação para operação em paralelo. Para o projeto conceitual, serão utilizadas como bases a taxa de escoamento superficial máxima de 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d e as áreas disponíveis. Para cada local selecionado foram calculadas as vazões máximas que poderão ser tratadas. O nível da água nas bacias será mantido em 3 metros ou tão profundas quanto possível, com base no nível de água subterrânea. O nível será controlado pelos vertedores de saída que possuirão taxas de escoamento de no máximo 5.000 m<sup>3</sup>/d/m. As taxas inicialmente estabelecidas na etapa do projeto conceitual serão aprimoradas durante a elaboração do projeto executivo.

Os sólidos sedimentados no fundo das bacias (lodo) serão removidos periodicamente e destinado à disposição final, preparado para o recebimento do mesmo. A remoção de lodo das bacias se dará por meio de tubos ranhurados instalados no fundo das bacias de sedimentação. O lodo será conduzido por gravidade até as bacias de retenção, de onde um caminhão tanque poderá fazer a coleta e encaminhar à disposição apropriada.

#### **8.1.2.4 Wetlands**

Estarão instaladas em série após as bacias de sedimentação. O nível da água será mantido em 1 m nas unidades, com zonas mais profundas nas entradas e saída do efluente. As *wetlands* serão densamente povoadas com espécies de plantas aquáticas nativas emergentes e submersas, que auxiliarão na remoção de flocos da respectiva parcela de água desviada e também dos que não foram sedimentados nas bacias de sedimentação. Tal processo é possível devido à um biofilme que existe nas plantas que proporciona a filtração natural da água. Cabe ressaltar que o sobrenadante das bacias de



sedimentação será submetido a testes de bancadas, incluído ensaios de ecotoxicidade, com a finalidade de encontraram-se dentro dos limites admissíveis de toxicidade e para qualidade da água.

O controle de nível será realizado por vertedores de saída com taxas de escoamento no vertedor de no máximo 5.000 m<sup>3</sup>/d/m. Na saída da água tratada pelo STN serão projetadas quedas para aeração da água, feitas primariamente de rochas ou gabiões. O objetivo da aeração é aumentar o teor de oxigênio dissolvido na água, o que auxilia no desenvolvimento de formas de vida superiores ao curso d'água.

#### 8.1.2.5 Instrumentos

É prevista a instalação de sistemas com CLP (controlador lógico programável), além de medidores de vazão, de nível, de pH, de turbidez e de potencial zeta. Os valores colhidos por esses sistemas serão usados para adequações do processo de tratamento, fornecendo informação para a dosagem ideal de produtos químicos ou para ajustes nas comportas das tubulações. A confirmar a possibilidade de aplicação, prevê-se que os instrumentos utilizem energia de um conjunto de painéis solares e baterias.

#### 8.1.2.6 Considerações adicionais

##### 8.1.2.6.1 Movimentação de Terra, Corte e Aterro

Tendo como premissa básica que o processo não contará com bombeamento e será executado com a menor quantidade possível de estruturas de concreto, espera-se que a maior parte da movimentação de terra durante a implantação do STN em cada site será por meio de corte, utilizando-se de pouco aterro. Deve ser previsto local para disposição do grande volume de solo que será removido. Salienta-se que as camadas superficiais de solo dos locais podem conter rejeitos, e esse volume de sólidos deve ser manejado de maneira adequada. Na Seção 8.7 são discutidos critérios de seleção de áreas para disposição de solo.

##### 8.1.2.6.2 Arraste de metal não reagido

Durante a operação normal do sistema, o arraste de metal (alumínio ou ferro) não reagido será inferior aos limites de 0,1 mg/L (100 µg/L) conforme CONAMA 357/05 para Classe 2 (ver Seção 10), desde que a quantidade suficiente de alcalinidade seja fornecida ao sistema para reação completa, e também que haja agitação suficiente para correta coagulação e floculação.

### 8.1.3 Critérios de Projeto

São apresentados de maneira sumarizada na Tabela 6, os critérios de projeto utilizados na elaboração do projeto conceitual do STN off-line. Os critérios de projeto são valores e definições adotados, com base na experiência, para que as unidades de processo e seus periféricos sejam dimensionados/selecionados. Durante a elaboração do projeto executivo, estes parâmetros serão aprimorados com base nos estudos a serem realizados.

**Tabela 6: Critérios de projeto para elaboração do projeto conceitual do STN OFF-LINE**

Unidade/Equipamento	Observação	Unidade
<b>Gradeamento</b>		
Tipo	Grosseiro	
Inclinação	45	°
<b>Comportas Principais</b>		
Localização	Tubo de by-pass, captação junto a estrutura de desvio, tubo de desvio das bacias	
Tipo	Deslizante operada manualmente	



Unidade/Equipamento	Observação	Unidade
<b>Tubos de entrada</b>		
Tubos em paralelo a partir da estrutura de captação	2	un
<b>Canal de alimentação</b>		
Formato	Trapezoidal	
Inclinação dos taludes laterais (H:V)	3	m/m
Profundidade de água no canal	1	m
Velocidade máxima	0,6	m/s
<b>Base para projeto das bacias de sedimentação</b>		
Taxa de escoamento superficial máxima	60	m <sup>3</sup> /(m2.d)
Profundidade	3	m
Borda livre	0,5	m
Inclinação dos taludes laterais submersos (H:V)	2	m/m
Inclinação dos taludes laterais emerso (H:V)	3	m/m
Profundidade de projeto	50%	%
<b>Base para projeto das wetlands</b>		
Profundidade	0,5	m
Borda livre	1	m
Inclinação dos taludes laterais (H:V)	3	m/m
Profundidade de projeto	50%	%
<b>Agitador de coagulação</b>		
Tipo	Flutuante de mistura rápida	
Potência	20	kW
Quantidade	1	
<b>Agitador de floculação</b>		
Tipo	Flutuante de mistura lenta	
Potência	5	kW
Quantidade	3	
<b>Sistema de dosagem de químicos</b>		
Químico - Coagulante	Sais de alumínio ou ferro	
Químico - Auxiliar de coagulação	Polímero orgânico em emulsão	
Químico - Alcalinidade	Hidróxido de sódio	
Bombas dosadoras	Solução de Coagulante, alcalinidade e polímero	
Tanques de armazenamento e baías de contenção	Coagulante, alcalinidade e polímero	
<b>Instrumentos/ Equipamentos</b>		
Gerador de energia	A combustão	
Painel solar e baterias		



Unidade/Equipamento	Observação	Unidade
Medidores	pH, vazão, turbidez, níveis e potencial zeta	
<b>Bermas e arruamento</b>		
Largura mínima	7	m
Inclinação máxima	6%	%

#### 8.1.4 Teste Realizado em Campo

A fim de avaliar a eficiência da relação “remoção da turbidez X tempo X adição de coagulante”, foi realizado em campo um teste com diferentes dosagens de sulfato de alumínio. Os resultados são apresentados na Figura 30 e na Figura 31. Cabe destacar que estes testes carecem de validade científica e foram realizados sem adição de alcalinidade e correta aplicação de mistura.

Observou-se durante os ensaios que a aplicação do coagulante melhorou expressivamente a sedimentação das partículas suspensas, diminuindo a turbidez a níveis próximos de 100 NTU após 90 minutos de teste, sendo que os valores iniciais estavam na ordem de 250 NTU.



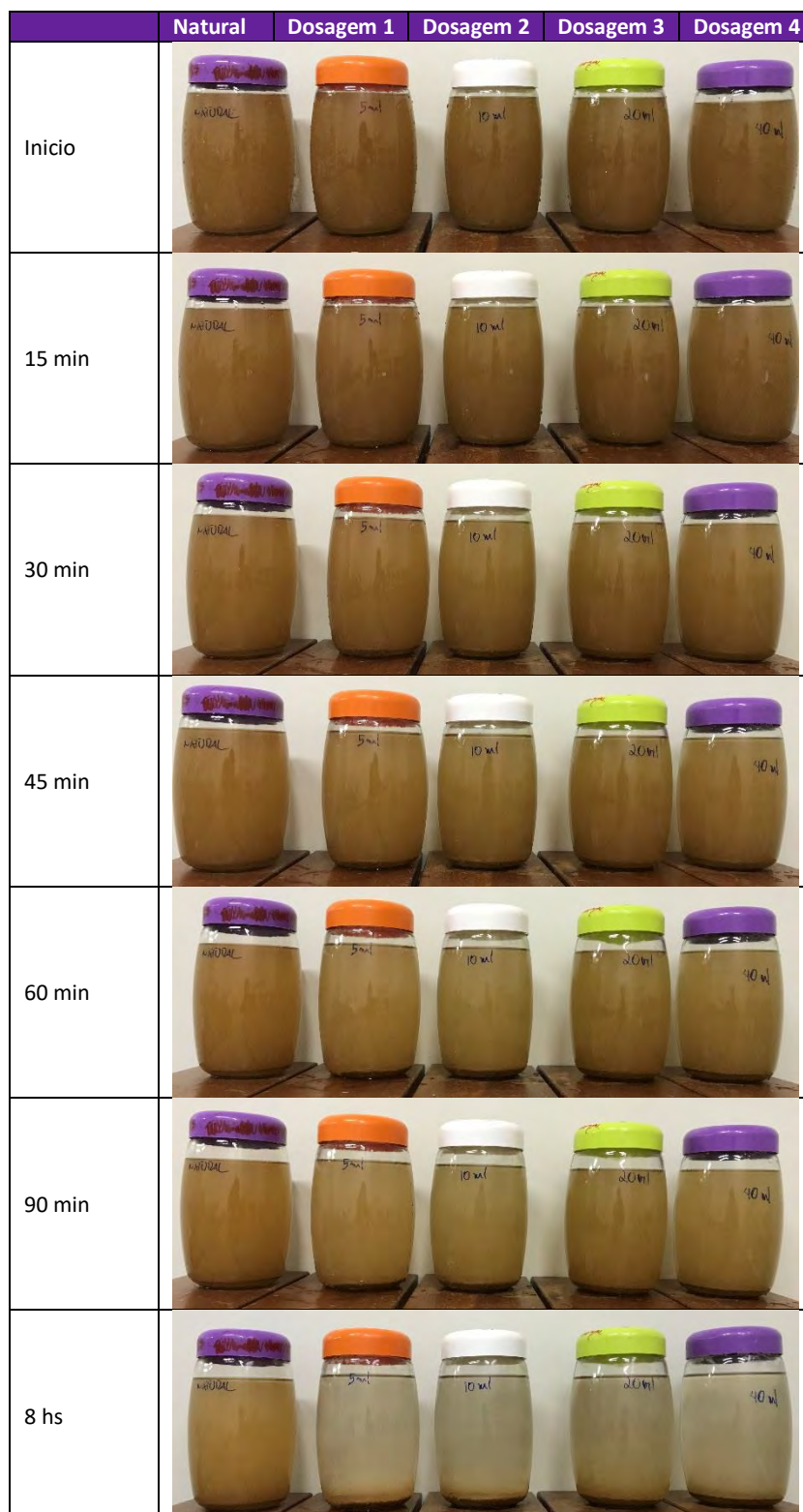


Figura 30: Resultados fotográficos dos testes realizados em campo para diferentes dosagens de Sulfato de Alumínio



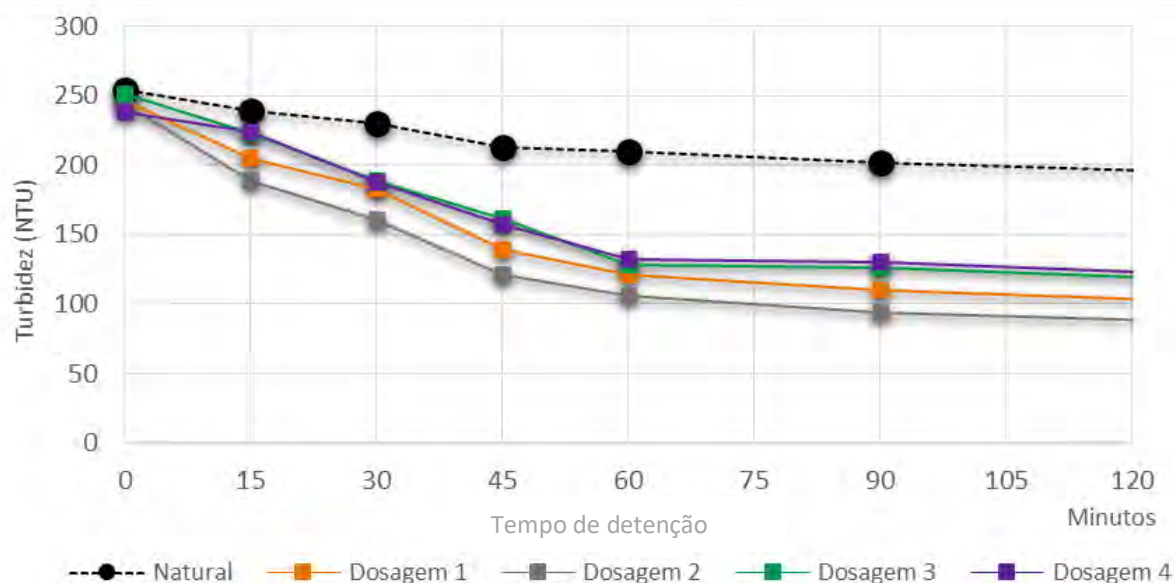


Figura 31: Resultados de turbidez dos testes realizados em campo para diferentes dosagens de Sulfato de Alumínio

## 8.2 Sistema de Tratamento em GN-STN km 14

O site GN-STN km 14 localiza-se na margem direita do rio Gualaxo do Norte, a 14 km de seu deságue no rio do Carmo. A área disponível compreende aproximadamente 7,6 hectares de uma região predominantemente plana, em um trecho retilíneo de cerca de 730 m do rio, como observado na Figura 21 na Seção 7.1.

A Figura 32 apresenta o fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 14. O fluxograma mostra um esquema do processo, com as principais unidades e suas principais características. O site do km 14 possui duas bacias de sedimentação que operam em paralelo e uma *wetland*. Na superfície de projeto, a área das bacias de sedimentação é de aproximadamente 16.800 m<sup>2</sup>, e de 20.700 m<sup>2</sup> para a *wetland*. O canal de alimentação das bacias de sedimentação possui 806 m de comprimento, e 21 m de largura de base.

Com base na área das bacias de sedimentação, a vazão de água que pode ser tratada pelo processo de coagulação/floculação/sedimentação é de até 11,5 m<sup>3</sup>/s. Deste total, 55% deverá ser desviada para uma das bacias de sedimentação e 45% para a outra, que opera em paralelo. Toda a vazão é então encaminhada para a *wetland*, que recebe também a parcela da vazão que é desviada para o processo de tratamento químico.



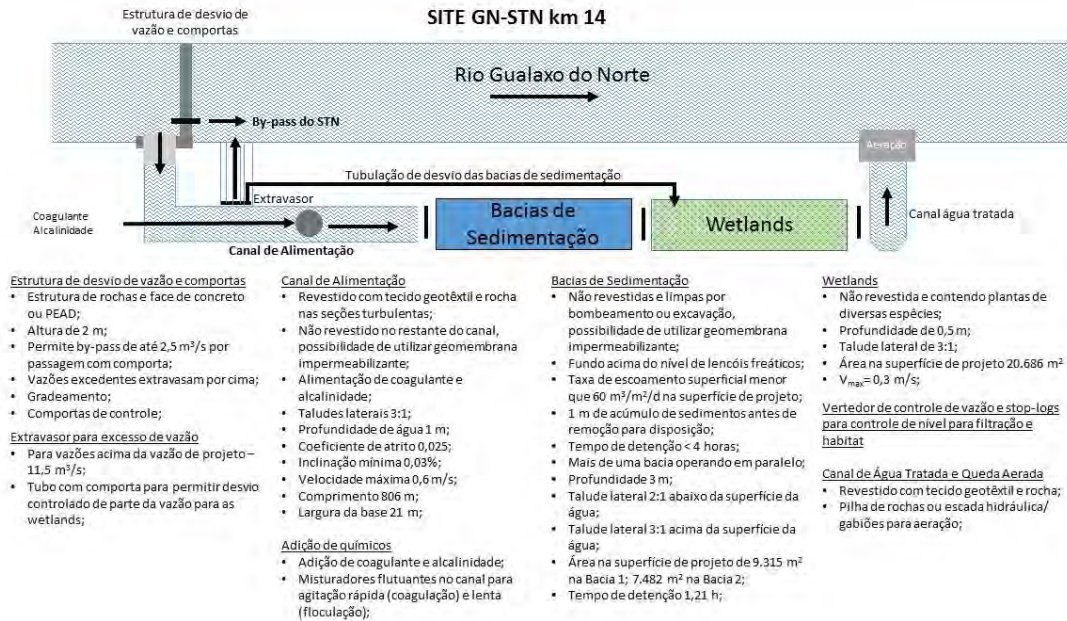


Figura 32: Fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 14

Uma ilustração do layout preparado para o site GN-STN km 14 é apresentada na Figura 33.

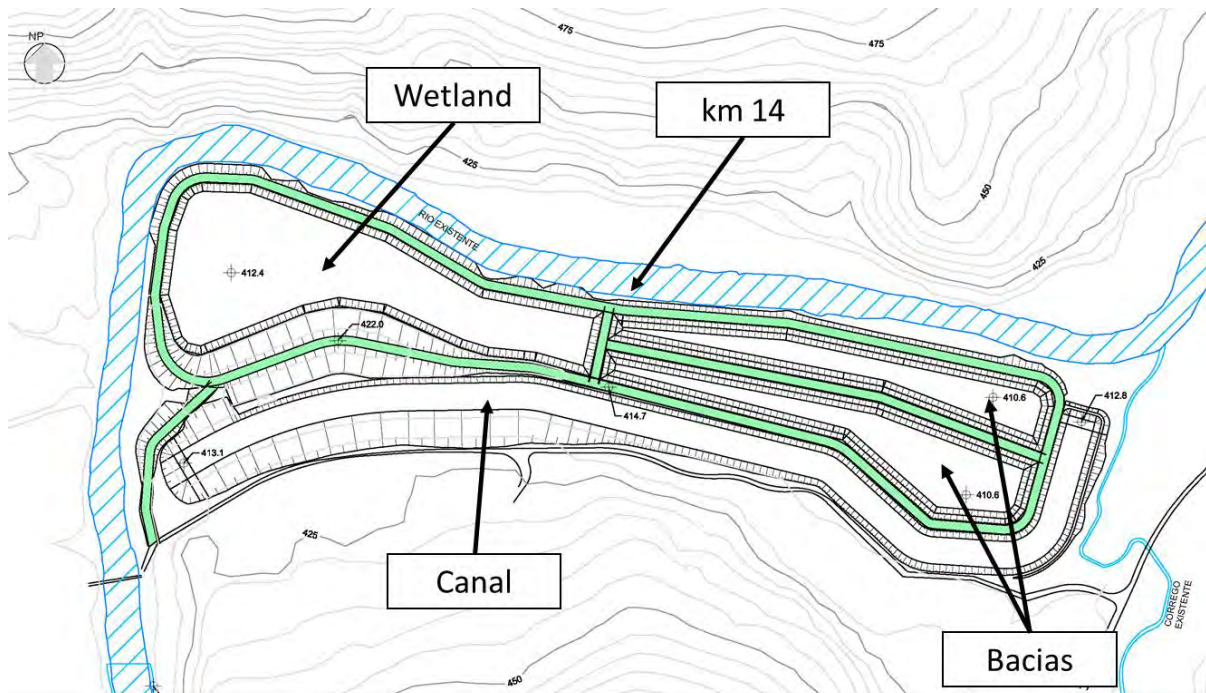


Figura 33: Ilustração do layout preparado para o projeto conceitual do site GN-STN km 14

## 8.3 Sistema de Tratamento em GN-STN km 48

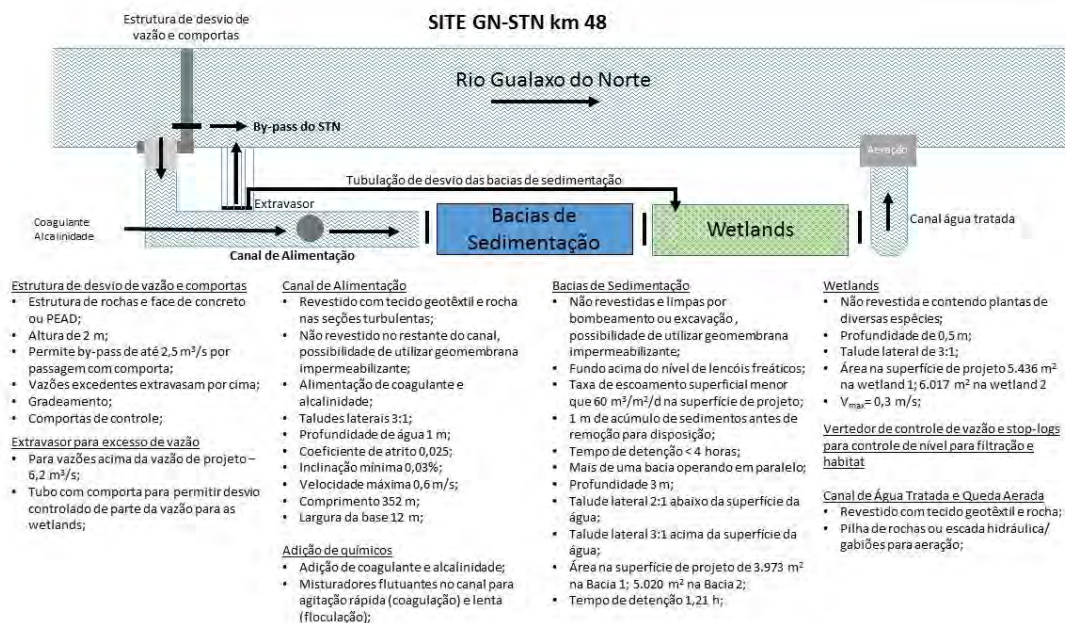
O site GN-STN km 48 localiza-se na margem direita do rio Gualaxo do Norte, a 48 km de seu desagüe no rio do Carmo. A área disponível compreende aproximadamente 5,4 hectares de uma região



predominantemente plana. A área é recortada por um riacho retificado que desagua no rio Gualaxo do Norte, e fica as margens de um trecho sinuoso de cerca de 400 m do rio. O local é mostrado na Figura 23 na Seção 7.1. A seguir a solução proposta do STN off-line para esse site é descrita.

Na Figura 34 é apresentado o fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 48. Nele é mostrado um esquema do processo, com as principais unidades e suas principais características. O site do km 48 possui duas bacias de sedimentação e duas *wetland*, ambas localizadas após cada bacia de sedimentação que operam em paralelo. Na superfície de projeto, a área das bacias de sedimentação é de aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup>, e das *wetlands* é de 11.500 m<sup>2</sup>. O canal de alimentação das bacias de sedimentação possui 352 m de comprimento, e 12 m de largura de base.

Com base na área das bacias de sedimentação, a vazão de água que pode ser tratada pelo processo de coagulação/floculação/sedimentação é de até 6,2 m<sup>3</sup>/s. Deste total, 44% deverá ser desviada para uma das bacias de sedimentação e 56% para a outra, que opera em paralelo. Toda a vazão é então encaminhada para a *wetland*, que recebe também a parcela da vazão que é desviada para o processo de tratamento químico.

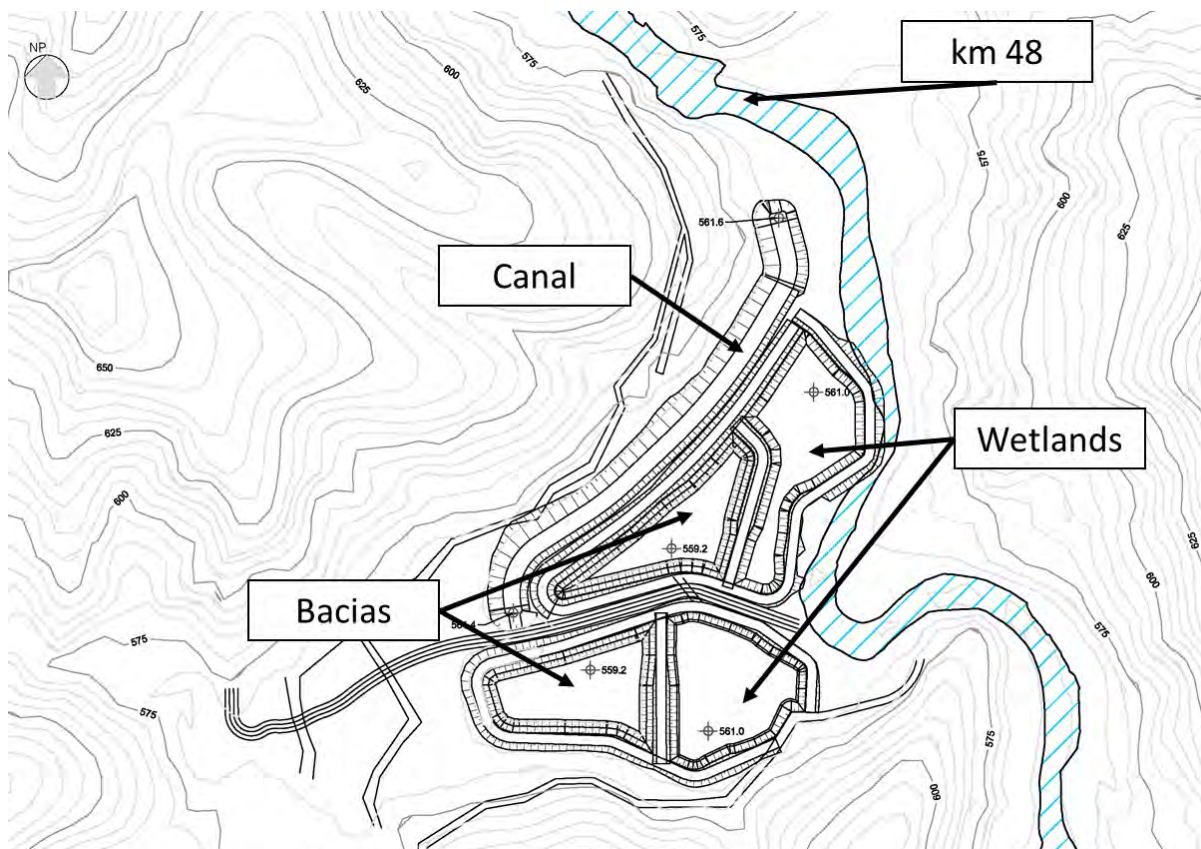


**Figura 34: Fluxograma de processo do STN proposto para o site GN-STN km 48**

Uma ilustração do layout preparado para o site GN-STN km 484 é apresentada na Figura 35.



Figura 35: Ilustração do layout preparado para o projeto conceitual do site GN-STN km 48



## 8.4 Memorial de Cálculo

Nessa seção serão mostrados os cálculos pertinentes aos dimensionamentos do canal de alimentação das bacias e das bacias de sedimentação. O canal de alimentação é dimensionado de acordo com a área das bacias de sedimentação, visto que o tamanho do canal impacta diretamente na área das bacias, que por sua vez, podem demandar menor ou maior vazão de tratamento, em virtude da área superficial.

O dimensionamento do canal de alimentação leva em consideração a largura da base, da vazão calculada, da forma da seção transversal e da área da seção transversal. Com esses dados, é calculada a velocidade média do fluxo de água esperado no canal de alimentação, que não deve ser superior a velocidade máxima de projeto, para que não interfira na eficiência dos tratamentos.

As bacias de sedimentação são dimensionadas otimizando-se as demais áreas do site após a alocação do canal de alimentação. Elas devem estar em contato com o final do canal (no sentido do rio) para que a água permaneça no canal o maior tempo possível, sendo um par de bacias para a eventualidade de se precisar paralisar uma delas.

A área das bacias é modificada, juntamente com a largura da base do canal de alimentação, para que se possa tratar a maior vazão possível em cada site. As *wetlands* e as bacias de sedimentação são dimensionadas de tal modo que dividam a área remanescente do site (após alocação do canal) de maneira aproximadamente igual entre si.



Na Tabela 7 são apresentadas as etapas dos cálculos para validação dos valores obtidos para os dois sites avaliados nessa etapa do projeto conceitual.

**Tabela 7: Memorial de cálculo para o canal de alimentação e as bacias de sedimentação**

DESCRIÇÃO	GN-STN KM 14	GN-STN KM 48	UNIDADE
<b>Capacidade máxima de tratamento pelas bacias de sedimentação</b>	<b>11,5</b>	<b>6,2</b>	<b>m³/s</b>
<b>Canal de alimentação</b>			
Formato	Trapezoidal	Trapezoidal	
Largura da base	21	12	m
Inclinação dos taludes (H:V)	3	3	m/m
Profundidade de água no canal	1,0	1,0	m
Área da seção	24	15	m²
Velocidade média	0,48	0,41	m/s
Rugosidade	0,025	0,025	
Perímetro molhado	27,32	18,32	m
Raio hidráulico	0,88	0,82	m
Declividade	0,02%	0,01%	m/m
Comprimento do canal	806	352	m
<b>Bacias de sedimentação</b>			
Taxa de escoamento superficial máxima	60	60	m³/(m².d)
Profundidade total	3,0	3,0	m
Borda livre	0,5	0,5	m
Inclinação dos taludes laterais submersos (H:V)	2	2	m/m
Inclinação dos taludes laterais emersos (H:V)	3	3	m/m
Profundidade de projeto	50%	50%	%
<b>Bacia de sedimentação 1</b>			
Área na profundidade de projeto	9.315	3.973	m²
Parcela da vazão tratada	55%	44%	%
Vazão afluente	6,38	2,74	m³/s
Taxa de escoamento superficial	59,15	59,57	m³/(m².d)
Volume da bacia	27.946	11.919	m³
Tempo de detenção hidráulico	1,22	1,21	h
<b>Bacia de sedimentação 2</b>			
Área na profundidade de projeto	7.482	5.020	m²
Capacidade máxima de tratamento	5,20	3,49	m³/s
Parcela da vazão tratada	45%	56%	%
Vazão afluente	5,12	3,46	m³/s
Taxa de escoamento superficial	59,15	59,57	m³/(m².d)
Volume da bacia	22.446	15.060	m³
Tempo de detenção hidráulico	1,22	1,21	h
<b>Wetlands</b>			



DESCRIÇÃO	GN-STN KM 14	GN-STN KM 48	UNIDADE
Profundidade	0,5	0,5	m
Borda livre	1,0	1,0	m
Inclinação dos taludes laterais (H:V)	3	3	m/m
Profundidade de projeto	50%	50%	%
<b>Wetland 1</b>			
Área na profundidade de projeto	20.686	5.436	m <sup>2</sup>
Vazão afluente	11,50	2,74	m <sup>3</sup> /s
Volume na profundidade de projeto	10.343	2.718	m <sup>3</sup>
Tempo de detenção hidráulico	0,25	0,28	h
<b>Wetland 2 (se houver)</b>			
Área na profundidade de projeto		6.017	m <sup>2</sup>
Vazão afluente		3,46	m <sup>3</sup> /s
Volume na profundidade de projeto		3.009	m <sup>3</sup>
Tempo de detenção hidráulico		0,24	h

## 8.5 Eficiência do Tratamento

### 8.5.1 Vazões Encaminhadas para Tratamento

O presente estudo de vazões ao longo do rio Gualaxo do Norte tem como objetivo o entendimento da variação das vazões nas estruturas de desvio de cada uma das STN off-line desenvolvidas no projeto conceitual para que seja compreendido o nível de eficiência do tratamento.

Dada a limitação quanto a disponibilidade de dados históricos fluviométricos para o entendimento da dinâmica do rio Gualaxo do Norte, como hipótese simplificadora para o entendimento da eficiência dos sistemas de tratamento natural (STN) propostos, foi assumida uma relação entre a área da bacia de contribuição dos locais de interesse com a área da bacia da estação fluviométrica analisada.





**Figura 36: Localização da estação 56337000 e dos STNs**

Na Tabela 8 estão apresentadas as áreas das bacias hidrográficas de aporte a cada um dos STN off-line, além da vazão  $Q_{7,10}$ , calculada em função das áreas proporcionais, a qual deverá ser respeitada a jusante das estruturas de desvio (A  $Q_{7,10}$  é a vazão mínima medida de 7 dias consecutivos com período de recorrência de 10 anos)

**Tabela 8: Vazões médias calculadas nos STN off-line**

Parâmetro	56337000	GN-STN Km 14	GN-STN Km 48
Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	529 km <sup>2</sup>	426 km <sup>2</sup>	260 km <sup>2</sup>
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	4,8	3,9	2,4

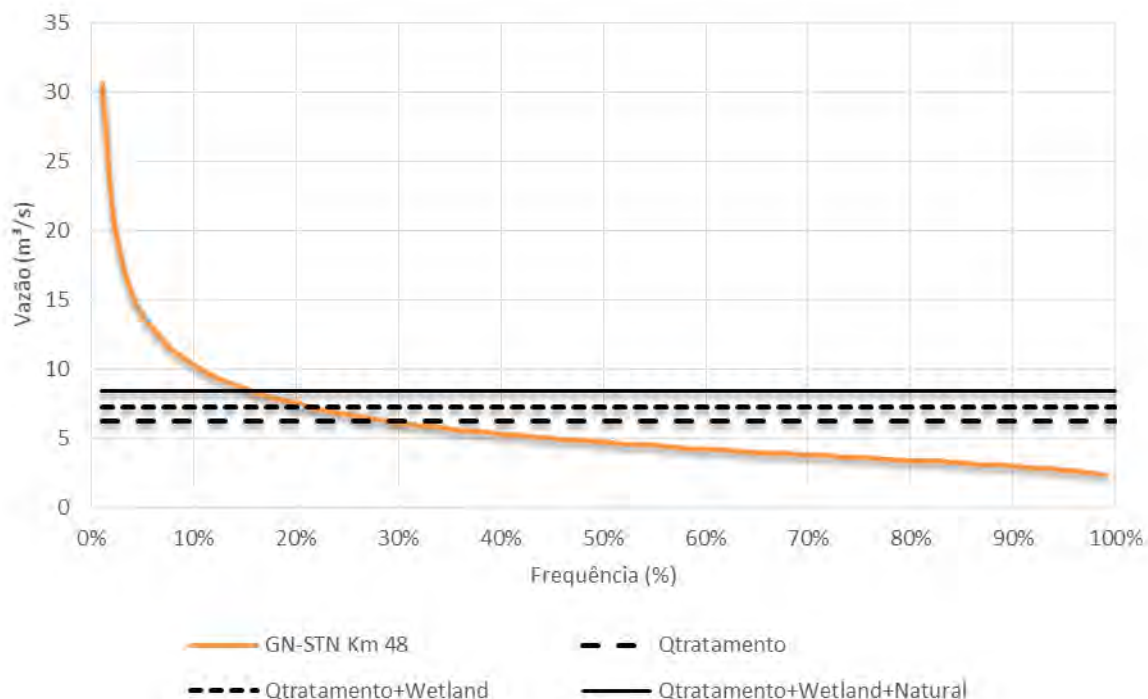
Dessa forma, as curvas de permanência e vazões médias mensais estimadas para os locais propostos para a concepção dos sistemas de tratamento natural (STN) são apresentadas a seguir, em conjunto com a capacidade de tratamento das bacias de sedimentação de cada site, além de uma estimativa da vazão encaminhada diretamente para as *wetlands* e da parcela da vazão desviada pelo *by-pass*. **É importante esclarecer que tanto as parcelas supracitadas a serem desviadas quanto a dose de floculante e coagulante serão estabelecidos em função da vazão a ser tratada e da turbidez afluente ao sistema.**

- GN-STN Km 48

A vazão média calculada do ponto GN-STN Km 48 é 6,3 m<sup>3</sup>/s e sua área da bacia de contribuição é 260 km<sup>2</sup>. A capacidade de tratamento nas bacias de sedimentação deste sistema foi dimensionada em 6,2 m<sup>3</sup>/s. Além disso, a modo de análise na Figura 38, encontram-se representadas de forma aproximada a parcela de vazão de que será desviada de forma direta às *wetlands* e a parcela de vazão que não entrará ao sistema de tratamento, e assim continuará de forma natural no rio. A somatória destas três parcelas corresponde aproximadamente à frequência de vazões do 15% (Q15), sendo assim, 85% das

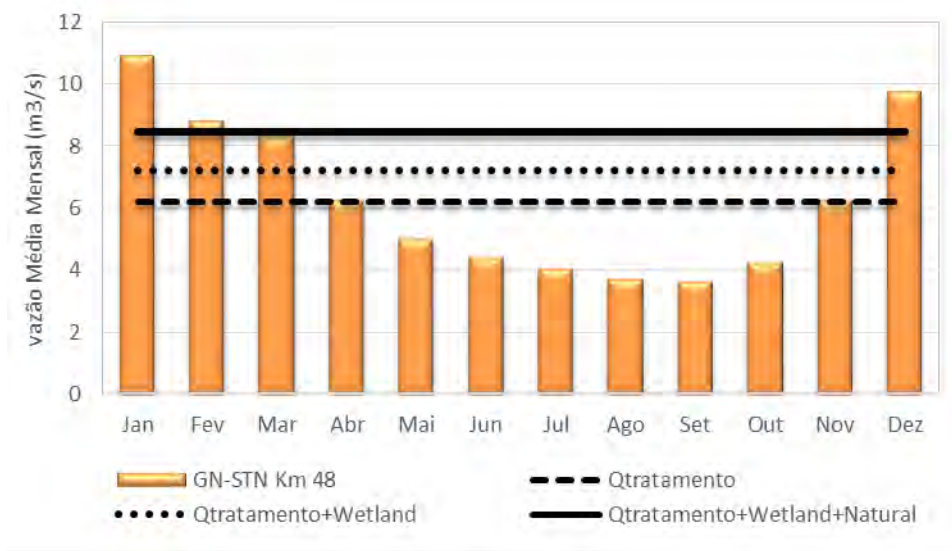


vazões que passam por essa seção atingirão os 100 NTU desejados, conforme apresentado na Figura 37: Curva de Permanência do ponto GN-STN Km 48



**Figura 37: Curva de Permanência do ponto GN-STN Km 48**

Na Figura 38 estão apresentadas as médias mensais na seção do km 48, observando-se que na grande maioria dos meses do ano, a capacidade de tratamento é superior à média mensal, com exceção dos meses de cheias.



**Figura 38: Vazões médias mensais da série histórica no ponto GN-STN Km 48**

- GN-STN Km 14

A vazão média calculada do ponto GN-STN Km 14 é 10,3 m³/s e sua área da bacia de contribuição é 426 km². A capacidade de tratamento nas bacias de sedimentação deste sistema foi dimensionada em 12,3 m³/s. Além disso, a modo de análise na Figura 39, encontram-se representadas de forma



aproximada a parcela de vazão de que será desviada de forma direta às *wetlands* e a parcela de vazão que não entrará ao sistema de tratamento, e assim continuará de forma natural no rio. A somatória destas três parcelas corresponde à frequência de vazões do 10% (Q5), sendo assim, 90% vazões que passam por essa seção atingirão os 100 NTU desejados, conforme apresentado na Figura 39.

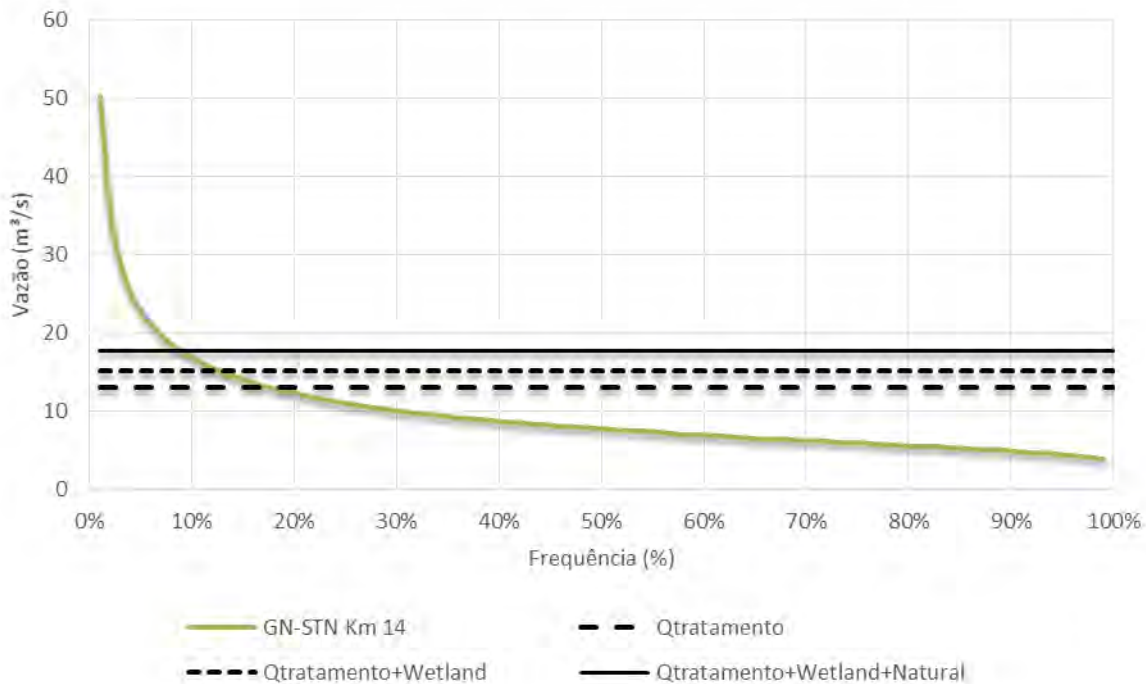


Figura 39: Curva de Permanência do ponto GN-STN Km 14

Na Figura 40 estão apresentadas as médias mensais na seção do km 48, observando-se que na grande maioria dos meses do ano a capacidade de tratamento é superior à média mensal, com exceção dos meses de cheias.

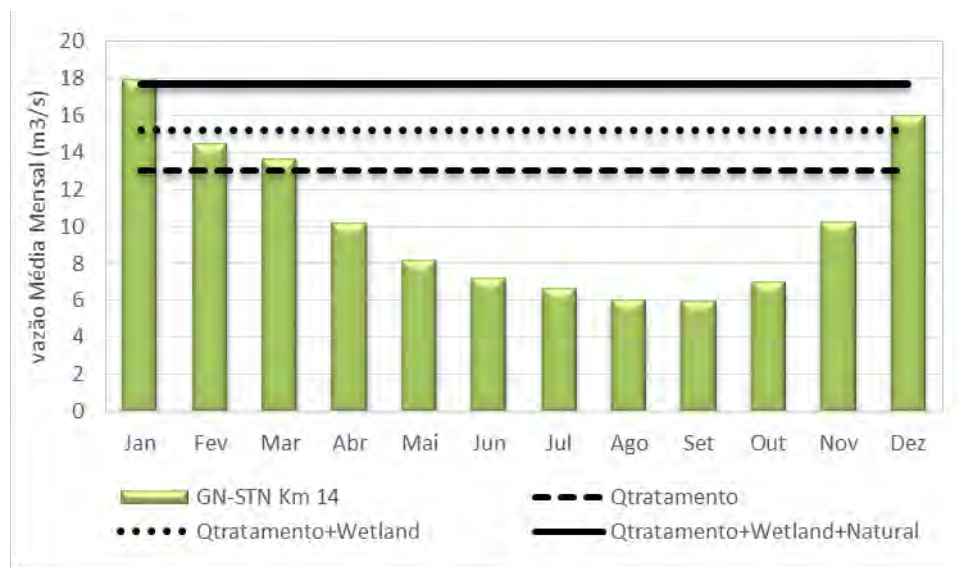


Figura 40: Vazões médias mensais da série histórica no ponto GN-STN Km 14



### 8.5.2 Balanço de Turbidez

A parcela de vazão que não é desviada para tratamento, a que só recebe tratamento nas *wetlands*, e a porção que recebe tratamento completo com coagulantes e floculantes mais *wetlands* mudarão continuamente com base na turbidez do rio e na vazão. Durante a estação seca, quando as vazões e a turbidez são menores, as parcelas da vazão total do rio que ultrapassa o tratamento sem serem desviadas e a parcela do rio que só recebe tratamento nas *wetlands*, poderão aumentar de forma que o uso total de produtos químicos possa ser reduzido. Portanto, **a porcentagem do rio que se encontra exposta a coagulantes e floculantes será minimizada a todo momento para atingir os níveis alvo de turbidez com maior uso do tratamento natural nas *wetlands* e um mínimo uso do tratamento químico.**

Em função disso, a seguir são apresentados exemplos de como será o tratamento para diferentes situações de vazão e turbidez, considerando o Sistema de Tratamento Natural do km 59 considerado no Volume 1 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito do Trecho 8. É importante esclarecer que as concentrações necessárias de floculantes e coagulante para atingir os níveis desejáveis de turbidez nas bacias de sedimentação deverão ser determinados por meio de testes de bancada, Seção 11.1, durante o desenvolvimento do projeto executivo.

Nos exemplos a seguir foi considerado que existem aportes de turbidez ao longo do rio, e que estes diminuem de montante a jusante em função da diluição que fornecem os tributários. Os níveis de turbidez nas bacias de sedimentação são apresentados para cada STN, os quais variam em função dos valores de turbidez e a vazão no rio a fim de atender, sempre que possível, 100 NTU no descarte.



- Vazão Q50 (50% de excedência) e turbidez baixa (200 NTU) assumindo contribuições de turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte – Figura 41

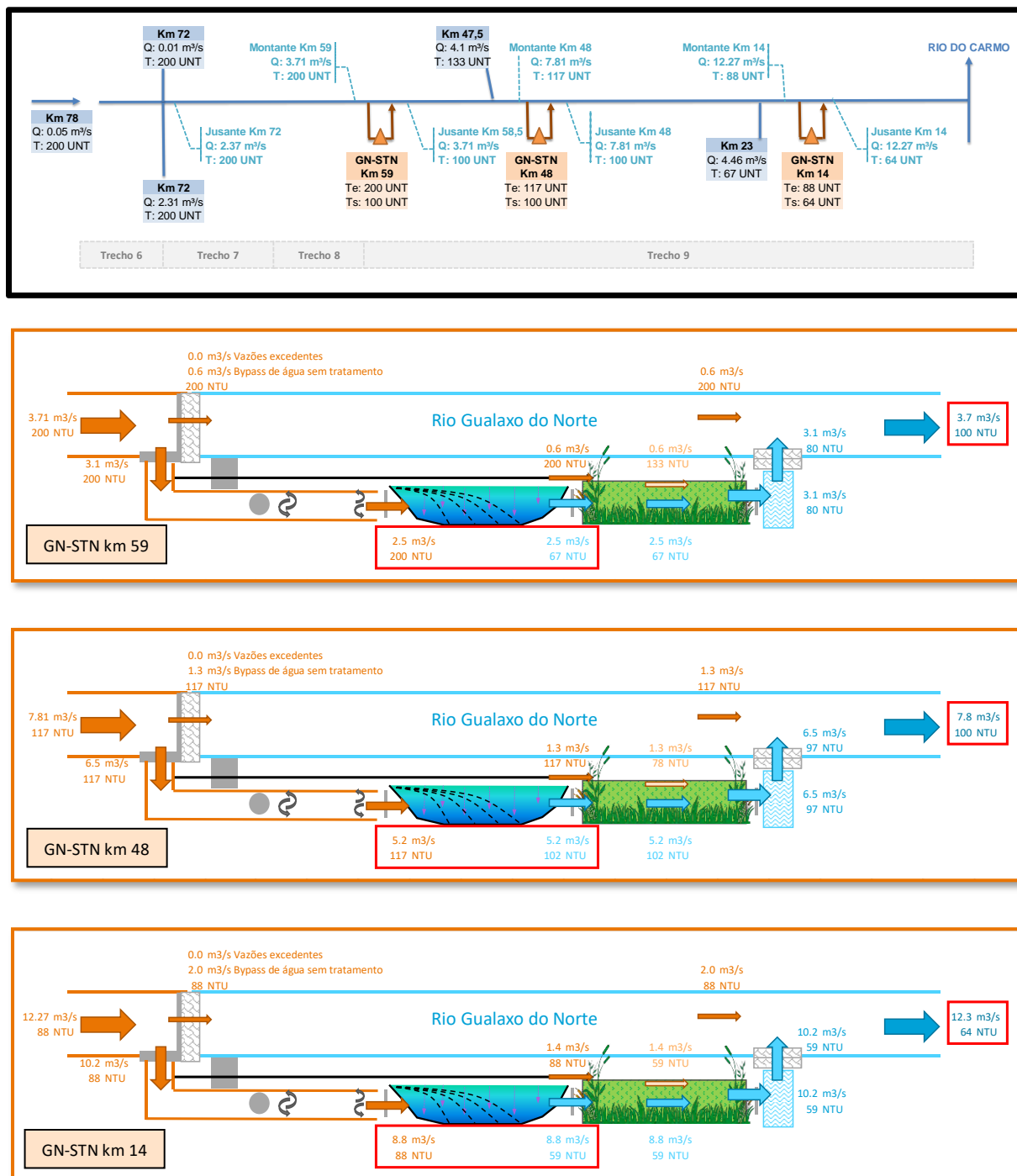


Figura 41: Exemplo com Q50 e Turbidez Baixa: rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.



- Vazão Q50 (50% de excedência) e turbidez média (350 NTU) assumindo contribuições de turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte – Figura 42

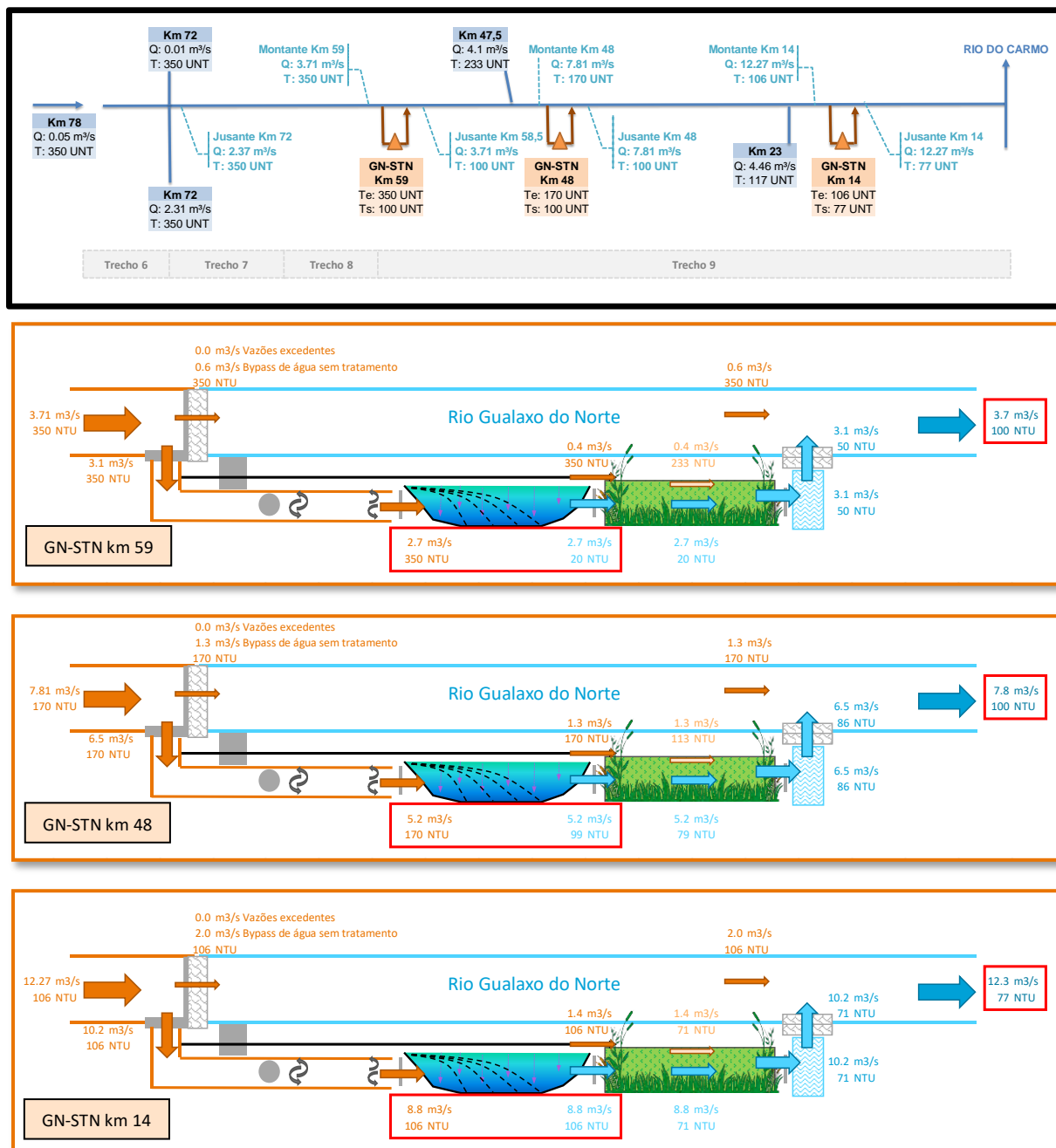


Figura 42: Exemplo com Q50 e Turbidez Média: rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.



- Período chuvoso com vazão Q10 (10 % de excedência) e turbidez elevada (650 NTU) assumindo contribuições de turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte – Figura 43

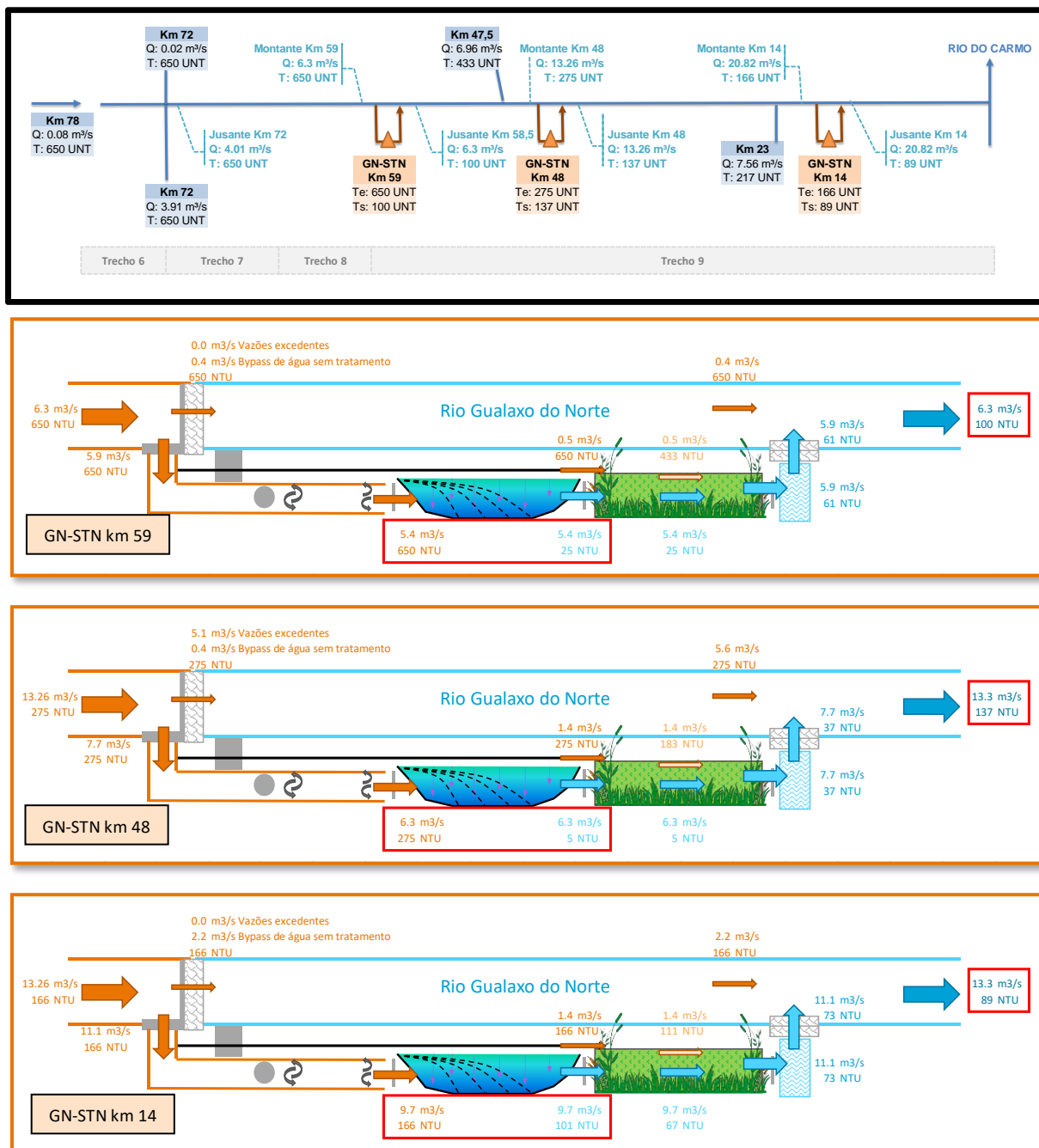


Figura 43: Exemplo com Q10 e Turbidez Elevada (650 NTU): rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.



- Período chuvoso com vazão Q10 (10 % de excedência) e turbidez muito elevada (1500 NTU) assumindo contribuições de turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte – Figura 44

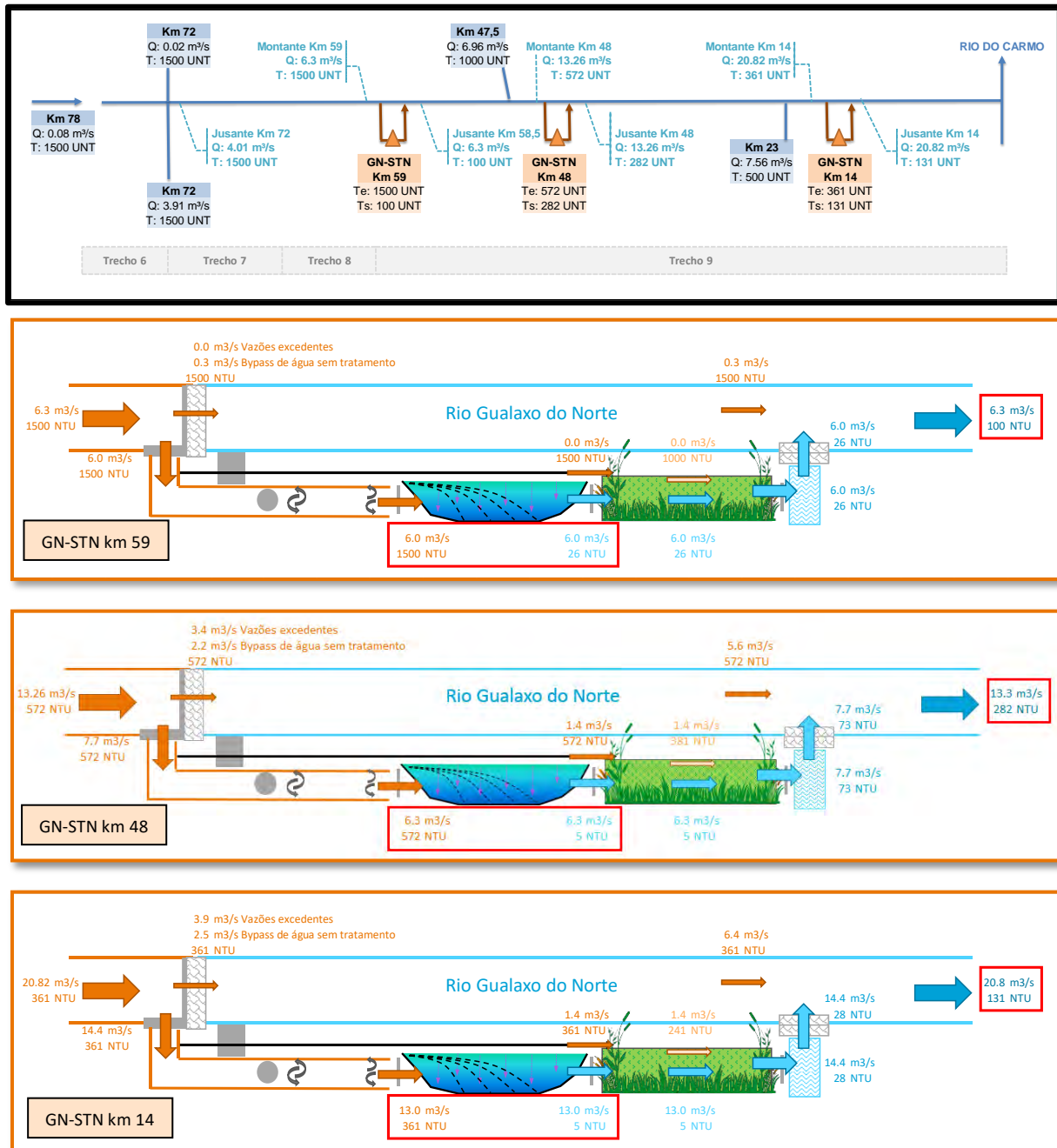


Figura 44: Exemplo com Q10 e Turbidez Muito Elevada (1.000 NTU): rio Gualaxo do Norte assumindo contribuições ao longo do rio e resultados específicos nos STN GN-STN km 59, 48 e 14.

Os exemplos apresentados são ilustrativos e colaboram no entendimento da variação da turbidez ao longo do rio Gualaxo do Norte em função da vazão e dos aportes de turbidez. Apesar dos exemplos ilustrados assumirem aporte de turbidez ao longo do rio, estes auxiliam o entendimento da diluição da turbidez em função da parcela tratada e os aportes de tributários. A partir dos exemplos, observa-se que:

- No período de seca é possível atender o alvo de 100 NTU ao longo do rio Gualaxo do Norte, sendo possível também reduzir consideravelmente a turbidez no período chuvoso.



- A incorporação de diversos STN off-line ao longo do rio colabora na redução da adição de produtos químicos nas bacias de sedimentação, sendo que caso seja atingido o alvo de 100 NTU no primeiro STN off-line (km 59), nos STN seguintes pode não ser necessário adicionar produtos químicos nos períodos de seca.

## 8.6 Procedimentos para o Comissionamento e Descomissionamento dos STN Off-line

O comissionamento e startup são essenciais para providenciar soluções de problemas relacionados com os sistemas elétricos, de instrumentação e de alimentação química. Devem ser identificadas modificações que possam otimizar o desempenho do tratamento, como dosagens de químicos em níveis ótimos e abertura de comportas.

O STN proposto possui, no entanto, um tempo de operação limitado. Logo que o rio Gualaxo do Norte atingir de forma natural os níveis desejados de turbidez, o sistema poderá ser desativado. Em vista das poucas estruturas de concreto que os STN off-line possuem, considera-se simples o processo de descomissionamento, o qual se dá em função das seguintes etapas:

- Remoção da estrutura de desvio de vazão para permitir o fluxo natural do rio;
- Demolição das estruturas de concreto (comportas, vertedouros, sistema de dosagem e extravasor);
- As bacias de sedimentação serão preenchidas com a própria terra removida, ou serão deixadas vazias caso desejado pelo proprietário da área (utilização para irrigação ou cultura de peixes);
- As *wetlands* permanecerão em serviço para providenciar vegetação ciliar ao rio;
- Executar terraplenagem para facilitar drenagem do site.

## 8.7 Critérios de Seleção das Áreas de Disposição do Material Removido durante a implantação das STN

A preparação das áreas onde serão implantadas as três STN off-line no rio Gualaxo do Norte, envolverá a remoção de parte do material depositado sobre as localidades selecionadas, por meio das atividades de escavação mecanizada, as quais seguirão rigorosamente a NBR 9.061 – Segurança de escavação a céu aberto.

Conforme apresentado na Seção 7 deste documento, a área total estimada para a implantação das três STN off-line desenvolvidas a nível de projeto conceitual é de 19 ha, a qual está distribuída da seguinte forma entre cada STN conforme apresentado na Tabela 9.

**Tabela 9: Área total estimada para a implantação das STN Off-Line**

ID	Localização no rio Gualaxo do Norte	Área (m²)
GN-STN km 14	km 14	123.200
GN-STN km 48	km 48	63.000

As áreas supramencionadas serão localizadas conforme apresentado na Seção 7.1.

Estima-se que durante as atividades de escavação serão gerados cerca de 365.000 m<sup>3</sup> de material removido, cuja proveniência está discriminada na Tabela 10.

**Tabela 10: Volume total Gerado produto dos trabalhos para a implantação das STN Off-Line**

ID	Localização no Rio Gualaxo do Norte	Voume Gerado (m³)
GN-STN km 14	km 14	240.986
GN-STN km 48	km 48	124.043

O material a ser escavado e removido, será enviado para áreas de disposição em localidades pré-determinadas e mapeadas pela Fundação Renova.

Contudo, com o objetivo de viabilizar as operações de transporte e disposição, foi adotado um critério de priorização para seleção das áreas, o qual será apresentado adiante neste documento. As informações aqui apresentadas são preliminares e requerem estudos aprofundados para que se obtenha precisão nos dados e avaliações.

Será adotada uma ordem de prioridade em relação ao uso das áreas preliminarmente mapeadas para disposição do material escavado, considerando-se as distâncias dos locais de extração, viabilidade logística, capacidade de recebimento, avaliações geotécnicas, acessos e licenciamento. Os critérios de priorização deverão ser validados pela Fundação Renova.

### 8.7.1 Capacidade de Recebimento e Avaliações Geotécnicas

As informações relacionadas a capacidade de recebimento e estudos geotécnicos de cada área pretendida para disposição do material escavado, deverão ser obtidas e enviadas pela Fundação Renova durante a execução do projeto executivo, as quais sofrerão avaliação para que se confirmem os dados e os estudos para o projeto de disposição.

### 8.7.2 Permissões

Posteriormente ao processo de tomada de decisão quanto à definição das áreas preteridas, deverão ser iniciados os processos de permissão para utilização das mesmas, uma vez que algumas das áreas não são de propriedade da SAMARCO e estarão sujeitas a aprovação de seus proprietários.

O planejamento e execução da abordagem e possíveis negociações com os proprietários serão de responsabilidade da Fundação Renova.

### 8.7.3 Licenciamento e Adequação das Áreas de Disposição

A Fundação Renova irá conduzir as ações relativas ao licenciamento das áreas de disposição final.



## 9 Modelo Hidráulico Simplificado no HEC-RAS do rio Gualaxo do Norte

A fim de se analisar o comportamento hidráulico do rio Gualaxo do Norte, para se avaliar, principalmente, a ordem de grandeza do nível d'água nos sites de tratamento natural propostos, foram realizadas simulações utilizando-se o modelo matemático *Hydrologic Engineering Center River Analysis System* (HEC-RAS), desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE), na sua versão 5.0.3.

Para a análise das condições de escoamento, foram realizadas simulações em regime estacionário. Este componente do sistema de modelagem é capaz de modelar regimes subcríticos, supercríticos e mistos dos perfis de superfície da água. O procedimento computacional básico é baseado na resolução da equação de energia unidimensional. As perdas de energia são calculadas pelo atrito (equação de Manning) e contração/expansão (coeficiente multiplicado pela mudança da velocidade).

### 9.1 Configuração do Modelo

#### 9.1.1 Domínio

A primeira etapa para configuração do modelo foi a definição do domínio do sistema. A Figura 45 apresenta o limite da bacia hidrográfica de contribuição considerada, destacando a linha d'água configurada para a modelagem do rio Gualaxo do Norte. O trecho estende-se por, aproximadamente, 70 km, desde 5 km a montante da foz do Córrego de Santarém até a estação fluviométrica 56337000, a 9 km da foz do Gualaxo do Norte no rio do Carmo.

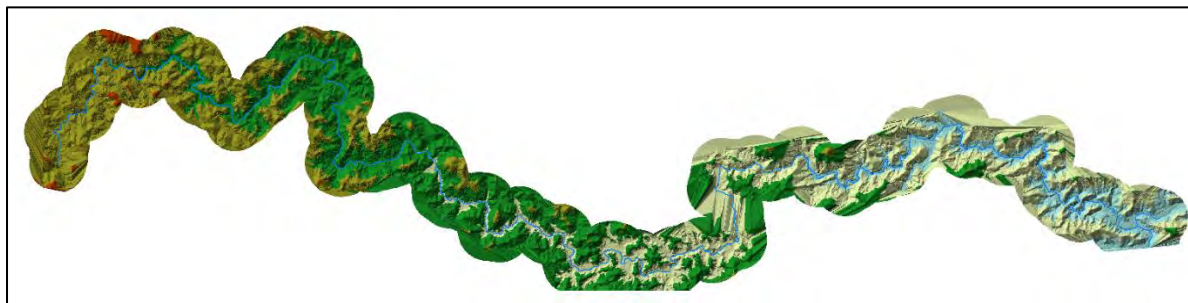


Figura 45. Domínio do modelo hidráulico fluvial do rio Gualaxo do Norte. Fonte: (Google Earth, 2016)

#### 9.1.2 Geometria

A definição da geometria do modelo, que inclui o curso d'água, as seções transversais e o estabelecimento dos coeficientes de Manning foi desenvolvida com o auxílio da extensão HEC-GeoRAS, versão 10.4, um software de geoprocessamento desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) capaz de trabalhar de forma integrada informações georreferenciadas no ArcGIS e no HEC-RAS.

Por falta de informações topo-batimétricas ao longo do rio Gualaxo do Norte, foram utilizadas as informações obtidas através do LiDAR. Estas, foram processadas para a geração do arquivo de elevação necessário para a delimitação da linha d'água e das seções transversais. A Figura 46 apresenta a camada TIN (do inglês *triangular irregular network* – rede triangular irregular) gerada a partir do modelo digital de elevação obtido com os dados do LiDAR.



**Figura 46. Camada de elevação TIN gerada a partir dos dados do LiDAR para obtenção da geometria do modelo.**

As seções transversais foram desenhadas ao longo do rio em pontos estratégicos, considerando a extensão do trecho, as declividades e os potenciais sites de tratamento. Em geral, foi desenhada uma seção a cada quilômetro. Em trechos com declividade maior que 0,75% e nas áreas próximas aos sites de tratamento propostos, aumentou-se esta densidade para uma seção a cada 250 m. Foram geradas, ainda, seções por interpolação numérica. O próprio modelo faz os cálculos de interpolação a partir das seções inseridas pelo usuário, assim, elas não têm representação geográfica exata, mas asseguram a estabilidade numérica do modelo em trechos de alto declive e aumentam a visibilidade dos resultados nos trechos de maior interesse, que são os sites de tratamento.

Assim, foram inseridas 137 seções (desenhadas no HEC-GeoRAS) e interpoladas outras 210. Por interpolação, foi gerada uma seção a cada 500 ao longo do rio e uma a cada 20 entre as seções a montante e jusante dos sites de tratamento. A título de informação, a progressiva de início do trecho modelado é a de número 76649, finalizando na progressiva 12.

Uma vez finalizada a etapa de inserção das seções transversais, foram especificados os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning para cada seção inserida. Considerou-se quatro diferentes valores, dependendo do tipo do canal e da cobertura do solo da planície de inundação. Os valores foram baseados na literatura (Chow, 1959) e estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11. Coeficientes de rugosidade de Manning adotados**

Tipo de Canal	Progressiva	Coefficiente de Manning
Natural	Todo trecho, exceto o "Natural com rochas (alta declividade)"	0,030
Natural com rochas (alta declividade)	69709 – 68701 62226 – 58995 53649 – 52637 47004 – 45010 25701 – 20798 7630 – 6966	0,045
Planície de inundação – Floresta densa	76649 – 44755	0,150
Planície de inundação – Campo desmatado, poucas árvores	43765 – 12	0,060



## 9.2 Dados de Entrada

Os dados de entrada utilizados no modelo foram obtidos das medições diárias realizadas na estação fluviométrica 56337000, no rio Gualaxo do Norte, indicada na Figura 47. A estação está localizada no município de Barra Longa/MG (20°16'2''S, 43°6'3''N) e está sob responsabilidade da ANA. A série de dados utilizada na modelagem contempla informações de vazões médias diárias de 1980 a 2015.

Com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia do rio Gualaxo do Norte, foram delimitadas as sub-bacias de drenagem. O mapa da Figura 47 apresenta a divisão estabelecida. Ao todo, foram definidas 81 sub-bacias e, com isso, foi possível estabelecer os pontos de aporte lateral no corpo receptor modelado. Algumas sub-bacias foram agrupadas para entrada em um único ponto. A Tabela 12 apresenta as sub-bacias agrupadas em cada ponto de entrada do modelo.

**Tabela 12. Sub-bacias agrupadas em cada ponto de entrada**

Ponto de Entrada	Sub-bacias		
76649	SB_27	SB_42	SB_75
75783	SB_50	SB_51	SB_58
74775	SB_57		
71819	SB_56	SB_63	SB_79
69709	SB_67	SB_73	
68701	SB_76		
66730	SB_69	SB_72	
64729	SB_65		
63760	SB_55	SB_59	
62738	SB_52		
61758	SB_53	SB_62	
59748	SB_64	SB_70	
58754	SB_78		
58515	SB_74		
56826	SB_61		
55683	SB_54	SB_77	
54704	SB_60		
53649	SB_43		
52637	SB_38	SB_47	
51627	SB_30		
50614	SB_34	SB_48	
48588	SB_40	SB_71	
48291	SB_68		
47729	SB_39		
47349	SB_35		
46647	SB_31		
45695	SB_21		
44755	SB_19		

Ponto de Entrada	Sub-bacias		
43765	SB_17	SB_37	
42738	SB_13		
40747	SB_12	SB_23	
39747	SB_09	SB_49	
38755	SB_18		
37759	SB_04		
36760	SB_03		
35741	SB_20		
34690	SB_07	SB_11	
31817	SB_02	SB_05	
30718	SB_22	SB_16	
29716	SB_06	SB_10	
28803	SB_08		
27473.5*	SB_14	SB_15	
25701	SB_36	SB_25	
24698	SB_33		
23730	SB_81		
22723	SB_32		
20798	SB_66		
19827	SB_26		
18838	SB_24		
17835	SB_44	SB_29	
16862	SB_28		
15864	SB_45		
14911	SB_41		
14235	SB_46		
12873	SB_01	SB_80	

Assim, nesta etapa da modelagem, os valores diários medidos na estação fluviométrica foram distribuídos a montante proporcionalmente à área de cada sub-bacia de contribuição. Tal ação é suficiente para os objetivos atuais da modelagem. Em uma próxima fase, um modelo hidrológico deve ser apresentado para estabelecer vazões de aportes laterais mais precisas para um nível detalhado do projeto dos sites de tratamento natural.

Para análise do comportamento do nível d'água nos sites de tratamento natural, foram simuladas 12 vazões diferentes. Com isso, buscou-se criar subsídios para melhorias das condições de dimensionamento das estruturas do site a fim de buscar a disposição que melhor garanta o correto funcionamento dos sistemas. A Tabela 13 apresenta as vazões totais utilizadas na modelagem, medidas na estação fluviométrica.

**Tabela 13. Vazões simuladas no modelo de corpo receptor**

Vazão	Descrição	Valor medido na Estação Fluviométrica [m³/s]
Q <sub>50%</sub>	Vazão com frequência 50%	9,54
Q <sub>méd</sub>	Vazão média diária (1980-2015)	13,19
Q <sub>5%</sub>	Vazão com frequência 5%	29,82
Q <sub>1%</sub>	Vazão com frequência 1%	69,81
Q <sub>0,5%</sub>	Vazão com frequência 0,5%	98,39
TR2	Vazão com período de retorno de 2 anos	130,65
TR5	Vazão com período de retorno de 5 anos	232,64
TR10	Vazão com período de retorno de 10 anos	300,16
TR15	Vazão com período de retorno de 15 anos	338,26
TR20	Vazão com período de retorno de 20 anos	364,93
TR25	Vazão com período de retorno de 25 anos	385,48
Q <sub>máx</sub>	Vazão diária máxima observada no período analisado (1980-2015)	483,51

Nota: a frequência indica a porcentagem em que determinada vazão foi igualada ou superada.

A Tabela 14 apresenta os dados acumulados inseridos no modelo. Nota-se que os maiores saltos nos valores ocorrem nas entradas 71819, 23730 e 12873, que, naturalmente, correspondem às entradas das maiores sub-bacias da área de estudo. Os pontos de entrada 58754, 47729 e 14911 correspondem às seções a montante dos sites de tratamento GN-STN km 59 GN-STN km 48 e GN-STN km 14, respectivamente.

**Tabela 14. Vazões acumuladas inseridas no modelo de corpo receptor.**

Ponto de Entrada	Vazão [m³/s]											
	Q <sub>50%</sub>	Q <sub>méd</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>1%</sub>	Q <sub>0,5%</sub>	TR2	TR5	TR10	TR15	TR20	TR25	Q <sub>máx</sub>
76649	1,7	2,4	5,5	12,8	18,0	23,9	42,5	54,9	61,9	66,7	70,5	88,4
75783	1,9	2,7	6,1	14,2	20,0	26,6	47,4	61,1	68,9	74,3	78,5	98,4
74775	2,0	2,7	6,2	14,4	20,3	27,0	48,1	62,1	69,9	75,5	79,7	100,0
71819	3,1	4,2	9,6	22,4	31,6	42,0	74,8	96,5	108,8	117,3	123,9	155,5
69709	3,1	4,3	9,7	22,8	32,1	42,6	75,9	97,9	110,3	119,0	125,7	157,7
68701	3,3	4,5	10,2	24,0	33,8	44,9	79,9	103,1	116,2	125,4	132,5	166,1
66730	3,3	4,6	10,4	24,3	34,2	45,5	81,0	104,5	117,7	127,0	134,1	168,3
64729	3,3	4,6	10,4	24,4	34,3	45,6	81,2	104,8	118,1	127,4	134,5	168,8
63760	3,4	4,7	10,7	25,1	35,4	47,1	83,8	108,1	121,8	131,4	138,8	174,1
62738	3,5	4,8	10,9	25,5	35,9	47,7	84,9	109,5	123,4	133,2	140,7	176,4
61758	3,6	4,9	11,1	26,0	36,7	48,7	86,8	111,9	126,2	136,1	143,8	180,3
59748	3,6	5,0	11,2	26,3	37,1	49,2	87,7	113,1	127,5	137,5	145,3	182,2
58754	3,9	5,3	12,1	28,3	39,9	52,9	94,3	121,6	137,1	147,9	156,2	195,9
58515	3,9	5,4	12,2	28,4	40,1	53,2	94,8	122,3	137,8	148,7	157,1	197,0
56826	3,9	5,4	12,3	28,8	40,6	53,9	96,0	123,9	139,6	150,6	159,1	199,6
55683	4,2	5,7	13,0	30,4	42,8	56,9	101,3	130,7	147,3	158,9	167,9	210,6
54704	4,2	5,8	13,1	30,7	43,2	57,4	102,2	131,9	148,6	160,4	169,4	212,5
53649	4,2	5,9	13,2	31,0	43,7	58,0	103,3	133,3	150,2	162,1	171,2	214,7
52637	4,3	5,9	13,3	31,2	44,0	58,4	104,0	134,1	151,2	163,1	172,3	216,1
51627	4,3	5,9	13,4	31,3	44,1	58,5	104,2	134,5	151,6	163,5	172,7	216,6
50614	4,3	6,0	13,5	31,7	44,6	59,3	105,5	136,1	153,4	165,5	174,8	219,3
48588	4,4	6,1	13,8	32,3	45,5	60,4	107,5	138,7	156,3	168,7	178,2	223,5
48291	4,5	6,3	14,1	33,1	46,7	62,0	110,4	142,4	160,5	173,1	182,9	229,4
47729	4,5	6,3	14,2	33,2	46,8	62,2	110,7	142,8	161,0	173,6	183,4	230,1
47349	4,6	6,4	14,4	33,6	47,4	62,9	112,1	144,6	163,0	175,8	185,7	232,9
46647	4,6	6,4	14,4	33,7	47,6	63,1	112,4	145,1	163,5	176,4	186,3	233,7
45695	4,7	6,4	14,6	34,1	48,1	63,8	113,7	146,7	165,3	178,3	188,3	236,2
44755	4,7	6,5	14,7	34,4	48,4	64,3	114,5	147,8	166,5	179,6	189,8	238,0
43765	4,8	6,6	14,9	34,9	49,3	65,4	116,5	150,3	169,3	182,7	193,0	242,0
42738	4,8	6,6	15,0	35,0	49,4	65,6	116,8	150,7	169,8	183,2	193,5	242,7
40747	4,9	6,7	15,2	35,6	50,2	66,6	118,6	153,1	172,5	186,1	196,6	246,6
39747	5,0	6,9	15,6	36,4	51,3	68,2	121,3	156,6	176,4	190,4	201,1	252,2
38755	5,0	6,9	15,6	36,6	51,6	68,5	122,0	157,4	177,4	191,4	202,2	253,6



Ponto de Entrada	Vazão [m³/s]											
	Q <sub>50%</sub>	Q <sub>méd</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>1%</sub>	Q <sub>0,5%</sub>	TR2	TR5	TR10	TR15	TR20	TR25	Q <sub>máx</sub>
37759	5,1	7,0	15,8	37,1	52,3	69,4	123,6	159,5	179,7	193,9	204,8	256,9
36760	5,2	7,1	16,1	37,8	53,3	70,8	126,0	162,6	183,2	197,6	208,8	261,8
35741	5,2	7,2	16,3	38,2	53,8	71,4	127,2	164,1	184,9	199,5	210,7	264,3
34690	5,3	7,3	16,5	38,5	54,3	72,1	128,4	165,7	186,7	201,4	212,8	266,9
31817	5,4	7,4	16,8	39,4	55,5	73,7	131,2	169,3	190,8	205,8	217,4	272,7
30718	5,5	7,6	17,1	40,0	56,3	74,8	133,2	171,9	193,7	209,0	220,8	276,9
29716	5,5	7,7	17,3	40,5	57,1	75,9	135,1	174,3	196,4	211,9	223,8	280,7
28803	5,6	7,7	17,5	40,9	57,7	76,6	136,4	176,0	198,3	213,9	226,0	283,5
27473.5*	5,6	7,8	17,6	41,3	58,2	77,3	137,7	177,6	200,2	216,0	228,1	286,1
25701	5,7	7,9	17,8	41,8	58,9	78,2	139,2	179,6	202,4	218,3	230,6	289,3
24698	5,7	7,9	17,9	41,9	59,0	78,4	139,6	180,1	203,0	219,0	231,3	290,1
23730	7,2	10,0	22,6	52,8	74,5	98,9	176,1	227,2	256,0	276,2	291,7	365,9
22723	7,2	10,0	22,6	53,0	74,7	99,2	176,6	227,8	256,7	277,0	292,6	367,0
20798	7,4	10,2	23,0	53,9	75,9	100,8	179,6	231,7	261,1	281,7	297,5	373,2
19827	7,5	10,3	23,3	54,6	76,9	102,1	181,9	234,6	264,4	285,3	301,3	378,0
18838	7,5	10,3	23,3	54,7	77,0	102,3	182,1	235,0	264,8	285,7	301,8	378,6
17835	7,5	10,4	23,5	55,0	77,5	103,0	183,4	236,6	266,6	287,6	303,8	381,1
16862	7,5	10,4	23,5	55,1	77,6	103,1	183,6	236,9	266,9	288,0	304,2	381,5
15864	7,6	10,4	23,6	55,2	77,9	103,4	184,1	237,6	267,7	288,8	305,1	382,7
14911	7,6	10,5	23,6	55,3	78,0	103,6	184,4	238,0	268,2	289,3	305,6	383,3
14235	7,6	10,5	23,7	55,4	78,1	103,7	184,7	238,3	268,5	289,7	306,0	383,9
12873	9,5	13,2	29,8	69,8	98,4	130,7	232,6	300,2	338,3	364,9	385,5	483,5

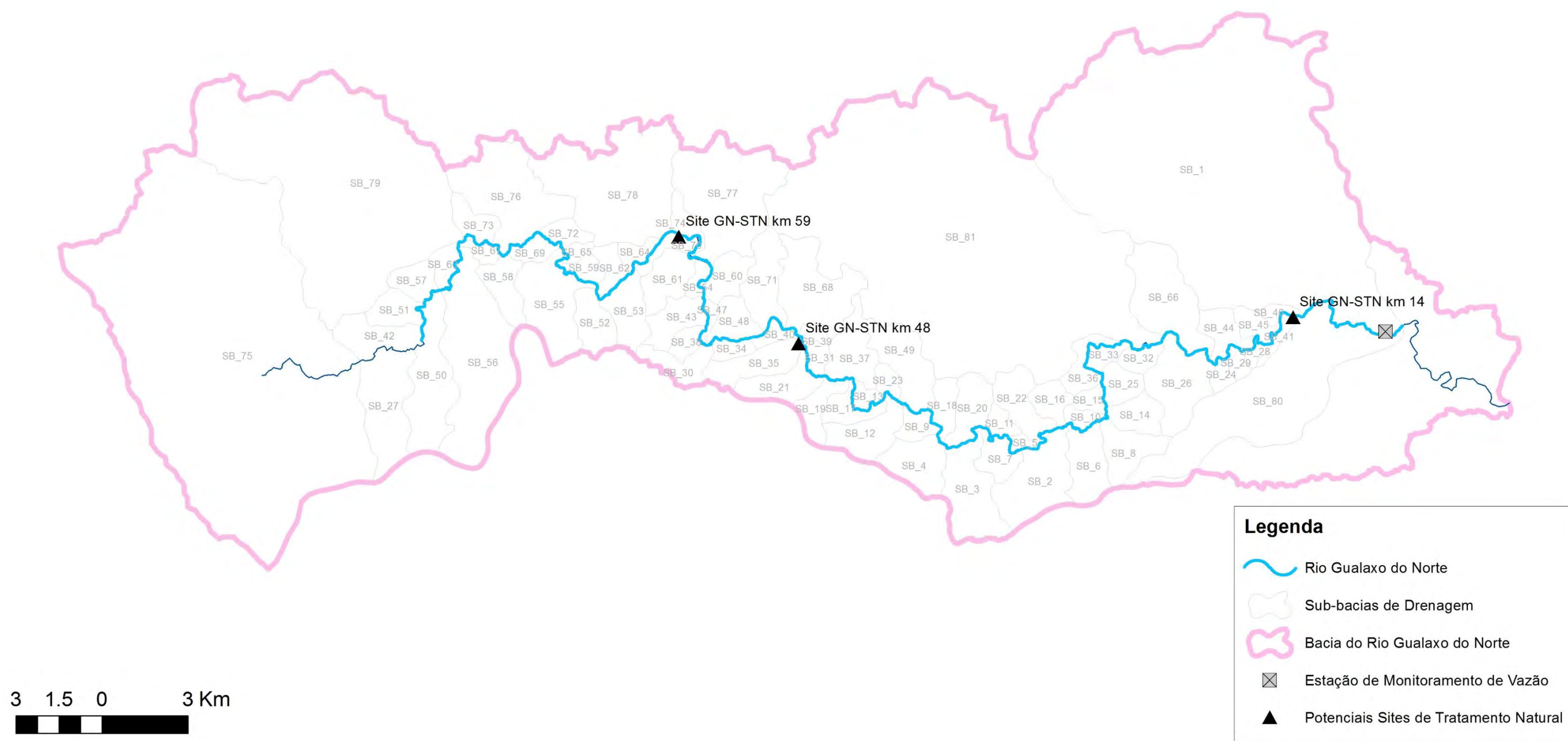


Figura 47. Sub-bacias de drenagem na bacia do rio Gualaxo do Norte.



## 9.3 Resultados

Como o objetivo da modelagem desta fase do estudo é verificar o efeito de determinadas vazões sobre os sites de tratamento propostos, foram selecionadas seções estratégicas em cada site para se analisar, a partir de um referencial, a altura do nível d'água, que podem causar alagamentos indesejados. Tomou-se como referência as cotas de topo das bermas delimitadoras de canais, *wetlands* e bacias de sedimentação de cada site, uma vez que é importante conhecer a capacidade de proteção dessas estruturas para dimensioná-las maximizando o funcionamento correto do sistema de tratamento, dentro de condições aceitáveis.

A Tabela 15 apresenta as seções transversais selecionadas para análise. Nas subseções seguintes, os resultados estão apresentados separadamente para cada site.

**Tabela 15. Seções transversais de análise e cotas de elevação de referência para análise do nível d'água nos sites de tratamento propostos.**

Site GN-STN km 48	Site GN-STN km 14
47463.0*	14235
47349	14006
47253.1*	13855
47176.5*	13720.9*
47119.0*	13606

As simplificações adotadas para a modelagem devem ser consideradas ao se analisar os resultados do modelo, não sendo possível adotá-los como números absolutos e lembrando sempre que representam a ordem de grandeza das vazões.

**Vale lembrar que os níveis aqui apresentados indicam apenas uma ordem de grandeza, em uma situação conservadora, os impactos de diferentes cenários de vazão sobre os sites de tratamento propostos, não devendo ser considerados em seu valor literal.**

### 9.3.1 GN-STN km 48

No site GN-STN km 48, os níveis d'água foram analisados em 5 seções transversais, conforme apresentado na Figura 48. As *wetlands* 1 e 2 estão às margens do rio, sendo as primeiras atingidas em caso de um evento extremo. Pelos resultados apresentados na Tabela 16, o nível d'água do rio ultrapassaria as bermas laterais das *wetlands* a partir de vazões com TR de 5 anos. Dentre as vazões simuladas, a bacia de sedimentação 1 seria atingida com um TR de 20 anos, enquanto a bacia 2, apenas caso a vazão máxima registrada voltasse a acontecer.

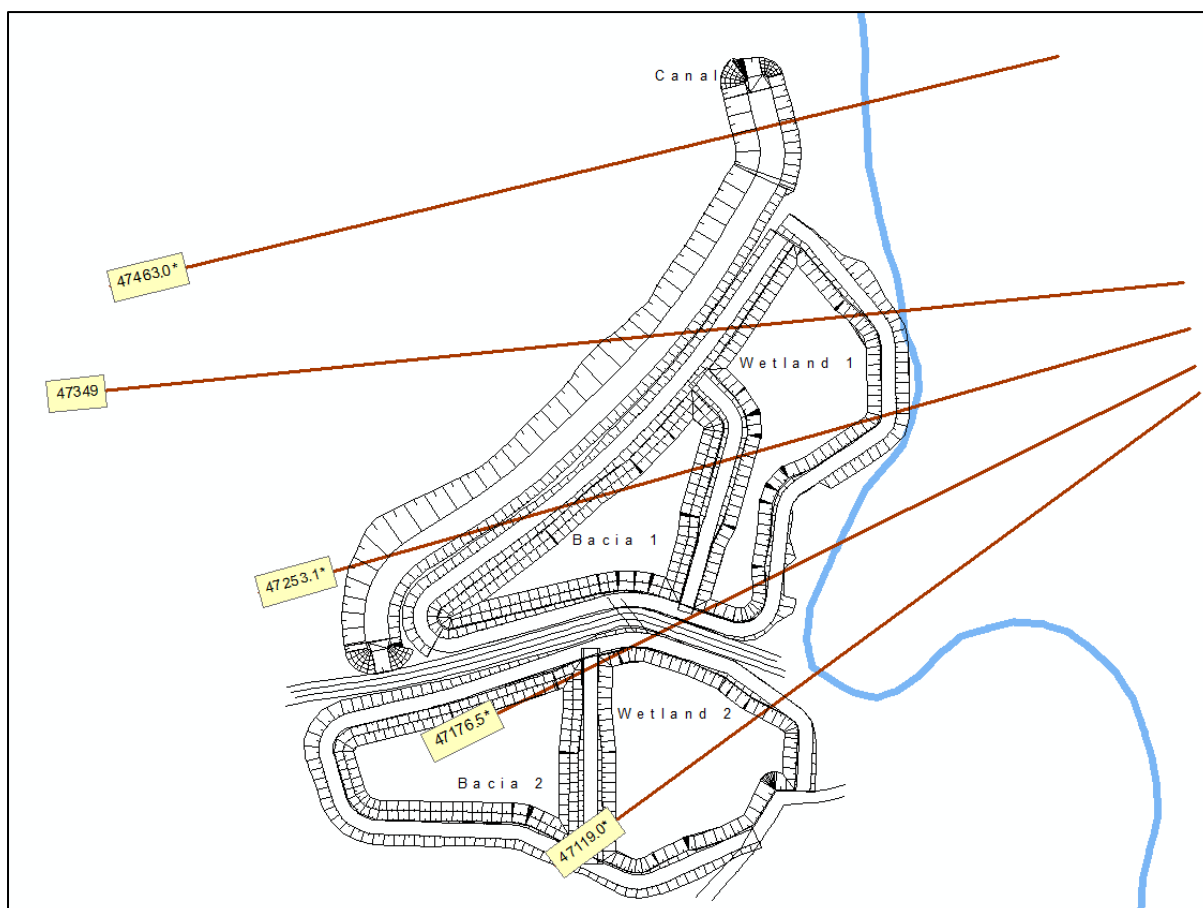


Figura 48. Site GN-STN km 48 – Seções transversais analisadas na modelagem

Tabela 16. Resultados na modelagem – Site GN-STN km 48. Altura do nível d'água acima da superfície das bermas.

	Seções	Nível d'água acima da superfície das bermas [m]											
		Q <sub>50%</sub>	Q <sub>méd</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>1%</sub>	Q <sub>0,5%</sub>	TR2	TR5	TR10	TR15	TR20	TR25	Q <sub>máx</sub>
Canal	47463.0*	-1,77	-1,71	-1,55	-1,28	-1,11	-0,92	-0,36	0,02	0,30	0,51	0,63	0,99
	47349	-2,99	-2,87	-2,51	-1,96	-1,68	-1,42	-0,77	-0,38	-0,13	0,05	0,15	0,55
	47253.1*	-2,78	-2,66	-2,27	-1,74	-1,47	-1,21	-0,59	-0,22	-0,03	0,10	0,19	0,58
Wetland 1	47349	-1,60	-1,48	-1,12	-0,57	-0,29	-0,03	0,62	1,01	1,26	1,44	1,54	1,94
	47253.1*	-1,74	-1,62	-1,23	-0,70	-0,43	-0,17	0,45	0,82	1,01	1,14	1,23	1,62
	47176.5*	-2,66	-2,54	-2,16	-1,61	-1,35	-1,10	-0,51	-0,16	0,01	0,13	0,22	0,59
Bacia 1	47253.1*	-2,58	-2,46	-2,07	-1,54	-1,27	-1,01	-0,39	-0,02	0,17	0,30	0,39	0,78
Wetland 2	47119.0*	-1,99	-1,87	-1,49	-0,96	-0,70	-0,46	0,12	0,44	0,61	0,72	0,80	1,16
Bacia 2	47119.0*	-2,89	-2,77	-2,39	-1,86	-1,60	-1,36	-0,78	-0,46	-0,29	-0,18	-0,10	0,26

### 9.3.2 GN-STN km 14

No site GN-STN km 14, a *wetland* e a bacia de sedimentação 2 estão às margens do rio Gualaxo do Norte, como indicado na Figura 49. Os resultados preliminares desta modelagem simplificada mostram que a *wetland* seria inundada já com uma vazão de TR 2 anos (104 m³/s). A bacia de sedimentação 2, por outro lado, seria inundada com vazões superiores às de TR 10 anos, assim como a bacia 1.



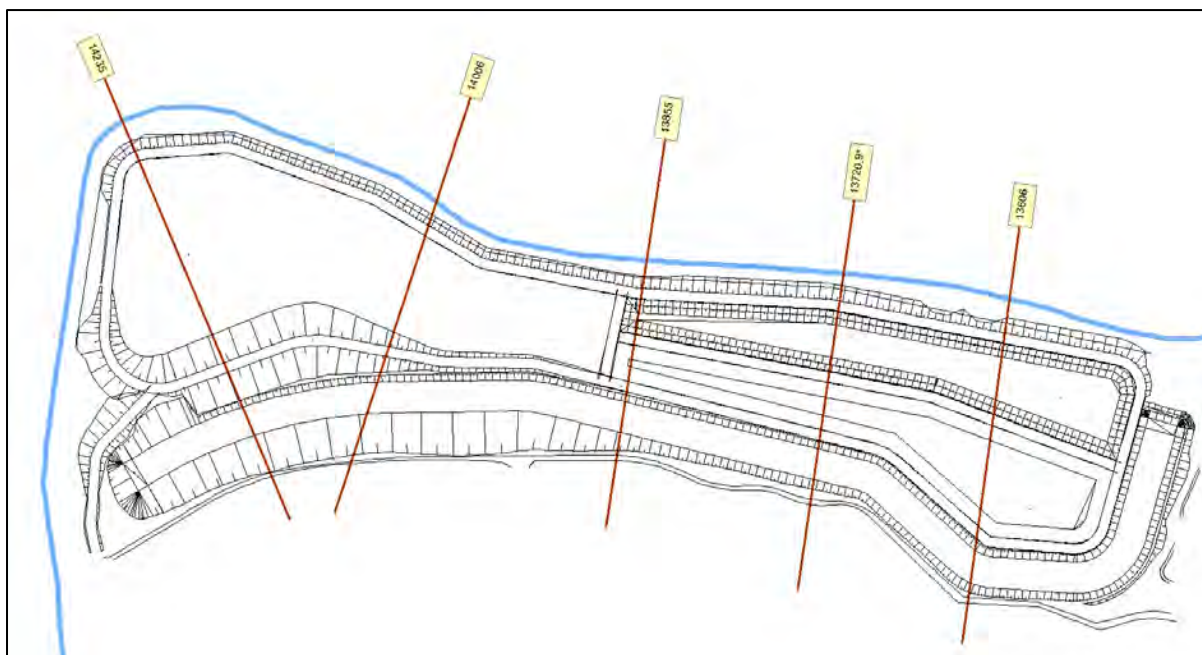


Figura 49. Site GN-STN km 14 – Seções transversais analisadas na modelagem

Tabela 17. Resultados na modelagem – Site GN-STN km 14. Altura do nível d'água acima da superfície das bermas.

	Seções	Nível d'água acima da superfície das bermas [m]											
		Q <sub>50%</sub>	Q <sub>méd</sub>	Q <sub>5%</sub>	Q <sub>1%</sub>	Q <sub>0,5%</sub>	TR2	TR5	TR10	TR15	TR20	TR25	Q <sub>máx</sub>
Wetland 1	14235	-1,60	-1,47	-1,06	-0,43	-0,10	0,25	0,96	1,20	1,32	1,40	1,46	1,73
	14006	-1,83	-1,70	-1,29	-0,68	-0,37	-0,06	0,62	0,84	0,95	1,02	1,08	1,33
Bacia 2	13855	-2,04	-1,92	-1,52	-0,93	-0,63	-0,34	0,34	0,54	0,65	0,73	0,79	1,06
	13720.9*	-2,26	-2,15	-1,81	-1,24	-0,93	-0,63	0,11	0,30	0,43	0,52	0,58	0,89
	13606	-2,54	-2,43	-2,05	-1,46	-1,15	-0,87	-0,25	0,05	0,22	0,32	0,40	0,76
Bacia 1	13855	-2,04	-1,92	-1,52	-0,93	-0,63	-0,34	0,34	0,54	0,65	0,73	0,79	1,06
	13720.9*	-2,26	-2,15	-1,81	-1,24	-0,93	-0,63	0,11	0,30	0,43	0,52	0,58	0,89
	13606	-2,54	-2,43	-2,05	-1,46	-1,15	-0,87	-0,25	0,05	0,22	0,32	0,40	0,76
Canal	14235	-8,51	-8,38	-7,97	-7,34	-7,01	-6,66	-5,95	-5,71	-5,59	-5,51	-5,45	-5,18
	14006	-5,46	-5,33	-4,92	-4,31	-4,00	-3,69	-3,01	-2,79	-2,68	-2,61	-2,55	-2,30
	13855	-2,15	-2,03	-1,63	-1,04	-0,74	-0,45	0,23	0,43	0,54	0,62	0,68	0,95
	13720.9*	-2,26	-2,15	-1,81	-1,24	-0,93	-0,63	0,11	0,30	0,43	0,52	0,58	0,89
	13606	-2,54	-2,43	-2,05	-1,46	-1,15	-0,87	-0,25	0,05	0,22	0,32	0,40	0,76

## 10 Lavagem nos Eventos de Cheias

Visto que os STN off-line serão implantados em planícies aluvionares sujeitas a eventos de cheia, foi realizada uma análise do impacto na qualidade da água na eventualidade de um evento de cheia adentrar o sistema.

De acordo com os resultados compilados na Seção 9, foram obtidos os níveis da água que o rio Gualaxo do Norte poderá atingir, em simulações da vazão do rio em diferentes tempos de retorno (TR).

Tendo em vista as alturas que foram projetadas as bermas que envolvem as bacias de sedimentação no projeto conceitual (Apêndice B) e nos resultados do Modelo Hidráulico, foram estabelecidos em quais vazões (e consequentemente em quais TR) ocorrerá transbordamento da água do rio para dentro das bacias de sedimentação.

Usando as vazões de cheia identificadas e, como exemplo, o lodo precipitado utilizando-se como coagulante um sal de alumínio, foram calculadas as concentrações de alumínio solúvel que é liberado na corrente do rio no caso de cheia que entre nas bacias de sedimentação.

Na Tabela 18 são mostradas as etapas da análise de diluição realizada para cada um dos sites em que foi realizado projeto conceitual (SN-STN km 14 e km 48).

**Tabela 18: Análise de diluição do alumínio presente no lodo sedimentado em um evento de cheia do rio**

	GN-STN km 14	GN-STN km 48	Unidade
Altura da manta de lodo	1	1	m
Volume da manta de lodo	16.077	7.780	m <sup>3</sup>
Teor de sólidos do lodo	2%	2%	%
Densidade do lodo	1.020	1.020	kg/m <sup>3</sup>
Parcela do lodo correspondente a sólidos removidos do rio	50%	50%	%
Teor de alumínio no lodo	17%	17%	%
Densidade de alumínio no lodo	3,53	3,53	kg/m <sup>3</sup>
Massa de alumínio depositado nas bacias	56.764	27.469	kg
Alumínio disponível no lodo	3%	3%	%
Vazão de enchente	238	173,6	m <sup>3</sup> /s
<b>Concentração de alumínio na corrente</b>	<b>83</b>	<b>55</b>	<b>µg/L</b>

Notas: foram feitas considerações a respeito do teor de sólidos no lodo, sua densidade e parcela do lodo que corresponde a sólidos removidos do rio. Esses valores são típicos e dentro de faixas comumente usadas para esse fim.

Considerando que o metal no lodo floculado está hidrolisado e estável em condições neutras, apenas uma pequena fração do mesmo é liberado em estado solúvel (~3%) e pode afetar negativamente o ecossistema aquático quando solubilizado pela vazão de água da cheia do rio. Na última linha da Tabela 18 é mostrada a concentração de alumínio solubilizado na água nas vazões de cheia do rio.

No tocante a limites de ecotoxicidade, foi conduzida uma análise da possível concentração de metal dissolvido com base nas vazões da modelagem hidráulica e em considerações feitas em relação a quantidade de metal sedimentado no lodo das bacias de sedimentação do STN. Um evento de cheia ressuspensando metal do lodo por um período de 24 h resultou em valores de concentração do metal abaixo de 0,1 mg/L. Embora o valor esteja abaixo daqueles mostrados pelo estudo citado nesse relatório, uma investigação mais detalhada deve ser realizada após definição de qual combinação de



coagulante e floculante será utilizada na operação do STN e considerando os resultados no sobrenadante produto dos testes de bancada.

## 11 Próximos Passos: Projeto Executivo

No presente documento foi apresentado o projeto conceitual de três STN off-line ao longo do rio Gualaxo do Norte. O próximo passo é o desenvolvimento do projeto executivo ou final, o qual servirá de base para a construção dos STN. Para isso, será necessário completar os estudos listados a seguir os quais fornecerão dados para o projeto dos STN.

### 11.1 Teste de Bancada

Primeiramente, será realizada uma campanha de exploração a campo para coleta de água bruta de diferentes níveis de turbidez na região em que será implantado o STN.

Serão realizados estudos de tratabilidade para selecionar um coagulante, avaliar a dosagem de floculante e alcalinidade, e estimar o volume e a densidade de lodo produzido. Serão avaliados três coagulantes, sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC) e cloridrato de alumínio. Para isso serão coletadas amostras para elaborar uma curva de três pontos com diferentes níveis de turbidez.

Os Coagulantes e Floculantes a serem avaliados devem estar de acordo com os testados, que pela sua vez possuíram resultados positivos, apresentados no relatório “Avaliação dos possíveis efeitos de uso contínuo de floculantes e coagulantes” realizado pela Aplysia (Relatório Técnico 836/2017).

Durante a realização dos testes de bancada a serem realizados será avaliada a relação vazão x turbidez x dosagem. Durante a elaboração destes testes, uma vez selecionado um coagulante, será avaliada a dosagem em função da turbidez e volume de água. Pela sua vez, durante a elaboração destes testes será avaliada a velocidade de sedimentação para refinar o tempo de detenção hidráulico durante a execução do projeto executivo. Finalmente, estes testes de bancada, fornecerão as informações suficientes para avaliar os impactos ao meio ambiente, por meio de estudos de diluição apurados.

Não será considerado inicialmente um polímero orgânico como auxiliar de coagulante, salvo em casos que os resultados não sejam positivos com relação à turbidez, o mesmo poderá ser considerado.

Os testes de bancadas deveram responder os questionamentos a seguir:

1. Suporte para determinação do tempo de detenção hidráulica;
2. Engenharia cinética e química dos reagentes (impactos ao meio ambiente por meio de ensaios de ecotoxicidade);
3. Vazão x Turbidez x Dosagem (curva prevendo as variações);
4. Produtos químicos a serem usados;
5. Controle operacional do sistema de dosagem x vazões;

#### 11.1.1 Metodologia

A metodologia aplicada será a seguinte:

- As amostras serão coletadas do Trecho 9 no Rio Gualaxo do Norte em Minas Gerais.
- Serão testadas 3 (três) faixas de turbidez, que serão definidas com base no banco de dados de monitoramento no rio em questão.
- Os reagentes a serem pesquisados são Cloreto de Polialumínio, Cloridrato de Alumínio, Sulfato de Alumínio e suas combinações.

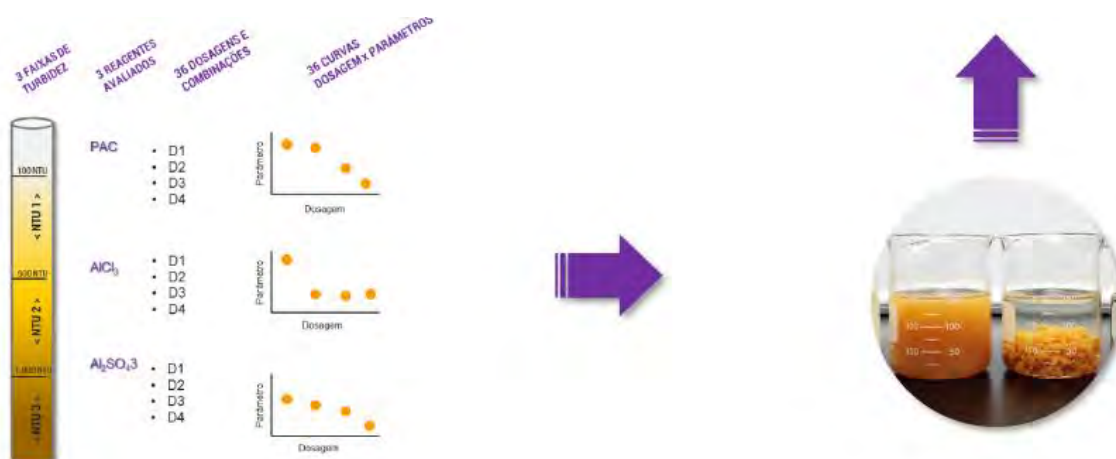


- Para se investigar a relação entre as variáveis solicitadas (concentração de turbidez, tipo/dosagem de reagente, combinação entre reagentes) e responder às questões apresentadas, serão realizadas 4 (quatro) combinações para cada reagente em questão e em 3 (três) faixas de turbidez definidas, gerando 36 (trinta e seis) curvas, conforme a seguinte especificação:
  - PAC: D1, D2, D3, D4
  - Sulfato de Alumínio: D1, D2, D3, D4
  - Cloridrato de Alumínio: D1, D2, D3, D4
- Amostras do líquido sobrenadante e do material precipitado serão coletadas para análises de parâmetros indicadores de qualidade de água (Alcalinidade, Dureza, Cátions, Ânions, Carbono Orgânico, Tamanho de Partículas, Série Sólidos) nas 5 melhores respostas para cada uma das 3 faixas de turbidez, totalizando 15 amostras.
- Com as variáveis em questão (faixa de turbidez, dosagem e tipo de reagente), serão obtidas 36 curvas de ensaio.
- Serão avaliadas 4 dosagens para cada um dos 4 reagentes e não será considerada a dosagens de polímeros e.
- Serão tomadas amostras para análise laboratorial (água bruta, água tratada e precipitado) conforme descrição a seguir.
- Os ensaios de ecotoxicidade serão conduzidos em 9 das melhores combinações.

Tipo de amostra	Matriz	Tipo de análise	Turbidez	Nº análises
Água Bruta	Água	Metais Totais	1, 2 e 3	3
Água Bruta	Água	Turbidez, pH e Alcalinidade	1, 2 e 3	36
Água Tratada	Sobrenadante	Turbidez, pH e Alcalinidade	1, 2 e 3	36
Água Tratada TOP 5 p/ cada NTU	Sobrenadante + Precipitado	Análise Completa*	1, 2 e 3	30
Água Tratada TOP 5 p/ cada NTU	Sobrenadante	Ecotoxicidade**	1, 2 e 3	15

\*Análise completa: CDEL, pH, Turbidez, Alcalinidade, Dureza, Metais Totais, COT, Tamanho partículas, ST, SST, SSF, SDF, SDT.

\*\*Ecotoxicidade: *Daphnia spp.* e *Danio rerio*



**Figura 50. Metodologia Testes de Bancada**

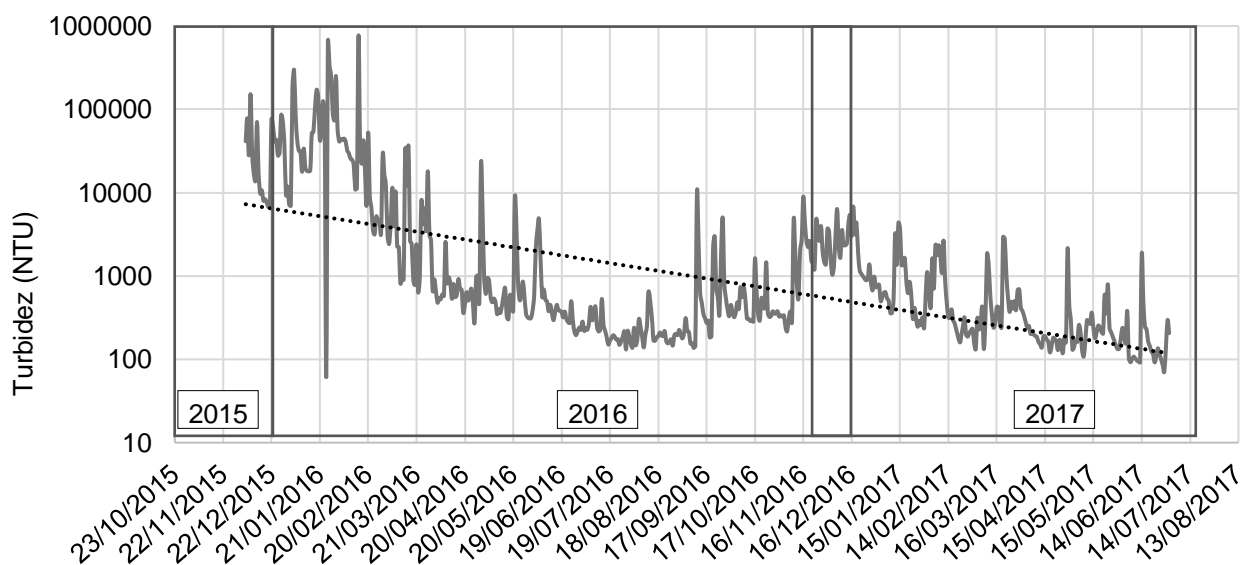
## 11.1.2 Seleção das faixas de turbidez analisadas

### 11.1.2.1 Análise temporal da turbidez

Para análise temporal da turbidez, como já mencionado, foi escolhido o ponto TUR 25. O objetivo desta análise é definir o período mais representativo das condições atuais do rio Gualaxo do Norte.

Como esperado, os períodos mais próximos de novembro de 2015, data do rompimento da barragem, apresentam dados com valores mais elevados de turbidez, variando entre 10 mil a 1 milhão NTU.

Com o passar do tempo os valores de turbidez tendem a diminuir, devido ao arraste do rejeito, tendendo a valores constantes, respeitando a variação natural entre os períodos de chuva e de estiagem (ver Figura 51).



**Figura 51. Evolução temporal dos níveis de turbidez no Rio Gualaxo do Norte no ponto TUR25.**

Fonte: **Arquivo próprio.**

Conclui-se que quanto mais próximo os dados de análise estiverem do período atual, mais correlatos eles serão com as condições reais e presentes do rio.

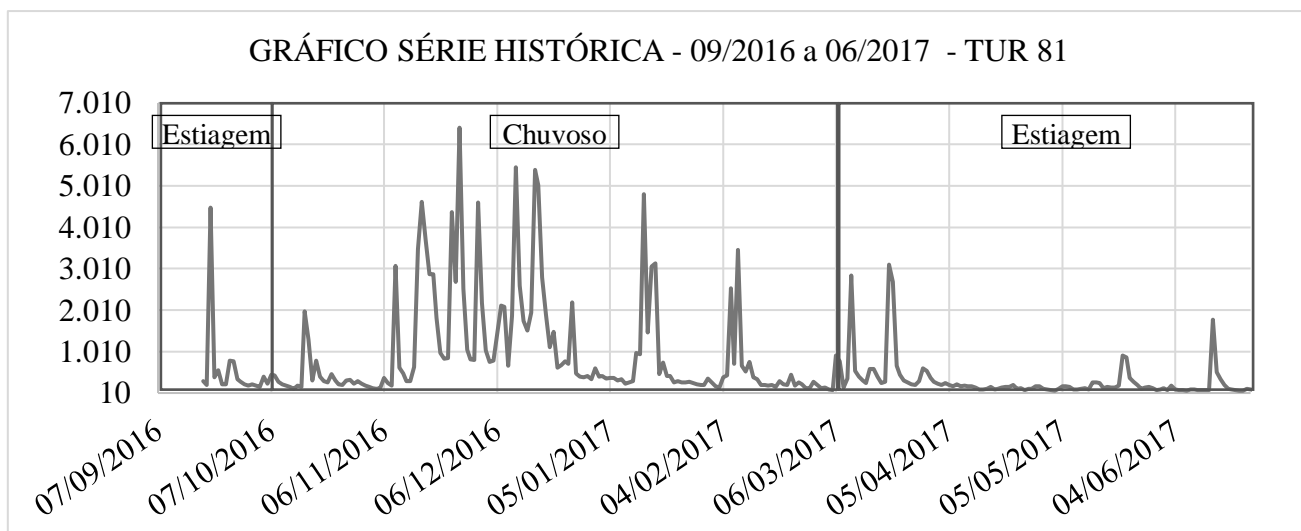
Assim, para considerar um período hidrológico completo, apenas o período entre julho de 2016 a junho de 2017 será adotado como referência para definição dos níveis de turbidez a serem estudados nos ensaios (tanto o basal como o de entrada no STN). Com exceção do ponto TUR 81, que possui dados a partir de 18/09/2016, sendo o período hidrológico adotado de setembro de 2016 a junho de 2017.

Para o período de estiagem foram selecionados os meses de Julho, Agosto e Setembro de 2016 e os meses de Abril, Maio e Junho de 2017 e para o período chuvoso, foram selecionados os meses de Outubro, Novembro e Dezembro de 2016 e Janeiro, Fevereiro e Março de 2017.

### 11.1.2.2 Análise da faixa de turbidez

A definição das três faixas de turbidez inicial, que serão analisadas nos ensaios, consideram os dados do ponto TUR81 no período hidrológico estipulado acima e entre as estações de chuva e estiagem (ver Figura 52).



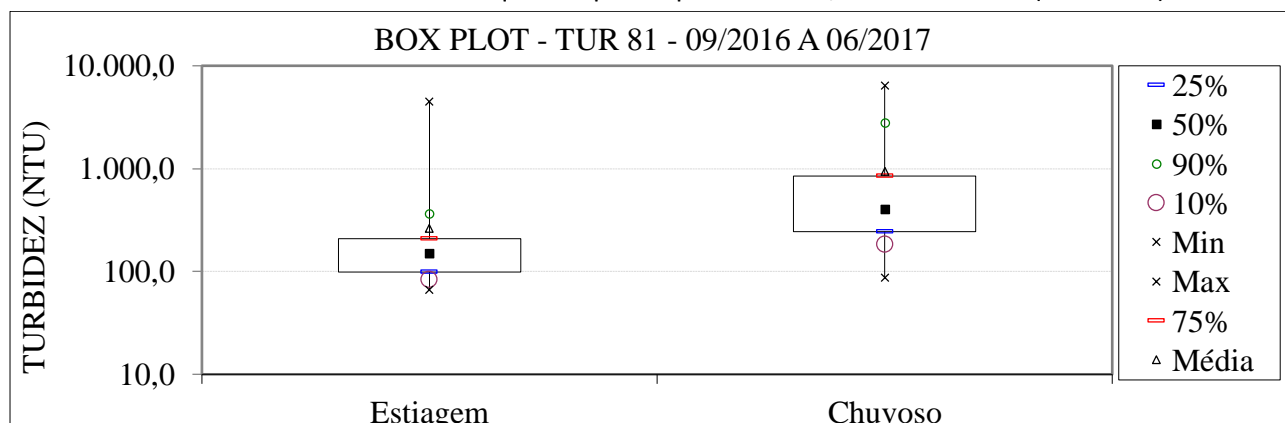


Fonte: Arquivo próprio.

**Figura 52. Gráficos da série histórica entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-81, considerando época chuvosa e de estiagem.**

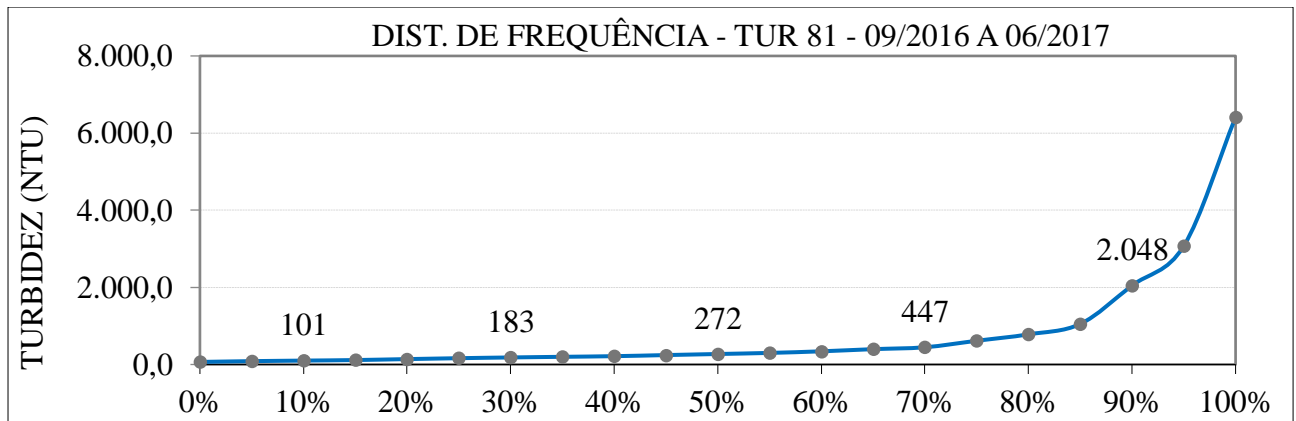
Para a definição da turbidez inicial utilizou-se as seguintes ferramentas estatísticas:

- Gráfico box plot analisando o período seco e chuvoso (ver Figura 53);
- Gráfico de frequência para todo o período hidrológico - seco e chuvoso (ver Figura 54);
- Tabela com dados de frequência para o período seco, chuvoso e total (Tabela 19).



Fonte: Arquivo próprio.

**Figura 53. Box plot entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26, considerando época chuvosa e de estiagem.**



Fonte: Arquivo próprio.

Figura 54. Gráfico de frequência do período de setembro de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-81.

Tabela 19. Resumo da análise estática dos dados do ponto TUR-81 entre o período de setembro de 2016 a junho de 2017.

PERCENTIL	ESTIAGEM	CHUVOSO	TOTAL
Max	4.480	6.413	6.413
90%	366	2.797	2.048
75%	209	847	615
50%	151	400	272
Média	260	939	691
25%	99	245	163
10%	84	183	101
Min	67	86	67

Fonte: Arquivo próprio.

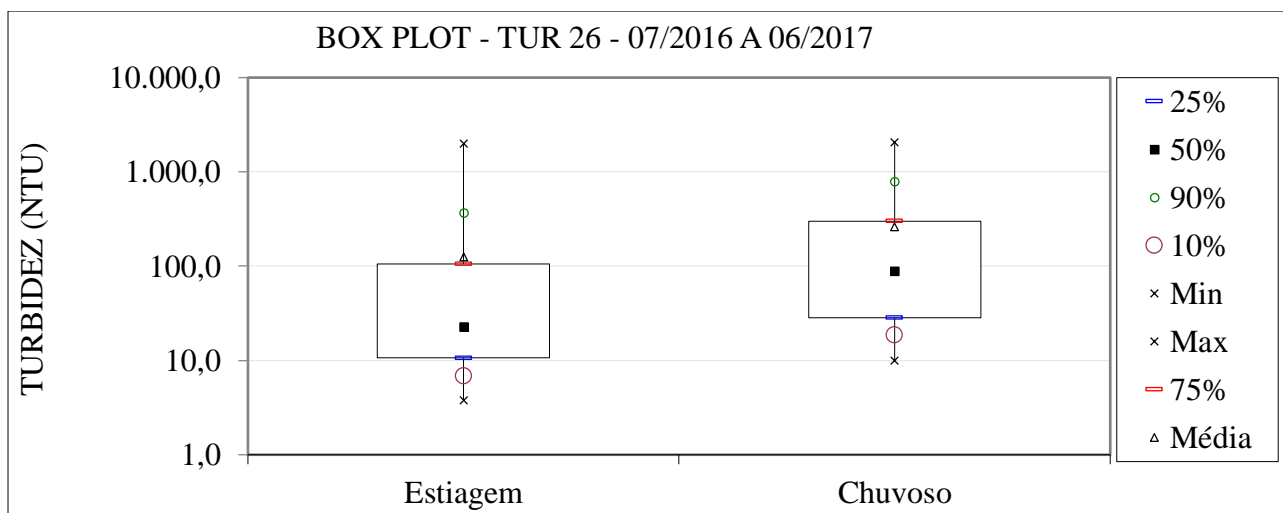
Tendo em vista estas considerações, as faixas de turbidez a serem trabalhadas são:

- Turbidez máxima a ser testada: da ordem de 1.000 NT → aproximadamente 85% de recorrência no período hidrológico total;
- Turbidez média a ser testada: da ordem de 500 NTU → aproximadamente 70% de recorrência no período hidrológico total;
- Turbidez mínima a ser testada: da ordem de 150 NTU → aproximadamente 20% de recorrência no período hidrológico total;

#### 11.1.2.3 Análise da turbidez basal

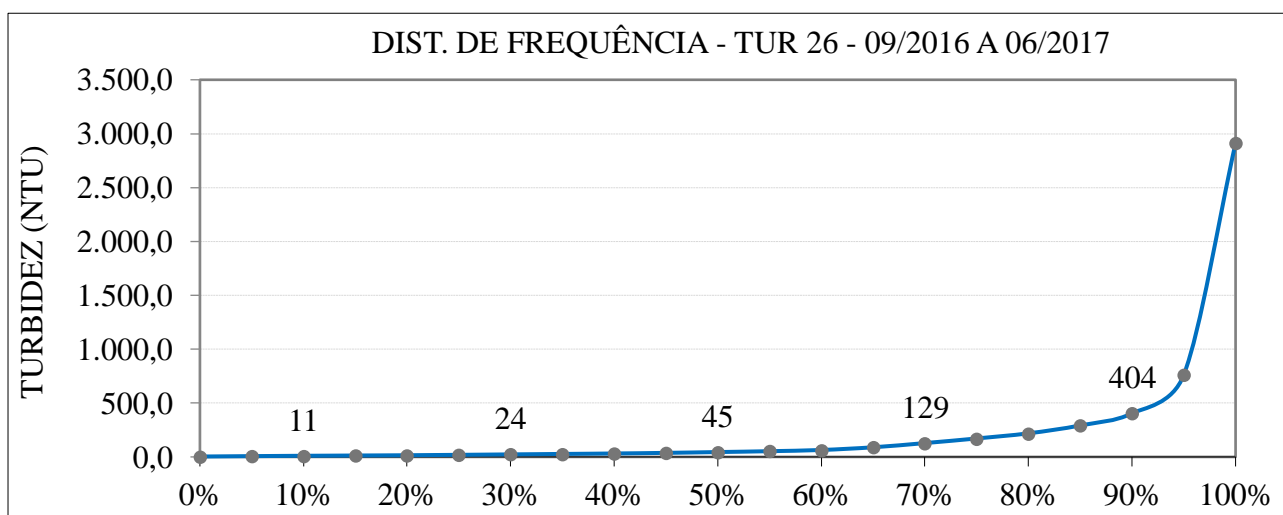
A primeira sugestão para definição da meta de tratamento (turbidez alvo) foi analisar os valores de turbidez do tributário do rio Gualaxo do Norte que não foi atingido pela pluma, o ponto TUR26. As ferramentas estatísticas utilizadas para análise da turbidez basal são as mesmas utilizadas anteriormente (ver Figura 55, Figura 56 e Tabela 20).





Fonte: Arquivo próprio.

Figura 55. Box plot entre o período de julho de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26, considerando época chuvosa e de estiagem.



Fonte: Arquivo próprio.

Figura 56. Gráfico de frequência do período de julho de 2016 a junho de 2017 no ponto TUR-26.

Tabela 20. Resumo da análise estática dos dados do ponto TUR-26 entre o período de julho de 2016 a junho de 2017.

PERCENTIL	ESTIAGEM	CHUVOSO	TOTAL
Max	1.982	2.067	2.913
90%	366	794	404
75%	106	299	172
50%	23	88	45
Média	125	261	164
25%	11	28	19

PERCENTIL	ESTIAGEM	CHUVOSO	TOTAL
10%	7	19	11
Min	4	10	4

Fonte: **Arquivo próprio.**

Percebe-se que os valores de turbidez no período hidrológico total para 90% e 75% de recorrência ainda são altos. Este fato pode ser devido a impactos antrópicos.

O rio Gualaxo do Norte é classificado como classe II e deve atender aos padrões de qualidade citados na resolução CONAMA 357, que define turbidez inferior a 100 NTU.

Assim, deve-se garantir que a turbidez no rio Gualaxo do Norte esteja sempre abaixo de 100 NTU, sendo recomendado estar entre 30 a 60 NTU.

Para garantir estas condições no rio, conforme estudos desenvolvidos pela CONTRATANTE, a turbidez alvo do sistema de tratamento será 20 NTU, dessa forma, esta será a turbidez adotada como alvo para os ensaios de tratabilidade em *Jar Test*.

### 11.1.3 Dosagens de coagulantes

As dosagens ótimas dos reagentes dependem de diversos parâmetros, sendo necessário adotar condições em laboratório similares as que irão ocorrer nos sites, a saber:

- ✓ Tempo de mistura rápida = 2 segundos;
- ✓ Gradiente de velocidade da mistura rápida = 1.000 s<sup>-1</sup>;
- ✓ Tempo de mistura lenta = 18 minutos;
- ✓ Gradiente de velocidade da mistura lenta = 70 s<sup>-1</sup>; 50 s<sup>-1</sup> e 30 s<sup>-1</sup>, do primeiro ao terceiro;
- ✓ Taxa de aplicação na bacia de sedimentação = 54 m/d;
- ✓ pH do efluente a ser tratado (definir se haverá ou não correção de pH);
- ✓ Turbidez inicial do efluente a ser tratado = 1.000, 500 e 150 NTU;
- ✓ Turbidez alvo (após tratamento) do efluente a ser tratado = 20 NTU;
- ✓ Tipo de coagulante = Cloreto de Polialumínio, Sulfato de Alumínio, Cloridrato de Alumínio;
- ✓ Entre outros.

Dessa forma, as dosagens de coagulante serão definidas em laboratório, onde serão reproduzidas as condições reais de tratamento. Foram selecionados coagulantes a base de alumínio por apresentarem boa eficiência e carregamento na água tratada. Além do mais, foram já testados em estudos anteriores de avaliação de efeitos ecotóxicos com bons resultados. As características físico-químicas dos coagulantes serão apresentadas em relatório posterior.

A metodologia do preparo das amostras a serem analisadas será apresentada em detalhes no Relatório 1. Os testes para definição da dosagem ótima de coagulante contarão com avaliação preliminar da geração de sólidos e da velocidade de sedimentação.

Recomenda-se que haja correção de pH após a adição dos coagulantes, visando maximizar a eficiência dos reagentes e minimizar os potenciais efeitos ecotóxicos do excesso de dosagem. Isto por que quando ajustamos o pH para o nível ótimo de atuação do coagulante diminui-se a concentração de coagulante necessária para uma mesma eficiência de remoção. Diminuindo a concentração de



coagulante necessária, diminui-se o possível efeito ecotóxico que o efluente tratado possa vir a apresentar. Os procedimentos detalhados para correção do pH serão apresentados em relatório posterior.

## 11.2 Monitoramento da Qualidade da Água

Deverão ser coletadas amostras de qualidade da água do rio Gualaxo do Norte em cada um dos três sites para fornecer dados de qualidade da água para a elaboração do projeto final. Medições de campo devem ser realizadas e as amostras devem ser coletadas e transportadas para um laboratório que analise a qualidade da água do material coletado. As medições devem incluir os parâmetros: distribuição do tamanho das partículas, pH, turbidez, alcalinidade, cátions, ânions, dureza, carbono orgânico, sólidos totais, sólidos suspensos totais, e sólidos dissolvidos totais. Um total de 26 amostras para cada site devem ser coletadas ao longo de um período de 13 dias.

## 11.3 Relatório Geotécnico

Para a execução do projeto final de cada um dos STN off-line será necessário conduzir uma investigação geotécnica para determinar a profundidade dos rejeitos e do solo no local, e avaliar as propriedades de engenharia dos solos no site. A investigação deve incluir pelo menos um total de 8 sondagens para cada site, com profundidade de até 4 metros por sondagem (este número pode ser superior, a depender de análise particular por site). Os objetivos da investigação são:

- Reconhecimento do local, pesquisa e revisão de documentos existentes;
- Investigações de campo para observar os solos do local, obtenção de amostras de solo e coleta de dados necessários para avaliações de engenharia e preparação de perfis de sondagem, incluindo serviços de investigação subterrânea e por volta de 10 perfurações utilizando trado manual para observar a profundidade de depósitos de sedimentos e perfis do solo nativo.
- Testes de laboratórios e análises geotécnicas e das propriedades dos índices físicos do solo. Os testes incluirão propriedades dos índices físicos do solo, características de classificação, gradação, plasticidade, cisalhamento direto, consolidação e teor de umidade natural;
- Realização de um relatório geotécnico completo:
  - Descrever e documentar a revisão de documentos, investigações e observações do site, análises laboratoriais e avaliações de engenharia;
  - Apresentar recomendações para:
    - Nivelamento e terraplanagem
    - Adequação de materiais para preenchimento estrutural de engenharia
    - Adequação de materiais para a construção de canais e bacias sem revestimento
    - Recomendações sobre fundações, incluindo capacidade de suporte e estimativas de assentamento total e diferencial
    - Projeto viário
    - Recomendações de preenchimento para utilidades enterradas
    - Drenagem do Site
    - Pressões laterais do solo e coeficiente de atrito
    - Construções em tempo chuvoso
    - Potencial de risco de erosão de solo
    - Potencial de encolhimento e expansão do solo
    - Especificações de terraplanagem e pavimentação

## 11.4 Topografia

A topografia para a execução do projeto final por site deve incluir:

- Uma avaliação topográfica do local (área de implantação completa)
- Seções transversais através do rio em intervalos de aproximadamente 50 m.
- Para os segmentos das seções transversais que não interceptam a área de interesse do site, estender pesquisa ao longo do solo até elevação mínima de 5 m acima da superfície do rio no momento da pesquisa.
- Devem ser geradas curvas de nível de 30 cm e os arquivos de superfície associados devem ser fornecidos.
- Estradas, calçadas, portões, cercas e outros recursos existentes serão localizados.
- Identificação de árvores

## 11.5 Batimetria

Um levantamento batimétrico do leito do rio adjacente a cada um dos sites deve ser executado. A pesquisa batimétrica deve incluir a área abaixo da superfície da água no momento da pesquisa e será coordenada com a pesquisa de projeto usando os mesmos *Datum* horizontal e vertical e a mesma seção transversal do rio, correspondendo as áreas superiores e inferiores da superfície da água. Os resultados da pesquisa batimétrica devem ser combinados com os dados da topografia do site para produzir um modelo digital de elevação e curvas de nível.

## 11.6 Modelo Hidráulico e Análise de Transporte de Sedimentos

Um modelo hidráulico bidimensional deve ser desenvolvido para cada um dos sites, devendo ser avaliado o alcance do mesmo. Adicionalmente, uma análise de transporte de sedimentos deve conduzida em coordenação com o desenvolvimento do modelo hidráulico. Os objetivos desse esforço são para responder as seguintes questões:

- Elevação da superfície da água em diferentes eventos de inundação para projetar aterros;
- Tensão de cisalhamento nos taludes do canal e estruturas de entrada nas vazões de projeto para proteção e estabilização dos taludes;
- Dinâmica de transporte de sedimentos na estrutura de desvio para auxiliar nas diferentes configurações de captação;
- Taxas esperadas de fluxo de transporte de sedimentos entrando no canal;

Um modelo tipo HEC-RAS pode ser utilizado para o modelo hidráulico e irá incorporar dados elaborados nas tarefas de topografia e batimetria. Adicionalmente, recomenda-se realizar um esforço de campo a fim de medir vazões do rio e transporte de sedimentos na coluna d'água.

## 11.7 Projeto Executivo de Engenharia

O objetivo deste projeto é construir um Sistema de Tratamento Natural Off-Line nos sites GN-STN km 48 e 14 para diminuir a turbidez da água do rio Gualaxo do Norte. O objetivo do tratamento é alcançar nível turbidez menor que 100 NTU e restaurar a vida aquática do rio após mistura da água bruta do rio com a água que passou pelo STN. O design detalhado de engenharia hidromecânica, estrutural, elétrica e de instrumentação e automação do sistema de tratamento consistirá em:



1. **Estrutura de desvio:** Uma pequena estrutura de desvio, construída na calha do Rio Gualaxo do Norte. A estrutura será de aproximadamente 2 metros de altura e será construída usando rochas compactadas. A face a montante da estrutura será pavimentada com concreto ou uma membrana de PEAD (polietileno de alta densidade) que será incorporada na estrutura. As vazões que excederem a capacidade de tratamento do sistema de tratamento fluirão por cima da estrutura de desvio. O sistema de tratamento funcionará por gravidade a partir da estrutura de desvio.
2. **Estrutura para controle de vazão:** Uma estrutura que permite o controle de vazão da estrutura de desvio para o canal de abastecimento do STN. A estrutura também terá uma comporta que permite que parte do fluxo do rio desvie (realize *by-pass*) do STN e permaneça no fluxo original do rio. A comporta de *by-pass* se abrirá a partir do fundo para permitir que a ictiofauna, cascalho e areia do leito do rio flua a jusante, auxiliando na recuperação do rio e diminuindo a quantidade de sedimentos que adentram no STN. A estrutura da comporta será de concreto armado com comportas operadas manualmente, e possuirá uma passarela com guarda-corpos para fornecer acesso aos operadores.
3. **Canal de abastecimento:** Um canal de abastecimento que transporta a água da estrutura de desvio para as unidades de do STN. O canal será sem revestimento e será projetado para uma velocidade máxima da água de 0,6 m/s. Onde espera-se que o fluxo de água seja turbulento serão dispostas rochas/britas sobre uma manta geotêxtil (sob os misturadores, por exemplo). O canal será localizado adjacente à base do terreno mais elevado do site, de modo que o canal esteja principalmente em corte de terra. Uma berma de altura suficiente na borda do canal para permitir o acesso à estrutura de desvio do rio e para que uma escavadeira possa limpar o canal e a bacia de sedimentos, conforme necessário.
4. **Extravasor:** Um extravasor lateral para conduzir com segurança vazões que excedem a capacidade do STN de volta ao rio. A estrutura do extravasor terá duas comportas: uma permitirá o desvio (*by-pass*) de uma parcela não tratada de vazão de volta ao rio durante operações normais para preservar a vida aquática no rio. A combinação do ajuste da posição das comportas de *by-pass* da estrutura de desvio de vazão e do extravasor permitirão ajuste fino da fração do rio que não será tratado pelo STN. Uma segunda comporta permitirá o desvio de água bruta diretamente para o tratamento pelas wetlands, sem adição de produtos químicos. A vazão que permanecer no canal receberá tratamento completo do STN, com floculação/coagulação e subsequente tratamento pelas wetlands. A estrutura do extravasor será de concreto armado.
5. **Sistema de Dosagem:** Um sistema de dosagem e adição de produtos químicos. Uma porção da água será tratada com uma combinação de um floculante (sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC) ou cloridrato de alumínio (ACH)) e alcalinidade. O sistema de dosagem incluirá tanques de armazenamento, bombas de alimentação química, tubulação, painel elétrico e controles automatizados para regular a alimentação química. Os tanques e equipamentos serão montados uma base de concreto. Um telhado para proteção do sol/chuva será fornecido para abrigar equipamentos mecânicos e elétricos. Os tanques de armazenamento de produtos químicos serão dimensionados para fornecer três dias de armazenamento para que sempre haja uma capacidade de armazenamento disponível igual a um caminhão de produtos químicos. As dosagens químicas e o volume de lodo coletado nas

bacias de sedimentação serão determinados em um teste de tratabilidade em escala de bancada.

6. **Agitadores e Misturadores:** Misturadores flutuantes no canal de alimentação para fornecer mistura rápida e floculação. Um agitador de mistura rápida e três misturadores de floculação serão fornecidos. O agitador de mistura rápida irá consumir cerca de 20 kW e os misturadores de floculação consumirão aproximadamente 5 kW. A demanda de energia total para o sistema de tratamento natural é de aproximadamente 50 kW e será fornecida pela linha de transmissão de energia próxima ou por um gerador a diesel ou solar.
7. **Vertedores de alimentação das bacias para divisão de vazão:** Os vertedores serão circulares e construídos utilizando-se tubos de concreto armado, similares a seções de bueiros. Igualmente, pode ser avaliada a possibilidade de vertedouros tipo “bico de pato”. Um tubo com uma comporta em seu final será usado para transportar a vazão de cada vertedor para as bacias de sedimentação. Uma passarela com guarda-corpo será instalada para dar acesso ao controle da comporta. Os tubos possuirão anéis de vedação.
8. **Bacias de sedimentação:** As bacias de sedimentação serão sem revestimento e serão tão profundas quanto for permitido pela espessura do solo existente, até 3 m de profundidade máxima. As bacias serão construídas principalmente por escavação e terão uma pequena berma ao redor delas para evitar a sua inundação em um período de retorno de até 25 anos, conforme determinado pela modelagem HEC-RAS. As bacias serão localizadas na área de maior elevação do local, com a berma do canal de entrada servindo como um dos lados das bacias.
9. **Vertedores de alimentação das wetlands:** Mesmo conceito utilizado para os vertedores de alimentação das bacias de sedimentação.
10. **Wetland:** A *wetland* será localizada entre as bacias de sedimentação e o rio para todo o comprimento do local. As *wetlands* serão densamente vegetadas com plantas nativas emergentes e submersas. O biofilme que vive em superfícies de plantas submersas fornece um filtro pegajoso natural que contém partículas de flocos que podem escapar das bacias de sedimentação. A densidade de plantas almejada proporcionará um filtro com mais de 10 vezes a superfície do fundo da *wetland*. As *wetlands* terão zonas de 2 m de profundidade nas margens de entrada e saída para distribuir e coletar o fluxo uniformemente para as zonas rasas. A água tratada pela floculação e sedimentação será misturada com a água não tratada que é desviada para as *wetlands* para receber filtração e sedimentação natural sem uso de produtos químicos.  
  
**Vertedores de controle de nível:** A água misturada será lançada através vertedores de controle de nível na extremidade a jusante das wetlands do STN. Esses vertedores controlarão o nível da superfície da água nas *wetlands*.
11. **Canal de retorno:** Um canal de retorno sem revestimento que transporta água das *wetlands* de tratamento natural para a queda aerada no rio.
12. **Queda aerada:** Uma queda aerada construída com gabiões no ponto de descarga no Rio Gualaxo do Norte. A diferença de elevação das *wetlands* para o nível normal do rio será usada



para aerar a água por ação da gravidade, utilizando cascatas escalonadas de pedra em gabiões.

13. **Canal de retorno:** Um tubo do canal de retorno para o extravasor para transportar uma porção do fluxo tratado para descarregar imediatamente a jusante da estrutura de desvio. A vazão de retorno descarregado perto da estrutura de desvio do rio será misturada com água que desvia o STN, de modo que mesmo o curto segmento do rio entre a barragem e a saída das *wetlands* terá uma turbidez reduzida.
14. **Tubo de desvio para wetlands:** Um tubo de uma comporta no extravasor para transportar uma porção da água não tratada para as *wetlands*. Esta porção de água receberá apenas o tratamento natural das *wetlands* e preservará a vida aquática do rio além de aumentá-la com a vida aquática que é residente e está se reproduzindo nas *wetlands*.

Além disso, deve contemplar:

1. Melhorias civis/locais, incluindo iluminação, adição de cerca e estradas de acesso.
2. Melhorias elétricas para fornecer energia para misturadores, bombas de alimentação química, controles, tomadas e iluminação. Prevê-se que a carga total seja de aproximadamente 50 kW.
3. Instrumentação para fornecer abastecimento automático para o sistema de alimentação química e monitorar continuamente a qualidade da água descarregada no rio.
4. Um pequeno prédio de operação com instalações laboratoriais limitadas para monitorar e controlar os processos de tratamento. O sistema de controle fornecerá instruções específicas para o operador sobre os ajustes a serem feitos para otimizar o desempenho. É a intenção do design que as comportas e as barragens sejam operados manualmente para serem simples e confiáveis e capazes de serem gerenciados por um operador não treinado, incluindo potencialmente o agricultor que é o proprietário do site. O sistema de monitoramento terá lógica de controle que dê instruções ao operador quanto a qual comporta operar e quanto de mudança para fazer.
5. Um galpão de armazenamento.

A capacidade de tratamento será a capacidade máxima permitida pelo espaço disponível nos Sites GN-STN km 48 e 14, com base em uma velocidade de sedimentação máxima a ser avaliada nos testes de bancada.

## 11.8 Questionamentos

O Projeto Executivo irá responder os principais questionamentos da seguinte forma:

- 1) **Qual é o objetivo;**
  - Redução do nível de turbidez abaixo de 100 NTU no período seco (conforme CLÁUSULA 157 do TTAC) e mitigar os impactos das possíveis obras intracalha ao longo do rio Gualaxo do Norte;
  - Restauração da biodiversidade aquática;
  - Restauração do uso da água.

**2) Profundidade das bacias x lençol freático;**

A profundidade do lençol freático será estabelecida nos estudos geotécnicos a serem realizados durante a elaboração do projeto executivo. Este questionamento será respondido na elaboração do projeto executivo hidromecânico utilizando como base os estudos geotécnicos.

Esta solução proposta terá grande chance de atingir o lençol freático, visto que este localiza-se próximo ao leito do rio. Logo, existe uma grande possibilidade que as sondagens apresentem nível de água raso e por este motivo o projeto executivo deve considerar a presença do lençol freático. Geralmente, neste tipo de obra, um sistema de bombeamento em um ponto mais baixo é suficiente para sanar o problema da presença de água. A sondagem é fundamental para a solução de projeto, visto que alguns materiais podem dificultar a execução do conceito proposto.

**3) Impermeabilização das bacias;**

Este questionamento será respondido na elaboração do projeto hidromecânico. Neste, pode ser considerada uma geomembrana impermeabilizante para as bacias de sedimentação (similar à utilizada em aterros sanitários) caso considerado necessário. Igualmente, cabe ressaltar que no caso que a água das bacias infiltre o solo, os sólidos não passaram através do solo (o solo atua como filtro). Nas bacias de sedimentação, os produtos químicos reagem e confinam os sólidos que sedimentam. O precipitado, não se mobiliza na coluna de água, especialmente com relação ao movimento da água subterrânea.

**4) Tempo de detenção hidráulica;**

Durante a elaboração do projeto conceitual, foram apresentados os cálculos pertinentes aos dimensionamentos do canal de alimentação, das bacias de sedimentação e das wetlands. Durante a execução do projeto executivo, os cálculos destes parâmetros serão refinados em função dos dados aprimorados a serem obtidos nos estudos complementares. Entre estes estudos complementares está previsto a realização de testes de bancada para selecionar um coagulante, avaliar a dosagem de floculante, alcalinidade, e para estimar o volume e a densidade de lodo produzido. Pela sua vez, durante a elaboração destes testes será avaliada a velocidade de sedimentação para refinar o tempo de detenção hidráulico durante a execução do projeto executivo. No que diz respeito às wetlands, as mesmas são rasas propositalmente, com apenas a intenção de remover sólidos flutuantes (por baixo dos limites da legislação).

**5) Engenharia cinética e química dos reagentes (impactos ao meio ambiente);**

Durante a elaboração do projeto executivo, será necessário realizar estudos de tratabilidade por meio de testes de bancada para selecionar um coagulante, avaliar a dosagem de floculante, alcalinidade, e para estimar o volume e a densidade de lodo produzido (inicialmente será evitado utilizar um polímero orgânico como auxiliar de coagulante). O teste de bancada será conduzido utilizando um aparelho de *Jar Testing*. Estes testes de bancada, fornecerão as informações suficientes para avaliar os impactos ao meio ambiente, por meio de estudos de diluição apurados.

O coagulante hidrolisa com a água para formar flóculos não solúveis, que sedimentam nas bacias de sedimentação. O remanescente solúvel será por baixo dos limites da legislação. Isso será ajustado nos testes de bancada por meio de testes de ecotoxicidade.



A energia cinética da reação entre coagulantes e água, são rápidas, sempre que existam misturadores no canal de alimentação e que os floculantes sejam providenciados.

**6) Impacto de destruição das obras de bioengenharia;**

Existirá um impacto em uma pequena área (quando comparada com o total da área impactada) que foi degradada e encontra-se em recuperação. Sendo que os benefícios decorrentes da implantação dos STN são amplamente superiores.

O STN proposto possui, no entanto, um tempo de operação limitado. Uma vez que o rio Gualaxo do Norte atinja de forma natural os níveis desejados de turbidez, o sistema poderá ser desativado, recuperando novamente as áreas. Este questionamento será respondido em detalhe na elaboração do projeto executivo.

**7) Vazão x Turbidez x Dosagem (curva prevendo as variações);**

Durante a realização dos testes de bancada a serem realizados será avaliada a relação turbidez x dosagem. Durante a elaboração destes testes, uma vez selecionado um coagulante, será avaliada a dosagem em função da turbidez e volume de água.

Durante a estação seca, quando as vazões e a turbidez são menores, o uso total de produtos químicos passa ser reduzido ou nulo.

O projeto executivo deve contemplar o design de um sistema de dosagem e adição de produtos químicos. Uma porção da água será tratada com uma combinação de um floculante (sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC) ou cloridrato de alumínio (ACH)) e alcalinidade. O sistema de dosagem incluirá tanques de armazenamento, bombas de alimentação química, tubulação, painel elétrico e controles automatizados para regular a alimentação química. Os tanques e equipamentos serão montados uma base de concreto. As dosagens químicas e o volume de lodo coletado nas bacias de sedimentação serão determinados em um teste de tratabilidade em escala de bancada.

**8) Produtos químicos a serem usados;**

Durante a elaboração do projeto executivo, será necessário realizar estudos de tratabilidade por meio de testes de bancada para selecionar um coagulante, avaliar a dosagem de floculante, alcalinidade, e para estimar o volume e a densidade de lodo produzido. O teste de bancada será conduzido utilizando um aparelho de *Jar Testing* e inicialmente será elaborado um roteiro Executivo dos testes.

Os coagulantes a base de alumínio são de preferência devia à eficiência e baixo carregamento na água sedimentada. No caso de existir a necessidade de diminuir a dose de alumínio, poderá ser testada a possibilidade de utilizar um polímero orgânico, mas isso não será considerado inicialmente. Tomara-se como base os produtos já testados pela Aplysia que apresentaram menor potencial ecotoxicológico.

**9) Controle operacional do sistema de dosagem x vazões;**

O projeto executivo hidromecânico deve contemplar o design de um sistema de dosagem e adição de produtos químicos. Uma porção da água será tratada com uma combinação de um floculante (sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC) ou cloridrato de alumínio (ACH), entre outros), alcalinidade e um auxiliar do coagulante. O sistema de dosagem incluirá tanques de armazenamento, bombas de alimentação química, tubulação, painel elétrico e controles automatizados para regular a alimentação química. As dosagens químicas e o volume de lodo coletado nas bacias de sedimentação serão determinados em um teste de tratabilidade em escala de bancada.

Por sua vez, deve ser considerado também na elaboração do projeto executivo a instrumentação para fornecer abastecimento automático para o sistema de alimentação química e monitorar continuamente a qualidade da água descarregada no rio.

No presente projeto, fica fora do escopo o projeto executivo estrutural, civil, elétrico e de instrumentação e automação.

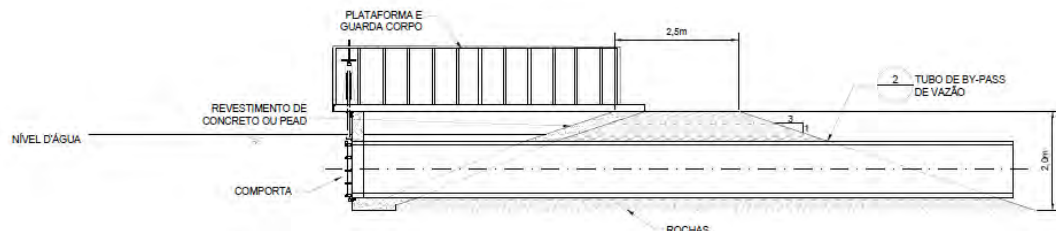
**10) Risco de contaminação pelo residual dos polímeros;**

Esta pergunta não será respondida já que inicialmente não será avaliado polímero como auxiliar de coagulante.

**11) Como a fauna aquática irá passar pelos barramentos;**

Como o STN off-line visa a continuidade da vida aquática, uma parte da vazão do rio será desviada para o tratamento e parte será mantida no curso do rio. Dentre a parcela encaminhada para tratamento, uma pequena porção será tratada apenas pelos processos naturais nas wetlands, e a porção restante será tratada com coagulantes e floculantes, e posteriormente filtrada nas wetlands a fim de remover a turbidez excedente.

Durante a elaboração do projeto conceitual, foi apresentada uma primeira abordagem de como esta passagem poderia ser realizada, conforme figura abaixo.



Durante a elaboração do projeto executivo, o desenho de esta estrutura de by-pass deverá ser refinado. Cabe ressaltar que no projeto conceitual, foi considerado gradeamento para evitar o ingresso de peixes no canal de alimentação, o desenho do mesmo será aprimorado no desenvolvimento do projeto executivo.

**12) Impactos ocasionados pela barragem (como se fosse uma hidrelétrica);**

Alguns dos principais critérios utilizados no processo de triagem e seleção do site incluíram:

- A área disponível para as instalações do STN off-line - áreas maiores permitem o tratamento de uma maior porcentagem da vazão total do rio;
- Comprimento do canal e área do rio afetados pelo represamento causado pela estrutura de desvio - comprimentos menores e áreas afetadas minimizam os impactos locais;
- Elevação das planícies aluvionares e estruturas de desvio a fim de evitar bombeamento.
- Estrutura de desvio de pequeno porte similar a instalada num sistema de irrigação (aproximadamente 1,5 m) e permitem *over topping*.

Desta maneira, procurou-se que a elevação das estruturas de desvio esteja entre 1 -2 metros de altura a fim de minimizar o impacto locais (similar a estruturas de desvio para irrigação). O detalhamento dos impactos será avaliado na elaboração do projeto executivo.

**13) Descomissionamento x Destruição da área;**



O STN proposto possui um tempo de operação limitado. Uma vez que o rio Gualaxo do Norte atinja de forma natural os níveis desejados de turbidez, e já não existam obras na calha do rio que afetem os níveis de turbidez, o sistema poderá ser desativado. Em vista das poucas estruturas de concreto que o STN off-line possui, considera-se simples o processo de descomissionamento, o qual se dá em função das seguintes etapas:

- Remoção da estrutura de desvio de vazão para permitir o fluxo natural do rio;
- Demolição das estruturas de concreto (comportas, vertedouros, sistema de dosagem e extravasor);
- As bacias de sedimentação serão preenchidas com a própria terra removida, ou serão deixadas vazias caso seja desejo do proprietário da área (utilização para irrigação ou cultura de peixes);
- As wetlands permanecerão em serviço para providenciar vegetação ciliar ao rio;
- Executar terraplenagem para facilitar drenagem do site.

Pela sua vez, considerando que os requerimentos energéticos são relativamente baixos, poderá ser avaliada a possibilidade de utilizar energias renováveis, que poderão ser entregues para os proprietários uma vez de comissionados os STN.

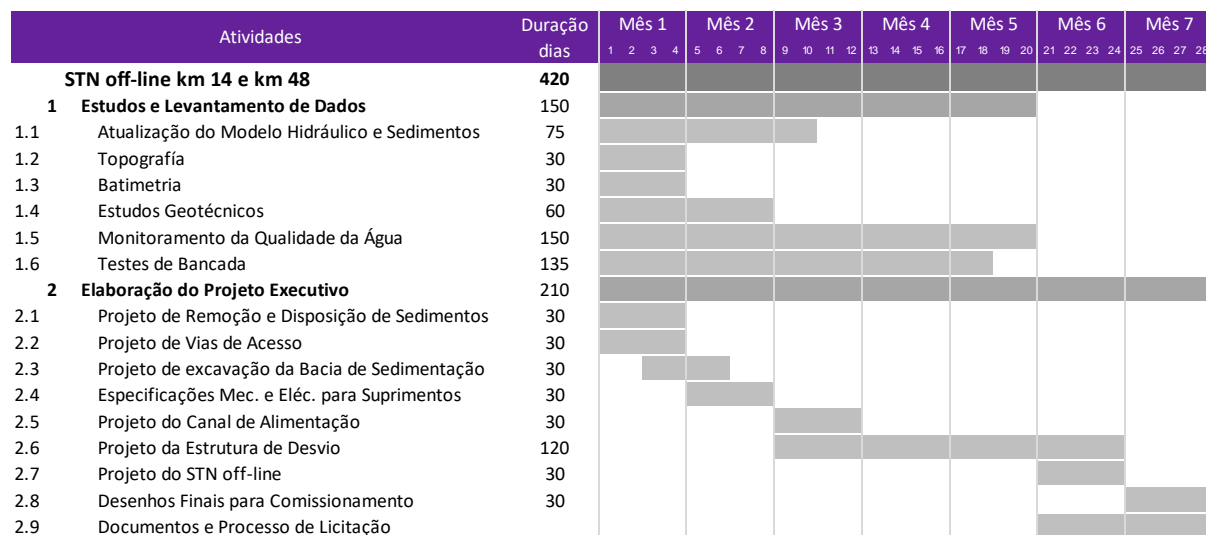
O detalhamento do descomissionamento dependerá do design do projeto executivo.

**14) Verificar novas soluções como armadilhas de sedimentos;**

Este questionamento foi respondido no processo de tomada de decisão do Trecho 9 (Volume 4 – Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito do Trecho 9).

## 12 Cronograma de Implantação das Soluções Apresentadas

O cronograma de projeto executivo encontra-se apresentado na Figura 57.



**Figura 57: Cronograma de elaboração do Projeto Executivo e Construção dos STN off-line** Conclusões e Recomendações



## 13 Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. Hidroweb da ANA. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>

APLYSIA, Soluções Ambientais (2017). Avaliação dos Possíveis Efeitos do Uso Contínuo de Floculantes e Coagulantes no Ambiente. Relatório Técnico n° 836/2017 - Revisão 00.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2015). Resolução CONAMA Nº357, de 17 de Março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>

COPAM/CERH-MG, Conselho Estadual de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos (2008). Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/DeliberaNormativaConjuntaCOPAM-CERHno01-2008.pdf>

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Portal InfoHidro. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica>

FLUVIAL DESIGN GUIDE – CHAPTER 10. Environmental Agency. Disponível em: <http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCERM/en/FluvialDesignGuide/Chapter10.aspx?pagenum=2>. Acesso em: 26 fev. 2018.

ODEQ, Oregon Department of Environmental Quality (2010). Turbidity Technical Review: Summary of Sources, Effects, and Issues Related to Revising the Statewide Water Quality Standard for Turbidity. Disponível em: <http://www.deq.state.or.us/wq/standards/docs/Turbidity/10-WQ-022.pdf>

Tomaz, 2013. [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro\\_remocao/capitulo08.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_remocao/capitulo08.pdf)

MMA, Ministério do Meio Ambiente. TTAC, Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (2016).

## Apêndice A

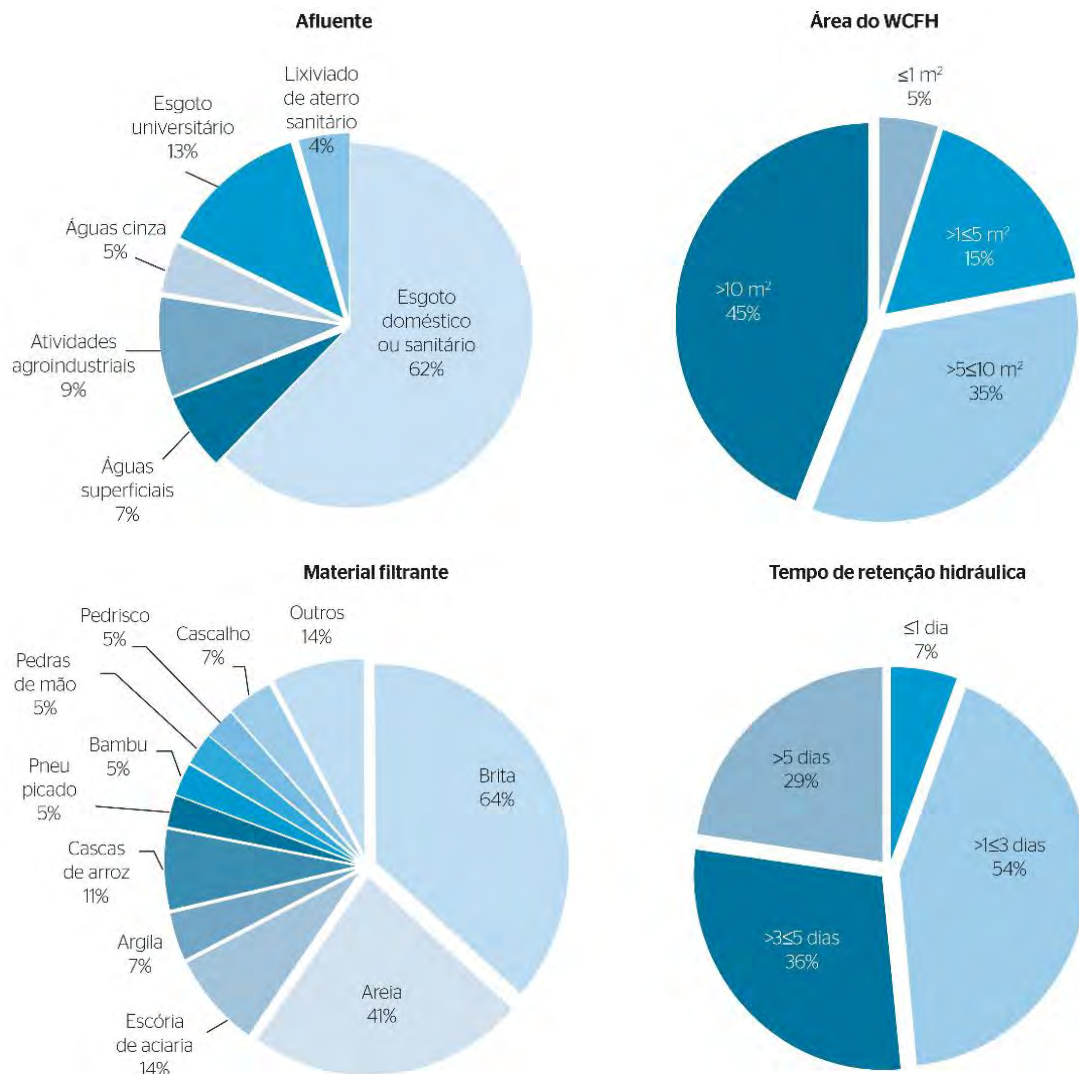
### Exemplos Internacionais de Implantação de STN Off-line



## Utilização de *Wetlands* para Tratamento de Água no Brasil

A utilização de *wetlands* para o tratamento de água é uma tecnologia utilizada em várias partes mundo desde a década de 1950, sendo aplicado no Brasil desde a década de 1980 no tratamento de águas residuais. O primeiro uso deste tipo de sistema foi para melhoria da qualidade da água, como nos processos fitopedológicos no meio rural, contudo não demorou muito para este sistema ser utilizado no tratamento de esgoto doméstico e industrial. Na década de 2000 houve uma maior intensificação da utilização e aplicação de *wetlands* em diversas regiões do Brasil, com diversas finalidades, formas, meios filtrantes e espécies de plantas empregadas (Sezerino et al., 2015).

Em um levantamento executado pelo estudo intitulado “Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais” os resultados demonstram as diversas finalidades para o tratamento de afluente, as áreas utilizadas, os tipos de materiais filtrantes e o tempo de retenção hidráulica utilizados nos sistemas de *wetlands* construídos e publicados no Brasil até o ano de 2011.



**Figura ApA 1: Variações nas composições de *wetlands* de fluxo horizontal (afluente, área, material filtrante e tempo de retenção) dos estudos publicados no Brasil até o ano de 2011. (Retirado de Sezerino et al., 2015)**

Conforme indicado no levantamento, a maior parte dos *wetlands* instalados no Brasil foram implementados com finalidade do tratamento de esgoto doméstico ou sanitário (62%), e 7% de todos os *wetlands* instalados até 2011 foram utilizados para o tratamento de água superficiais.

Um estudo, realizado pela UNESP, conduzidos em escala de laboratório para avaliação de um processo alternativo de tratamento da água no Rio Corumbataí, indicaram resultados positivos para a utilização de *wetlands* no tratamento de águas superficiais, com eficiências de redução de turbidez acima de 85%, entre outros parâmetros (Borges et al. 2008).

Apesar da grande maioria dos *wetlands* construídos terem a finalidade do tratamento de esgoto, vários estudos indicam a redução da turbidez como resultado do tratamento (Foelkel, 2014).

## Algumas Experiências Internacionais com *Wetlands*

### Zeunor- Neuner Natural Treatment System – Roseburg, Oregon, Estados Unidos

O Sistema de Tratamento Natural Zeunor-Neuner foi premiado como o projeto do ano de melhoria de qualidade de água global pela *Water Environment Federation*. Projetada, construída e operada pela CH2M em 2013, o empreendimento trata a água com um sistema natural fazendo uso de *wetlands* antes de desaguar no Córrego Sylman.

A Bacia do Córrego Sylman é de 1350 acres e possui um desnível de 150 metros. O Córrego Sylman era originalmente um corpo hídrico intermitente com ocorrência de vazão de novembro à março. Hoje, com a implementação do projeto, há uma vazão ao longo de todo o ano.

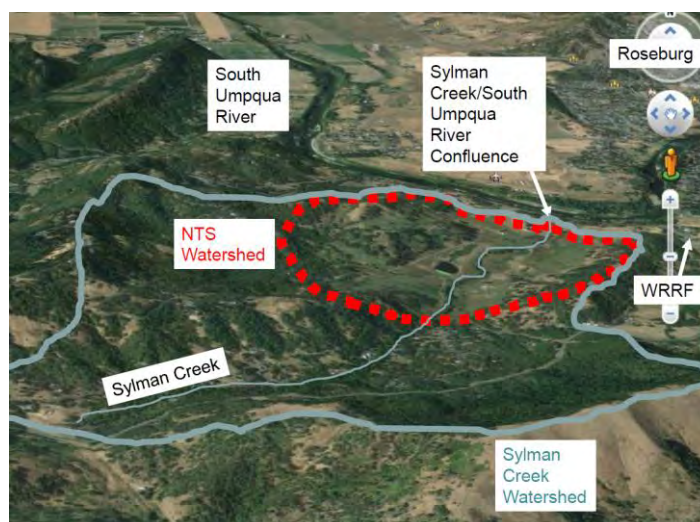


Figura ApA 2: Bacia do Córrego Sylman

O sistema de *wetlands* é reforçado por tratamento utilizando Sulfato de Alumínio 48% e dosado a 10 mg/L para redução de turbidez e remoção de fósforo. Um sistema de bombeamento foi desenvolvido para realizar medição de turbidez e para armazenamento do sulfato de alumínio. O produto só é adicionado à água em momentos de alta vazão quando a turbidez aumenta.

Entre os principais resultados positivos deste projeto estão:

- 0,15 mg/L de fósforo total
- 2,0 mg/L de nitrogênio inorgânico dissolvido
- 0,09 mg/L de amônia



- 2,4 mg/L de sólidos em suspensão
- 0,0 mg/L de cloro
- Média de 7 °C retirados do efluente
- Média de 7,8 PH
- Média 8,5 mg/L de oxigênio dissolvido
- Corpo receptor com visível melhora na qualidade



**Figura ApA 3: Efluente sem tratamento à esquerda e após tratamento à direita**

O resultado foi uma grande melhoria na qualidade de água do Rio Umpqua, que recebe água do Córrego Sylman.



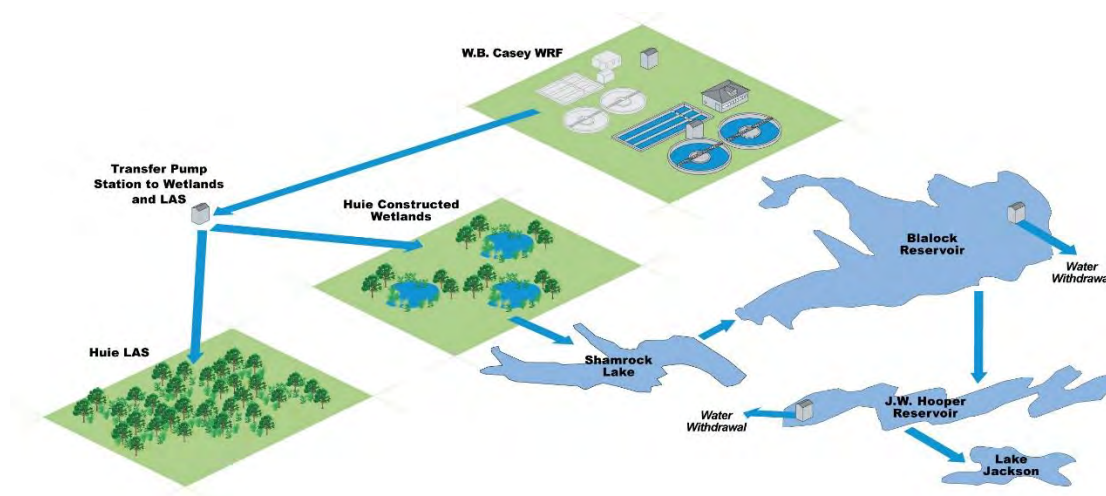
**Figura ApA 4: Comparação do Rio Umpqua antes e depois da implementação do Sistema de Tratamento Natural**

## Tratamento por Wetlands Construídos – Clayton, Geórgia

Em Clayton County foi implementado um sistema inovador de reciclagem de água que utiliza *wetlands* construídos em conjunto com estação de tratamento e reservatórios, fornecendo água para uma área urbana densamente desenvolvida, mesmo durante condições severas de seca.

Durante 30 anos, o Clayton County Water Authority (CCWA) operou dois sistemas de aplicação de terras ou campos de irrigação por pulverização. A CH2M assistiu a CCWA na identificação do uso de *wetlands* construídas como uma opção mais eficiente em termos de energia e uso do solo, além de

ser um sistema fácil de manter, confiável e sustentável para o tratamento da água e prover aumento no abastecimento de água. A CH2M também forneceu serviços de engenharia durante o projeto e construção de todas as fases.



**Figura ApA 5: Sistema de wetlands construídos e estações de tratamento e reservatórios existentes**

As instalações de tratamento de águas residuais que descarregam para os *Wetlands* Construídos Huie apresentam tratamento primário e secundário, sendo o efluente encaminhado depois para as *wetlands* e, em seguida, flui para os reservatórios. Estes vários sistemas de tratamento fornecem uma abordagem de barreira múltipla para a recuperação da água e aumentam a remoção de turbidez, nutrientes, contaminantes microbianos, proporcionando um abastecimento seguro de água. Além disso, as *wetlands* construídas fornecem um amortecedor entre as plantas e os reservatórios em caso de mau funcionamento de alguma das plantas de tratamento.



**Figura ApA 6: Wetlands Construídos Huie apresentam tratamento primário e secundário**

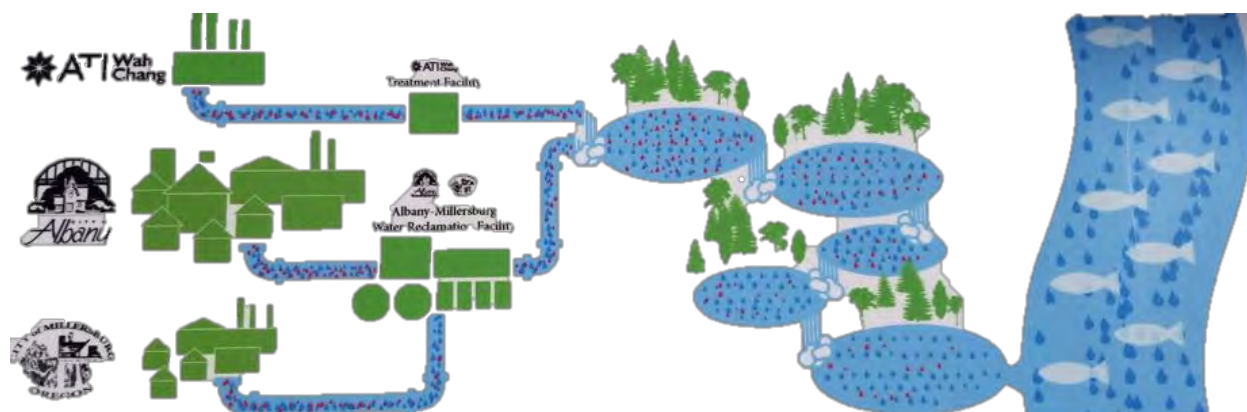
A transição do sistema de irrigação para o sistema de *wetlands* resultou em economias significativas devido à redução da necessidade de bombeamento, por ser mais barata do que o antigo tratamento e por ter baixo custo de operação, equipamentos e materiais. Além disso, houve uma melhoria no habitat para aves, sendo registradas 205 espécies de aves em 2009.

## Talking Water Gardens – Albany, Oregon, Estados Unidos

*Talking Water Gardens* é um sistema projetado para operar todos os dias do ano com uma vazão total de 0,552 m<sup>3</sup>/s recebendo efluentes de indústrias e residências. As águas industrial e doméstica passam por estações de tratamento, mas ainda assim não se encontram em condições de temperatura e



qualidade ideais para serem desaguadas no Rio Willamette, por isso passam previamente ao desague pelos Sistemas de Tratamento Natural.



**Figura ApA 7: STN em Talking Water Gardens**

A água é bombeada das estações de tratamento para um sistema de *wetlands* onde o fluxo se dá por gravidade por uma sequência de lagoas. O sistema possui três conjuntos de tratamento por *wetlands* que removem cor, turbidez, nutrientes e calor. Cada conjunto contém três lagoas ou células que trabalham em conjunto, com profundidades variando de 0,5 m à 1,5 m. As *wetlands* possuem vegetação que promove sombra e uma sequência de cascatas que reduzem a temperatura, oxigenam e purificam naturalmente a água. Ao final do processo, a água pode ser descartada no Rio Willamette, rico em biodiversidade.



**Figura ApA 8: Wetlands em Talking Water Gardens**

Antes do tratamento nas wetland, verificava-se uma quantidade de 484 quilogramas por dia de sólidos suspensos totais, e após a implantação do tratamento, esse valor foi reduzido para 324 kg/dia. Dessa maneira que ocorre uma redução de mais de 58000 kg por ano na carga de sólidos suspensos totais.

### Dixie Drain Water Quality Improvement – Boise, Idaho, Estados Unidos

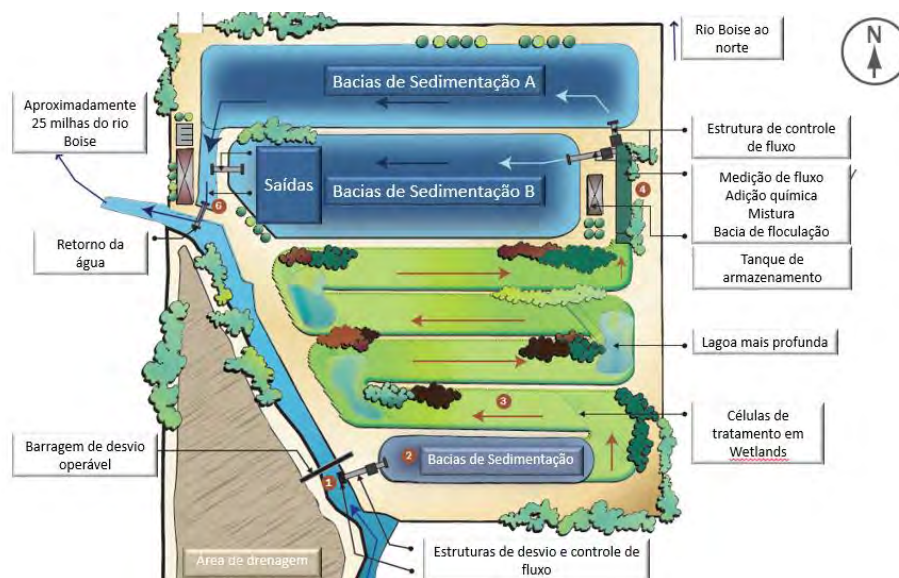
As águas drenadas de regiões agrícolas poluem o rio Boise em Idaho, nos Estados Unidos, principalmente devido ao seu alto índice de turbidez que é causado pela erosão e torna a água inadequado para o corpo hídrico receptor. Foi implementado então um sistema de tratamento para remoção da cor, partículas finas de solo e nutrientes para atender aos critérios de qualidade do corpo hídrico.





**Figura ApA 9: Dixie Drain Water Quality Improvement**

O sistema de tratamento utiliza químicos de floculação e *wetlands* para remoção de turbidez e nutrientes da água drenada. Poli cloreto de alumínio é adicionado às bacias de decantação. Lodo com aproximadamente 2% de sólidos é retirado do fundo da bacia e secado no local em uma bacia de descarte.



**Figura ApA 10: STN em Dixie Drain Boise, Idaho, Estados Unidos**

Um divisor de vazão direciona parte da água drenada das regiões agrícolas para o sistema de tratamento com poli cloreto de alumínio. A água tratada (figura à direita) possui uma turbidez de <100 NTU e é misturada com a água não tratada que passou pelo by-pass do divisor. A água misturada atende aos critérios de descarte do corpo hídrico.



**Figura ApA 11: STN em Dixie Drain Boise, Idaho, Estados Unidos**

### **Referências**

Sezerino et al. (2015). Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais.

Borges et al. (2008). Performance of the constructed wetland system for the treatment of water from the corumbataí river.

Foelkel, Celso (2014). Aplicações da Biotecnologia em Processo Ambientais da Fabricação de Celulos Kraft e Papel de Eucalipto: Banhados Construídos ou “Constructed Wetlands”.

Sumita, et al. (2014). Wetlands Construídas.



## Apêndice B

# Projeto Conceitual das Áreas de Tratamento

PROJETO CONCEITUAL DE SISTEMA DE  
TRATAMENTO NATURAL (STN) OFF-LINE PARA O  
TRATAMENTO DO RIO GUALAXO DO NORTE

FUNDAÇÃO RENOVA  
MINAS GERAIS, BRASIL





GN-STN km 14

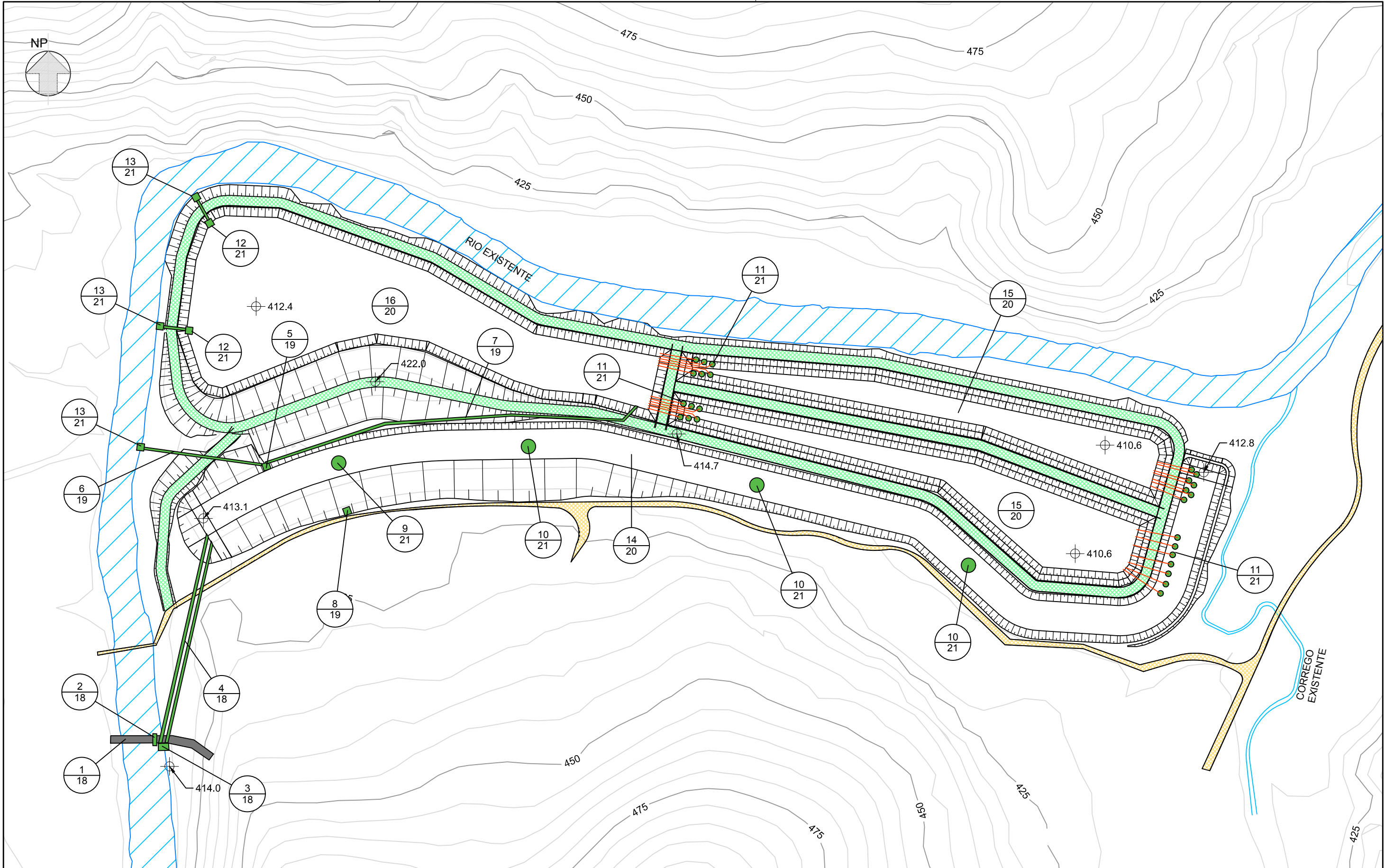


GN-STN km 48



FOLHA	N° DO DESENHO	TÍTULO
1	690862-GE-00STN-000-001	CAPA, VISÃO GERAL DOS SITES E ÍNDICE DE DESENHOS
2	690862-CI-0KM14-200-001	LAYOUT GN-STN KM 14
3	690862-CI-0KM48-200-001	LAYOUT GN-STN KM 48
4	690862-CI-0KM14-240-001	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO GN-STN KM 14
5	690862-CI-0KM48-240-001	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO GN-STN KM 48
6	690862-PR-0KM14-220-001	FLUXOGRAMA DE PROCESSO GN-STN KM 14
7	690862-PR-0KM48-220-001	FLUXOGRAMA DE PROCESSO GN-STN KM 48
8	690862-CI-0KM14-200-002	PERFIL HIDRÁULICO GN-STN KM 14
9	690862-CI-0KM48-200-002	PERFIL HIDRÁULICO GN-STN KM 48
10	690862-CI-0KM14-200-003	ÁREA DE INUNDAÇÃO GN-STN KM 14
11	690862-CI-0KM48-200-003	ÁREA DE INUNDAÇÃO GN-STN KM 48
12	690862-GE-00STN-000-002	LISTA DE EQUIPAMENTOS
13	690862-CI-00STN-230-001	DETALHES CONSTRUTIVOS I DE IV
14	690862-CI-00STN-230-002	DETALHES CONSTRUTIVOS II DE IV
15	690862-CI-00STN-230-003	DETALHES CONSTRUTIVOS III DE IV
16	690862-CI-00STN-230-004	DETALHES CONSTRUTIVOS IV DE IV
17	690862-AR-00STN-240-001	PALETA DE PLANTIO WETLAND

			
CH2M NR: 690862-GE-00STN-000-001		CLIENT NR:	
TITLE: CAPA, VISÃO GERAL DOS SITES, ÍNDICE DE DESENHOS			SHEET: 1 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E			REV: 0





LEGENDA

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1 ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO                          | 7 TUBO DE DESVIO PARA WETLANDS              | 13 QUEDA AERADA   |
| 2 TUBO E COMPORTA PARA BY-PASS                          | 8 SISTEMA DE ACÚMULO DE DOSAGEM DE QUÍMICOS | 14 CANAL  |
| 3 CAPTAÇÃO, GRADEAMENTO E COMPORTA                      | 9 AGITADOR FLUTUANTE DE MISTURA RÁPIDA      | 15 BACIA  |
| 4 TUBO (X2) Ø 2 M DE CONCRETO                           | 10 AGITADOR FLUTUANTE DE MISTURA LENTA      | 16 WETLAND  |
| 5 EXTRAVASOR DE EXCESSO DE VAZÃO E DESVIO PARA WETLANDS | 11 VERTEDORES CANAL/BACIAS                  |  RUAS EXISTENTES |
| 6 TUBO PARA EXTRAVASOR DE EXCESSO DE VAZÃO              | 12 VERTEDORES WETLANDS                      |  RUAS NOVAS      |

ch2m

CH2M NR: 690862-CI-0KM14-200-001

TITLE: LAYOUT  
GN-STK km 14  
FUNDAÇÃO RENOVA  
ESCALA: 1:2500

CLIENT NR:

FUNDAÇÃO  
renova

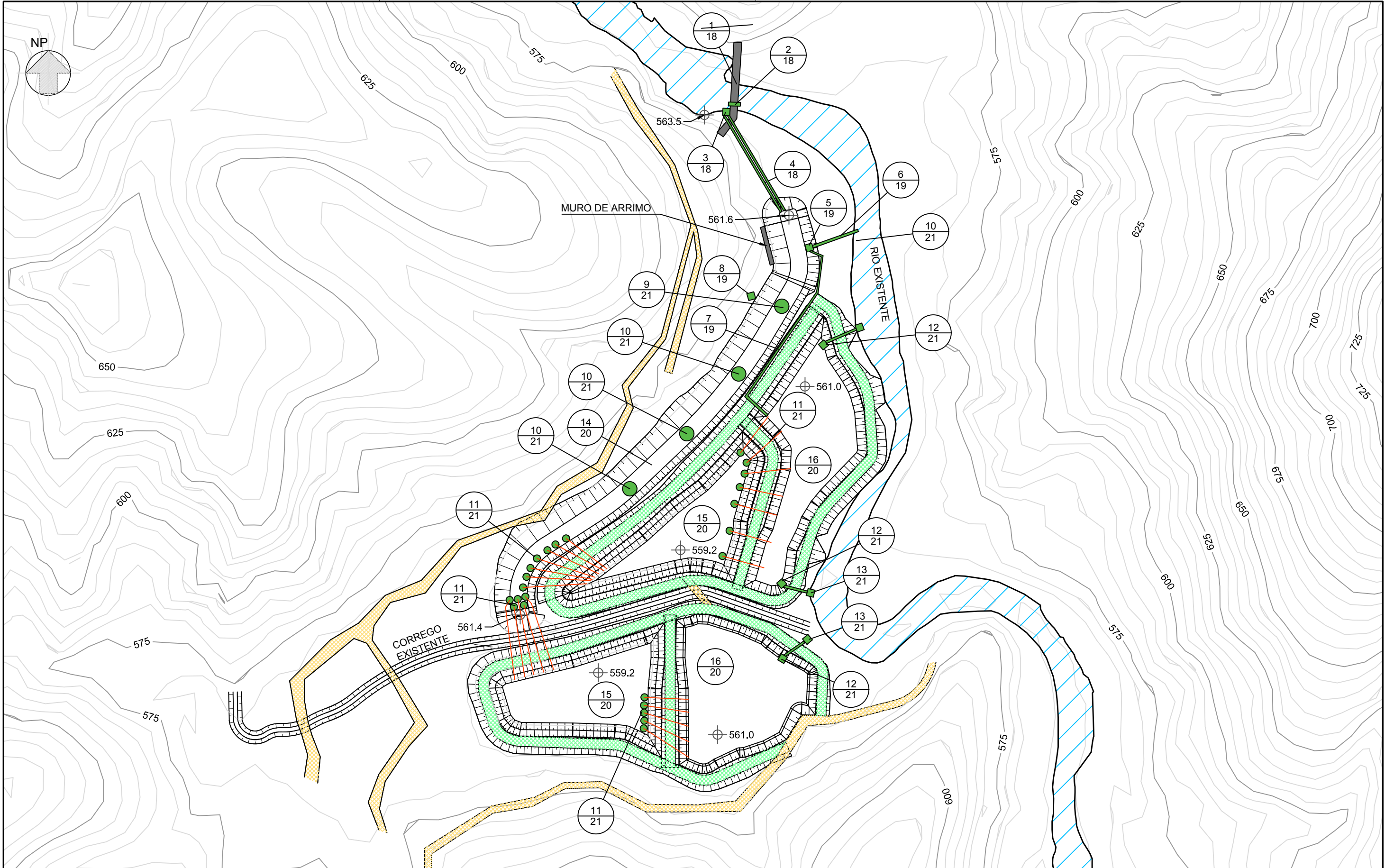
SHEET: 2 de 17



REV: 0



FORMATO A3 : 420 x 297 mm

ARQUIVO: 690861-CI-0KM14-200-001=0.dwg

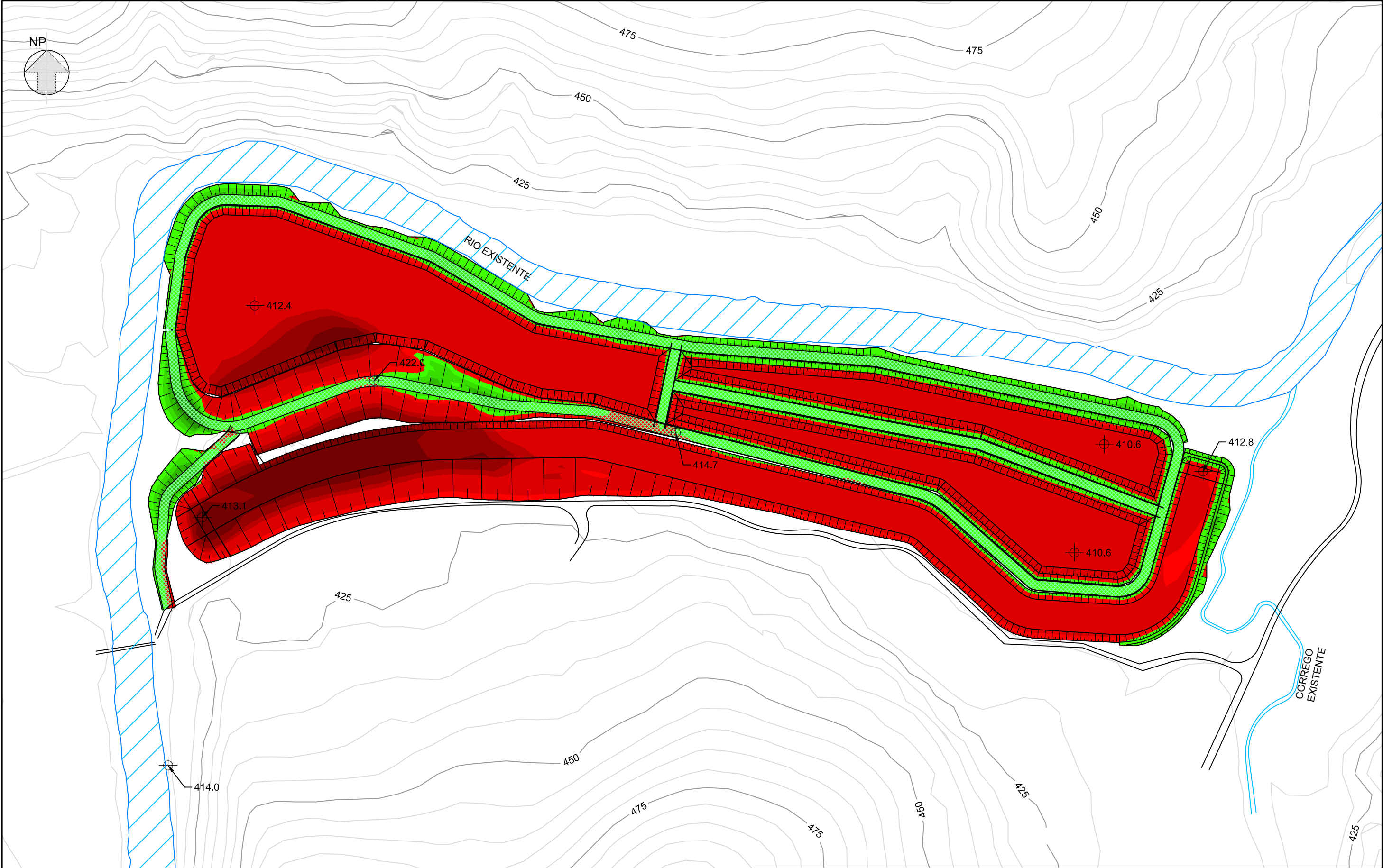




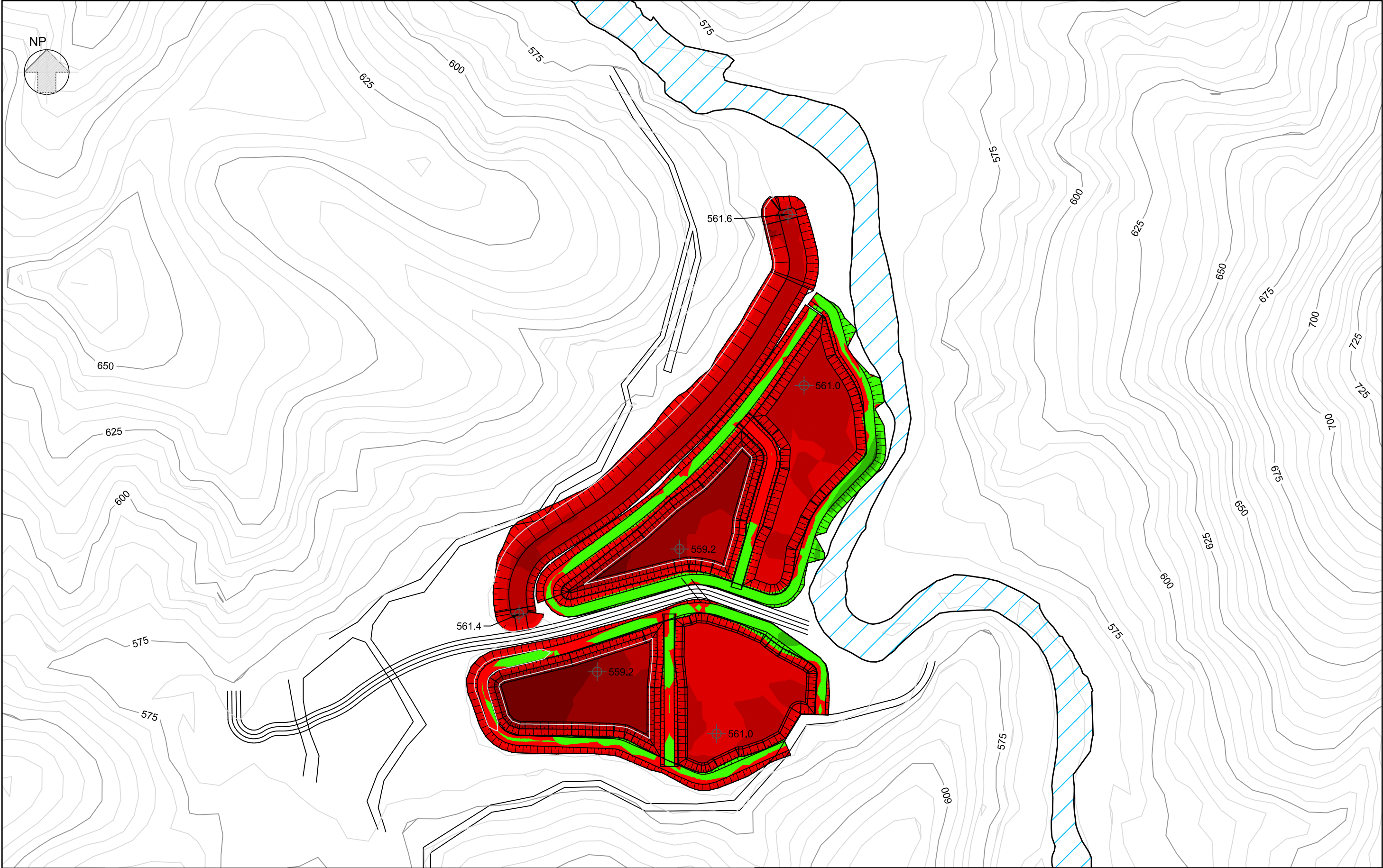
<b>LEGENDA</b>		
1 ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO	7 TUBO DE DESVIO PARA WETLANDS	13 QUEDA AERADA
2 TUBO E COMORTA PARA BY-PASS	8 SISTEMA DE ACÚMULO DE DOSAGEM DE QUÍMICOS	14 CANAL
3 CAPTAÇÃO, GRADEAMENTO E COMORTA	9 AGITADOR FLUTUANTE DE MISTURA RÁPIDA	15 BACIA
4 TUBO (X2) Ø 2 M DE CONCRETO	10 AGITADOR FLUTUANTE DE MISTURA LENTA	16 WETLAND
5 EXTRAVASOR DE EXCESSO DE VAZÃO E DESVIO PARA WETLANDS	11 VERTEDORES CANAL/BACIAS	 RUAS EXISTENTES
6 TUBO PARA EXTRAVASOR DE EXCESSO DE VAZÃO	12 VERTEDORES WETLANDS	 RUAS NOVAS

			
CH2M NR: 690862-CI-0KM48-200-001		CLIENT NR:	
TITLE: LAYOUT GN-STK km 48 FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: 1:2500		SHEET: 3 de 17	
		REV: 0	





<b>LEGENDA</b> ÁREA DE CORTE ÁREA DE ATERRO VOLUME DE ATERRO: 21.651 m³ VOLUME DE CORTE: 240.986 m³		<b>ch2m</b> CH2M NR: 690862-CI-0KM14-240-001 TITLE: MOVIMENTAÇÃO DE SOLO GN-STK km 14 FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: 1:2500		<b>FUNDAÇÃO renova</b> CLIENT NR: SHEET: 4 de 17 REV: 0	
---	--	---	--	--	--



LEGENDA

- ÁREA DE CORTE
- ÁREA DE ATERRO

VOLUME DE ATERRO: 2.628 m³  
VOLUME DE CORTE: 124.043 m³

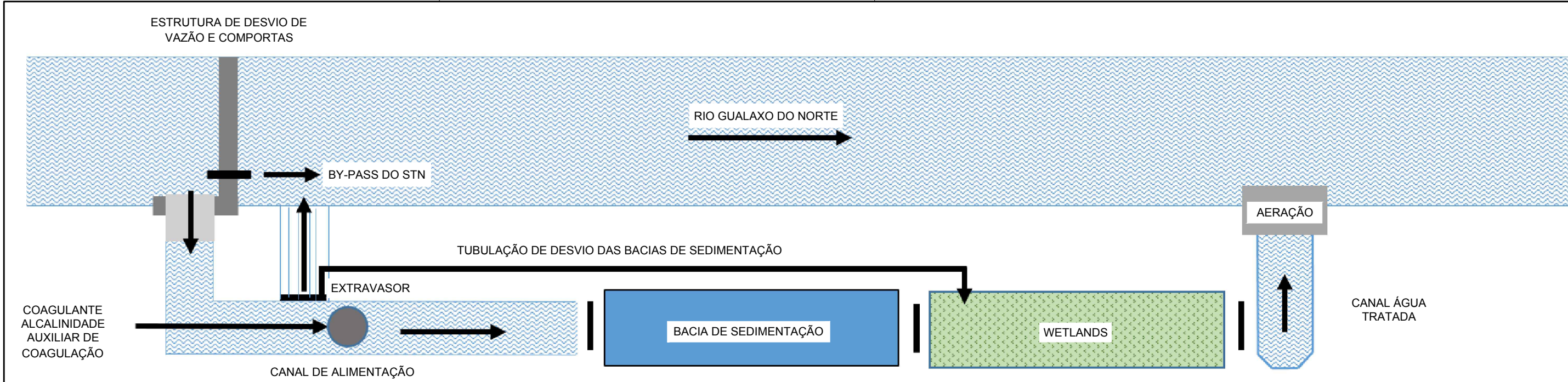


CH2M NR: 690862-CI-0KM48-240-001  
TITLE: MOVIMENTAÇÃO DE SOLO  
GN-STK km 48  
SAMARCO  
ESCALA: 1:2500



CLIENT NR:  
SHEET: 4 de 17  
REV: 0





- ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO E COMPORTAS**
- ESTRUTURA DE ROCHAS E FACE DE CONCRETO OU PEAD;
  - ALTURA DE 2 m;
  - PERMITE BY-PASS DE ATÉ 2,5 m³/s POR PASSAGEM COM COMPORTA;
  - VAZÕES EXCEDENTES EXTRAVASAM POR CIMA
  - GRADEAMENTO;
  - COMPORTAS DE CONTROLE.
- EXTRAVASOR PARA EXCESSO DE VAZÃO**
- PARA VAZÕES ACIMA DA VAZÃO DE PROJETO – 11,5 m³/s;
  - TUBO COM COMPORTA PARA PERMITIR DESVIO CONTROLADO DE PARTE DA VAZÃO PARA AS WETLANDS.

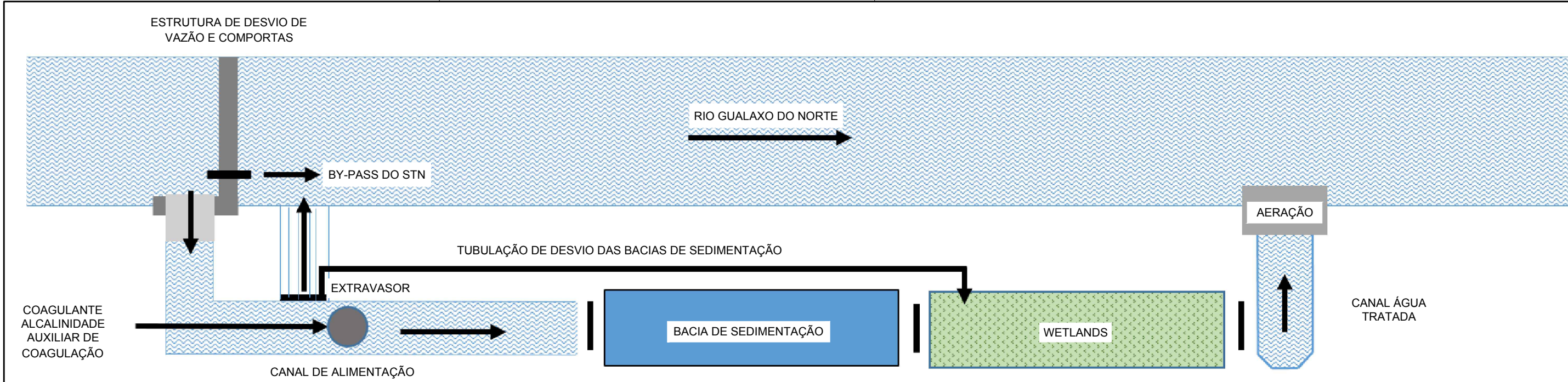
- CANAL DE ALIMENTAÇÃO**
- REVESTIDO COM TECIDO GEOTÊXTIL E ROCHA NAS SEÇÕES TURBULENTAS;
  - POSSIBILIDADE DE UTILIZAR GEOMEMBRANA IMPERMEABILIZANTE;
  - NÃO REVESTIDO NO RESTANTE DO CANAL;
  - ALIMENTAÇÃO DE COAGULANTE E ALCALINIDADE E;
  - TALUDES LATERAIS 3:1;
- ADICÃO DE QUÍMICOS**
- ADIÇÃO DE COAGULANTE E ALCALINIDADE;
  - MISTURADORES FLUTUANTES NO CANAL PARA AGITAÇÃO RÁPIDA (COAGULAÇÃO) E LENTA (FLOCULAÇÃO).

- BACIAS DE SEDIMENTAÇÃO**
- NÃO REVESTIDAS COM REMOÇÃO DO LODO ACUMULADO POR TUBOS PERFURADOS INSTALADOS NO FUNDO DA BACIA;
  - POSSIBILIDADE DE UTILIZAR GEOMEMBRANA IMPERMEABILIZANTE;
  - FUNDO ACIMA DO NÍVEL DE LENÇÓIS FREÁTICOS;
  - TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL MENOR QUE 60 m³/m²/d NA SUPERFÍCIE DE PROJETO;
  - TEMPO DE DETENÇÃO < 4 HORAS;
  - MAIS DE UMA BACIA EM OPERAÇÃO PARA QUE UMA POSSA SER PARADA PARA LIMPEZA;
  - PROFUNDIDADE 3 m;
  - TALUDE LATERAL 2:1 ABAIXO DA SUPERFÍCIE DA ÁGUA;
  - TALUDE LATERAL 3:1 ACIMA DA SUPERFÍCIE DA ÁGUA;
  - ÁREA NA SUPERFÍCIE DE PROJETO DE 9.315 m² NA BACIA 1; 7.482 m² NA BACIA 2;
  - TEMPO DE DETENÇÃO 1,21 h.

- WETLANDS**
- NÃO REVESTIDA E CONTENDO PLANTAS DE DIVERSAS ESPÉCIES;
  - PROFUNDIDADE DE 0,5 m;
  - TALUDE LATERAL DE 3:1;
  - ÁREA NA SUPERFÍCIE DE PROJETO 20.686 m²;
  - VMAX= 0,3 m/s.
- VERTEDOR E STOP-LOGS PARA CONTROLE DE NÍVEL PARA FILTRAÇÃO E HABITAT**
- CANAL DE RETORNO E QUEDA AERADA**
- REVESTIDO COM TECIDO GEOTÊXTIL E ROCHA;
  - POSSUI TUBULAÇÃO DE RETORNO DE PARTE DA VAZÃO PARA EVITAR QUE O CANAL DO RIO FIQUE SECO;
  - PILHA DE ROCHAS OU ESCADA HIDRÁULICA/GABIÕES PARA AERAÇÃO.

CH2M NR: 690862-PR-0KM14-220-001		CLIENT NR:	
TITLE: FLUXOGRAMA DE PROCESSO GN-STN KM 14		SHEET: 5 de 17	
FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E		REV: 0	





ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO E COMPORTAS

- ESTRUTURA DE ROCHAS E FACE DE CONCRETO OU PEAD;
- ALTURA DE 2 m;
- PERMITE BY-PASS DE ATÉ 2,5 m³/s POR PASSAGEM COM COMPORTA;
- VAZÕES EXCEDENTES EXTRAVASAM POR CIMA;
- GRADEAMENTO;
- COMPORTAS DE CONTROLE.

EXTRAVASOR PARA EXCESSO DE VAZÃO

- PARA VAZÕES ACIMA DA VAZÃO DE PROJETO – 6,2 m³/s;
- TUBO COM COMPORTA PARA PERMITIR DESVIO CONTROLADO DE PARTE DA VAZÃO PARA AS WETLANDS.

CANAL DE ALIMENTAÇÃO

- REVESTIDO COM TECIDO GEOTÊXTIL E ROCHA NAS SEÇÕES TURBULENTAS;
- NÃO REVESTIDO NO RESTANTE DO CANAL;
- POSSIBILIDADE DE UTILIZAR GEOMEMBRANA IMPERMEABILIZANTE;
- ALIMENTAÇÃO DE COAGULANTE E ALCALINIDADE;
- TALUDES LATERAIS 3:1;
- PROFUNDIDADE DE ÁGUA 1 m;
- COEFICIENTE DE ATRITO 0,025;
- INCLINAÇÃO MÍNIMA 0,01%;
- VELOCIDADE MÁXIMA 0,6 m/s;
- COMPRIMENTO 352 m;
- LARGURA DA BASE 12 m.

- ADIÇÃO DE QUÍMICOS
- ADIÇÃO DE COAGULANTE, AUXILIAR DE COAGULANTE E ALCALINIDADE;
- MISTURADORES FLUTUANTES NO CANAL PARA AGITAÇÃO RÁPIDA (COAGULAÇÃO) E LENTA (FLOCULAÇÃO).

BACIAS DE SEDIMENTAÇÃO

- NÃO REVESTIDAS COM REMOÇÃO DO LODO ACUMULADO POR TUBOS PERFURADOS INSTALADOS NO FUNDO DA BACIA;
- POSSIBILIDADE DE UTILIZAR GEOMEMBRANA IMPERMEABILIZANTE;
- FUNDO ACIMA DO NÍVEL DE LENÇÓIS FREÁTICOS;
- TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL MENOR QUE 60 m³/m²/d NA SUPERFÍCIE DE PROJETO;
- TEMPO DE DETENÇÃO < 4 HORAS;
- MAIS DE UMA BACIA EM OPERAÇÃO PARA QUE UMA POSSA SER PARADA PARA LIMPEZA;
- PROFUNDIDADE 3 m;
- TALUDE LATERAL 2:1 ABAIXO DA SUPERFÍCIE DA ÁGUA;
- TALUDE LATERAL 3:1 ACIMA DA SUPERFÍCIE DA ÁGUA;
- ÁREA NA SUPERFÍCIE DE PROJETO DE 3.973 m² NA BACIA 1; 5.020 m² NA BACIA 2;
- TEMPO DE DETENÇÃO 1,21 h.

WETLANDS

- NÃO REVESTIDA E CONTENDO PLANTAS DE DIVERSAS ESPÉCIES;
- PROFUNDIDADE DE 0,5 m;
- TALUDE LATERAL DE 3:1;
- ÁREA NA SUPERFÍCIE DE PROJETO 5.436 m² NA WETLAND 1 E 6.017 m² NA WETLAND 2;
- VMAX= 0,3 m/s.

VERTEDOR E STOP-LOGS PARA CONTROLE DE NÍVEL PARA FILTRAÇÃO E HABITAT

CANAL DE RETORNO E QUEDA AERADA

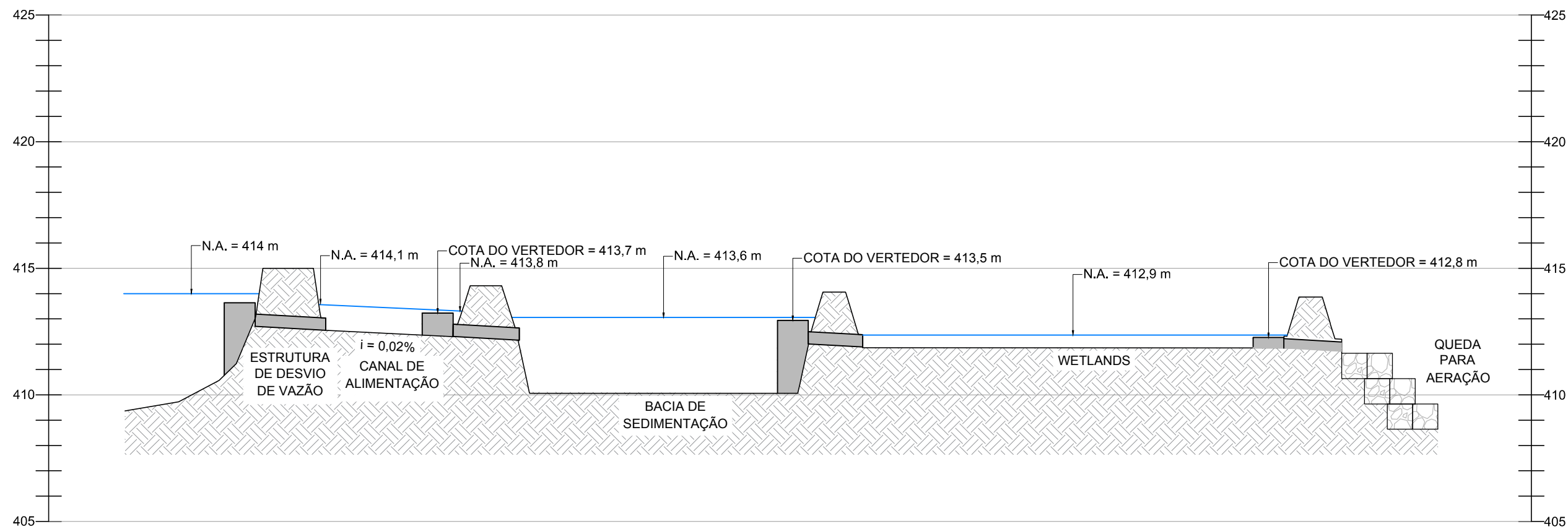
- REVESTIDO COM TECIDO GEOTÊXTIL E ROCHA.
- POSSUI TUBULAÇÃO DE RETORNO DE PARTE DA VAZÃO PARA EVITAR QUE O CANAL DO RIO FIQUE SECO.
- PILHA DE ROCHAS OU ESCADA HIDRÁULICA/GABIÕES PARA AERAÇÃO.





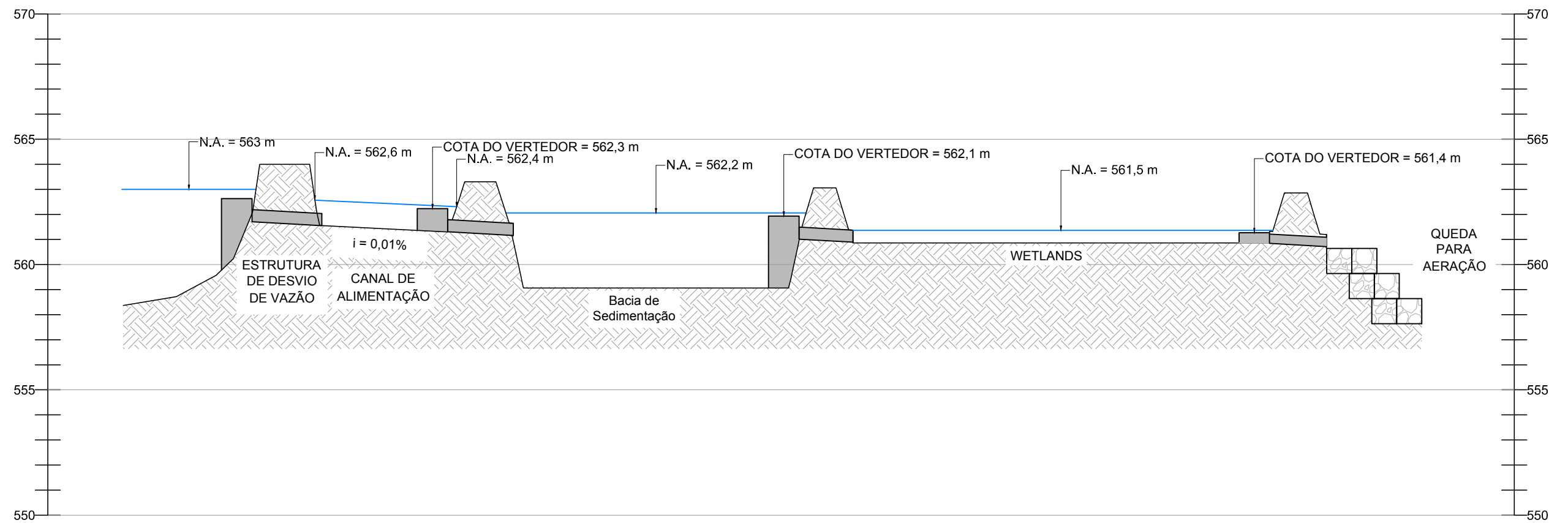
CH2M NR: 690862-PR-0KM48-220-001  
TITLE: FLUXOGRAMA DE PROCESSO GN-STN KM 48  
FUNDAÇÃO RENOVA  
ESCALA: S/E

CLIENT NR:  
SHEET: 6 de 17  
REV: 0





			
CH2M NR: 690862-CI-0KM14-200-002		CLIENT NR:	
TITLE: PERFIL HIDRÁULICO GN-STN KM 14			SHEET: 8 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E			REV: 0



CH2M NR:	690862-CI-0KM48-200-002	CLIENT NR:	
TITLE:	PERFIL HIIDRÁULICO GN-STN KM 48	SHEET:	9 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E		REV:	0





LEGENDA

- ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO
- CANAL DE ALIMENTAÇÃO PARA O SITE
- CANAL DE ÁGUA TRATADA
- ÁREA DISPONÍVEL
- ÁREA DE REPRESAMENTO À MONTANTE



N° CH2M: 690862-CI-0KM14-200-003

N° CLIENTE:

TÍTULO: ÁREA DE REPRESAMENTO  
GN-STN km 14  
FUNDAÇÃO RENOVA

FL: 10 de 17

REV: 0





- LEGENDA
- ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO
  - CANAL DE ALIMENTAÇÃO PARA O SITE
  - CANAL DE ÁGUA TRATADA
  - ÁREA DISPONÍVEL
  - ÁREA DE REPRESAMENTO À MONTANTE

ch2m

FUNDAÇÃO  
renova

N° CH2M: 690862-CI-0KM48-200-003

N° CLIENTE:

TÍTULO: ÁREA DE REPRESAMENTO  
GN-STN km 48  
FUNDAÇÃO RENOVA



FL: 11 de 17

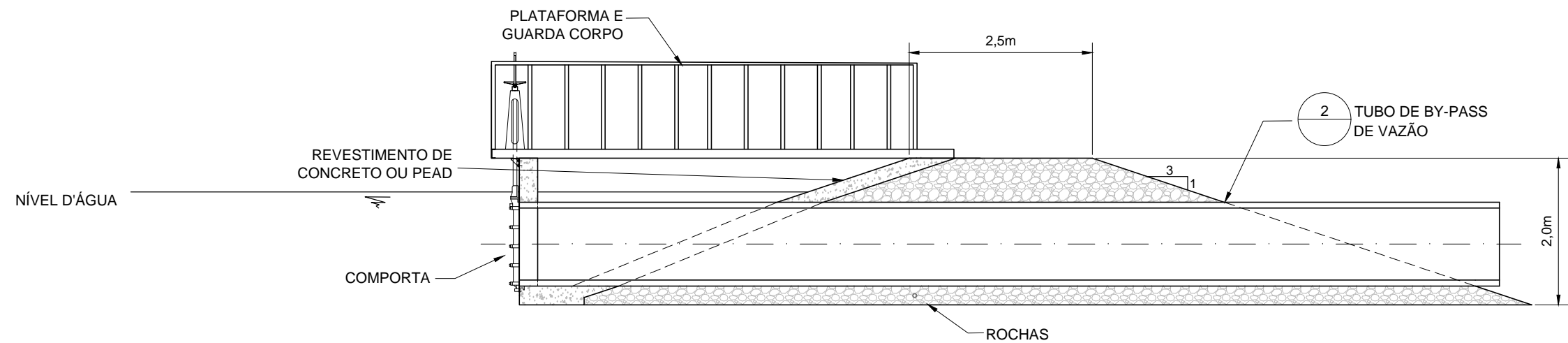
REV: 0



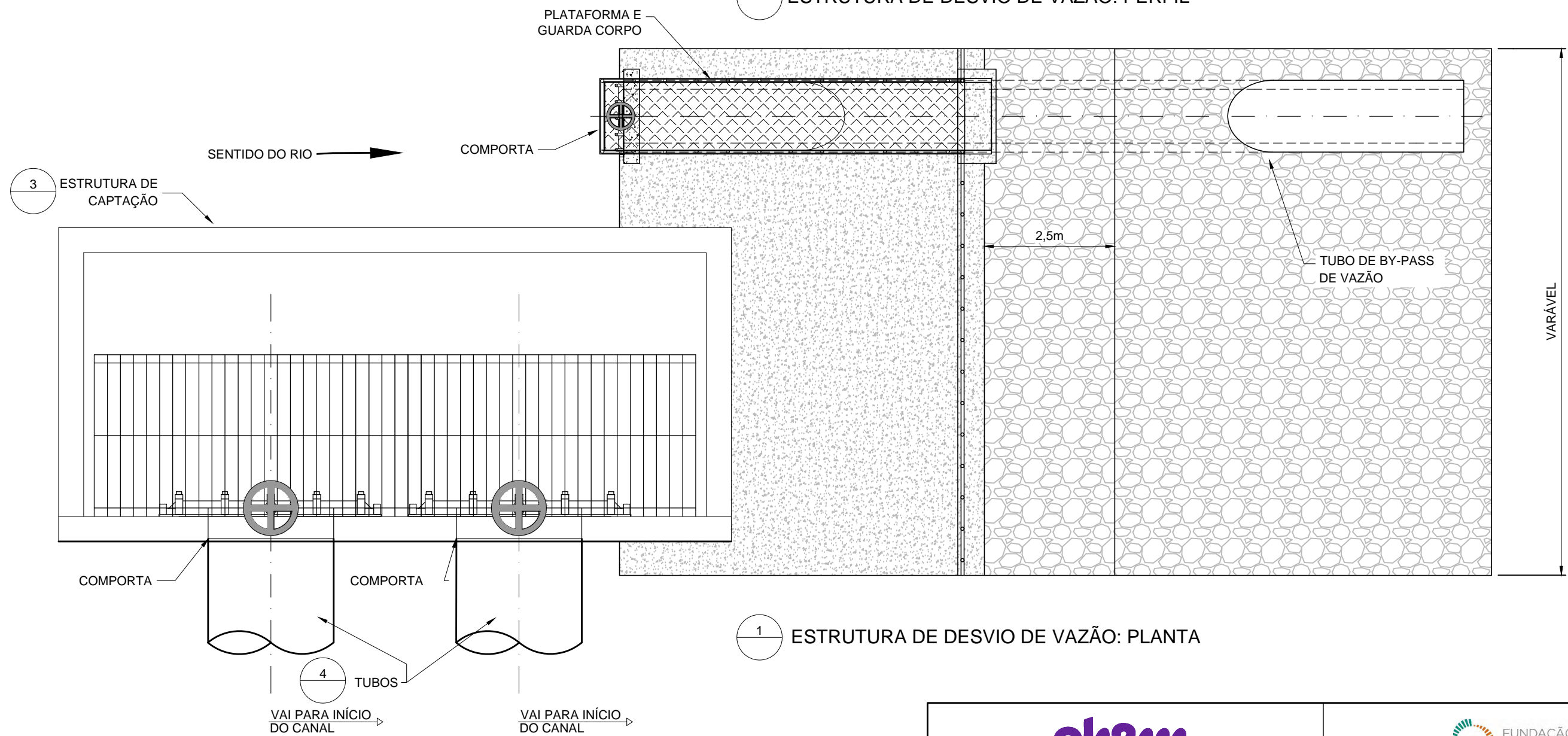
LISTA DE EQUIPAMENTOS PARA A OPERAÇÃO DE CADA UM DOS SITES: GN-STN KM 14, GN-STN KM 48 E GN-STN KM 59

<u>EQUIPAMENTO</u>	<u>QUANTIDADE</u>	<u>DADOS</u>
<b>MISTURADORES</b>		
- DE MISTURA RÁPIDA	1	20 kW, VELOCIDADE VARIÁVEL
- FLOCULADOR	3	5 kW, VELOCIDADE VARIÁVEL
COMPORTA DA ESTRUTURA DE DESVIO	1	Ø 1 m MONTADA NO TUBO COM PLATAFORMA, OPERAÇÃO MANUAL
COMPORTA DA ENTRADA DO SISTEMA	2	2 m DE LARGURA POR 2 m DE ALTURA, ENQUADRADA, OPERAÇÃO MANUAL
COMPORTA DO EXTRAVASOR	1	1 m DE LARGURA POR 1 m DE ALTURA, ENQUADRADA, OPERAÇÃO MANUAL
COMPORTA DO VERTEDOR	42	MONTADA NO TUBO COM PLATAFORMA, OPERAÇÃO MANUAL
<b>BOMBAS DOSADORAS</b>		
- DE COAGULANTE	3	SULFATO DE ALUMÍNIO, CLORETO DE POLIALUMÍNIO (PAC) OU CLORIDRATO DE ALUMÍNIO (ACH)
- DE ALCALINIDADE	3	HIDRÓXIDO DE SÓDIO
- DE AUXILIAR DE COAGULAÇÃO	2	POLÍMERO ORGÂNICO
<b>TANQUES DE QUÍMICOS</b>		
- DE FLOCULANTE	3	19 m³, POLIETILENO
- DE ALCALINIDADE	1	19 m³, POLIETILENO
- DE AUXILIAR DE COAGULAÇÃO	0	ALIMENTADO DIRETAMENTE DO RECIPIENTE
<b>INSTRUMENTOS</b>		
- CLP	1	INCLUI INTERFACE HOMEM-MÁQUINA EM CABINE PROTEGIDA CONTRA O CLIMA, MONTADA SOB TELHADO
- MEDIDOR DE VAZÃO	3	ULTRASÔNICOS, MEDINDO CARGA D'ÁGUA SOBRE VERTEDORES
- MEDIDOR DE TURBIDEZ	5	ÁGUA BRUTA, SAÍDA DA BACIA DE SEDIMENTAÇÃO E SAÍDA DA WETLAND
- MEDIDOR DE PH	3	ÁGUA BRUTA E TRATADA
<b>PAINEL ELÉTRICO</b>	1	50 kW, TRIFÁSICO, MONTADO SOB TELHADO
<b>GERADOR</b>	1	50 kW MOVIDO A DIESEL, COM TANQUE DE ARMAZENAMENTO COM TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE 3 DIAS COM BAIA DE CONTENÇÃO

			
CH2M NR:	690862-GE-00STN-000-002	CLIENT NR:	
TITLE:	LISTA DE EQUIPAMENTOS	SHEET:	12 de 17
	FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E	REV:	0



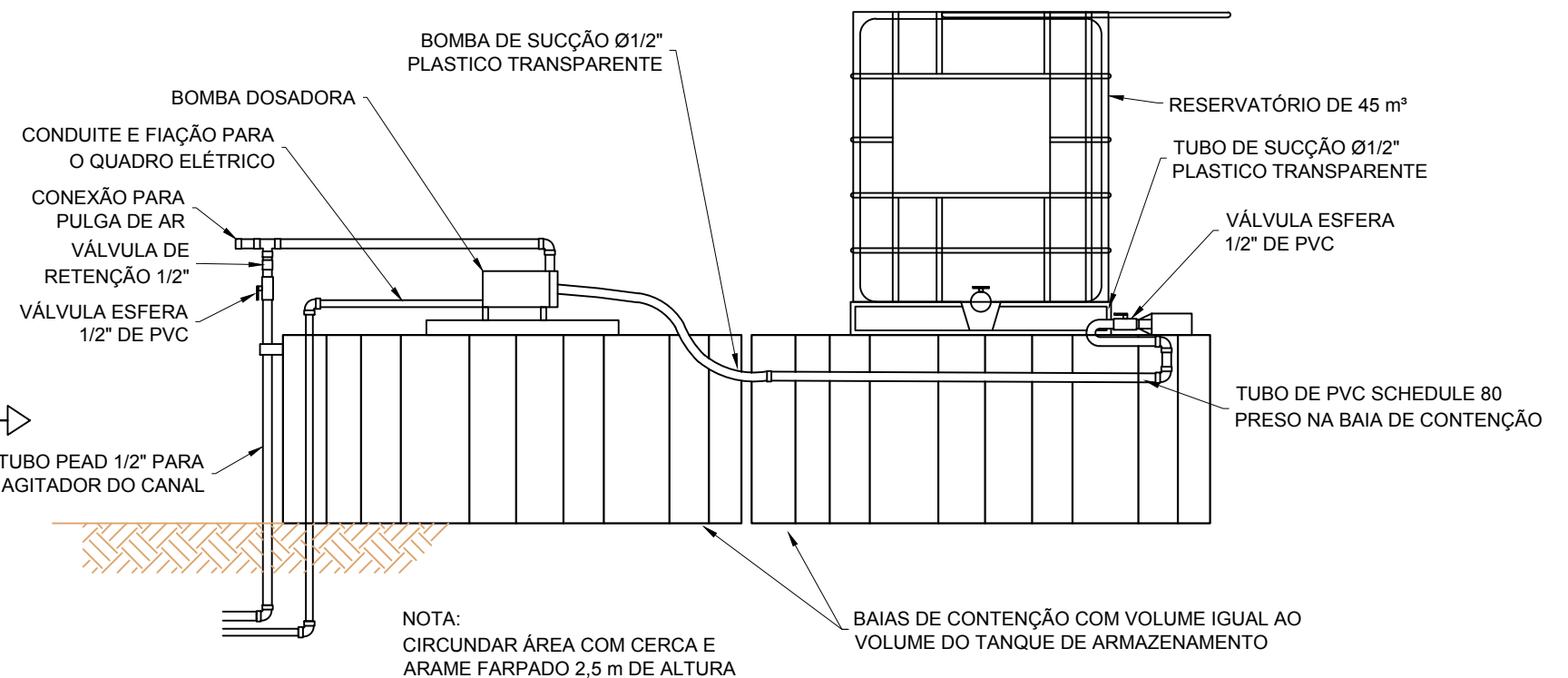
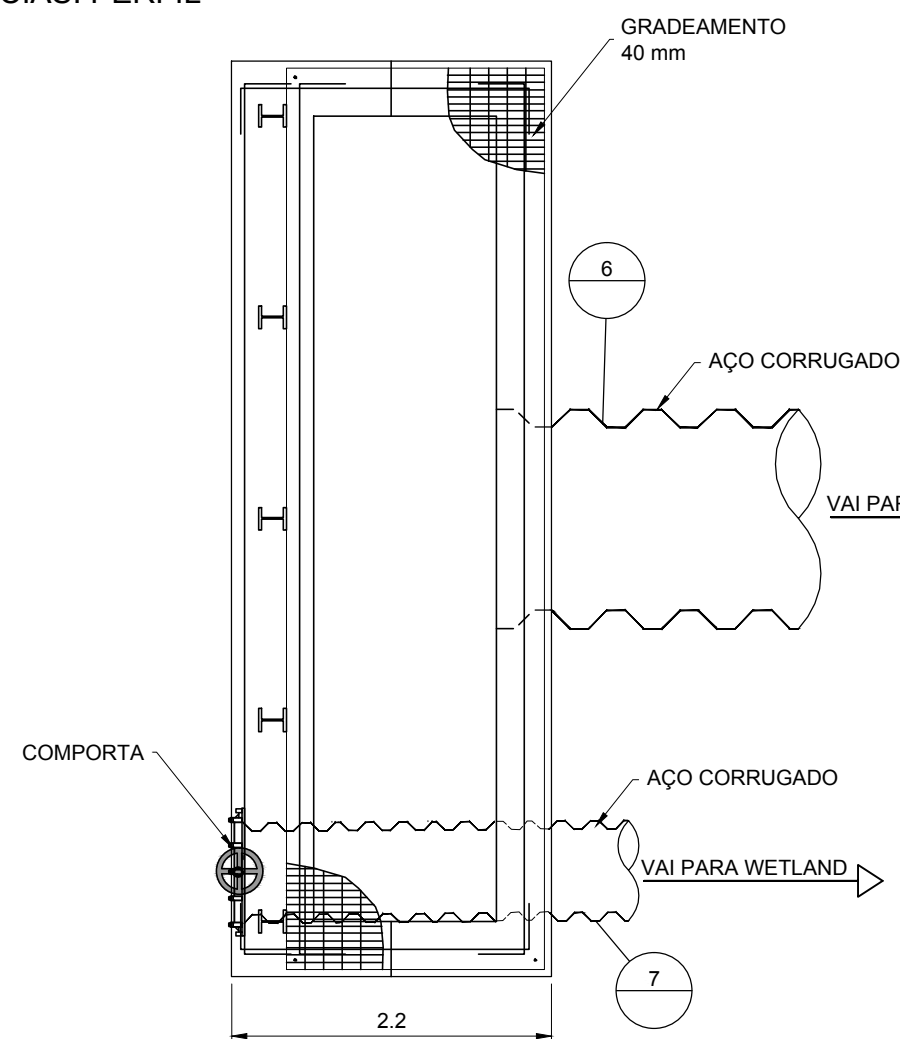
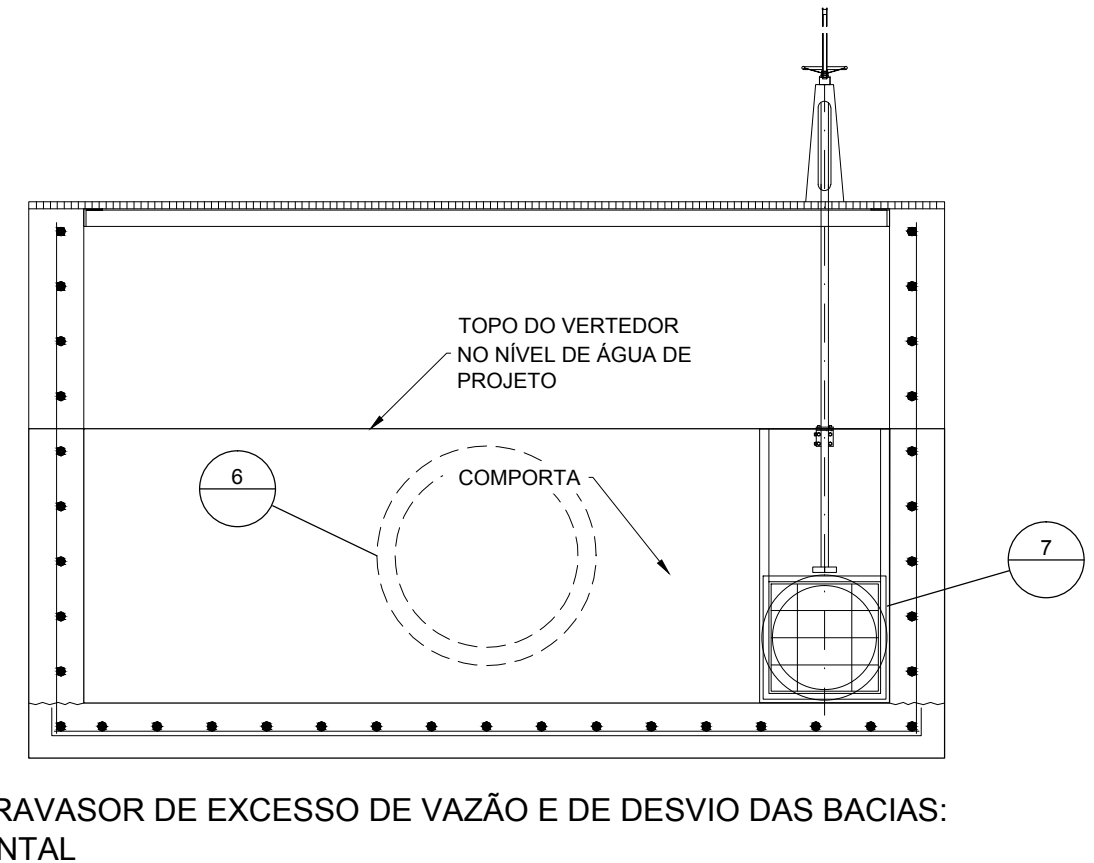
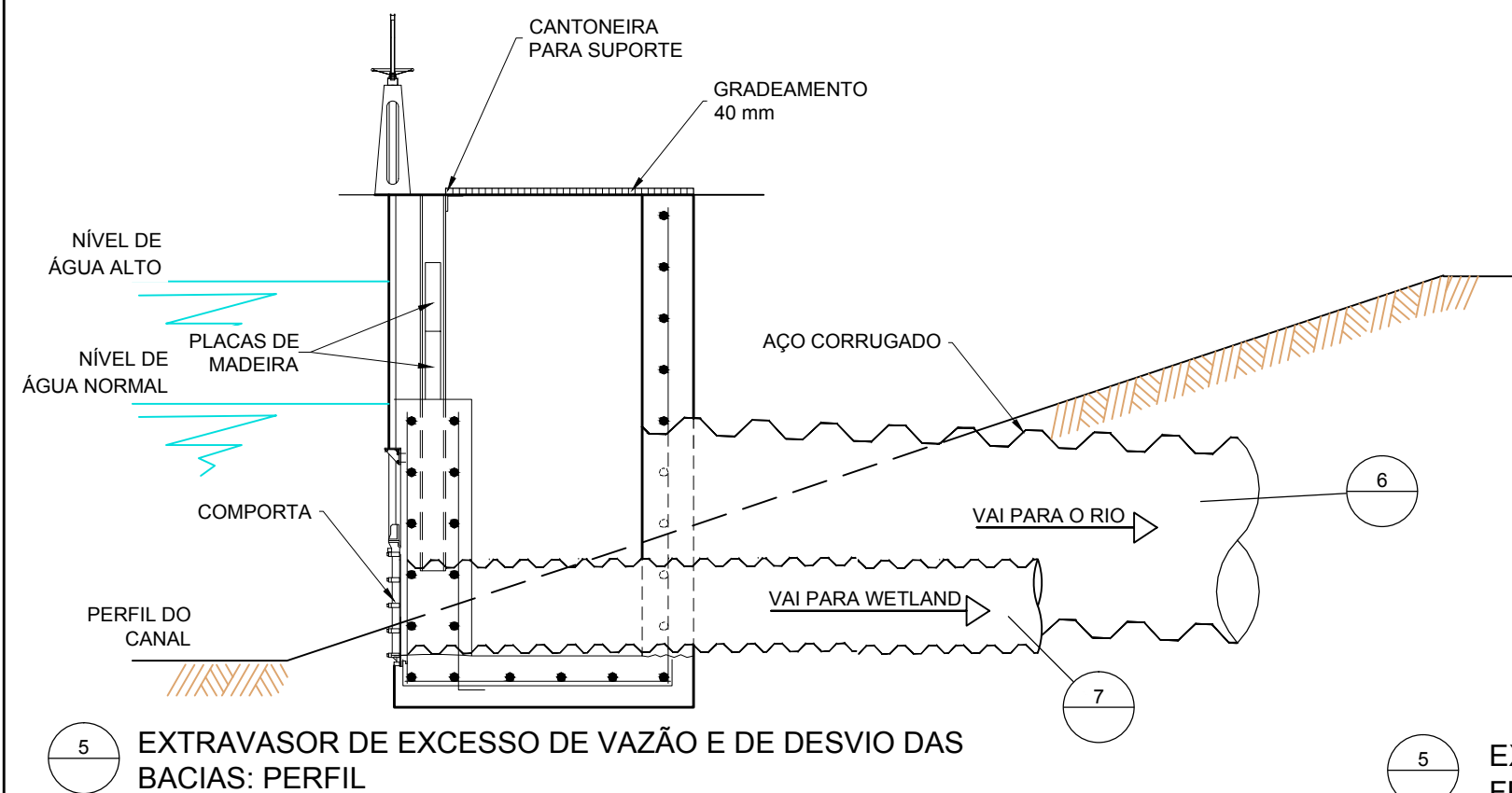
1 ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO: PERFIL



1 ESTRUTURA DE DESVIO DE VAZÃO: PLANTA

<b>ch2m</b>			
CH2M NR:	690862-CI-00STN-230-001	CLIENT NR:	
TITLE:	DETALHES CONSTRUTIVOS I DE IV	SHEET:	13 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E		REV:	0

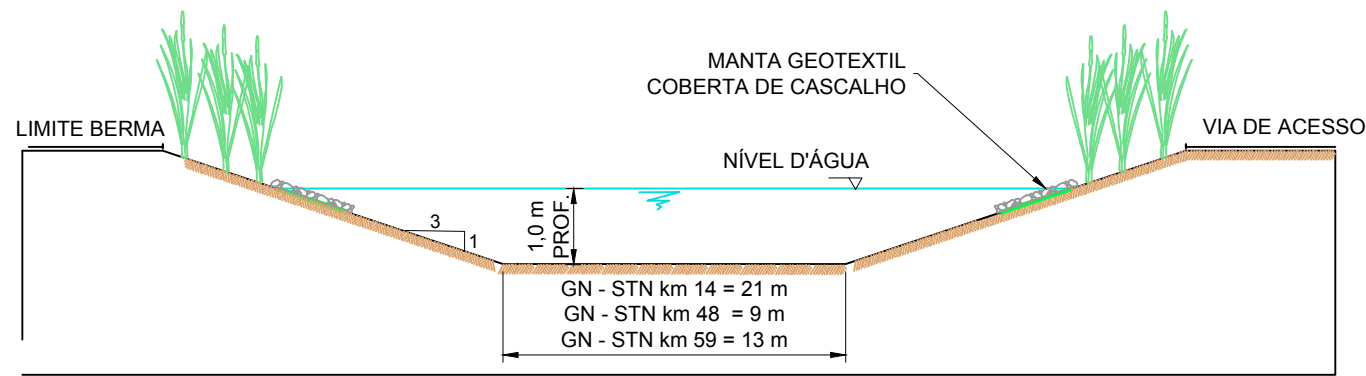




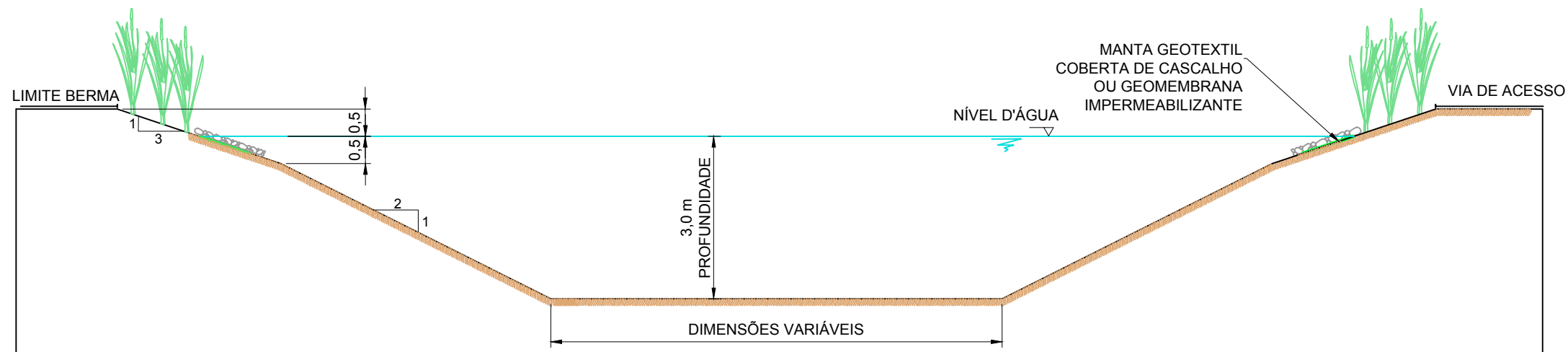
8 SISTEMA DE ACÚMULO E DOSAGEM DE QUÍMICO

5 EXTRAVASOR DE EXCESSO DE VAZÃO E DE DESVIO DAS BACIAS: PLANTA

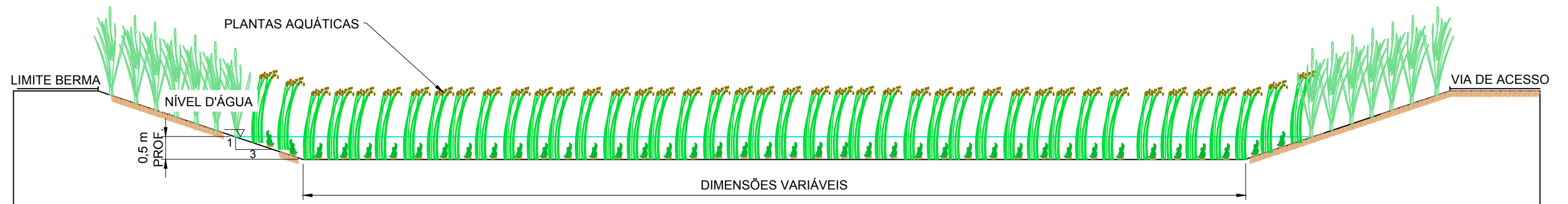
CH2M NR:	690862-CI-00STN-230-002	CLIENT NR:	
TITLE:	DETALHES CONSTRUTIVOS II DE IV	SHEET:	14 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA		REV:	0
ESCALA: S/E			





14 SEÇÃO TÍPICA DO CANAL



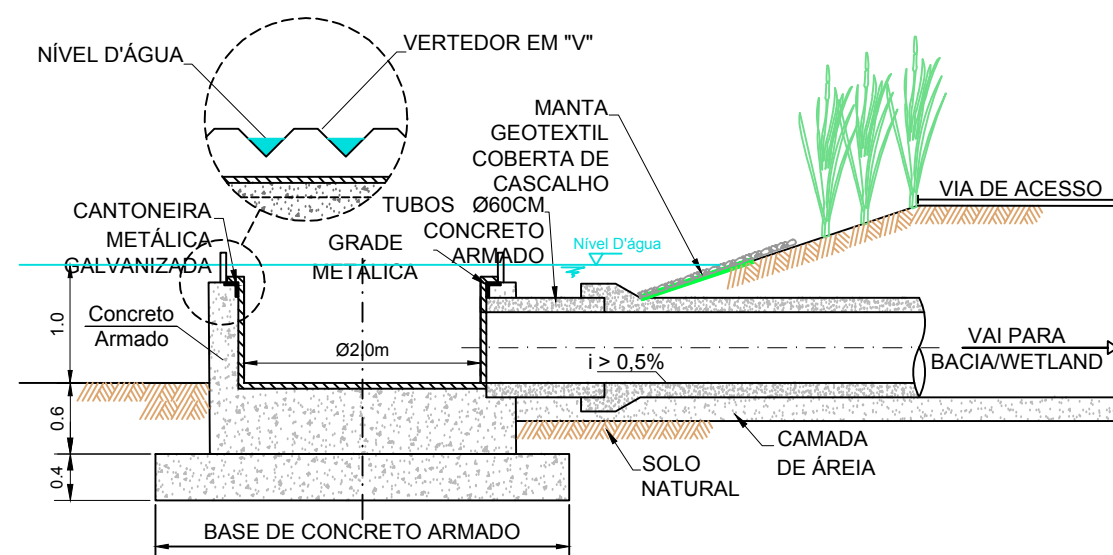
15 SEÇÃO TÍPICA DA BACIA



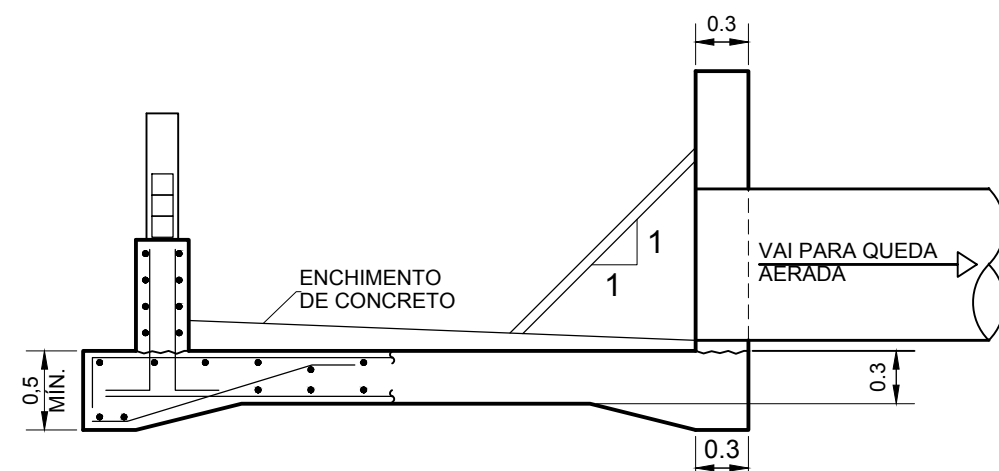
16 SEÇÃO TÍPICA DA WETLAND

			
CH2M NR: 690862-CI-00STN-230-003		CLIENT NR:	
TITLE: DETALHES CONSTRUTIVOS III DE IV		SHEET: 15 de 17	
FUNDAÇÃO RENOVA		REV: 0	
ESCALA: S/E			

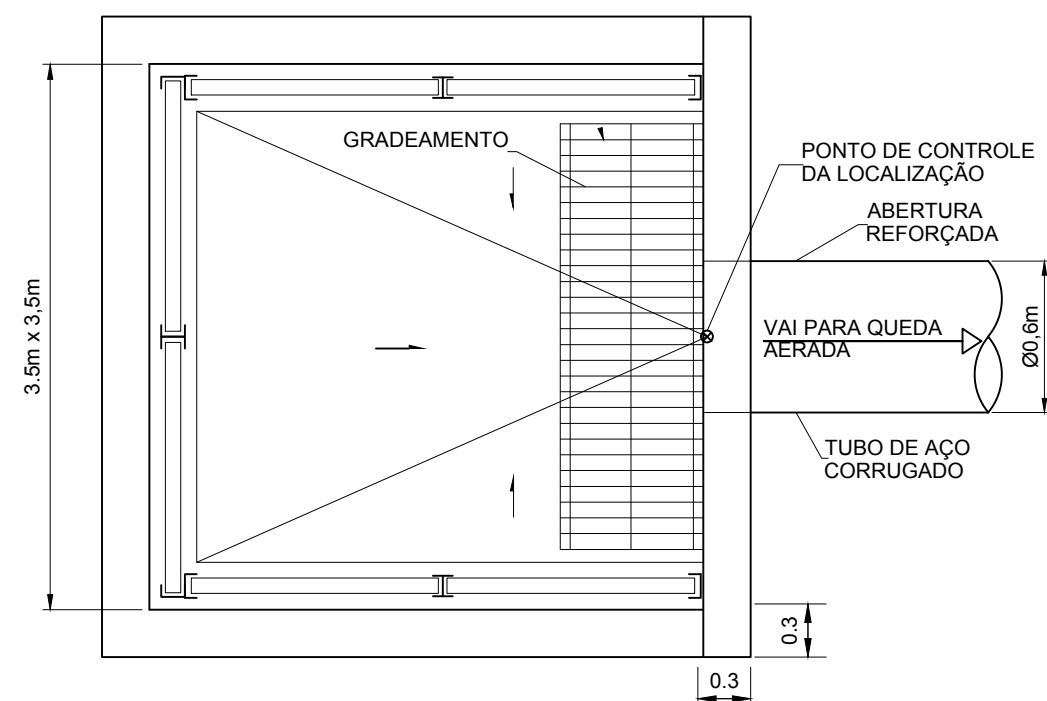




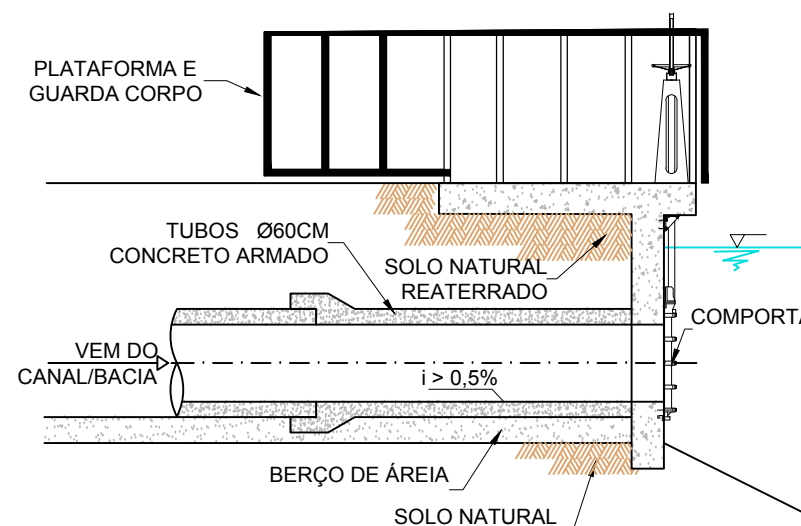
11 DETALHE TÍPICO  
VERTEDOURO DE SAÍDA DO CANAL / BACIA DE SEDIMENTAÇÃO



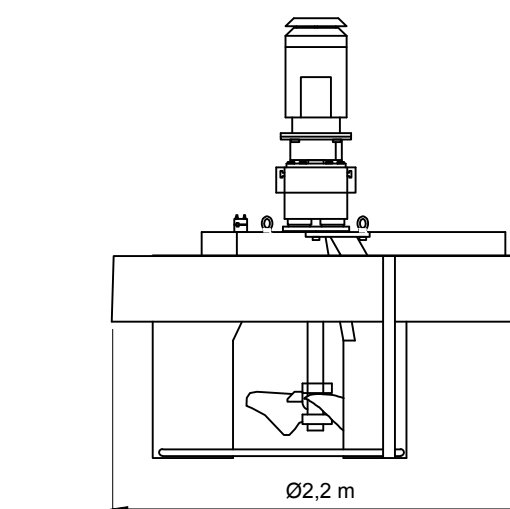
12 VERTEDOR TÍPICO WETLAND PERFIL



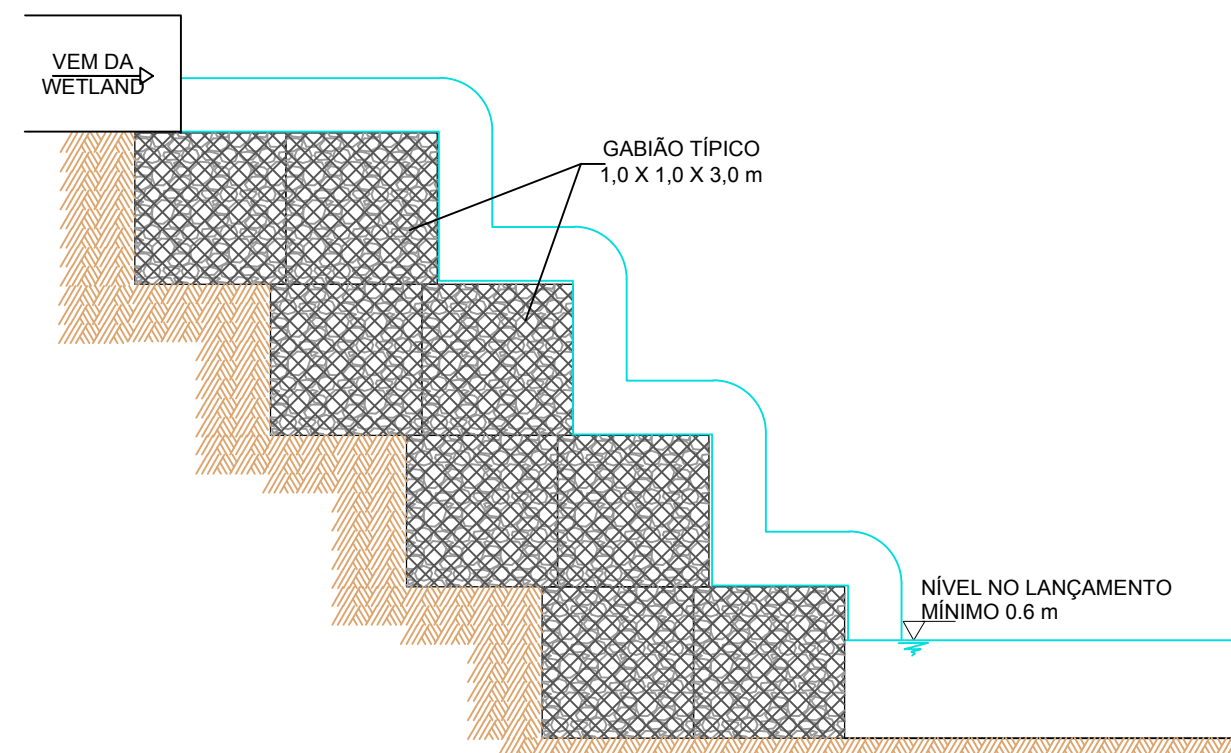
12 VERTEDOR TÍPICO WETLAND PLANTA



11 DETALHE TÍPICO: VERTEDOURO DE SAÍDA DO CANAL / BACIA DE SEDIMENTAÇÃO



9 10 AGITADOR FLUTUANTE



13 DETALHE DA QUEDA AERADA TÍPICA

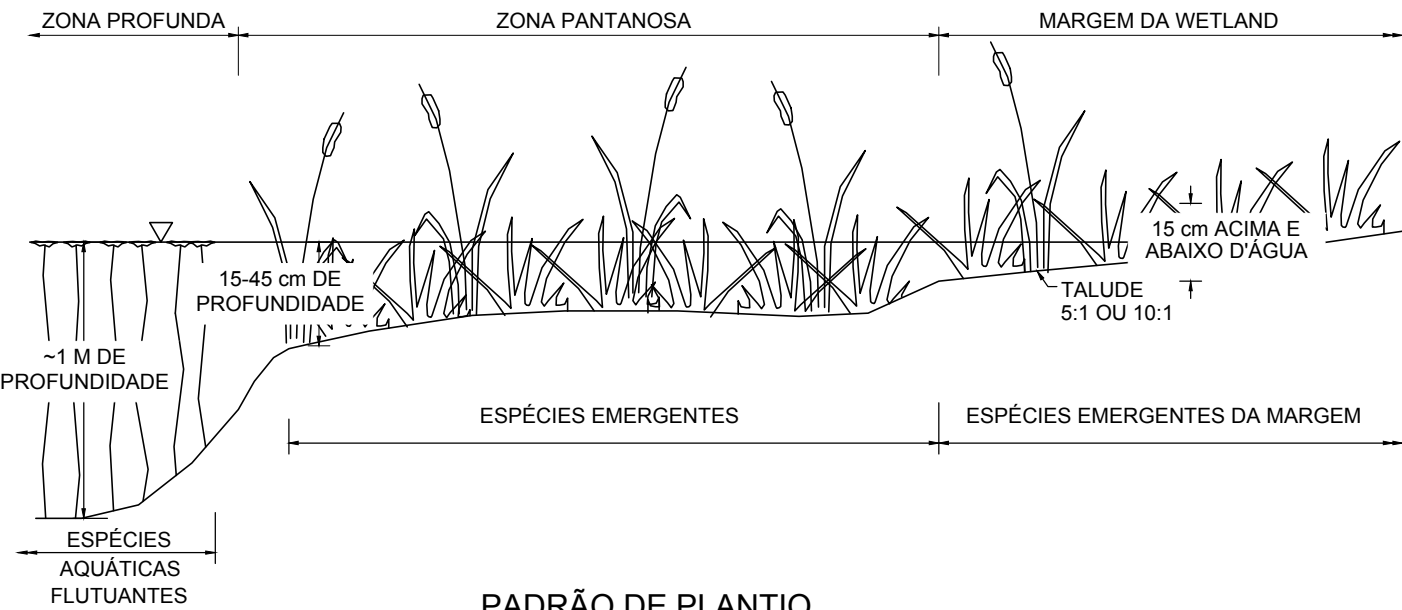
CH2M NR:	690862-CI-00STN-230-004	CLIENT NR:	
TITLE:	DETALHES CONSTRUTIVOS IV DE IV	SHEET:	16 de 17
FUNDAÇÃO RENOVA		REV:	0
ESCALA: S/E			

ZONA PROFUNDA			
NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	PORTE	FONTE
ALFACE-D'ÁGUA	PISTIA STRATIOTES	HERBÁCIA	1
SALVÍNIA	SALVINIA AURICULATA; SALVINIA BILOBA	HERBÁCIA	1
AGUAPE	EICHHORNIA CRASSIPES	HERBÁCIA	1
	HETERANTHERA RENIFORMIS	HERBÁCIA	1 2
ZONA PANTANOSA			
NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	PORTE	FONTE
LIRIO DO BREJO	HEDYCHIUM CORONARIUM	HERBÁCIA	1
TABOA	THYPHA	HERBÁCIA	1
CAVALINHA	EQUISETUM GIGANTEUM	HERBÁCIA	1
PINHEIRINHO D'ÁGUA	MYRIOPHYLLUM AQUATICUM	HERBÁCIA	1
MARGEM DA WETLAND			
NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	PORTE	FONTE
	POLYGONUM SP.	HERBÁCIA	1
	ELOCHARIS MUTATA	HERBÁCIA	1
	CYPERACEAE SP1.	HERBÁCIA	1
	POLYGONUM MEISNERIANUM	HERBÁCIA	1
	POLYGONUM ACUMINATUM	HERBÁCIA	1
	ACROSTICHUM DANAEIFOLIUMN	HERBÁCIA	1
CANARANA	HYMENACHNE AMPLEXICAULIS	HERBÁCIA	1
PINHEIRINHO D'ÁGUA	MYRIOPHYLLUM AQUATICUM	HERBÁCIA	1 2
MARGEM DA ÁREA ALAGADA			
NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	PORTE	FONTE
	CANNA PANICULATA	ARBUSTIVA	1 2
	LUDWIGIA ALBIFLORA	ARBUSTIVA	1
	LUDWIGIA DECURRENS	ARBUSTIVA	1
SAMAMBAIA DO MANGUE	ACROSTICHUM DANAEIFOLIUMN	ARBUSTIVA	1
CANARANA	HYMENACHNE AMPLEXICAULIS	ARBUSTIVA	1
TRÊS-QUINAS	PYCREUS POLYSTACHYOS	SUBARBUSTIVO	1 2
	ELEOCHARIS RADICANS	SUBARBUSTIVO	1

FONTE:

(1) LOURENÇO, ARTUR ET AL. (2016) - LEVANTAMENTO DE PLANTAS AQUÁTICAS NA BACIA DO RIO DOCE APÓS O DESASTRE AMBIENTAL DE MARIANA (RESULTADOS PRELIMINARES)

(2) FLORA DO BRASIL 2020 DISPONÍVEL EM [HTTP://REFLORA.JBRJ.GOV.BR/REFLORA/LISTABRASIL](http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listabrasil); ACESSO EM 23/05/2017



PADRÃO DE PLANTIO

CH2M NR:	690862-AR-00STN-240-001	CLIENT NR:	
TITLE:	PALETA DE PLANTIO DA WETLAND	SHEET:	17 de 17
	FUNDAÇÃO RENOVA ESCALA: S/E	REV:	0