

## PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

### P.11–Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

#### Relatório Semestral (Fase de Operação)

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Karen Caroline Paiva da Silva Eng. Agrícola, M.Sc.	CREA- 5069188924	5808170	<i>Karen C.P. da Silva</i>
Keila Cristina Fernandes de Oliveira Eng. Hídrica, M.Sc.	CREA- MG 04.0.0000149150	6190874	<i>Keila C.F. Oliveira</i>
Tatiana Pilachevsky Geógrafa, M.Sc.	CREA- 5064021791	5531743	<i>Tatiana Pilachevsky</i>
Luciana Cabral Nunes Geóloga, M.Sc.	CREA- 50629926484	5287039	<i>Luciana Nunes</i>
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, D.Sc.	-	5286995	<i>Afonso E. de Vasconcelos Lopes</i>

Janeiro – 2016

## SÚMARIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES</b>	<b>01</b>
<b>3. OPERAÇÃO DA REDE HIDROLÓGICA</b>	<b>01</b>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>02</b>
<b>4.1. Topobatimetria</b>	<b>02</b>
<b>4.1.2. Levantamento de Campo</b>	<b>04</b>
<b>4.1.3. Processamento dos Dados</b>	<b>04</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>05</b>
<b>5.1. Medições de Vazão e Descargas Sólidas</b>	<b>05</b>
<b>5.2. Atualização das Curvas-chave de Sedimento</b>	<b>13</b>
<b>5.3. Atualização das Curvas-chave de Vazão</b>	<b>15</b>
<b>5.4. Medidas de Precipitação, Nível e Vazão</b>	<b>16</b>
<b>5.4.1. Estação UHE Teles Pires Jusante</b>	<b>16</b>
<b>5.4.2. Estação UHE Teles Pires Montante 2</b>	<b>17</b>
<b>5.4.3. Estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta</b>	<b>18</b>
<b>5.4.4. Estação UHE Teles Pires Montante 1</b>	<b>19</b>
<b>5.4.5. Estação UHE Teles Pires Barramento</b>	<b>20</b>
<b>5.5. Levantamento Topobatimétrico</b>	<b>21</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO 1. DADOS BRUTOS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL DAS ESTAÇÕES</b>	<b>01</b>
<b>ANEXO 2. MEDIDAS DE DESCARGA LÍQUIDA DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS</b>	<b>1013</b>
<b>ANEXO 3. ANÁLISES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DE LEITO</b>	<b>1111</b>
<b>ANEXO 4. DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO, NÍVEL E VAZÃO</b>	<b>1137</b>
<b>ANEXO 5. PERFIS TRANSVERSAIS DA BATIMETRIA</b>	<b>1158</b>
<b>ANEXO 6. MAPA DOS PERFIS TRANSVERSAIS NO TAMANHO A3</b>	
<b>ANEXO 7. MAPA TOPOBATIMÉTRICO NO TAMANHO A3</b>	
<b>ANEXO 8. MAPA TOPOBATIMÉTRICO NO TAMANHO A3, CURVAS DE NÍVEL</b>	

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CHTP - Companhia Hidrelétrica Teles Pires

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ADCP - Perfilador Acústico de correntes por Efeito *Doppler*

Q - Vazão ou descarga líquida

Qs - Descarga sólida

Qss - Descarga sólida em suspensão

Qst - Descarga sólida total

## 1. INTRODUÇÃO

O serviço “Monitoramento Hidrossedimentológico na Área do Reservatório da UHE Teles Pires”, solicitado pela *Companhia Hidrelétrica Teles Pires (CHTP)* está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda.** Este serviço tem como objetivo fornecer informações referentes às taxas de aporte e deposição sedimentar e identificar os principais pontos de deposição, viabilizando a elaboração de projetos que venham a prolongar a vida útil do reservatório da Hidrelétrica Teles Pires, cuja barragem se encontra nas coordenadas 9°21’04” S e 56°46’39” O, no rio Teles Pires, na divisa entre os estados do Mato Grosso e Pará.

Neste relatório são apresentadas as principais atividades realizadas entre julho e dezembro de 2015, as quais consistiram no monitoramento hidrológico e hidrossedimentológico das estações hidrométricas, com destaque às precipitações, descargas líquidas e descargas sólidas.

## 2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Nos meses de julho e outubro de 2015 foram realizadas medições de vazão nos rios Teles Pires e Paranaíta com o ADCP e amostragem de sedimentos em suspensão e de sedimentos de leito. Foram realizadas as análises laboratoriais das amostras de sedimentos coletas em campo, e a partir das análises foi possível determinar as concentrações dos sedimentos em suspensão, as granulometrias dos materiais em suspensão e de leito e as descargas sólidas em suspensão e totais.

Os dados de precipitação e nível registrados pelas estações hidrométricas da UHE Teles Pires durante o período de julho a dezembro de 2015 são apresentados no **ANEXO 1**.

No presente relatório também são apresentadas as curvas-chaves de vazão atualizadas das estações hidrométricas da UHE Teles Pires, visando à transformação de uma série histórica de nível em uma série histórica de vazão. Além disso, são apresentadas as curvas de sedimento em suspensão das estações em análise.

Em atendimento ao Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Projeto Básico Ambiental da UHE Teles Pires, que tem dentre seus objetivos “o monitoramento da deposição de sedimentos no reservatório por meio de seções topobatimétricas”, e em atendimento à condicionante 2.12 da Licença de Operação nº 1272/2014 (IBAMA, 2014), que recomenda à realização do primeiro levantamento das seções topobatimétricas após o enchimento do reservatório, neste relatório é também apresentado o resultado do levantamento batimétrico realizado em outubro de 2015, período pós-enchimento do reservatório.

### 3. REDE HIDROLÓGICA

No segundo semestre de 2015 a Agência Nacional de Águas (ANA) encaminhou a aprovação do “Relatório de Instalação das Estações Hidrométricas da UHE Teles Pires “ por meio do OFÍCIO N° 271/2015/ SGH-ANA, sendo que no respectivo OFÍCIO a ANA apresentou as alterações realizadas nas nomenclaturas das estações hidrométricas (**Quadro 1**) com o objetivo de harmoniza-las com as demais estações instaladas no âmbito da Resolução Conjunta ANA/ANEEL N° 03/2010. No presente relatório, as estações são apresentadas então de acordo com as novas nomenclaturas.

**Quadro 1.** Estações hidrométricas da UHE Teles Pires.

CÓDIGO	ESTAÇÃO	DENOMINAÇÃO ATUAL (ANA)	LATITUDE	LONGITUDE	RIO	TIPO
17384200 00956006	UHE Teles Pires (Jusante)	UHE Teles Pires Jusante	09° 20' 36.7"	-56° 46' 33.6"	TELES PIRES	PFDST
17383000 00956005	São Pedro do Paranaíta	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	09° 46' 22.5"	-56° 38' 41.7"	PARANAÍTA	PFDST
17382000 00956004	Cajueiro do Teles Pires	UHE Teles Pires Montante 1	09° 27' 11.9"	-56° 29' 35.1"	TELES PIRES	PFDST
17381100 00956003	Jusante Foz Peixoto de Azevedo	UHE Teles Pires Montante 2	09° 38' 26.5"	-56° 01'09.7"	TELES PIRES	PFDST
17384000 -	UHE Teles Pires Barramento	UHE Teles Pires Barramento	09°21'04.0"	-56'46'39.0"	TELES PIRES	L

Legenda do Tipo de Monitoramento: L – Limnimétrica; P – Pluviométrica; F – Fluviométrica (Nível); D – Medição de Descarga Líquida; S – Medição de Descarga Sólida; T – Estação com Transmissão Remota de Dados (Telemetria).

### 4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização das atividades referentes a este Programa Ambiental já foi amplamente detalhada nos relatórios semestrais anteriores. Como não houve alteração em nenhum aspecto metodológico entende-se que não há necessidade de reapresenta-la no presente relatório, mantendo o foco deste nos resultados alcançados e discussões técnicas pertinentes.

Com relação ao levantamento batimétrico, por ser uma atividade recente, apresenta-se abaixo os detalhes metodológicos de sua execução.

#### 4.1. Topobatimetria

As medições de topobatimetria da UHE Teles Pires foram realizadas com o ecobatímetro de alta frequência CV-100 Dual-Chanel 100-200KHZ (**Figura 1**), que é uma tecnologia de última geração e ótimo desempenho, capacitado a medir profundidades de 20 cm até 300 m, e de alta portabilidade, pesando apenas 5 kg. Os sinais acústicos por sua vez são medidos pelo transdutor Odom modelo OTSBB20 (**Figura 2**), com frequência de funcionamento de 200 KHZ e peso de 1 kg. Por sua vez, o sistema posicionamento utilizado é o receptor GPS de alto

desempenho, modelo GTR – G2 (**Figura 3**), desenvolvido tanto para aplicações de base fixa quanto móvel.



**Figura 1.** Ecobatímetro CV-100 Dual Chanel.



**Figura 2.** Transdutor Odom OTSBB20.



Figura 3. GPS, modelo GTR-R<sup>2</sup>.

Os dados provenientes dos sistemas, ecobatímetro CV-100 e pelo GPS GTR – G2 são combinados através do uso do software qinsky, sistema multifeixe de controle, coleta e processamento de dados hidrográficos, produzindo no fim um único arquivo de saída com os dados de profundidade, proveniente do ecobatímetro e dados de posicionamento, provenientes do GPS. Durante o processo de aquisição dos dados ambos os sistemas são conectados a um notebook, equipado com o software qinsky. A alimentação dos instrumentos é realizada por uma bateria de 12A, no caso do sistema GPS, enquanto que o ecobatímetro utiliza duas baterias de 12A, conectadas em paralelo, totalizando 24 A.

#### 4.1.2. Levantamento de Campo

Para se estimar o número de seções batimétricas são utilizadas duas relações empíricas, sendo a primeira do manual técnico do software RESSASS (RESSASS, 2001), a qual sugere uma relação entre o número total de seções e a área de alagamento do reservatório (**Equação 1**):

$$N = 14,3 * A^{0,29} \quad (1)$$

Em que: (i) N é o número de seções topobatimétricas; e (ii) A é a área de alagamento na cota de operação em km<sup>2</sup>.

O manual do RESSASS (2001) também recomenda a utilização de seções adicionais quando o reservatório tiver topografia complexa e um grande número de tributários. Para um reservatório típico, também se pode utilizar um espaçamento de quinhentos metros entre as seções.

A segunda fórmula é dada por Morris & Fan (1997 apud Santos et al., 2001), os quais também sugerem uma relação entre o número de seções topobatimétricas que devem ser

utilizadas (**Equação 2**) e a área alagada com base em levantamentos feitos em 57 reservatórios pequenos.

$$N = 2,942 * A^{0,3652} \quad (2)$$

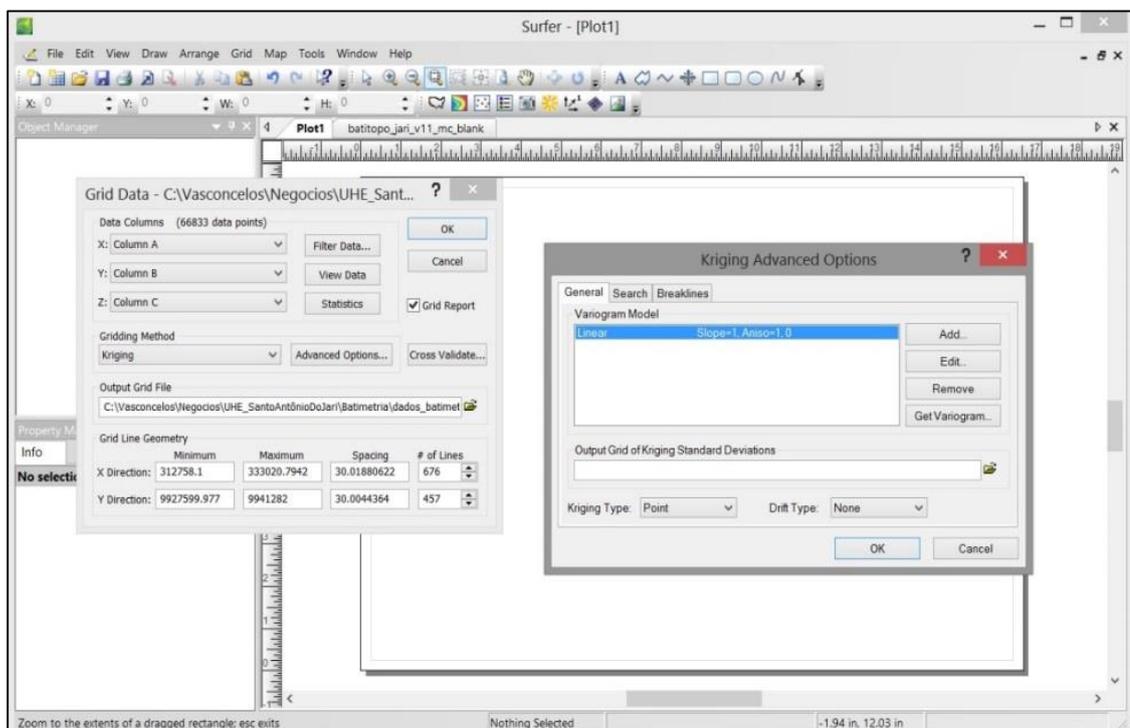
Em que: (i) N é o número de seções topobatimétricas; e (ii) A é a área de alagamento na cota de operação em ha.

#### 4.1.3. Processamento dos Dados

O processamento dos dados é a fase de maior investimento de tempo dentro de um levantamento batimétrico, indo desde a conversão dos dados brutos do batímetro, até o preparo das seções medidas finais sem dados inconsistentes.

Os dados brutos no formato do ecobatímetro incluem todas as medidas feitas com o equipamento, o que pode incluir medidas com dados de GPS com qualidade ruim, as quais precisam ser removidas, e eventuais problemas com a própria profundidade medida, a qual pode em alguns casos aparecer como nula quando o sensor perde a sincronização com o *datalogger*. Todas as medidas espúrias são removidas manualmente, e requerem atenção.

Com relação a interpolação de dados, a **VERACRUZ** vem utilizando vários *softwares* de interpolação de dados batimétricos, sendo que os resultados mais promissores são obtidos com o uso do método de interpolação Kriging do *software Surfer*. Na **Figura 4** é mostrado o *software Surfer* em uso para criação da interpolação de dados.



**Figura 4.** Interface gráfica do *software SURFER* utilizado na interpolação de dados batimétricos.

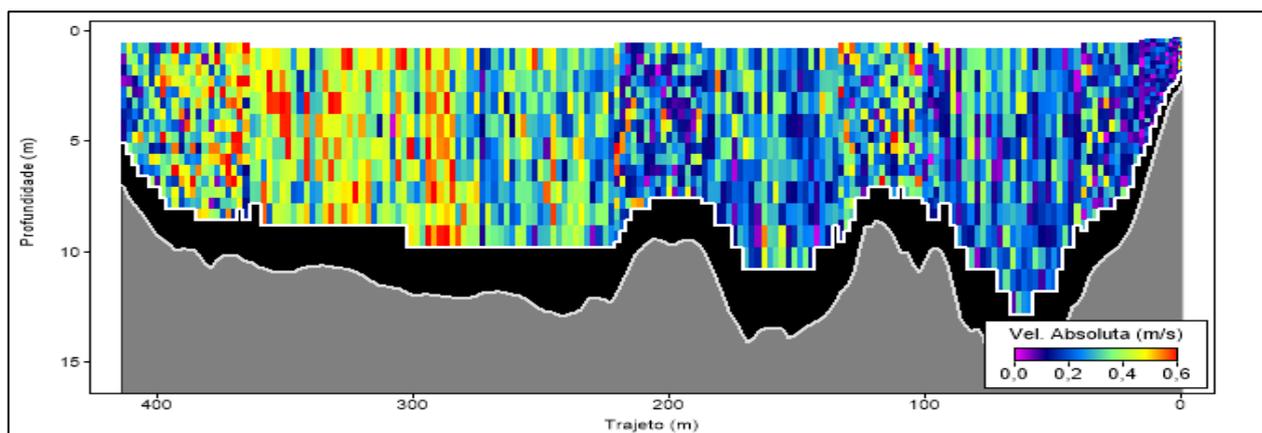
## 5. RESULTADOS

### 5.1. Medições de Vazão e Descargas Sólidas

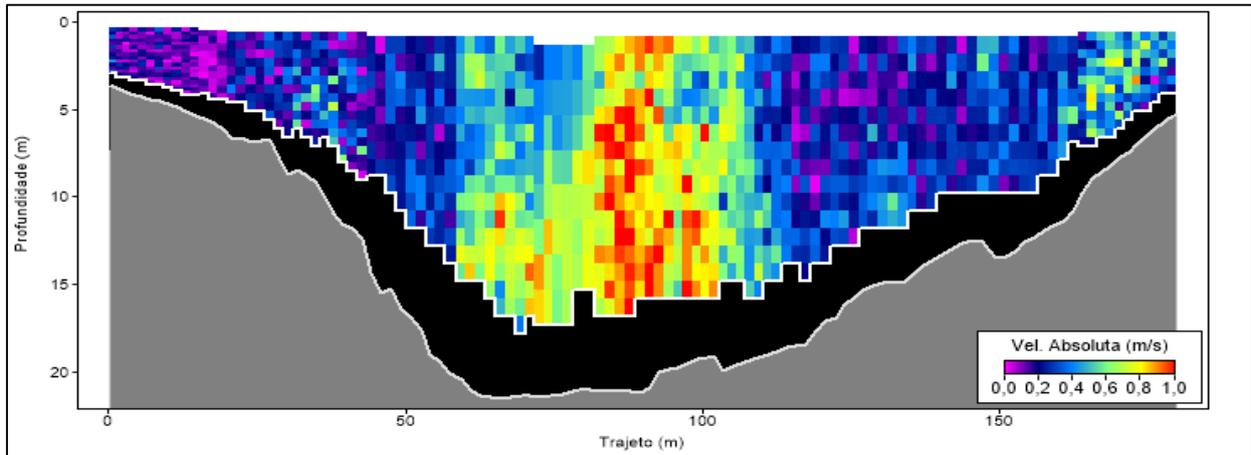
Os principais resultados das medições de vazão realizadas durante as campanhas de campo de outubro e julho de 2015 são apresentados na **Tabela 1**. As **Figuras 5 a 12** apresentam as seções das medições de vazão que foram feitas utilizando o ADCP e são apresentadas em um esquema falsa cor, ilustrando a variação da velocidade da água em cada transecto. Os detalhes das medições de vazão são apresentados no **ANEXO 2**.

**Tabela 1.** Resumo das medições de hidrometria realizadas em julho e outubro de 2015 nas estações hidrométricas da UHE Teles Pires.

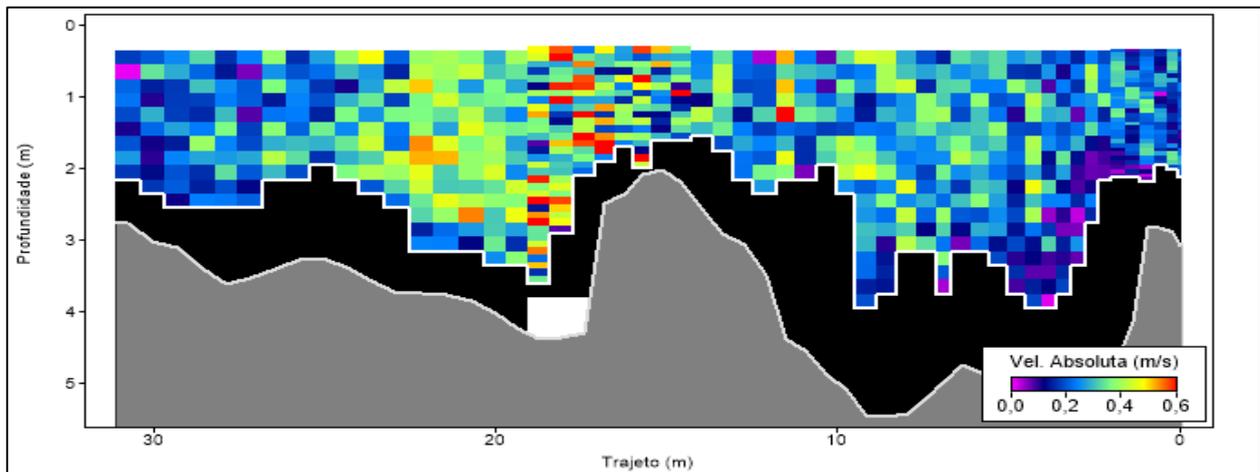
Estação	Data e Horário do Início da Medição	Área da Seção (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
UHE Teles Pires Montante 1	14/07/2015 – 15:10 h	4.603,543 ± 100,205	420,255 ± 13,271	0,237 ± 0,008	1.089,616 ± 34,505
UHE Teles Pires Jusante	27/07/2015 - 11:47 h	2.511,920 ± 61,044	202,325 ± 1,086	0,369 ± 0,012	925,797 ± 17,948
UHE Teles Pires Rio Paranaíta	13/07/2015 - 14:08 h	140,766 ± 1,994	43,992 ± 0,751	0,205 ± 0,004	28,824 ± 0,460
UHE Teles Pires Montante 2	29/07/2015 - 14:37 h	2.167,469 ± 7,096	393,171 ± 2,007	0,369 ± 0,002	799,872 ± 1,208
UHE Teles Pires Montante 1	20/10/2015 – 10:59 h	3.806,602 ± 110,428	356,213 ± 1,736	0,170 ± 0,004	648,498 ± 3,956
UHE Teles Pires Jusante	23/10/2015 - 11:49 h	3.671,645 ± 79,185	191,494 ± 0,264	0,200 ± 0,007	734,743 ± 15,522
UHE Teles Pires Rio Paranaíta	21/10/2015 - 11:11 h	228,923 ± 2,910	41,446 ± 0,533	0,022 ± 0,005	5,074 ± 1,064
UHE Teles Pires Montante 2	24/10/2015 - 11:36 h	2.189,729 ± 178,555	384,555 ± 0,554	0,278 ± 0,007	609,867 ± 64,399



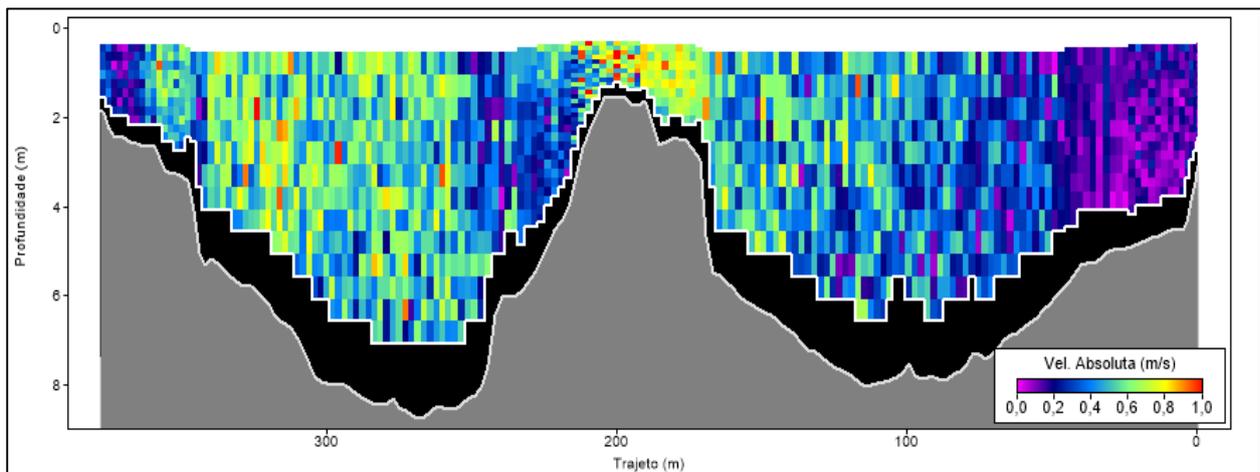
**Figura 5.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 14 de julho de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 1. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam velocidades maiores, enquanto que cores frias (tons de azul) indicam velocidades de corrente menores para a velocidade da água (veja legenda junto a figura). A parte preta indica um descarte da medição de velocidade da água próximo ao leito devido às incertezas referentes a alta reflexão do sinal *doppler* pela matéria orgânica, vegetação e transporte de sedimentos de arrasto. Nessa área a velocidade da água é interpolada exponencialmente conferindo um melhor resultado. O limite branco junto à área cinza indica o leito do rio.



**Figura 6.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 27 de julho de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Jusante. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.

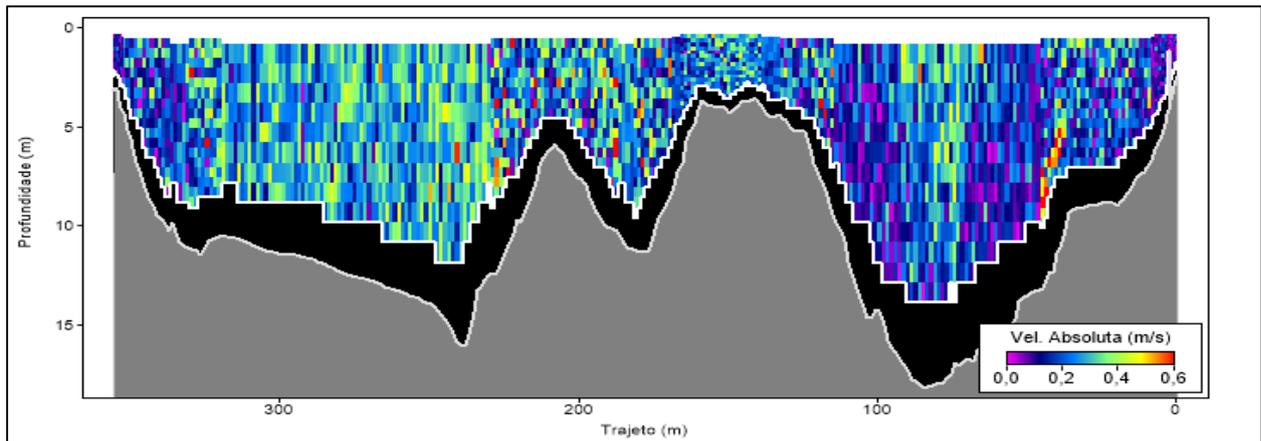


**Figura 7.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 13 de julho de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.

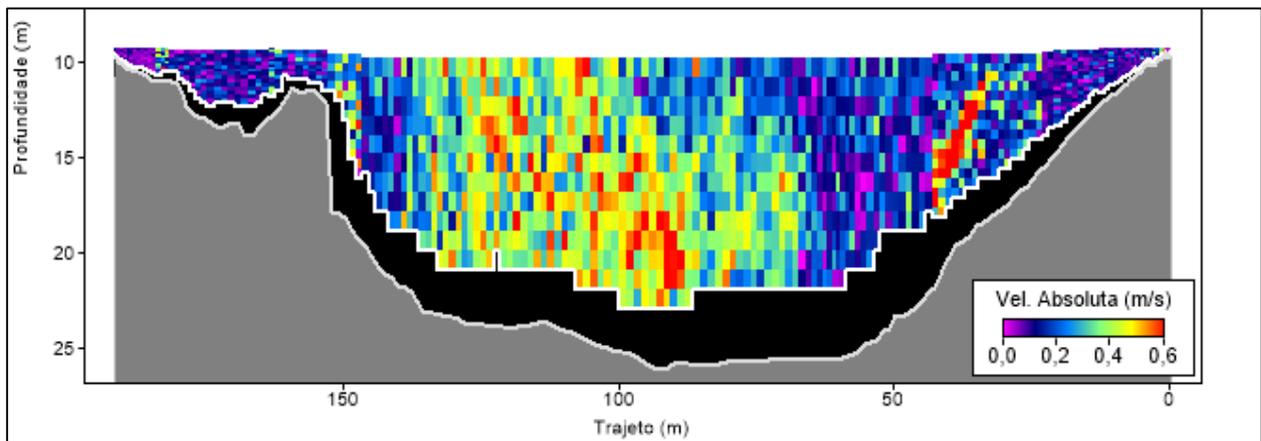


**Figura 8.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 29 de julho de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 2. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.

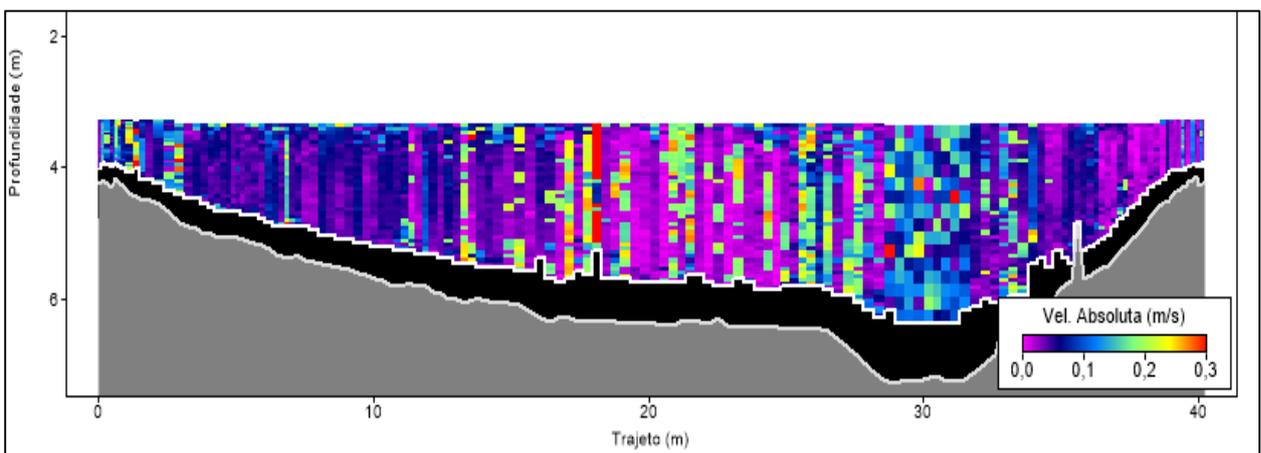
P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico



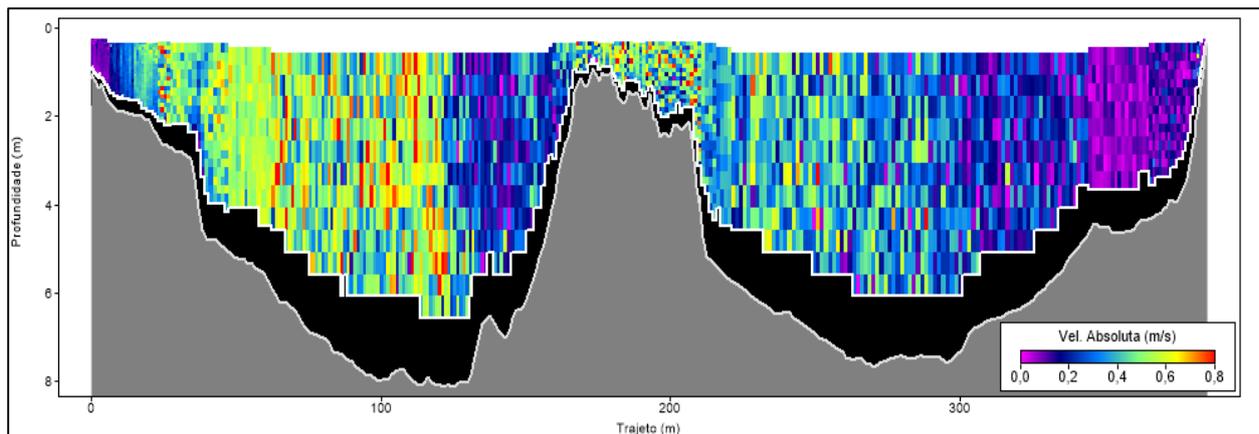
**Figura 9.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 20 de outubro de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 1. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.



**Figura 10.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 23 de outubro de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Jusante. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.



**Figura 11.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 21 de outubro de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.



**Figura 12.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 24 de outubro de 2015, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 2. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 5**.

Juntamente com as medições de vazão também foram coletadas as amostras de sedimentos em suspensão e de leito. Nas **Tabelas 2 e 3** são apresentadas as concentrações dos materiais em suspensão e as granulométricas dos materiais de suspensão e leito referentes as amostras coletadas em julho e outubro de 2015. Os detalhes das análises de sedimentos são apresentados no **ANEXO 3**.

**Tabela 2.** Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em julho de 2015 nas estações hidrométricas da UHE Teles Pires. Na última linha são mostradas as concentrações dos sedimentos em suspensão.

		UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Montante 2
<b>LEITO</b>	D10 (mm)	0,078	0,152	0,082	0,283
	D30 (mm)	0,128	0,232	0,134	0,381
	D35 (mm)	0,146	0,252	0,146	0,406
	D50 (mm)	0,200	0,314	0,182	0,479
	D60 (mm)	0,236	0,355	0,206	0,602
	D65 (mm)	0,301	0,375	0,218	0,690
	D75 (mm)	1,042	0,416	0,243	0,866
	D90 (mm)	1,618	0,478	0,403	1,597
	Cascalho (%)	0,00	0,04	0,00	4,99
	Areia Grossa (%)	26,21	0,19	1,11	12,42
Areia Média (%)	9,95	65,23	20,88	79,31	
Areia Fina (%)	60,16	34,19	75,71	3,27	
Silte + Argila (%)	3,68	0,35	2,30	0,01	
<b>SUSPENSÃO</b>	Areia (%)	1,8	0,9	15,0	0,0
	Silte (%)	28,7	35,8	39,1	30,3
	Argila (%)	69,5	63,3	45,9	69,7
	Concentração (ppm)	8,56	8,21	9,15	8,54

**Tabela 3.** Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em outubro de 2015.

		UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Rio Paranaíba	UHE Teles Pires Montante 2
LEITO	D10 (mm)	0,225	0,411	0,083	0,225
	D30 (mm)	0,346	0,689	0,138	0,346
	D35 (mm)	0,373	0,749	0,149	0,373
	D50 (mm)	0,455	0,932	0,182	0,455
	D60 (mm)	0,532	1,102	0,204	0,532
	D65 (mm)	0,626	1,219	0,215	0,626
	D75 (mm)	0,815	1,452	0,237	0,814
	D90 (mm)	1,452	1,803	0,375	1,448
	Cascalho (%)	3,72	1,55	0,00	3,67
	Areia Grossa (%)	11,45	42,80	0,22	11,46
	Areia Média (%)	72,47	53,70	18,72	72,52
	Areia Fina (%)	12,24	1,84	78,28	12,52
	Silte + Argila (%)	0,11	0,10	2,78	0,09
SUSPENSÃO	Areia (%)	30,5	20,3	23,6	27,3
	Silte (%)	41,1	40,2	38,6	46,3
	Argila (%)	28,4	39,5	37,8	26,5
	Concentração (ppm)	12,04	9,56	15,32	13,38

Os principais resultados de descargas líquidas e descargas sólidas em suspensão e totais referentes as coletas de campo realizadas de setembro de 2012 a outubro de 2015 nas estações Montante 1, Jusante, Rio Paranaíba e Montante 2 são apresentados na **Tabela 4** e nas **Figuras 13 a 16**.

**Tabela 4.** Descargas líquidas e sólidas das campanhas realizadas nas estações hidrométricas da UHE Teles Pires. As descargas sólidas totais apresentadas foram calculadas pelo método de Colby (1957).

Mês	Medida	UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Rio Paranaíba	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Montante 2
Set/12	Q (m <sup>3</sup> /s)	340,5 ± 3,9	1,63 ± 0,04	551,3 ± 15,2	641,8 ± 9,1
	Qss (t/dia)	109	1,03	197	307
	Qst (t/dia)	145	1,05	336	788
Out/12	Q (m <sup>3</sup> /s)	818,783 ± 18,946	27,687 ± 0,304	902,706 ± 17,321	788,338 ± 14,839
	Qss (t/dia)	1.050	56	678	1.249
	Qst (t/dia)	1.249	75	803	1.580
Jan/13	Q (m <sup>3</sup> /s)	3.206,6 ± 20,0	148,5 ± 3,2	*	3.279,6 ± 14,13
	Qss (t/dia)	6.228	339	*	8.387
	Qst (t/dia)	8.793	421	*	12.284
Abr/13	Q (m <sup>3</sup> /s)	4.705,125 ± 104,080	212,877 ± 4,641	4.793,620 ± 104,720	4.394,864 ± 17,424
	Qss (t/dia)	7.769	389	8.519	8.380
	Qst (t/dia)	11.203	400	12.158	13.240

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Mês	Medida	UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Montante 2
Jul/13	Q (m <sup>3</sup> /s)	1.004,113 ± 17,523	28,206 ± 0,618	1.132,209 ± 38,346	1.036,586 ± 16,477
	Qss (t/dia)	1.622	56	2.011	1.759
	Qst (t/dia)	1.971	66	2.043	1.866
out/13	Q (m <sup>3</sup> /s)	689,636 ± 11,521	10,881 ± 0,104	837,621 ± 88,697	959,259 ± 10,221
	Qss (t/dia)	1.078	36	1.280	1.780
	Qst (t/dia)	1.251	38	1.732	2.643
Fev/14	Q (m <sup>3</sup> /s)	4.684,2±5,8	110,6±2,6	4.749,7±81,7	4.746,6±52,8
	Qss (t/dia)	7.985	171	8.027	8.164
	Qst (t/dia)	14.987	268	15.962	17.057
**Mar/14	Q (m <sup>3</sup> /s)	7.928,674±19,054	-	-	6.939,594±47,935
	Qss (t/dia)	-	-	-	-
	Qst (t/dia)	-	-	-	-
Abr/14	Q (m <sup>3</sup> /s)	5.035,186±75,456	211,807±6,603	***3.694,475±109,725	4.502,212±30,415
	Qss (t/dia)	6.373	222	6.809	6.788
	Qst (t/dia)	12.160	453	12.406	13.876
Jul/14	Q (m <sup>3</sup> /s)	990,651 ± 7,284	19,539 ± 0,252	979,404 ± 34,193	927,119 ± 10,730
	Qss (t/dia)	1.431	16	1.774	1.266
	Qst (t/dia)	1.846	19	2.268	1.905
Out/14	Q (m <sup>3</sup> /s)	614,435 ± 2,915	4,687 ± 0,097	891,032 ± 122,39	525,027 ± 7,942
	Qss (t/dia)	659	7,026	1.037	581
	Qst (t/dia)	754	7,302	1.442	772
Jan/15	Q (m <sup>3</sup> /s)	2.350,922 ± 9,398	94,552 ± 1,143	3.138,790 ± 47,006	3.072,308 ± 15,671
	Qss (t/dia)	4.137	177	3.195	5.916
	Qst (t/dia)	6.231	245	6.784	7.380
Abr/15	Q (m <sup>3</sup> /s)	4.102,430 ± 101,440	113,732 ± 1,733	4.321,632 ± 133,352	3.573,947 ± 11,782
	Qss (t/dia)	5.161	155	4.615	4.845
	Qst (t/dia)	9.324	257	9.702	9.648
Jul/15	Q (m <sup>3</sup> /s)	1.089,616 ± 34,505	28,824 ± 0,460	925,797 ± 17,948	799,872 ± 1,208
	Qss (t/dia)	1.133	23	657	590
	Qst (t/dia)	1383	30	952	964
Out/15	Q (m <sup>3</sup> /s)	648,498 ± 3,956	5,074 ± 1,064	734,743 ± 15,522	609,867 ± 64,399
	Qss (t/dia)	675	6,72	607	705
	Qst (t/dia)	780	6,82	798	947

\*Na campanha de janeiro de 2013 não foi possível realizar medições de vazão na estação UHE Teles Pires devido a enchente com alta vazão concentrada no trecho do Rio Teles Pires onde as seções são realizadas, o que impôs uma alta velocidade a água e gerou risco na realização da medição.

\*\*Medições de vazão adicionais, devido a cheia extraordinária ocorrida na região da UHE Teles Pires durante o mês de março de 2014.

\*\*\*Na estação UHE Teles Pires Jusante, durante a campanha de abril de 2014, ocorreu um problema técnico com o equipamento de medição (ADCP), sendo que a medição teve que ser adiada para o dia 08 de maio de 2014.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

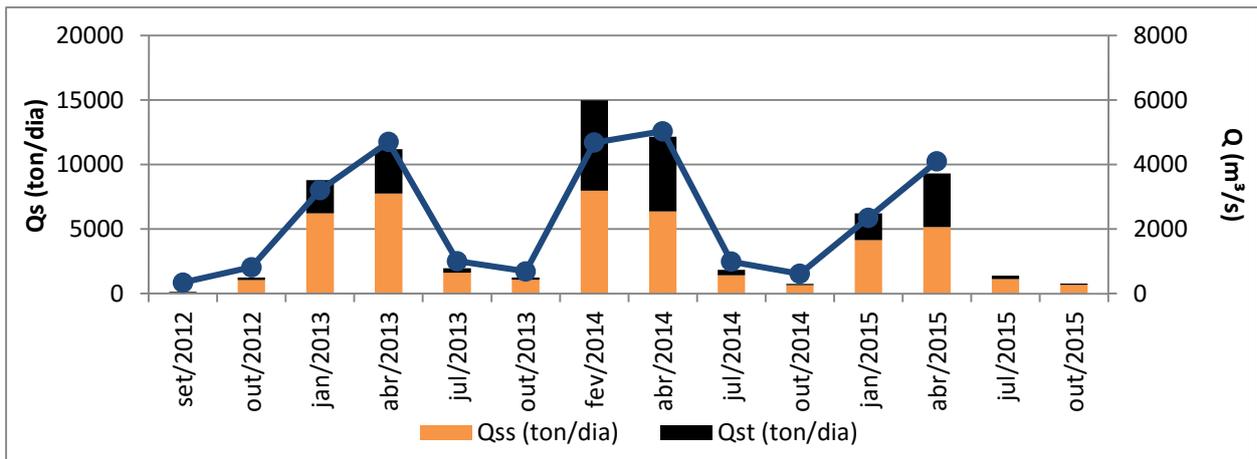


Figura 13. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Montante 1 nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e outubro de 2015.

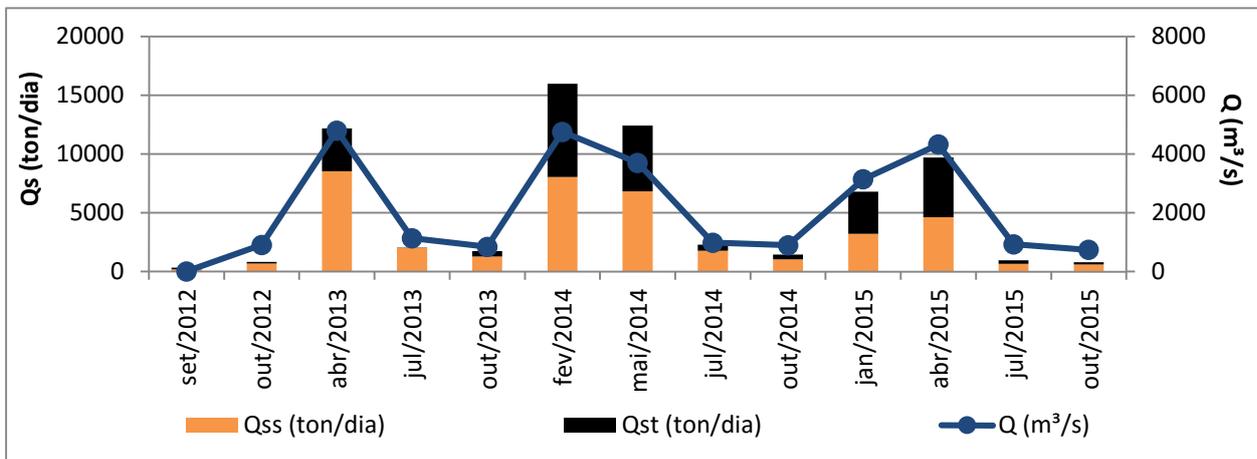


Figura 14. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Jusante nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e outubro de 2015.

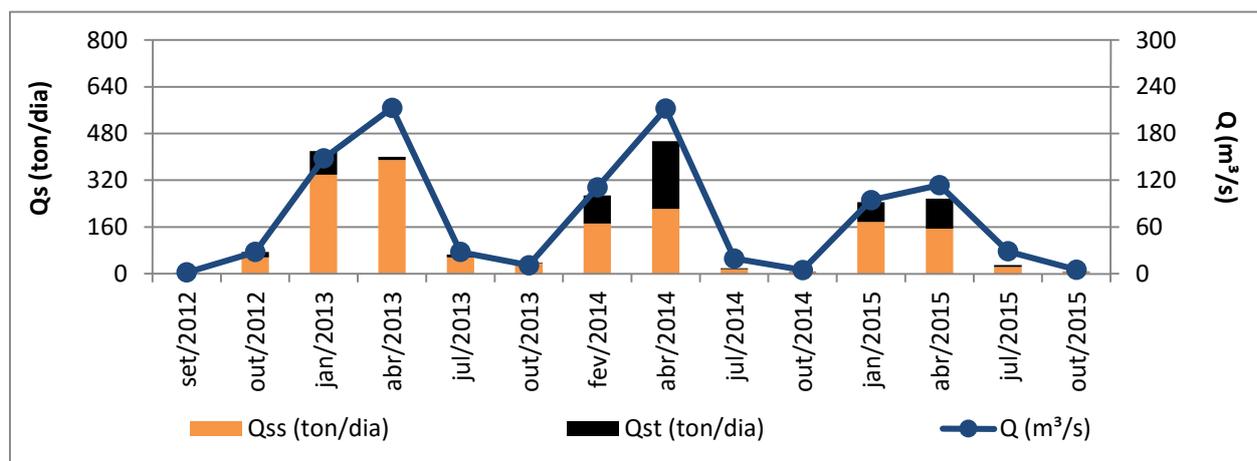


Figura 15. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e outubro de 2015.

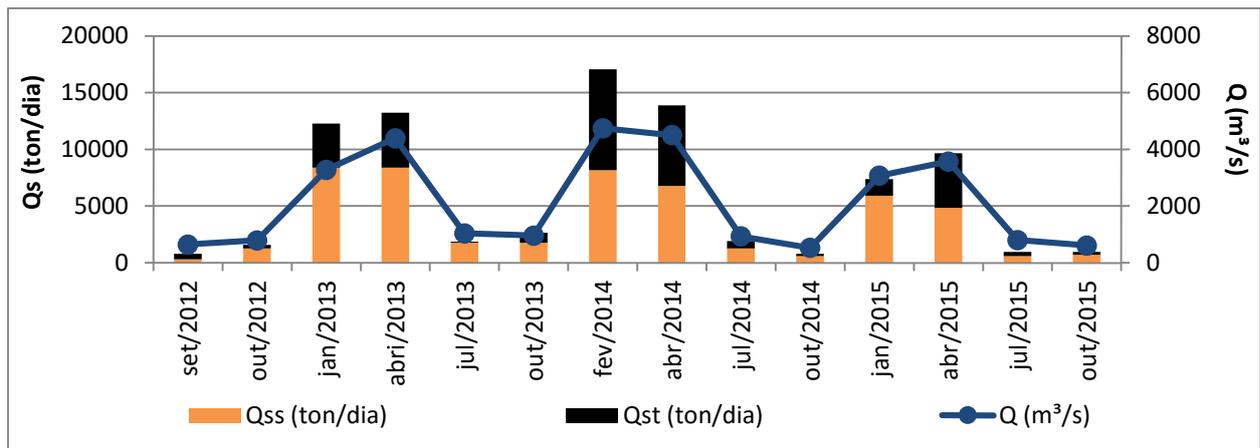


Figura 16. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Montante 2 nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e outubro de 2015.

Os rios Teles Pires e Paranaíta apresentaram baixas concentrações de sedimentos em suspensão, sendo que nas campanhas de julho e outubro de 2015 a granulometria predominantemente nos rios foi de silte e argila. Quanto à análise granulométrica do sedimento de fundo, o rios apresentaram leitos com predominância de areia média e fina. Os valores referentes às descargas sólidas das estações variaram conforme a oscilação das vazões dos rios Teles Pires e Paranaíta, com os maiores valores observados entre os meses de janeiro a abril e os menores valores entre julho a outubro.

### 5.2. Atualização das Curvas-chave de Sedimento

A seguir são apresentadas as curvas-chave de sedimento atualizadas para as estações hidrométricas da UHE Teles Pires (Figuras 17 a 20). As curvas-chave preliminares traçadas para as estações apresentaram de uma forma geral um bom ajuste, sendo que o índice de determinação mínimo obtido foi de 0,8687 na estação Jusante e máximo de 0,9373 na estação Rio Paranaíta.

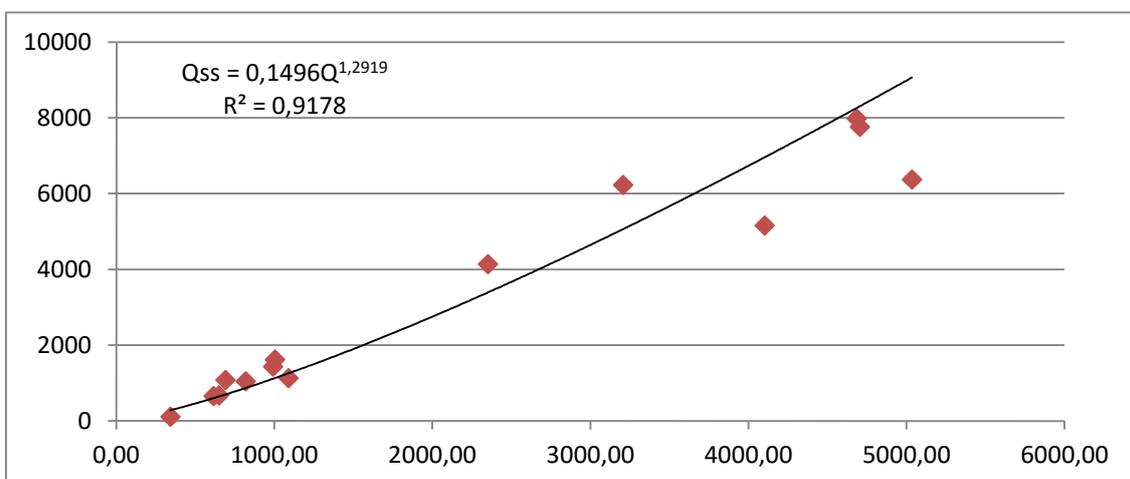


Figura 17. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Montante 1. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

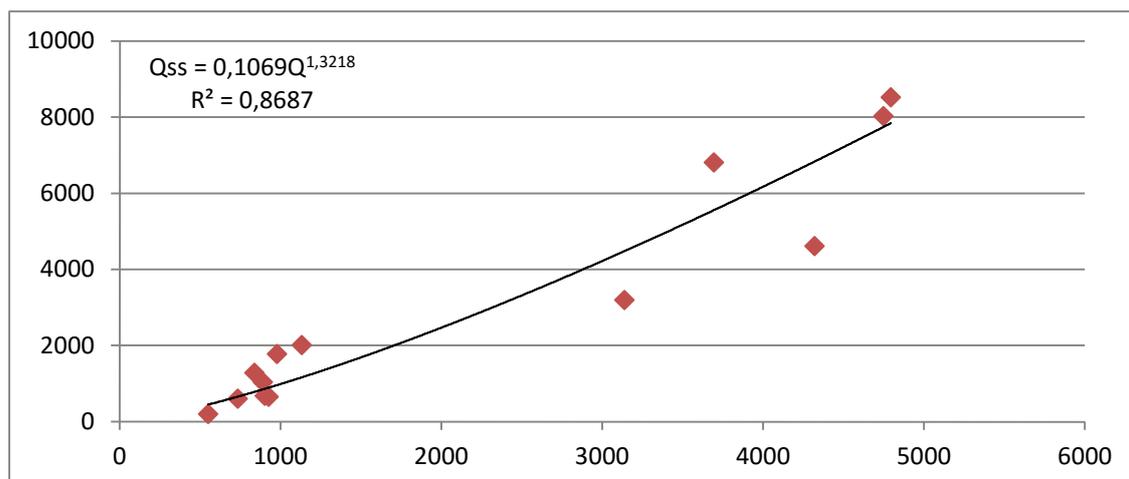


Figura 18. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Jusante. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

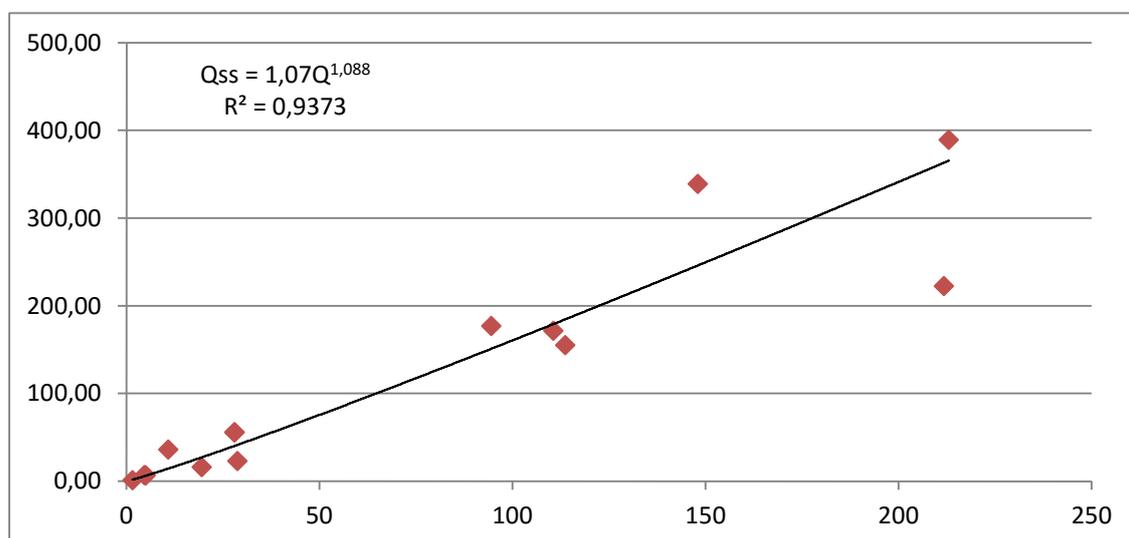


Figura 19. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

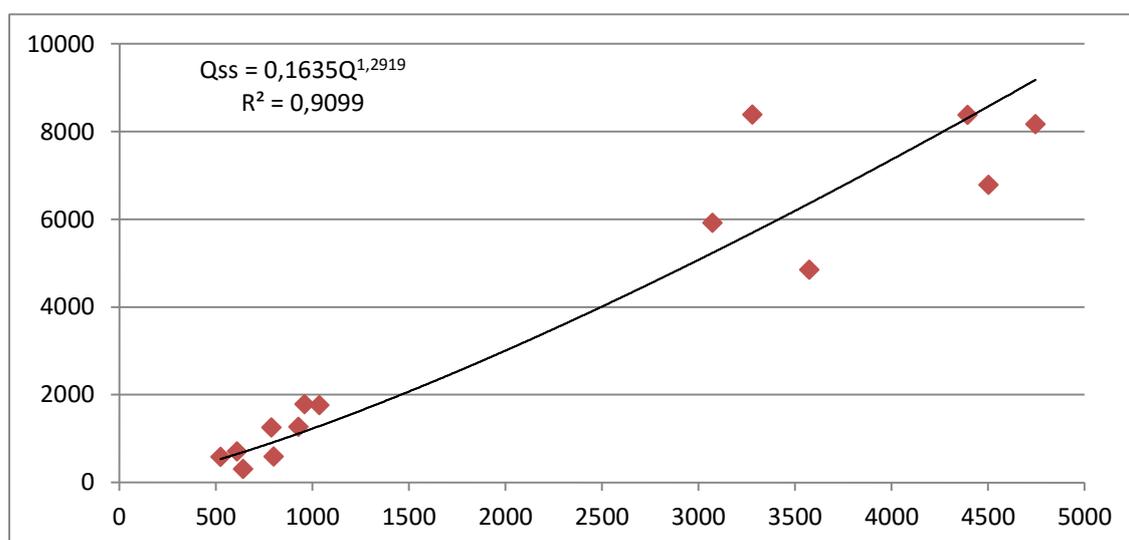


Figura 20. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Montante 2. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

### 5.3. Atualização das Curvas-chave de Vazão

A seguir são apresentadas as curvas-chave de vazão atualizadas para as estações hidrométricas UHE Teles Pires (**Figuras 21 a 24**). Para a estação UHE Teles Pires Montante 1 (**Figura 20**), com o reservatório foi observada a formação de remanso no local onde a estação encontra-se instalada, causando instabilidades hidráulicas, como por exemplo, valores altos de cotas para baixas velocidades da água. Essa condição inviabiliza a utilização da curva-chave de vazão, visto que somente com os dados de cota, não seria possível entender a totalidade da condição hidráulica na seção de monitoramento.

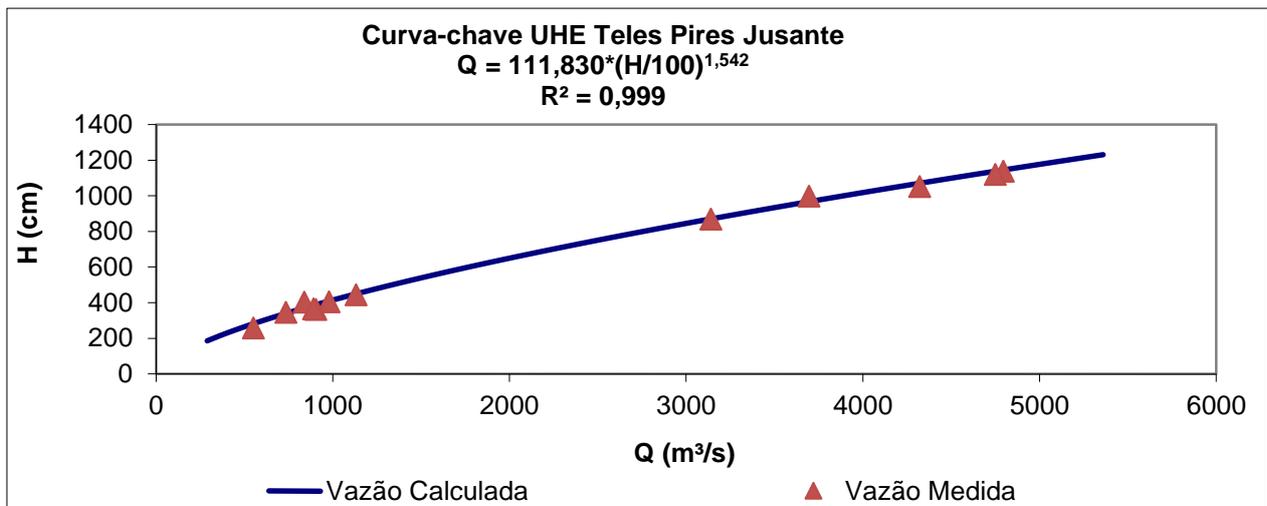


Figura 21. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Jusante.

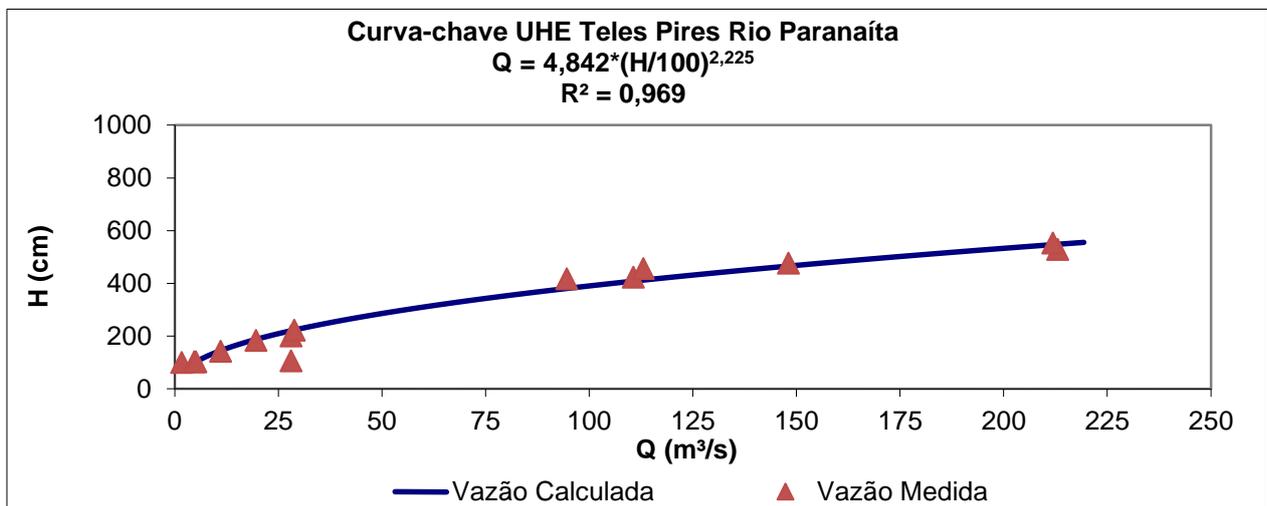


Figura 22. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

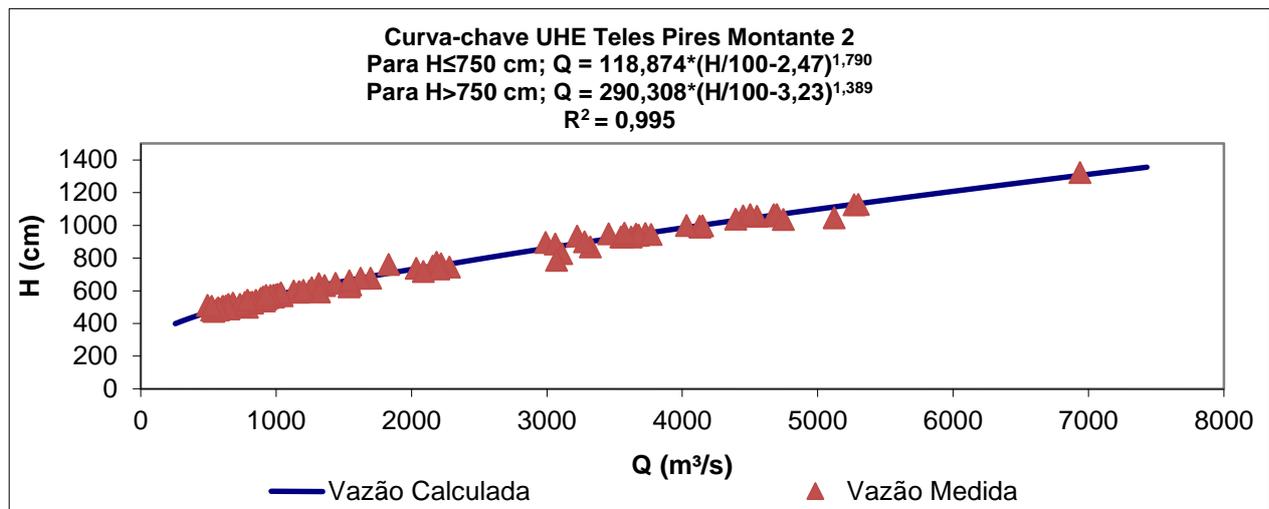


Figura 23. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Montante 2.

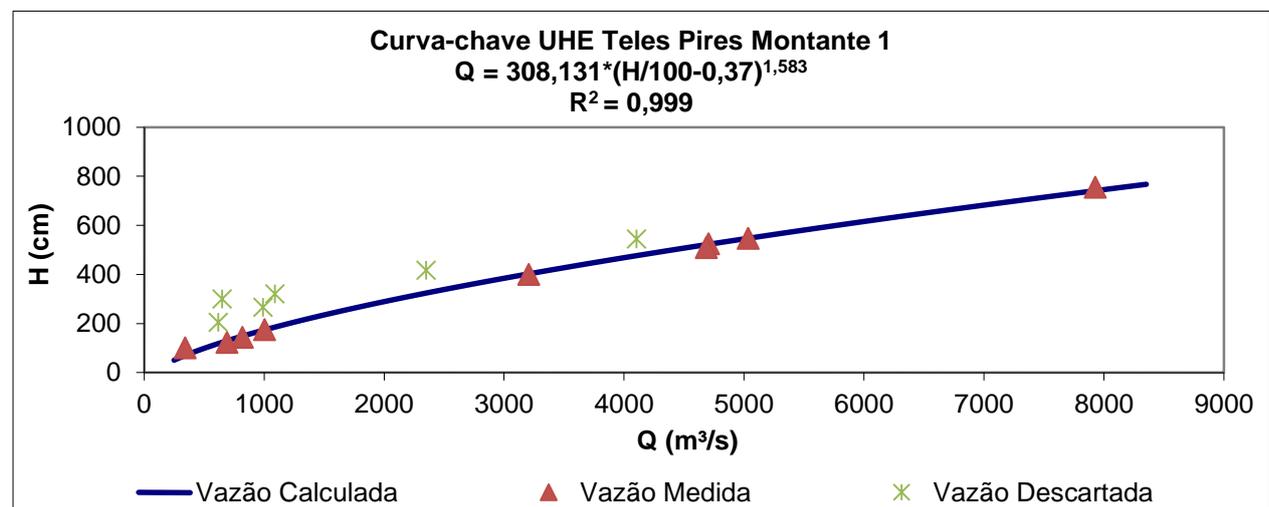


Figura 24. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Montante 1. Foram descartadas as últimas medições que se apresentaram fora do ajuste da curva-chave, com elevados desvios entre a vazão medida e a vazão calculada.

## 5.4. Medidas de Precipitação, Nível e Vazão

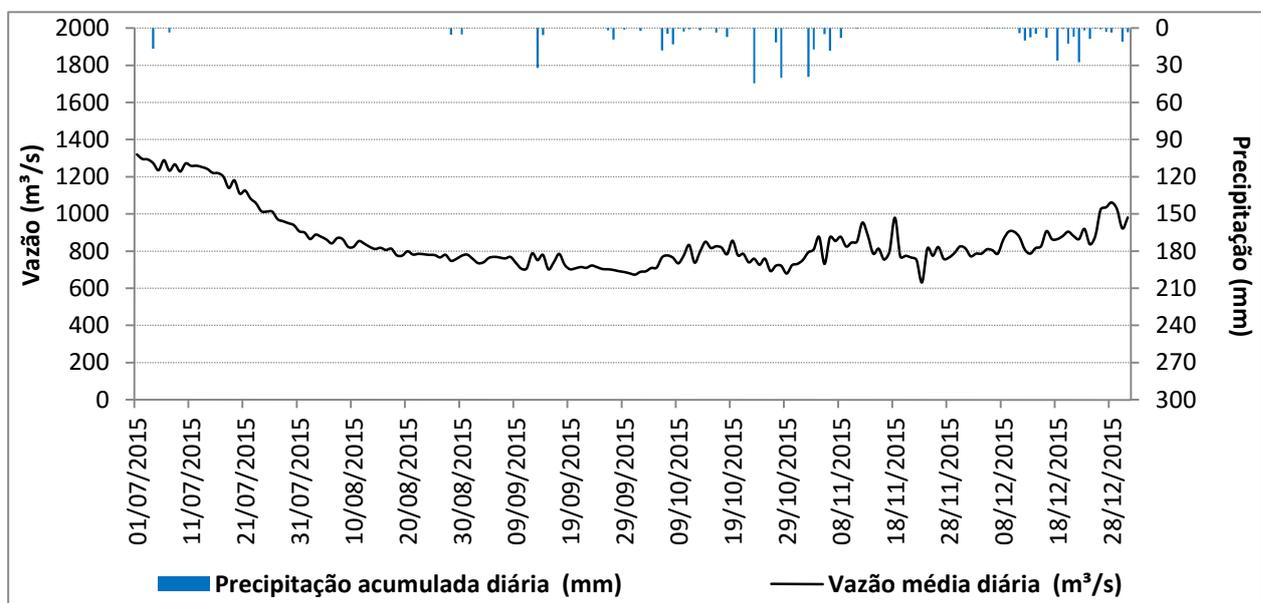
### 5.4.1. Estação UHE Teles Pires Jusante

A Figura 25 apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão ( $m^3/s$ ) média diária na estação UHE Teles Pires Jusante. Os detalhes com os dados diários da estação são apresentados no ANEXO 4.

No dia 01 de novembro de 2015 a sensor de nível da estação Jusante interrompeu a coleta de dados e, durante vistoria de campo, foi observado que devido a um fluxo de água contínuo percolando na encosta marginal, próximo ao local de instalação do sensor, ocorreu um acúmulo anormal de grande quantidade de sedimento acima do equipamento, o que possivelmente ocasionou a ruptura no cabo do sensor. Foram realizadas algumas tentativas de

desenterrar o sensor e providenciar o conserto do cabo, porém, devido a alta correnteza do rio e da grande quantidade de material carregado, não foi possível retirar o equipamento. Foi providenciada então a compra de um novo sensor de nível pelo empreendedor, bem como escolha de um novo local para instalação, que está prevista para o mês de fevereiro de 2016. Ressalta-se que a coleta de dados de precipitação vem ocorrendo normalmente. A vazão média diária na estação Jusante, após o dia 01 de novembro, foi estimada então a partir dos registros de vazão defluente da usina.

Na estação Jusante, durante o período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015, o mês de setembro foi o que apresentou a menor vazão média mensal, de 730 m<sup>3</sup>/s. Já o mês de julho apresentou a maior vazão média, de 1.155 m<sup>3</sup>/s. O mês de outubro foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 151,0 mm. Já o mês de agosto apresentou a menor taxa de precipitação, de apenas 10,6 mm.



**Figura 25.** Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m<sup>3</sup>/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Jusante no período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015.

#### 5.4.2. Estação UHE Teles Pires Montante 2

A **Figura 26** apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão (m<sup>3</sup>/s) média diária na estação UHE Teles Pires Montante 2. Durante o período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015, o mês de setembro foi o que apresentou a menor vazão média mensal, de 600 m<sup>3</sup>/s. Já o mês de julho apresentou a maior vazão média, de 1.028 m<sup>3</sup>/s. O mês de outubro foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 138,0mm. Já o mês de agosto apresentou a menor taxa de precipitação, de apenas 7,6 mm.

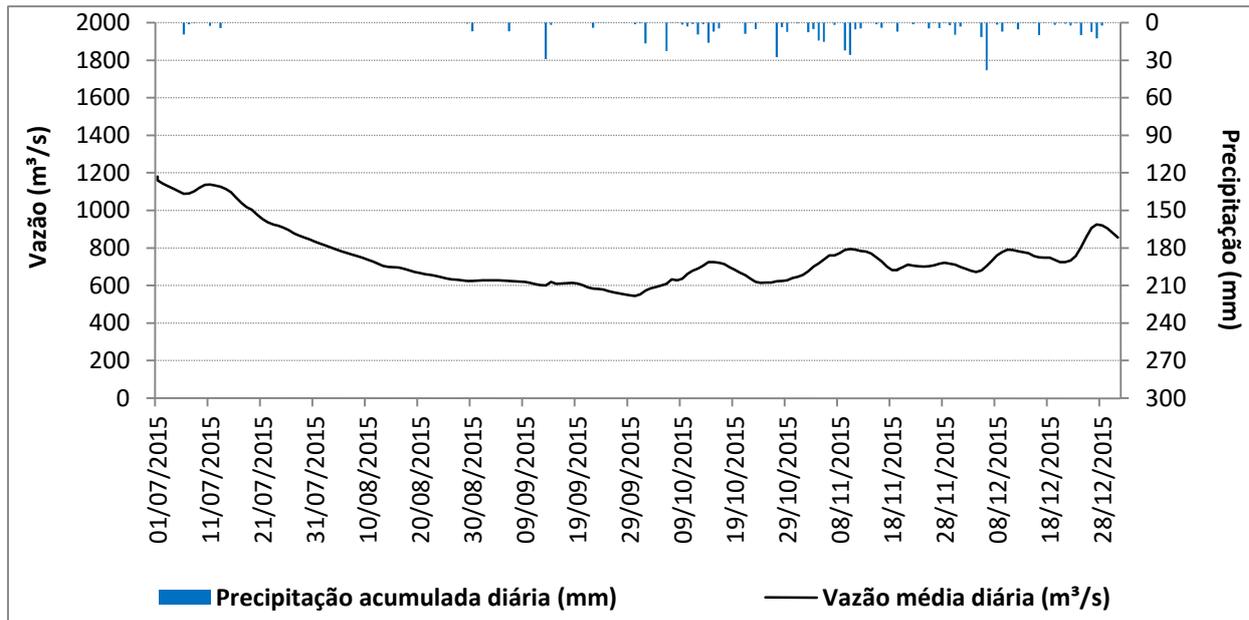


Figura 26. Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m³/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2 no período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015.

#### 5.4.3. Estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta

A Figura 27 apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão (m³/s) média diária na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

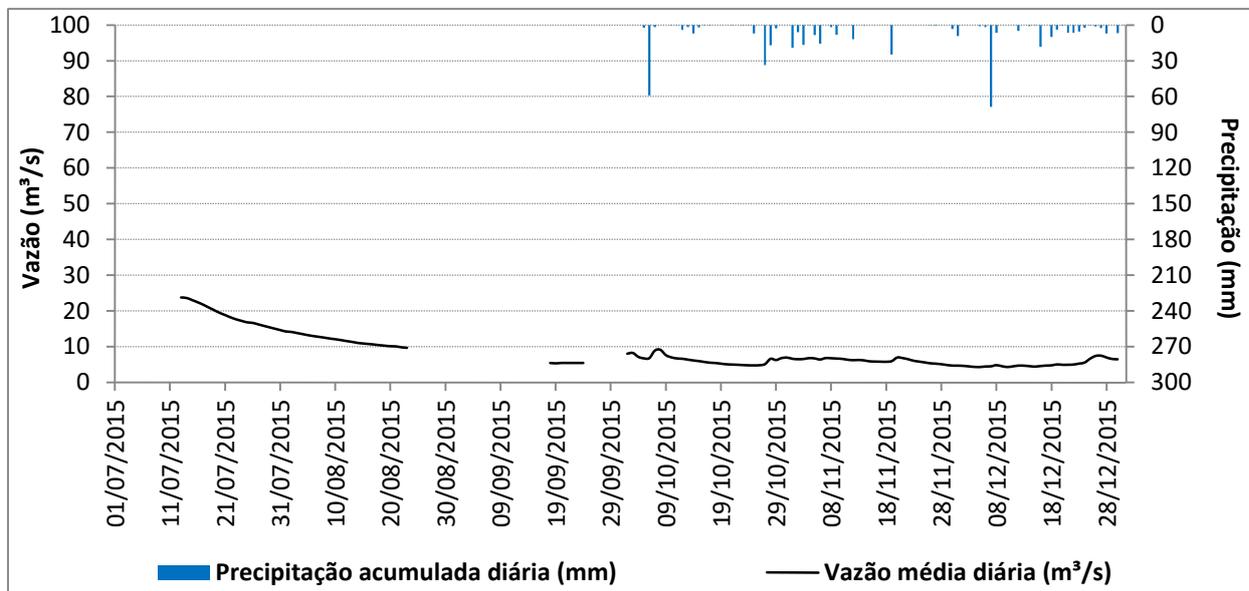


Figura 27. Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m³/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta no período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015. Entre os dias 01 e 12 de julho de 2015, 01 a 17 de setembro de 2015, e 24 de setembro a 01 de outubro de 2015 a estação apresentou falhas em seu funcionamento.

A estação Rio Paranaíta apresentou problemas técnicos e apesar das constantes manutenções realizadas em campo a estação continuou apresentando perda da carga da

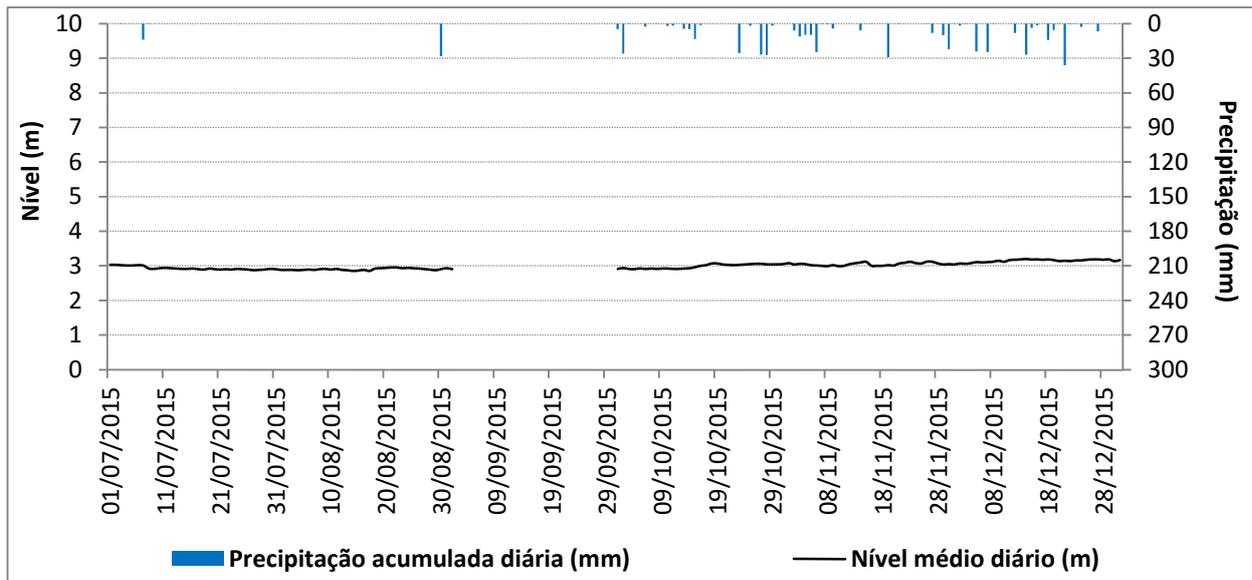
bateria principal, prejudicando o registro e transmissão dos dados de precipitação e nível. Para evitar que a estação continuasse a perder carga constantemente, foi alterado o sistema de recarga da bateria que alimenta o datalogger, com a instalação de um novo painel solar com maior capacidade de recarga. A instalação do novo painel em campo ocorreu no dia 02 de outubro e desde então a estação vem operando normalmente (**Figura 28**).



**Figura 28.** Estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta após instalação do novo painel solar em 02/10/2015.

#### 5.4.4. Estação UHE Teles Pires Montante 1

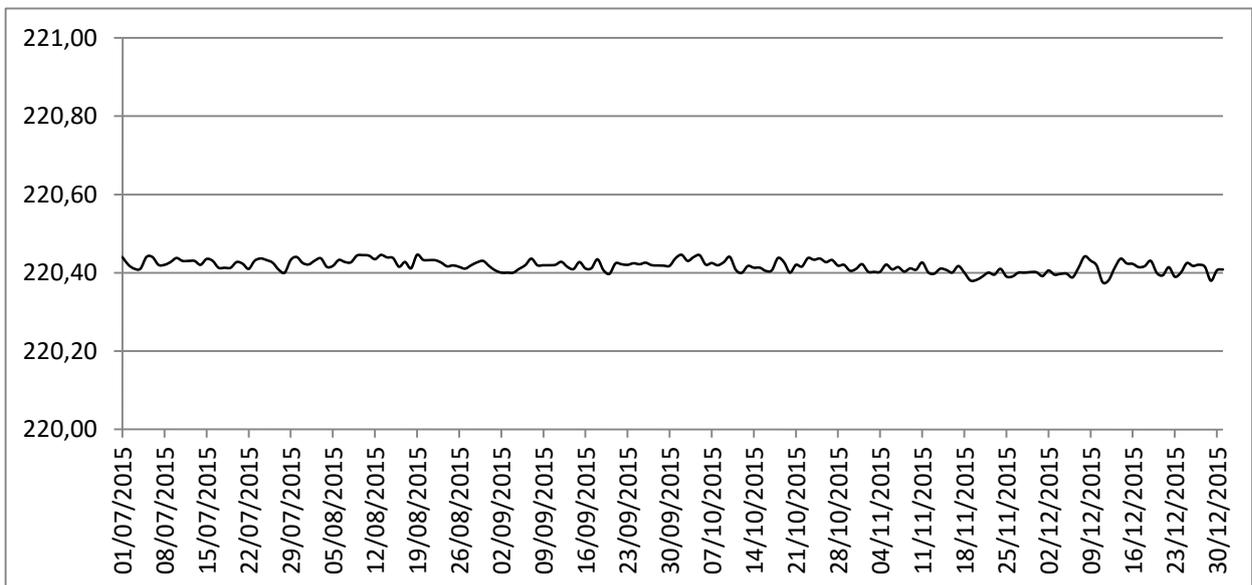
A **Figura 29** apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e o nível (m) médio diário na estação UHE Teles Pires Montante 1. Em decorrência da formação de remanso no local onde a estação encontra-se instalada, os dados são apresentados em nível. A partir de 01 de agosto a estação passou a interromper a coleta de dados de nível em alguns períodos do dia devido a queda da tensão da bateria que alimenta o sensor, e no dia 02 de setembro a estação interrompeu a coleta de dados de chuva e nível devido a queda da bateria principal que alimenta o *datalogger*. Foi providenciada então a compra de novas baterias que foram instaladas em campo no dia 30 de setembro, sendo que desde então, a estação vem operando normalmente. Para o mês de agosto em que a estação ainda registrou o nível em alguns intervalos do dia, foi possível estimar uma média diária.



**Figura 29.** Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio diário na estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 1 no período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2015.

#### 5.4.5. Estação UHE Teles Pires Barramento

A **Figura 30** apresenta os dados de cota (m) média diária no barramento da UHE Teles Pires durante o período de 01 julho a 31 dezembro de 2015.



**Figura 30.** Cota (m) média diária na estação UHE Teles Pires Barramento no período de 01 de julho a 31 dezembro de 2015.

Ressalta-se que para o período em que a estação UHE Teles Pires Paranaíta e UHE Teles Pires Montante 1 apresentou falhas no registro dos dados, pretende-se apresentar no “Relatório de Consistência Anual das Estações da UHE Teles Pires”, previsto para ser entregue em abril de 2016, o preenchimento de falhas dos dados pluviométricos e fluviométricos, que deve ser elaborado seguindo as metodologias indicadas pela Resolução Conjunta ANEEL/ANA Nº.03 de 10 de Agosto de 2010.

### 5.5. Levantamento Topobatimétrico

O levantamento topobatimétrico do reservatório da UHE Teles Pires foi realizado em oito dias de trabalho de campo com dois participantes. O período de trabalho em campo ocorreu entre os dias 10/10 e 17/10/2015. Considerando a área do reservatório da UHE Teles Pires (150 km<sup>2</sup>), estimou-se que o número ótimo de seções transversais de medidas fosse entre 61 e 98. A **Tabela 5** apresenta a vazão afluente do reservatório para cada dia durante o período de trabalho.

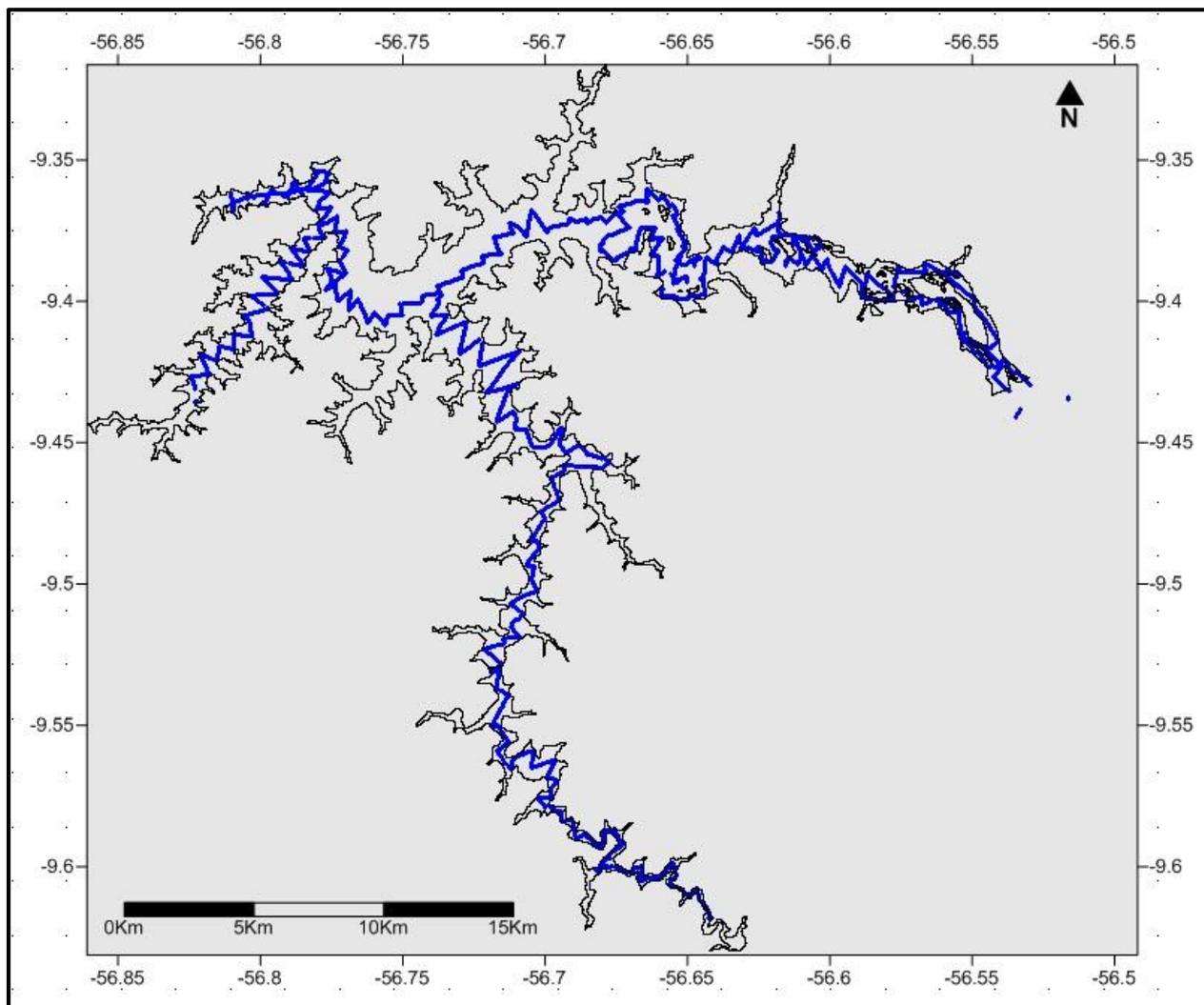
**Tabela 1:** Vazão afluente do reservatório UHE Teles Pires durante os dias do levantamento topobatimétrico.

	Data	Vazão Afluente (m <sup>3</sup> /s)
1	10/10/2015	818
2	11/10/2015	839
3	12/10/2015	852
4	13/10/2015	871
5	14/10/2015	894
6	15/10/2015	894
7	16/10/2015	889
8	17/10/2015	881

Os perfis transversais foram realizados aproximadamente a cada 1 km na porção maior do reservatório, e entre 500 metros a 1(um) quilômetro nas porções mais a montante da barragem e nos braços laterais, onde o mesmo é mais estreito. Nas porções onde o reservatório é mais estreito também foram realizados perfis diagonais, os quais complementam as informações de fundo nesses trechos, onde as variações longitudinais podem ser maiores. Os dados brutos são obtidos sempre em cota com relação ao Nível d'Água (NA).

Porções do reservatório com vegetação não foram amostradas devido a impossibilidade de navegação com o sensor dentro d'água. Alguns trechos muito rasos e com muitos obstáculos naturais também não foram amostrados devido a impossibilidade de navegação.

Na **Figura 31**, observa-se o trajeto realizado no reservatório da UHE Teles Pires no levantamento topobatimétrico, contemplando além do próprio rio Teles Pires, o rio Paranaíta e o córrego Oscar Miranda.



**Figura 31.** Reservatório da UHE Teles Pires. Em azul é apresentado o trajeto realizado durante as medições de topobatimetria.

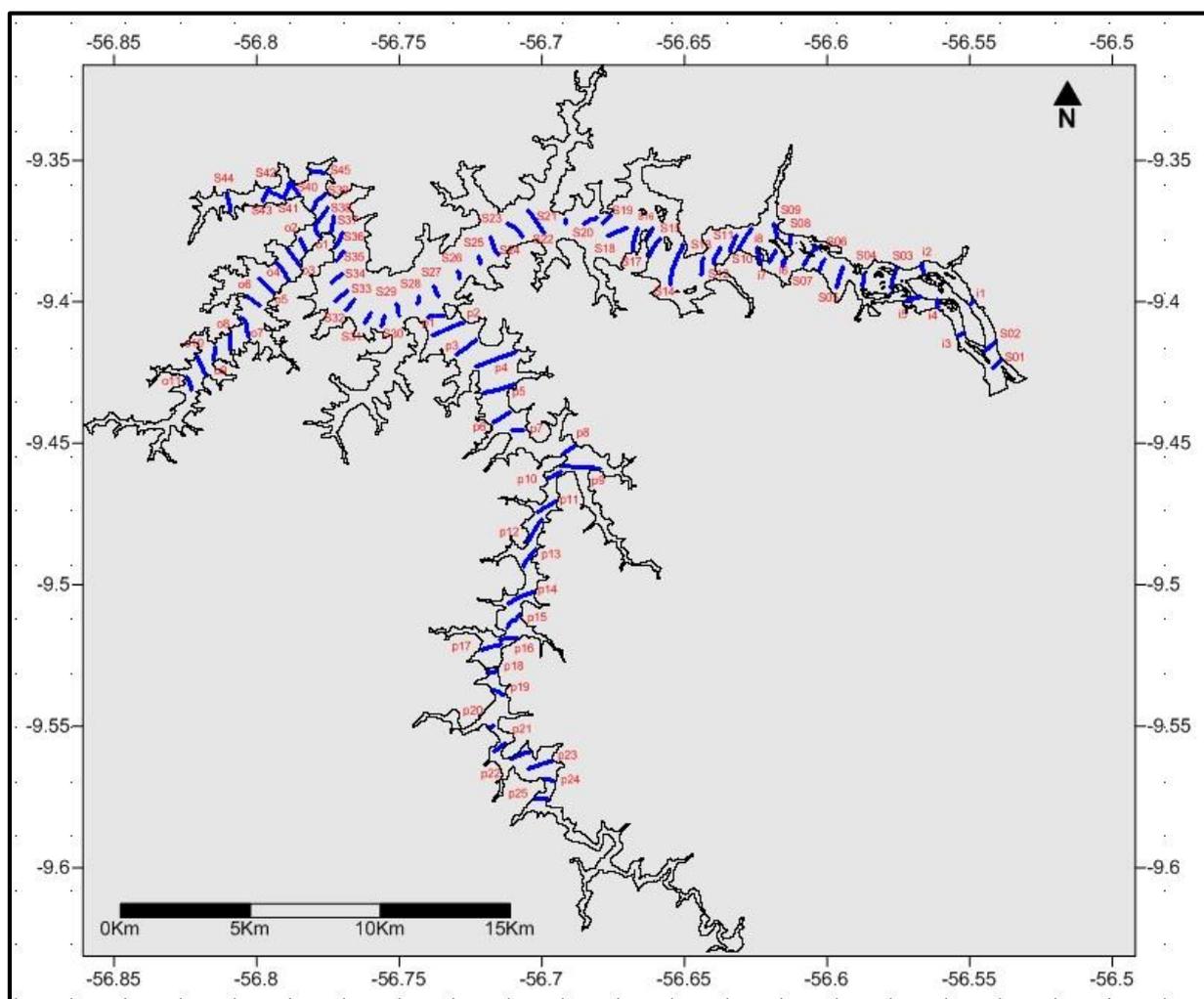
Como pode ser observado na **Figura 31**, os perfis transversais foram realizados aproximadamente a cada 1 km na porção maior do reservatório, e a cada 500 metros nas porções mais a montante da barragem, conforme explicado anteriormente.

Ressalta-se que as porções do reservatório com vegetação não foram amostradas devido a impossibilidade de navegação com o sensor dentro d'água. Alguns trechos muito rasos e com muitos obstáculos naturais também não foram amostrados. Na **Figura 32** pode-se observar alguns registros das condições do reservatório durante a realização da batimetria. Nessas imagens verifica-se a presença de vegetação, que dificultaram a execução do levantamento.



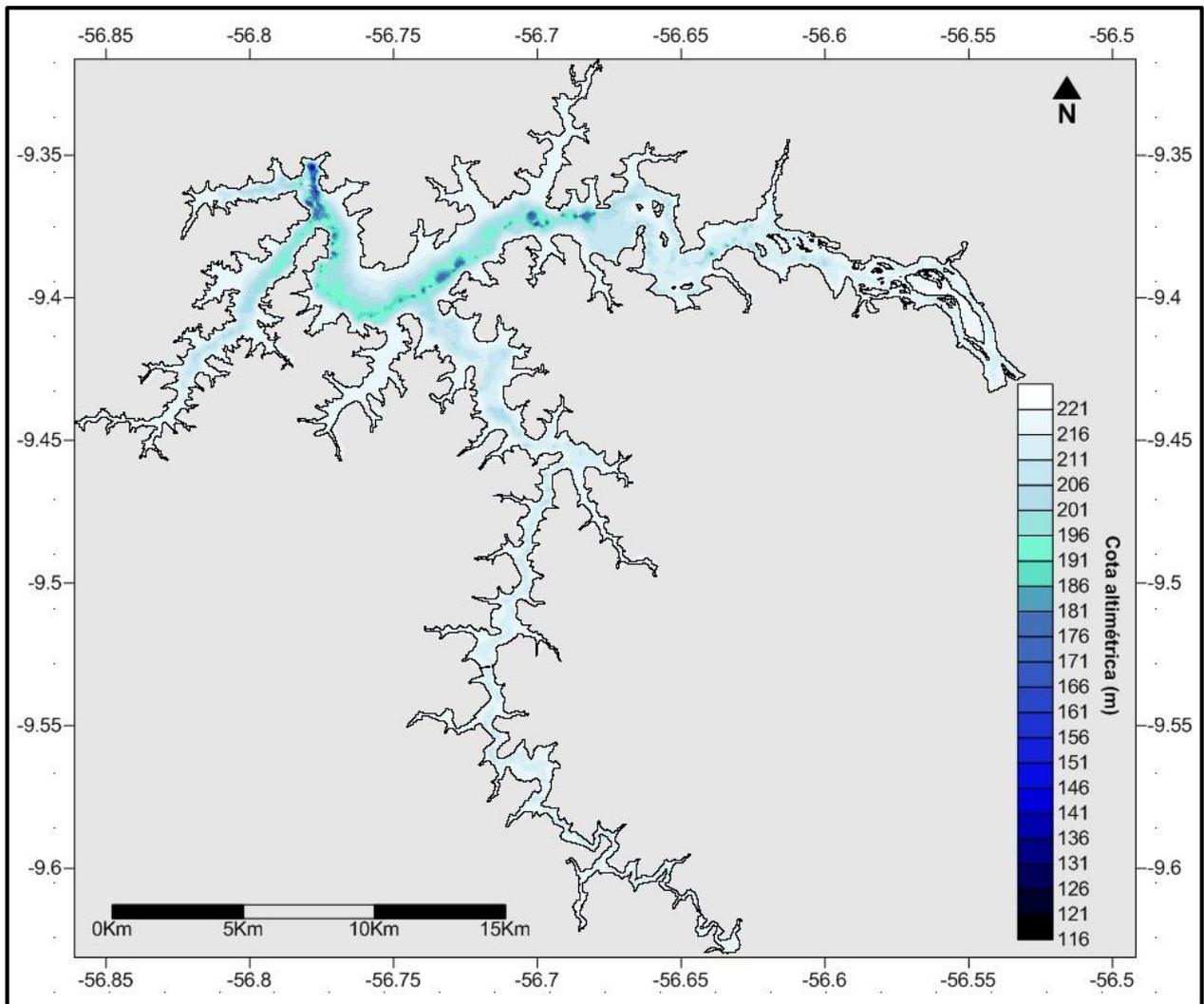
**Figura 32.** Imagens das medições de batimetria realizadas no mês de outubro de 2015.

Na **Figura 33** é apresentado o mapa do reservatório da UHE Teles Pires com as 89 seções batimétricas transversais realizadas (de margem a margem). Essas seções estão detalhadas em gráficos de perfil topobatimétrico no **Anexo 5**. No **Anexo 6** pode-se observar a mesma figura abaixo em tamanho A3.



**Figura 33.** Seções batimétricas no reservatório da UHE Teles Pires. Em azul observa-se as seções transversais, representadas esquematicamente nos gráficos do Anexo 5.

O resultado da interpolação das seções através do método de Krigagem é apresentado na **Figura 34** e com mais detalhes nos **Anexos 7** e **8**. As profundidades variaram entre 0,6 m e 102,6m (próximo à barragem), com média de 12,6m. A profundidade média em cota foi de 207,8 m.



**Figura 34.** Resultado das medições topobatimétricas no reservatório da UHE Teles Pires. A mesma figura é apresentada nos Anexos 7 e 8.

A análise geomorfológica das seções batimétricas não evidencia nenhuma feição anômala importante, como falhas geológicas significativas. Além disso, devido à idade recente do reservatório, não foram verificados depósitos de remanso.

Os dados batimétricos apresentados neste relatório serão importantes para realizar a atualização da curva Cota-Área-Volume, que é um dos itens solicitados pela Resolução Conjunta ANA/ANEEL N°. 03 de 2010.

Com o objetivo de se monitorar a evolução do reservatório recomenda-se que sejam realizadas medições batimétricas a cada 10 anos, objetivando a compatibilização com o solicitado no inciso II do Artigo 8º da Resolução ANA/ANEEL.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente relatório foram descritas as principais atividades realizadas durante o período de julho a dezembro de 2015, que consistiram: (i) no monitoramento das estações hidrométricas; (ii) realização de duas campanhas de medições de vazão e coletas de sedimentos em suspensão e de leito, de acordo com o previsto no cronograma; (iii) determinação das granulometrias dos materiais de leito e de suspensão; (iv) determinação das concentrações dos sedimentos em suspensão; (v) cálculo das descargas sólidas em suspensão e totais; (vi) atualização das curvas-chave de vazão e de sedimentos das estações, e (vii) levantamento batimétrico.

Além das manutenções periódicas realizadas a cada trimestre, diversas manutenções adicionais foram realizadas, a fim de garantir um melhor funcionamento das estações hidrométricas da UHE Teles Pires.

O monitoramento hidrossedimentológico teve início em setembro de 2012 e durante todo o período analisado foi possível observar uma grande variação das vazões e descargas sólidas entre os períodos chuvosos e de estiagem. Porém, durante o primeiro ano de operação da usina, que teve seu enchimento em dezembro de 2014, não foi verificada uma variação significativa da quantidade de sedimentos em suspensão e de leito no rio Teles Pires.

No primeiro levantamento batimétrico realizado após o enchimento do reservatório, outubro de 2015, não foram observadas áreas deposicionais de sedimentos importantes, sendo necessário a realização de levantamento batimétrico comparativo após dez anos de operação de usina para se verificar o surgimento de áreas deposicionais criadas em longo prazo. Com relação ao aporte de sedimentos e a evolução do leito do rio no trecho logo a jusante do eixo da barragem, o mesmo deve ser acompanhado junto com o monitoramento de processos erosivos e hidrossedimentológico para verificação de mudança no comportamento da eventual redução de sedimentos em suspensão, visto que parte dos sedimentos presentes na água, provavelmente ficarão retidos pelo reservatório, aumentando o poder erosivo da água a jusante da barragem. Por enquanto esse fenômeno não foi observado. De qualquer forma, com a nova batimetria (mais completa) e com a construção de outra hidrelétrica a montante da UHE Teles Pires, a qual reterá parte dos sedimentos em seu reservatório, a vida útil do reservatório deve aumentar significativamente.

Ressalta-se a expressiva quantidade de seções realizadas para a caracterização pós-enchimento, que foi o dobro do número previsto teoricamente, oferecendo uma boa visão do reservatório mesmo com a falta de medidas em algumas áreas mais rasas onde não havia possibilidade de navegação.

As atividades do monitoramento hidrossedimentológico estão de acordo com o prazo previsto de execução do cronograma do PBA e atendem a Resolução Conjunta ANA/ANEEL N°. 03 de 2010.

## REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Medição de descarga líquida em grandes rios:** manual técnico. Brasília: ANA; SGH, 2009.
- CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas.** Brasília: ANEEL. 2000. 154p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CESP. Laboratório Cesp de Engenharia Civil. **Ensaio Sedimentométrico** – Companhia Energética de São Paulo, Ilha Solteira, São Paulo, 2009.
- COLBY, B. R.; HEMBRE, C. H. **Computation of Total Sediment Discharge**, Niobrara River near Cody, Nebraska. U. S. Geol. Survey. Water Supply. Paper 1357, 1955.
- COLBY, B.R. **Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity.** Transactions, Amer. Geophys. Union. v. 38, n. 5, oct, p.708-719, 1957.
- MAHMOOD, K. (1987), **Reservoir sedimentation – impact, extent, and mitigation**, World Bank Tech, Paper N°. Washington, DC.
- MAIA, A.G. & Villela, S.M. (2009), **Análise do assoreamento do reservatório de Promissão através do modelo RESSASS**, Revista Ambiente, Guarapuava-PR, 5(2), 247-262.
- MENDES, A. B. Einstein.xls, **Modelo matemático para cálculo da descarga sólida total pelo método modificado de Einstein.** Monografia de final de Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- PAIVA, J.B.D. **Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em Rios**, In: Paiva, J.B.D. *et al.* Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, Porto Alegre, ABRH, 313-364, 2001.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.B.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC, 2001.