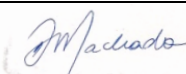





# PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

## P.11 – Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

### Relatório Semestral

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Daniel Okamoto Machado Eng. Ambiental, M.Sc.	CREA-MS16838D	5586064	
Luciana Cabral Nunes Geóloga, M.Sc.	CREA-50629926484	5287039	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, DSc.	-	5286995	
Rhobysson B. da Silva Técnico de Meio Ambiente	-	5545778	

Agosto – 2013

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADCP - Perfilador Acústico de correntes por Efeito *Doppler*

AMS-8 - Amostrador de sedimento saca

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CESP - Companhia Energética de São Paulo

CHTP - Companhia Hidrelétrica Teles Pires

D-GPS - Sistema de Posicionamento Global Diferencial

IIL - Igual Incremento de Largura

IVT - Igual Velocidade de Trânsito

PBA - Projeto Básico Ambiental

PCM - Modulação por Código de Pulso

Q - Vazão ou descarga líquida

Qs - Descarga sólida

Qss - Descarga sólida em suspensão

Qst - Descarga sólida total

UHE - Usina Hidrelétrica

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES</b>	<b>1</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>1</b>
<b>3.1. MEDIÇÃO DE VAZÃO (DESCARGA LÍQUIDA)</b>	<b>1</b>
3.1.1. Medição de vazão (descarga líquida) com o ADCP	3
<b>3.2. AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO</b>	<b>5</b>
<b>3.3. ANÁLISES DE LABORATÓRIO</b>	<b>7</b>
3.3.1. Tubo de retirada de base	8
3.3.2. Análise granulométrica do material de leito	8
3.3.2.1. Peneiramento	8
<b>3.4. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO</b>	<b>8</b>
<b>3.5. DESCARGA SÓLIDA TOTAL PELO MÉTODO MODIFICADO DE EINSTEIN</b>	<b>9</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>9</b>
<b>4.1. MEDIÇÕES DE VAZÃO E DESCARGAS SÓLIDAS</b>	<b>9</b>
<b>4.2. MEDIDAS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL</b>	<b>16</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 1. Relatórios das medições de descarga líquida nos postos fluviométricos (abril de 2013)</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO 2. Análises granulométricas de sedimentos em suspensão e de leito (abril de 2013)</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO 3. Medidas de descarga líquida nos postos fluviométricos (abril de 2013)</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO 4. Relatórios das medições de descarga líquida nos postos fluviométricos (julho de 2013)</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 5. Análises granulométricas de sedimentos em suspensão e de leito (julho de 2013)</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O serviço “Monitoramento Hidrossedimentológico na Área do Futuro 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 futura Hidrelétrica Teles Pires, cuja barragem está sendo construída 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 descritas as principais atividades realizadas no período entre 01 de fevereiro a 31 de julho de 2013.

## 2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

As estações telemétricas instaladas nos postos Cajueiro do Teles Pires, UHE Teles Pires, São Pedro do Paranaíta e Jusante Foz Peixoto de Azevedo estão registrando e transmitindo seus dados de precipitação e nível do rio em tempo real.

Os trabalhos de campo foram realizados pelos membros da equipe da **VERACRUZ**, de 12 a 27 de abril e de 07 a 20 de julho, conforme periodicidade definida no PBA P.11 – Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico. Durante essas atividades de campo a equipe da **VERACRUZ** realizou medições de vazão e descarga sólida nos rios Teles Pires e Paranaíta, que inclui medições com o ADCP, amostragem de sedimentos em suspensão e amostragem de sedimentos de leito. Foram realizados os cálculos das medições de vazão e análises laboratoriais das amostras de sedimentos das campanhas de campo. Através das análises foi possível determinar a concentração de sedimentos em suspensão e a granulometria do material em suspensão e de leito.

Determinou-se também a descarga sólida em suspensão e a descarga sólida total. É importante destacar que foram coletadas cerca de 40 litros da mistura água-sedimento em cada seção de monitoramento visando a obtenção da concentração e da granulometria do sedimento em suspensão, a fim de garantir a execução do ensaio do tubo de remoção pela base em laboratório. As amostras em suspensão com quantidade muito pequena de sedimento tendem a aumentar os erros causados na pesagem e transferência de um recipiente ao outro, por isso optou-se por uma grande quantidade de amostra.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. MEDIÇÃO DE VAZÃO (DESCARGA LÍQUIDA)

A medição de vazão de um rio envolve uma série de grandezas características do escoamento na seção e que podem ser agrupadas em duas grandes categorias:

- Grandezas geométricas da seção;

- Grandezas referentes ao escoamento (velocidade e vazão).

As principais grandezas de cada categoria, assim como os símbolos e as unidades mais utilizadas em publicações da área de recursos hídricos são apresentadas nas **Tabelas 1 e 2**.

**Tabela 1.** Grandezas geométricas usadas na medição de vazão (Fonte: ANA, 2009).

Grandeza	Símbolo	Unidade	Cálculo
Área	A	m <sup>2</sup>	---
Perímetro molhado	X	m	---
Raio hidráulico	R	m	$R = A/X$
Largura superficial	L	m	---
Profundidade média	P <sub>méd</sub>	m	$P = A/L$
Profundidade máxima	P <sub>máx</sub>	m	---
Cota linométrica	H	cm	---
Ponto inicial da seção transversal	PI	---	---
Ponto final da seção transversal	PF	---	---
Distância entre PI e PF	D	m	---
Distância entre duas verticais	L	m	---
Distância da vertical ao PI	D	m	---
Profundidade de um ponto da vertical	Pi	m	---
Profundidade total numa vertical	P	m	---
Área entre duas verticais	A	---	---

**Tabela 2.** Grandezas de escoamento da seção de medição (Fonte: ANA, 2009).

Grandeza	Símbolo	Unidade	Cálculo
Velocidade média na seção	V <sub>m</sub>	m/s	$V_m = Q/A$
Vazão total na seção	Q	m <sup>3</sup> /s	---
Vazão em um segmento da seção	q <sub>i</sub>	m <sup>3</sup> /s	---
Velocidade em um ponto na vertical	V <sub>i</sub>	m/s	---
Velocidade na superfície	V <sub>s</sub>	m/s	---
Velocidade no fundo	V <sub>f</sub>	m/s	---
Velocidade média na vertical	$\bar{V}$	m/s	---
Velocidade média superficial	V <sub>sup</sub>	m/s	---
Vazão unitária	Q	m <sup>2</sup> /s	---

Tanto as grandezas geométricas quanto as referentes ao escoamento são definidas em função do nível de água na seção analisada. O plano de referência para a cota do nível da água, habitualmente escolhido, é o “zero” da régua linométrica.

### 3.1.1. Medição de vazão (descarga líquida) com o ADCP

O sistema *SonTek RiverSurveyor* é um sistema Perfilador Acústico *Doppler* (ADCP) robusto e bastante preciso, projetado para medir vazões fluviais, fluxos de água tridimensionais, profundidades e batimetria em embarcações paradas (medidas estacionárias) ou em movimento. O sistema *RiverSurveyor* oferece uma combinação dupla: um perfilador de velocidade acústica *Doppler*, aliado a um conjunto de *softwares* compatíveis com o *Windows* que pode ser usado no computador ou celular.

O ADCP portátil (**Figura 1**) é constituído de nove sensores que emitem feixes de ondas acústicas com diferentes frequências, permitindo obter imagens precisas tanto de locais rasos como profundos (até 60 metros de profundidade). Além desses sensores, o M9 tem uma carcaça de *Delrin* de 13 cm de diâmetro, e é composto de dois conjuntos de transdutores para medição de velocidade, ambos em configuração *Janus*: quatro transdutores de 3,0 MHz e quatro de 1,0 MHz. O feixe acústico vertical (sonda *echo sounder*) de 0,5 MHz fornece dados de profundidade.

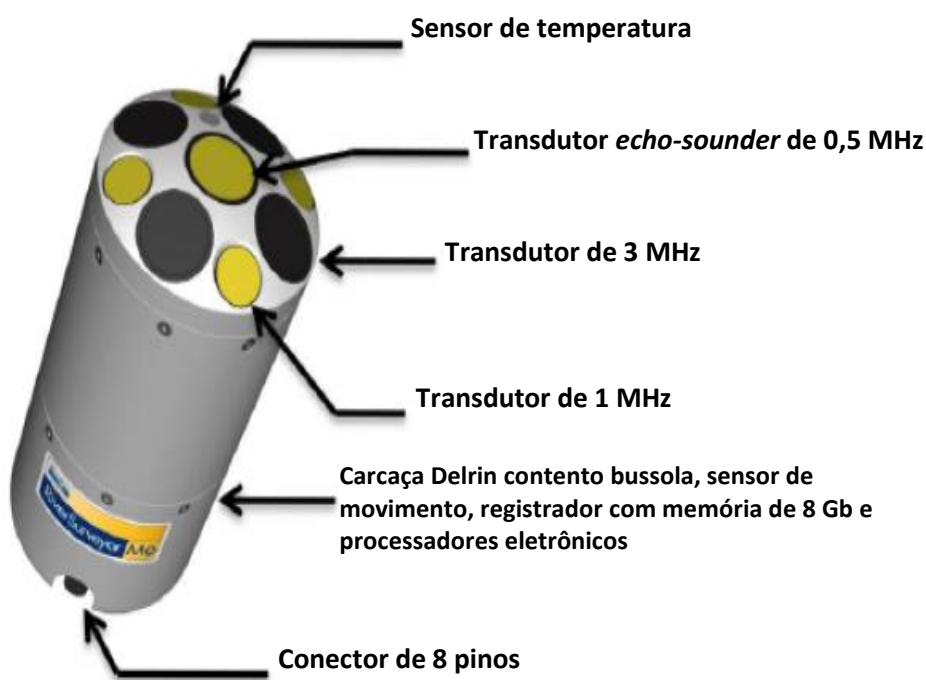


Figura 1. Características do ADCP M9.

O PCM (**Figura 2**) se conecta diretamente ao M9 por meio de um cabo de um metro de comprimento. A sua função é fornecer alimentação ao ADCP usando um conjunto de baterias recarregáveis, a fim de permitir comunicações remotas com o computador ou aparelho celular por *bluetooth*. Existem ainda locais para fixação da haste do D-GPS e o interruptor geral que

liga e desliga todo o sistema (botão central, na cor verde). O D-GPS pode ser fixado tanto à unidade M9 quanto à unidade PCM.

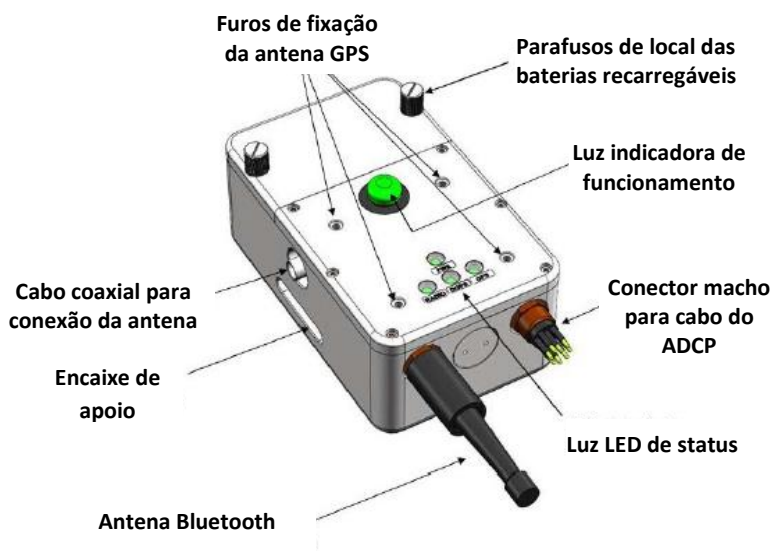
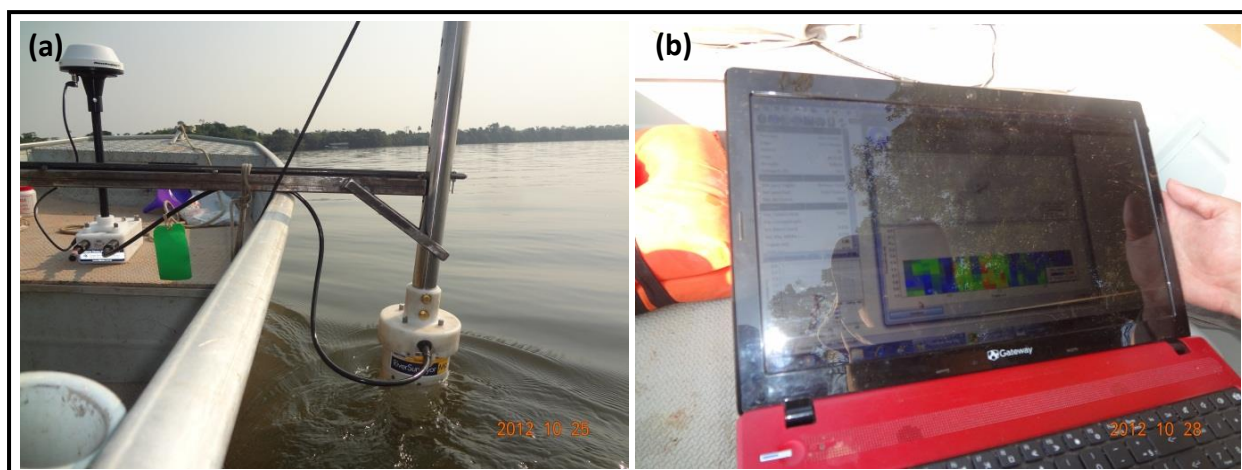


Figura 2. Módulo de Alimentação e Comunicação (PCM).

A **Figura 3** ilustra as unidades necessárias para a medição de vazão, como a sonda M9, o módulo PCM, a antena D-GPS e o uso facultativo do notebook ou celular *smartphone*. As medições de descarga líquida nos quatro postos fluviométricos foram efetuadas com a utilização do conjunto ADCP - sonda M9, módulo PCM, D-GPS (**Figura 4a**) e notebook (**Figura 4b**).



Figura 3. Hardware montado para a opção DGPS com comunicações Bluetooth.



**Figura 4.** Medição de vazão com utilização do ADCP. (a) ADCP parcialmente submerso coletando dados; (b) notebook usado na visualização dos dados gerados e na orientação da velocidade de trânsito do barco durante a medição.

### 3.2. AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO

Para a coleta de sedimentos em suspensão foi utilizado o amostrador saca (**Figura 5**). A amostragem foi efetuada por integração na vertical em dois sentidos, descida e subida, em que a mistura água-sedimento é acumulada continuamente no recipiente e o amostrador se move verticalmente em uma velocidade de trânsito ( $v_t$ ) constante entre a superfície e um ponto a poucos centímetros acima do leito, entrando a mistura numa velocidade quase igual à velocidade instantânea da corrente em cada ponto na vertical.





**Figura 5.** Amostragem da mistura água-sedimento utilizando o amostrador Saca AMS-8 (a, b, c, d) e amostragem do material de leito com a Draga Petersen (e, f).

Esse procedimento é conhecido como Igual Velocidade de Trânsito (IVT), devido ao bico do amostrador ficar um pouco acima do fundo, em uma zona não amostrada de poucos centímetros de profundidade logo acima do leito do rio.

O método mais utilizado para amostragem de sedimento em suspensão é o Igual Incremento de Largura (IIL), devido sua simplicidade. No método IIL a área da seção transversal é dividida numa série de verticais igualmente espaçadas, sendo que em cada uma das verticais se utiliza a amostragem por integração vertical (**Figura 6**).

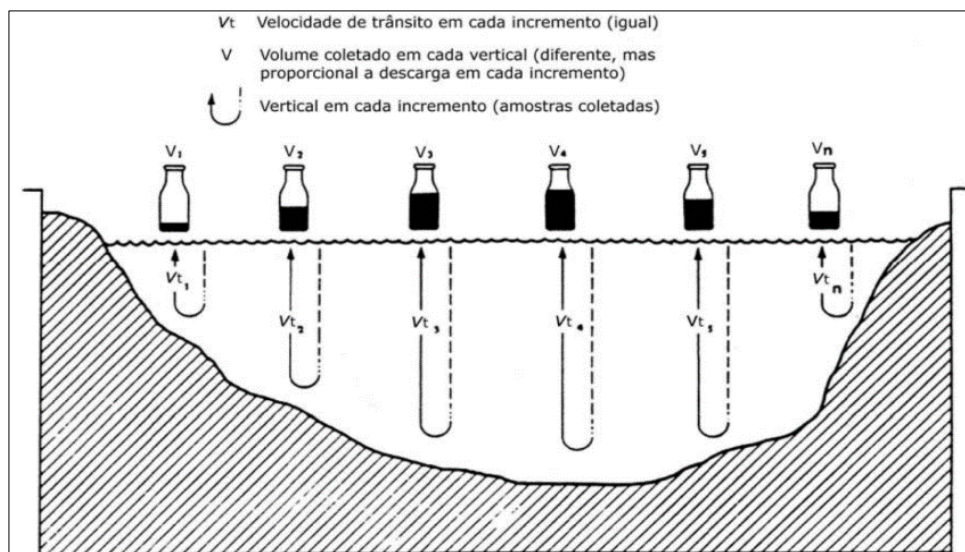


Figura 6. Exemplo de amostragem pelo método de Igual Incremento de Largura (Fonte: CARVALHO, 2000).

No método ILL precisa-se de 10 a 20 sub-amostras, logo faz-se a medida da vazão com o dobro da quantidade de sub-amostras desejadas, uma vez que essa vazão tem normalmente um mínimo de 20 verticais. Em seguida, programam-se as verticais escolhidas para amostragem e procura-se entre elas a vertical que apresente o maior produto entre a velocidade média ( $V_m$ ) e a profundidade ( $p$ ) na vertical de controle. Nessa vertical obtém-se a primeira amostra, adotando os procedimentos com o cálculo do tempo mínimo de amostragem ( $t_{min}$ ), o qual será usado para definir a velocidade de descida e subida (velocidade de trânsito  $-v_t$ ) do amostrador. Para o bico de  $\frac{1}{4}$ " utilizado o tempo mínimo é definido pela **Equação 1**:

$$t_{min} = 2p/v_t = 2p/0,4v_m \quad (1)$$

As outras sub-amostras são obtidas com tempos proporcionais a partir de uma regra de três entre o tempo padrão e as profundidades, mantendo a mesma velocidade de trânsito utilizada na vertical de controle. As sub-amostras obtidas são combinadas em uma só amostra composta para a determinação da concentração média e da granulometria média, permitindo análises com a precisão desejável.

### 3.3. ANÁLISES DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas foram recebidas, checadas e pesadas pela equipe do Laboratório de Águas, Solos e Rochas da **VERACRUZ** em São Paulo. Posteriormente, as amostras de material em suspensão seguiram para a determinação da concentração e da granulometria do material em suspensão pelo método do tubo de retirada pela base.

Todo o volume de cada uma das amostras em suspensão que chega ao laboratório é analisado, visto que não se deve fazer um fracionamento da amostra total devido à dificuldade de homogeneização da mistura água-sedimento. Uma suposta homogeneização da mistura não fica completa, porque as partículas pesadas vão logo se depositando no instante seguinte, sendo perdidas em análises fracionadas. Por esse motivo, as amostras foram submetidas ao

processo de redução após 96 horas de repouso, seguindo as instruções da **CESP (2009)**. A mistura água-sedimento reduzida foi conduzida à segunda redução, após mais 96 horas de repouso e foi efetuada a análise do tubo de remoção pela base.

### **3.3.1. Tubo de retirada pela base**

Inicialmente, determinou-se a concentração de sais solúveis com a retirada de duas pipetagens de 50 ml da parte sobrenadante da amostra. O método do tubo de retirada pela base consiste em inserir a amostra em um tubo de graduação de 100 centímetros e aproximadamente uma polegada de diâmetro. Deve-se agitar a amostra durante cinco minutos para que ela fique homogênea. As amostras de água com sedimentos em suspensão são retiradas a cada dez centímetros em intervalos de tempo pré-determinados de acordo com o diâmetro das partículas.

Os tempos para a retirada de cada amostra foram: 30 segundos, 1 min., 2 min., 5 min., 13 min., 32 min., 80 min., 160 min., 450 min. e 451 minutos após o início do ensaio. Para cada retirada anotou-se a temperatura da água, visto que a viscosidade da água se altera de acordo com sua temperatura.

Essas amostras foram levadas para a estufa a 105 °C durante 24 horas, e posteriormente ao dessecador. O peso da amostra foi definido pela subtração do peso do béquer limpo do valor do peso total do béquer com a amostra seca.

### **3.3.2. Análise granulométrica do material de leito**

#### **3.3.2.1. Peneiramento**

Utilizou-se uma série de peneiras de malhas padronizadas, nos seguintes diâmetros: 32mm, 16mm; 8mm; 4mm; 2mm; 1mm; 0,5mm; 0,250mm; 0,125 mm e 0,063mm. Cada porção de material retido na peneira foi pesado, sendo a porcentagem de cada diâmetro de malha de peneira obtida com a divisão pelo peso total da amostra.

Sobrando resíduo fino numa quantidade superior a 5% após o peneiramento na malha de 0,063 mm, que corresponde aos materiais finos silte + argila, procedeu-se uma análise pelo processo de pipetagem ou tubo de remoção pela base.

### **3.4. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO**

As medições da descarga sólida em suspensão ( $Q_{ss}$ ), com amostragens pelo método de Igual Incremento de Largura, têm uma única análise a partir da amostra composta. A concentração ( $C$ ) corresponde ao valor médio na seção, sendo a descarga sólida em suspensão calculada pela **Equação 2**, segundo **Carvalho (2008)**.

$$Q_{ss} = 0,0864 * Q * C \quad (2)$$

Onde,  $Q$  é a descarga líquida em  $m^3/s$ ,  $C$  é a concentração em  $mg/l$ , e o resultado de  $Q_{ss}$  é dado em  $ton/dia$ .

### 3.5. DESCARGA SÓLIDA TOTAL PELO MÉTODO MODIFICADO DE EINSTEIN

O método modificado de Einstein é resultante de vários anos de pesquisas no campo, conduzidas em conjunto pelo USBR e o USGS em rios aluvionais largos e rasos no estado de Nebraska nos Estados Unidos da América. Dos métodos atualmente disponíveis, é o que possui maior precisão para o cálculo do transporte de sedimentos obtido para diversas granulometrias (CARVALHO, 2008). Ele calcula a descarga sólida total de sedimentos a partir de medidas das descargas de sedimentos em suspensão na seção do rio até uma pequena distância do fundo e da extrapolação da carga em suspensão medida até o fundo do rio.

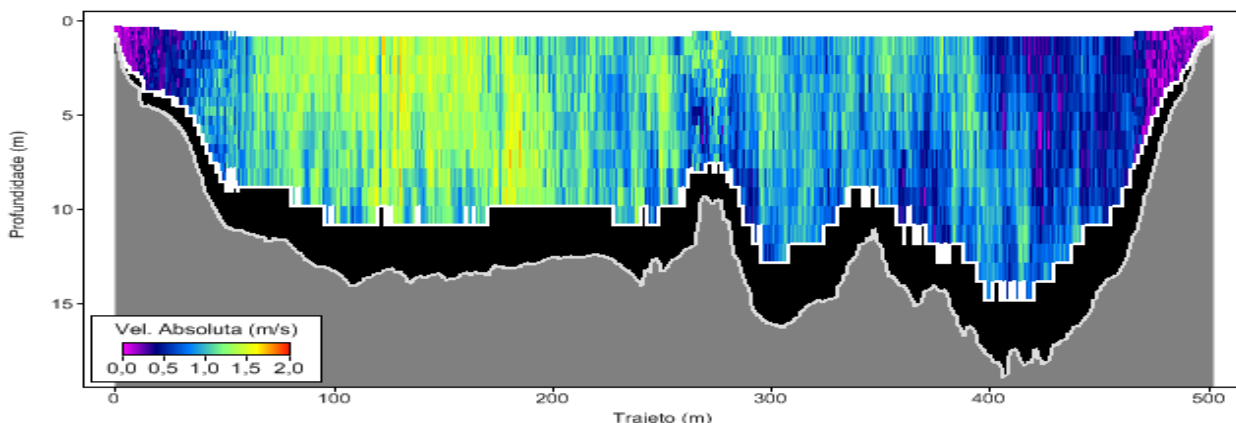
Para o cálculo do método modificado de Einstein foi utilizado um programa desenvolvido por Mendes (2001) no Excel.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. MEDIÇÕES DE VAZÃO E DESCARGAS SÓLIDAS

Nas Figuras 7, 8, 9 e 10 são apresentadas as seções de medições de vazão realizadas no período de 13 a 16 de abril de cada posto fluviométrico, 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 1.

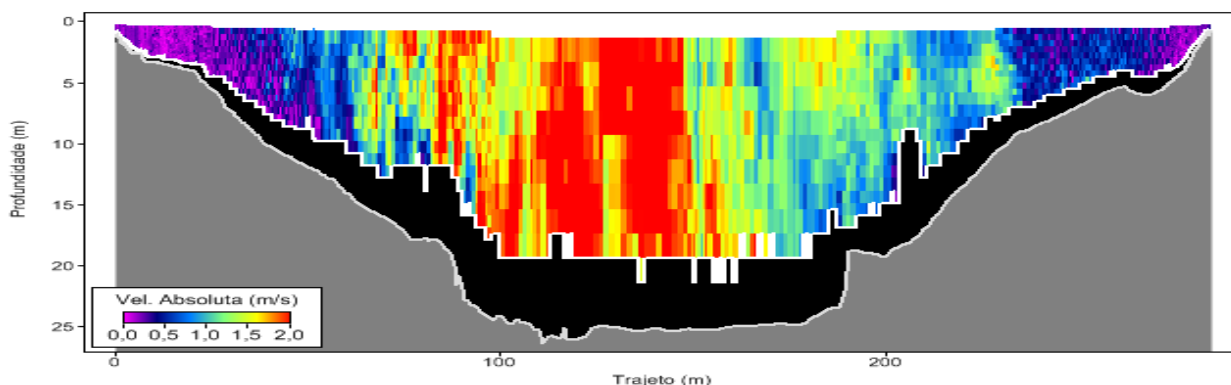
Na estação Cajueiro do Teles Pires (Figura 7), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $4.705 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\pm 104$ ), a profundidade máxima do canal foi de 18,83 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 2,0 m/s.



**Figura 7.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 14 de abril de 2013, utilizando o ADCP, na estação Cajueiro do Teles Pires. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

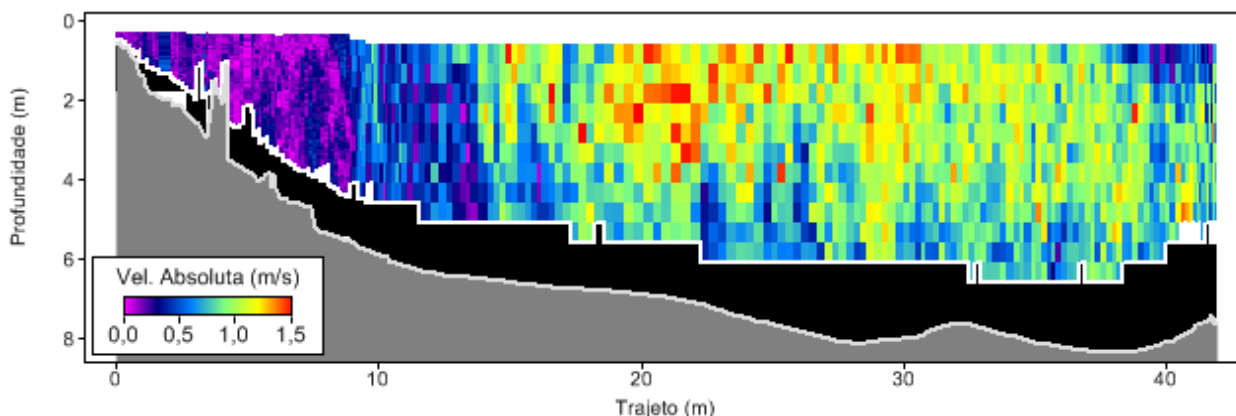
Na estação UHE Teles Pires (Figura 8), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $4.793 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\pm 105$ ), a profundidade máxima do canal foi de 26,21 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 2,0 m/s.





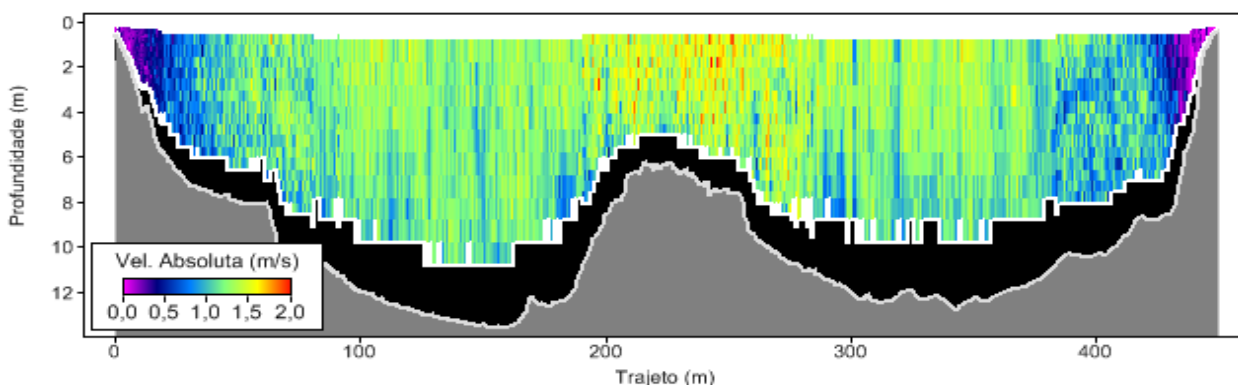
**Figura 8.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 16 de abril de 2013, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

Na estação São Pedro do Paranaíta (**Figura 9**), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $213\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 5$ ), a profundidade máxima do canal foi de 8,30 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 1,5 m/s.



**Figura 9.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 13 de abril de 2013, utilizando o ADCP, na estação São Pedro do Paranaíta. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

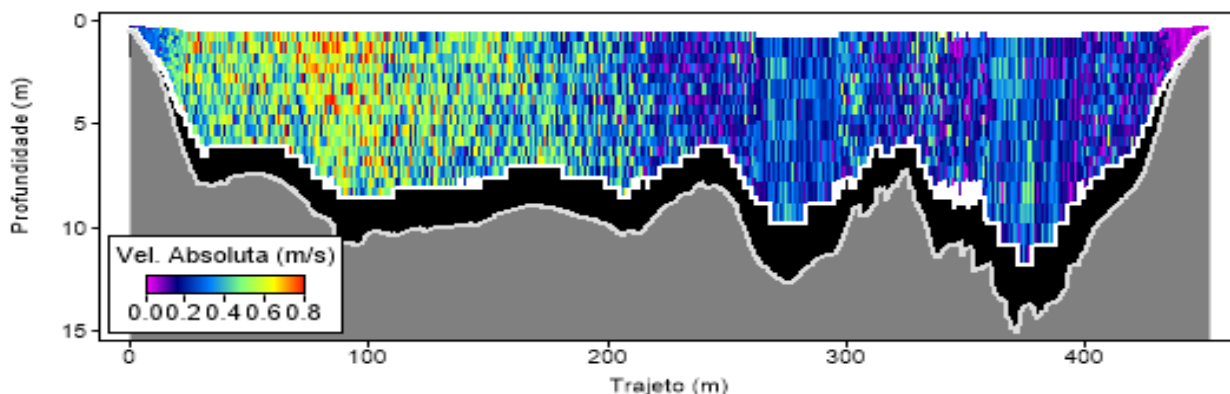
Na estação Jusante Foz Peixoto de Azevedo (**Figura 10**), a vazão também foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $4.395\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 17$ ), a profundidade máxima do canal foi de 13,52 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 2,0 m/s.



**Figura 10.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 15 de abril de 2013, utilizando o ADCP, na estação Jusante Foz Peixoto de Azevedo. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

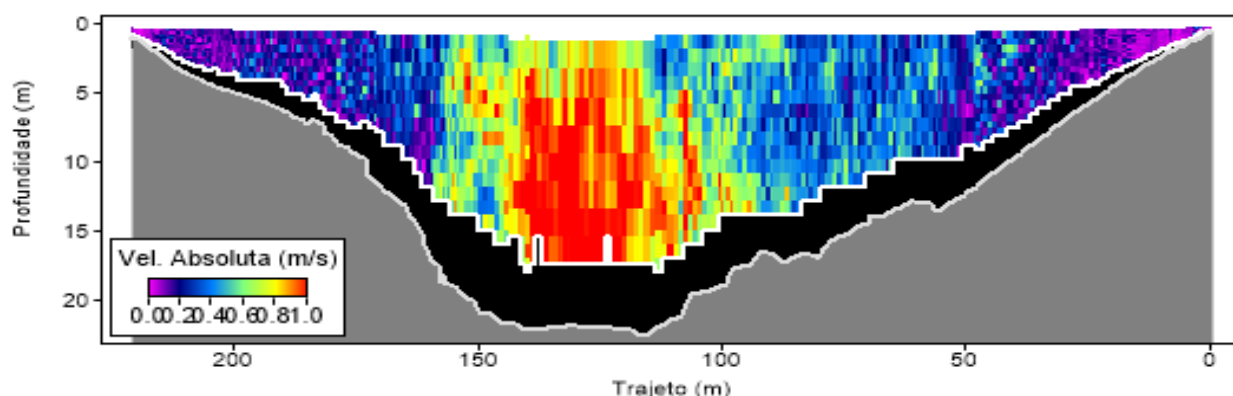
Nas **Figuras 11, 12, 13 e 14** são apresentadas as seções de medições de vazão, realizadas no período de 7 a 11 de julho, de cada posto fluviométrico em um esquema falsa cor, ilustrando a variação da velocidade da água em cada transecto. Os detalhes das medições de vazão são apresentados nos **ANEXO 3**.

Na estação Cajueiro do Teles Pires (**Figura 11**), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $1.004\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 17$ ), a profundidade máxima do canal foi de 15,00 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 0,8 m/s.



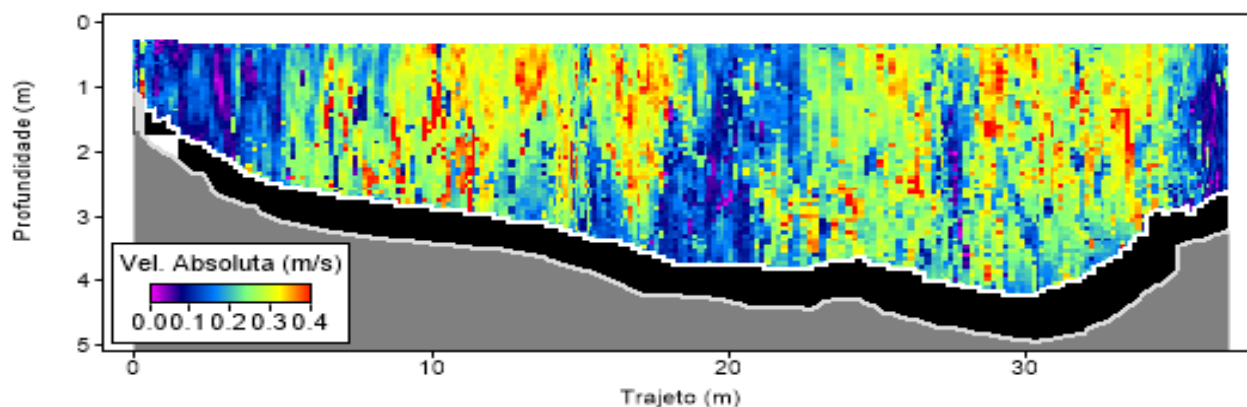
**Figura 11.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 10 de julho de 2013, utilizando o ADCP, na estação Cajueiro do Teles Pires. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

Na estação UHE Teles Pires (**Figura 12**), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $1.132\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 38$ ), a profundidade máxima do canal foi de 22,35 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 1,0 m/s.



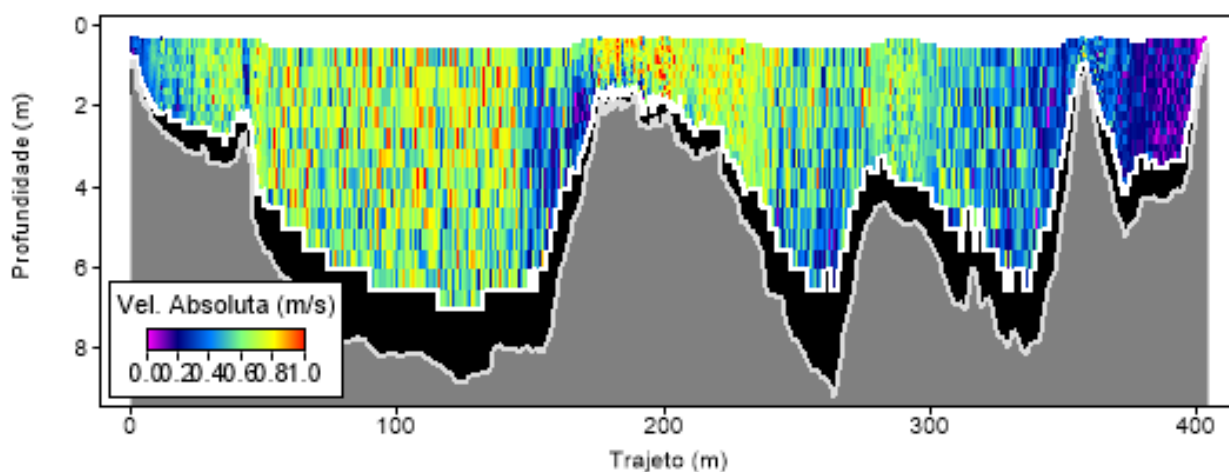
**Figura 12.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 9 de julho de 2013, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

Na estação São Pedro do Paranaíta (**Figura 13**), a vazão foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $28\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 0,6$ ), a profundidade máxima do canal foi de 4,95 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 0,4 m/s.



**Figura 13.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 11 de julho de 2013, utilizando o ADCP, na estação São Pedro do Paranaíta. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

Na estação Jusante Foz Peixoto de Azevedo (**Figura 14**), a vazão também foi medida com o ADCP que registrou uma vazão média de  $1.036\text{m}^3/\text{s}$  ( $\pm 16$ ), a profundidade máxima do canal foi de 9,00 metros e a velocidade da água oscilou entre 0 e 1,0 m/s.



**Figura 14.** Resultado da medição de vazão realizada no dia 7 de julho de 2013, utilizando o ADCP, na estação Jusante Foz Peixoto de Azevedo. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam maiores velocidades da água, enquanto cores frias (tons de azul) indicam menores velocidades.

Juntamente com as medições de vazão foram coletados os sedimentos em suspensão e de leito. As análises de concentração do material em suspensão e granulometria do material em suspensão e leito são apresentados nas **Tabelas 3 e 4**. Os detalhes das análises dos sedimentos referentes as coletas de campo realizadas em abril e julho de 2013 são apresentados nos **ANEXOS 2 e 4**.

	Cajueiro do Teles Pires	UHE Teles Pires	São Pedro do Paranaíta	Jusante Foz Peixoto de Azevedo
D10 (mm)	0,102	0,117	0,270	0,234
D35 (mm)	0,167	0,170	1,022	0,393
D50 (mm)	0,209	0,204	3,136	0,542
D65 (mm)	0,277	0,255	4,586	0,852
D90 (mm)	1,557	0,448	6,924	2,473
Cascalho (%)	9,0	5,3	56,5	13,6
Areia (%)	89,0	93,7	42,7	86,3
Silte + Argila (%)	2,0	1	0,8	0,1
Concentração (ppm)	19,11	20,57	21,18	22,07

**Tabela 3.** Distribuição granulométrica do material de leito em cada posto fluviométrico para a campanha de abril de 2013, divididos em cascalho, areia, silte e argila, junto com seus respectivos diâmetros característicos. Na última linha são mostradas as concentrações dos sedimentos em suspensão.

	Cajueiro do Teles Pires	UHE Teles Pires	São Pedro do Paranaíta	Jusante Foz Peixoto de Azevedo
D10 (mm)	0,144	0,138	0,078	0,190
D35 (mm)	0,485	0,280	0,141	0,309
D50 (mm)	1,028	0,326	0,175	0,375
D65 (mm)	1,415	0,381	0,215	0,457
D90 (mm)	2,639	0,538	0,394	1,339
Cascalho (%)	19,2	1,1	0,3	5,5
Areia (%)	80,4	96,8	95,3	94
Silte + Argila (%)	0,4	2,1	4,4	0,5
Concentração (ppm)	18,7	20,56	22,93	19,64

**Tabela 4.** Distribuição granulométrica do material de leito em cada posto fluviométrico para a campanha de julho de 2013, divididos em cascalho, areia, silte e argila, junto com seus respectivos diâmetros característicos. Na última linha são mostradas as concentrações dos sedimentos em suspensão.

Os resultados de descargas líquidas e descargas sólidas em suspensão e totais referentes as coletas de campo realizadas de setembro de 2012 a julho 2013 dos postos fluviométricos Cajueiro do Teles Pires, UHE Teles Pires, São Pedro do Paranaíta e Jusante Foz Peixoto de Azevedo são apresentados na **Tabela 5** e ilustrados nos gráficos das **Figuras 15, 16, 17 e 18**.

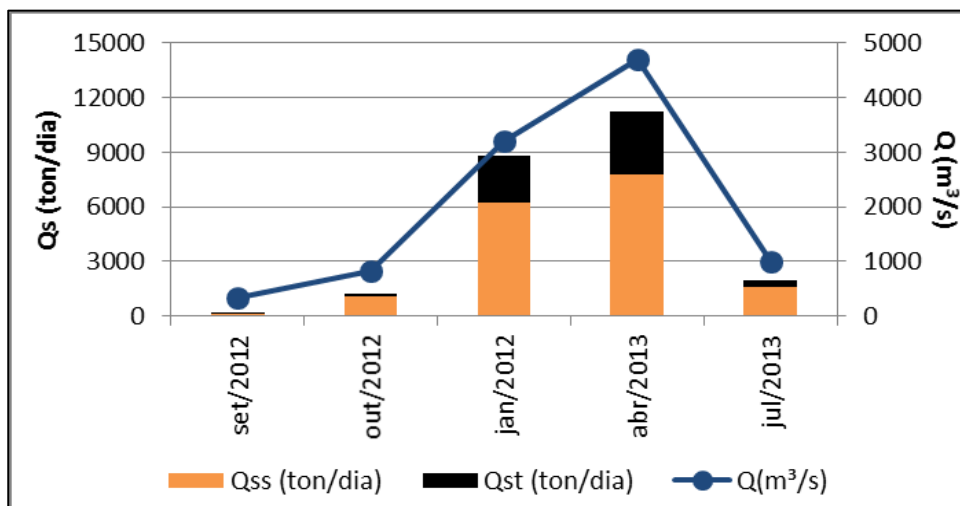
No período de maior regime pluviométrico ocorre as maiores descargas líquidas e descargas sólidas nas estações. O regime pluviométrico interfere diretamente no escoamento superficial e conseqüentemente no carreamento de sedimentos para os corpos d'água. Segundo a classificação de Köppen, a região de Alta Floresta apresenta clima Aw (tropical úmido). As maiores precipitações ocorrem nos meses de outubro a abril e o período de estiagem se estende de maio a setembro, sendo que nos meses junho a agosto a precipitação é praticamente igual a zero e os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março. Esse comportamento também foi observado nas estações telemétricas pertencentes à UHE Teles Pires.



	Posto		Cajueiro do Teles Pires	São Pedro do Paranaita	UHE Teles Pires	Jusante Foz Peixoto de Azevedo
	Q	(m <sup>3</sup> /s)				
set/2012	Q	(m <sup>3</sup> /s)	341 ± 4	1.63 ± 0.04	551 ± 15	642 ± 9
	Qss	(t/dia)	109	1,03	197	307
	Qst	(t/dia)	145	1,05	336	788
out/2012	Q	(m <sup>3</sup> /s)	819 ± 19	28 ± 1	903 ± 17	788 ± 15
	Qss	(t/dia)	1050	56	678	1249
	Qst	(t/dia)	1249	75	803	1580
jan/2013	Q	(m <sup>3</sup> /s)	3207 ± 20	148 ± 3	***	3280 ± 14
	Qss	(t/dia)	6228	339	***	8387
	Qst	(t/dia)	8793	421	***	12284
abr/2013	Q	(m <sup>3</sup> /s)	4705 ± 104	213 ± 5	4794 ± 105	4395 ± 17
	Qss	(t/dia)	7769	389	8519	8380
	Qst	(t/dia)	11203	400	12158	13240
jul/2013	Q	(m <sup>3</sup> /s)	1004 ± 17	28 ± 1	1132 ± 38	1037 ± 16
	Qss	(t/dia)	1622	56	2011	1759
	Qst	(t/dia)	1971	66	2043	1866

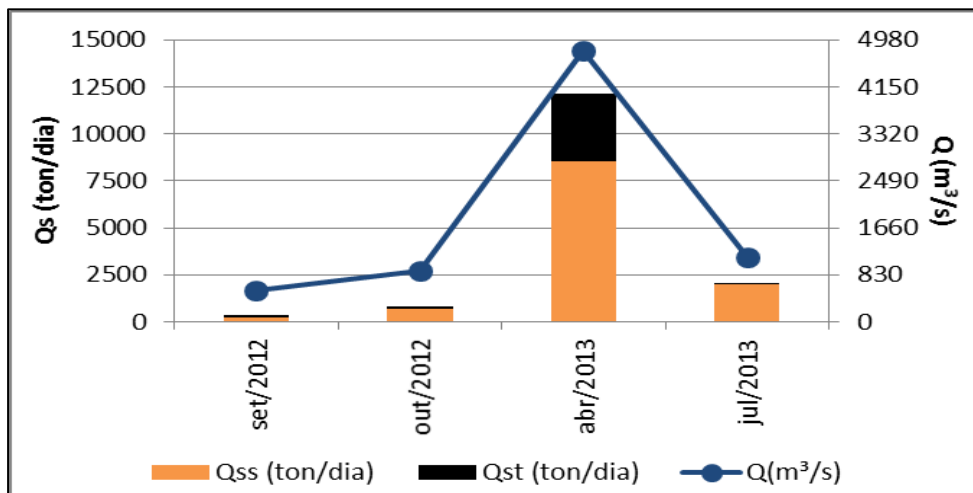
\*\*\* No posto UHE Teles Pires na campanha de janeiro não foi possível realizar as medições devido a enchente com alta vazão concentrada em um pequeno canal da obra, o que impôs uma alta velocidade a água e gerou risco a realização da medição.

**Tabela 5.** Descargas líquidas e sólidas das campanhas realizadas em setembro de 2012, outubro de 2012, janeiro de 2013, abril de 2013 e julho de 2013.

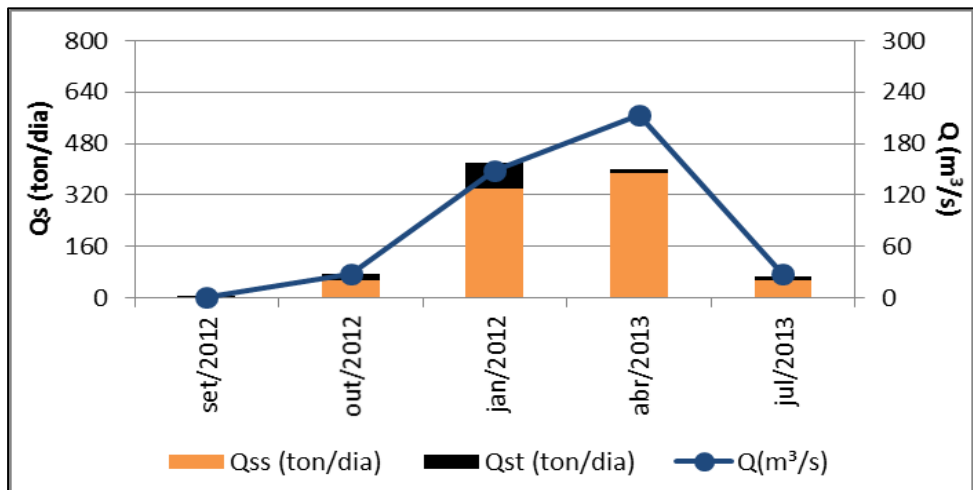


**Figura 15.** Resultados das medições de descargas líquidas (Q), descargas sólidas totais (Qst) e descargas sólidas de suspensão (Qss) no posto Cajueiro do Teles Pires.

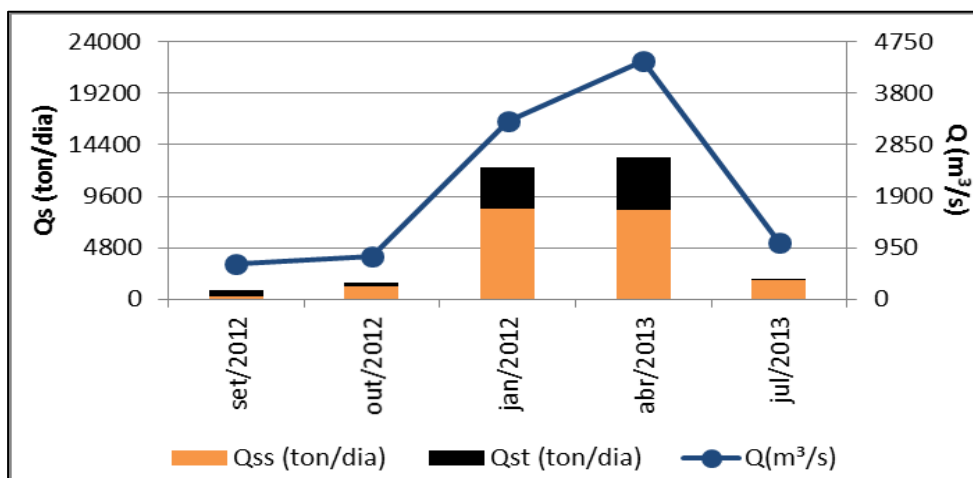
P. 11 Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico



**Figura 16.** Resultados das medições de descargas líquidas (Q), descargas sólidas totais (Qst) e descargas sólidas de suspensão (Qss) no posto UHE Teles Pires. Na campanha de janeiro não foi possível realizar as medições devido a enchente com alta vazão concentrada em um pequeno canal da obra, o que impôs uma alta velocidade a água e gerou risco a realização da medição.



**Figura 17.** Resultados das medições de descargas líquidas (Q), descargas sólidas totais (Qst) e descargas sólidas de suspensão (Qss) na estação São Pedro do Paranaíta.

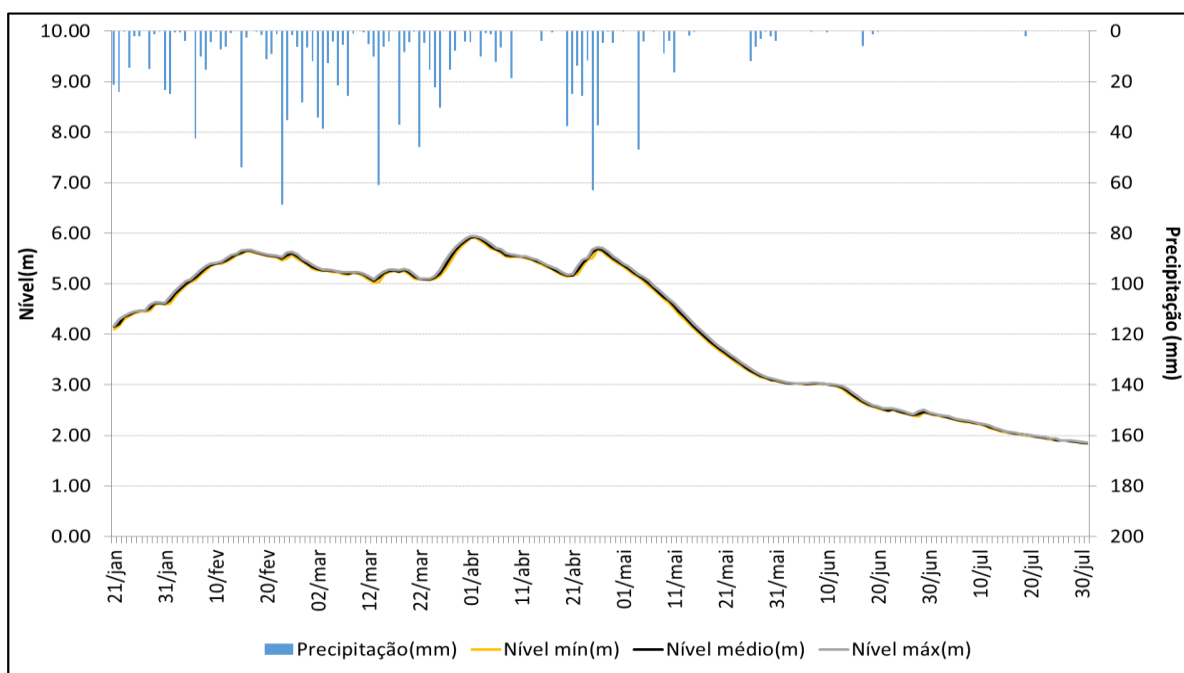


**Figura 18.** Resultados das medições de descargas líquidas (Q), descargas sólidas totais (Qst) e descargas sólidas de suspensão (Qss) na estação Foz Peixoto de Azevedo.

## 4.2. MEDIDAS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL

A seguir são apresentados os gráficos de precipitação e de nível de cada posto de monitoramento do rio Teles Pires. Os gráficos de precipitação foram elaborados a partir dos dados brutos coletados pelas estações telemétricas instaladas em cada posto de monitoramento. Já os gráficos de nível foram elaborados a partir de uma análise de consistência preliminar, comparando os dados brutos coletados pelos sensores de nível das estações com as leituras das régua linimétricas (**ANEXO 5**) que também estão instaladas em cada posto de monitoramento. Os detalhes dos dados coletados pelas estações telemétricas são apresentados no CD-ROM em anexo.

A **Figura 19** apresenta a precipitação acumulada diária, em milímetros, e o nível médio, máximo e mínimo, em metros, no posto Cajueiro do Teles Pires entre o período de 21 de janeiro a 31 de julho de 2013.



**Figura 19.** Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio, máximo e mínimo no posto Cajueiro do Teles Pires entre o período de 21 de janeiro a 31 de julho de 2013.

Do dia 21 ao dia 31 de janeiro de 2013 o total de precipitação foi de 104,4mm, tendo um dia sem chuva e 10 dias com precipitações. Dentre esses dias, a maior taxa de precipitação ocorreu em 22 de janeiro, com 24,0mm, representando 23% do total precipitado. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em janeiro variou entre 4,10m e 4,63m, com o nível médio de 4,42m .

No mês de fevereiro de 2013 a precipitação total foi de 342,4mm, sendo que não houve registro de precipitação em somente três dias do mês. A maior taxa de precipitação ocorreu no dia 23 de fevereiro, com 68,8mm, representando 21% do total de chuvas para todo o mês. O

nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em fevereiro variou entre 4,61m e 5,67m, com o nível médio de 5,38 m.

No mês de março de 2013 a precipitação total foi de 438,7mm, sendo que não houve precipitação em quatro dias desse mês. O maior índice de chuva ocorreu no dia 14 de março, com 61,0mm, representando 14% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em março variou entre 5,02m e 5,89m, com nível médio de 5,27m .

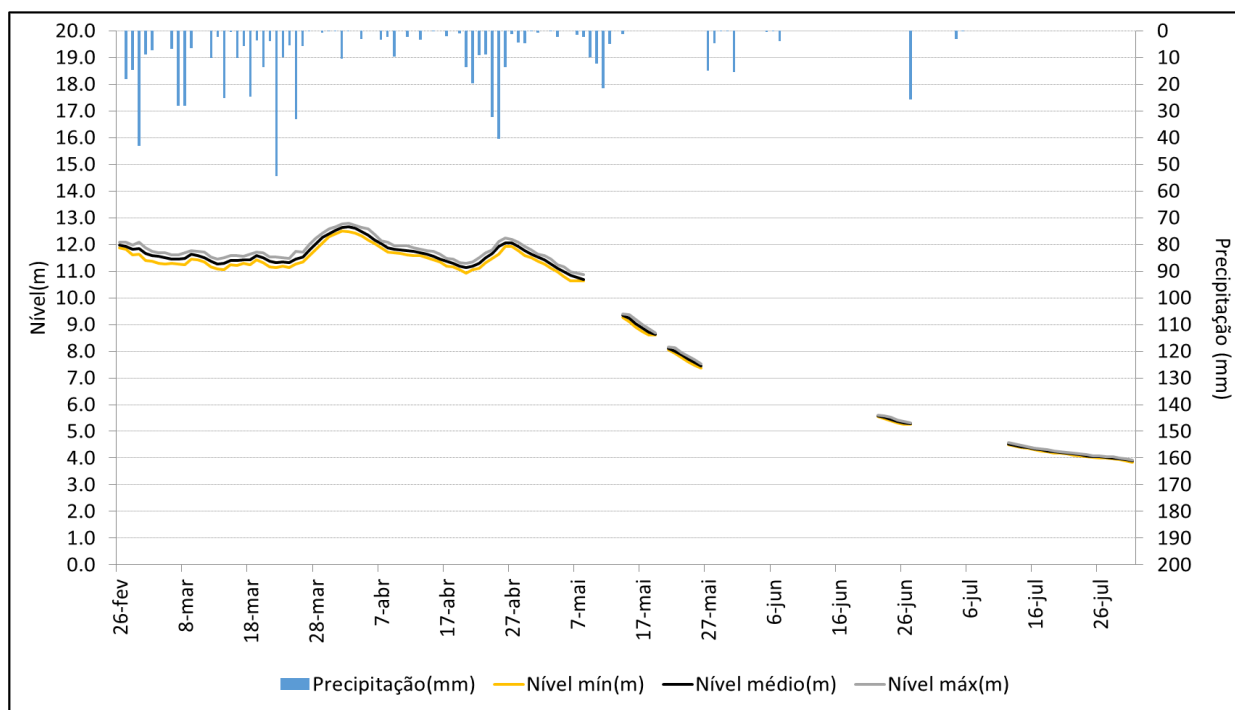
No mês de abril de 2013 a precipitação foi de 282,2 mm, tendo onze dias sem ocorrência de precipitação e 19 dias com ocorrência de chuvas. O maior registro de chuva ocorreu no dia 25 de abril, com 63,0 mm, representando 22% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em abril variou entre 5,14m e 5,94m, com nível médio de 5,53m .

O mês de maio de 2013 registrou precipitação total de 110,2mm, tendo 16 dias sem chuvas e 15 dias com precipitações. A maior ocorrência de chuva se deu no dia 4 de maio, com 47,0mm, representando 43% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em maio variou entre 3,08m e 5,39m, com nível médio de 4,13 m.

No mês de junho de 2013 a precipitação total foi de 8,2mm, tendo 25 dias sem chuvas e cinco dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 17 de junho, com 6,0 mm, representando 73% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em junho variou entre 2,37m e 3,08m, com nível médio de 2,76m.

No mês de julho de 2013 a precipitação total foi de 2,2 mm, que ocorreu apenas no dia 19 de julho. O nível do rio no posto Cajueiro do Teles Pires em julho variou entre 1,84m e 2,43m, com nível médio de 2,10m.

A **Figura 20** apresenta a precipitação acumulada diária, em milímetros, e o nível médio, máximo e mínimo, em metros, no posto UHE Teles Pires entre o período de 26 de fevereiro a 31 de julho de 2013. Para atender a resolução conjunta ANA/ANEEL n°. 3 de 2010, a estação telemétrica foi instalada no período de cheia do rio. No entanto, devido a ocorrência de depleção do nível do rio, nos períodos de 8 a 14 de maio, 19 a 21 de maio, 26 de maio a 22 de junho e 27 de junho a 12 de julho, o sensor de nível se posicionou fora d`agua, sendo que os valores de nível não foram registrados. A partir do dia 12 de julho o sensor foi realocado e continuou registrando e transmitindo seus dados de nível normalmente.



**Figura 20.** Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio, máximo e mínimo no posto UHE Teles Pires entre o período de 26 de fevereiro a 31 de julho de 2013.

Do dia 26 ao dia 28 de fevereiro de 2013 ocorreu precipitação total de 32,8mm, tendo um dia sem chuva e dois dias com precipitações. O maior registro de chuva ocorreu no dia 27 de fevereiro, com 18,2mm, representando 55% do total precipitado. Nesse período o nível do rio no posto UHE Teles Pires variou entre 11,61m e 12,00m, com nível médio de 11,87m.

O mês de março de 2013 registrou precipitação total de 387,8mm, tendo cinco dias sem chuvas e 26 dias com precipitações. O maior índice de chuva ocorreu no dia 14 de março, com 74,8mm, representando 19% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto UHE Teles Pires em março variou entre 11,00m e 12,67m, com nível médio de 11,60m.

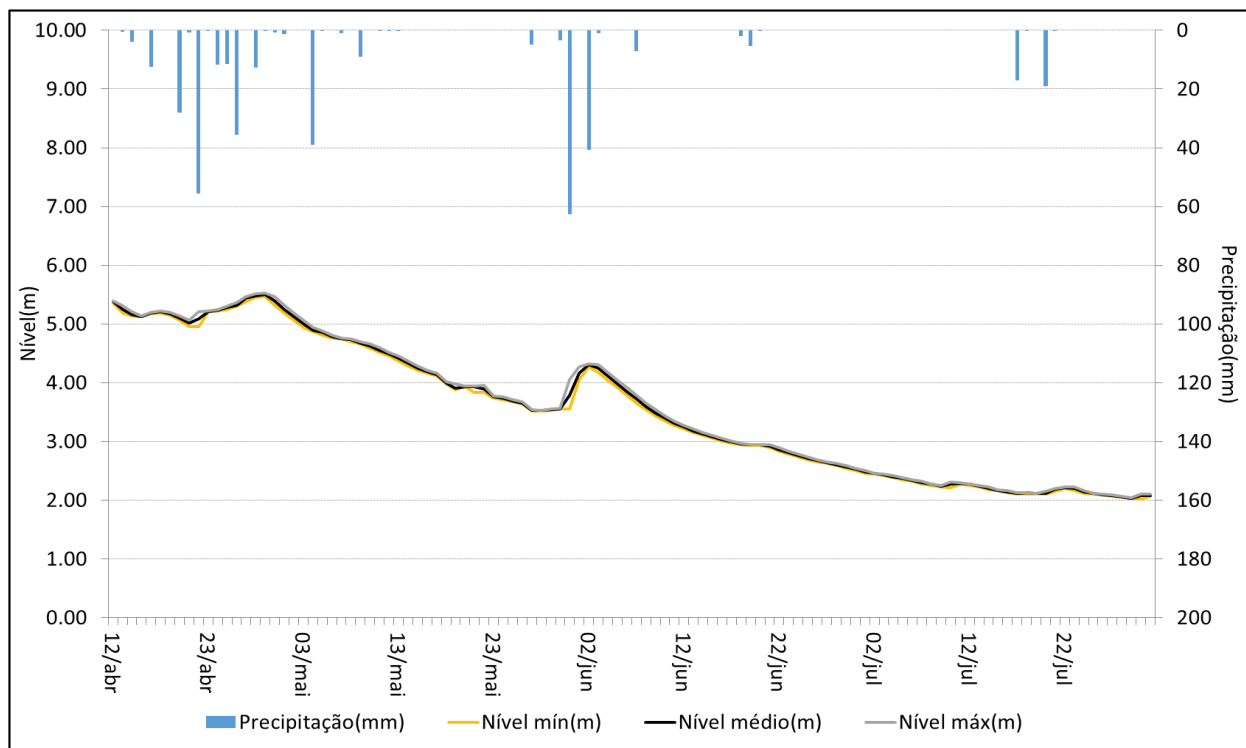
O mês de abril de 2013 registrou precipitação total de 185,6mm, tendo oito dias sem chuvas e 22 dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 25 de abril, com 40,4 mm, representando 22% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto UHE Teles Pires em abril variou entre 10,92m e 12,80m, com nível médio de 11,70m.

O mês de maio de 2013 registrou precipitação total de 90,6 mm, tendo nove dias sem chuvas e 21 dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 11 de maio, com 21,4 mm, representando 24% do total precipitado para todo o mês.

O mês de junho de 2013 registrou precipitação total de 30,0mm, tendo 26 dias sem chuvas e quatro dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 27 de junho, com 25,6mm, representando 85% do total precipitado para todo o mês.

O mês de julho de 2013 registrou precipitação total de 3,4mm, tendo 29 dias sem chuvas e dois dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 4 de julho, com 3,2mm, representando 94% do total precipitado para todo o mês.

A **Figura 21** apresenta a precipitação acumulada diária, em milímetros, e o nível médio, máximo e mínimo, em metros, no posto São Pedro do Paranaíta entre o período de 12 de abril a 31 de julho de 2013.



**Figura 21.** Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio, máximo e mínimo no posto São Pedro do Paranaíta entre o período de 12 de abril a 31 de julho de 2013.

Do dia 12 ao dia 30 de abril de 2013 ocorreu precipitação total de 183,0mm, tendo cinco dias sem chuva e 14 dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 22 de abril, com 55,6mm, representando 30% do total precipitado. O nível do rio no posto São Pedro do Paranaíta em abril variou entre 4,96m e 5,52m, com nível médio de 5,24m .

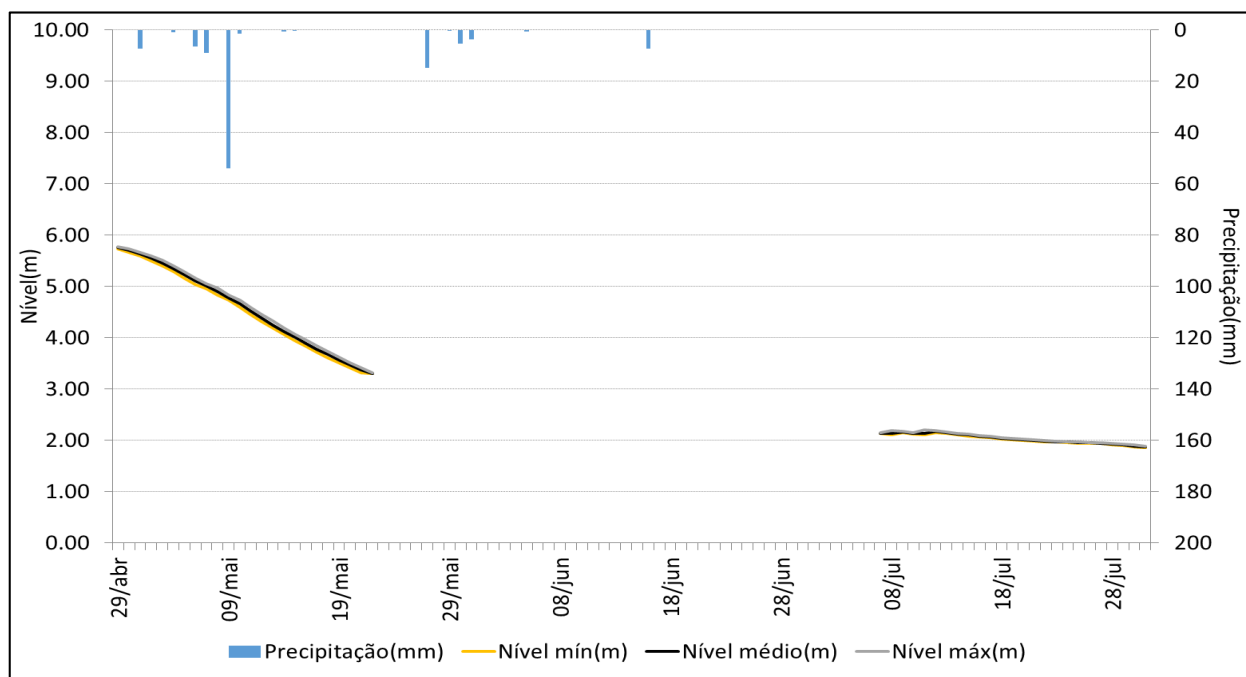
O mês de maio de 2013 registrou precipitação total de 122,0mm, tendo 20 dias sem chuvas e onze dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 31 de maio, com 62,6mm, representando 51% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto São Pedro do Paranaíta variou entre 3,52m e 5,32m, com nível médio de 4,24m.

No mês de junho de 2013 ocorreu precipitação total de 64,0mm, tendo 24 dias sem chuvas e seis dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 2 de junho, com 40,6mm, representando 63% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto São Pedro do Paranaíta variou entre 2,50m e 4,32m, com nível médio de 3,22m em junho.

No mês de julho de 2013 ocorreu precipitação total de 36,6mm, tendo 27 dias sem chuvas e quatro dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 20 de julho, com 19,0mm, representando 52% do total precipitado para todo o mês. O nível do rio no posto São Pedro do Paranaíta em julho variou entre 2,05m e 4,21m, com nível médio de 2,97m.

A **Figura 22** apresenta a precipitação acumulada diária, em milímetros, e o nível médio, máximo e mínimo, em metros, no posto Foz Peixoto de Azevedo entre o período de 29 de abril a 31 de julho de 2013.

Para atender a resolução conjunta ANA/ANEEL nº. 3 de 2010, a estação telemétrica foi instalada no período de cheia do rio. No entanto, devido a ocorrência de depleção do nível do rio, no período de 23 de maio a 6 de julho o sensor de nível se posicionou fora d'água, sendo que os valores de nível não foram registrados. O sensor de nível foi reposicionado no dia 7 de julho de 2013 e apesar de um curto período sem leituras, ressalta-se que as leituras das réguas foram feitas duas vezes ao dia por um leiturista local e desde o dia 07 de julho a estação telemétrica passou a registrar leituras a cada quinze minutos continuamente.



**Figura 22** - Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio, máximo e mínimo na estação Foz Peixoto de Azevedo entre o período de 29 de abril a 31 de julho de 2013.

Nos dias 29 e 30 de abril de 2013 não ocorreu precipitação. Nesse período o nível do rio no posto Jusante Foz Peixoto de Azevedo variou entre 5,67m e 5,78m, com nível médio de 5,72m .

O mês de maio de 2013 registrou precipitação de 103,4mm, tendo 19 dias sem chuvas e onze dias com precipitações. A maior taxa de chuva ocorreu no dia 9 de maio, com 53,8mm, representando 52% do total precipitado para todo o mês.

O mês de junho de 2013 registrou precipitação de 7,8 mm, tendo 28 dias sem chuvas e dois dias com precipitações. O maior índice de chuva ocorreu no dia 16 de junho, com 7,2mm, representando 92% do total precipitado para todo o mês.

No mês de julho de 2013 não ocorreu precipitação no posto Foz Peixoto de Azevedo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente relatório foram descritas as atividades realizadas durante o período de fevereiro a julho de 2013, que consistiram: no monitoramento das estações telemétricas; duas campanhas de medições de vazão; coleta de sedimentos em suspensão e de leito; determinação da granulometria do material de leito e de suspensão, concentração dos sedimentos em suspensão e descarga sólida em suspensão e total.

As estações telemétricas Jusante Foz Peixoto de Azevedo, Cajueiro do Teles Pires, São Pedro do Paranaíta e UHE Teles Pires estão em pleno funcionamento. Os dados de nível registrados pelos sensores estão sendo sempre analisados junto aos dados das régua limnimétricas que também estão operando corretamente.

Foi apresentado o comportamento hidrossedimentológico desde setembro de 2012 até julho de 2013, com o intuito de oferecer uma visão mais completa e bem documentada da área onde estará localizado o futuro reservatório da UHE Teles Pires.

As atividades do monitoramento hidrossedimentológico estão de acordo com o prazo previsto de execução do cronograma do PBA e em atendimento a Resolução Conjunta ANA/ANEEL n.º. 3 de 2010, sendo que não foi identificado qualquer ponto de atenção até o momento.



## 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.
- 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.
- 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.