
IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

4º RELATÓRIO SEMESTRAL

4º Relatório Semestral, referente ao Acompanhamento do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da Fase de Instalação. Período: de 01/01/2016 a 31/05/2016. Licença de Instalação - LI nº. 1017/2014 – IBAMA Processo n. 02001.004420/2007-65

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO, ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DO PROGRAMA			
Nome	Cargo	CTF	Assinatura
Keila C. Fernandes de Oliveira	Eng. Hídrica	6190874	<i>Keila C.F. Oliveira</i>
Luciana Cabral Nunes	Geóloga	5287039	<i>Luciana Nunes</i>
Karen Caroline Paiva da Silva	Eng. Agrícola	5808170	<i>Karen C.P. da Silva</i>
Tatiana Pilachevsky	Geógrafa	5531743	<i>Tatiana Pilachevsky</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	2
2.1. Operação da Rede Hidrológica	2
3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA.....	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
4.1. Instalação da Estação Hidrométrica UHE São Manoel Jusante 2	5
4.2. Medições de Vazão e Descargas Sólidas	7
4.3. Curva-chave de Vazão	17
4.4. Curvas-chave de Sedimento	20
4.5. Medidas de Precipitação e Vazão	21
5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)	26
6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO	27
7. REFERÊNCIAS.....	28

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1: Instalação da estação UHE São Manoel Jusante 2, incluindo: (a) e (b) vista geral da estação com o cercado; (c) e (d) referências de nível (RN's); (e) e (f) lance de réguas; (g) pluviômetro com *datalogger*; e (h) pluviômetro com placa solar 06
- Figura 4.2: Campanhas de campo realizadas nas estações hidrométricas da UHE São Manoel. (a) Estação telemétrica; (b) Seção de réguas; (c) RN (Referência de Nível); e (d) Medição de vazão com o molinete hidrométrico 07
- Figura 4.3: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 11 de fevereiro de 2016. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam velocidades maiores, enquanto que cores frias (tons de azul) indicam velocidades de correntes menores para a velocidade da água (veja legenda junto à figura). A parte preta indica um descarte da medição de velocidade da água próximo ao leito devido às incertezas referentes à alta reflexão do sinal *doppler* pela matéria orgânica, vegetação e transporte de sedimentos de arrasto; nesta região a velocidade da água é interpolada exponencialmente conferindo um melhor resultado. O limite branco junto à área cinza indica o leito do rio 09
- Figura 4.4: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Apicás, na estação UHE São Manoel Rio Apicás em 05 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 09
- Figura 4.5: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio da Teles Pires na estação UHE São Manoel Jusante 1 em 05 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 10
- Figura 4.6: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 06 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 10
- Figura 4.7: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 26 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 11
- Figura 4.8: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Jusante 1 em 25 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 11
- Figura 4.9: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Apicás na estação UHE São Manoel Rio Apicás em 25 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3 12
- Figura 4.10: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Q_{ss}) e sólidas totais (Q_{st}) na estação UHE São Manoel Montante nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 16

Figura 4.11: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE São Manoel Rio Apicás nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016	16
Figura 4.12: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE São Manoel Jusante 1 nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016	18
Figura 4.13: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Rio Apicás	18
Figura 4.14: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Montante	17
Figura 4.15: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 1	19
Figura 4.16: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 2	19
Figura 4.17: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Montante. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão	20
Figura 4.18: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Rio Apicás. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão	20
Figura 4.19: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 1. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão	21
Figura 4.20: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m ³ /s), na estação UHE São Manoel Jusante 1, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016	22
Figura 4.21: Correlação entre a estação UHE São Manoel Jusante 1 e a estação UHE São Manoel Rio Apicás	23
Figura 4.22: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m ³ /s), na estação UHE São Manoel Rio Apicás, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016	23
Figura 4.23: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m ³ /s), na estação UHE São Manoel Montante, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016	24
Figura 4.24: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m ³ /s), na estação UHE São Manoel Jusante 2, no período de 17 a 31 de maio de 2016	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Status dos indicadores e metas do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	04
Quadro 6.1: Atividades previstas e executadas no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Estações hidrométricas propostas para a UHE São Manoel. A estação UHE São Manoel Montante existe apenas para medições de descargas líquidas e sólidas, pois está localizada na mesma seção da estação hidrométrica UHE Teles Pires, cujos dados de nível d'água e pluviometria serão compartilhados para o presente estudo. A Estação UHE São Manoel Barramento será instalada até 30 dias antes do enchimento do reservatório	02
Tabela 4.1: Resumo das medições de hidrometria realizadas em fevereiro e maio de 2016 nas estações hidrométricas da UHE São Manoel	08
Tabela 4.2: Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em fevereiro de 2016	13
Tabela 4.3: Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em maio de 2016	14
Tabela 4.4: Descargas líquidas e sólidas das campanhas realizadas nas estações hidrométricas da UHE São Manoel. As descargas sólidas totais apresentadas foram calculadas pelo método de Colby (1957)	15

1. INTRODUÇÃO

O serviço “Programa Ambiental de Monitoramento Hidrossedimentológico para a UHE São Manoel” está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda**, e tem como principal objetivo acompanhar a evolução do aporte de sedimentos na área de influência direta do futuro reservatório da UHE São Manoel antes, durante e após a implantação do empreendimento.

Este serviço atende a Resolução Conjunta ANEEL/ANA N°. 03 de 10 de Agosto de 2010 e as condicionantes propostas na Licença Prévia (LP N° 473/2013, IBAMA) emitida pelo IBAMA para a UHE São Manoel, tendo como objetivo monitorar as descargas líquidas e sólidas dos rios Teles Pires e Apiacás no entorno do local de interesse da UHE São Manoel, localizada na divisa entre os estados do Mato Grosso e Pará.

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Neste relatório são apresentadas as principais atividades realizadas pela **VERACRUZ** entre os meses de janeiro e maio de 2016, as quais consistiram no monitoramento hidrológico e hidrossedimentológico das estações hidrométricas, com destaque às medições de descargas líquidas e descargas sólidas e instalação dos equipamentos da estação telemétrica UHE São Manoel Jusante 2.

2.1. Operação da Rede Hidrológica

Na **Tabela 2.1** é identificada e caracterizada a rede hidrométrica da UHE São Manoel, implantada de acordo com o Projeto de Instalação enviado para a ANA e no **ANEXO I** é apresentado o mapa com a localização das estações.

Tabela 2.2: Estações hidrométricas propostas para a UHE São Manoel. A estação UHE São Manoel Montante existe apenas para medições de descargas líquidas e sólidas, pois está localizada na mesma seção da estação hidrométrica UHE Teles Pires, cujos dados de nível d'água e pluviometria serão compartilhados para o presente estudo. A Estação UHE São Manoel Barramento será instalada até 30 dias antes do enchimento do reservatório.

NOME	LATITUDE	LONGITUDE	RIO	MUNICÍPIO	TIPO	SITUAÇÃO
UHE São Manoel Jusante 1	09°10'12"	-57°03'32"	Teles Pires	Jacareacanga/PA	PFDST	Operação
UHE São Manoel Rio Apiacás	09°11'32"	-57°04'07"	Apiacás	Jacareacanga/PA	PFDST	Operação
UHE São Manoel Jusante 2	08°51'35"	-57°25'10"	Teles Pires	Jacareacanga/PA	PFDT	Operação
UHE São Manoel Barramento	09°11'25"	-57°03'08"	Teles Pires	Jacareacanga/PA	L	Não instalada
TP06	09°11'15"	-57°02'34"	Teles Pires	Jacareacanga/PA	Q	Operação
UHE São Manoel Montante	09°20'37"	-56°46'34"	Teles Pires	Jacareacanga/PA	PFDST	Operação

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

A estação UHE São Manoel Jusante 2, inicialmente, seria instalada nas coordenadas 08° 56' 18" S / 57° 10' 44" O, no rio Teles Pires, a aproximadamente 40 km a jusante do futuro barramento da UHE São Manoel (local da estação Santa Rosa da UHE Teles Pires). Porém, sua instalação só seria possível após realização de supressão da vegetação em um trecho de pelo menos 25 metros por 25 metros, a fim de garantir o funcionamento adequado dos equipamentos de telemetria, que necessitam de espaço aberto para transmissão dos dados via satélite. Sendo assim, foi

*UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico*

encaminhado ao IBAMA o requerimento de supressão vegetal (em pequena escala) para instalação dessa estação hidrométrica, por meio do PARECER 02001.003699/2015-70/COHID/IBAMA que por sua vez, foi indeferido segundo OFÍCIO 02001.010369/2015-31 COHID/IBAMA, por intervir em espécies da flora ameaçadas.

Devido a não autorização de supressão vegetal no local e a fim de evitar tal procedimento também em outros locais dentro da APP do rio Teles Pires, que é formada por importantes espécies da flora, ameaçadas e protegidas por lei, foi sugerida a substituição do posto Jabuti (coordenadas 08°56'18"S / 57°10'44"O) para as coordenadas 08°51'34.95"S 57°25'09.84"O, também no rio Teles Pires e a aproximadamente 65 km a jusante da futura barragem da UHE São Manoel. No local já existe uma estação hidrométrica denominada Santa Rosa, monitorada pela Companhia Hidrelétrica Teles Pires e operada pela VERACRUZ em atendimento ao "Plano Básico Ambiental Indígena da UHE Teles Pires". Esta estação foi instalada em outubro de 2013, na qual são realizadas medições de descargas líquidas e sólidas a cada três meses, porém, os sensores de precipitação e nível da estação não operam por telemetria, ou seja, não transmitem seus dados em tempo real. A escolha desta estação para incorporar a rede hidrométrica da UHE São Manoel deve-se ao fato de não haver necessidade de supressão vegetal na região, além de que a telemetrização da estação Santa Rosa agregará importantes informações tanto para a usina de São Manoel, quanto para a Agência Nacional de Águas, na gestão dos recursos hídricos.

Por meio do Ofício nº 79/2016/SGH, de 09 de março de 2016, a Agência Nacional de Águas (ANA) aprovou o Projeto de Instalação das Estações Hidrométricas da UHE São Manoel, apresentado por meio do Parecer Técnico nº 117/SGH-ANA, de 08/03/2015, assim como, a alteração do posto Jabuti para estação Santa Rosa, que a partir de então, recebeu a nomenclatura de UHE São Manoel Jusante 2.

3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA

As metas e indicadores do presente Programa Ambiental estão sendo atendidas, conforme apresentado no **Quadro 3.1**.

Quadro 3.1: Status dos indicadores e metas do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

METAS	INDICADORES	STATUS DE ATENDIMENTO
Implantação e operação de 02 (duas) estações hidrossedimentométricas completas (estação sedimentométrica + fluviométricas + limnimétrica) em até 180 dias após o início das obras.	-	Atendido (As estações foram instaladas)
Realizar, no mínimo 4 medições de descargas líquidas/sólidas no ano para fins de definição e atualização das curvas chaves.	Número de falhas nas medições de descargas líquidas/sólidas.	Atendido (não houve falhas)
	Número de falha nas amostras de Sólidos em Suspensão e de fundo.	Atendido (não houve falhas)
	Número de falhas anuais nos laudos.	Atendido (não houve falhas)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens a seguir são apresentados os resultados obtidos nas campanhas de campo realizadas durante o primeiro semestre de 2016, bem como as análises evolutivas com base nos resultados acumulados de todas as campanhas.

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 reapresentá-la no presente relatório, mantendo o foco deste nos resultados alcançados e discussões técnicas pertinentes.

4.1. Instalação da Estação Hidrométrica UHE São Manoel Jusante 2

A equipe da **VERACRUZ** esteve em campo no dia 17 de maio de 2016 para dar início à instalação da estação UHE São Manoel Jusante 2 (**Figura 4.1**), quando foi realizada a limpeza do terreno; escavação da canaleta e utilização de tubos para enterramento do cabo que liga o sensor de nível; instalação do *datalogger* e pluviômetro; e construção do cercado com esteios de madeira. O lance de réguas e RN's foram aproveitados da estação Santa Rosa, instalada pela ANA (17410000), sendo que no local também se encontra instalada a Estação 2 (Santa Rosa), de monitoramento da Companhia Hidrelétrica Teles Pires (CHTP).

O *datalogger* instalado na estação UHE São Manoel Jusante 2, é um equipamento desenvolvido pela JLGS Geoservices, o qual envia dados através da rede de constelação de satélites Iridium. É equipado com um poderoso receptor de GPS e uma entrada para antena externa, permitindo a sincronização e correção automática do relógio interno com o relógio atômico do sistema GPS. A memória interna é de 4MB do tipo *flash*, o que permite o armazenamento de até 349.184 amostras, sendo possível armazenar dados por até 3.637 dias no padrão da Agência Nacional de Águas – ANA. Possui uma fonte de 24 v de baixo ruído, capaz de fornecer alimentação aos sensores de nível e chuva, e um tempo de leitura maior que 1 segundo, atendendo as especificações de todos esses tipos de sensores do mercado. O pluviômetro instalado é do modelo S-RGB-M002 com taxa de medição máxima de 1.270 mm/hora e precisão de 0,2 mm, e o sensor de nível de água, sensor de pressão, é do modelo GLT500, com compensação automática de variações barométricas, possuindo faixa de medição de 0 a 15 metros.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico



Figura 4.2: Instalação da estação UHE São Manoel Jusante 2, incluindo: (a) e (b) vista geral da estação com o cercado; (c) e (d) referências de nível (RN's); (e) e (f) lance de réguas; (g) pluviômetro com *datalogger*; e (h) pluviômetro com placa solar.

4.2. Medições de Vazão e Descargas Sólidas

Entre os meses de janeiro e junho de 2016 foram realizadas duas campanhas de medição de vazão e coleta de sedimentos nas estações hidrométricas (**Figura 4.2**).

Os principais resultados das medições de vazão realizadas nas campanhas de fevereiro e maio de 2016 são apresentados na **Tabela 4.1**. As **Figuras 4.3 a 4.9** 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. A medição de maio de 2016 da estação São Manoel Jusante 2 foi realizada com o molinete hidrométrico. Os detalhes das medições de vazão são apresentados no **ANEXO II**.



Figura 4.2: Campanhas de campo realizadas nas estações hidrométricas da UHE São Manoel. (a) Estação telemétrica; (b) Seção de réguas; (c) RN (Referência de Nível); e (d) Medição de vazão com o molinete hidrométrico.

Tabela 4.1: Resumo das medições de hidrometria realizadas em fevereiro e maio de 2016 nas estações hidrométricas da UHE São Manoel.

LOCAL	Data e horário do início da medição	Vazão (m ³ /s)	Largura (m)	Velocidade média (m/s)	Área (m ²)
UHE São Manoel Montante	11/02/2016-17:58h	2.890,366 ± 89,171	224,034 ± 4,731	0,881 ± 0,026	3.283,571±109,925
UHE São Manoel Rio Apiacás	05/02/2016-08:20h	506,008±7,597	106,776±1,302	0,541±0,007	935,220±9,270
UHE São Manoel Jusante 1	05/02/2016 - 11:25h	3.978,103±39,693	296,629±4,227	0,673±0,016	5.914,032±102,597
UHE São Manoel Jusante 2	06/02/2016-12:30h	4.767,038±50,799	389,497±1,312	1,050±0,014	4.540,023±23,772
UHE São Manoel Montante	26/06/2016- 12:09h	670,373±1,669	195,594±0,085	0,295±0,004	2.273,523±32,897
UHE São Manoel Rio Apiacás	25/06/2016-15:04h	61,660±2,055	107,425±1,163	0,095±0,002	647,218±8,755
UHE São Manoel Jusante 1	25/06/2016-17:25h	890,568±25,548	279,305±2,302	0,173±0,006	5.134,407±28,152
UHE São Manoel Jusante 2	18/05/2016-10:22h	1.898,308±46,337	385	0,482 ± 0,012	3937,775

As medições de descargas líquidas das estações da UHE São Manoel, referentes a campanha de campo de maio de 2016, foram realizadas com o molinete hidrométrico. Sendo assim, os resultados obtidos só foram possíveis de serem avaliados, em escritório, após o fim da campanha.

A análise em escritório mostrou que os dados de vazão obtidos para as estações UHE São Manoel Jusante 1, UHE São Manoel Rio Apiacás e UHE São Manoel Montante ficaram abaixo da média esperada para o mês, de forma que se optou por descartá-las e realizar uma nova medição, nessas estações, em junho de 2016 utilizando-se o ADCP.

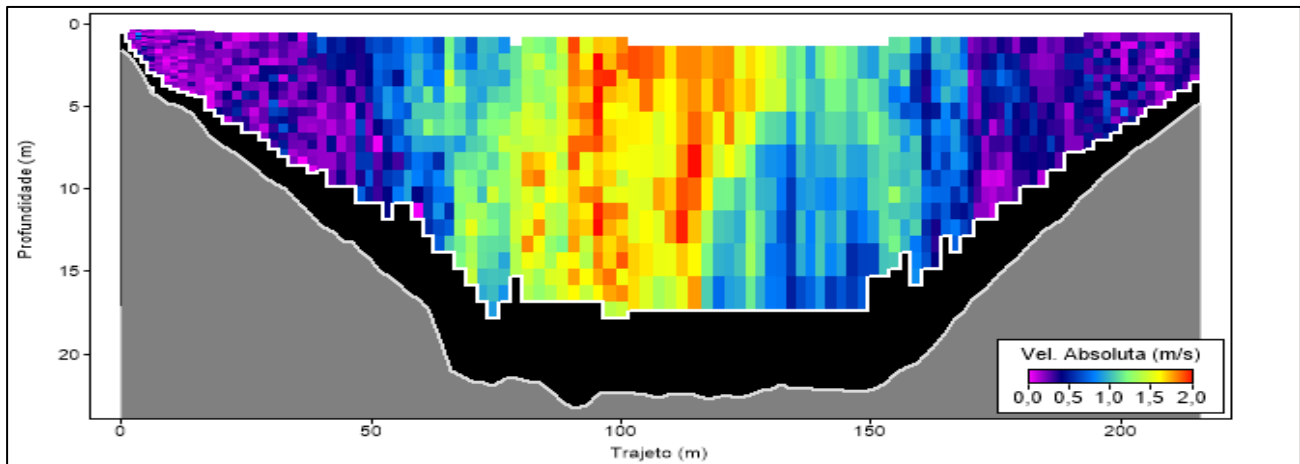


Figura 4.3: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 11 de fevereiro de 2016. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam velocidades maiores, enquanto que cores frias (tons de azul) indicam velocidades de correntes menores para a velocidade da água (veja legenda junto à figura). A parte preta indica um descarte da medição de velocidade da água próximo ao leito devido às incertezas referentes à alta reflexão do sinal *doppler* pela matéria orgânica, vegetação e transporte de sedimentos de arrasto; nesta região a velocidade da água é interpolada exponencialmente conferindo um melhor resultado. O limite branco junto à área cinza indica o leito do rio.

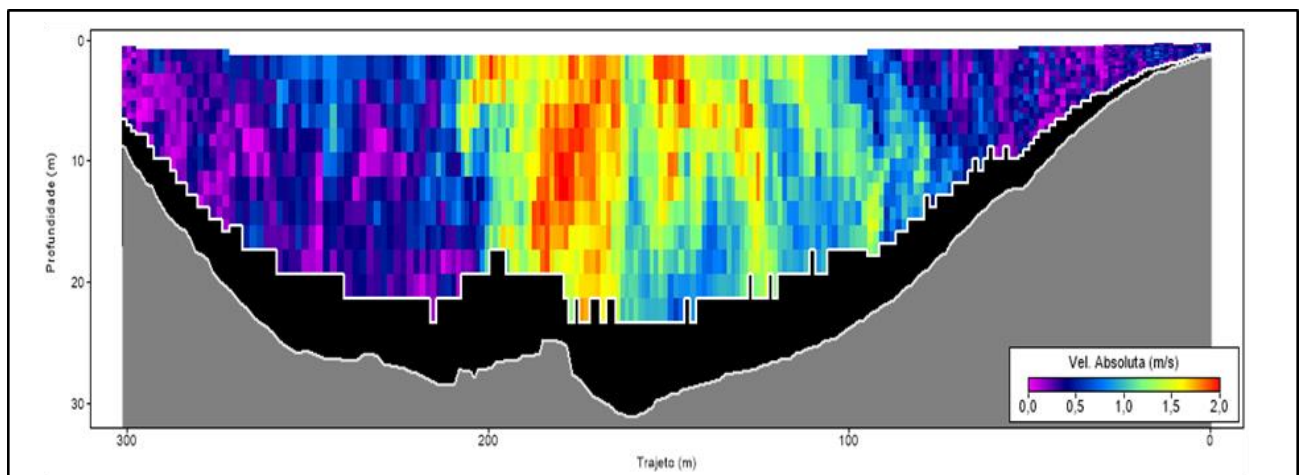


Figura 4.4: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Apicás, na estação UHE São Manoel Rio Apicás em 05 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico*

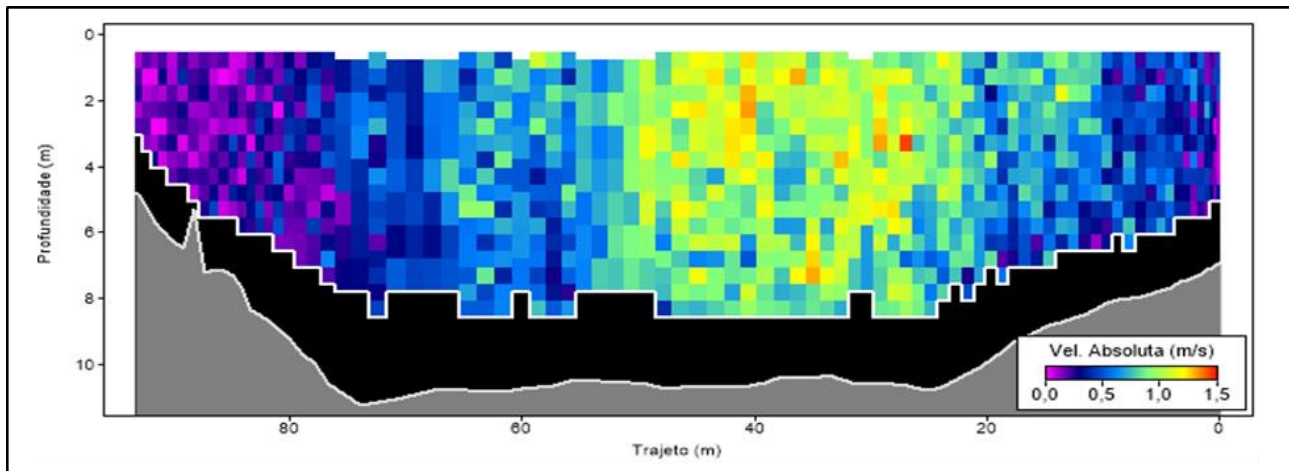


Figura 4.5: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio da Teles Pires na estação UHE São Manoel Jusante 1 em 05 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

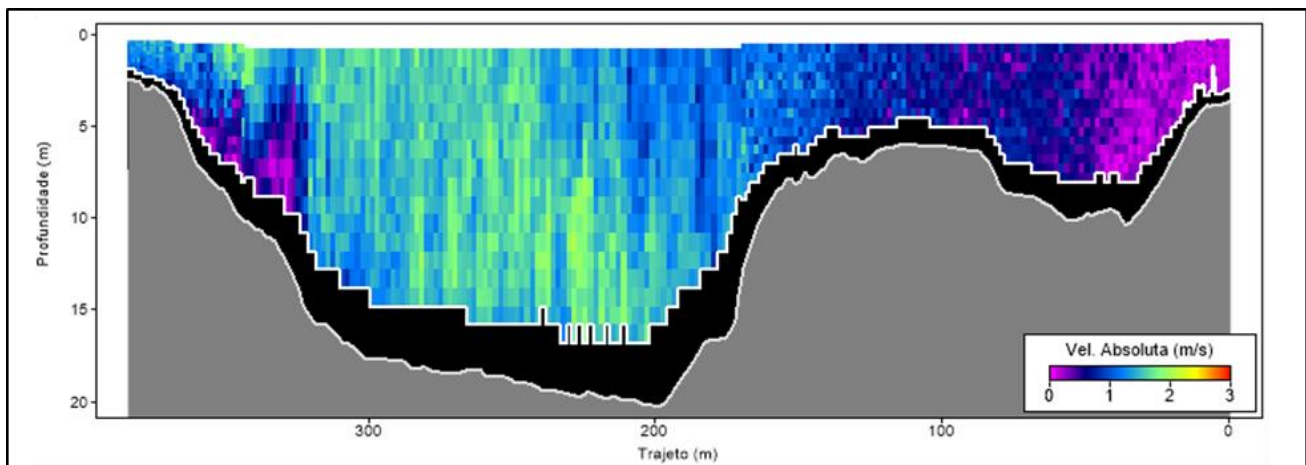


Figura 4.6: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 06 de fevereiro de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico*

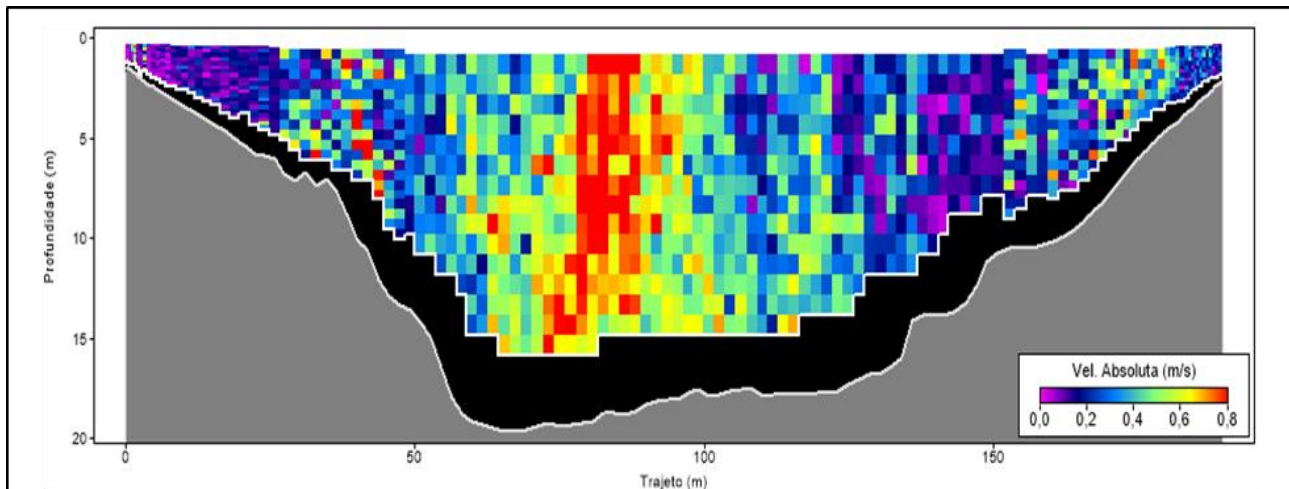


Figura 4.7: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Montante em 26 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

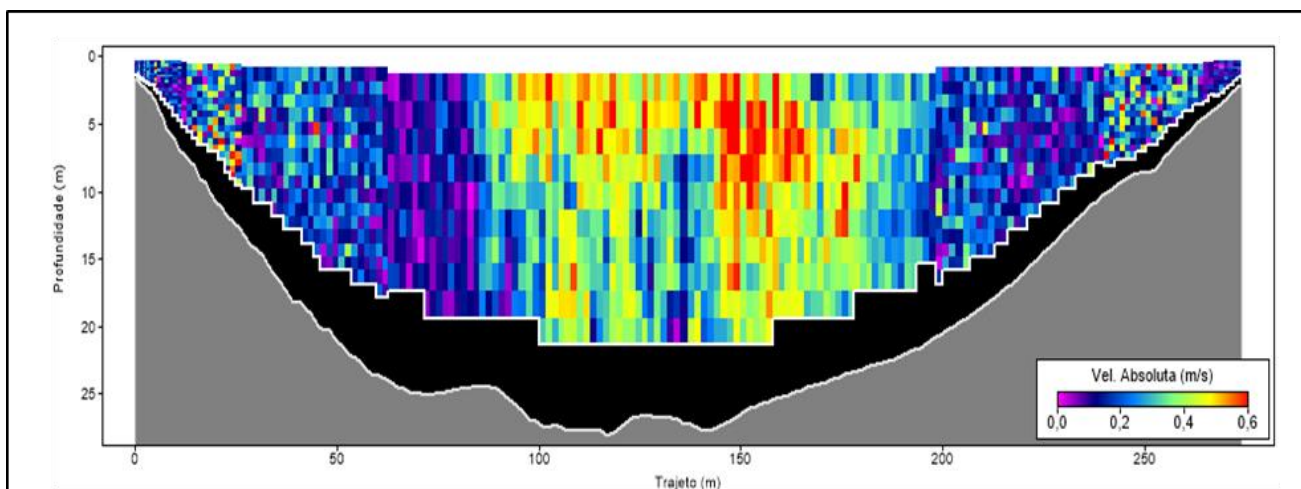


Figura 4.8: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Teles Pires na estação UHE São Manoel Jusante 1 em 25 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

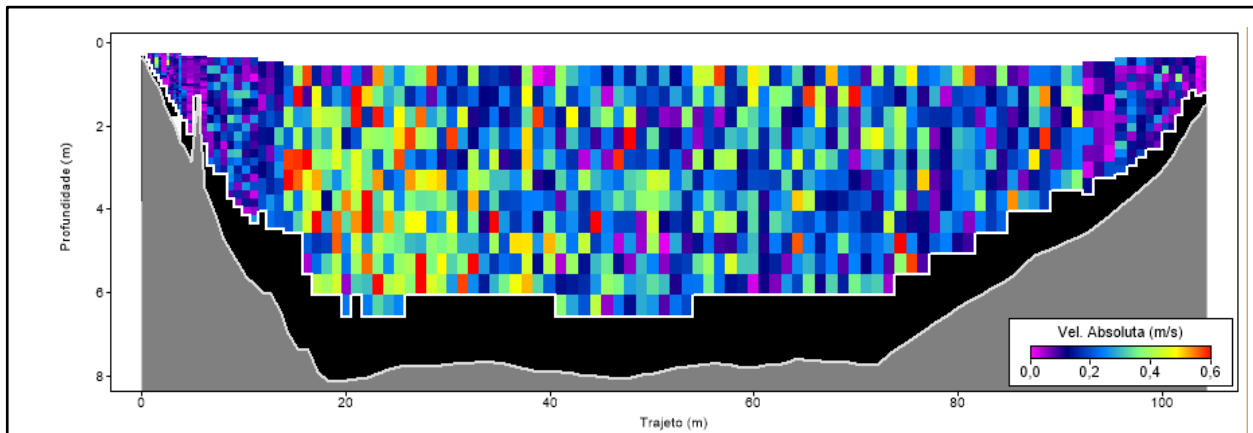


Figura 4.9: Resultado da medida de velocidade da água e vazão com o ADCP no rio Apicás na estação UHE São Manoel Rio Apicás em 25 de junho de 2016. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da Figura 4.3.

Juntamente com as medições de vazão também foram coletadas amostras de sedimentos em suspensão e de leito nas estações UHE São Manoel Montante, UHE São Manoel Jusante 1 e UHE São Manoel Rio Apicás. Nas **Tabela 4.2** e **Tabela 4.3** são apresentadas as concentrações dos materiais em suspensão e as granulometrias dos materiais de suspensão e leito referentes as amostras coletadas nas campanhas de fevereiro e maio de 2016. Os detalhes das análises de sedimentos são apresentados no **ANEXO III**.

Tabela 4.2: Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em fevereiro de 2016.

		UHE SÃO MANOEL JUSANTE 1	UHE SÃO MANOEL RIO APIACÁS	UHE SÃO MANOEL MONTANTE
LEITO	D10 (mm)	0,144	0,080	0,333
	D30 (mm)	0,200	0,137	0,531
	D35 (mm)	0,214	0,148	0,618
	D50 (mm)	0,260	0,183	0,880
	D60 (mm)	0,310	0,206	1,115
	D65 (mm)	0,335	0,218	1,299
	D75 (mm)	0,386	0,241	1,666
	D90 (mm)	0,461	0,690	3,047
	Cascalho (%)	0,00	0,00	15,93
	Areia Grossa (%)	0,08	6,78	27,19
	Areia Média (%)	51,88	14,41	55,99
	Areia Fina (%)	48,02	74,44	0,88
	Silte + Argila (%)	0,02	4,37	0,01
SUSPENSÃO	Areia (%)	9,6	6,4	7,3
	Silte (%)	46,7	70,6	46,0
	Argila (%)	43,7	23,0	46,7
	Concentração (ppm)	24,24	43,34	10,67

Tabela 4.3: Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em maio de 2016.

		UHE SÃO MANOEL JUSANTE 1	UHE SÃO MANOEL RIO APIACÁS	UHE SÃO MANOEL MONTANTE
LEITO	D10 (mm)	0,138	0,079	0,133
	D30 (mm)	0,192	0,126	0,190
	D35 (mm)	0,206	0,136	0,204
	D50 (mm)	0,247	0,168	0,247
	D60 (mm)	0,297	0,189	0,303
	D65 (mm)	0,324	0,200	0,332
	D75 (mm)	0,377	0,221	0,392
	D90 (mm)	0,457	0,278	0,482
	Cascalho (%)	0,00	0,00	0,00
	Areia Grossa (%)	0,27	0,00	2,85
	Areia Média (%)	48,51	11,05	45,93
	Areia Fina (%)	50,90	85,93	49,88
	Silte + Argila (%)	0,33	3,03	1,34
SUSPENSÃO	Areia (%)	8,4	3,5	46,8
	Silte (%)	40,8	57,1	19,2
	Argila (%)	50,8	39,4	34,0
	Concentração (ppm)	12,61	17,57	10,85

Para melhor acompanhamento da variação das descargas líquidas e sólidas nas estações, a **Tabela 4.4** apresenta um resumo com os principais resultados obtidos desde o início do monitoramento (fevereiro de 2015).

Tabela 4.4: Descargas líquidas e sólidas das campanhas realizadas nas estações hidrométricas da UHE São Manoel. As descargas sólidas totais apresentadas foram calculadas pelo método de Colby (1957).

		UHE SÃO MANOEL MONTANTE	UHE SÃO MANOEL RIO APIACÁS	UHE SÃO MANOEL JUSANTE 1	UHE SÃO MANOEL JUSANTE 2
Fev/15	Q (m ³ /s)	4.631,939±51,399	1.089,027±17,124	6.367,369±65,332	-
	Qsa (t/dia)	16	2	24	-
	Qss (t/dia)	7.215	2.636	9.286	-
	Qst (t/dia)	15.256	4.936	17.037	-
Mai/15	Q (m ³ /s)	3.858,346±127,490	990,954 ±14,048	4.708,360 ±01,726	-
	Qsa (t/dia)	11	1	9	-
	Qss (t/dia)	3.520	1.806	5.569	-
	Qst (t/dia)	7.514	4.821	19.028	-
Ago/15	Q (m ³ /s)	572,413±11,070	57,372±1,322	893,453±12,283	-
	Qsa (t/dia)	2,37	9	5	-
	Qss (t/dia)	403	40	515	-
	Qst (t/dia)	531	45	669	-
Nov/15	Q (m ³ /s)	819,784±22,752	32,154±5,036	795,666±13,093	-
	Qsa (t/dia)	1,25	8	9	-
	Qss (t/dia)	678	24	683	-
	Qst (t/dia)	967	26	830	-
Fev/16	Q (m ³ /s)	2.890,366 ± 89,171	506,008±7,597	3.978,103±39,693	4.767,038 ±50,799
	Qsa (t/dia)	2,37	1,43	1,45	-
	Qss (t/dia)	2.665	1.895	8.331	-
	Qst (t/dia)	5.151	2.512	12.433	-
Mai/16*	Q (m ³ /s)	670,373±1,669	61,660±2,055	890,568±25,548	1.898,308± 46,337
	Qsa (t/dia)	6,25	1,26	8	-
	Qss (t/dia)	628	94	970	-
	Qst (t/dia)	835	101	1.166	-

*Na campanha de maio de 2016, as amostras das estações UHE São Manoel Montante, UHE São Manoel Apiacás e UHE São Manoel Jusante 1, se referem às coletas realizadas em junho de 2016.

As Figuras 4.10 a 4.12 apresentam as descargas sólidas totais e de suspensão calculadas para as estações sedimentométricas da UHE São Manoel, compreendendo todo o período de monitoramento.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

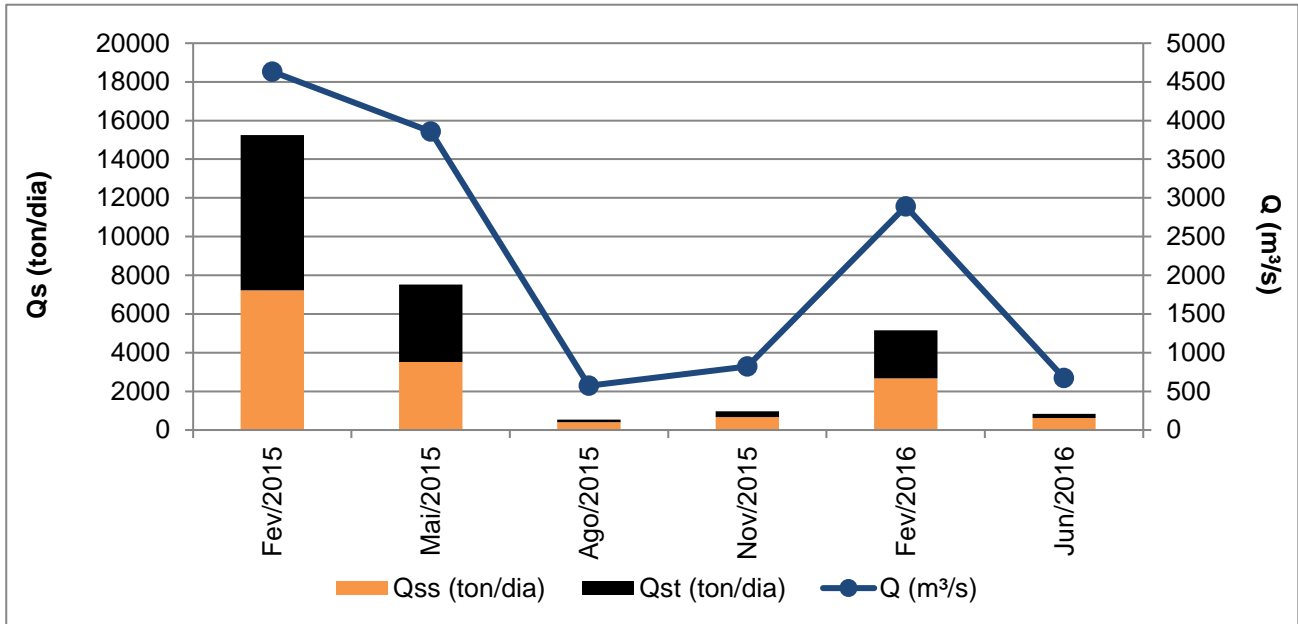


Figura 4.10: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE São Manoel Montante nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e junho de 2016.

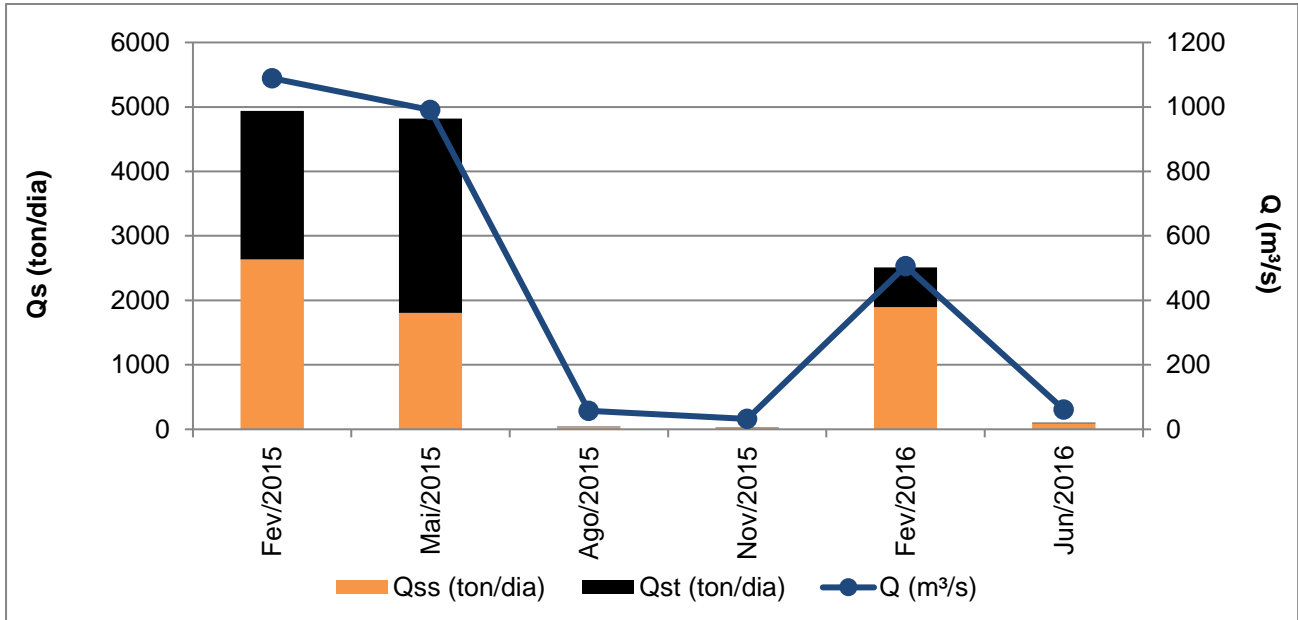


Figura 4.11: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE São Manoel Rio Apiacás nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e junho de 2016.

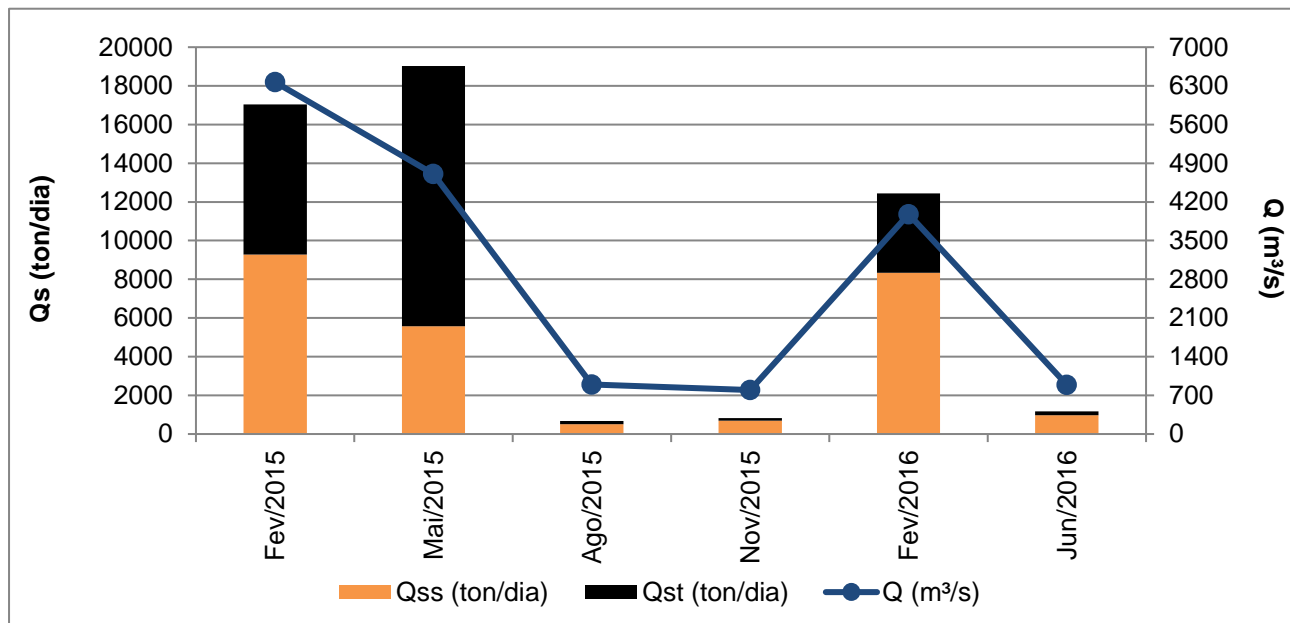


Figura 4.12: Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE São Manoel Jusante 1 nas campanhas realizadas entre fevereiro de 2015 e junho de 2016.

4.3. Curva-chave de Vazão

Foram traçadas curvas-chave de vazão preliminares para as estações hidrométricas da UHE São Manoel, a partir das medições de vazão efetuadas em 2015 e início de 2016, visando à transformação de uma série histórica de nível em uma série de vazão.

Para o traçado das curvas-chave das estações hidrométricas foi utilizada a função de otimização *solver do Excel*, pelo método GRG não linear, com o objetivo de minimizar a soma do quadrado dos desvios. As curvas-chave das estações apresentaram em geral coeficiente de determinação satisfatórios (**Figuras 4.13 a 4.16**), porém, é necessário um maior número de medições para melhor ajuste das curvas e extrapolação do ramo alto.

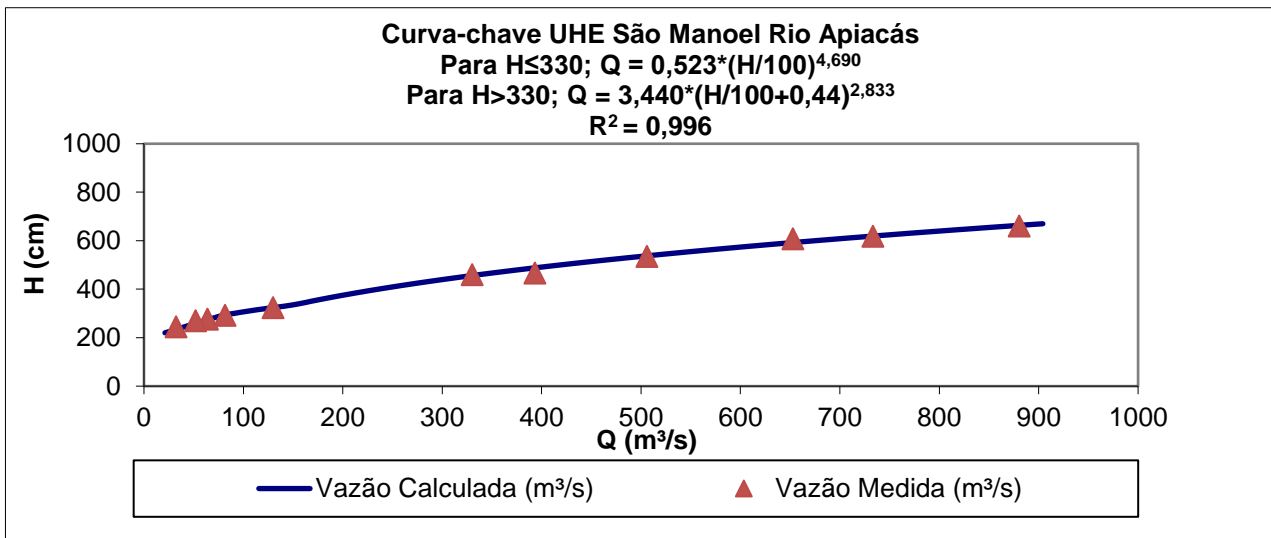


Figura 4.33: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Rio Apicás.

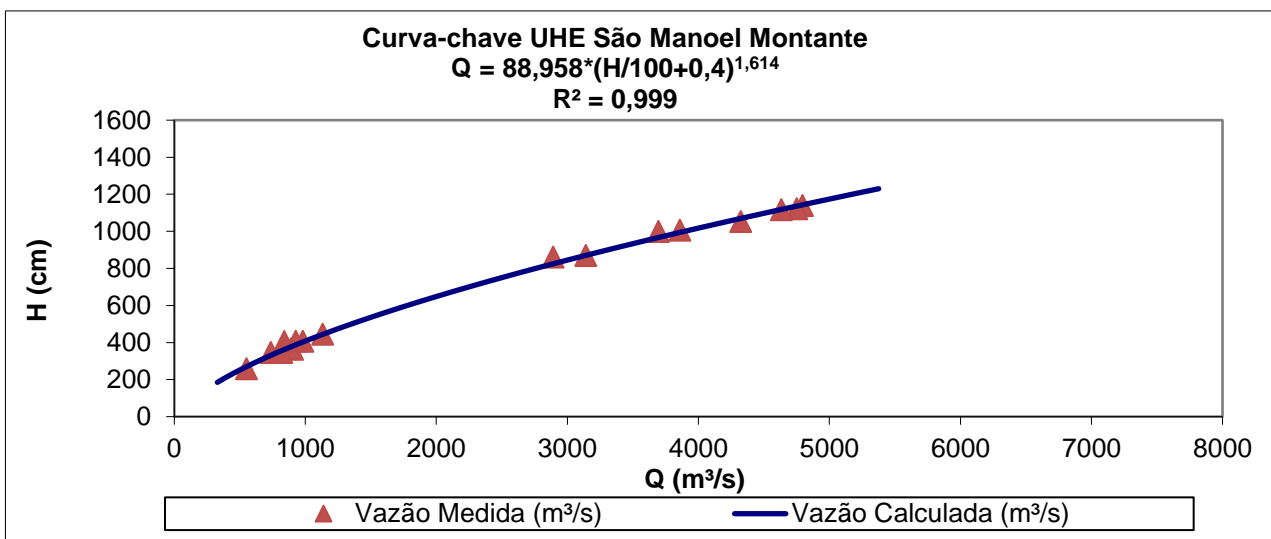


Figura 4.44: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Montante.

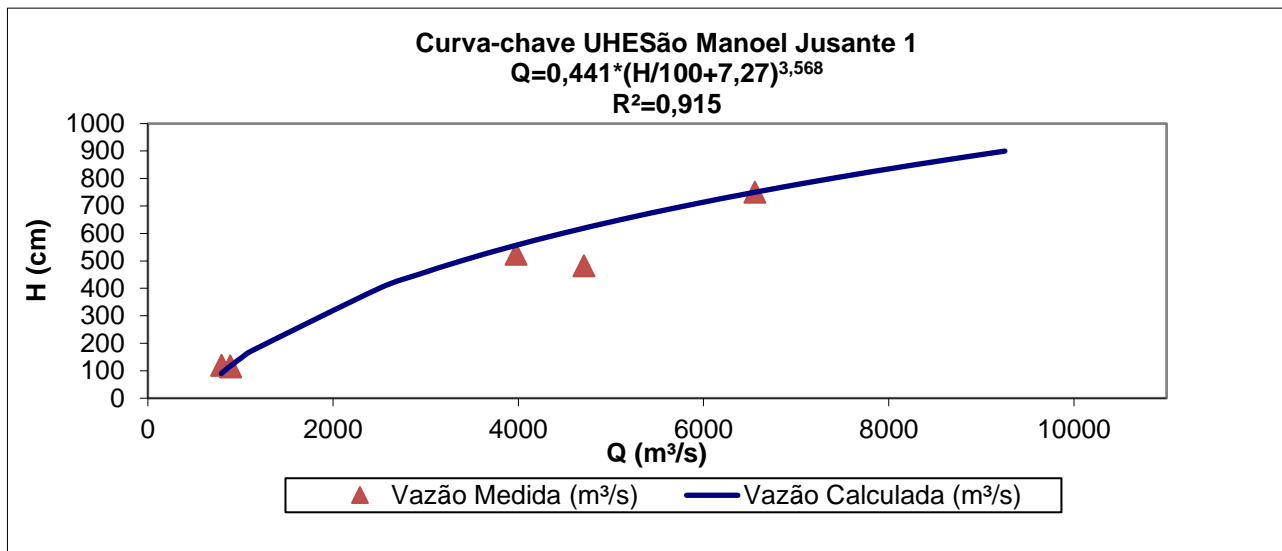


Figura 4.55: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 1.

No local onde se encontra instalada a estação UHE São Manoel Jusante 2, já vem sendo realizado um monitoramento pela Hidrelétrica Teles Pires, em atendimento ao “Plano Básico Ambiental Indígena da UHE Teles Pires”, desde dezembro de 2013. Desta forma, considerando a série histórica de medição no local, para a estação UHE São Manoel Jusante 2 foi possível elaborar a curva-chave de vazão (**Figura 4.16**), e a partir da curva-chave realizar a conversão dos dados de nível em vazão.

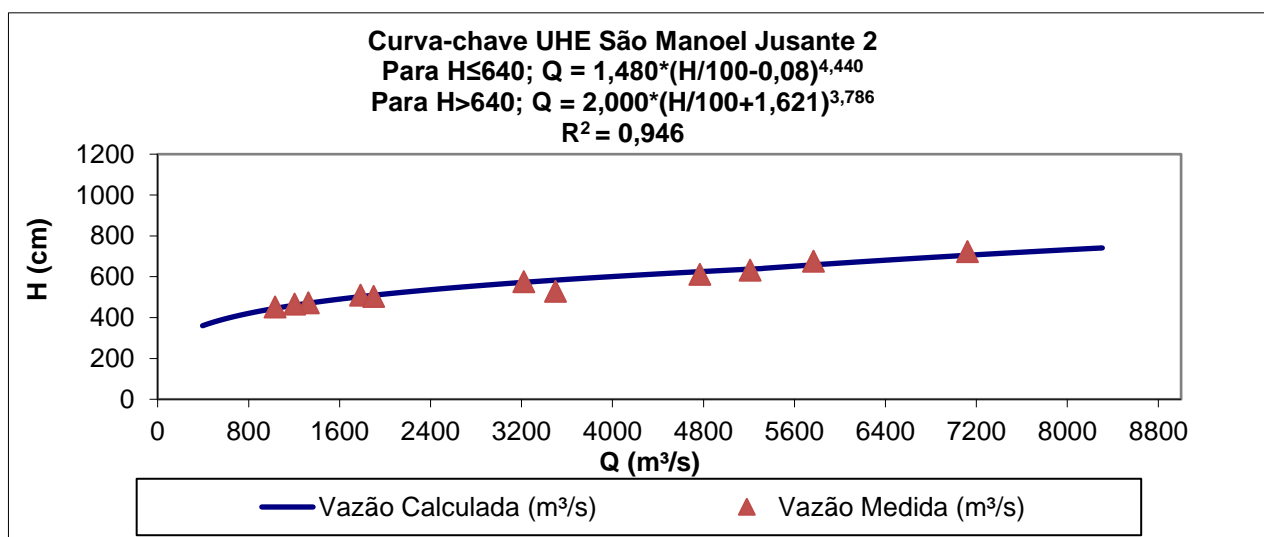


Figura 4.66: Curva-chave de vazão da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 2.

4.4. Curvas-chave de Sedimento

A seguir são apresentadas as curvas-chave de sedimento atualizadas para as estações hidrométricas da UHE São Manoel (**Figuras 4.17 a 4.19**). As curvas-chave preliminares traçadas para as estações apresentara de uma forma geral um bom ajuste, sendo que o índice de determinação mínimo obtido foi de 0,9501 na estação UHE São Manoel Jusante 1 e máximo de 0,9725 na estação UHE São Manoel Montante.

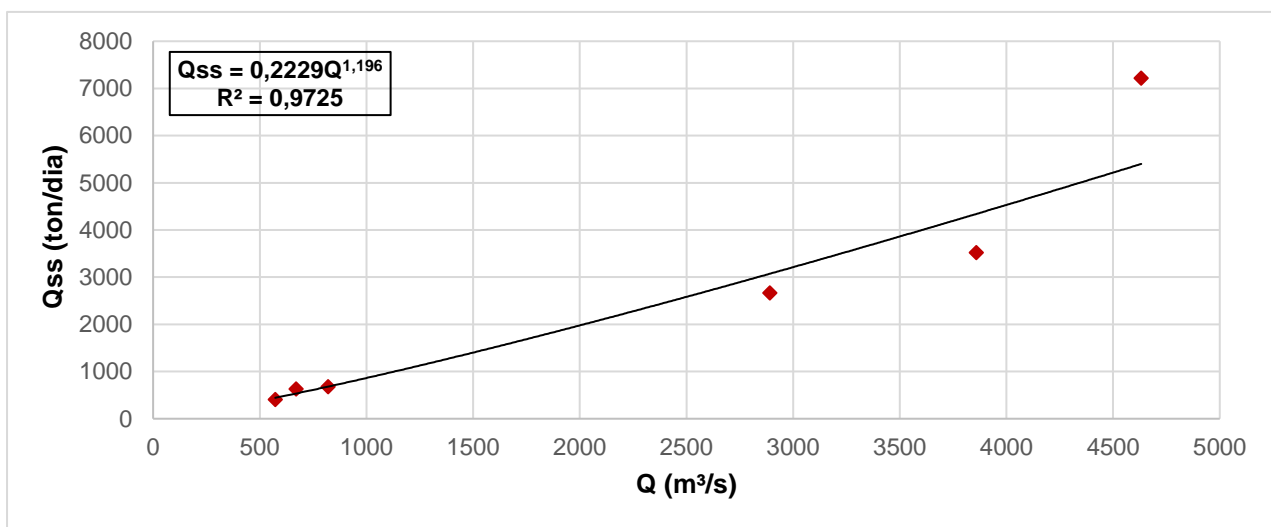


Figura 4.77: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Montante. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

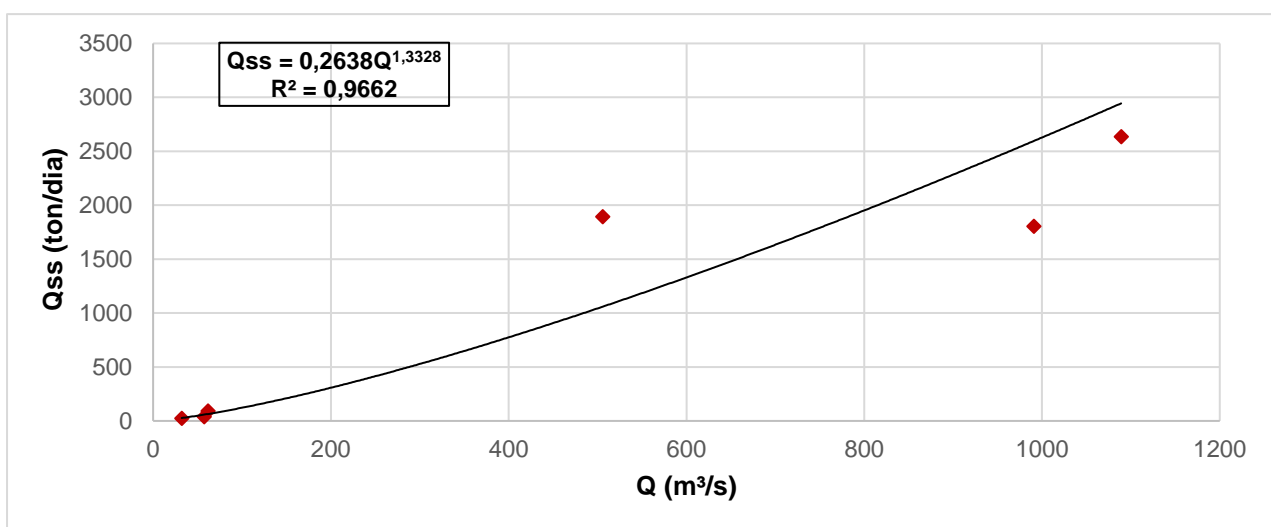


Figura 4.88: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Rio Apicás. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

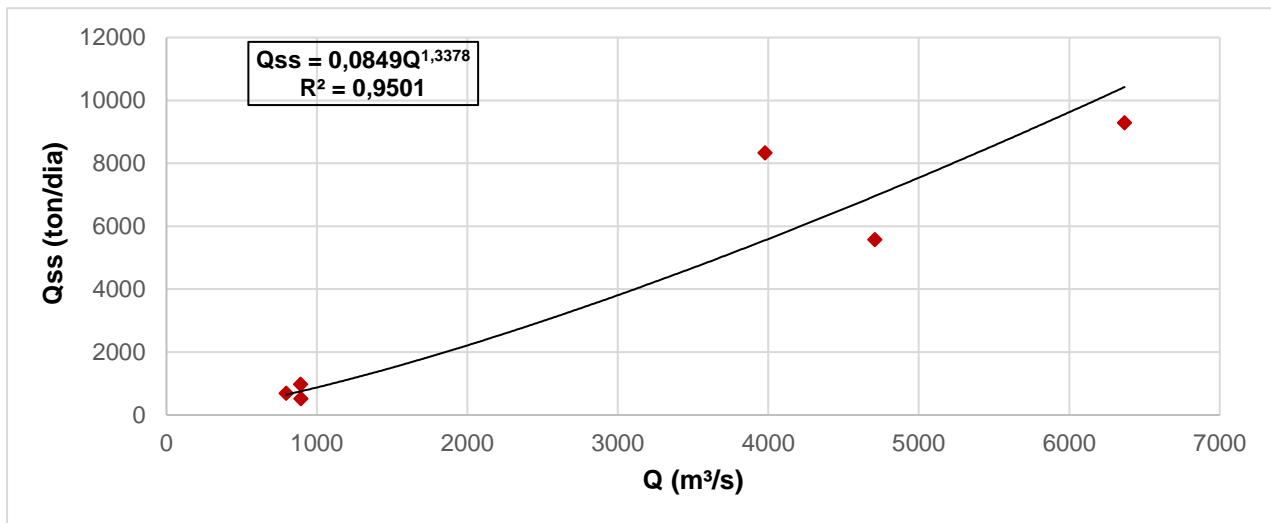


Figura 4.99: Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica UHE São Manoel Jusante 1. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

4.5. Medidas de Precipitação e Vazão

A partir da determinação da curva-chave e da coleta dos dados de nível do rio, foi possível apresentar o gráfico com os dados de vazão das estações hidrométricas da UHE São Manoel, no período de janeiro a maio de 2016. Os dados brutos de precipitação e nível coletados pelos sensores das estações são apresentados no **ANEXO IV** e os detalhes com os dados diários de nível ajustado, vazão e precipitação são apresentados no **ANEXO V**.

O gráfico da **Figura 4.20** apresenta as vazões médias diárias (m³/s) e precipitação acumulada diária (mm) da estação UHE São Manoel Jusante 1, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

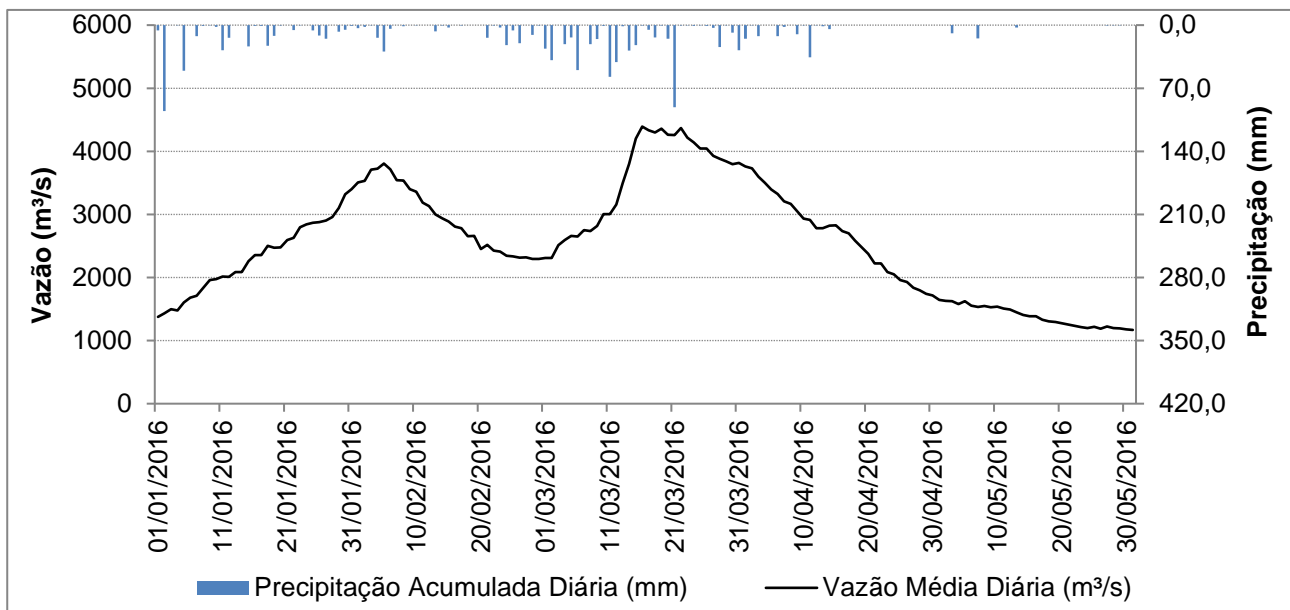


Figura 4.20: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m³/s), na estação UHE São Manoel Jusante 1, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016.

A estação UHE São Manoel Rio Apiacás apresentou falhas de registro de dados de nível durante o período em análise, de 22 de janeiro a 23 de maio, ocasionado por problemas no *datallogger*, sendo assim, foi realizado o preenchimento de vazão, a partir do método de regressão linear, utilizando como apoio a estação UHE São Manoel Jusante 1.

A série de vazões diárias da estação Apiacás foi então correlacionada com a série de vazões da estação Jusante 1, considerando os períodos em que ambas as estações operaram normalmente. A correlação entre as estações apresentou um R² satisfatório de 0,9904 (**Figura 4.21**), o que permitiu então o preenchimento das falhas da estação Apiacás, sendo que o gráfico com as vazões diárias da estação é apresentado na **Figura 4.22**.

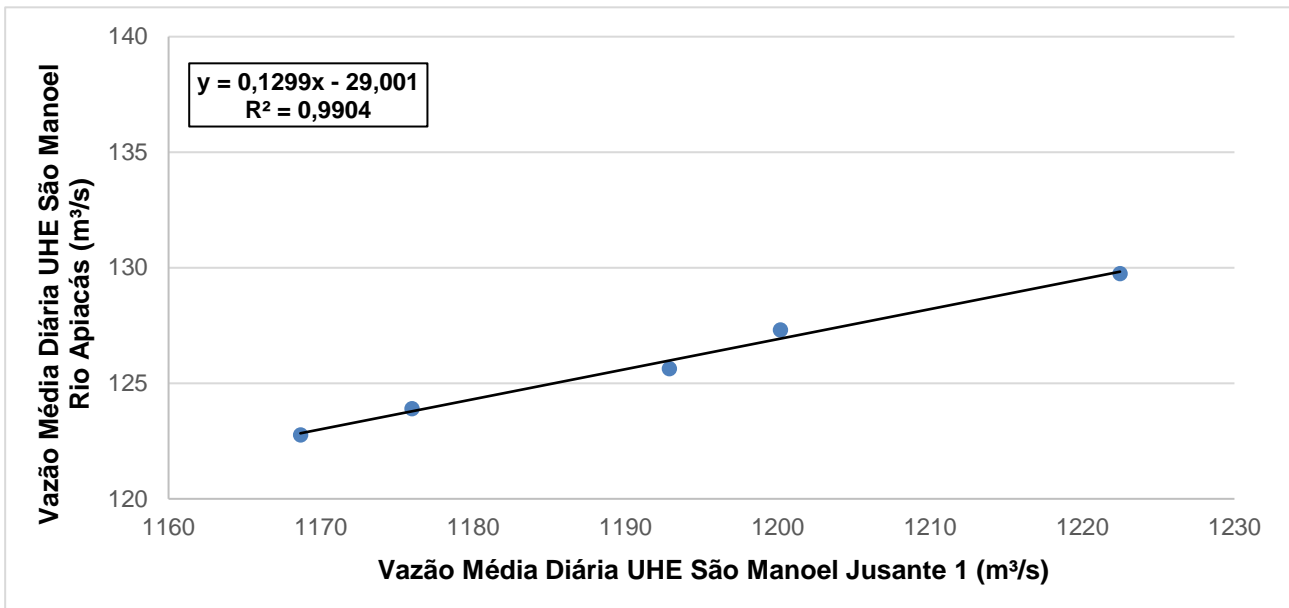


Figura 4.21: Correlação entre a estação UHE São Manoel Jusante 1 e a estação UHE São Manoel Rio Apiacás.

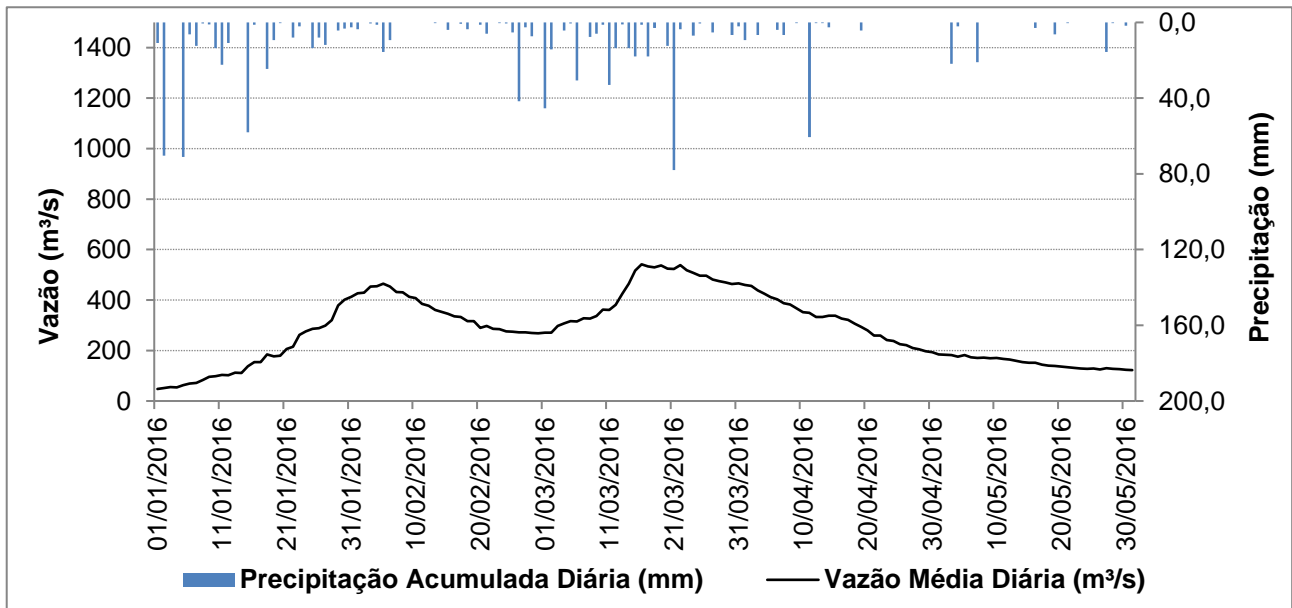


Figura 4.22: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m³/s), na estação UHE São Manoel Rio Apiacás, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

O gráfico da **Figura 4.23** apresenta as vazões médias diárias (m^3/s) e precipitação acumulada diária (mm) da estação UHE São Manoel Montante, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016.

Durante o período em análise, a estação apresentou falhas de registro de dados de nível durante o período em análise, sendo assim, foi realizado o preenchimento de vazão, a partir dos dados de nível medidos pela equipe do controle de operação da UHE Teles Pires, efetuados a montante e a jusante da barragem.

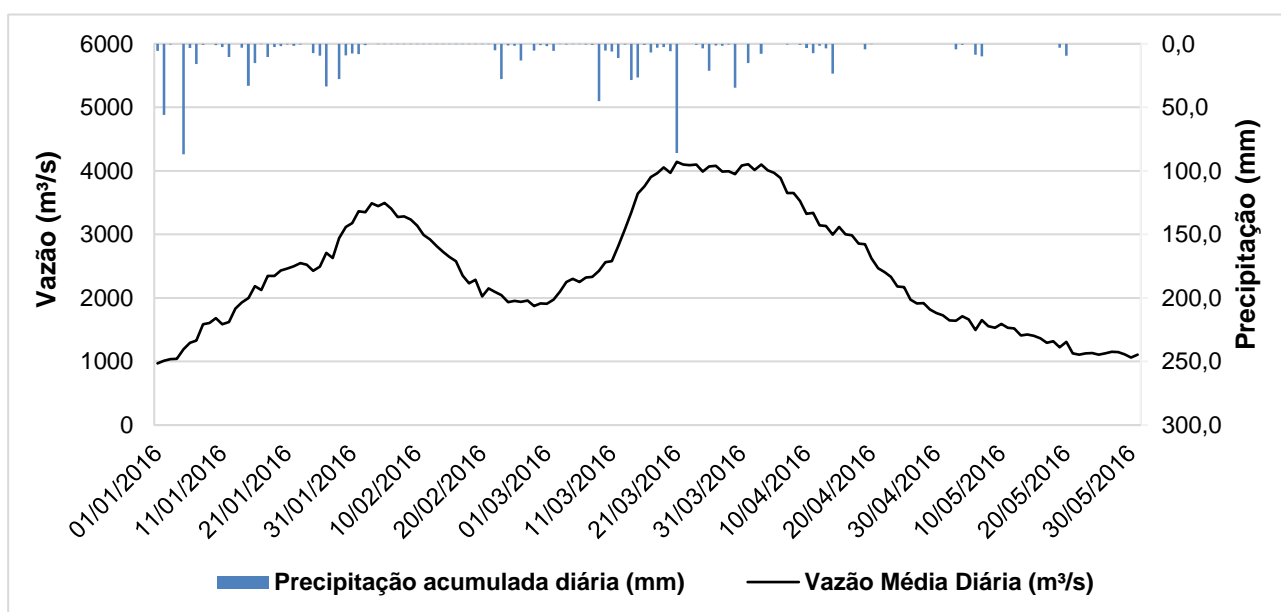


Figura 4.23: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m^3/s), na estação UHE São Manoel Montante, no período de 01 de janeiro de 2016 a 31 de maio de 2016.

O gráfico da **Figura 4.24** apresenta as vazões médias diárias (m^3/s) e precipitação acumulada diária (mm) da estação UHE São Manoel Jusante 2, no período de 17 a 31 de maio de 2016.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico*

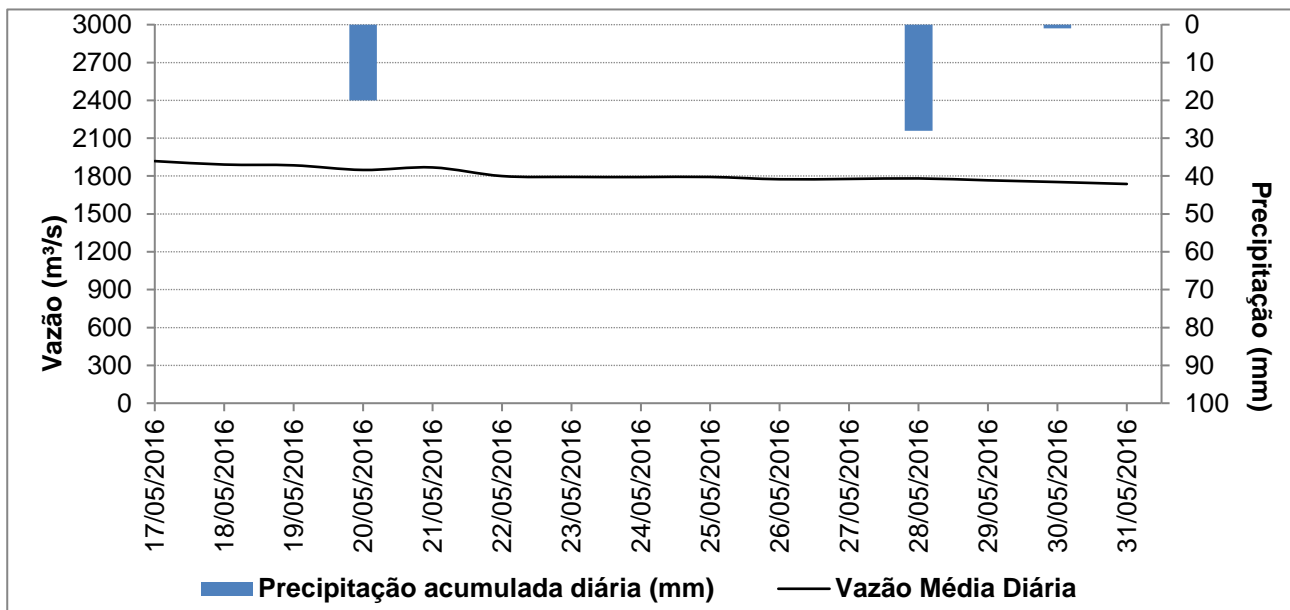


Figura 4.24: Precipitação acumulada diária (mm) e vazão média diária (m³/s), na estação UHE São Manoel Jusante 2, no período de 17 a 31 de maio de 2016.

5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)

No presente relatório foram apresentadas as principais atividades realizadas na UHE São Manoel durante o período de janeiro a maio de 2016, que consistiram em: (i) atualização das curvas-chave de vazão das estações da UHE São Manoel; (ii) análise da consistência dos dados pluviométricos e fluviométricos; (iii) medições trimestrais de vazão; (iv) coleta trimestral de sedimentos de suspensão e de leito; (v) determinação das granulometrias dos sedimentos em suspensão e de leito e concentrações dos sedimentos em suspensão; (vi) cálculo das descargas sólidas em suspensão e totais; e (v) Instalação da estação UHE São Manoel Jusante 2.

As medições de vazão no mês de fevereiro de 2016 foram realizadas com a utilização do ADCP M9 (*scanner* de rio). O equipamento da marca *Sontek* é considerado um dos mais modernos utilizados em hidrometria, o que contribui para a qualidade e confiabilidade dos dados gerados que subsidiam os estudos hidrológicos de assoreamento e vida útil do reservatório.

No mês de maio de 2016 as medições de descarga líquida das estações hidrométricas foram realizadas com o molinete hidrométrico, sendo que, os resultados obtidos só foram possíveis de serem avaliados, em escritório, após o fim da campanha.

A análise em escritório mostrou que os dados de vazão obtidos para as estações UHE São Manoel Jusante 1, UHE São Manoel Rio Apiacás e UHE São Manoel Montante ficaram abaixo da média esperada para o mês, por isso, elas foram descartadas e foi realizada nova medição em junho de 2016 nessas estações utilizando o ADCP.

O cumprimento do cronograma do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico até o momento está em atendimento ao que foi proposto no Projeto Básico Ambiental da UHE São Manoel, que recomenda a instalação e monitoramento de 2 (duas) estações, uma a montante e outra a jusante da usina.

Vale salientar que, além do atendimento as condicionantes propostas na Licença Prévia (LP N° 473/2013, IBAMA) emitida pelo IBAMA para a UHE São Manoel, a implantação deste Programa atende também a Resolução Conjunta ANEEL/ANA N°. 03 de 10 de Agosto de 2010, a qual recomenda para este empreendimento a instalação de 4 estações hidrométricas telemétricas, uma estação de qualidade da água e uma limnimétrica na barragem, incrementando dessa forma a rede hidrométrica proposta para as avaliações ambientais deste empreendimento.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO

No **Quadro 6.1** são apresentadas as atividades previstas e executadas no Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

Quadro 6.1: Atividades previstas e executadas no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

Atividades		Marcos																			
		Previsto/Realizado	← U Escaladora de 3ª Fase				← Escaladora de 2ª Fase				← Início enchimento do reservatório Comiss. lançamento Unidade Geradora 1				← Entrada operação comercial última UG						
Item	Atividade	2014				2015				2016				2017				2018			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
ETAPAS		P/R																			
		IMPLANTAÇÃO																OPERAÇÃO COMERCIAL			
P10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas																					
1	Planejamento, contratação de serviço e plano de trabalho	P																			
		R																			
2	Seleção de Local e Instalação da Estação	P																			
		R																			
3	Operação de posto, coleta de dados e processamento de amostras	P																			
		R																			
4	Análise e consistência de dados	P																			
		R																			
5	Relatório semestral	P																			
		R																			

Previsto
Ajustado
Realizado

7. 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**. 2^a 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. Geophy. Union. v. 38, n. 5, oct, p.708-719, 1957.
- 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.
- 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.

8. ANEXOS

Anexo I: Mapa com a localização das estações hidrométricas da UHE São Manoel

Anexo II: Medidas de descarga líquida das estações hidrométricas (Arquivo Digital – CD)

Anexo III: Análises granulométricas de sedimentos em suspensão e de leito (Arquivo Digital – CD)

Anexo IV: Dados brutos de precipitação e nível das estações hidrométricas (Arquivo Digital – CD)

Anexo V: Dados diários de precipitação, nível ajustado e vazão das estações hidrométricas (Arquivo Digital – CD)