



# PGIRS AT

PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ

Plano de Trabalho - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias  
Selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes

Setembro/2023



# PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ PGIRS-AT

Plano de Trabalho - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias  
Selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes

CONTRATANTE:

ELABORAÇÃO E RESPONSABILIDADE:



De Curitiba/PR para São Paulo/SP  
Setembro/2023

## APRESENTAÇÃO DA EQUIPE

### Coordenação Geral

*Helder Rafael Nocko* | *Engenheiro Ambiental, MSc.*

### Coordenador Executivo

*André Luciano Malheiros* | *Engenheiro Civil, Dr.*

### Equipe Técnica

*André Luciano Malheiros* | *Engenheiro Civil, Dr.*

*Alexandre Vedor de Paula* | *Técnico Ambiental*

*Daniela Lopes* | *Auxiliar administrativo*

*Diana Maria Cancelli* | *Engenheira Ambiental, Dra.*

*Fernanda Muzzolon Padilha* | *Engenheira Ambiental, Esp.*

*Márcio Aluizio Fonsaca Grochocki* | *Técnico Ambiental*

*Moyses Siqueira Santos* | *Técnico Ambiental*

*Paulo Henrique Costa* | *Geógrafo, Esp.*

*Roberta Gregório* | *Engenheira Ambiental, Esp.*

*Romildo Macario* | *Administrador*

*Tiago Aparecido Perez Vieira* | *Consultor em Resíduos Sólidos*

<b>PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ- PGIRS-AT</b>			
<b>Plano de Trabalho - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes</b>			
<b>Elaborado por:</b> Equipe Técnica da EnvEx		<b>Supervisionado por:</b> Diana Maria Cancelli	
<b>Aprovado por:</b> Helder Rafael Nocko	<b>Revisão</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Data</b>
	00	03	25/09/2023
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
		<b>EnvEx Engenharia e Consultoria</b> Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190   Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 envex@envexengenharia.com.br   www.envexengenharia.com.br	

## APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT) o Plano de Trabalho - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes, referente ao Instrumento Contratual nº 001/2023, para a elaboração do **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia do Alto Tietê (PGIRS-AT)**, em conformidade com o Processo Licitatório nº 002/2022.



**Helder Rafael Nocko**  
Engenheiro Ambiental, Msc.  
Coordenador Geral

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.</b>	<b>Instalação e operação das estações.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.</b>	<b>Campanhas fluviométricas .....</b>	<b>21</b>
3.2.1.	Inspeções e manutenções.....	22
3.2.2.	Medição de descarga líquida.....	22
3.2.3.	Perfil transversal .....	26
3.2.4.	Disponibilização de dados.....	28
<b>3.3.</b>	<b>Curva-chave de descarga líquida.....</b>	<b>29</b>
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS.....</b>	<b>31</b>
<b>5.</b>	<b>MATERIAIS E EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>CRONOGRAMAS .....</b>	<b>36</b>
6.1.	Entrega de produtos.....	36
6.2.	Realização das campanhas fluviométricas.....	36
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de elaboração do PGIRS-AT.....	12
Figura 2: Sonda Onset <i>HOBO Water Level Looger U20-001-01</i> .....	18
Figura 3: <i>HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station</i> .....	18
Figura 4: Régua linimétrica no Córrego Novo Mundo.....	19
Figura 5: Exemplos de RN's implantadas em estações fluviométricas. ....	20
Figura 6: Exemplo de instalação de marcos PI e PF em estações fluviométricas. ....	21
Figura 7: Molinete Fluviométrico modelo MLN-7C.....	24
Figura 8: ADCP Sontek M9.....	25
Figura 9: Medição de vazão com ADCP Sontek M9.....	25
Figura 10: Nível ótico (A), tripé de alumínio (B) e mira (C), utilizados para levantamentos das áreas secas.....	27
Figura 11: Esquema de nivelamento geométrico.....	28
Figura 12: Organograma da equipe técnica.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Forma de entrega dos produtos. ....	31
Tabela 2: Equipamentos e materiais da EnvEx Engenharia.....	33



## 1. INTRODUÇÃO

O predomínio do homem sobre a natureza tem confirmado os problemas que hoje acometem o meio ambiente, proporcionando prejuízos ao próprio homem. A crescente produção de resíduos sólidos no meio urbano, quase sempre desestruturados, trazem consequências danosas para muitas das infraestruturas urbanas, particularmente aos sistemas de drenagem urbana, ocasionando inundações, degradação ambiental, social, desconforto e perdas econômicas (PEREIRA, 2015).

Como um todo, verificam-se deficiências nos serviços de saneamento, como coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos, enchentes, esgotos e outros, são as principais causas de degradação ambiental ocorridas nos municípios brasileiros (PEREIRA, DALTRO, 2015). Além disso, o aumento desordenado da população e o ritmo de crescimento - sem planejamento - nos grandes núcleos urbanos dificultam as ações e o manejo dos resíduos (MMA, 2011).

Neste sentido, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) veio para regulamentar a destinação final dos resíduos sólidos produzidos, agindo como um marco regulatório que reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes sob os quais a integração entre os agentes públicos envolvidos, principalmente, os municípios, deverão seguir (BRASIL, 2010).

Adicionalmente, a PNRS adota medidas restritivas como a proibição: da disposição de materiais recicláveis em lixões ou aterros, do lançamento de resíduos em praias, rios e lagos e das queimadas de lixo a céu aberto. A Política também delinea o caminho para a reciclagem, reutilização e uso mais consciente dos materiais ao responsabilizar as empresas geradoras pela logística reversa de seus produtos descartáveis e também à própria sociedade civil pela geração do resíduo (MMA, 2011).

Como marco regulatório, a PNRS estabelece os princípios para a elaboração de planos municipais, regionais, estaduais e nacional. Sendo assim, os Planos de Resíduos figuram um importante instrumento voltado ao olhar estratégico e ao equacionamento das questões relativas à geração, ao tratamento e à destinação final dos resíduos sólidos, devendo orientar a atuação da administração pública, bem como do setor privado. Destaca-se que o Art. 17, em seu § 1º traz:

*“Além do plano estadual de resíduos sólidos, os Estados poderão elaborar planos microrregionais de resíduos sólidos, bem como planos específicos direcionados às regiões metropolitanas ou às aglomerações urbanas.” (BRASIL, 2010).*

Neste sentido, em 2018, foi elaborado o Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBHAT) o qual apontou a necessidade de elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PGIRS-AT).

Além disso, o PBHAT (2018) também indicou que entre os anos de 2003 a 2016 a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) na bacia do Alto Tietê cresceu 25,9%, passando de 16,6 mil t/dia para 21 mil t/dia. O documento também trouxe a problemática dos impactos, visualmente marcantes, devido ao acúmulo de resíduos sólidos nos recursos hídricos, após intensos eventos chuvosos, com concentração significativa de resíduos nos principais reservatórios da bacia hidrográfica do Alto Tietê (BHAT).

Desta forma, considerando-se os impactos dos resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT e o arcabouço legal, a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT), por meio do Processo Licitatório nº 002/2022, tornou público aos interessados a seleção de propostas, na modalidade Concorrência, do tipo Técnica e Preço, para a contratação de consultoria especializada para a elaborar, de forma participativa, o PGIRS-AT.

Após os trâmites licitatórios, a EnvEx Engenharia e Consultoria Ltda. foi declarada vencedora, celebrando o Contrato nº 001/2023 com a FABHAT em 27 de janeiro de 2023, com a emissão da Ordem de Serviços em 06 de fevereiro de 2023.

Neste contexto, a proposta de estudo do PGIRS-AT considera 42 municípios, sendo 40 deles na área abrangida pela Bacia do Alto Tietê, além dos municípios de Guararema e Santa Isabel, pertencentes à Bacia do Rio Paraíba do Sul e integrantes da Região Metropolitana de São Paulo, e que foram incluídos no PGIRS-AT conforme a Deliberação CBH-AT nº 109/2020.

O PGIRS-AT fornecerá subsídios para a gestão integrada de resíduos sólidos da região de estudo, contemplados pelo plano para um horizonte de planejamento de 20 anos; com revisão periódica a cada 10 anos e contemplará as seguintes tipologias de resíduos:

- Resíduos sólidos urbanos (RSU);
- Resíduos sólidos da construção civil (RCC);
- Resíduos sólidos dos serviços públicos de saneamento básico (RSAN);
- Resíduos sólidos dos serviços de saúde (RSS);
- Resíduos sólidos industriais (RSI);
- Resíduos sólidos agrossilvopastoris (RSAP);
- Resíduos sólidos de mineração (RSM);
- Resíduos sólidos dos serviços de transporte (RST); e
- Resíduos sólidos com logística reversa obrigatória (RSLR).

Para a sua elaboração, o PGIRS-AT será realizado em oito etapas, as quais são ilustradas na Figura 1.



**Figura 1: Etapas de elaboração do PGIRS-AT.**

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

A Etapa 4 refere-se à Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos, a qual tem como objetivo investigar o aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT, durante um ano hidrológico, por meio da instalação de estruturas de retenção de resíduos sólidos, denominadas barreiras flutuantes, em duas sub-bacias representativas, conforme critérios definidos no termo de referência da licitação.

Destaca-se que a FABHAT, juntamente com o Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) e a EnvEx Engenharia, já tiveram diversas reuniões e discussões técnicas sobre esta Etapa do estudo, principalmente, no que concerne à definição das sub-bacias selecionadas para a implantação das estruturas de retenção de resíduos sólidos.

Tais definições já foram apresentadas no Produto 4.1 - Relatório Parcial da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos. A definição de sub-bacias representativas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), com o intuito de estudar o aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos, passou por diversas etapas técnicas de pré-seleção, além de visitas *in loco*. Os resultados possibilitaram estabelecer duas

sub-bacias de cada área de drenagem (rio Pinheiros e rio Tietê) como viáveis para instalação das barreiras flutuantes. Por fim, foram selecionadas as sub-bacias do Córrego Jaguaré - P2 (São Paulo) e do Córrego Novo Mundo - T3 (São Paulo) como as mais adequadas para a realização dos estudos, em virtude do cumprimento das premissas adotadas como critérios de elegibilidade e adequadas condições constatadas em campo.

Destaca-se que, a experiência internacional sobre o uso de estruturas de retenção de resíduos sólidos tem como foco principal a correlação entre dados de precipitação e resíduos sólidos coletados. Adicionalmente, após reuniões técnicas com o Grupo de Acompanhamento Técnico concluiu-se que a compreensão do regime das vazões que passam pela estrutura ajuda a melhorar as correlações e também a eficiência de captura de resíduos, além de ser uma informação útil quando se quer transportar os dados do projeto piloto para outras situações ou sub-bacias.

Desta forma, uma vez que as sub-bacias selecionadas não possuem medições de vazão, em reuniões com o Grupo de Acompanhamento Técnico, sugeriu-se que fossem instaladas estações fluviométricas automáticas, que permitirão o monitoramento contínuo da vazão e do nível d'água, bem como medições de vazão considerando diferentes profundidades/cotas do corpo hídrico, de modo a permitir a obtenção da curva-chave.

Sendo assim, em 15 de setembro de 2023, foi formalizado o Primeiro Termo de Aditivo ao Contrato nº 001/2023 para a realização dos serviços de monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para instalação de barreiras flutuantes no Córrego Jaguaré, afluente do Rio Pinheiros e no Córrego Novo Mundo, afluente do Rio Tietê. Posto isto, o presente documento apresenta o Plano de Trabalho para os serviços de monitoramento de vazões, a serem realizados durante um ano hidrológico e em concomitância às campanhas de avaliação de resíduos nas barreiras flutuantes.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste Produto é apresentar o planejamento dos trabalhos para os serviços de monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para instalação de barreiras flutuantes no Córrego Jaguaré, afluente do Rio Pinheiros e no Córrego Novo Mundo, afluente do Rio Tietê. Os objetivos específicos do respectivo Produto são:

- Detalhar as atividades para os serviços de monitoramento de vazões;
- Descrever os produtos a serem entregues;
- Apresentar uma proposta de cronograma atualizada;
- Detalhar os principais insumos de trabalho necessários.

### 3. METODOLOGIA

Os serviços para o monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para a instalação de barreiras flutuantes, compreendem as seguintes atividades:

- Levantamento do perfil das seções transversais de medição de vazão;
- Instalação de equipamentos;
- Leitura diária de réguas limnimétricas;
- Campanhas de medição de vazão;
- Coleta de dados de nível d'água medidos pelos sensores automáticos;
- Elaboração de laudos de monitoramento de vazões;
- Elaboração da curva-chave para as seções de medição;
- Elaboração de relatório final.

Nesse sentido, as atividades serão divididas em três frentes de trabalho:

- **INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DAS ESTAÇÕES:** incluindo a instalação das estruturas mínimas para monitoramentos fluviométricos (referências de níveis, réguas linimétricas, marcos de ponto inicial e final da seção) e instalação, configuração, operação e manutenção de equipamentos fluviométricos automáticos, que realizarão os registros de dados de nível d'água;
- **CAMPANHAS FLUVIOMÉTRICAS:** inclui a execução de serviços de campo e geração de seus produtos, contemplando o levantamento *in loco* de dados hidrológicos (descarga líquida, nível d'água, topobatimetria da seção fluviométrica) e atividades de inspeção e manutenção dos equipamentos fluviométricos e do entorno dos postos;
- **DEFINIÇÃO DAS CURVAS-CHAVE DE DESCARGA LÍQUIDA:** inclui testes de aplicabilidade dos métodos e a definição da equação de correlação entre a descarga líquida medida e as leituras de nível d'água dos rios monitorados;

A seguir é apresentado um detalhamento das atividades a serem desenvolvidas para se chegar ao objetivo apresentado anteriormente.

### 3.1. Instalação e operação das estações

Esta frente de trabalho compreende a configuração, a manutenção e a operação de equipamentos de aquisição e transmissão automática de dados fluviométricos, além de manutenções preventivas e corretivas visando o fornecimento de dados válidos durante o período de operação das mesmas.

Considerando o objetivo principal da instalação das estações, estas serão instaladas junto às seções definidas para instalação das barreiras flutuantes. Para tanto, a definição dos locais para instalação das estações levará em conta minimamente o seguinte:

- Se o local possui condições propícias para a instalação de todos os equipamentos que compõem a estação requerida;
- As condições de estabilidade das margens, verificando a viabilidade do acesso, bem como da instalação de sensores de nível, régua limnimétrica e/ou quaisquer outros equipamentos cabíveis;
- Se há ocorrência de condições hidráulicas que inviabilizem a instalação, como a presença de zonas de remanso e estagnação na seção de medição pretendida, bem como a irregularidade de perfis de velocidade ao longo desta seção, a serem aferidos por medições *in loco*;
- A presença de possíveis obstáculos próximos ou sobre a seção de medição, como vegetação, contribuições laterais (córregos, confluências, etc.), curvas e/ou meandros, depósitos/bancos sedimentares ou eminências erosivas com considerável aporte de sedimentos, bem como quaisquer características de exposição ao ambiente, naturais ou não, que interfiram em qualquer tipo de monitoramento previsto;

A EnvEx se responsabilizará pela aquisição de equipamentos que atendam às necessidades de cada estação, e realizará inspeções e todas as manutenções/calibrações necessárias nos equipamentos conforme critérios da Agência Nacional de Águas (ANA) e/ou dos fabricantes:

- Serviços de caráter preventivo serão realizados junto às campanhas de medição de vazões (que ocorrerão concomitantemente às campanhas de avaliação de resíduos nas barreiras flutuantes);



- Serviços de caráter corretivo serão realizados sempre que for constatado risco ou materialização de falhas no fornecimento pleno de dados válidos.

No que se refere aos métodos automáticos, será instalada uma sonda modelo *HOBO Water Level Logger U20-001-01*, da empresa Onset. Essa sonda é fabricada em aço inoxidável, podendo mensurar o nível de água em várias situações, tais como em poços, rios, lagos, mangues, dentre outros. Possui faixa de operação de 0 a 9 metros, com erro máximo aproximado de 0,1% FS, 1,0 cm de água. Além do nível d'água, o equipamento permite a leitura de temperatura da água e pressão absoluta. Possui ainda *datalogger* embutido, de forma que os dados são armazenados na própria sonda, para posteriormente serem descarregados. Com bateria 2/3 AA, 3,6 Volts de lítio, tem duração de 5 anos com intervalo de registro de 1 minuto ou mais, podendo ser substituída em fábrica.

Para descarregar os dados registrados pela sonda, será utilizada a *HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station*. Essa estação é responsável pela conexão da sonda ao computador, via USB. Para isso, é necessário a instalação prévia do software *HOBOWare Pro*, o qual fornece a interface para programação da sonda e *download* dos registros realizados.

A sonda será fixada através de uma tubulação de aço, com 3 polegadas de diâmetro, a qual ficará chumbada na margem e parcialmente imersa no rio, permitindo que fique protegida contra vandalismos e eventuais impactos causados pela turbulência da água.

O equipamento será içado por um cabo de aço, permitindo que seja retirado da água para limpeza e descarregamento dos dados. Cabe ressaltar que este equipamento não permite a transmissão de dados em tempo real, de forma que estes serão disponibilizados junto aos boletins das campanhas de monitoramento e no

relatório final. A Figura 2 mostra a sonda que será utilizada no estudo em questão. Por sua vez, a Figura 3 contém o sistema de conexão para *download* dos dados.



**Figura 2: Sonda Onset HOB0 Water Level Logger U20-001-01.**

Fonte: ONSET (2023).



**Figura 3: HOB0 BASE-U4 – Optic USB Base Station.**

Fonte: ONSET (2023).

Além do equipamento automático, serão instaladas seções de réguas limnimétricas nas margens de cada estação, as quais permitem registrar todas as variações da lâmina d'água. A quantidade de réguas instaladas será suficiente para cobrir toda a gama de variação de profundidade do rio, desde o mínimo até o máximo nível. Os lances são topograficamente amarrados entre si por referências de níveis (RN's). Estas réguas são compostas por placas metálicas de 1 metro, graduadas a cada dois centímetros, fixadas em estruturas de madeira ou aço e posicionadas de forma facilitar a leitura a partir de uma das margens. A Figura 4 mostra a instalação das réguas limnimétricas no Córrego Novo Mundo – neste caso específico foram instalados três lances de régua, cada um com 1 metro cada.



**Figura 4: Régua linimétrica no Córrego Novo Mundo**

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

Serão implantadas 3 Referências de Níveis (RN) em cada estação, as quais serão devidamente identificadas com nome e cota. Para implantação, será considerado um local próximo às réguas, onde não haverá riscos eminentes de danos às estruturas e, conseqüentemente, alteração da cota atribuída.

As RN's tratam-se de estruturas confeccionadas de concreto, utilizadas como base para instalação e correção das réguas limnimétricas, bem como para levantamentos topobatimétricos da seção. As RN's possuem a referência de altitude baseada no "ponto zero" dos lances de réguas, de forma que qualquer movimentação possa ser corrigida a partir dessa cota. A Figura 5 apresenta exemplos de RN's implantadas em estações fluviométricas. Estas réguas serão lidas, no mínimo, duas

vezes ao dia, por leituristas, da região do entorno da área de estudo. Estas leituras servirão tanto para aferir as medições dos sensores automáticos quanto para ter dados em caso de falhas de medições prolongadas.



**Figura 5: Exemplos de RN's implantadas em estações fluviométricas.**

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

Para delimitação do perfil transversal das seções serão instalados marcos de Ponto Inicial (PI) e Ponto Final (PF) nas extremidades da seção de monitoramento das vazões. Esses marcos poderão ser confeccionados em vigas de madeiras ou estruturas de concreto, devidamente sinalizadas, conforme exemplo da Figura 6. Esses marcos orientarão as medições de vazões, e garantirão que estas sejam feitas sempre na mesma seção.



**Figura 6: Exemplo de instalação de marcos PI e PF em estações fluviométricas.**

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

### 3.2. Campanhas fluviométricas

Por definição, as campanhas fluviométricas serão realizadas concomitantemente às campanhas de avaliação de resíduos nas barreiras flutuantes, as quais serão realizadas durante um ano hidrológico de modo a incluir tanto o período seco, entre abril e agosto, com duas campanhas mensais, quanto no período chuvoso, entre setembro e março, com três campanhas mensais. Tais campanhas serão realizadas preferencialmente associadas a eventos de precipitação, de modo a avaliar os eventos de "first flush", ou seja, após a primeira lavagem do solo pela chuva depois do período seco. Assim, estão previstas 21 campanhas no período chuvoso e 10 campanhas no período seco – sempre em concomitância às amostragens/avaliação de resíduos – totalizando 31 amostragens a serem realizadas para cada estrutura de retenção de resíduos sólidos/seção de monitoramento de vazão, somando, ao total, 62 amostras coletadas.

As campanhas fluviométricas consistirão em visitas às estações, com o objetivo de realizar inspeções e manutenções nos equipamentos e em seus entornos imediatos, garantindo a conservação e operacionalidade dos instrumentos. Além disso, durante as campanhas serão realizados os levantamentos de campo para a aquisição de dados fluviométricos (descarga líquida e nível d'água). Um detalhamento destas atividades é apresentado a seguir.

### 3.2.1. *Inspeções e manutenções*

As atividades de inspeção e manutenção das estações serão realizadas nas duas estações, tanto em caráter preventivo quanto corretivo, com intuito de garantir o funcionamento do monitoramento e o pleno acesso ao local da estação e aos seus equipamentos.

### 3.2.2. *Medição de descarga líquida*

Para as medições de descarga líquida, todos os procedimentos de campo, de processamento e de disponibilização de dados seguirão as metodologias indicadas pela ANA, além de recomendações do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Em cada estação, a descarga líquida será adquirida sempre sobre o mesmo alinhamento, que corresponde à linha da seção transversal materializada por marcos que definem o ponto inicial (PI) e o ponto final (PF).

Existem diversas técnicas e metodologias que utilizam os mais variados equipamentos para a determinação de vazão de um rio. Dentre as metodologias de medição, as mais comuns são:

- Método de integração da distribuição de velocidade;

- Método acústico;
- Método volumétrico;
- Método químico;
- Método do flutuador.

Neste caso, em rios com profundidades pequenas (abaixo de 80 cm), será adotado preferencialmente o método de integração da distribuição de velocidade, utilizando o Molinete Fluviométrico. Para profundidades superiores a 80 cm, medições de descarga líquida poderão ser realizadas pelo método acústico, através de equipamento ADCP (Acoustic Doppler\_Current Profiler). O ADCP que poderá ser utilizada é do modelo M9, da fabricante Sontek (Figura 8 e Figura 9).

A medição de vazão pelo método de integração da distribuição de velocidade, utilizando o Molinete Fluviométrico, é a forma tradicional de se obter a vazão de um rio. O molinete é um instrumento detentor de uma hélice projetada para girar em velocidades diferentes, de acordo com a velocidade da água, tendo a quantidade de rotações da hélice registradas por um dispositivo conta-giros, e possui uma calibração hidrodinâmica de sua hélice. Através da curva desta calibração, os registros das rotações do eixo da hélice possibilitam a determinação da velocidade da água no ponto de medição. Para fins de determinação da vazão na seção transversal, devem ser realizadas medições em diversos pontos distribuídos dentro desta área. Após obter os valores referentes à velocidade da água em cada ponto, é possível calcular a velocidade média de suas respectivas verticais. Para calcular a área em cada vertical leva-se em consideração a profundidade do ponto e a distância com relação ao ponto inicial.

Nas medições aqui propostas, o molinete será operado a vau. O modelo do molinete disponibilizado pela EnvEx será o MLN-7 (Figura 7), fabricado pela empresa JCTM, com faixa de medição de 0,025 m/s a 10 m/s e hélice de diâmetro 120/125 mm.



**Figura 7: Molinete Fluviométrico modelo MLN-7C**

Fonte: JCTM (2023).

Caso seja necessário realizar a medição de vazão com um ADCP, esta é feita atravessando o rio, na seção transversal de interesse, onde o equipamento é acoplado em um barco a motor ou a um pequeno barco amarrado e içado por cordas por dois operadores. O traslado de uma margem a outra do rio é chamado de travessia, de forma que, uma travessia consiste de uma coleção de verticais de amostragem. Em cada campanha e em cada estação, os levantamentos com ADCP serão executados com 04 travessias de margem a margem, aumentando a confiabilidade e redundância dos dados.





**Figura 8: ADCP Sontek M9**

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).



**Figura 9: Medição de vazão com ADCP Sontek M9**

Fonte: Engenharia e Consultoria (2023).

Eventualmente, outros equipamentos podem ser utilizados em substituição aos acima elencados. Nestes casos, os equipamentos substitutos serão selecionados de forma a atender os requisitos técnicos exigíveis para a execução do serviço.

### 3.2.3. Perfil transversal

O levantamento dos perfis transversais das seções onde as estações serão instaladas permite o conhecimento da forma da calha do rio, e é útil para a obtenção da curva-chave da estação. Nesse sentido, o levantamento dos perfis transversais ocorrerá antes da execução da primeira campanha – quando também ocorrerá a avaliação do local onde para instalação dos equipamentos - e em concomitância à última campanha de medição de descarga líquida, nas duas estações fluviométricas. Em cada estação, o perfil transversal será adquirido sempre sobre o mesmo alinhamento, que corresponde à linha da seção transversal materializada pelos pontos PI-PF. Dadas as características dos corpos hídricos e necessidades do estudo, a tanto a calha molhada quanto a área seca dos perfis transversais serão levantadas por topografia convencional, sempre garantindo boa resolução das informações

A calha molhada e a área seca serão levantadas utilizando o mesmo referencial altimétrico; os pontos serão coletados com distâncias que permitam uma boa resolução altimétrica dos desníveis do terreno e do corpo hídrico, partindo dos marcos de Ponto Inicial (PI) até os marcos de Ponto Final (PF).

Para as coletas das informações da área seca, serão utilizados, minimamente, os equipamentos apresentados abaixo, podendo ser substituídos por outros que igualmente atendam às necessidades do projeto:

- Nível ótico modelo AT-G3 da marca Topcon (Figura 10A);
- Tripé de alumínio com trava borboleta (Figura 10B);
- Mira Leica CLR104 Telescopic (Figura 10C);
- Trena de fibra de vidro com 50 metros de graduação;
- Trena de alumínio com 5 metros de graduação.

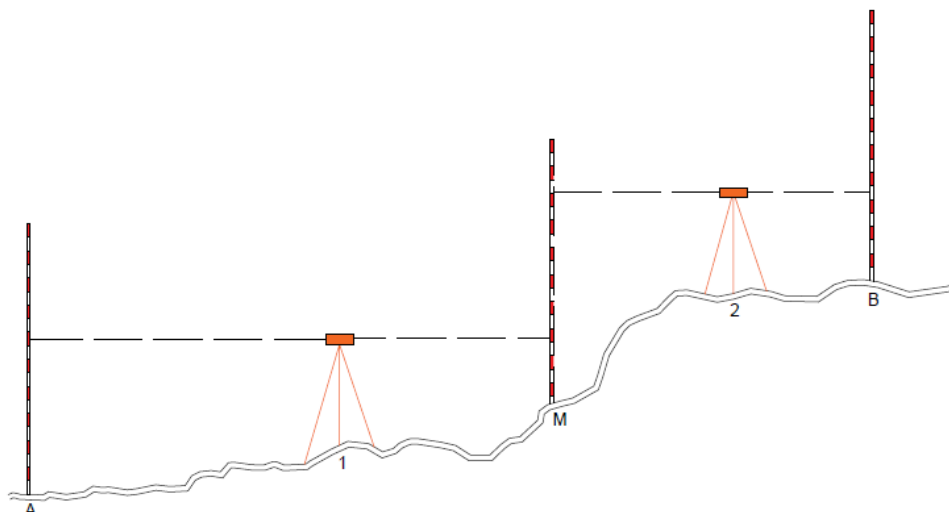


**Figura 10: Nível ótico (A), tripé de alumínio (B) e mira (C), utilizados para levantamentos das áreas secas**

Fonte: Topcon (2023).

O nivelamento geométrico é baseado na diferença de leituras em miras verticais graduadas, devidamente amarradas umas às outras, realizadas em um terreno com desnível considerável. A primeira visada é realizada sobre um ponto com cota conhecida, geralmente uma Referência de Nível (RN), sendo esta conhecida como “visada de ré”. Todas as visadas a partir da visada de ré são chamadas “visadas de vante”. Desta forma, para cada estação de nivelamento, tem-se, pelo menos, uma visada de ré e uma ou mais visadas de vante. Para o cálculo das cotas dos pontos nivelados é necessário ainda, realizar a medição da altura do instrumento, ou seja, a altura do eixo ótico acima do plano de referência.

Com o nível posicionado em certa estação (1), visa-se a mira colocada no que representará a leitura de ré (A). Em seguida faz-se a leitura de vante em um ponto da seção (M); sendo esta, a última visada de vante com o nível na estação em questão, será chamada de “vante de mudança”. Muda-se depois o nível para a estação seguinte (2), de onde se fará uma visada de ré no mesmo ponto onde foi feita a leitura de vante de mudança da primeira estação (M) e, posteriormente uma visada de vante no próximo ponto da seção (B). A Figura 11 demonstra o esquema de nivelamento geométrico descrito.



**Figura 11: Esquema de nivelamento geométrico.**

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

As grandezas medidas em um nivelamento geométrico são registradas em uma planilha, para posteriormente efetuarem-se os cálculos. Por sua vez, os cálculos utilizados para o nivelamento são os seguintes:

- $AI$  (altura do instrumento) = cota + visada de ré;
- $Cota$  =  $AI$  - visada a ré;
- Prova de cálculo:  $Cota\ final = cota\ inicial + soma\ visada\ ré - soma\ visada\ de\ mudança$ .

Eventualmente outros equipamentos podem ser utilizados em substituição aos acima elencados. Nestes casos, os equipamentos substitutos serão selecionados de forma a atender os requisitos técnicos exigíveis para a execução do serviço.

### 3.2.4. Disponibilização de dados

Os dados obtidos nas campanhas fluviométricas e aqueles coletados a partir dos sensores automáticos de vazão serão encaminhados pela equipe de campo à equipe de escritório, ambas da EnvEx, onde serão gerados os boletins de medição das campanhas.

Ao longo do período de monitoramento, essas informações serão planilhadas e, posteriormente, apresentadas à FABHAT em forma de relatório; ainda os dados obtidos farão parte das análises relacionadas ao aporte de resíduos nos corpos hídricos. Também neste relatório final serão apresentados, avaliados em termos de consistência, todos os dados obtidos em campo.

Trimestralmente, serão enviados os boletins de medições das campanhas realizadas nos meses anteriores, bem como os arquivos de dados obtidos pelo sensor automático, e as leituras realizadas pelo leiturista.

### **3.3. Curva-chave de descarga líquida**

A relação entre as variáveis cota e vazão é denominada de curva-chave. Essa relação será elaborada após a realização das 31 campanhas fluviométricas - cada campanha será composta por uma medição de vazão em cada uma das estações de monitoramento, totalizando 62 medições de vazões, a serem realizadas no período de um ano, as quais, como mencionado anteriormente ocorrerão em concomitância às campanhas de avaliação de resíduos nas barreiras flutuantes. Nesse sentido serão obtidas duas curvas-chave – uma para a estação do córrego Novo Mundo e uma para estação do córrego Jaguaré.

A curva-chave é o modo mais eficiente de se obter o conhecimento pleno do regime fluvial dos rios. Seu ajuste pode ser feito através da representação gráfica, de onde, empiricamente, se obtém pares de pontos para montar uma tabela, ou através da utilização de equações matemáticas.

Na definição da curva-chave, os casos mais simples são aqueles em que se pode considerar unívoca e permanente a relação cota x vazão, fundamentando-a na equação de Manning para o escoamento uniforme e admitindo-se a regularidade da seção transversal.

Pode-se, nestes casos, definir uma equação matemática que represente as medições existentes, ou seja, os pares cota-vazão, apresentando, para as vazões por ela calculada, os menores desvios relativos às vazões medidas. Por meio do Método dos Mínimos Quadrados é obtida uma equação potencial do tipo:

$$Q = k \cdot (h - h_0)^m \quad \text{Equação 1: Equação potencial de curva-chave.}$$

sendo  $Q$  é a vazão,  $h$  é a cota linimétrica,  $h_0$  é a cota linimétrica em que a vazão é nula e  $k$  e  $m$  são parâmetros de ajuste.

A minimização dos desvios se verifica através do coeficiente de correlação  $r$ , que deverá ser o mais próximo possível da unidade. Após a definição das equações da curva, para a faixa validada pelas medições de descarga líquida, muitas vezes torna-se necessária à sua extrapolação.

Neste estudo, o método utilizado para extrapolação das curvas-chaves será o Logarítmico. Este método admite que a curva a ser extrapolada seja unívoca e se ajuste, pelo menos em sua parte superior, segundo a equação potencial  $Q = k \cdot (h - h_0)^m$ .

Após definir a equação de curva-chave das estações, os níveis d'água medidos pelos sensores automáticos serão convertidos para descargas líquidas, permitindo a obtenção das vazões, bem como o traçado das curvas de permanências de descargas líquidas para todo o período de medições.

As equações das curvas-chave das duas estações serão apresentadas em um relatório final dos monitoramentos, no qual constarão ainda todas as informações geradas no estudo.

## 4. APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS

Conforme descrito ao longo deste documento, serão entregues 7 produtos para a Contratante, de acordo com as normas da ABNT. A forma de entrega de cada um dos produtos é detalhada na tabela a seguir.

Tabela 1: Forma de entrega dos produtos.

Produto	Prazo		Entrega
PT - Plano de Trabalho	10 dias após a assinatura do termo aditivo	25/09/23	Meio Digital, com arquivos editáveis e PDF.
P1 - Relatório de instalação das estações fluviométricas	Até 50 dias após a assinatura do termo aditivo	06/11/23	
P2.1 - 1º Boletim trimestral das campanhas	Até 5 dias úteis após a finalização das campanhas do terceiro mês de medição	Dez/23	
P2.2 - 2º Boletim trimestral das campanhas	Até 5 dias úteis após a finalização das campanhas do sexto mês de medição	Mar/24	
P2.3 - 3º Boletim trimestral das campanhas	Até 5 dias úteis após a finalização das campanhas do nono mês de medição	Jun/24	
P2.4 - 4º Boletim trimestral das campanhas	Até 5 dias úteis após a finalização das campanhas do décimo segundo mês de medição	Set/24	
PF - Relatório Final	Até 15 dias úteis após a entrega do P2.4	Out/24	

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

## 5. MATERIAIS E EQUIPE TÉCNICA

Em relação aos materiais a serem utilizados, os serviços de monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para instalação das barreiras flutuantes contarão com recursos físicos e administrativos que estarão disponíveis durante toda a elaboração do Plano. Destaca-se como recursos físicos da EnvEx Engenharia e Consultoria, seu espaço físico (com mais de 200 m<sup>2</sup> e mobiliário corporativo adequado), localizado em Curitiba-PR, equipamentos, tecnologias e demais materiais utilizados na elaboração das atividades.

A Tabela 2 apresenta uma lista dos recursos físicos da EnvEx Engenharia que estarão disponíveis para a execução das atividades, caso necessário, durante todo o período dos serviços, inclusive a utilização de tecnologias para processamento e análise dos dados.

Destaque é dado ao *software* de gestão de projetos, de equipe e controle financeiro, utilizado pela EnvEx Engenharia e Consultoria, chamado *Flowup*. Tal *software* é utilizado para o controle de tarefas, responsáveis, carga horária, além de auxiliar na gestão financeira dos projetos elaborados. Como metodologia de gestão de projetos, o *software* conta com a possibilidade de gerenciar as atividades pela metodologia Kanban ou Diagrama de Gantt.



*Tabela 2: Equipamentos e materiais da EnvEx Engenharia.*

Hardwares - Computadores	Hardwares - Notebooks
Memória RAM 4 Gb DDR3	Processador 64 bits, Intel Core i5-7200U
Placa de Vídeo NVIDIA GT630	Memória RAM 8 Gb
Monitor LED/LCD de 20 polegadas	HD 1 Tb
Teclado ABNT	Placa de Vídeo NVIDIA GeForce 940MX 2Gb
Mouse óptico com três botões	Teclado ABNT
HD 500 Gb, 7200 RPM, SATA ou superior	Mouse óptico com três botões
Leitor para DVD/CD	Entradas/portes USB, com pelo menos uma USB 3.0
Entradas/portes USB, com pelo menos uma USB 3.0	Tela de 14 polegadas, <i>full HD</i>
Placa de rede PCI 10/100 mbps	Leitor de cartão (SD, SDHC, SDXC, MMC)
Softwares	
Pacote Office, Acrobat Reader, Flowup – Software de Gestão de Projetos, HidroBacia - Hidrogramas de escoamento superficial em bacias hidrográficas, , Plúvio 2.1 – Obtenção dos parâmetros da equação intensidade, duração e frequência (IDF) para chuvas intensas, Siscorv 1.0 - Sistema computacional para regionalização de vazões, , ArcGIS - Plataforma de softwares utilizados para realização de análises espaciais, gerenciamento de banco de dados e confecção de mapas temáticos, Google Earth PRO - Software utilizado para consultas do acervo temporal de imagens de satélite e demais dados auxiliares a localização, distância e sobreposição de elementos espaciais,	
Recursos Materiais	
Mitsubishi L200 Triton 2012	
Réguas limnimétricas	
Molinete Fluviométrico modelo MLN-7	
Sondas Onset HOBO Water Level Logger U20-001-01	
HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station	
ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler	
Nível ótico modelo AT-G3 da marca Topcon	
Tripé de alumínio com trava borboleta	
Mira Leica CLR104 Telescopic	
Trena de fibra de vidro com 50 metros de graduação	
Trena de alumínio com 5 metros de graduação	
GPS Portátil 62S e GPS Portátil eTrex30	
Mobiliário de Escritório – Mesas, cadeiras, arquivos de aço	
Insumos gerais necessários para instalação dos equipamentos em campo	

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).

Para a execução dos serviços, a EnvEx contará com uma equipe técnica multidisciplinar formada por profissionais com experiência na elaboração de estudos de recursos hídricos e trabalhos de campo. A equipe principal será gerenciada pelo Coordenador Geral e contará com profissionais especialistas nas áreas de recursos hídricos e trabalhos de campo, com diversas formações profissionais e diferentes experiências. A relação da equipe é ilustrada na Figura 12.



**Figura 12: Organograma da equipe técnica.**  
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2023).



## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 3 ago. 2010.

JCTM. <https://jctm-hidromet.com/hidrologia/>. Acesso em 24 set. 2023

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2011.

ONSET Brands. <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u20-001-01>. Acesso em 24 set. 2023.

PEREIRA, F. D. S. DALTRO F. J. **A drenagem urbana e os resíduos sólidos: desafios de sempre na cidade de Aracaju/SE**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre – RS. 2015. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IX-014.pdf>> Acesso em: 22 jun. 2022.

PEREIRA, F. D. S. **Os Desafios entre a Drenagem Urbana e os Resíduos Sólidos: O Caso de Aracaju/SE**. Dissertação de Mestrado- PRODEMA/UFS. São Cristóvão/SE: UFS/PRODEMA, 2015.