



**HYDRO**  
SCIENCE



## **IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SILVA JARDIM - RJ**

**PRODUTO R-3.3:**

**PERFIS DA LINHA D'ÁGUA E MEDIÇÃO DE VAZÃO**

**Elaborado para**



Contrato de Prestação de Serviços CISLJ 05/2022  
Processo Administrativo nº 172/202 Ato convocatório nº 14/2021

## **PERFIS DA LINHA D'ÁGUA E MEDIÇÃO DE VAZÃO**

### **IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SILVA JARDIM - RJ**

Preparado para:

*CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO - CILSJ*

São Pedro da Aldeia, RJ

Preparado por:

*HYDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL*

Porto Alegre, RS

Distribuição:

01 cópia *CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO – CILSJ*

01 cópia *HIDROSCIENCE Consultoria e Restauração Ambiental*

Mês/Ano	Documento	Código Documento
Ago/2022	Perfis Linha D'Água Medição	R-3.3_PerfisLinhaDagua Vazao_2022

Dados da empresa

Razão Social: Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental Ltda.
Nome Fantasia: HYDROSCIENCE
CNPJ: 01.486.607/0001-96
Endereço: Rua Joaquim Nabuco 15 conj. 304, CEP 90050-340, Porto Alegre- RS. Fone: (0xx – 48) 3024-5208
E-mail para contato: <a href="mailto:contato@hydroscience.com.br">contato@hydroscience.com.br</a> ; tiago.ferreira@hydroscience.com.br

As informações contidas neste documento e nos arquivos anexados são de propriedade exclusiva da Hydroscience e podem conter assuntos comerciais, de propriedade intelectual ou outras informações confidenciais, protegidas pelas leis aplicáveis.

## SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO .....	7
2.	ESCOPO DO SERVIÇO .....	7
3.	INTRODUÇÃO .....	8
4.	MATERIAIS E MÉTODO .....	9
4.1.	Área de Estudo .....	9
4.2.	Medições Hidrométricas.....	12
5.	RESULTADOS .....	15
5.1.	Rio Capivari .....	15
5.2.	Rio Valão da Caixa .....	18
5.3.	Rio Valão do Lúcio.....	20
5.4.	Rio Amazonas.....	21
5.5.	Rio Boquerião (Lucilândia).....	22
5.6.	Rio Imbaú.....	22
5.7.	Rio Terezinha/Caxito .....	23
5.8.	Perfil longitudinal da linha da água .....	24
6.	CONSIDERAÇÕES .....	27
7.	BIBLIOGRAFIA.....	29

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e Rede de Drenagem da Bacia. ....	10
Figura 2. Mapa da localização das seções hidrométricas levantadas, onde foi realizada medição de vazão e determinação o perfil da linha d'água.....	11
Figura 3. Consideração da seção transversal para o método da Meia Seção. Fonte: Hydrosience.....	13
Figura 4. Molinete Fluviométrico de Eixo Horizontal MLN-15 (JCTM) à esquerda, e Fluxômetro Flowatch (JDC Eletronics) à direita. Fonte: Hydrosience.....	14
Figura 5. Medições de fluxo com molinete operado em haste a vau (esq.) e operado com guincho fluviométrico e lastro (dir.).....	15
Figura 6. Desenho esquemático da seção transversal CP1, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....	16
Figura 7. Desenho esquemático da seção transversal CP2, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....	16
Figura 8. Desenho esquemático da seção transversal CP3, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....	17
Figura 9. Desenho esquemático da seção transversal CP4, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....	18
Figura 10. Desenho esquemático da seção transversal VC1, levantada para medição hidrométrica do Valão da Caixa. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....	19

Figura 11. Desenho esquemático da seção transversal VC2, levantada para medição hidrométrica do Valão da Caixa. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda..... 19

Figura 12. Desenho esquemático da seção transversal VL1, levantada para medição hidrométrica do Valão do Lúcio. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....20

Figura 13. Desenho esquemático da seção transversal VL2, levantada para medição hidrométrica do Valão do Lúcio. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....21

Figura 14. Desenho esquemático da seção transversal RA, levantada para medição hidrométrica do Rio Amazonas. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....21

Figura 15. Desenho esquemático da seção transversal BQ, levantada para medição hidrométrica do Rio Boqueirão. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....22

Figura 16. Desenho esquemático da seção transversal IM, levantada para medição hidrométrica do Rio Imbaú. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....23

Figura 17. Desenho esquemático da seção transversal CX, levantada para medição hidrométrica do Rio Caxito. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.....24

Figura 18. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Capivari. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo “x” não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas. ....25

Figura 19. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Valão da Caixa. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo “x” não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas.....26

Figura 20. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Valão do Lúcio. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo “x” não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas. ....27

## **1. APRESENTAÇÃO**

A empresa HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI, com sede à Rua Joaquim Nabuco nº 15/304, Bairro Cidade Baixa, CEP 90050-340 em Porto Alegre – RS, vem por meio deste, apresentar o Produto 3.3: LEVANTAMENTO DE PERFIS INSTANTÂNEOS DE LINHA D'ÁGUA E MEDIÇÕES DE VAZÃO, referente à execução dos “Estudos de Identificação das Áreas Susceptíveis a Inundação no Município de Silva Jardim - RJ”.

Este documento tem o objetivo de atender aos preceitos estipulados pelo contrato de prestação de serviços CILSJ 05/2022, firmado entre a HIDROSCIENCE CONSULTORIA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EIRELI (doravante denominada de HYDROSCIENCE) e o CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO – CILSJ, designado como CONTRATANTE. O instrumento contratual foi originado a partir do PROCESSO ADMINISTRATIVO nº 172/2020 e do ATO CONVOCATÓRIO Nº 14/2021 e respectivos anexos, do qual a HYDROSCIENCE foi vencedora.

## **2. ESCOPO DO SERVIÇO**

Os serviços contratados para a identificação das áreas susceptíveis a inundações em Silva Jardim – RJ contemplam a caracterização da área de estudo e diagnóstico da situação atual, levantamentos de campo (topobatimétricos e hidrométricos), estudos hidrológicos, e modelagem hidrodinâmica para mapeamento detalhado da mancha de inundação e simulação de cenários com vistas à proposição de medidas mitigatórias para cheias. Um relatório final consolidado será produzido com a finalidade de apresentar todas as atividades desenvolvidas ao longo do projeto.

As medições de vazão e determinações dos perfis da linha da água nos corpos hídricos de interesse têm como finalidade subsidiar a modelagem hidrodinâmica a ser desenvolvida no presente Estudo. Foram realizadas medições hidrométricas no Rio Capivari e tributários diretos da bacia de drenagem para subsidiar o processo de calibração do modelo com dados de nível e vazão medidos em campo.

### **3. INTRODUÇÃO**

Silva Jardim está localizada nas coordenadas LAT 22°39'03.33"S e LONG 42°23'25.84"O, com altitude de 35 metros acima do nível do mar na microrregião da bacia do Rio São João, interior do Estado do Rio de Janeiro, próximo a Serra do Mar, no Bioma Mata Atlântica. O município é cortado pelo baixo curso do Rio Capivari e pelo valão da Caixa, além de vias de drenagem de menor escala como o Valão do Lúcio e Rio Amazonas, retificados através de área urbana. A região urbanizada é composta essencialmente por casas, comércio local, e poucas fábricas de pequeno porte, sendo que as ruas são dispostas basicamente em terrenos planos de baixada, muitas delas junto à planície de inundação do Rio Capivari, com poucos morros e colinas.

A cidade de Silva Jardim apresenta um histórico recorrente de prejuízos econômicos e sociais decorrentes de inundações, alagamentos e enxurradas ocasionadas pelo transbordamento das águas do Rio Capivari. De acordo com a Defesa Civil Municipal, 19 bairros de Silva Jardim possuem risco de sofrerem com inundações e alagamentos. Dentre esses bairros, pelo menos 12 estão situados na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, sendo que a maior parte destes bairros integra a zona urbana e central do município. A Defesa Civil Municipal elenca que as inundações e alagamentos ocorrem, por muitas vezes, devido ao crescimento populacional desordenado e pela falta de saneamento básico nos bairros do município, assim como ausência de estruturas de drenagem urbana bem dimensionadas para o escoamento das águas pluviais (SEMDEC, 2021).

Mesmo quando existem estruturas de drenagem, como manilhas e bueiros, estas se encontram subdimensionadas ou mal alocadas, e acabam por agravar os efeitos das fortes chuvas no município, a exemplo dos bairros Centro, Reginópolis, Fazenda Brasil, Romanópolis, Caju e Nova Silva Jardim (SEMDEC, 2021). Por estarem localizados na planície de inundação do rio Capivari, os bairros Caju e Nova Silva Jardim são os mais afetados pelas cheias, havendo 60 anos de registros de inundações nessas localidades. No ano de 2016 ocorreu uma das piores inundações nesses dois bairros, que atingiu diretamente mais de 4 mil habitantes, sendo



observadas marcas de água do alagamento em muitos muros das casas presentes. Posteriormente, foram registrados desastres devido ao transbordamento das águas do Capivari nos anos de 2018 e 2020. Em 2020, especificamente, foram registrados três eventos de transbordamento que atingiram os bairros com alagamentos e inundações.

Em virtude do histórico crescente de inundações, enxurradas e alagamentos no município de Silva Jardim, o presente projeto foi idealizado pelo Comitê de Bacias Lagos São João CBHLSJ, e licitado através do Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da Região dos Lagos do Rio São João e Zona Costeira – CILSJ, com objetivos de se propor medidas mitigatórias para minimizar a problemática oriundas desses desastres naturais.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODO**

A seguir, são descritas as metodologias utilizadas para execução dos serviços realizados.

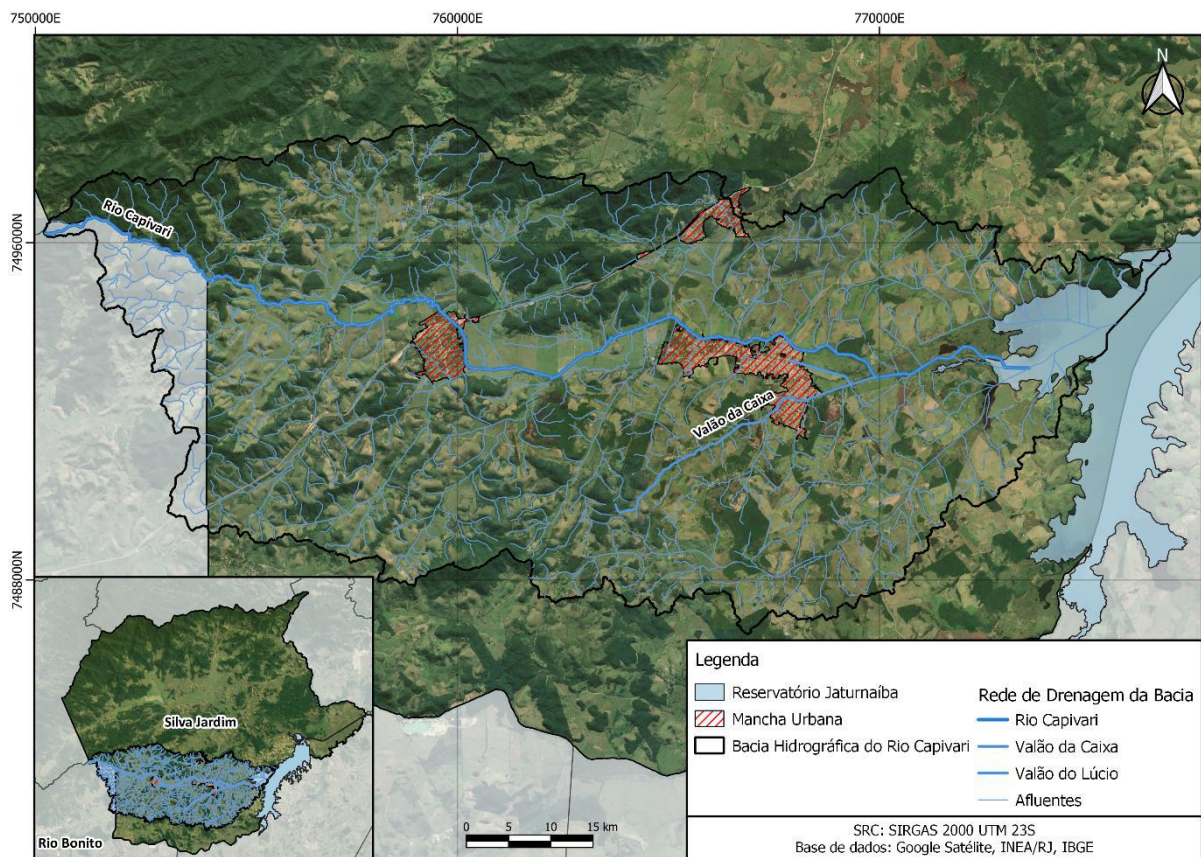
##### **4.1. Área de Estudo**

Oito municípios integram o território da bacia hidrográfica do Rio São João: Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Rio das Ostras, além de Silva Jardim, que está integralmente inserida na bacia do São João (CILSJ, 2003). O Rio Capivari é um dos afluentes do Rio São João, que, junto com o Rio Bacaxá, formam o reservatório da represa de Juturnaíba.

A Bacia Hidrográfica do Rio Capivari abrange cerca de 200 km<sup>2</sup>, está inserida nas coordenadas geográficas 22°35' a 22°40' Sul e 42°35' a 42°20' Oeste, situada quase que integralmente em Silva Jardim. Apenas uma pequena parte está inserida no município de Rio Bonito, em uma área próxima às cabeceiras. A bacia encontra-se bastante impactada em virtude da supressão vegetal e ocupação desordenada do uso do solo, dispondo de escassa cobertura florestal (CILSJ, 2005).

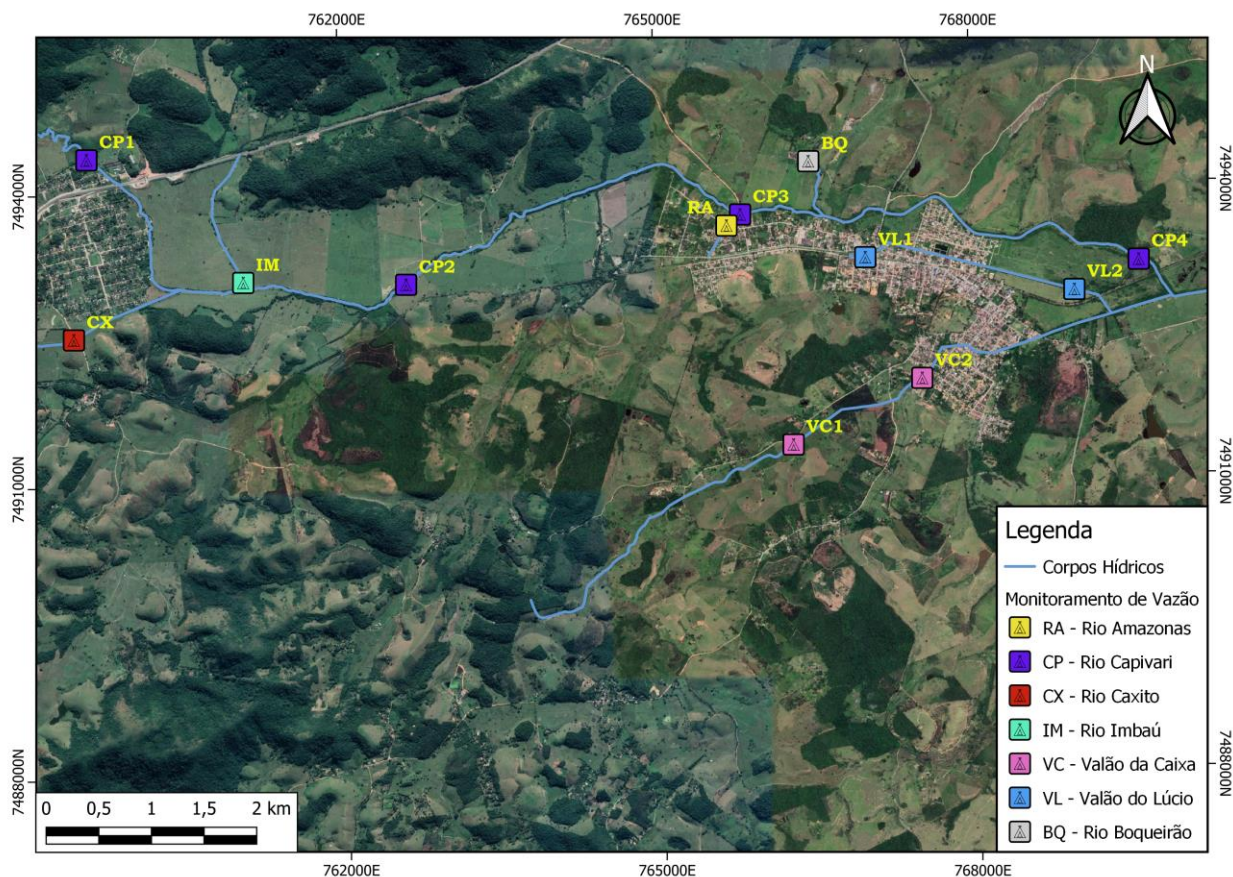


O Rio Capivari tem suas cabeceiras na Serra de Monte Azul, a 400 m de altitude, na região de Capivari de Cima, em Silva Jardim. A nascente situa-se ao norte da BR-101, e a aproximadamente 15 km a oeste da cidade de Silva Jardim. O Rio Capivari apresenta 6 afluentes em seu percurso, o Rio Imbaú, o Rio Terezinha, Córrego da Vaca Caída, Córrego do Valão, Valão da Caixa, e o Rio do Ouro. A Figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica do Rio Capivari e seus principais afluentes objeto deste estudo.



**Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e Rede de Drenagem da Bacia.**

Para o presente estudo foram realizadas medições hidrométricas de descarga líquida no Rio Capivari e em seis de seus tributários: Valão da Caixa, Valão do Lúcio, Rio Amazonas, Rio Caxito, Rio Imbaú e Rio Boqueirão. No Rio Capivari, em específico, foram feitas 4 medições nos trechos do alto, médio e baixo-Capivari (Figura 2). Nos seus tributários foi realizada apenas uma medição (Figura 2). Concomitantemente à cada medição de vazão, foi levantada a seção transversal topobatimétrica onde as verticais de medição de fluxo foram realizadas.



**Figura 2. Mapa da localização das seções hidrométricas levantadas, onde foi realizada medição de vazão e determinação o perfil da linha d'água.**

**Tabela 1. Coordenadas UTM (Zona 23 S) das seções hidrométricas. Sistema de referência SIRGAS 2000.**

Seção Hidrométrica	E	N
Rio Capivari - CP1	759601.40 m E	7494368.36 m S
Rio Capivari - CP2	762618.97 m E	7493041.29 m S
Rio Capivari - CP3	765806.48 m E	7493707.47 m
Rio Capivari - CP4	769588.60 m E	7493187.80 m S
Rio Amazonas - RA	765675.30 m E	7493595.41 m S
Rio Boqueirão - BQ	766464.52 m E	7494245.62 m S
Rio Imbaú - IM	761071.12 m E	7493086.33 m S
Rio Caxito - CX	759451.39 m E	7492524.49 m S
Valão da Caixa - VC1	766274.87 m E	7491339.56 m S
Valão do Caixa - VC2	767510.08 m E	7492001.87 m S
Valão do Lúcio - VL1	765613.68 m E	7493255.85 m S

Valão do Lúcio - VL2	768971.82 m E	7492887.98 m S
----------------------	---------------	----------------

Para avaliação dos perfis da linha de água do Rio Capivari foram feitas determinações do nível de água amarrado à altitude Normal oficial do IBGE a partir de levantamento com RTK em diferentes seções do rio e de seus tributários. O nível de água (NA) de cada seção foi determinado simultaneamente às medições de vazão, a partir de média dos “NAs” da margem esquerda e da margem direita.

Determinações do nível de água dos corpos hídricos foram feitas ao longo de todo o levantamento topobatimétrico realizado, além das seções de medição de vazão. Foram utilizados todos os dados para definição do perfil longitudinal da linha de água do Rio Capivari.

#### **4.2. Medições Hidrométricas**

Os procedimentos metodológicos para as medições de vazão foram realizados de acordo com diretrizes das normas e recomendações hidrológicas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – Anexo IV – Serviços de Hidrometria e no documento Orientações para Operação de Estações Hidrométricas (ANA, 2012), segundo o Processo Detalhado. Foi empregado o método do molinete, com cálculos segundo o “Velocity-area Method” (GORDON et al., 2004), que consiste na medição da área de uma seção transversal do rio e da velocidade média da água nesta seção. A vazão foi calculada pela fórmula:

$$Q = V \times A$$

onde Q = vazão (m<sup>3</sup>/s), V = velocidade média do fluxo (m/s), e A = área da seção transversal (m<sup>2</sup>).

O método da Meia Seção consiste em calcular vazões parciais em várias subseções. Neste método as áreas parciais da seção transversal têm seu centro exatamente no eixo da vertical considerada, e a velocidade média de cada trecho é a velocidade média da própria vertical (Figura 3). A soma de todas as vazões parciais corresponde a vazão total que atravessa a seção é dado pela Equação 1:

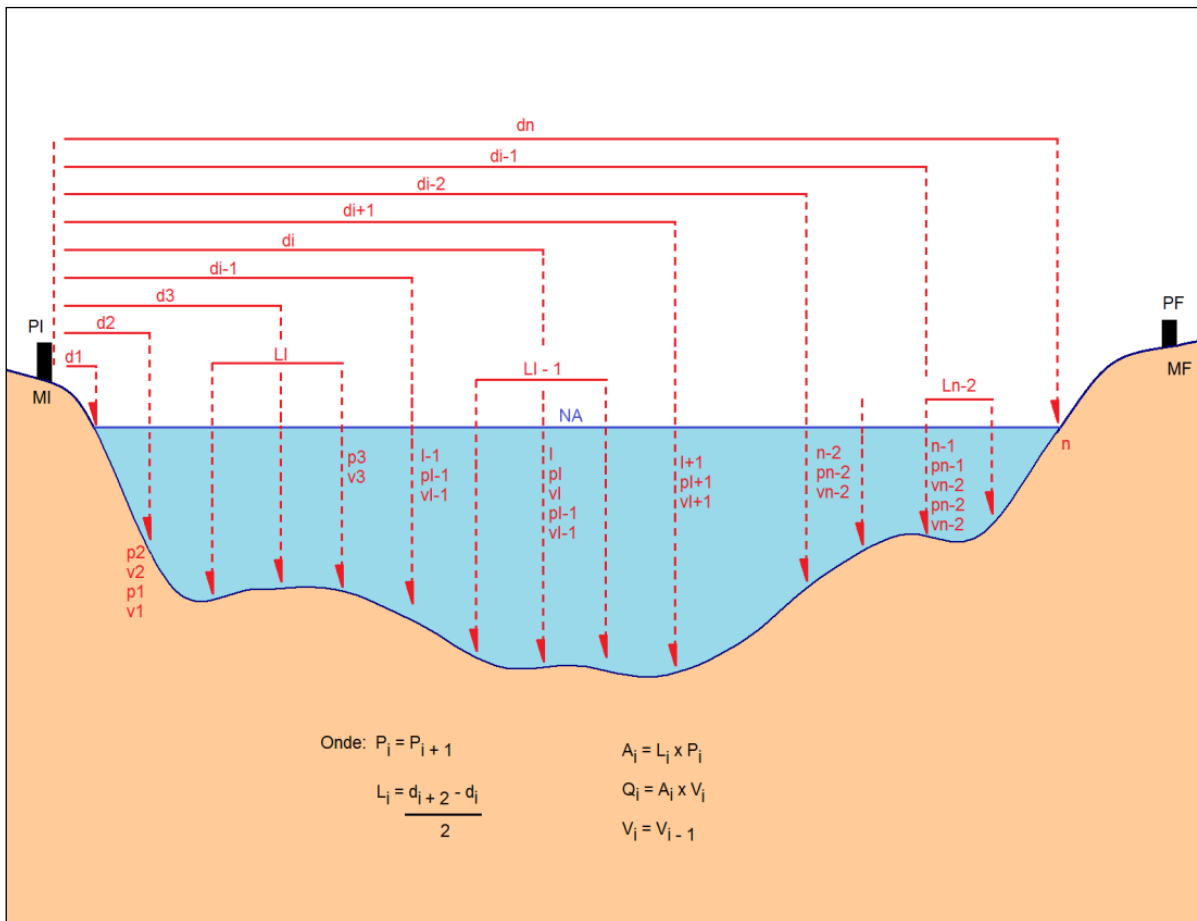


$$Q_x = V_x \cdot \left\{ \left[ \frac{(d_x - d_{x-1})}{2} + \frac{(d_{x+1} - d_x)}{2} \right] \cdot \left[ \frac{(p_{x-1} + p_x)}{2} + \frac{(p_x + p_{x+1})}{2} \right] / 2 \right\}$$

$$=$$

$$Q_x = V_x \cdot \left\{ \left[ \frac{(d_{x+1} - d_{x-1})}{2} \right] \cdot \left[ \frac{(2p_x + p_{x+1} + p_{x-1})}{2} \right] / 2 \right\}$$

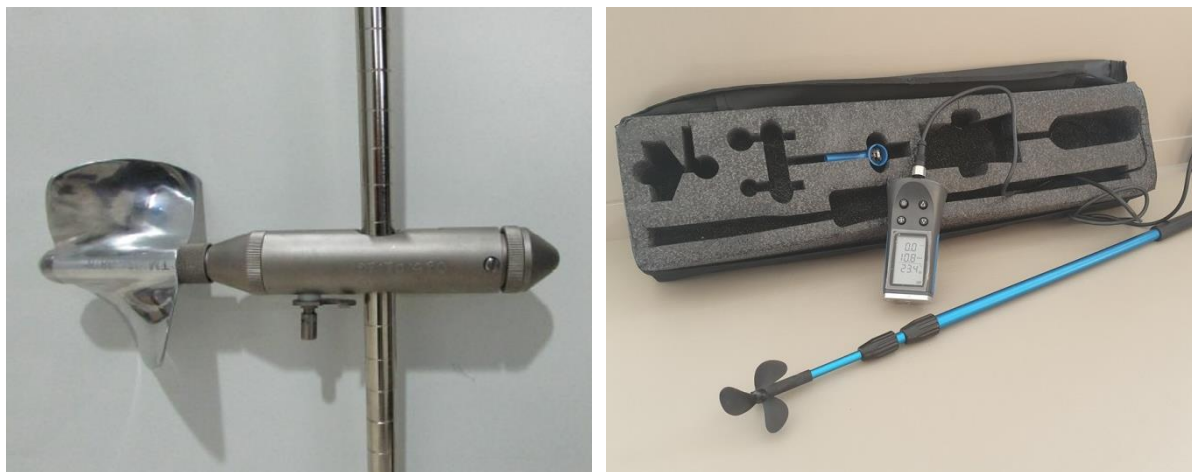
onde:  $Q_x$  = descarga através da seção parcial  $x$ ;  $V_x$  = velocidade média da vertical  $x$ ;  $D_x$  = distância do ponto inicial à velocidade  $x$ ;  $D(x-1)$  = distância do ponto inicial à vertical precedente;  $D(x+1)$  = distância do ponto inicial à próxima vertical;  $P_x$  = profundidade da água na vertical  $x$ ;  $P(x-1)$  = profundidade da água na vertical precedente;  $P(x+1)$  = profundidade da água na próxima vertical.



**Figura 3. Consideração da seção transversal para o método da Meia Seção. Fonte: Hydroscience.**

Para determinar a velocidade de cada subseção, foi utilizado Molinete Hidrométrico de eixo horizontal acoplado a haste de medição a vau, recentemente aferido (este é um equipamento sensível e necessita ser calibrado antes de seu

manuseio para que as medições sejam as mais acuradas possíveis). Foi utilizado o molinete da marca JCTM, modelo MLN-15, diâmetro da hélice de 12,5 cm (Figura 4). Em seções de estrutura reduzida, onde a espessura da lâmina de água não apresentava altura para a utilização do molinete, foi mensurada velocidade da água com o micro molinete Fluxômetro Flowatch – JDC Eletronic (Figura 4).



**Figura 4. Molinete Fluviométrico de Eixo Horizontal MLN-15 (JCTM) à esquerda, e Fluxômetro Flowatch (JDC Eletronic) à direita. Fonte: Hydrosience.**

O Molinete foi operado em haste a vau ou guincho fluviométrico GFL-35 JTCM de 35 m, com lastro em chumbo fundido de 20 ou 5 kg. Nos pontos que apresentaram menores profundidades as medições foram feitas em haste a vau (Figura 5, esquerda). Nos demais pontos, medições foram realizadas com o guincho operado de cima de pontes (Figura 5, direita).

As medições foram realizadas entre os dias 21 de junho de e 1º de julho de 2022. Como as campanhas foram realizadas fora do regime de chuvas, a variação do nível de água dentro do período das medições hidrométricas foi praticamente insignificante, sendo o resultado final do perfil longitudinal do nível de água consistente.



**Figura 5. Medições de fluxo com molinete operado em haste a vau (esq.) e operado com guincho fluviométrico e lastro (dir.).**

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Rio Capivari**

Foram realizadas quatro medições hidrométricas de vazão e perfil da linha da água na calha principal do Rio Capivari. Os resultados obtidos no levantamento realizado na seção mais à montante, CP1, localizada a montante da BR 101 e da confluência com os principais tributários, são apresentados na Figura 6. A vazão total calculada para a seção foi de 0,039 m<sup>3</sup>/s, com profundidade máxima de 13 cm.

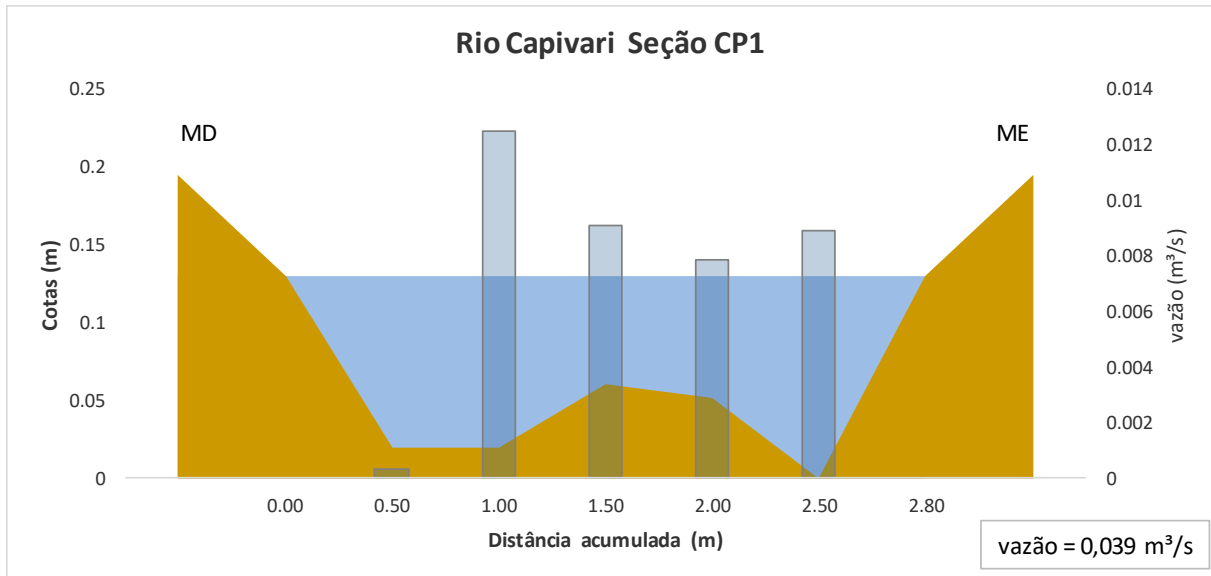


Figura 6. Desenho esquemático da seção transversal CP1, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos no levantamento da seção hidrométrica CP2, assim como as medições de descarga líquida das verticais implementadas. Esta seção está localizada a jusante da BR 101, após a confluência com os rios Imbau e Caxito. Nesta seção, a vazão calculada foi de 0,145 m³/s, com profundidade máxima de 48 cm.

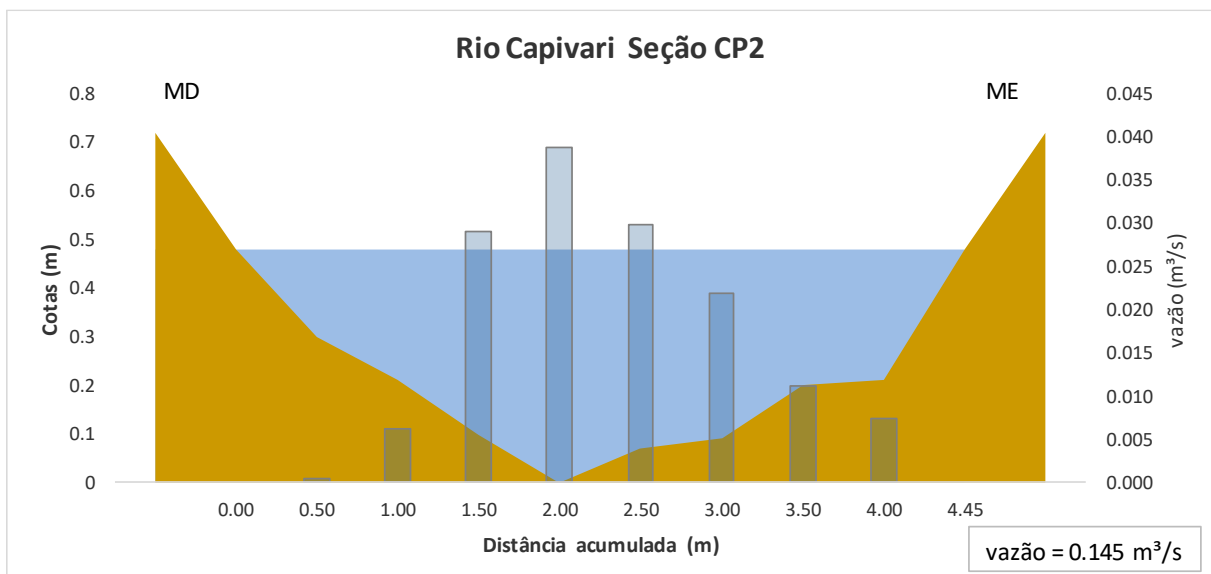


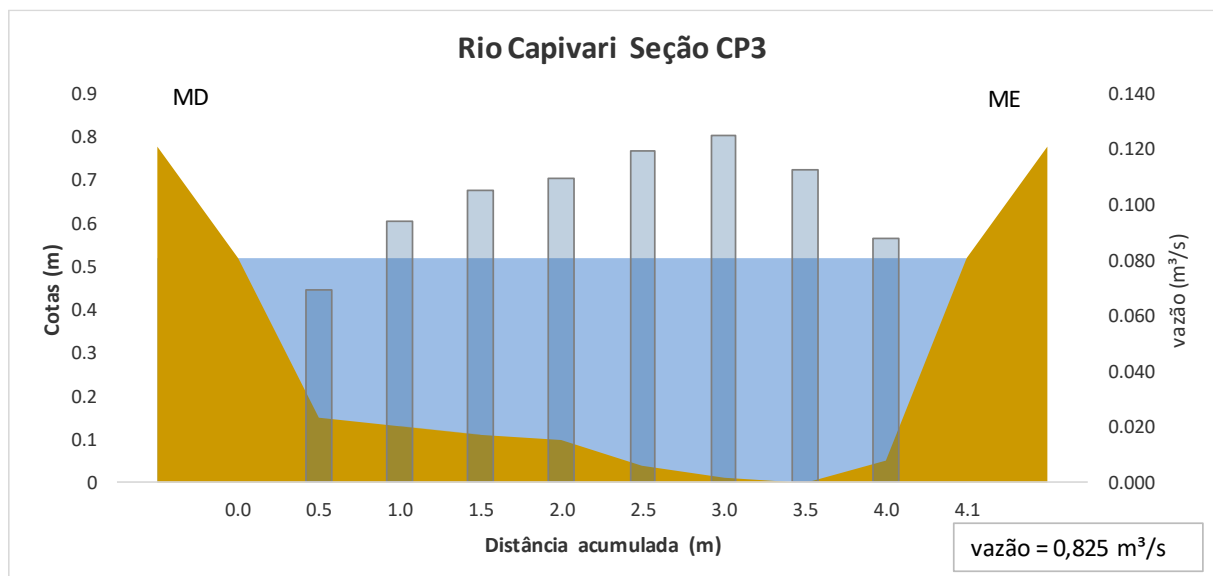
Figura 7. Desenho esquemático da seção transversal CP2, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da





linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.

A terceira seção hidrométrica levantada no Rio Capivari, CP3, esteve localizada após a foz do rio Amazonas, no início da zona urbana da cidade de Silva Jardim. A vazão calculada para este trecho do rio foi de 0,825 m<sup>3</sup>/s, com profundidade máxima atingindo 52 cm (Figura 8). Neste trecho foi registrado o fluxo de água mais alto do rio Capivari, que atingiu média de 0,45 m/s.



**Figura 8. Desenho esquemático da seção transversal CP3, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.**

A quarta seção do rio Capivari, CP4, foi localizada após a zona urbana da cidade de Silva Jardim, especificamente na ponte da rua Geraldo Jerônimo da Silva, antes da confluência com o Rio Valão da Caixa. Nesta seção a calha do rio já se apresentava mais larga, com cerca de 9 m de área molhada. A velocidade média da água no trecho foi de 0,13 m/s, substancialmente menor que na seção anterior, e característica de condições apresentadas em rios de planície. A vazão calculada para a seção foi de 1,025 m<sup>3</sup>/s, a vazão mais alta registrada para o Rio Capivari no estudo.

A Figura 9, a seguir, apresenta o desenho esquemático da seção CP4 resultante do levantamento realizado.

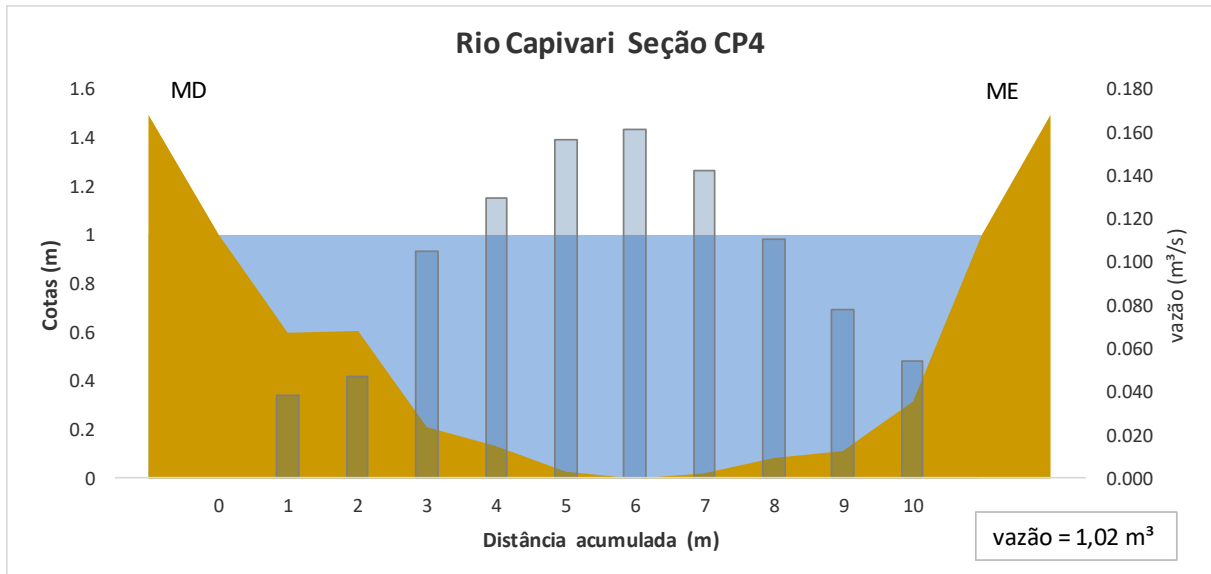


Figura 9. Desenho esquemático da seção transversal CP4, levantada para medição hidrométrica do rio Capivari. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.

## 5.2. Rio Valão da Caixa

No principal tributário do Rio Capivari a jusante da cidade de Silva Jardim, o Rio Valão da Caixa, foram levantadas duas seções hidrométricas para medição de vazão, as duas localizados acima da zona urbana (à montante do bairro da Biquinha). Na seção VC1, a vazão mensurada foi de 0,011 m<sup>3</sup>/s, e a profundidade máxima foi de 51 cm, conforme apresentado na Figura 10, a seguir. Nesta seção, a área molhada foi de 3,5 m, e a velocidade média da água mensurada foi baixa, totalizando 0,008 m/s.

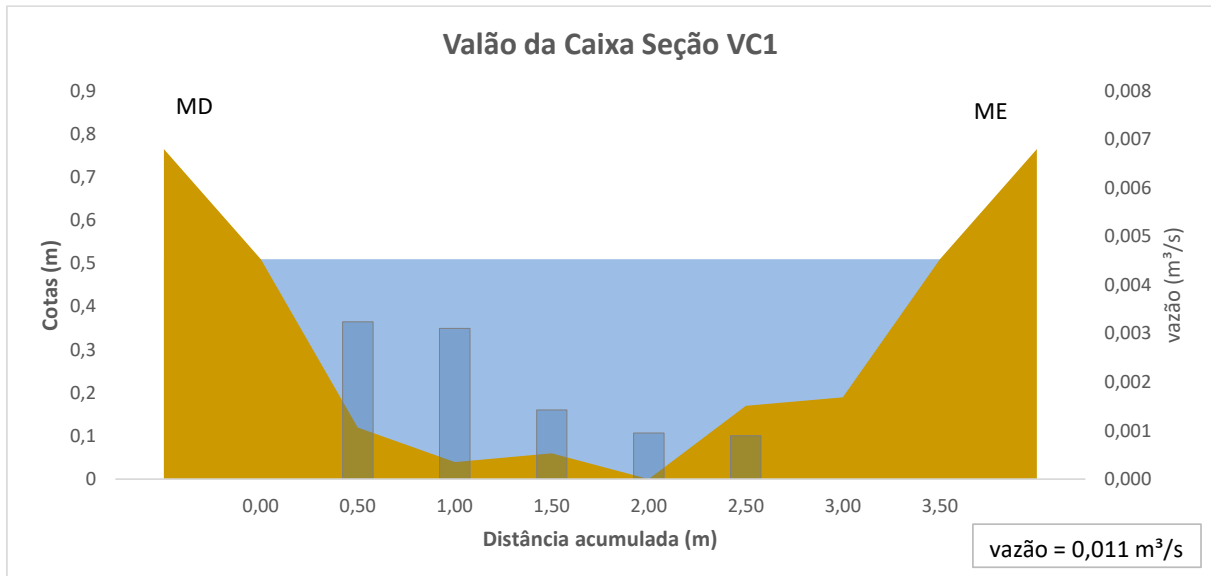


Figura 10. Desenho esquemático da seção transversal VC1, levantada para medição hidrométrica do Valão da Caixa. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.

Na segunda seção realizada no Valão da Caixa, VC2, foi registrada uma vazão de 0,014 m³/s. Aqui, a área molhada da seção foi de 4,2 m, e a profundidade máxima foi de 38 cm. A velocidade da água no trecho também se mostrou baixa, com média de 0,011 m/s.

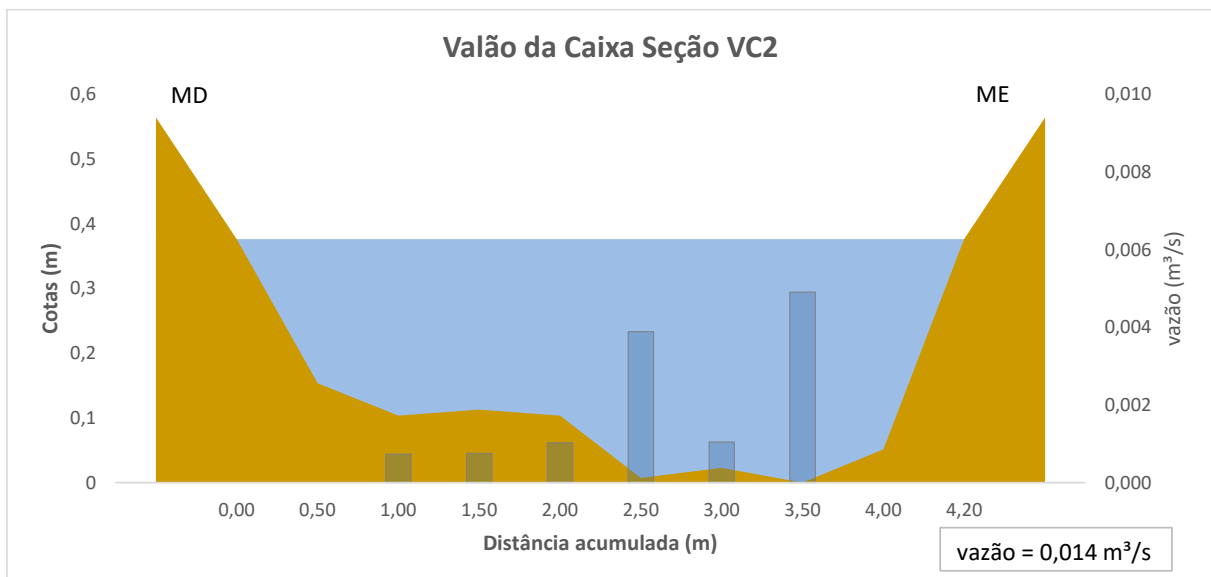


Figura 11. Desenho esquemático da seção transversal VC2, levantada para medição hidrométrica do Valão da Caixa. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.



### 5.3. Rio Valão do Lúcio

O Valão do Lúcio atravessa a cidade de Silva Jardim, e deságua no Valão da Caixa logo antes da confluência deste com o Rio Capivari. É um rio de pequeno porte e curta extensão. Foram realizadas duas medições hidrométricas neste rio, uma na região urbana da cidade nas proximidades do início do curso de água, VL1, e outra, VL2, após a zona urbana de Silva Jardim, logo antes de sua foz no Valão da Caixa.

Na primeira seção realizada no Valão do Lúcio, foi registrada uma vazão de  $0,003 \text{ m}^3/\text{s}$ , e a profundidade máxima foi de 25 cm. A seção molhada neste trecho foi de cerca de 1 m, com baixa velocidade da água, média de  $0,017 \text{ m/s}$ .

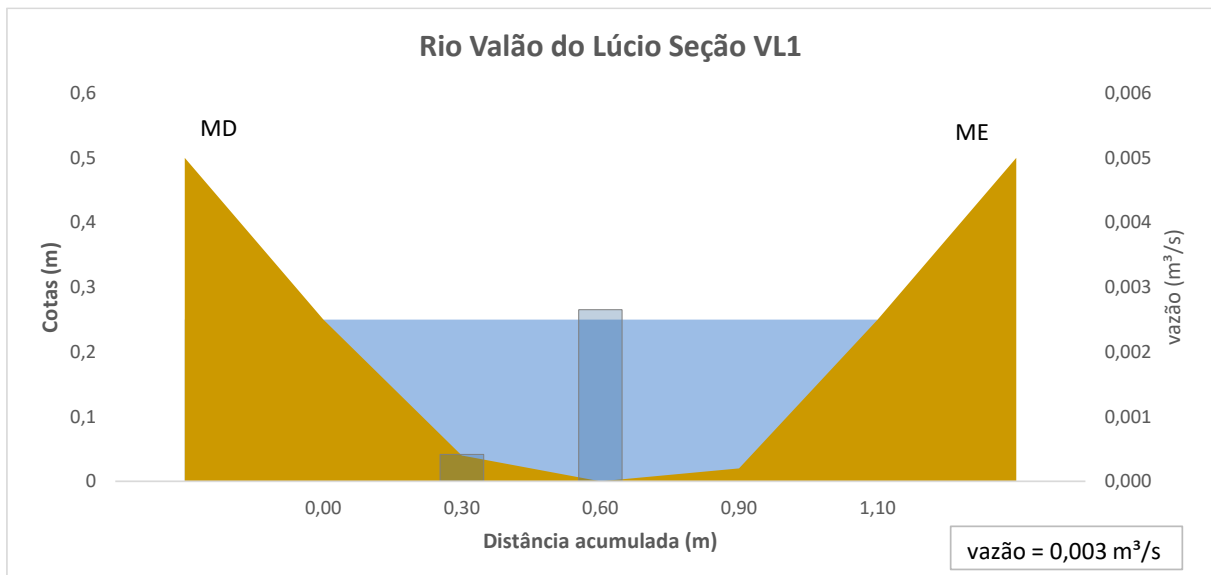
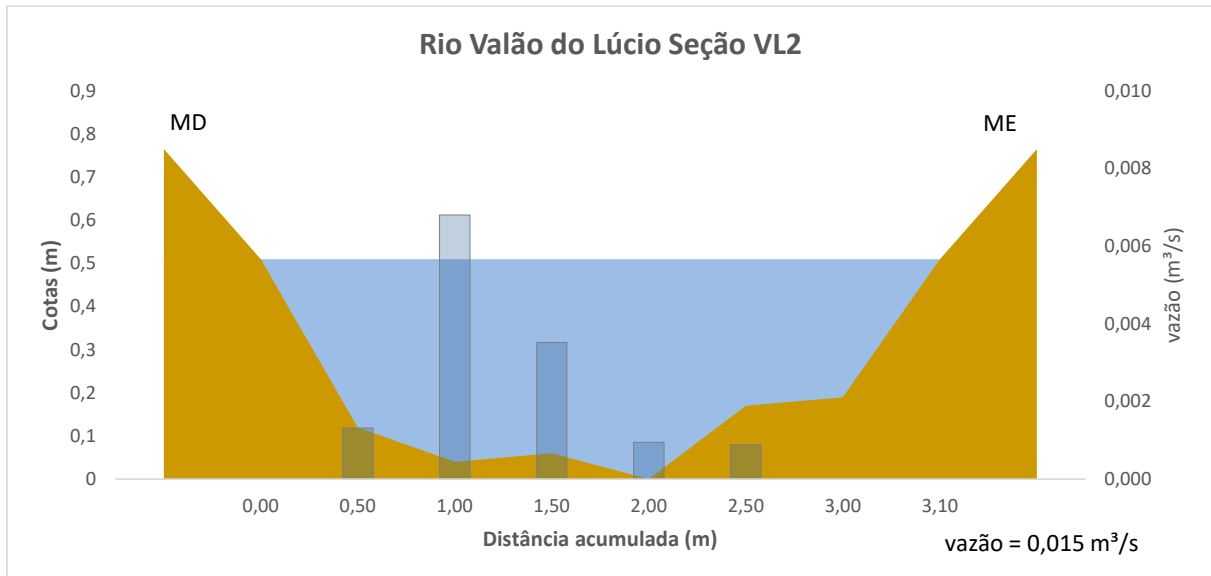


Figura 12. Desenho esquemático da seção transversal VL1, levantada para medição hidrométrica do Valão do Lúcio. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.

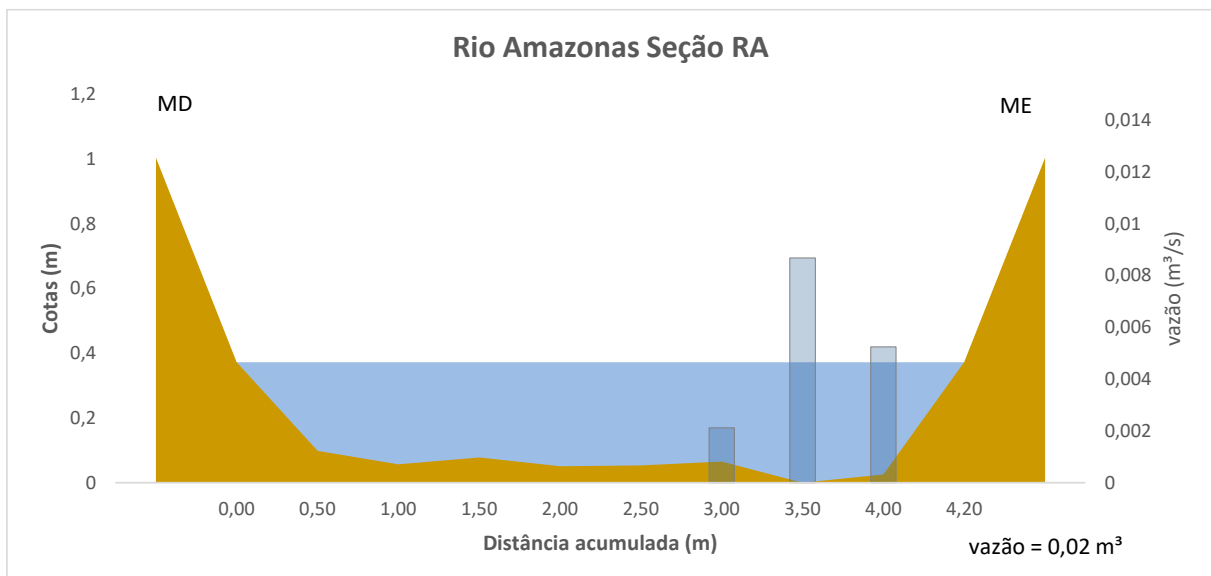
Já na seção hidrométrica VL2, a vazão calculada subiu para  $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ , e a profundidade máxima foi de 51 cm. Neste trecho a largura do rio a seção molhada foi de 3,1 m, e a velocidade média da água foi de  $0,011 \text{ m/s}$ .



**Figura 13. Desenho esquemático da seção transversal VL2, levantada para medição hidrométrica do Valão do Lúcio. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.**

#### 5.4. Rio Amazonas

A Figura 14, a seguir, apresenta os resultados do levantamento hidrométrico realizado no Rio Amazonas. Foi registrada uma vazão de 0,02 m³/s, com profundidade máxima de 37 cm. A largura da calha do rio foi de 4,2 m, e a velocidade = 0,015 m/s.

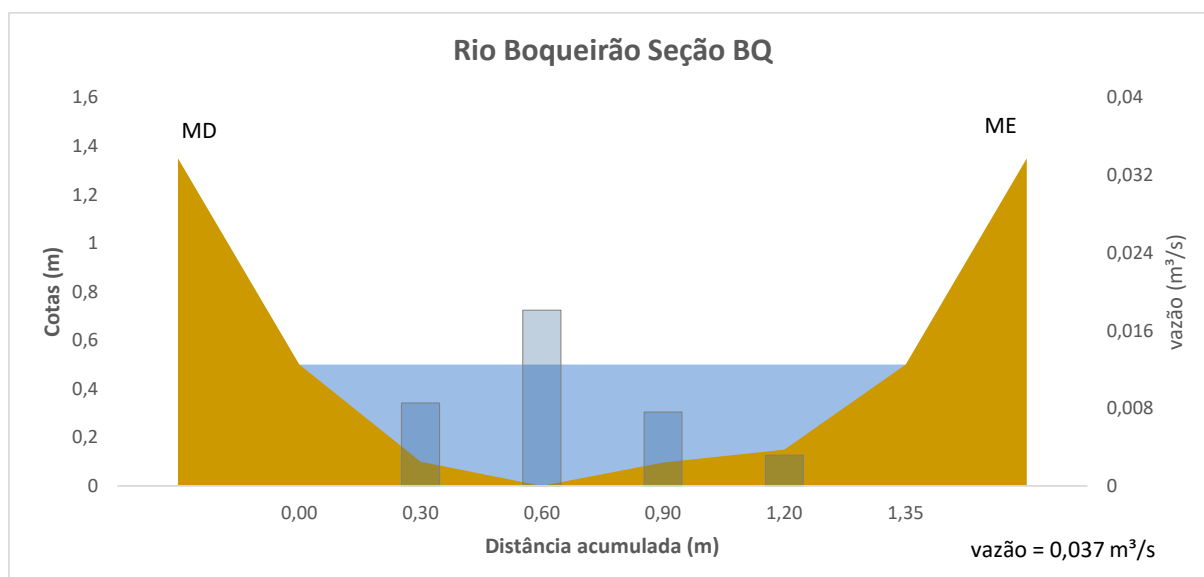


**Figura 14. Desenho esquemático da seção transversal RA, levantada para medição hidrométrica do Rio Amazonas. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da**

linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.

### 5.5. Rio Boqueirão (Lucilândia)

Foi realizada uma medição hidrométrica no Rio Boqueirão, que drena a região de Boqueirão e Lucilândia, à margem esquerda do Rio Capivari, e deságua no Rio Capivari a jusante da sua foz com o Amazonas, ainda no início do trecho urbano da cidade de Silva Jardim. A vazão mensurada para a seção BQ foi de 0,037 m<sup>3</sup>/s, com profundidade máxima de 50 cm (Figura 15). A seção apresentou uma largura de 1,35 m, com velocidade da água média de 0,071 m/s.

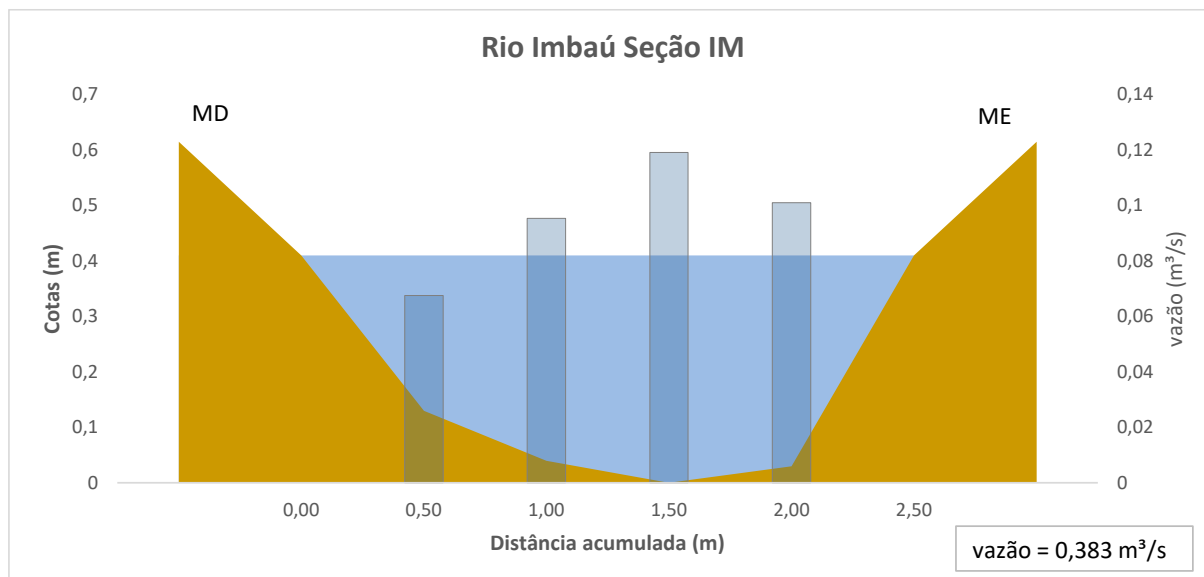


**Figura 15. Desenho esquemático da seção transversal BQ, levantada para medição hidrométrica do Rio Boqueirão. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD =margem direita, ME = margem esquerda.**

### 5.6. Rio Imbaú

O Rio Imbaú é outro tributário à margem esquerda do Rio Capivari, que drena a região da localidade de Embaú, e deságua no Rio Capivari a montante da cidade de Silva Jardim, logo após a localidade da Varginha.

Neste rio foi registrada vazão de 0,383 m<sup>3</sup>/s, com profundidade máxima de 41 cm. O trecho apresentou velocidade média da água de 0,52 m/s, e largura de 2,50 m (Figura 16).



**Figura 16. Desenho esquemático da seção transversal IM, levantada para medição hidrométrica do Rio Imbaú. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.**

### 5.7. Rio Terezinha/Caxito

O Rio Caxito (também chamado de Rio Terezinha), que drena as localidades de Caxito e Cesário Alvin, deságua no Capivari em sua margem direita, à montante da foz do Imbaú, logo após o Capivari cruzar a localidade da Varginha.

Nas medições realizadas na seção CX, foi registrada uma vazão de 0,20 m<sup>3</sup>/s e profundidade máxima de 39 cm. Nesse trecho, o rio Caxito apresentou largura total de 2,5 m, e velocidade da água média de 0,275 m/s.

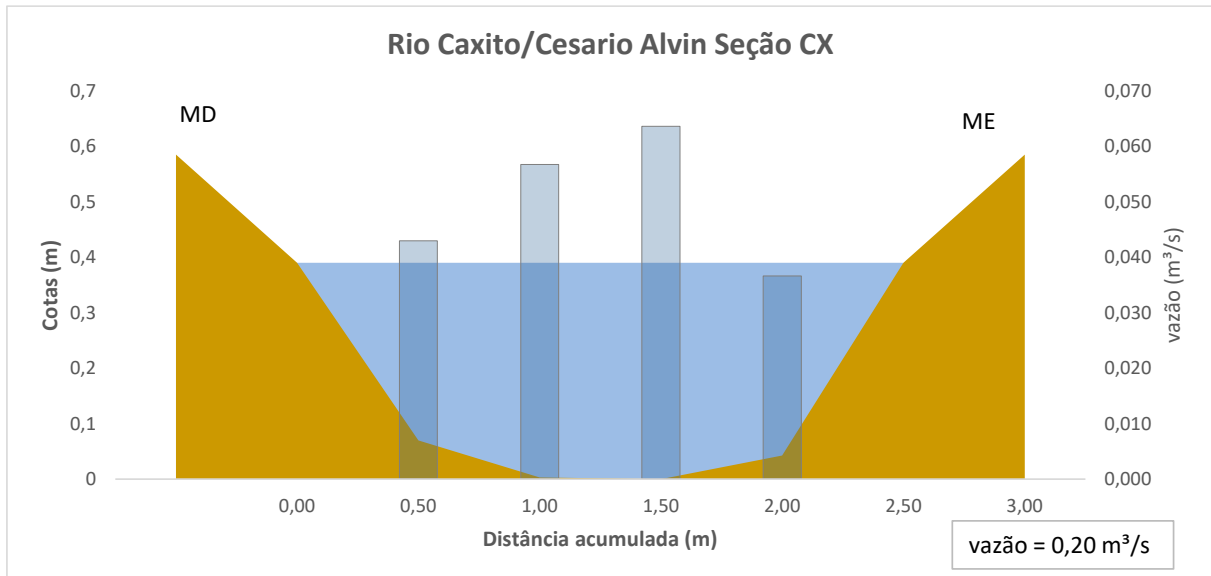


Figura 17. Desenho esquemático da seção transversal CX, levantada para medição hidrométrica do Rio Caxito. Gráfico apresenta variação altimétrica do banco e do leito (marrom), cota da linha de água (azul), e vazão registrada em cada vertical (barras azuis). MD = margem direita, ME = margem esquerda.

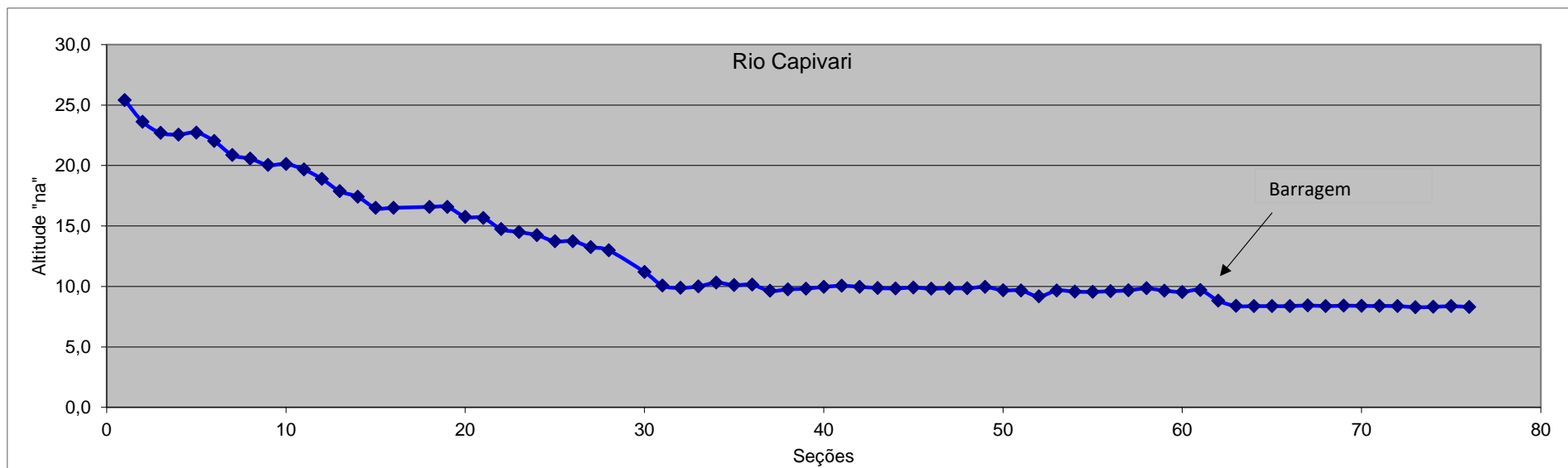
### 5.8. Perfil Longitudinal da Linha d'Água

O perfil longitudinal da linha da água é uma representação da inclinação de escoamento dos corpos hídricos através da bacia de drenagem que atravessam. Ele apresenta a altitude do nível da água determinada em cada seção levantada, e concatena essas informações sucessivamente de forma a representar espacialmente o padrão de inclinação da água de montante para a jusante.

Foram feitas representações do perfil da linha de água para os rios Capivari, Valão da Caixa, e Valão do Lúcio. A determinação desses perfis longitudinais foi feita a partir das seções topobatimétricas levantadas para elaboração dos modelos digitais de elevação (MDE), a serem utilizados na modelagem hidrodinâmica.

Para o perfil longitudinal da linha da água do Rio Capivari foram utilizadas informações do nível de água de 76 seções topobatimétricas levantadas. A Figura 18, a seguir, traz a representação gráfica desses resultados para o Rio Capivari.

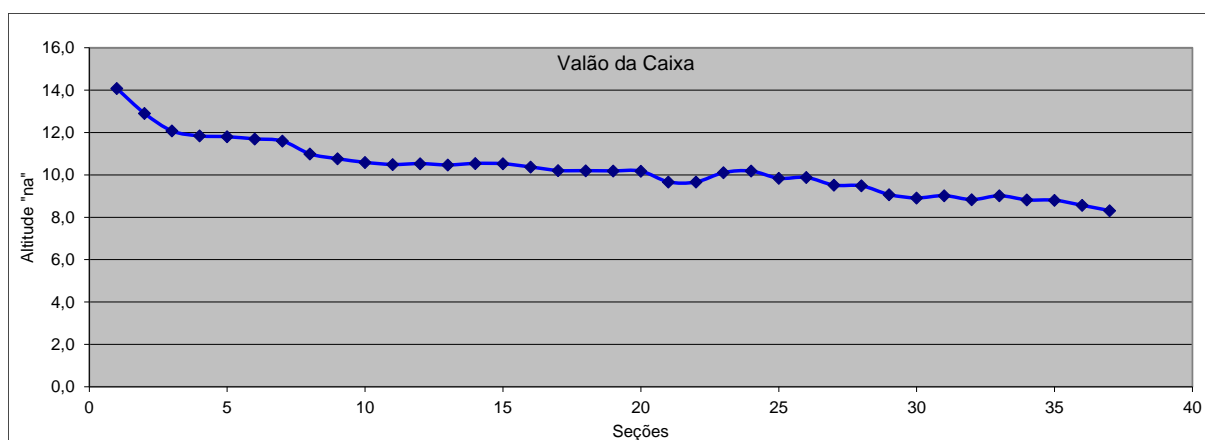




**Figura 18. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Capivari. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo "x" não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas.**

O nível de água do Rio Capivari apresentou uma amplitude de variação altitudinal de 17,110 m entre a seção 01 e a seção 76. Na seção 01, a cota apresentada pelo nível de água (“na”) foi de 25,4 m. O trecho apresentou declividade considerável até a seção de número 30, onde se localiza a Pedra do Amor no Rio Capivari. Após esse ponto, a declividade do rio diminuiu drasticamente, e as condições passaram a ser características de rios de planície. A declividade se manteve praticamente constante, variando entre altitude de 10 a 9 m até a seção de número 61, localizada justamente a montante da barragem do Rio Capivari na cidade. Após esse trecho, a altitude do “na” baixou cerca de 1,4 m, sendo que a última seção, de número 76, apresentou altitude do “na” de 8,301 m.

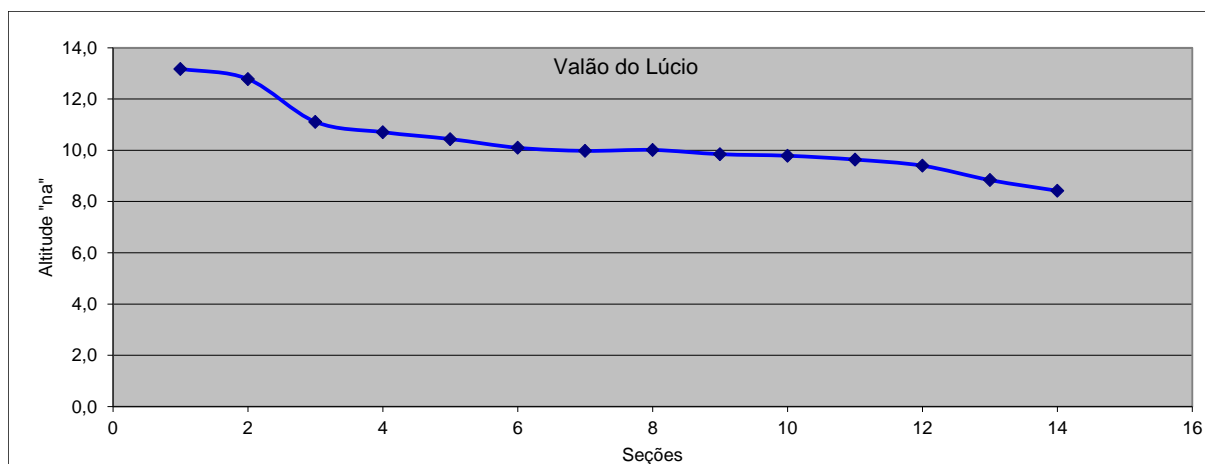
Para o perfil do nível de água do rio Valão da Caixa, foram considerados dados altimétricos de 38 seções. Nesse rio, a amplitude de variação altitudinal do nível de água foi de 7,593 m, passando de 15,904 m na seção 01, para 8,311 m na seção de número 38, conforme apresenta a Figura 19.



**Figura 19. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Valão da Caixa. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo “x” não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas.**

Em relação ao Valão do Lúcio, foram levantadas 14 seções para definição do perfil longitudinal da linha da água, conforme apresentado na Figura 20, a seguir. Neste corpo hídrico a altitude do nível de água variou de 13,170 m, registrado na seção mais à montante levantada, 01, até o mínimo de 8,424 m, registrado na seção 14, próximo à foz, onde o rio deságua no Valão da Caixa.

A variação altitudinal registrada no nível de água do Valão do Lúcio foi de 4,754 m. Esse curso de água atravessa a cidade de Silva Jardim, é de curta extensão, e tem seu início nas proximidades da zona urbana, assim como sua foz, no Valão da Caixa, também dentro da zona urbana. Assim, já seria esperada menor variação altitudinal.



**Figura 20. Perfil longitudinal da linha da água do Rio Valão do Lúcio. Gráfico apresenta a Altitude normal do nível de água por seções levantadas, da montante (esq.) para a jusante (dir.). A escala do eixo "x" não representa escala de distância, mas sim, o número das seções hidrométricas sucessivas.**

## 6. CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos nos levantamentos hidrométricos realizados se mostraram consistentes em relação ao acréscimo gradativo de vazão ao longo do eixo longitudinal do rio. No mesmo sentido, dados de declividade da linha da água se mostraram consistentes pela representação da rede de drenagem e a altitude de conexão entre os corpos hídricos.

A vazão do Rio Capivari foi de 0,039 m<sup>3</sup>/s na seção mais a montante, acima dos principais tributários. Na segunda seção, observou-se um aumento da vazão para 0,145 m<sup>3</sup>/s, e para 0,825 m<sup>3</sup>/s na terceira seção, levantada nas proximidades da zona urbana de Silva Jardim, e após a confluência do Capivari com os tributários Rio Caxito, cuja vazão mensurada foi de 0,200 m<sup>3</sup>/s, e Rio Imbaú, cuja vazão mensurada foi de 0,383 m<sup>3</sup>/s. Na última seção do Rio Capivari, a vazão acima de 1 m<sup>3</sup>/s se mostrou coerente com as características da seção, que se apresentou mais larga e com a

maior profundidade ao longo de toda a calha levantada. Os rios Valão da Caixa e Valão do Lúcio apresentaram vazões baixas ( $> 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ ), representativas das condições observadas com baixo volume e baixa velocidade da água.

Os perfis longitudinais apresentados pelos três corpos hídricos foram consistentes em relação a dinâmica hidráulica da interconexão entre os mesmos. A altitude do nível de água na última seção do Capivari, de 8,301 m, esteve cerca de 1 cm abaixo do nível de água registrado na última seção do Valão da Caixa, cuja altitude “na” foi de 8,311 m. Em relação ao Valão do Lúcio, a última seção apresentou altitude do nível de água de 8,424 m, cerca de 10 cm acima do Valão da Caixa nas proximidades do rio Capivari.

Nas seções próximas à conexão entre os rios, as pequenas diferenças de altitude registradas possibilitam que águas do Rio Capivari adentrem o Valão da Caixa através de efeitos de remanso em uma situação de cheia. Eventos como esse já foram identificados pela Defesa Civil do município de Silva Jardim, conforme reportado à equipe da Hydrosience.

Este documento apresenta medições hidrométricas realizadas adicionalmente ao que estava previsto em TR, especificamente nos rios Amazonas, Imbaú, Boqueirão e Caxito. Nestes corpos hídricos não foi possível determinar o perfil longitudinal da linha da água, apenas o perfil transversal do mesmo, visto que foi levantada apenas uma seção topobatimétrica em cada um deles. Estas seções adicionais foram levantadas com objetivo de se estimar as calhas de entrada e descargas líquidas associadas ao longo do trecho estudado do Rio Capivari, o que trará maior detalhamento do modelo hidrodinâmico a ser gerado aumentando a capacidade preditiva do mesmo.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

ANA – Agência Nacional de Águas. Orientações para Operação de Estações Hidrométricas. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. -- Brasília: ANA, SGH. 2012. 52p.: il.

CILJS - Consórcio Intermunicipal Lagos do São João. Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do Rio São João. Araruama-RJ: Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira – CILSJ, 2005. 153p.

GORDON, ND., McMahon, TA, Finlayson, BL, Gippel, CJ. & Nathan, RJ. Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists. 2nd ed. John Wiley & Sons, LTD. Chichester, England. 2004. 427p.