



PGIRS-AT

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

Produto 4.2 – Relatório da Investigação dos Resíduos Sólidos
nos Recursos Hídricos

Versão Preliminar

Janeiro/2025



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

Produto 4.2 – Relatório da Investigação dos Resíduos Sólidos
nos Recursos Hídricos

Versão Preliminar

Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

FINANCIADOR



CONTRATANTE



REALIZAÇÃO



ELABORAÇÃO



De Curitiba/PR para São Paulo/SP

Janeiro/2025

APRESENTAÇÃO DA EQUIPE

Coordenação Geral

Helder Rafael Nocko | *Engenheiro Ambiental, MSc.*

Coordenador Executivo

André Luciano Malheiros | *Engenheiro Civil, Dr.*

Equipe Técnica

Annelise Nairne Schamne | *Consultora em Resíduos Sólidos, Dra.*

Bruna Silva | *Analista Ambiental*

Daniel Thá | *Economista, MSc.*

Diana Maria Cancelli | *Engenheira Ambiental, Dra.*

Dóris Regina Falcade Pereira | *Analista Ambiental*

Fabiane Baran Cárgano | *Socióloga, MSc.*

Fernanda Muzzolon Padilha | *Engenheira Ambiental, Esp.*

Karin Kässmayer | *Advogada, Dra.*

Larissa dos Santos Silva | *Geógrafa, Esp.*

Luiz Guilherme Grein Vieira | *Engenheiro Ambiental, MSc.*

Márcio A. F. Grochocki | *Geógrafo*

Maria Alice Cordeiro Soares | *Engenheira Civil, Esp.*

Mirna Luiza Cortopassi Lobo | *Arquiteta, Dra.*

Paulo Henrique Costa | *Geógrafo, Esp.*

Roberta Gregório | *Engenheira Ambiental, Esp.*

Vicente Nadal Neto | *Engenheiro Civil*

Tiago Aparecido Perez Vieira | *Consultor em Resíduos Sólidos*

Equipe de Apoio

Daniela Lopes | *Auxiliar Administrativo*

Romildo Macario | *Administrador*

01	17/01/2025	Ajustes solicitados pelo GAT e FABHAT	ETE	RG	HRN
Revisão	Data	Descrição Breve	Ass. do Autor.	Ass. do Superv.	Ass. de Aprov.

PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ - PGIRS-AT			
Relatório da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos			
Elaborado por: Equipe Técnica da EnvEx		Supervisionado por: Roberta Gregório	
Aprovado por: Helder Rafael Nocko		Revisão	Finalidade
		01	03
Data 17/01/2025			
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
		EnvEx Engenharia e Consultoria 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 Produto 4.2 – Relatório da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos, 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

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
3.	METODOLOGIA	20
3.1.	Definição das sub-bacias representativas	21
3.2.	Barreiras flutuantes	24
3.3.	Campanhas de coleta de resíduos nos recursos hídricos.....	26
3.3.1.	Gravimetria	30
3.4.	Pluviometria	33
3.5.	Fluviometria	34
3.6.	Diagnóstico das sub-bacias	35
4.	RESULTADOS.....	37
4.1.	Avaliação das campanhas de coleta de resíduos sólidos flutuantes.....	37
4.1.1.	Sub-bacia do Córrego Jaguaré	40
4.1.2.	Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	47
4.2.	Diagnóstico das sub-bacias	56
4.2.1.	Sub-bacia do Córrego Jaguaré	56
4.2.2.	Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	66
4.3.	Tratamento estatístico dos dados	77
4.4.	Projeção dos resíduos sólidos flutuantes	117
5.	PLANO DE AÇÃO.....	131
5.1.	Sub-bacia do Córrego Jaguaré	133
5.2.	Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	139
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
	REFERÊNCIAS.....	149
	APÊNDICE I – OFÍCIO DAEE	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de elaboração do PGIRS-AT.....	15
Figura 2: Etapas da investigação do aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT.....	20
Figura 3: Visão geral da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	22
Figura 4: Visão geral da sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	23
Figura 5: Configuração das barreiras flutuantes.....	25
Figura 6: Barreira flutuante utilizada na Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	25
Figura 7: Barreira flutuante utilizada na Sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	26
Figura 8: Identificação dos locais de operação das barreiras flutuantes.....	29
Figura 9: Coleta de resíduos nas barreiras flutuantes.....	30
Figura 10: Resíduos expostos ao sol para secagem.....	31
Figura 11: Balança utilizada para medição dos pesos dos resíduos nas gravimetrias.....	32
Figura 12: Caixa plástica contendo resíduos plásticos e balança presa a um suporte para fazer a pesagem.....	32
Figura 13: Série de vazões do Córrego Jaguaré.....	39
Figura 14: Série de vazões do Córrego Novo Mundo.....	40
Figura 15: Gravimetria dos resíduos coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	41
Figura 16: Limpeza e roçada das margens do Córrego Jaguaré.....	44
Figura 17: Registros fotográficos dos resíduos capturados na barreira flutuante da sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	46
Figura 18: Gravimetria dos resíduos coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	47
Figura 19: Descarte irregular de resíduos ao lado do curso hídrico no Córrego Novo Mundo.....	51
Figura 20: Ponto viciado de descarte de resíduos ao lado do Córrego Novo Mundo.....	52

Figura 21: Resíduos de EPS capturados na barreira flutuante no Córrego Novo Mundo.	52
Figura 22: Registros fotográficos dos resíduos capturados na barreira flutuante da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	55
Figura 23: Uso do solo na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	57
Figura 24: Coleta por contêiner na sub-bacia do Córrego Jaguaré.	58
Figura 25: Descarte inadequado de resíduos ao lado de contêiner da coleta pública e do curso hídrico na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	59
Figura 26: Falta de limpeza pública nas imediações do CEU Butantã.....	60
Figura 27: Registros fotográficos da situação de bueiros na sub-bacia do Córrego Jaguaré.	61
Figura 28: Grades instaladas na abertura do bueiro para impedir a entrada de resíduos sólidos.....	62
Figura 29: Áreas de descarte irregular de resíduos na sub-bacia do Córrego Jaguaré.	63
Figura 30: Presença de resíduos no Córrego Jaguaré.	64
Figura 31: Obras de contenção de margem no Córrego Jaguaré.....	65
Figura 32: Coleta de resíduos indiferenciados na sub-bacia do Córrego Novo Mundo pela concessionária de coleta de resíduos com caminhão adaptado com caçamba de 7m ³	67
Figura 33: Uso do solo na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.	68
Figura 34: Coleta por contêiner na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	69
Figura 35: Resíduos descartados fora das caçambas.....	70
Figura 36: Caçamba estacionária privada para coleta de resíduos na área industrial da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	71
Figura 37: Construção de edificações e abrigos improvisados nas margens do curso hídrico.	72
Figura 38: Serviço de roçada na margem do Córrego Novo Mundo.	73
Figura 39: Áreas de descarte irregular de resíduos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	74
Figura 40: Presença de resíduos no Córrego Novo Mundo.....	75

Figura 41: Resultados médios das coletas de RSU nos corpos d'água selecionados.....	78
Figura 42: Resultados das coletas de RSU nos corpos d'água selecionados.....	85
Figura 43: Matriz de correlação entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	88
Figura 44: Gráfico de dispersão entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	89
Figura 45: Matriz de correlação entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	90
Figura 46: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	91
Figura 47: Matriz de correlação entre volume e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	92
Figura 48: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).....	92
Figura 49: Matriz de correlação entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	94
Figura 50: Gráfico de dispersão entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	95
Figura 51: Matriz de correlação entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	96
Figura 52: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	97
Figura 53: Matriz de correlação entre volume e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	98
Figura 54: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).....	98
Figura 55: Gráfico de dispersão entre precipitação, vazão e volume hídrico e quantidade de resíduos (córregos Novo Mundo e Jaguaré), sem "pontos fora da curva".	100
Figura 56: Cotas (em centímetros) dos córregos nos percentis 80% a 99%.....	107
Figura 57: Cotas (centímetros) do córrego Jaguaré no dia 28/01/2024.....	109
Figura 58: Cotas (centímetros) do córrego Jaguaré no dia 09/07/2024.....	109

Figura 59: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 30/07/2024.	110
Figura 60: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 24/02/2024.	111
Figura 61: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 18/01/2024.	112
Figura 62: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 10/09/2024.	113
Figura 63: Gráfico de dispersão entre a elevação da cota durante a campanha e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré no painel esquerdo e córrego Novo Mundo no direito).	114
Figura 64: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 08/03/2024.	115
Figura 65: Estruturas hidráulicas presentes na BHAT.	125
Figura 66: Captura de resíduos na UHE Pirapora. A – Reservatório. B – Tomada d’água. C – Resíduos nas grades. D – Limpeza das grades.	126
Figura 67: Capturas de resíduos na UHE Rasgão. A – Reservatório. B – Grades na tomada d’água. C – Máquina limpa grades. D – Caçamba de lixo.	127
Figura 68: Volume (m ³) retirados das elevatórias do Canal Pinheiros pela EMAE.	128
Figura 69: Fatores chave para prevenir o descarte inadequado de resíduos.	131
Figura 70: Destaque da área prioritária para atuação na sub-bacia do Córrego Jaguaré.	134
Figura 71: Destaque da área prioritária para atuação na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.	140
Figura 72: Como os resíduos sólidos chegam até os rios.	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Total de resíduos sólidos capturados (kg em base seca).....	37
Tabela 2: Precipitação total (mm) nas estações pluviométricas das sub-bacias representativas no período de outubro/2023 a setembro/2024 em comparação com a média esperada para o Município de São Paulo.....	38
Tabela 3: Total de resíduos sólidos por tipologia (kg em base seca) coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	40
Tabela 4: Resultados por campanha de coleta resíduos sólidos flutuantes na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	42
Tabela 5: Total de resíduos sólidos por tipologia (kg em base seca) coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.	47
Tabela 6: Resultados por campanha de coleta resíduos sólidos flutuantes na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.....	49
Tabela 7: Resultados agregados das quantidades coletadas.	79
Tabela 8: Estatísticas descritivas das quantidades coletadas por tipo de resíduo.....	80
Tabela 9: Resultados agregados das quantidades coletadas por tipologia, em todas as campanhas (somadas).	84
Tabela 10: Classificação das campanhas de maiores coletas e de maiores volumes hídricos no córrego Jaguaré.....	101
Tabela 11: Classificação das campanhas de maiores coletas e de maiores volumes hídricos no córrego Novo Mundo.	102
Tabela 12: Resultados de ajuste do modelo GLM quasi-Poisson.	104
Tabela 13: Resultados do teste Omnibus para o modelo GLM quasi-Poisson.....	105
Tabela 14: Estimativas de parâmetros para o modelo GLM quasi-Poisson.	105
Tabela 15: Diferenças estruturais e de ocupação nas sub-bacias.....	118
Tabela 16: Extrapolações para a Bacia do Alto Tietê a partir dos resultados amostrais dos córregos Jaguaré e Novo Mundo.....	122
Tabela 17: Extrapolações para as Sub-bacias do Alto Tietê a partir dos resultados amostrais dos córregos Jaguaré e Novo Mundo.	124

Tabela 18: Resíduos flutuantes retirados das estruturas hidráulicas da EMAE (t/mês).	128
Tabela 19: Taxa per capita estimada de aporte de resíduos nos rios com base nos volumes de resíduos flutuantes retirados de estruturas hidráulicas da EMAE.	129
Tabela 20: Ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Jaguaré.....	136
Tabela 21: Ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.	142

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
BAT	Bacia Alto Tietê
BHAT	Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
CBH-AT	Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CEU	Centro Educacional Unificado
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo
CPTEC-INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
Dd	Densidade de drenagem
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia
EPS	Poliestireno Expandido
FABHAT	Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
Ff	Fator Forma
GAT	Grupo de Acompanhamento Técnico
GLM	Modelo Linear Generalizado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Kc	Coeficiente de compacidade
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
NMSB	Novo Marco Legal do Saneamento Básico
PBHAT	Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
PDMAT-3	Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê
PET	Polietileno Tereftalato

PEVs	Pontos de Entrega Voluntária
PGIRS-AT	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PTSA	Período de Tempo Seco Antecedente (PTSA)
RCC	Resíduos de Construção Civil
RDO	Resíduos Domiciliares
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMIL	Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UHE	Usina Hidrelétrica
YR	Plataforma de meteorologia do Instituto Norueguês de Meteorologia

1. INTRODUÇÃO

Considerando 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 elaborar, de forma participativa, o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (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.

Para a elaboração do PGIRS-AT serão realizadas 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).

O Produto 4.2 – Relatório da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos, complementar ao Produto 4.1, contempla os resultados da captura de resíduos em barreiras flutuantes instaladas em dois cursos hídricos em sub-bacias representativas no território de análise, bem como as análises estatísticas, projeções de aporte de resíduos nos cursos hídricos e planos de ação piloto para cada sub-bacia estudada.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

No contexto brasileiro, a Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, Lei Federal nº 11.445/2007, trata dos princípios fundamentais que devem ser observados na prestação dos serviços públicos de saneamento básico no Brasil. A partir de então, foram estabelecidas diretrizes com o intuito de garantir a universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007).

Em 2020, a referida lei foi atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020, que se popularizou como Novo Marco Legal do Saneamento Básico. A partir desse novo ponto, ficou definido que o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto por atividades como varrição de logradouros públicos, limpeza de dispositivos de drenagem de águas pluviais, limpeza de córregos, poda, capina, raspagem, roçada, coleta, acondicionamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, assim como indica o Art. 7º (BRASIL, 2020):

Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:

*III - de varrição de logradouros públicos, de **limpeza de dispositivos de drenagem de águas pluviais, de limpeza de córregos** e outros serviços, tais como poda, capina, raspagem e roçada, e de outros eventuais serviços de limpeza urbana, bem como de coleta, de acondicionamento e de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos provenientes dessas atividades.*

No território de análise que envolve 42 municípios, os quais também fazem parte da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) e/ou da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), diversos são os desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos e sua interface direta com a poluição dos recursos hídricos, desde a coleta até a disposição final. Dados da Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (EMAE) exibem que,

entre 2019 e março de 2023, foram coletadas 12,4 mil toneladas de resíduos nas Usinas Elevatórias de Pedreira e São Paulo e nas Usinas de Geração Pirapora, Rasgão e Porto Goés. Em complemento, foram recolhidos em média 8.000 pneus/mês durante as atividades de desassoreamento dos rios Tietê e Pinheiros, conforme estudo elaborado em 2013 (COSTA et al, 2013).

Nesse sentido, conforme o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PDMAT-3), o antigo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE - atualmente denominado SP Águas) destaca que, sem a redução do material carregado para os rios pelo sistema de drenagem, o assoreamento continuará a se agravar, pois a remoção de sedimentos tem sido insuficiente para compensar o acúmulo de resíduos transportados (DAEE, 2014). Com base nisso, o PDMAT-3 ainda indica que deve haver maior cuidado nas ações de uso e ocupação do solo, e maior controle das áreas de expansão urbana e de ocupação de encostas, de modo a promover a redução da erosão de solos e do lixo carregado para o sistema de drenagem (DAEE, 2014). Todos esses fatos corroboram para demonstrar a grande importância da temática para o território de análise envolvendo os 42 municípios.

Ainda, conforme os Relatórios de Situação da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, a geração de resíduos sólidos urbanos supera as 19 mil t/dia, o que pode levar a impactos negativos na qualidade dos recursos hídricos e do equilíbrio ambiental da região (CBH-AT). Frente a isso, surgiu a necessidade do desenvolvimento de uma investigação quanto ao aporte de resíduos sólidos nos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

Nesse sentido, conforme indica o Termo de Referência do processo licitatório nº 002/2022 do PGIRS-AT, foi desenvolvido estudo sobre o aporte de resíduos nos recursos hídricos durante 12 meses em duas sub-bacias representativas. As etapas de levantamento de dados preliminares, a definição das sub-bacias representativas e o diagnóstico preliminar, foram apresentadas no Produto 4.1.

Neste produto, serão apresentados os resultados das campanhas de captura de resíduos por meio das barreiras flutuantes instaladas nos cursos hídricos das sub-bacias representativas. A análise inclui uma avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos obtidos em cada amostragem, tratamento estatístico dos dados e projeção do aporte de resíduos sólidos em toda a região de estudo (abrangendo 42 municípios). Além disso, será elaborado um plano de ação com propostas estruturais e não estruturais, alinhado às diretrizes e estratégias a serem definidas para a implementação do PGIRS-AT.

Cabe destacar que a integração entre resíduos sólidos e recursos hídricos é fundamental para o entendimento completo das raízes dos problemas ambientais na Bacia, unindo, dessa forma, duas importantes políticas públicas existentes no Brasil: a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997).

3. METODOLOGIA

As etapas do trabalho de investigação do aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos no âmbito do PGIRS-AT seguiram o estabelecido no Termo de Referência do processo licitatório nº 002/2022 da FABHAT, conforme ilustra a Figura 2.



Figura 2: Etapas da investigação do aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

As etapas de levantamento de dados, definição de critérios de elegibilidade e diagnóstico das sub-bacias representativas já foram realizadas e reportadas no Relatório 4.1 – Relatório Parcial da Investigação do Aporte de Resíduos nos Recursos Hídricos.

Já os resultados das etapas de coleta e avaliação dos resíduos sólidos, advindos da operação das barreiras flutuantes nas sub-bacias representativas, são apresentadas nesse Produto 4.2 - Relatório Final da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos.

Posto isso, foram realizados levantamentos de dados primários (vazão e coleta de resíduos), secundários (pluviosidade), além do diagnóstico das dinâmicas relacionadas à ocupação do solo e ao manejo de resíduos sólidos nas duas sub-bacias representativas selecionadas. Na sequência são detalhados os métodos de trabalho para esta investigação.

3.1. Definição das sub-bacias representativas

A definição das sub-bacias representativas foi apresentada no Produto 4.1 – Relatório Parcial da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos. Retomando o que diz o Termo de Referência do PGIRS-AT, a definição das sub-bacias representativas deveria seguir os seguintes regramentos:

- Pertencerem às áreas de drenagem dos rios Pinheiros e Tietê;
- Estarem contidas em um único município;
- Serem típicas da região de estudo quanto ao uso do solo e cobertura vegetal, varrição, coleta e disposição final de resíduos sólidos e sistemas de drenagem;
- Possuírem pequenas dimensões territoriais, com adequadas condições físicas de medição, razoavelmente uniformes para determinação quantitativa e qualitativas dos dados pretendidos;
- Serem bem instrumentadas em relação às medições de vazão e precipitação; e
- Apresentarem mudanças mínimas em suas características durante o período de observação - sendo registradas quaisquer alterações.

Posterior a diversas análises no território e a pré-seleção de 8 sub-bacias, foram então realizadas visitas *in loco* em cada uma delas, de modo a avaliar a viabilidade estrutural, operacional e logística de cada local para instalação das barreiras flutuantes. Assim, após avaliação integrada, foram selecionadas as sub-bacias do Córrego Novo Mundo, na Zona Norte, e do Córrego Jaguaré, na Zona Oeste, ambas no município de São Paulo, para aplicação deste estudo (Figura 3 e Figura 4).



Figura 3: Visão geral da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 4: Visão geral da sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A leitura completa das avaliações e processos de decisão pode ser realizada no Produto 4.1 (Apêndice I).

3.2. Barreiras flutuantes

Uma vez que o objetivo indicado no Termo de Referência é a captura de resíduos sólidos flutuantes em cursos hídricos nas sub-bacias representativas, para posterior avaliação e correlação com demais fatores, foi realizado estudo das opções existentes para captura de resíduos em ambientes aquáticos.

Assim, a escolha do tipo de estrutura que foi implementada nos cursos hídricos para a retenção de resíduos sólidos levou em consideração o prazo de execução (12 meses), aspectos ambientais, logísticos, operacionais e de segurança. Frente a isso, optou-se pela instalação de barreiras flutuantes móveis, as quais possibilitam agilidade na instalação e remoção, ou ainda, sua abertura durante eventos de alta pluviosidade e vazão do curso hídrico, reduzindo riscos.

As barreiras flutuantes utilizadas possuem módulos de 100 cm x 100 cm em aço inox equipados com dois pares de flutuadores (Figura 5-A). O sistema de ancoragens possibilita segurança e funcionamento dinâmico da barreira diante da rápida variação do nível dos córregos, com a disposição simétrica dos pontos de ancoragem (Figura 5-B, C e D).

**A****B**



Figura 5: Configuração das barreiras flutuantes.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A barreira flutuante do córrego Novo Mundo era composta por 8 módulos, que correspondem à largura do canal, totalizando 8 metros de extensão e área de amostragem de 8 m² (Figura 6).

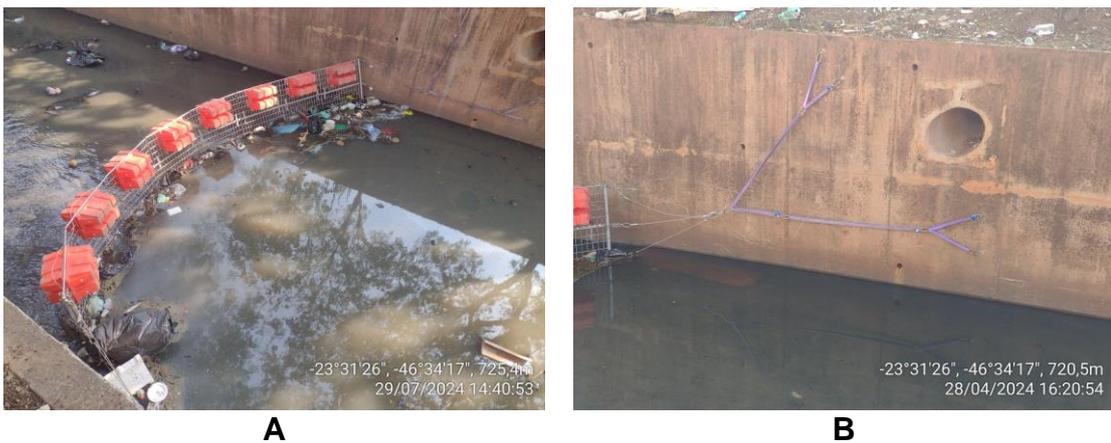


Figura 6: Barreira flutuante utilizada na Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Já a barreira flutuante do córrego Jaguaré era composta por 12 módulos, que abrangem o leito vazante e menor, totalizando 12 metros de extensão e área de amostragem de 12 m² (Figura 7).

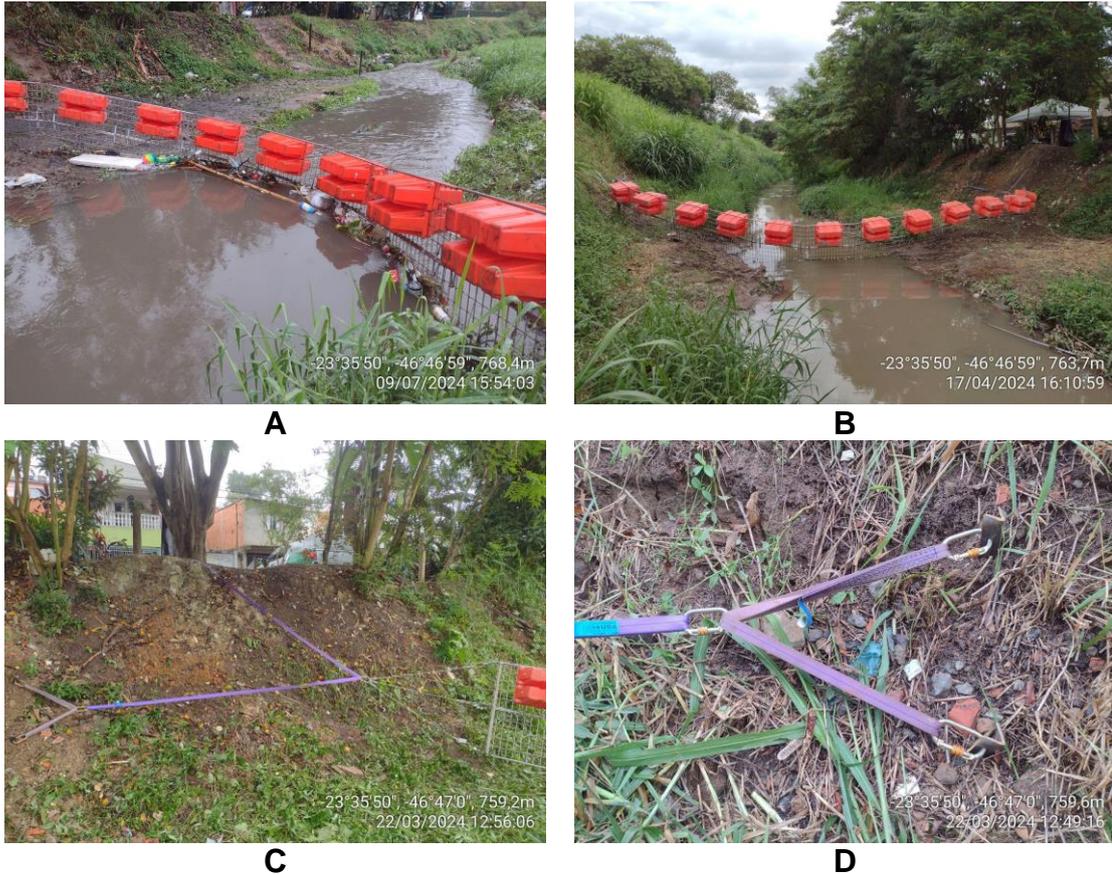


Figura 7: Barreira flutuante utilizada na Sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

3.3. Campanhas de coleta de resíduos nos recursos hídricos

Após a definição das sub-bacias e a instalação das barreiras flutuantes, a operacionalização das campanhas de coleta de resíduos dependia da autorização da Prefeitura Municipal de São Paulo e do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), atualmente nomeado como SP Águas.

Em contato com a Prefeitura Municipal de São Paulo, especificamente com a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, foi informado que as autorizações deveriam ser obtidas com cada uma das subprefeituras das respectivas áreas selecionadas, uma vez que não existe procedimento específico de licenciamento ambiental para implantação de barreiras flutuantes para captura de resíduos, seja pela Prefeitura Municipal ou pela CETESB.

Desta forma, as autorizações das subprefeituras foram realizadas por meio de reuniões virtuais com a presença dos Coordenadores de Projetos e Obras, setor responsável pela organização da limpeza pública nos cursos hídricos em cada território. Tais autorizações permitiram a execução das campanhas de coleta de resíduos nos cursos hídricos, bem como a utilização dos pátios de obras como ponto de apoio para guardar materiais e realizar os processos de secagem e gravimetria dos resíduos.

Já em relação à autorização do DAEE, uma vez que a Instituição não possui até o momento processo específico para autorização de instalação e operação de barreiras flutuantes em cursos hídricos no Estado de São Paulo, o procedimento ocorreu por meio da apresentação de estudos técnicos via ofício e reuniões virtuais com a Diretoria da Bacia do Alto Tietê da Instituição. Os estudos base exigidos pelo Órgão foram:

- Levantamento das seções topobatimétricas dos dois trechos escolhidos para implantação;
- Indicação dos aspectos construtivos e operacionais das barreiras flutuantes; e
- Indicação de medidas de contingência a serem adotadas em situações de emergências e risco, contemplando:
 - Sub-bacia do Córrego Jaguaré:
 - Distância da travessia mais próxima: 60 metros;
 - Cancelamento da operação quando o nível d'água atingir: 1,2 metro.
 - Sub-bacia do Córrego Novo Mundo:
 - Distância da travessia mais próxima: 100 metros;
 - Cancelamento da operação quando o nível d'água atingir: 2,5 metros.

Após a aprovação dos documentos, em 14 de agosto de 2023, o DAEE emitiu o Ofício/BAT/0120/2023, aprovando o início dos trabalhos em campo. Os ofícios

enviados ao DAEE, bem como o ofício de aprovação dos trabalhos encontram-se disponíveis no Apêndice II.

O Termo de Referência do PGIRS-AT definia que a investigação do aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos deveria ser realizada durante um ano, sendo 3 campanhas de coleta de resíduos por mês em período chuvoso (setembro-março) e 2 campanhas por mês em período seco (abril-agosto), o que totaliza 31 campanhas de coleta de resíduos em cada uma das sub-bacias.

Uma vez que se trata de um serviço de alta complexidade na sua execução, considerando os locais de instalação e as demandas de operação, os meses de setembro e outubro foram utilizados para testes e ajustes na operação, conforme informado durante as reuniões de acompanhamento do Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) do PGIRS-AT. Assim, a investigação do aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos ocorreu entre setembro/2023 e setembro/2024, e foram estabelecidas, como padrão, 3 campanhas por mês para cada sub-bacia. No mês de janeiro/2024, devido a intensidade dos eventos de precipitação, optou-se por realizar 4 campanhas no Córrego Jaguaré.

Dessa forma, foram realizadas 71 campanhas de coleta de resíduos, ou seja, 9 campanhas acima das 62, inicialmente previstas. As 71 campanhas foram divididas da seguinte forma:

- 36 campanhas na Sub-bacia do Córrego Jaguaré;
- 35 campanhas na Sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

As campanhas ocorreram no período diurno, de modo a reduzir riscos operacionais, mas garantindo os resultados esperados, com uma média de 8 horas de operação das barreiras por campanha. Após o encerramento, as barreiras eram desinstaladas e armazenadas nos pátios de obras das Subprefeituras do Butantã e da Vila Guilherme/Vila Maria.

O local das campanhas era identificado com tenda, banner e a identificação do projeto, assim como indicado na Figura 8.



MUNICÍPIO
SÃO PAULO

OBJETIVO
INVESTIGAÇÃO DO APORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS RECURSOS HÍDRICOS

PERÍODO DO SERVIÇO
INÍCIO: 09/2023
PRAZO: 12 MESES

AUTORIZAÇÃO DAEE
0120/2023

SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO

Financiador: **FEHIDRO** Contratante: **FABHAT** Realização: **ALTO TIETÊ**

Apoio: **CIDADE DE SÃO PAULO** Execução: **envex**

PGIRS-AT



Figura 8: Identificação dos locais de operação das barreiras flutuantes.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Os resíduos foram coletados dos córregos com o uso de um passaguá e, em seguida, colocados em caixas plásticas vazadas, que eram içadas até a margem do curso hídrico por meio de sistemas de polias e cordas, conforme ilustrado na Figura 9.



Figura 9: Coleta de resíduos nas barreiras flutuantes.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Após a retirada, os resíduos eram acondicionados em *Big Bags* e transportados por veículo com carreta acoplada até o local onde se realizavam a secagem e a gravimetria dos resíduos.

3.3.1. Gravimetria

Assim que os resíduos chegavam aos pátios de obras das Subprefeituras, eles eram organizados de forma a retirar toda a umidade presente, principalmente por meio da exposição ao sol em área aberta, assim como apresentado na Figura 10. Esse procedimento foi necessário para conseguir apresentar o peso (kg) em base seca.

Garrafas ou materiais com líquidos dentro foram esvaziados para não causar erros nas pesagens dos resíduos. Também houve o cuidado para a secagem de tecidos, bolsas e sapatos, e os sacos plásticos fechados que eram recolhidos nas barreiras foram abertos para inspecionar e separar seu conteúdo.



Figura 10: Resíduos expostos ao sol para secagem.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Após a secagem, os resíduos sólidos eram separados por tipologia de composição de materiais, conforme indicado no Termo de Referência:

- **Plástico:** sacolas, embalagens, garrafas, engradados, poliestireno, blocos, correias, tampa de garrafas, escova de dentes, flaconete, cordas, redes, cassetes de música, seringas, embalagens para comida e outros;
- **Papel:** invólucros, jornais, livros, folhetos publicitários, passagens de ônibus, recipientes para bebidas, papelão e outros;
- **Metal:** folhas, latas, tampas de garrafas, peças diversas e outros;
- **Vidro:** garrafas, cacos de vidro e outros;
- **Vegetação:** galhos, folhas, frutas, fragmentos de legumes e outros;
- **Material de construção:** persianas, tábuas, entulho, adereços de madeira, tijolos quebrados e pedaços de concreto e outros;
- **Diversos:** roupas velhas, sapatos, panos, esponjas, bolas, móveis, canetas e lápis, balões, filtros de óleo, bitucas de cigarro, pneus velhos e outros.

Com auxílio de uma caixa plástica e cordas, os resíduos eram pesados em uma balança analógica, com capacidade de medir até 100kg e graduação a cada 500g, que ficava pendurada em um suporte (Figura 11).



Figura 11: Balança utilizada para medição dos pesos dos resíduos nas gravimetrias.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Todos os dias, antes das pesagens, a caixa com cordas era pesada para que seu peso fosse descontado da quantidade geral de resíduos (Figura 12).



Figura 12: Caixa plástica contendo resíduos plásticos e balança presa a um suporte para fazer a pesagem.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Também foi feita a tentativa de parceria com cooperativas de catadores de materiais recicláveis para aproveitamento dos materiais com potencial de reciclagem, mas houve recusa por parte delas em virtude da característica final do resíduo pós coleta nos córregos. A partir disso, após a gravimetria, os resíduos foram encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada, por meio da coleta pública municipal.

3.4. Pluviometria

A pluviometria, ou seja, a medição de precipitação incidente em cada sub-bacia, foi um dos fatores utilizados para estudar o grau de correlação com a quantidade de resíduos sólidos flutuantes capturados nas barreiras flutuantes.

Conforme apresentado no Produto 4.1, as sub-bacias dos córregos Jaguaré e Novo Mundo são monitoradas por estações pluviométricas automáticas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), as quais são detalhadas abaixo:

- **Sub-bacia Córrego Novo Mundo**
 - Nome da Estação: Vila Maria
 - Código da Estação: 355030854A
 - Latitude: -23,502
 - Longitude: -46,591
- **Sub-bacia Córrego Jaguaré**
 - Nome da Estação: Jardim João XXIII
 - Código da Estação: 355030896A
 - Latitude: -23,6
 - Longitude: -46,789

Mensalmente foi realizado o *download* dos dados diretamente da plataforma do CEMADEN. Uma vez que os dados de pluviosidade têm frequência horária, foi realizada

a consolidação dos acumulados diários de precipitação para todo o período de operação das barreiras flutuantes.

A partir disso, foram vinculados a cada campanha os seguintes dados:

- Precipitação diária acumulada no dia da campanha em mm;
- Precipitação diária acumulada no dia anterior à campanha em mm;
- Período de Tempo Seco Antecedente (PTSA), ou seja, dia(s) sem precipitação anterior ao dia da campanha;
- Data da última chuva.

Em paralelo, para planejamento das campanhas de operação das barreiras flutuantes, foi realizada constantemente a verificação de portais de previsão do tempo de modo a coincidir as campanhas com eventos de chuva. Os portais consultados foram:

- Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE), com indicação de previsão para hoje + 2 dias seguintes;
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), com indicação de previsão para hoje + 12 dias seguintes;
- Plataforma de meteorologia do Instituto Norueguês de Meteorologia (YR), com indicação de previsão para hoje + 9 dias seguintes.

Foi considerado o CGE como sendo o portal de maior precisão meteorológica, uma vez que tem a previsão dedicada ao município de São Paulo com monitoramento por bairro. No entanto, como a previsão estendida apenas apresentava dados para os próximos 2 dias, foram utilizados os dados apresentados pelas outras plataformas de modo complementar.

3.5. Fluviometria

Conforme descrito na seção anterior, ambas as sub-bacias selecionadas para instalação das barreiras flutuantes possuíam estações pluviométricas, o que permitiu analisar a correlação entre precipitação e quantidade de resíduos que adentraram os corpos hídricos. No entanto, como apontado no Produto 4.1 deste estudo, a

compreensão do regime das vazões pode melhorar as correlações entre as quantidades de resíduos além de ser útil quando se quer transportar os dados para outras situações ou sub-bacias.

Nesse contexto, foram instaladas estações fluviométricas automáticas de nível d'água e realizados monitoramentos frequentes de vazão. As medições - realizadas entre os meses de setembro de 2023 e setembro de 2024 - permitiram obter as curvas-chave e as séries de vazões para o período em que foram realizadas campanhas com as barreiras flutuantes. Resumidamente, os monitoramentos fluviométricos contemplaram a instalação de réguas linimétricas acompanhadas por sensores automáticos de monitoramento de nível d'água, leitura convencional das réguas 2 vezes ao dia, medições de vazão/descarga líquida ao menos duas vezes por mês. Todo o detalhamento da metodologia adotada desde a instalação das estações até a obtenção das curvas-chave e das séries de vazões está apresentado no "PF - Relatório Final - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Seleccionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes", produto complementar ao PGIRS-AT.

3.6. Diagnóstico das sub-bacias

O diagnóstico nas duas sub-bacias representativas foi realizado por meio de dados secundários, como já apresentado no Produto 4.1, bem como visitas *in loco*, de modo a registrar as condições ambientais relacionadas à gestão de resíduos sólidos, dialogando com os moradores, quando possível, e fazendo registros fotográficos. Observa-se que não foi possível realizar registros fotográficos em todos os pontos das sub-bacias devido a solicitações vindas da própria comunidade.

De modo complementar, foi realizada a classificação do uso do solo de cada sub-bacia para apoiar as correlações qualitativas com os resultados das capturas de resíduos nas barreiras flutuantes, seguindo as seguintes categorias:

- **Área Verde:** para esta categoria foram consideradas áreas localizadas às margens de córregos, e fragmentos de mata, que não foram ocupadas

com construções, cuja principal função não é o uso recreativo do ser humano, mas sim a preservação do local. Entretanto, cabe ressaltar que algumas áreas possuem equipamentos de lazer e socialização, como pistas de caminhada e bancos, porém não configuram como sistemas de lazer por conta de sua função prévia;

- **Sistemas de Lazer:** para esta categoria foram consideradas áreas que dispõem de infraestrutura que possibilitam a prática de atividades físicas, bem como a convivência e socialização entre as pessoas. Como exemplo, tem-se praças, parques, centros esportivos, clubes recreativos, academias ao ar livre, quadras poliesportivas e campos de futebol de acesso público;
- **Sistemas de Educação:** para esta categoria foram consideradas áreas que são ocupadas por escolas ou centro educacionais;
- **Industrial:** para esta categoria foram consideradas áreas ocupadas por barracões, galpões e fábricas;
- **Comercial:** para esta categoria foram consideradas áreas ocupadas exclusivamente por estabelecimentos comerciais;
- **Uso Residencial:** para esta categoria foram consideradas áreas ocupadas por condomínios de edifícios com uso exclusivamente residencial;
- **Uso Misto:** para esta categoria foram consideradas áreas utilizadas, em sua maioria, para residências, mas que também possuem estabelecimentos comerciais;
- **Aglomerados Subnormais:** para esta categoria foi utilizada a camada vetorial da base de dados geográficos do IBGE. De acordo com o Instituto, aglomerados subnormais são ocupações irregulares de terrenos de propriedade alheia para fins de habitação em áreas urbanas e que, em geral, são caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos básicos e localização em áreas que apresentam restrições à ocupação. Normalmente, são habitados por populações com condições socioeconômicas, de saneamento e de moradia precárias (IBGE,2020);
- **Cemitério:** para esta categoria foram consideradas áreas ocupadas por cemitérios, no caso da área de análise, o único local com essa classificação é o Cemitério Israelita do Butantã, na sub-bacia do Córrego Jaguaré;
- **Área Não Construída:** para esta categoria foram consideradas áreas que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores, composta em sua maioria por lotes desocupados e desprovidos de construções, e/ou localizados em áreas declivosas na divisa entre duas vias.

4. RESULTADOS

Os resultados das 71 campanhas de coleta de resíduos sólidos flutuantes nas sub-bacias representativas do Córrego Novo Mundo e Córrego Jaguaré são apresentados na sequência, incluindo avaliação dos resíduos sólidos coletados, os contextos da operacionalização das coletas, diagnóstico das sub-bacias, avaliações estatísticas, além das considerações finais sobre os resultados dessa investigação.

4.1. Avaliação das campanhas de coleta de resíduos sólidos flutuantes

Os resultados gerais das campanhas de coleta de resíduos nas barreiras flutuantes são apresentados na Tabela 1. Observa-se que, ao longo dos 12 meses de operação, nas 71 campanhas foram coletados e avaliados mais de 1,1 tonelada de resíduos sólidos flutuantes. Os resíduos foram pesados após passarem por processo de secagem e, dessa forma, os valores apresentados são indicados em base seca.

Tabela 1: Total de resíduos sólidos capturados (kg em base seca).

Sub-bacia	Total de campanhas realizadas	Total (kg) coletado	Peso médio coletado por campanha (kg)
Córrego Jaguaré	36	200,2	5,56
Córrego Novo Mundo	35	958,72	27,39
Total	71	1.158,92	-

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

De modo geral, em relação à precipitação, conforme dados dos pluviômetros automáticos do CEMADEN localizados nas sub-bacias representativas, durante o período em que ocorreram as campanhas (setembro de 2023 a setembro de 2024), a quantidade de chuva precipitada foi menor do que a média histórica obtida para o período 1991-2020 para a Estação Mirante de Santana do INMET. A Tabela 2 mostra

as precipitações totais nas duas estações pluviométricas em comparação com a média histórica da Estação Mirante de Santana.

Tabela 2: Precipitação total (mm) nas estações pluviométricas das sub-bacias representativas no período de outubro/2023 a setembro/2024 em comparação com a média esperada para o Município de São Paulo.

Local	Fonte	Período	Precipitação (mm)	Diferença
Município de São Paulo	INMET - Estação Mirante de Santana (83781)	Precipitação média anual histórica entre 1991 e 2020 (mm)	1.658,30	
Sub-bacia Córrego Novo Mundo	CEMADEN – Estação Jardim João XXIII	Precipitação ocorrida entre out/23 a set/24	1.260,10	-24%
Sub-bacia Córrego Jaguaré	CEMADEN - Estação Vila Maria (mm)	Precipitação ocorrida entre out/23 a set/24	1.117,01	-33%

Fonte: Adaptado de INMET (2020) e CEMADEN (2024).

Variações de precipitação são comuns ao longo dos anos e que também não ocorrem de forma proporcional em um mesmo território, haja vista que a sub-bacia do Córrego Novo Mundo fica na Zona Norte e a sub-bacia do Córrego Jaguaré na Zona Oeste do Município de São Paulo. Conforme o Plano de Ação Climática do Município de São Paulo, a posição geográfica de São Paulo facilita alterações climáticas, muitas vezes bruscas. Além disso, as áreas urbanizadas também contribuem para a alteração do balanço de energia, gerando ilhas de calor, o que afeta as precipitações (PANCLIMA, 2020).

A ocorrência de chuva, por sua vez, influencia na vazão dos córregos. Como exposto no Relatório Final relacionado ao Monitoramento de Vazões nas Sub-bacias Seleccionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes, as ocorrências de cotas mais elevadas são pontuais e de baixa permanência em ambas as sub-bacias, mantendo-se elevadas somente durante os períodos de ocorrência direta de chuva, quando há drenagem urbana da água para o córrego. Além disso, os córregos têm baixíssima

permanência de vazões altas e médias (considerando suas respectivas faixas de vazão). Os picos de vazão estão diretamente atrelados com as características de uso e ocupação do solo nas sub-bacias, em conjunto com as características das margens dos cursos hídricos, as quais serão abordadas no item de Diagnóstico das Sub-bacias.

De todo modo, e dadas as dificuldades intrínsecas dos monitoramentos, no PF – Relatório Final - Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Seleccionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes são apresentadas as curvas-chave estabelecidas para os córregos Jaguaré e Novo Mundo. A partir dessas curvas-chave foram obtidas as séries de vazão apresentadas na Figura 13 (córrego Jaguaré) e na Figura 14 (córrego Novo Mundo).

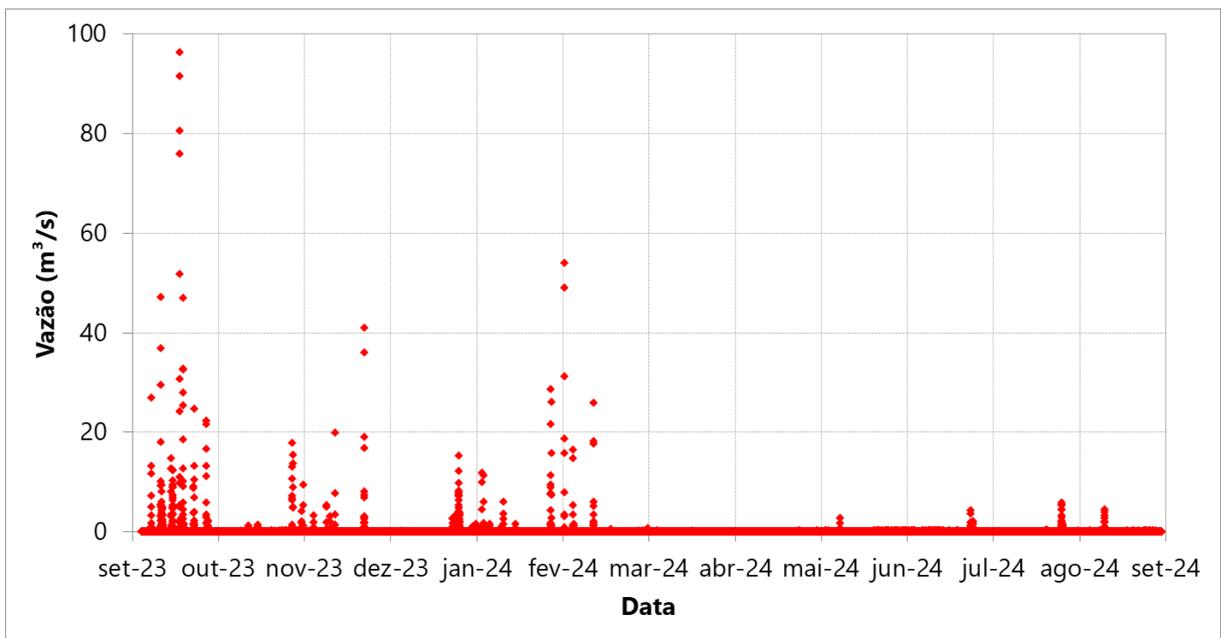


Figura 13: Série de vazões do Córrego Jaguaré.
 Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

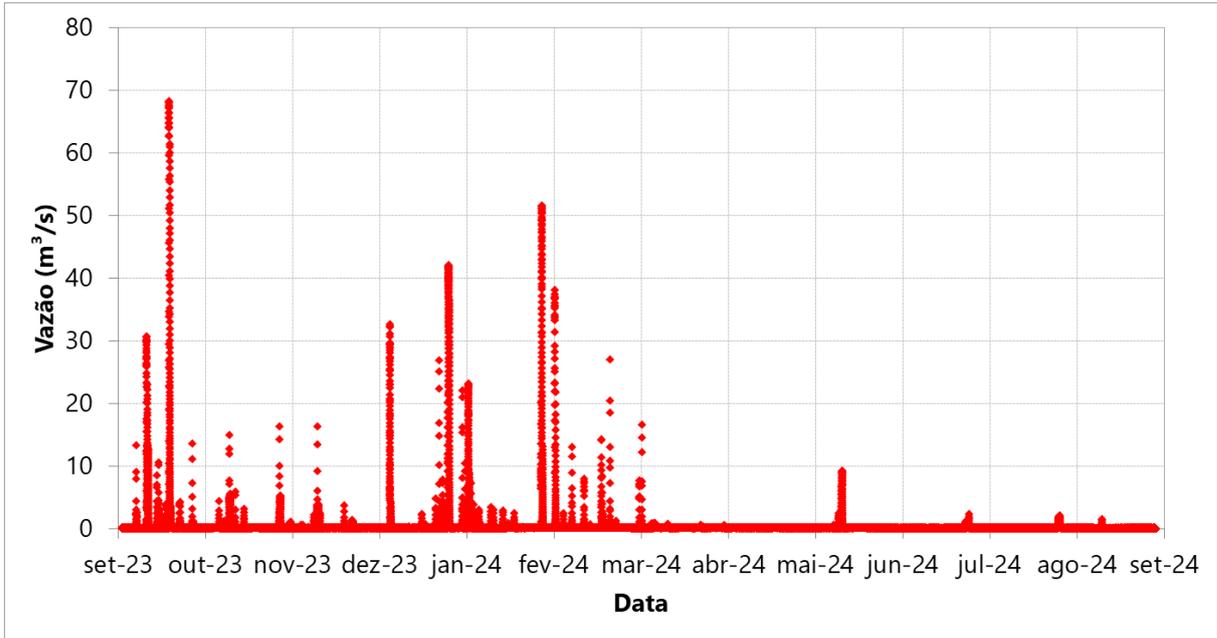


Figura 14: Série de vazões do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Frente ao contexto geral apresentado, na sequência são apresentadas avaliações específicas sobre os resíduos coletados durante as campanhas e o diagnóstico *in loco* para cada sub-bacia representativa.

4.1.1. Sub-bacia do Córrego Jaguaré

Após a realização de cada campanha, os resíduos coletados foram separados por tipo, de modo a permitir que fosse realizada a gravimetria do total coletado. Os resultados das campanhas no Córrego Jaguaré são apresentados na Tabela 3 e Figura 15. Os resultados individuais de cada campanha são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3: Total de resíduos sólidos por tipologia (kg em base seca) coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Tipos de resíduos	kg em base seca	%
Plásticos	24,92	12,44
Papel	3,82	1,90
Metal	2,952	1,47
Vidros	0,25	0,12
Orgânicos	160,895	80,36

Tipos de resíduos	kg em base seca	%
Animais	0	0
Material de construção	6	2,99
Têxtil	0,1	0,04
Diversos	1,26	0,63
Peso Total	200,197	100%

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

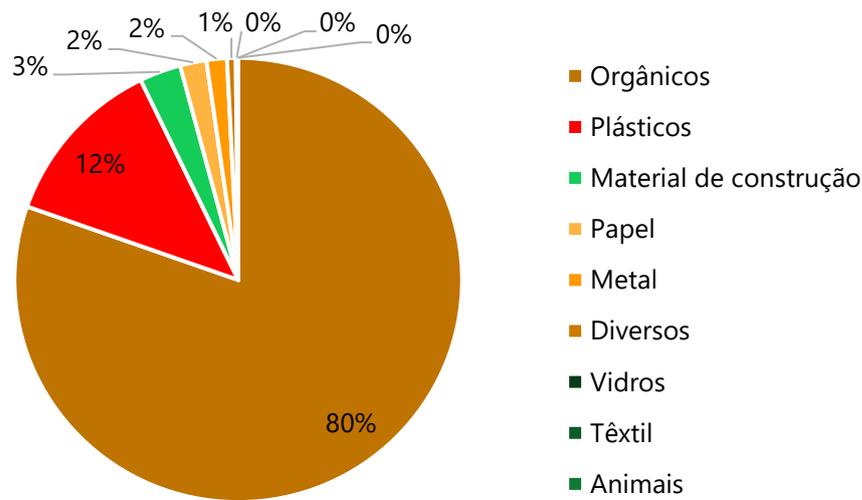


Figura 15: Gravimetria dos resíduos coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por Envex Engenharia e Consultoria (2024).

Conforme mencionado na metodologia, as campanhas ocorreram durante o período diurno e foram planejadas com base nas previsões de chuva dos portais de previsão do tempo CGE, CPTEC/INPE e YR. Entretanto, em diversas ocasiões nos dias das campanhas, quando a barreira já estava instalada, mesmo com previsão de chuva para período matutino e/ou vespertino, ocorreram mudanças no clima e não houve precipitação na sub-bacia. Além disso, houve casos de precipitação antes e/ou depois do período de amostragem, o que resultou na indicação de precipitação no dia, porém não durante a campanha. Essas situações foram registradas na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados por campanha de coleta resíduos sólidos flutuantes na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Data da amostragem	Previsão do tempo (CGE, CPTEC/INPE e YR)	Data da última precipitação	Período de tempo seco antecedente (PTSA) (dia)	Precipitação (mm) no dia anterior à campanha	Precipitação (mm) no dia da campanha	Teve chuva durante a amostragem?	Peso Total (kg)	Plásticos (kg)	Papel (kg)	Metal (kg)	Vidros (kg)	Orgânicos (kg)	Animais (kg)	Material de construção (kg)	Têxtil (kg)	Diversos (kg)
24/09/2023	Sol	15/09/2023	8	0	0	Não	0,00									
25/09/2023	Sol	15/09/2023	9	0	0	Não	0,00									
27/11/2023	Chuva - Tarde	26/11/2023	0	1,2	1,8	Não	0,00									
28/11/2023	Chuva - Tarde	27/11/2023	0	1,8	16,61	Não	0,00									
29/11/2023	Chuva - Tarde	28/11/2023	0	16,61	10,8	Não	0,50	0,50								
14/12/2023	Sol	13/12/2023	0	8,3	0	Não	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
15/12/2023	Sol	13/12/2023	1	0	0	Não	0,60	0,10	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
16/12/2023	Chuva - Tarde	13/12/2023	2	0	0	Não	0,72	0,1	0,52	0,00	0,00	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00
15/01/2024	Chuva - Tarde	14/01/2024	0	30,03	0	Não	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/01/2024	Chuva- Tarde	14/01/2024	1	0	0	Não	0,27	0,02	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
26/01/2024	Chuva - Tarde	25/01/2024	0	3,18	0,2	Não	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/01/2024	Chuva - Tarde	27/01/2024	0	1,2	1,8	Sim	166,09	15,03	0	0	0	150	0	0	0	1,06
08/02/2024	Chuva-Tarde	02/02/2024	6	0	0	Não	0,24	0,235	0	0	0	0	0	0	0	0
22/02/2024	Chuva-Tarde	21/02/2024	0	32,32	1,78	Não	0,34	0,24	0	0	0	0	0	0,1	0	0
23/02/2024	Chuva-Tarde	22/02/2024	0	1,78	1,98	Não	0,48	0,16	0	0	0	0,32	0	0	0	0
22/03/2024	Chuva- Manhã	19/03/2024	2	0	10,27	Sim	2,55	0,95	0	0	0	1,6				
23/03/2024	Chuva - Manhã	22/03/2024	0	10,27	3,96	Sim	3,95	1,2	0	0	0,25	2,5	0	0	0	0

Data da amostragem	Previsão do tempo (CGE, CPTEC/INPE e YR)	Data da última precipitação	Período de tempo seco antecedente (PTSA) (dia)	Precipitação (mm) no dia anterior à campanha	Precipitação (mm) no dia da campanha	Teve chuva durante a amostragem?	Peso Total (kg)	Plásticos (kg)	Papel (kg)	Metal (kg)	Vidros (kg)	Orgânicos (kg)	Animais (kg)	Material de construção (kg)	Têxtil (kg)	Diversos (kg)
24/03/2024	Chuva - Tarde	23/03/2024	0	3,96	15	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/04/2024	Chuva - Tarde	09/04/2024	2	0,2	0,2	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/04/2024	Chuva - Tarde	09/04/2024	3	0,2	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/04/2024	Chuva- Tarde	09/04/2024	7	0	10,24	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/05/2024	Chuva - Manhã	14/05/2024	3	0	0	Não	4,35	0,95	0	2,8	0	0,6	0	0	0	0
19/05/2024	Chuva - Tarde	14/05/2024	4	0	0	Não	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
28/05/2024	Chuva a tarde	27/05/2024	0	21,82	0,2	Não	0,50	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
25/06/2024	Chuva o dia todo	27/05/2024	29	0	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/06/2024	Sem chuva	27/05/2024	30	0	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/06/2024	Sem chuva	27/05/2024	31	0	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/07/2024	Chuva a tarde	27/05/2024	41	0	1,38	Sim	7,90	1,6	1,6	0	0	2,1	0	2,6	0	0
09/07/2024	Chuva o dia todo	08/07/2024	0	1,38	46,84	Sim	8,00	1,4	1,5	0	0	1,8	0	3,3	0	0
10/07/2024	Garoa	09/07/2024	0	46,84	19,07	Sim	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
09/08/2024	Chuva fraca após 13h	30/07/2024	9	0	6,94	Sim	2,10	0,9	0,1	0	0	1,1	0	0	0	0
24/08/2024	Sem chuva	10/08/2024	13	0	8,68	Não	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/08/2024	Sem chuva	24/08/2024	0	8,68	2,38	Não	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	12	0	0	Não	0,4	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0
08/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	13	0	0	Não	0,612	0,46	0	0,152	0	0	0	0	0	0
09/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	14	0	0	Não	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Como indicado nos resultados da Tabela 4, 80% dos resíduos coletados na operação da barreira flutuante no Córrego Jaguaré foram resíduos orgânicos, coletados em quase sua totalidade no dia 28/01/2024. Esse fato está atrelado à poda contínua da vegetação que é realizada nas margens do Córrego, serviço esse realizado pela equipe de limpeza urbana da Subprefeitura do Butantã (Figura 16).



Figura 16: Limpeza e roçada das margens do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A segunda tipologia de resíduos mais encontrada nas campanhas foi o plástico, em suas mais variadas formas, como embalagens PET e EPS (Isopor[®]), por exemplo. Na sequência, a Figura 17 contém registros fotográficos dos resíduos capturados durante as campanhas de operação da barreira flutuante no Córrego Jaguaré, o que ilustra os resultados quantitativos apresentados anteriormente.





Figura 17: Registros fotográficos dos resíduos capturados na barreira flutuante da sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

4.1.2. Sub-bacia do Córrego Novo Mundo

Os resultados das campanhas no Córrego Novo Mundo estão apresentados na Tabela 5 e Figura 18. Os resultados de cada campanha são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Total de resíduos sólidos por tipologia (kg em base seca) coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Tipos de resíduos	kg em base seca	%
Plásticos	263,75	28,51
Papel	40,17	4,34
Metal	11,74	1,27
Vidros	13,62	1,47
Orgânicos	217,1	23,47
Animais	7,657	0,83
Material de construção	158,46	17,13
Têxtil	147,32	15,92
Diversos	65,39	7,07
Peso Total	925,207	100%

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

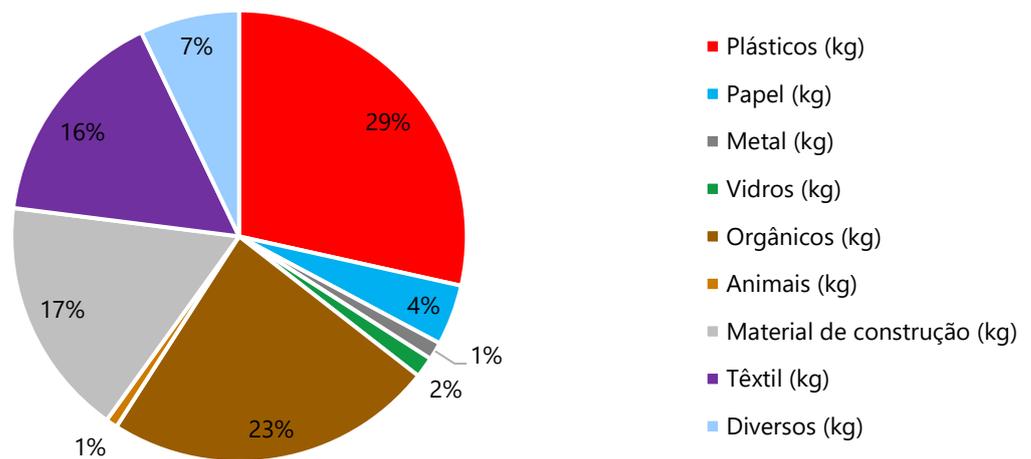


Figura 18: Gravimetria dos resíduos coletados nas campanhas na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

As mesmas indicações sobre o planejamento das campanhas e as mudanças ou ocorrências de eventos de precipitação fora do período de campanha, destacadas para a sub-bacia do Córrego Jaguaré, também ocorreram na sub-bacia do Córrego Novo Mundo, sendo registradas na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados por campanha de coleta resíduos sólidos flutuantes na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Data da amostragem	Previsão do tempo (CGE, CPTEC/INPE e YR)	Data da última precipitação	Período de tempo seco antecedente (PTSA) (dia)	Precipitação (mm) no dia anterior à campanha	Precipitação (mm) no dia da campanha	Teve chuva durante a amostragem?	Peso Total (kg)	Plásticos (kg)	Papel (kg)	Metal (kg)	Vidros (kg)	Orgânicos (kg)	Animais (kg)	Material de construção (kg)	Têxtil (kg)	Diversos (kg)
21/09/2023	Sol	14/09/2023	6	0	0	Não	9,77									
22/09/2023	Sol	14/09/2023	7	0	0	Não	23,74									
22/11/2023	Sol	19/11/2023	2	0	0	Não	14,00	5,00	1,75	1,50	0,75	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00
23/11/2023	Chuva - tarde	19/11/2023	3	0	8,09	Não	23,80	0,50	0,70	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	21,50	0,00
24/11/2023	Chuva - ao longo do dia	23/11/2023	0	8,09	2	Não	2,45	0,45	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,50	0,00
18/12/2023	Chuva - Tarde	17/12/2023	0	2,77	0	Não	16,38	5	2,35	0,3	0,16	5,5	0,00	0,00	0,5	2,57
19/12/2023	Sol	17/12/2023	1	0	0	Não	17,58	4,79	1,80	0,70	1,30	3,84	0,00	2,32	2,83	0,00
20/12/2023	Chuva - Tarde	17/12/2023	2	0	0	Não	32,74	14,56	5,26	0,30	2,71	3,25	0,00	0,00	2,79	3,87
18/01/2024	Chuva - Tarde	17/01/2024	0	5,4	5	Sim	85,83	25,03	0,32	0,8	0	2,9	0,257	39,22	15	2,3
20/01/2024	Chuva - Tarde	19/01/2024	0	5,2	27,52	Não	12,82	4,65	1,9	1,05	0	2,84	0	0	1,53	0,85
29/01/2024	Chuva - Tarde	28/01/2024	0	9,93	0	Não	13,29	3,37	0,89	0,75	0	4,06	0	3,92	0,3	0
05/02/2024	Chuva - Tarde	04/02/2024	0	9,71	0	Não	4,60	2,65	1,4	0,08	0	0,47	0	0	0	0
07/02/2024	Chuva - Tarde	04/02/2024	2	0	0	Não	25,06	7,01	0,4	0	0,4	4,5	0,25	5,7	2,4	4,4
24/02/2024	Chuva- Manhã	23/02/2024	0	0,98	44,99	Sim	160,30	23,1	2,3	2,6	0,25	68	0,15	32,6	21,5	9,8
08/03/2024	Chuva-Tarde	06/03/2024	1	0	0	Sim	6,70	5	1,5	0,1	0	0	0	0	0	0,1
09/03/2024	Chuva- Tarde	06/03/2024	2	0	0	Não	3,80	2,3	0,5	0,3	0,7	0	0	0	0	0
10/03/2024	Chuva- Tarde	06/03/2024	3	0	0	Não	38,90	8,5	2,5	0	0	4,3	1	12,8	5	4,8
28/04/2024	Sol	17/04/2024	10	0	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data da amostragem	Previsão do tempo (CGE, CPTEC/INPE e YR)	Data da última precipitação	Período de tempo seco antecedente (PTSA) (dia)	Precipitação (mm) no dia anterior à campanha	Precipitação (mm) no dia da campanha	Teve chuva durante a amostragem?	Peso Total (kg)	Plásticos (kg)	Papel (kg)	Metal (kg)	Vidros (kg)	Orgânicos (kg)	Animais (kg)	Material de construção (kg)	Têxtil (kg)	Diversos (kg)
29/04/2024	Sol	17/04/2024	11	0	0	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/04/2024	Sol	17/04/2024	12	0	0	Não	31,25	10,1	0,55	0,7	0	8,7	0	0	7,2	4
25/05/2024	Chuva o dia todo	24/05/2024	0	2,76	0	Sim	20,05	3,9	0,85	1,3	1,1	4,1	0	8,8	0	0
26/05/2024	Chuva de manhã	24/05/2024	1	0	15,37	Sim	7,60	1,2	1,8	0	0	0	0	0	3,3	1,3
27/05/2024	Chuva a tarde	26/05/2024	0	15,37	42,86	Não	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/06/2024	Sem chuva	27/05/2024	31	0	0	Não	13,10	6,5	0	0	0	6,6	0	0	0	0
29/06/2024	Chuva o dia todo	27/05/2024	32	0	0	Não	12,31	7,81	0	0	0	4,5	0	0	0	0
30/06/2024	Sem chuva	27/05/2024	33	0	0	Não	19,71	6,55	1,36	0,2	0	0	0	0	11,5	0,1
29/07/2024	Chuva fraca	10/07/2024	18	0	0	Sim	46,20	12,73	0	0	0	29,95	0	0	3,52	0
30/07/2024	Chuva o dia todo	10/07/2024	19	0	4,19	Sim	227,20	68,87	9,64	0,66	5,85	38,78	4	39,4	36,5	23,5
31/07/2024	Sem chuva	30/07/2024	0	4,19	0	Não	2,91	1,35	0	0	0	1,56	0	0	0	0
26/08/2024	Sem chuva	25/08/2024	0	2,38	0	Não	1,3	1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1
27/08/2024	Sem chuva	25/08/2024	1	0	0	Não	1,76	1,56	0	0	0	0,2	0	0	0	0
28/08/2024	Sem chuva	25/08/2024	2	0	0	Não	12,72	7,57	1,55	0	0,05	2,6	0	0	0,85	0,1
10/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	15	0	0	Não	55,3	7,7	0,2	0,4	0,35	17,75	2	13,7	5,6	7,6
11/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	16	0	0	Não	2,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0
12/09/2024	Sem chuva	25/08/2024	17	0	0	Não	13,05	12,5	0,55	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

De acordo com os dados apresentados na tabela anterior, entre as tipologias de resíduos mais coletados na barreira flutuante instalada na sub-bacia do Córrego Novo Mundo, o resíduo plástico foi o mais encontrado (29%). Na sequência, tem-se os orgânicos (23%), materiais de construção (17%) e têxteis (16%) seguido das demais tipologias.

Entre esses, destaca-se a presença dos resíduos têxteis, os quais foram observados descartes irregulares frequentes de grandes quantidades ao lado dos contentores para coleta pública. A Figura 19 ilustra a situação.



Figura 19: Descarte irregular de resíduos ao lado do curso hídrico no Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

O local fica aproximadamente a 100 metros do ponto de instalação da barreira flutuante e se mostra como um ponto viciado de descarte de resíduos. Pela proximidade com o curso hídrico, muitos resíduos são carreados para o córrego (Figura 20).



Figura 20: Ponto viciado de descarte de resíduos ao lado do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Outro ponto de destaque foi a grande presença de resíduos de EPS (Isopor[®]). A Figura 21 contém um registro fotográfico da presença desse tipo de material durante as classificações dos resíduos coletados.

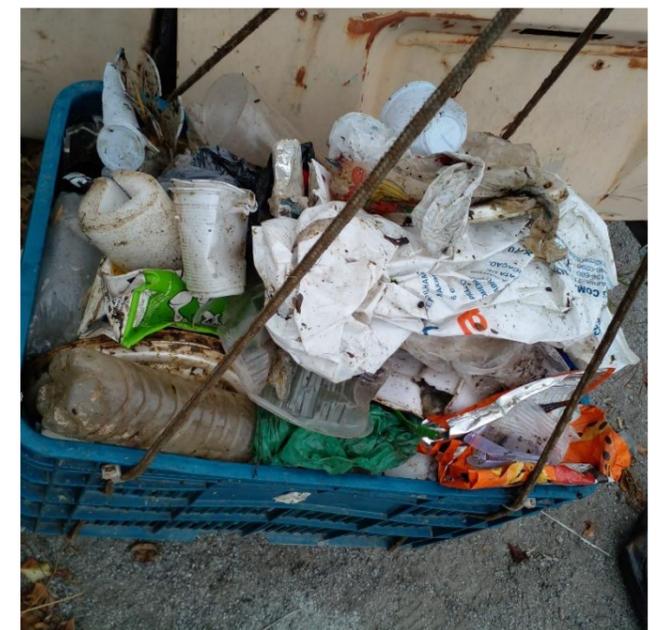
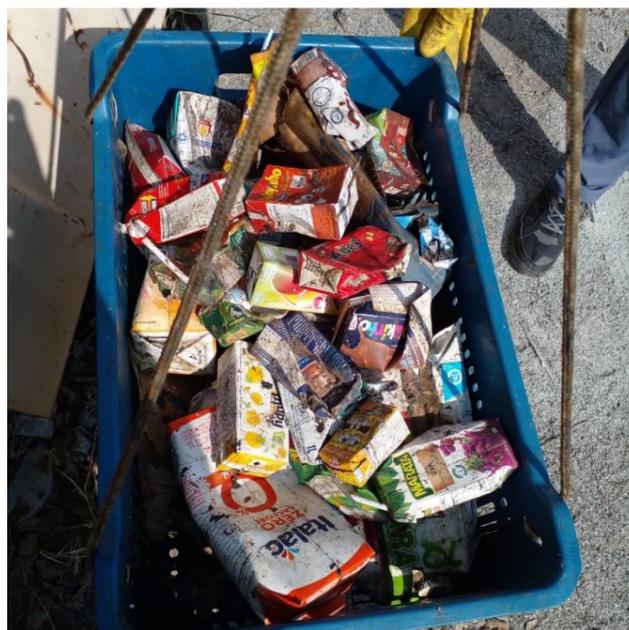
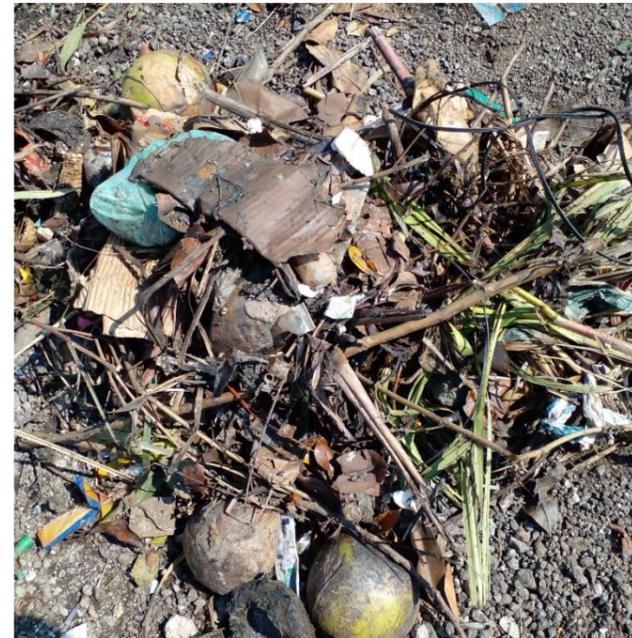


Figura 21: Resíduos de EPS capturados na barreira flutuante no Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A maior parte dos resíduos de EPS encontrados consiste em embalagens de marmitas, refletindo o fato de que muitos profissionais que frequentam a região, especialmente devido à presença de indústrias e empresas de transporte, costumam realizar suas refeições no local.

Na sequência, a Figura 22 contém registros fotográficos dos resíduos capturados durante as campanhas de operação da barreira flutuante na sub-bacia do Córrego Novo Mundo, o que ilustra os resultados quantitativos apresentados anteriormente.



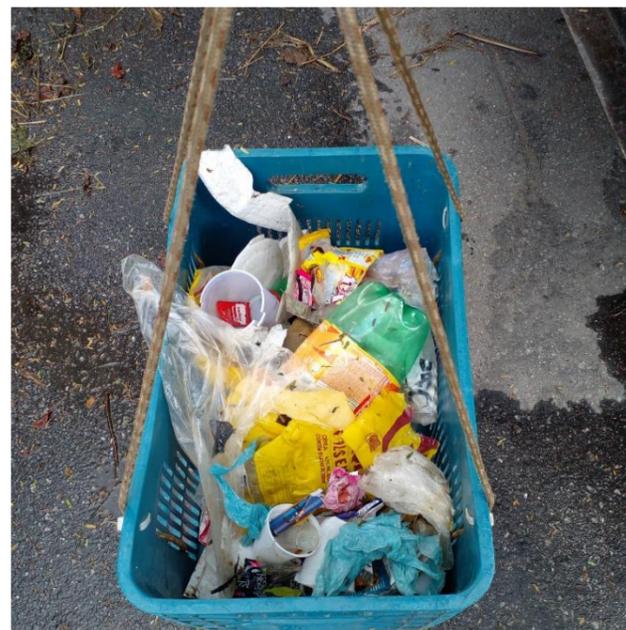
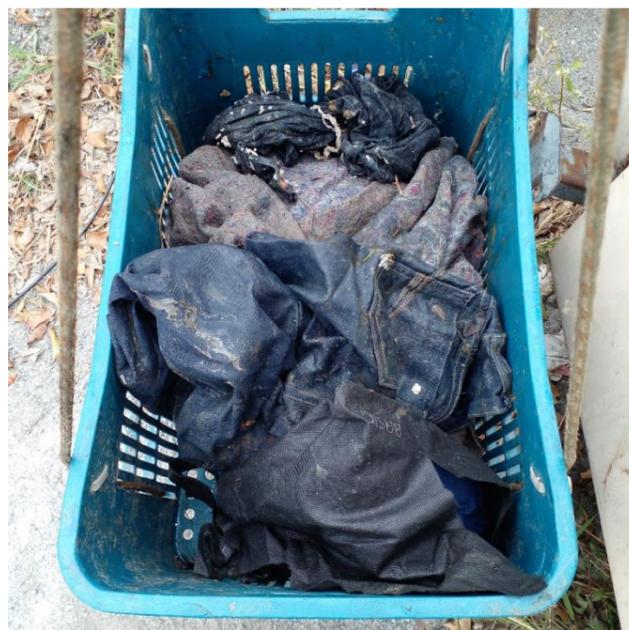


Figura 22: Registros fotográficos dos resíduos capturados na barreira flutuante da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

4.2. Diagnóstico das sub-bacias

Na sequência são exibidos os registros fotográficos das dinâmicas relacionadas a resíduos sólidos em cada uma das sub-bacias, bem como demais análises pertinentes de cada território.

4.2.1. Sub-bacia do Córrego Jaguaré

A sub-bacia do Córrego Jaguaré está localizada na zona oeste do município de São Paulo, com seu exutório nas imediações do Cemitério Israelita do Butantã, e possui cerca de 1,78 km² de área de drenagem. A altitude média da Bacia é de 798 m e a declividade é de 6,94°, sendo o curso d'água principal o Córrego Jaguaré, com enquadramento, segundo o PBH-AT, na classe 4.

O uso e ocupação do solo na bacia se destaca por ter 99,06% de área urbanizada e 8,20% da área ocupada por aglomerados subnormais. O território é predominantemente de área residencial e mista (residencial + comercial), não possuindo área industrial. A Figura 23 retrata a situação indicada.

O ecoponto da Prefeitura Municipal de São Paulo mais próximo é o Ecoponto Jaqueline, que fica no complexo do Parque Raposo Tavares, e dista aproximadamente 6 km do centro da sub-bacia em questão. No Ecoponto são recebidos entulhos, volumosos, resíduos de poda de árvore e recicláveis. Na Figura 23 é possível verificar a relação de distância entre o Ecoponto e a sub-bacia.

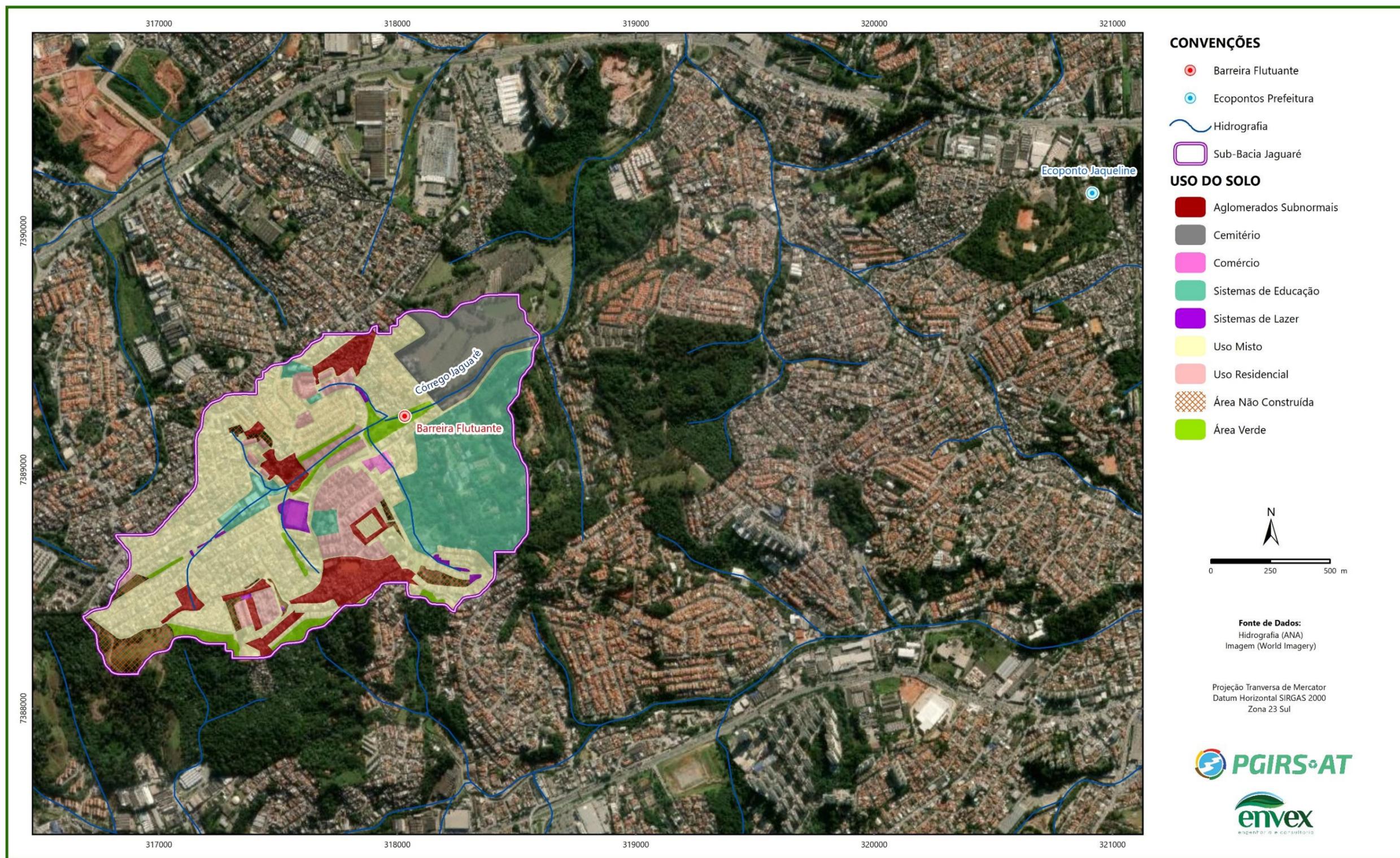


Figura 23: Uso do solo na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Toda a área da sub-bacia é atendida pelo sistema público de coleta de resíduos sólidos urbanos, seja por coleta porta a porta ou com instalação de contentores (contêineres) para acondicionamento concentrado dos resíduos domésticos, conforme indicação da LOGA, concessionária de coleta de resíduos. A Figura 24 ilustra situações de coleta por contêiner.

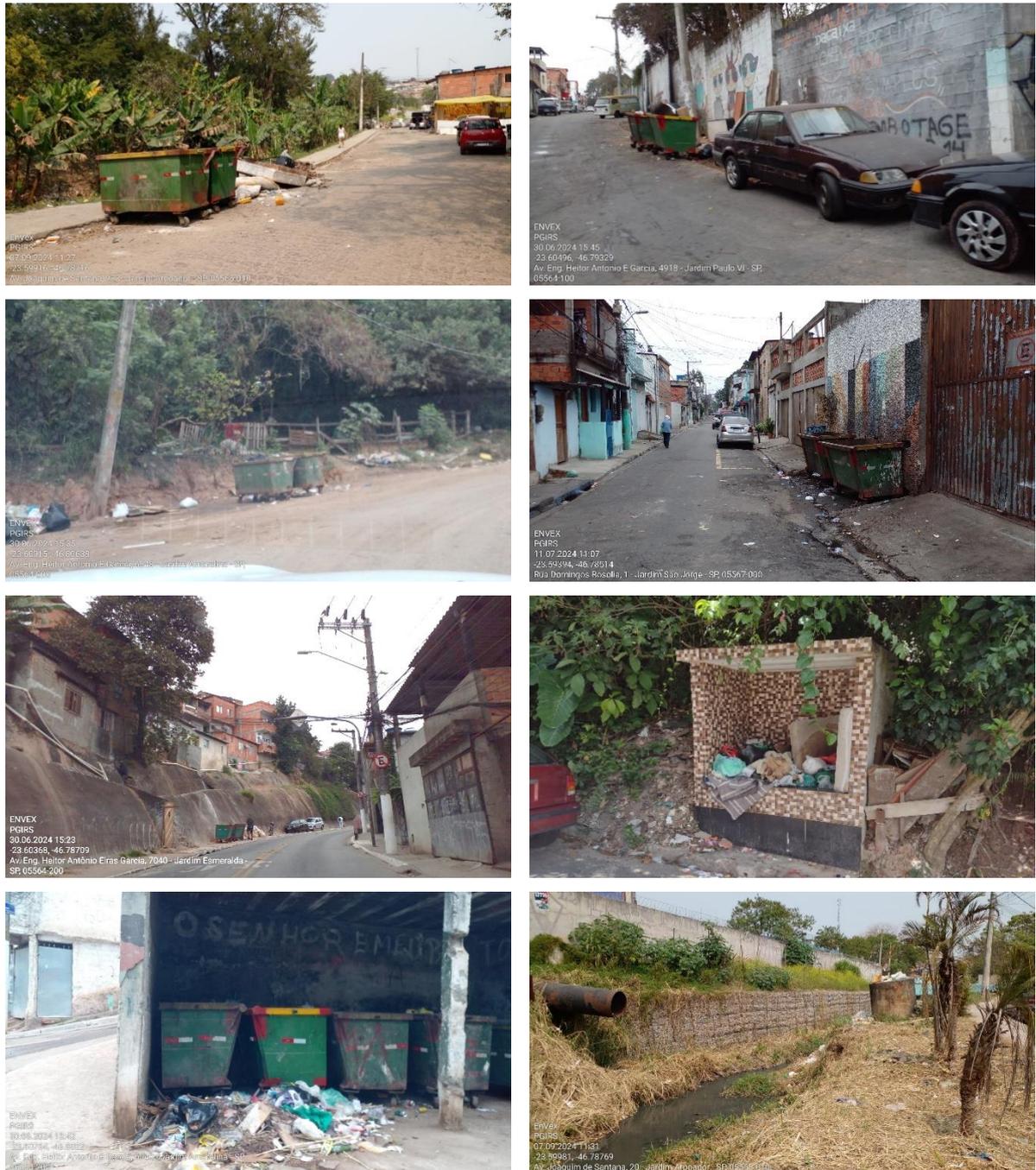


Figura 24: Coleta por contêiner na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Os contêineres são utilizados em locais onde o caminhão da coleta não consegue acessar, assim, esses contentores servem de ponto de acumulação abrangendo determinada população.

Como é possível verificar pelas imagens acima, não existe placa ou qualquer outro elemento indicativo dos tipos de resíduos que podem ser descartados no local, horário de coleta, ou mesmo instrução para disposição ambientalmente adequada de outros tipos de resíduos. O que se observou em quase todas as ocasiões é que o contentor não teve o dimensionamento adequado e/ou a frequência de coleta não consegue atender à demanda e o local se transformou em um ponto viciado de descarte de qualquer tipo de resíduo. Desse modo, os resíduos podem ser carreados para bueiros e seguir para o fluxo pela drenagem pluvial até os cursos hídricos.

Em conjunto, o fato se agrava quando esse ponto de acumulação (contêiner) fica próximo ao curso hídrico, o que aumenta a probabilidade de poluição do Córrego (Figura 25).



Figura 25: Descarte inadequado de resíduos ao lado de contêiner da coleta pública e do curso hídrico na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Conforme indicação da Subprefeitura do Butantã, os serviços de limpeza e roçada ocorrem ao longo das margens do curso hídrico, parques e vias, assim como registrado na Figura 16. Nesse sentido, também foi identificada a falta dos serviços de limpeza

pública no restante da Bacia, assim como verificado nas imediações do Centro Educacional Unificado (CEU) Butantã (Figura 26).



Figura 26: Falta de limpeza pública nas imediações do CEU Butantã.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

O sistema de microdrenagem é um instrumento importante na retenção de resíduos sólidos. Durante as observações em campo, notou-se a falta de manutenção de bueiros, bem como a falta da existência de anteparos (grades) para impedir a entrada de resíduos no sistema de drenagem pluvial subterrânea. Na sequência, são ilustradas as situações identificadas no sistema de microdrenagem no território de análise (Figura 27).



Figura 27: Registros fotográficos da situação de bueiros na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Em uma ocasião foi possível verificar a presença de grade instalada na entrada do bueiro, mostrando que ela impede a entrada de resíduos de maior tamanho (Figura 28).



Figura 28: Grades instaladas na abertura do bueiro para impedir a entrada de resíduos sólidos.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Ainda sobre o descarte irregular de resíduos sólidos, foi possível evidenciar várias situações de pontos viciados de resíduos, as quais podem ser visualizadas na Figura 29. É possível observar que os resíduos presentes são volumosos, além de resíduos da construção civil, os quais poderiam ter sido dispostos no Ecoponto Jaqueline, por exemplo, ou a partir da contratação privada de empresas de coleta e destinação de resíduos.



Figura 29: Áreas de descarte irregular de resíduos na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Na sequência, têm-se registros de resíduos que chegaram ao Córrego Jaguaré, seja pela drenagem pluvial, vento ou mesmo pelo descarte direto no curso hídrico. Foram observadas situações em que há edificações nas imediações da calha do curso hídrico, o que tem influência direta na disposição de resíduos no Córrego. A Figura 30 traz ilustrações do contexto apresentado.



Figura 30: Presença de resíduos no Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

De forma geral, não foi notada a presença de lixeiras públicas ao longo do curso hídrico, o que tem influência no descarte irregular de resíduos. Destaca-se que parte do trecho do curso hídrico possui margens permeáveis (naturais) e outros trechos possuem margens retificadas, com estruturas de contenção em gabião ou concreto. Esse fator é fundamental, pois conforme pôde ser observado durante as campanhas, a manutenção da rugosidade natural do leito e da margem do curso hídrico, auxilia na retenção dos resíduos. O que, conseqüentemente, teve influência direta na quantidade de resíduos capturados ao longo das campanhas.

Observou-se também que durante períodos de alta pluviosidade, os resíduos se desprendem gradualmente da margem e são carregados à jusante, com uma velocidade de escoamento menor do que em situações em que a calha do curso hídrico tem rugosidade reduzida (revestidas em concreto).

Durante a execução das campanhas pode-se visualizar obras à montante do ponto da barreira flutuante, as quais estavam sendo realizadas para contenção de margem no Córrego Jaguaré, assim como ilustrado na Figura 31. Pontua-se que tais obras não tiveram influência direta na execução das campanhas ou na mudança de comportamento do curso hídrico.



Figura 31: Obras de contenção de margem no Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Por fim, foi possível diagnosticar que a presença de resíduos no Córrego Jaguaré pode estar associada a um conjunto de fatores, como:

- Comportamento incorreto da população com o descarte inadequado e indiscriminado de resíduos sólidos em diversos pontos;
- Falta de dimensionamento adequado de estruturas públicas de armazenamento temporário de resíduos (contêiner) para a coleta pública;
- Frequência de coleta ineficiente para áreas de coleta concentrada por contêiner;
- Falta de manutenção na microdrenagem;
- Falta de estrutura de retenção de resíduos nos bueiros; e
- Falta de lixeiras ao longo do curso hídrico;

4.2.2. Sub-bacia do Córrego Novo Mundo

A sub-bacia do Córrego Novo Mundo está localizada na zona norte do município de São Paulo, com seu exutório próximo à Marginal Tietê, na Avenida Morvan Dias de Figueiredo, e possui cerca de 6,69 km² de área de drenagem. A altitude média da bacia é de 748 m e a declividade é de 3,52°, sendo o curso d'água principal o Córrego Novo Mundo, afluente do Rio Tietê, com enquadramento na classe 4 segundo o PBH-AT.

O uso e ocupação do solo na bacia se destaca pelos 100% de área urbanizada e 3,40% da área ocupada por aglomerados subnormais. O território é predominantemente de uso misto (residencial + comercial), com a presença de uma área industrial relevante para o contexto do estudo, em virtude da sua proximidade com o curso hídrico. A Figura 33 retrata a situação indicada.

Existem 2 ecopontos da Prefeitura Municipal de São Paulo próximos, o Ecoponto Vila Maria e o Ecoponto Vila Guilherme, com distâncias aproximadamente entre 1 e 5 km da sub-bacia do Córrego Novo Mundo, onde são recebidos entulhos, volumosos, resíduos de poda de árvore e recicláveis. Na Figura 33 é possível verificar a relação de distâncias entre os Ecopontos e a sub-bacia.

Toda a área da sub-bacia é atendida pelo sistema público de coleta de resíduos sólidos urbanos, seja por coleta porta-a-porta ou com instalação de contentores (contêineres) para acondicionamento concentrado dos resíduos domésticos conforme

indicação da LOGA, concessionária de coleta de resíduos. A Figura 34 ilustra situações de coleta por contêiner.

Adicionalmente, na coleta porta-a-porta de resíduos indiferenciados também são usados caminhões adaptados para trafegar em vias de menor largura, o que pode ser visualizado na Figura 32.



Figura 32: Coleta de resíduos indiferenciados na sub-bacia do Córrego Novo Mundo pela concessionária de coleta de resíduos com caminhão adaptado com caçamba de 7m³.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

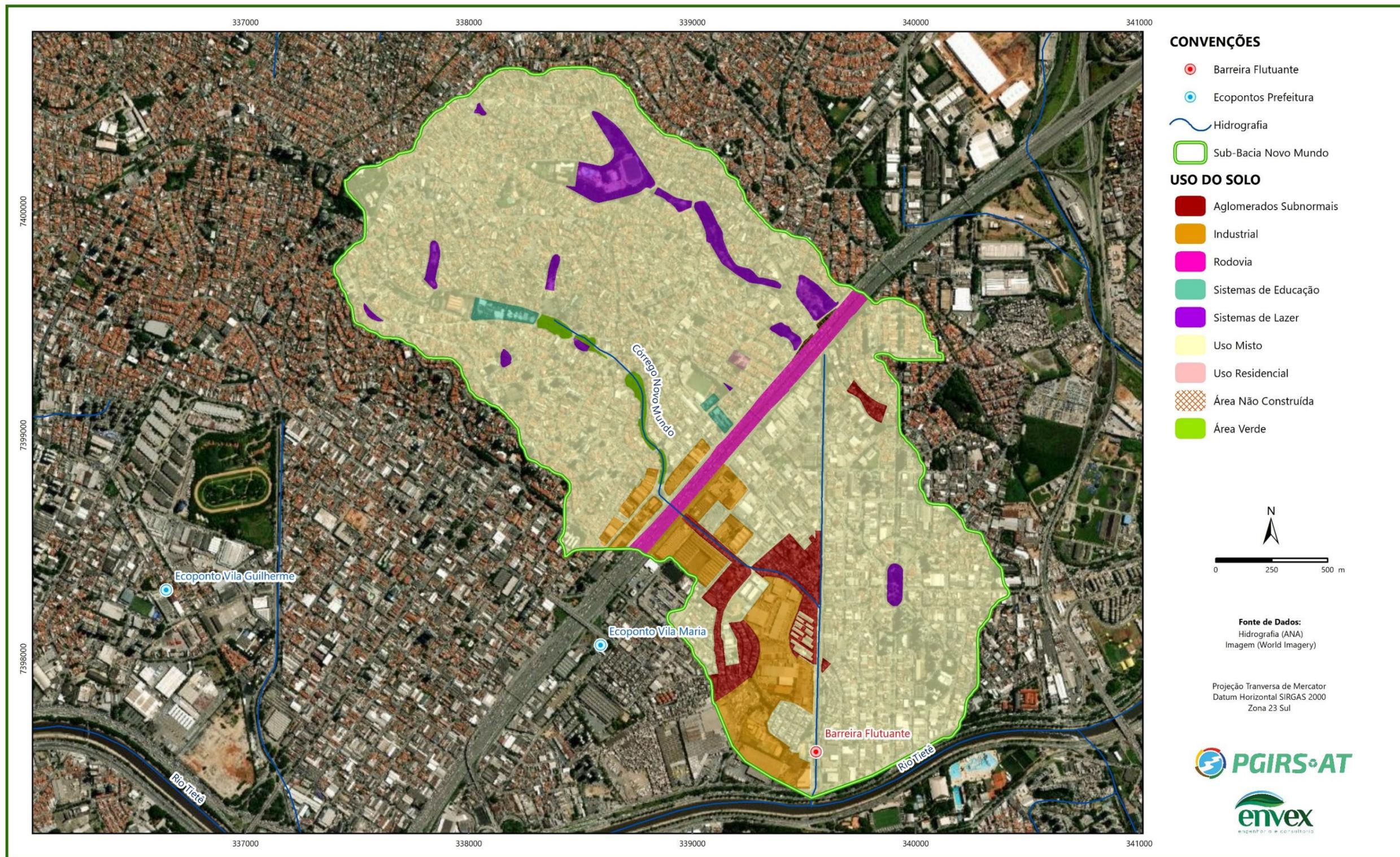


Figura 33: Uso do solo na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

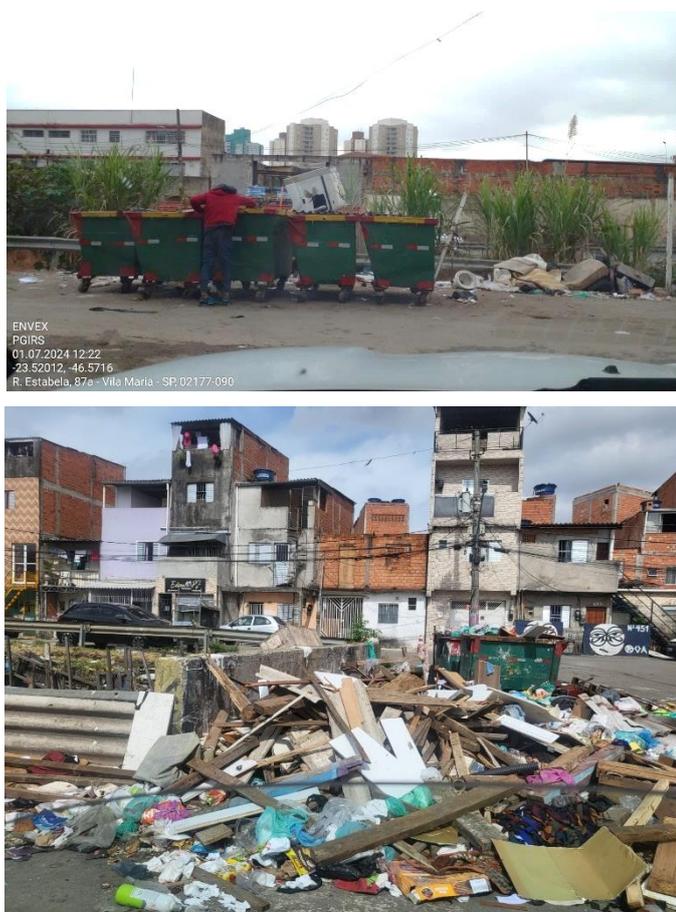


Figura 34: Coleta por contêiner na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Na mesma lógica do que foi apresentado para a sub-bacia do Córrego Jaguaré, os contêineres são utilizados em locais onde o caminhão da coleta não consegue acessar, devendo a população de determinada área levar seus resíduos até esses locais. Diferente da outra sub-bacia, os contêineres estão dispostos majoritariamente ao lado do curso hídrico, o que afeta diretamente o rio com o despejo de resíduos, assim como pode ser visto na Figura 35.

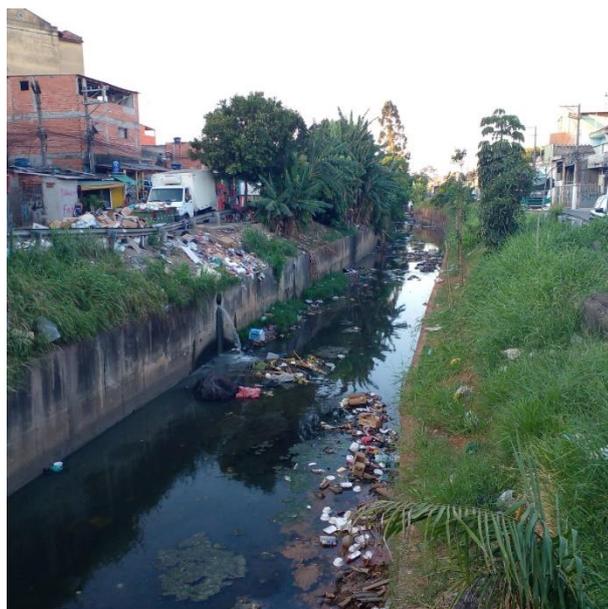


Figura 35: Resíduos descartados fora das caçambas.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Conforme observado na Figura 35, o contentor não possui dimensionamento adequado para a demanda e a frequência de coleta também é insuficiente, transformando o local em um ponto viciado de descarte de diversos tipos de resíduos. Além disso, não existe placa ou qualquer outro elemento indicativo dos tipos de resíduos que podem ser descartados no local, horário de coleta, ou mesmo instrução para disposição ambientalmente adequada de outros tipos de resíduos.

Verificou-se ainda o despejo de resíduos específicos (têxteis) em grandes quantidades, o que pode estar relacionado com a área industrial próxima aos contêineres. Conforme a Lei Municipal 13.478/2002, os grandes geradores são aqueles que geram mais de 200 litros de resíduos por dia, os quais devem ter cadastro na

Prefeitura Municipal, bem como providenciar a contratação de empresa responsável pelo serviço de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos gerados (SÃO PAULO, 2002). Ao longo das visitas foi possível registrar uma caçamba privada para coleta de resíduos industriais (Figura 36).



Figura 36: Caçamba estacionária privada para coleta de resíduos na área industrial da sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Um dos fatores de grande influência no despejo de resíduos sólidos nos cursos hídricos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo é a presença de edificações e moradias improvisadas nas margens do curso hídrico. A Figura 37 contém imagens que ilustram essa realidade.

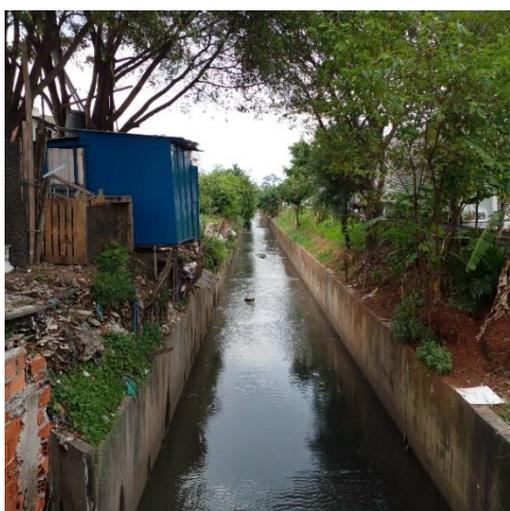


Figura 37: Construção de edificações e abrigos improvisados nas margens do curso hídrico.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A probabilidade da presença de resíduos quando da existência dessas moradias nas imediações do rio é alta, seja pela queda de resíduos ao longo da construção das moradias ou mesmo durante o convívio. Nesse contexto evidencia-se a necessidade de trabalhar em conjunto as políticas públicas de resíduos sólidos, habitação e assistência social, devendo serem pensadas e planejadas em conjunto para territórios como esse.

Conforme indicação da Subprefeitura da Vila Guilherme/Vila Maria, os serviços de limpeza e roçada ocorrem ao longo das margens do curso hídrico, parques e vias, assim como registrado na Figura 38.



Figura 38: Serviço de roçada na margem do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Ainda sobre o descarte irregular de resíduos sólidos, além daqueles que ocorrem de forma concentrada próximo aos contêineres, também foi possível evidenciar situações de descarte irregular ao longo das vias e calçadas, os quais podem ser visualizadas na Figura 39. A partir das imagens já reportadas e das imagens abaixo é possível observar que os resíduos presentes são volumosos, resíduos recicláveis e rejeitos, os quais poderiam ter sido dispostos nos Ecopontos Vila Maria ou Vila

Guilherme, bem como dispostos para coleta seletiva ou coleta convencional de resíduos mistos (rejeitos) em lixeiras (contentores) adequados.



Figura 39: Áreas de descarte irregular de resíduos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Descartes irregulares foram comumente observados sendo realizados por profissionais de transporte que estacionam seus veículos ao lado do curso hídrico, seja para aguardar carga e descarga, ou para usufruir dos *trailers* de comercialização de comida, também estacionados principalmente na margem do córrego. Como o trânsito de veículos de transporte na região é intenso devido às empresas de logística localizadas no território, o volume de descarte se torna considerável. Os principais resíduos observados foram embalagens de marmitas.

Na sequência, são exibidos registros fotográficos do Córrego Novo Mundo com a presença de resíduos em diversos pontos (Figura 40).



Figura 40: Presença de resíduos no Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A partir da Figura 40 é possível notar grande volume de resíduos no Córrego Novo Mundo. A proximidade das vias, estacionamentos e moradias, bem como a falta de estrutura adequada de lixeiras ou contentores maiores, favorecem a presença de resíduos no Córrego. Além disso, os resíduos descartados irregularmente nas vias ao longo de toda a bacia são transportados pelo sistema de drenagem até o corpo hídrico.

Em diálogo com os moradores do entorno, foi relatada a grande quantidade de casos de dengue e demais outras doenças de veiculação hídrica, o que agrava todo o contexto.

Vale ressaltar que no caso do Córrego Novo Mundo, seu leito encontra-se retificado com base e margens em concreto, o que reduz a rugosidade e, conseqüentemente, acelera o fluxo da água e, por conseguinte, o transporte de resíduos. Essa situação apoia a contexto que mesmo em baixas vazões, o curso hídrico consegue transportar resíduos, o que foi observado em todas as campanhas com a barreira flutuante.

Por fim, com base nas situações apresentadas, foi possível diagnosticar que a presença de resíduos no Córrego Novo Mundo pode estar associada a um conjunto de fatores, como:

- Comportamento incorreto da população com o descarte inadequado e indiscriminado de resíduos sólidos em diversos pontos;
- Descarte de resíduos por caminhoneiros;
- Falta de dimensionamento adequado de estruturas públicas de armazenamento temporário de resíduos (contêiner) para a coleta pública;
- Frequência de coleta ineficiente para áreas de coleta concentrada por contêiner;
- Falta de manutenção na microdrenagem;
- Falta de estrutura de retenção de resíduos nos bueiros; e
- Falta de lixeiras ao longo do curso hídrico;
- Falta de fiscalização do descarte de resíduos por grandes geradores.

4.3. Tratamento estatístico dos dados

Os resultados apresentados abaixo sintetizam os esforços amostrais realizados nas campanhas de coleta de resíduos sólidos nas sub-bacias dos córregos Jaguaré e Novo Mundo, lançando luz sobre três questões fundamentais acerca do aporte de resíduos sólidos nos corpos d'água na bacia hidrográfica do Alto Tietê: (i) qual é a quantidade de resíduos tipicamente encontrada; (ii) qual é o perfil dos resíduos encontrados nos cursos d'água; e finalmente, (iii) qual é a forma com a qual ocorre, tipicamente, a poluição dos corpos d'água.

No total, foram realizadas 71 campanhas de coleta de resíduos sólidos flutuantes nos dois cursos d'água, sendo 36 delas no córrego Jaguaré e 35 no córrego Novo Mundo. Esse esforço amostral se deu entre os meses de setembro/23 a setembro/24, contemplando um ano de monitoramento. No total das 71 campanhas, foram 23 dias e 11 horas de coleta efetiva, ou seja, com operação plena e monitorada das barreiras flutuantes instaladas nos dois córregos. No córrego Jaguaré, o esforço de monitoramento total no período abrangeu 12 dias e 10 horas, resultando em uma média de permanência de 8h e 20 minutos de coleta por campanha. Já no córrego Novo Mundo, o esforço total foi de 11 dias, com média de permanência de pouco menos de 8h por campanha. Por esforço amostral, tem-se o prazo de operação efetiva das barreiras flutuantes. O esforço de trabalho empregado em cada uma das campanhas supera esse quantitativo de horas, pois envolve toda a armação da barreira flutuante, a preparação dos demais instrumentos, a coleta dos materiais e sua segregação, pesagem etc.

No total, coletou-se aproximadamente 1,16 toneladas de resíduos flutuantes, ou seja, uma média de 16,32 kg por campanha, ou ainda de 49,45 kg por dia de esforço amostral, o que resulta em um índice de 2,06 kg por hora. Os resultados agregados escondem, no entanto, grandes variações entre as tipologias de resíduos e entre os locais. A começar pelo fato de que não foram encontrados resíduos flutuantes em

todas as campanhas: do total de 71 episódios de coleta, 18 deles (25%) não resultaram em resíduos, ou seja, foi transcorrido o intervalo amostral (média de 8h) sem que resíduos sólidos fossem barrados pelas estruturas, assim como já abordado anteriormente.

No córrego Novo Mundo, a frequência de ocorrência de resíduos nas campanhas foi muito superior que no córrego Jaguaré (91% contra 58%, respectivamente). Ou seja, no Jaguaré, foram encontrados resíduos em 21 das 36 campanhas, enquanto no córrego Novo Mundo foram encontrados resíduos em 32 das 35 campanhas. Além de terem sido encontrados resíduos em maior frequência, no córrego Novo Mundo a quantidade destas coletas foi muito superior. A figura abaixo permite observar as quantidades médias coletadas nos dois locais, além da grande variância encontrada nos dados (as barras indicam o desvio padrão no entorno dos resultados médios).

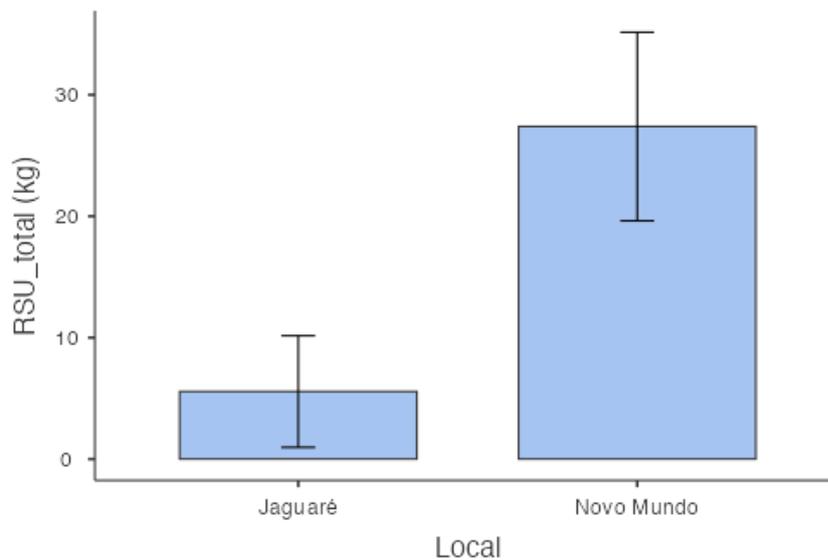


Figura 41: Resultados médios das coletas de RSU nos corpos d'água selecionados.

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

Na sub-bacia do córrego Jaguaré, o total de RSU coletado nas 36 campanhas teve uma média de 5,56 kg, enquanto na do córrego Novo Mundo a média foi de 27,4 kg. As medianas respectivas, de 0,2 kg e 13,1 kg, indicam que as coletas foram longe de

ser uniforme em termos de quantidade de resíduos por campanha; ao contrário, várias foram as campanhas de pouca coleta para algumas de valores mais expressivos.

A Tabela 7 abaixo apresenta estatísticas descritivas das campanhas de coleta com as barreiras flutuantes. Além da coluna com os resultados totais, duas outras colunas trazem uma segregação dos resíduos em dois tipos: o primeiro (T1) agrega resíduos mais tipicamente carreáveis pelas águas (plásticos, papel, orgânicos e diversos); enquanto o segundo (T2) agrega os demais (metal, vidros, animais, material de construção e têxtil). O propósito dessa segregação é tentar compreender se há alguma diferença entre estes grupos quanto ao comportamento da vazão e/ou da precipitação. Análises por tipologia específica são apresentadas na sequência.

Tabela 7: Resultados agregados das quantidades coletadas.

	Córrego	Total de Resíduos Coletados	RSU T1 (plásticos, papel, orgânicos e diversos)	RSU T2 (metal, vidros, animais, m. de construção e têxtil)
N	Jaguaré (nº de campanhas)	36	36	36
	Novo Mundo (nº de campanhas)	35	35	35
Faltantes	Jaguaré (nº de campanhas)	0	0	0
	Novo Mundo (nº de campanhas)	0	0	0
Total	Jaguaré (kg)	200,20	190,90	9,30
	Novo Mundo (kg)	958,72	586,41	338,80
Média	Jaguaré (kg)	5,56	5,30	0,258
	Novo Mundo (kg)	27,4	16,8	9,68
1º Quartil	Jaguaré (kg)	0,00	0,00	0,00
	Novo Mundo (kg)	4,200	2,575	0,00
Mediana	Jaguaré (kg)	0,200	0,200	0,00
	Novo Mundo (kg)	13,10	8,32	1,00

	Córrego	Total de Resíduos Coletados	RSU T1 (plásticos, papel, orgânicos e diversos)	RSU T2 (metal, vidros, animais, m. de construção e têtil)
3º Quartil	Jaguaré (kg)	0,603	0,525	0,00
	Novo Mundo (kg)	24,430	16,087	8,537
Desvio Padrão	Jaguaré (kg)	27,6	27,6	0,814
	Novo Mundo (kg)	45,9	28,7	19,1
Variância	Jaguaré	761	762	0,663
	Novo Mundo	2110	821	365
Mínimo	Jaguaré (kg)	0,00	0,00	0,00
	Novo Mundo (kg)	0,00	0,00	0,00
Máximo	Jaguaré (kg)	166	166	3,30
	Novo Mundo (kg)	227	141	86,4
Shapiro-Wilk p	Jaguaré	<0,001	<0,001	<0,001
	Novo Mundo	<0,001	<0,001	<0,001

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Facilmente se observa que os resultados da quantidade de RSU coletados não se comportam sob uma distribuição normal, o que é demonstrado pelas baixas estatísticas do teste de Shapiro-Wilk (última linha). Esse teste estatístico é empregado para verificar se uma amostra de dados segue uma distribuição normal, testando a hipótese nula de que a amostra provém de uma população normalmente distribuída. O mesmo perfil de resultado é observado pela tabela abaixo, que traz a desagregação por cada um dos nove tipos de resíduo coletado (Tabela 8).

Tabela 8: Estatísticas descritivas das quantidades coletadas por tipo de resíduo.

Sub-bacia Córrego Jaguaré									
	Plástico	Papel	Metal	Vidro	Orgân.	Anim.	Mat. C.	Têtil	Diver.
Nº de campanhas	36	35	35	35	35	34	34	34	34
Faltantes (nº de campanhas)	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Total (kg)	24,92	3,82	2,95	0,25	160,90	0,00	6,00	0,10	1,26

Sub-bacia Córrego Jaguaré									
	Plástico	Papel	Metal	Vidro	Orgân.	Anim.	Mat. C.	Têxtil	Diver.
Média (kg)	0,69	0,11	0,08	0,01	4,60	0,00	0,18	0,00	0,04
1º Quartil (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mediana (kg)	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3º Quartil (kg)	0,47	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio Padrão (kg)	2,50	0,37	0,47	0,04	25,31	0,00	0,71	0,02	0,18
Variância	6,24	0,14	0,22	0,00	640,55	0,00	0,50	0,00	0,03
Mínimo (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (kg)	15,03	1,60	2,80	0,25	150,00	0,00	3,30	0,10	1,06
Shapiro-Wilk p	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001
Sub-bacia Córrego Novo Mundo									
	Plástico	Papel	Metal	Vidro	Orgân.	Anim.	Mat. C.	Têxtil	Diver.
Nº de campanhas	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Faltantes (nº de campanhas)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total (kg)	263,75	40,17	11,74	13,62	217,10	7,66	158,46	147,32	65,39
Média (kg)	7,99	1,22	0,36	0,41	6,58	0,23	4,80	4,46	1,98
1º Quartil (kg)	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mediana (kg)	5,00	0,55	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,50	0,00
3º Quartil (kg)	7,81	1,75	0,66	0,25	4,50	0,00	2,32	5,00	2,30
Desvio Padrão (kg)	12,48	1,88	0,58	1,12	13,93	0,78	11,00	8,17	4,56
Variância	155,73	3,55	0,34	1,26	194,01	0,61	121,08	66,81	20,76
Mínimo (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (kg)	68,87	9,64	2,60	5,85	68,00	4,00	39,40	36,50	23,50
Shapiro-Wilk p	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Chama atenção que na sub-bacia do Jaguaré, a média de resíduos orgânicos coletados foi de 4,60 kg, com um máximo registrado de 150 kg. Essa única coleta de

orgânicos representou, nas 36 campanhas de coleta nesse córrego, 80,4% do total de resíduos (200,20 kg) em termos de peso. Sem esse único episódio, a média de resíduos orgânicos coletados no córrego Jaguaré cairia para 0,32 kg. Conforme a descrição da equipe de campo, a grande quantidade registrada no dia 28/01/2024 foi composta por resíduos de poda que foram dispostos no córrego. Embora atípica para a amostra (36 campanhas), pode não se tratar de situação de fato fora do comum; assim sendo, o dado foi mantido na maior parte das análises sem ser considerado propriamente um ponto fora da curva.

Já nas campanhas do córrego Novo Mundo, a média de resíduos orgânicos foi ainda mais elevada que nas campanhas do córrego Jaguaré, com uma média de 6,58 kg e um máximo de 68,0 kg. Nesse episódio de maior volume de orgânicos (68 kg em uma única campanha), não houve vinculação à poda, mas sim à troncos e folhas de bananeiras, que são plantadas perto do guarda-corpo do afluente. Era um dia, ademais, de muita precipitação no qual diversos resíduos sequer ficaram retidos pela barreira, tais como um manequim de plástico, um colchão, madeiras e dezenas de embalagens de isopor. As campanhas no córrego Novo Mundo renderam quantidades muito superiores de resíduos em relação às do córrego Jaguaré, o que explica parcialmente a diferença na tipologia específica de resíduos orgânicos.

Além da diferença de tipologia, os resíduos têxteis também se mostram distintos entre os dois locais: no córrego Jaguaré, a média coletada foi de apenas 0,003 kg, com um máximo de 0,100 kg, representando um resíduo marginal e pouco presente, equivalente a 0,20% da quantidade total — desconsiderando-se o dia atípico dos resíduos orgânicos, ou 0,05% sem esse desconto. Já na sub-bacia do córrego Novo Mundo, a média de resíduos têxteis coletados na barreira foi de 4,46 kg (1.500 vezes maior) com um pico de 36,5 kg em uma única ocasião. Entre os itens retidos estavam muitos retalhos, além de camisetas, camisas, cortinas, calças, vestidos e até colchas de cama.

Parte dessa grande diferença é explicada pela presença de pequenas indústrias têxteis na região do Novo Mundo, ausentes na sub-bacia do córrego Jaguaré. Esse contraste evidencia, assim como apontado anteriormente, que há descarte irregular de atividades econômicas que deveriam dispor de coleta própria (grandes geradores) ou, no mínimo, seguir um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Observações similares podem ser realizadas para as quantidades de plásticos, papel, metal e vidros coletados. Na sub-bacia do córrego Jaguaré, a média de resíduos plásticos coletados foi de 0,692 kg, enquanto no córrego Novo Mundo foi de 7,99 kg. Dentre estes, destacam-se as embalagens de isopor (tipo marmitex, abundantes nas coletas) e embalagens plásticas de alimentos (incluindo muitas embalagens de picolé), todos relacionados aos hábitos alimentares. Também foram encontrados diversos potes, sacos e sacolas plásticas, tampas, pedaços grandes de isopor, sacarias de rafia, garrafas PET e embalagens de xampu.

A média de resíduos de papel coletados foi de 0,109 kg no córrego Jaguaré e de 1,22 kg no córrego Novo Mundo, novamente denotando as diferenças a maior nessa segunda sub-bacia em relação à primeira. Na composição dos papéis, destacam-se as embalagens acartonadas e as bandejas de ovos (polpa moldada).

A média de resíduos metálicos coletados foi de 0,0843 kg no córrego Jaguaré e de 0,356 kg no córrego Novo Mundo, com destaque para latas aerossóis e pedaços diversos de cabos metálicos. Já a média de resíduos de vidro coletados foi de 0,00714 kg no córrego Jaguaré e de 0,413 kg no córrego Novo Mundo, com destaque para embalagens de bebidas. Na tipologia de animais, destacam-se ratos e ratas. Já na categoria de resíduos diversos, estão sapatos, pneus de bicicleta, bolas, brinquedos, bolsas, mochilas e outros.

A Tabela 9 traz os resultados agregados por tipologia e suas respectivas presenças nas campanhas.

Tabela 9: Resultados agregados das quantidades coletadas por tipologia, em todas as campanhas (somadas).

	Córrego Jaguaré			Córrego Novo Mundo		
	Peso (kg)	Particip. no peso total	Freq. de ocorrência nas campanhas	Peso (kg)	Particip. no peso total	Freq. de ocorrência nas campanhas
Campanhas sem Resíduos	0	0	42%	0	0	9%
Campanhas com Resíduos (kg)	200,20	100%	58%	958,72	100%	91%
Plásticos	24,92	12%	53%	263,75	28%	91%
Papel	3,82	2%	17%	40,17	4%	71%
Metal	2,95	1%	8%	11,74	1%	51%
Vidros	0,25	0%	6%	13,62	1%	37%
Orgânicos	160,90	80%	36%	217,10	23%	71%
Animais	0,00	0%	6%	7,66	1%	23%
M. de construção	6,00	3%	14%	158,46	17%	31%
Têxtil	0,10	0%	8%	147,32	15%	60%
Diversos	1,26	1%	11%	65,39	7%	49%

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Na Tabela 9, observa-se que, das 36 coletas realizadas no córrego Jaguaré, 58% registraram a presença de resíduos sólidos. No córrego Novo Mundo, essa frequência foi ainda maior: 91% das 35 campanhas resultaram em coletas positivas de resíduos. Em ambos os locais, os resíduos plásticos foram os mais recorrentes, embora não os mais volumosos, evidenciando a diferença entre a contribuição de cada tipologia no peso total e sua frequência de ocorrência nas campanhas. Plásticos foram encontrados em 91% das coletas no córrego Jaguaré e em 100% das coletas no córrego Novo Mundo.

Quanto à frequência de ocorrência, os resíduos orgânicos representaram o segundo grupo mais comum, com uma distribuição semelhante entre as duas localidades. Resíduos orgânicos foram identificados em 62% das coletas no córrego Jaguaré e em 78% no córrego Novo Mundo. Os demais tipos de resíduos variaram em

frequência e representatividade, como já observado anteriormente, destacando-se uma coleta "atípica" de orgânicos no córrego Jaguaré e a presença significativa de resíduos têxteis, volumosos e recorrentes no córrego Novo Mundo.

Torna-se evidente que os locais são distintos tanto em relação ao perfil dos resíduos encontrados nos corpos d'água, como também na quantidade destes. Observa-se na Figura 42 a quantidade de amostras e os resultados obtidos, em quilogramas totais.

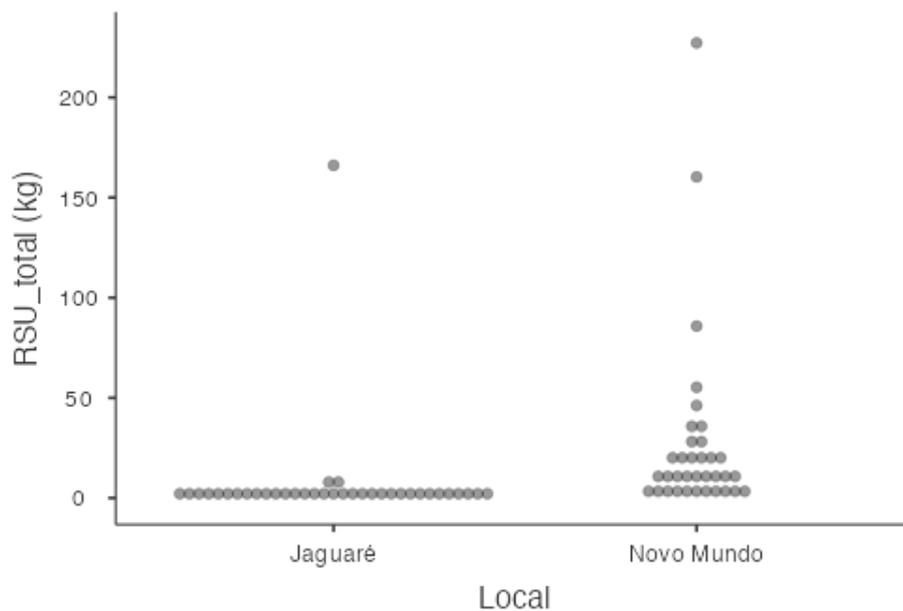


Figura 42: Resultados das coletas de RSU nos corpos d'água selecionados.

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

Uma vez que os resultados do teste de Shapiro-Wilk indicam que a distribuição dos quantitativos (peso) dos resíduos não é normal, conduziu-se um teste ANOVA (análise de variâncias) não paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar se há diferenças significativas entre as distribuições encontradas nos dois locais. Os resultados (qui-quadrado de 30,66 com $p < 0,001$) confirmam o que a inspeção visual dos gráficos consegue facilmente atestar: as sub-bacias do córrego Jaguaré e do córrego Novo Mundo são totalmente distintas em relação aos resíduos encontrados nos seus corpos d'água. O mesmo teste, aplicado a cada tipologia de resíduos, revelou resultados

similares. Apenas nas tipologias "animais" ($p = 0,010$) e "materiais de construção" ($p = 0,031$) foram observadas diferenças significativas, embora com menor intensidade em relação às demais tipologias.

Uma importante consideração que deve ser realizada é quanto ao grau de influência da precipitação e das vazões no aporte de resíduos nos recursos hídricos, sendo essa a situação-problema de partida desse estudo. Sabe-se que, durante períodos de chuva, o escoamento superficial transporta resíduos tanto diretamente para os corpos hídricos quanto para o sistema de drenagem pluvial - que eventualmente deságua nos cursos d'água, estabelecendo uma correlação direta entre esses fatores. No entanto, considerando as condições das sub-bacias abordadas anteriormente (áreas urbanizadas, alta densidade populacional, aglomerados subnormais, indústrias, serviços, grande fluxo de pessoas e descarte inadequado de resíduos), seria possível identificar uma correlação estatística entre chuva, vazão e o aporte de resíduos nos corpos hídricos?

Para tanto, foram realizadas análises de correlação não paramétrica (dada a não-normalidade das distribuições obtidas, ou seja, não assumindo linearidade ou normalidade dos dados) baseadas em postos (ranks), obtendo-se os coeficientes de correlação de Spearman (ρ) e os valores de significância (p -valor) para cada par de variáveis. Para a precipitação, foram utilizados os seguintes eventos:

- Precipitação no dia anterior à coleta (Precip. T-1 (mm)); e
- Precipitação no dia da coleta (Precip. T-0 (mm)).

Já para a vazão, foram considerados os seguintes eventos:

- Vazão média (m^3/s) uma hora antes do início da coleta (Q_{med} 1h);
- Vazão média (m^3/s) duas horas antes do início da coleta (Q_{med} 2h);
- Vazão média (m^3/s) três horas antes do início da coleta (Q_{med} 3h);
- Vazão máxima (m^3/s) três horas antes do início da coleta (Q_{max} 3h); e
- Vazão máxima (m^3/s) seis horas antes do início da coleta (Q_{max} 6h).

Por fim, foram considerados os volumes de água que ocorreram durante cada uma das campanhas, dado que pôde ser obtido por meio da combinação entre as vazões médias nos períodos de coleta e o total de tempo nelas transcorrido.

- Volume hídrico (m³) registrado durante as campanhas (Vol_Camp).

O objetivo de testar esses diferentes eventos é obter conclusões sobre as variações nas tipologias de resíduos encontradas em diferentes situações. Por exemplo, um evento intenso de precipitação local pode não resultar em um aumento significativo da vazão no ponto de coleta, mas ainda assim pode transportar resíduos. De forma análoga, porém inversa, as vazões média e máxima indicam o comportamento hidrológico anterior aos eventos de precipitação, que podem ter "lavado" os resíduos e os ter carregados rio abaixo.

A Figura 43 apresenta a 1ª das matrizes de correlação entre os resíduos (quantidade coletada) e os eventos de precipitação para a sub-bacia do córrego Jaguaré.

Correlation Matrix

		RSU_total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Precip. T-1 (mm)	Precip. T-0 (mm)
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—											
	df	—											
	p-value	—											
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.239	—										
	df	32	—										
	p-value	0.173	—										
Têxtil (kg)	Spearman's rho	-0.019	-0.043	—									
	df	32	32	—									
	p-value	0.917	0.807	—									
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.388	-0.078	-0.054	—								
	df	32	32	32	—								
	p-value	0.023	0.663	0.761	—								
Animais (kg)	Spearman's rho	NaN	NaN	NaN	NaN	—							
	df	32	32	32	32	—							
	p-value	NaN	NaN	NaN	NaN	—							
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.809	0.178	-0.117	0.300	NaN	—						
	df	33	32	32	32	32	—						
	p-value	<.001	0.313	0.508	0.085	NaN	—						
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.230	-0.043	-0.030	-0.054	NaN	0.321	—					
	df	33	32	32	32	32	33	—					
	p-value	0.184	0.807	0.865	0.761	NaN	0.060	—					
Metal (kg)	Spearman's rho	0.294	-0.062	-0.043	-0.078	NaN	0.079	-0.042	—				
	df	33	32	32	32	32	33	33	—				
	p-value	0.087	0.726	0.807	0.663	NaN	0.652	0.810	—				
Papel (kg)	Spearman's rho	0.489	-0.103	-0.072	0.524	NaN	0.419	-0.070	-0.100	—			
	df	33	32	32	32	32	33	33	33	—			
	p-value	0.003	0.561	0.686	0.001	NaN	0.012	0.690	0.567	—			
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.947	0.119	-0.161	0.428	NaN	0.748	0.253	0.280	0.458	—		
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	—		
	p-value	<.001	0.503	0.362	0.012	NaN	<.001	0.143	0.104	0.006	—		
Precip. T-1 (mm)	Spearman's rho	0.003	0.278	-0.154	0.142	NaN	-0.071	0.241	-0.213	-0.221	0.055	—	
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	—	
	p-value	0.987	0.112	0.385	0.423	NaN	0.684	0.163	0.220	0.201	0.752	—	
Precip. T-0 (mm)	Spearman's rho	0.171	0.289	-0.161	0.285	NaN	0.215	0.162	-0.233	0.113	0.188	0.482	—
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	—
	p-value	0.318	0.097	0.362	0.103	NaN	0.215	0.351	0.178	0.517	0.271	0.003	—

Figura 43: Matriz de correlação entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

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

Como é de se esperar, são encontrados coeficientes de correlação bastante altos (próximos a 1) e positivos (que indicam uma correlação positiva forte) entre os resíduos totais e as tipologias mais frequentemente encontradas (plásticos e orgânicos), pois são componentes desse total que são importantes em sua composição. Encontram-se correlações fracas e não significativas estatisticamente (significando que poderiam ter ocorrido por força do acaso) para as demais tipologias de resíduos.

Mais interessante, entretanto, é observar, com auxílio da Figura 44, os coeficientes de correlação dos resíduos coletados com os dois eventos de precipitação: não foi encontrada correlação alguma entre a precipitação (tanto no dia anterior quanto no dia) e a quantidade de resíduos coletados, em nenhuma de suas tipologias. Era esperado que resíduos plásticos (que ocorreram com frequência na amostra e são notoriamente fáceis de serem carreados) tivessem uma correlação alta, mas não foi esse o caso.

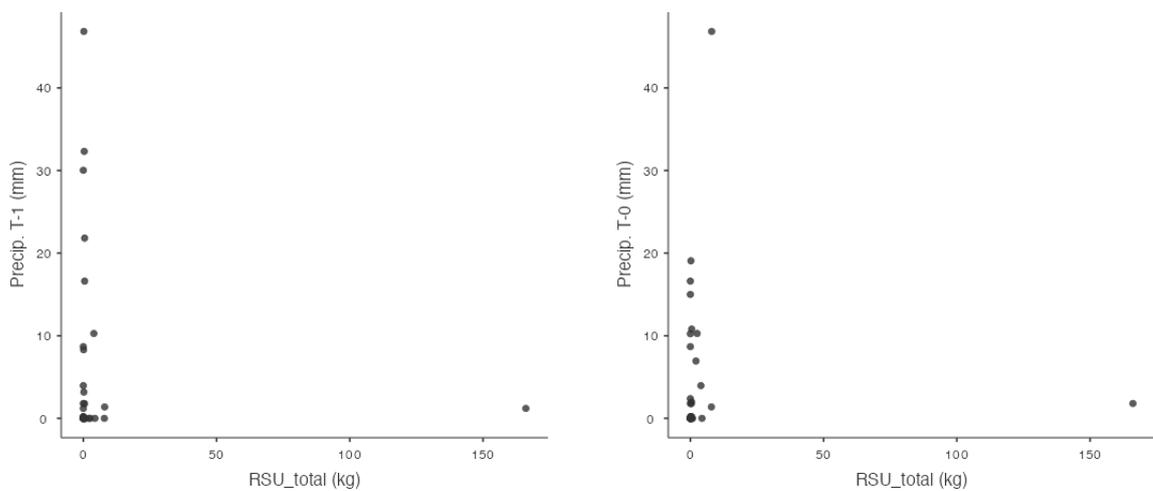


Figura 44: Gráfico de dispersão entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A Figura 45 apresenta a 2ª das matrizes de correlação, dessa vez comparando as chances de ocorrência dos resíduos contra as vazões no córrego Jaguaré. As mesmas conclusões obtidas para a precipitação também são confirmadas para os eventos de vazão: não há qualquer correlação entre as vazões (médias e máximas) registradas e a quantidade de resíduos coletados, de nenhuma tipologia.

Correlation Matrix

		RSU total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Q med 1h	Q med 2h	Q med 3h	Q max 3h	Q max 6h
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—														
	df	—														
	p-value	—														
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.239	—													
	df	32	—													
	p-value	0.173	—													
Têxtil (kg)	Spearman's rho	-0.019	-0.043	—												
	df	32	32	—												
	p-value	0.917	0.807	—												
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.388	-0.078	-0.054	—											
	df	32	32	32	—											
	p-value	0.023	0.663	0.761	—											
Animais (kg)	Spearman's rho	NaN	NaN	NaN	NaN	—										
	df	32	32	32	32	—										
	p-value	NaN	NaN	NaN	NaN	—										
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.809	0.178	-0.117	0.300	NaN	—									
	df	33	32	32	32	32	—									
	p-value	<.001	0.313	0.508	0.085	NaN	—									
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.230	-0.043	-0.030	-0.054	NaN	0.321	—								
	df	33	32	32	32	32	33	—								
	p-value	0.184	0.807	0.865	0.761	NaN	0.060	—								
Metal (kg)	Spearman's rho	0.294	-0.062	-0.043	-0.078	NaN	0.079	-0.042	—							
	df	33	32	32	32	32	33	33	—							
	p-value	0.087	0.726	0.807	0.663	NaN	0.652	0.810	—							
Papel (kg)	Spearman's rho	0.489	-0.103	-0.072	0.524	NaN	0.419	-0.070	-0.100	—						
	df	33	32	32	32	32	33	33	33	—						
	p-value	0.003	0.561	0.686	0.001	NaN	0.012	0.690	0.567	—						
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.947	0.119	-0.161	0.428	NaN	0.748	0.253	0.280	0.458	—					
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	—					
	p-value	<.001	0.503	0.362	0.012	NaN	<.001	0.143	0.104	0.006	—					
Q med 1h	Spearman's rho	-0.223	-0.172	-0.009	-0.263	NaN	-0.256	0.102	0.003	-0.262	-0.120	—				
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	—				
	p-value	0.192	0.331	0.960	0.133	NaN	0.138	0.560	0.987	0.128	0.486	—				
Q med 2h	Spearman's rho	-0.078	-0.184	-0.044	0.074	NaN	-0.081	0.170	-0.034	-0.093	0.019	0.801	—			
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	—			
	p-value	0.652	0.297	0.803	0.677	NaN	0.645	0.329	0.846	0.594	0.914	<.001	—			
Q med 3h	Spearman's rho	-0.059	-0.171	-0.151	0.066	NaN	-0.005	0.170	-0.058	-0.076	0.035	0.740	0.978	—		
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	34	—		
	p-value	0.735	0.333	0.394	0.713	NaN	0.976	0.329	0.742	0.665	0.839	<.001	<.001	—		
Q max 3h	Spearman's rho	-0.114	-0.224	-0.062	0.026	NaN	-0.133	0.119	-0.034	0.026	-0.019	0.805	0.900	0.846	—	
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	34	34	—	
	p-value	0.507	0.204	0.727	0.885	NaN	0.446	0.496	0.846	0.883	0.915	<.001	<.001	<.001	—	
Q max 6h	Spearman's rho	-0.102	-0.224	-0.062	0.026	NaN	-0.120	0.119	-0.034	0.018	-0.002	0.805	0.908	0.860	0.997	—
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	34	34	34	—
	p-value	0.556	0.204	0.727	0.885	NaN	0.491	0.496	0.846	0.916	0.989	<.001	<.001	<.001	<.001	—

Figura 45: Matriz de correlação entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

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

A Figura 46 apresenta os gráficos de dispersão de dois dos eventos de vazão (média das 3 horas anteriores ao início da campanha e máxima nestas mesmas 3 horas) e cada uma das 36 coletas de resíduos sólidos realizadas no córrego Jaguaré.

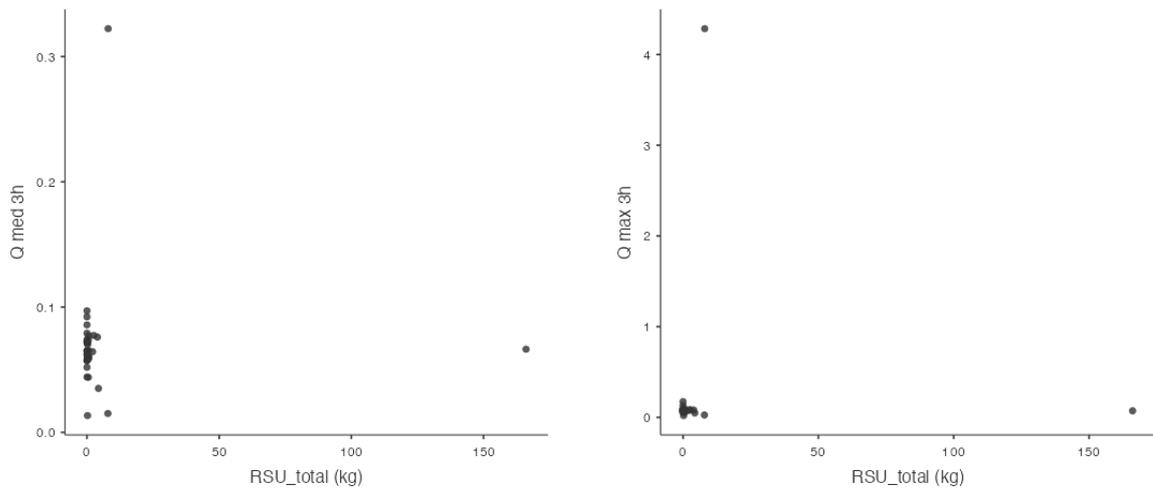


Figura 46: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

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

A Figura 47 e a Figura 48 apresentam a 3ª das matrizes de correlação, dessa vez com a variável de volume hídrico que passou (junto com os resíduos) pelas barreiras durante cada uma das campanhas na sub-bacia do córrego Jaguaré. Os mesmos resultados se repetem, sem encontrar uma correlação positiva.

Correlation Matrix

		RSU_total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Volume_Campanha (m3)
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—										
	df	—										
	p-value	—										
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.239	—									
	df	32	—									
	p-value	0.173	—									
Têxtil (kg)	Spearman's rho	-0.019	-0.043	—								
	df	32	32	—								
	p-value	0.917	0.807	—								
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.388	-0.078	-0.054	—							
	df	32	32	32	—							
	p-value	0.023	0.663	0.761	—							
Animais (kg)	Spearman's rho	NaN	NaN	NaN	NaN	—						
	df	32	32	32	32	—						
	p-value	NaN	NaN	NaN	NaN	—						
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.809	0.178	-0.117	0.300	NaN	—					
	df	33	32	32	32	32	—					
	p-value	<.001	0.313	0.508	0.085	NaN	—					
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.230	-0.043	-0.030	-0.054	NaN	0.321	—				
	df	33	32	32	32	32	33	—				
	p-value	0.184	0.807	0.865	0.761	NaN	0.060	—				
Metal (kg)	Spearman's rho	0.294	-0.062	-0.043	-0.078	NaN	0.079	-0.042	—			
	df	33	32	32	32	32	33	33	—			
	p-value	0.087	0.726	0.807	0.663	NaN	0.652	0.810	—			
Papel (kg)	Spearman's rho	0.489	-0.103	-0.072	0.524	NaN	0.419	-0.070	-0.100	—		
	df	33	32	32	32	32	33	33	33	—		
	p-value	0.003	0.561	0.686	0.001	NaN	0.012	0.690	0.567	—		
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.947	0.119	-0.161	0.428	NaN	0.748	0.253	0.280	0.458	—	
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	—	
	p-value	<.001	0.503	0.362	0.012	NaN	<.001	0.143	0.104	0.006	—	
Volume_Campanha (m3)	Spearman's rho	-0.161	0.037	0.151	-0.383	NaN	-0.176	-0.102	-0.030	-0.246	-0.117	—
	df	34	32	32	32	32	33	33	33	33	34	—
	p-value	0.347	0.835	0.395	0.025	NaN	0.312	0.560	0.864	0.155	0.496	—

Figura 47: Matriz de correlação entre volume e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

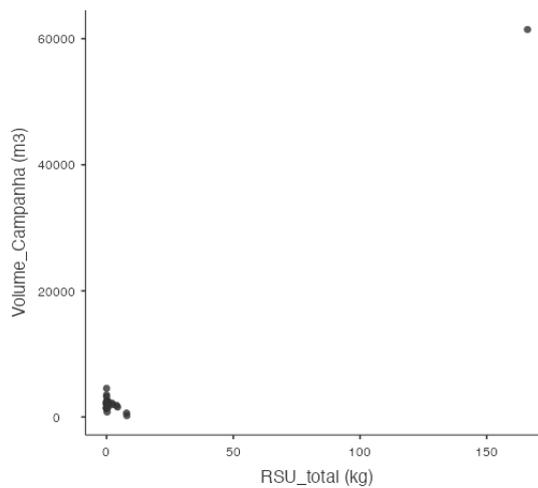


Figura 48: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Pode-se concluir, a partir da realização das 36 campanhas amostrais realizadas sob diversas situações de clima e de condições socioeconômicas (dias de semana, épocas do ano etc.), que na sub-bacia do córrego Jaguaré não foi encontrada correlação direta entre o aporte de resíduos sólidos nos corpos d'água, vazão dos corpos d'água e eventos de precipitação. Ou seja, infere-se diretamente que não precisa necessariamente ter a ocorrência de pluviosidade para ter resíduos nos cursos hídricos.

Esse resultado vai ao encontro com o exposto no item de diagnóstico da sub-bacia, onde evidenciou-se esse fato com a existência de descartes inadequados de resíduos em vias, terrenos e no próprio curso hídrico.

Na sequência, tal como para a sub-bacia do córrego Jaguaré, são apresentadas matrizes de correlação entre os resíduos (quantidade coletada) e os eventos de precipitação para a sub-bacia do córrego Novo Mundo (Figura 49).

Correlation Matrix

		RSU_total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Precip. T-1 (mm)	Precip. T-0 (mm)
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—											
	df	—											
	p-value	—											
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.620	—										
	df	31	—										
	p-value	<.001	—										
Têxtil (kg)	Spearman's rho	0.809	0.633	—									
	df	31	31	—									
	p-value	<.001	<.001	—									
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.665	0.505	0.486	—								
	df	31	31	31	—								
	p-value	<.001	0.003	0.004	—								
Animais (kg)	Spearman's rho	0.636	0.704	0.561	0.841	—							
	df	31	31	31	31	—							
	p-value	<.001	<.001	<.001	<.001	—							
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.725	0.482	0.455	0.570	0.515	—						
	df	31	31	31	31	31	—						
	p-value	<.001	0.005	0.008	<.001	0.002	—						
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.462	0.328	0.304	0.448	0.324	0.341	—					
	df	31	31	31	31	31	31	—					
	p-value	0.007	0.062	0.086	0.009	0.066	0.052	—					
Metal (kg)	Spearman's rho	0.529	0.334	0.434	0.483	0.234	0.315	0.526	—				
	df	31	31	31	31	31	31	31	—				
	p-value	0.002	0.058	0.012	0.004	0.189	0.074	0.002	—				
Papel (kg)	Spearman's rho	0.531	0.586	0.529	0.329	0.257	0.219	0.512	0.565	—			
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	—			
	p-value	0.001	<.001	0.002	0.061	0.148	0.220	0.002	<.001	<.001	—		
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.823	0.590	0.546	0.473	0.544	0.634	0.354	0.394	0.432	—		
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—		
	p-value	<.001	<.001	0.001	0.005	0.001	<.001	0.044	0.023	0.012	—		
Precip. T-1 (mm)	Spearman's rho	-0.175	-0.101	-0.172	0.113	-0.061	0.045	-0.196	0.245	-0.036	-0.261	—	
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—	
	p-value	0.314	0.576	0.340	0.530	0.735	0.804	0.275	0.170	0.842	0.142	—	
Precip. T-0 (mm)	Spearman's rho	0.127	0.248	0.413	0.201	0.258	0.041	-0.082	0.156	0.185	-0.055	0.390	—
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	33	—
	p-value	0.468	0.163	0.017	0.261	0.148	0.823	0.650	0.386	0.301	0.762	0.020	—

Figura 49: Matriz de correlação entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Na correlação entre os resíduos totais e suas sub-tipologias, como é de se esperar, são encontrados coeficientes altos (próximos a 1) e positivos (que indicam correlação positiva) e estatisticamente significativos (p-valor menores do que 0,001, o que indicam que há uma baixa probabilidade de terem sido gerados ao acaso). As correlações mais fortes são para os resíduos plásticos, orgânicos e têxteis. Ou seja, em qualquer ocasião aleatória de retirada de resíduos do córrego Novo Mundo, existem grandes chances de se encontrarem estes tipos de resíduos.

Ao observar os coeficientes de correlação dos resíduos coletados em relação aos dois eventos de precipitação – e confirmando os resultados obtidos no córrego Jaguaré, não se encontrou qualquer correlação no córrego Novo Mundo entre a precipitação (seja no dia anterior ou no próprio dia) e a quantidade de resíduos coletados, em nenhuma tipologia. Os gráficos de dispersão, Figura 50, facilitam a observação de que não há de fato relação entre as variáveis, com situações de coleta de grandes quantidades de resíduos ocorrendo de forma totalmente independente da intensidade da precipitação, seja ela no dia anterior (T-1) ou no dia da campanha (T-0).

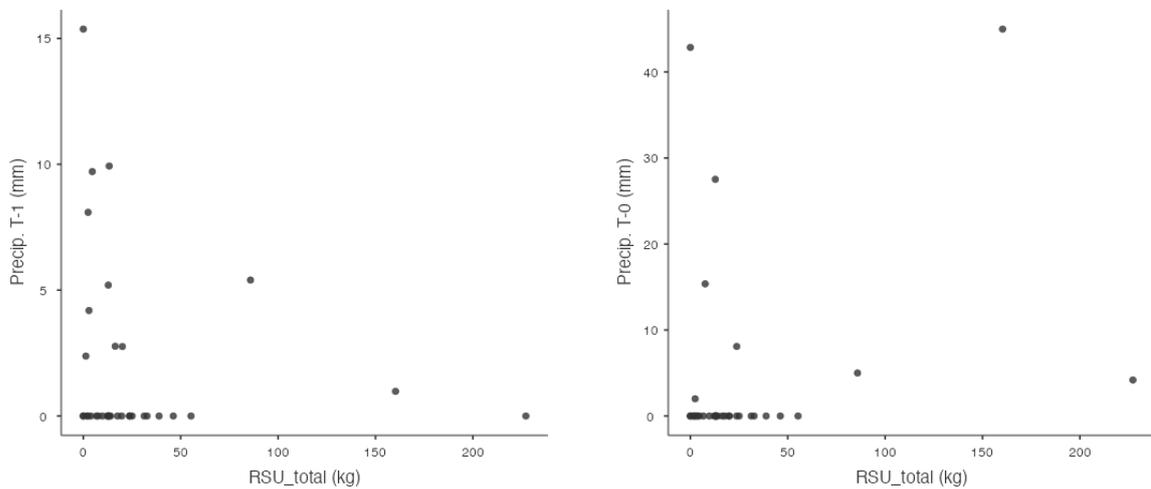


Figura 50: Gráfico de dispersão entre precipitação e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

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

A Figura 51 apresenta a matriz de correlação para as vazões do córrego Novo Mundo, comparando as chances de ocorrência dos resíduos contra a vazão. As mesmas conclusões obtidas para a precipitação também são confirmadas para estes eventos de vazão: não há qualquer correlação entre as vazões (médias e máximas) registradas e a quantidade de resíduos coletados, de nenhuma tipologia, no córrego Novo Mundo.

Correlation Matrix

		RSU_total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Q med 1h	Q med 2h	Q med 3h	Q max 3h	Q max 6h
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—														
	df	—														
	p-value	—														
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.620	—													
	df	31	—													
	p-value	<.001	—													
Têxtil (kg)	Spearman's rho	0.809	0.633	—												
	df	31	31	—												
	p-value	<.001	<.001	—												
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.665	0.505	0.486	—											
	df	31	31	31	—											
	p-value	<.001	0.003	0.004	—											
Animais (kg)	Spearman's rho	0.636	0.704	0.561	0.841	—										
	df	31	31	31	31	—										
	p-value	<.001	<.001	<.001	<.001	—										
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.725	0.482	0.455	0.570	0.515	—									
	df	31	31	31	31	31	—									
	p-value	<.001	0.005	0.008	<.001	0.002	—									
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.462	0.328	0.304	0.448	0.324	0.341	—								
	df	31	31	31	31	31	31	—								
	p-value	0.007	0.062	0.086	0.009	0.066	0.052	—								
Metal (kg)	Spearman's rho	0.529	0.334	0.434	0.483	0.234	0.315	0.526	—							
	df	31	31	31	31	31	31	31	—							
	p-value	0.002	0.058	0.012	0.004	0.189	0.074	0.002	—							
Papel (kg)	Spearman's rho	0.531	0.586	0.529	0.329	0.257	0.219	0.512	0.565	—						
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	—						
	p-value	0.001	<.001	0.002	0.061	0.148	0.220	0.002	<.001	—						
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.823	0.590	0.546	0.473	0.544	0.634	0.354	0.394	0.432	—					
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—					
	p-value	<.001	<.001	0.001	0.005	0.001	<.001	0.044	0.023	0.012	—					
Q med 1h	Spearman's rho	0.111	0.338	0.045	0.234	0.270	0.052	0.163	0.275	0.271	0.080	—				
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—				
	p-value	0.527	0.054	0.802	0.189	0.129	0.775	0.366	0.121	0.128	0.741	—				
Q med 2h	Spearman's rho	0.130	0.356	0.060	0.232	0.270	0.045	0.138	0.257	0.292	0.096	0.990	—			
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	33	—			
	p-value	0.456	0.042	0.742	0.195	0.128	0.805	0.443	0.149	0.100	0.595	<.001	—			
Q med 3h	Spearman's rho	0.151	0.388	0.093	0.228	0.280	0.039	0.123	0.240	0.300	0.115	0.963	0.985	—		
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	33	33	—		
	p-value	0.386	0.025	0.609	0.202	0.115	0.827	0.495	0.178	0.090	0.523	<.001	<.001	—		
Q max 3h	Spearman's rho	0.128	0.304	0.149	0.175	0.243	-0.046	0.063	0.187	0.295	-0.040	0.928	0.930	0.925	—	
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	33	33	33	—	
	p-value	0.463	0.086	0.407	0.331	0.173	0.799	0.730	0.298	0.095	0.823	<.001	<.001	<.001	—	
Q max 6h	Spearman's rho	0.121	0.272	0.194	0.112	0.188	-0.075	0.011	0.190	0.331	-0.087	0.831	0.840	0.844	0.958	—
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	33	33	33	33	—
	p-value	0.489	0.126	0.279	0.536	0.295	0.678	0.950	0.289	0.060	0.630	<.001	<.001	<.001	<.001	—

Figura 51: Matriz de correlação entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A Figura 52 apresenta os dados obtidos em cada campanha de coleta (resíduos totais) realizada no córrego Novo Mundo, juntamente com informações de dois eventos de vazão: a vazão média nas três horas anteriores ao início da campanha e a vazão máxima no mesmo intervalo de tempo.

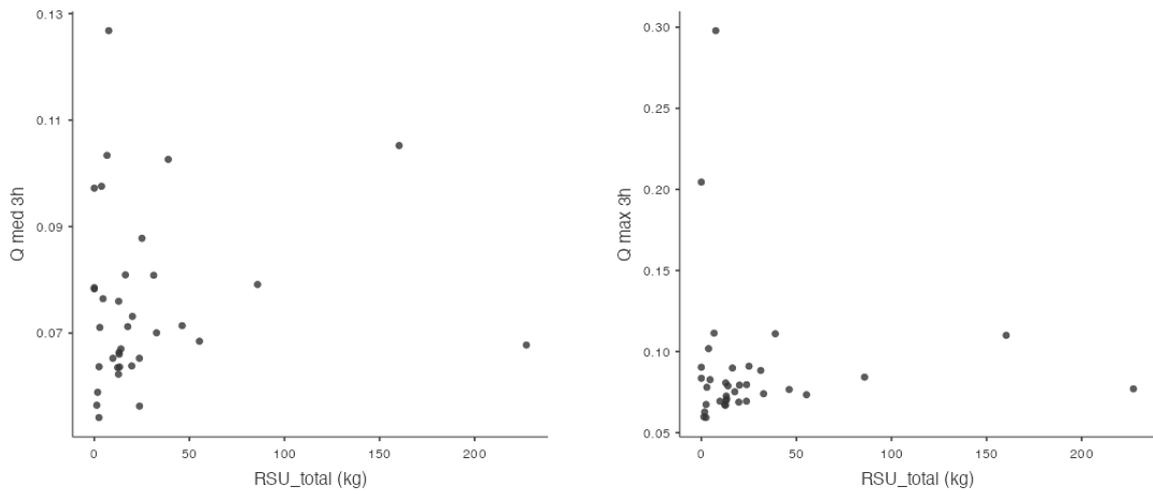


Figura 52: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

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

A Figura 53 e a Figura 54 apresentam, respectivamente, a última das matrizes de correlação e o gráfico de dispersão que ilustram as relações entre o volume hídrico que atravessou as barreiras, juntamente com os resíduos, durante cada campanha realizada na sub-bacia do córrego Novo Mundo. Os mesmos resultados se repetem, sem encontrar uma correlação positiva.

Correlation Matrix

		RSU_total (kg)	Diversos (kg)	Têxtil (kg)	Mat. Construc. (kg)	Animais (kg)	Orgânicos (kg)	Vidros (kg)	Metal (kg)	Papel (kg)	Plásticos (kg)	Volume_Campanha (m3)
RSU_total (kg)	Spearman's rho	—										
	df	—										
	p-value	—										
Diversos (kg)	Spearman's rho	0.620	—									
	df	31	—									
	p-value	<.001	—									
Têxtil (kg)	Spearman's rho	0.809	0.633	—								
	df	31	31	—								
	p-value	<.001	<.001	—								
Mat. Construc. (kg)	Spearman's rho	0.665	0.505	0.486	—							
	df	31	31	31	—							
	p-value	<.001	0.003	0.004	—							
Animais (kg)	Spearman's rho	0.636	0.704	0.561	0.841	—						
	df	31	31	31	31	—						
	p-value	<.001	<.001	<.001	<.001	—						
Orgânicos (kg)	Spearman's rho	0.725	0.482	0.455	0.570	0.515	—					
	df	31	31	31	31	31	—					
	p-value	<.001	0.005	0.008	<.001	0.002	—					
Vidros (kg)	Spearman's rho	0.462	0.328	0.304	0.448	0.324	0.341	—				
	df	31	31	31	31	31	31	—				
	p-value	0.007	0.062	0.086	0.009	0.066	0.052	—				
Metal (kg)	Spearman's rho	0.529	0.334	0.434	0.483	0.234	0.315	0.526	—			
	df	31	31	31	31	31	31	31	—			
	p-value	0.002	0.058	0.012	0.004	0.189	0.074	0.002	—			
Papel (kg)	Spearman's rho	0.531	0.586	0.529	0.329	0.257	0.219	0.512	0.565	—		
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	—		
	p-value	0.001	<.001	0.002	0.061	0.148	0.220	0.002	<.001	—		
Plásticos (kg)	Spearman's rho	0.823	0.590	0.546	0.473	0.544	0.634	0.354	0.394	0.432	—	
	df	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—	
	p-value	<.001	<.001	0.001	0.005	0.001	<.001	0.044	0.023	0.012	—	
Volume_Campanha (m3)	Spearman's rho	0.240	0.409	0.333	0.243	0.299	0.079	0.193	0.151	0.358	0.040	—
	df	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	—
	p-value	0.165	0.018	0.058	0.172	0.091	0.661	0.281	0.402	0.041	0.823	—

Figura 53: Matriz de correlação entre volume e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

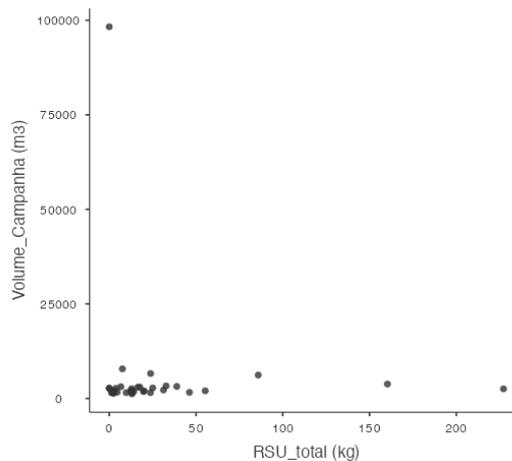


Figura 54: Gráfico de dispersão entre vazão e quantidade de resíduos (córrego Novo Mundo).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Assim como no córrego Jaguaré, as 35 campanhas amostrais realizadas no córrego Novo Mundo ocorreram sob variadas condições climáticas e socioeconômicas, reforçando o diagnóstico da sub-bacia do córrego Novo Mundo: há um aporte regular de resíduos sólidos nos corpos d'água, independentemente de eventos de precipitação ou variações de vazão.

Como foi descrito anteriormente, algumas campanhas de coleta nos córregos Jaguaré e Novo Mundo retornaram uma quantidade bastante expressiva de resíduos sólidos, que destoam das quantidades coletadas na "campanha média". Embora se compreenda que cada campanha tenha sido válida e representativa de algum aspecto da realidade dos resíduos nos recursos hídricos, tenham elas materialmente retornado alguma quantidade de resíduos sólidos ou não, alguns resultados podem ser considerados como "pontos fora da curva".

Uma forma de identificar esses pontos é por meio da metodologia de *z-score*, técnica estatística que padroniza os dados em termos de desvios padrão em relação à média. A partir dessa técnica, compreendendo como "fora da curva" os resultados com *z-score* acima de 3, identificaram-se três campanhas: a que retornou 166 kg no córrego Jaguaré, e as que retornaram 160 kg e 227 kg no córrego Novo Mundo. A Figura 55 apresenta os gráficos de dispersão entre a precipitação, a vazão e o volume hídrico.

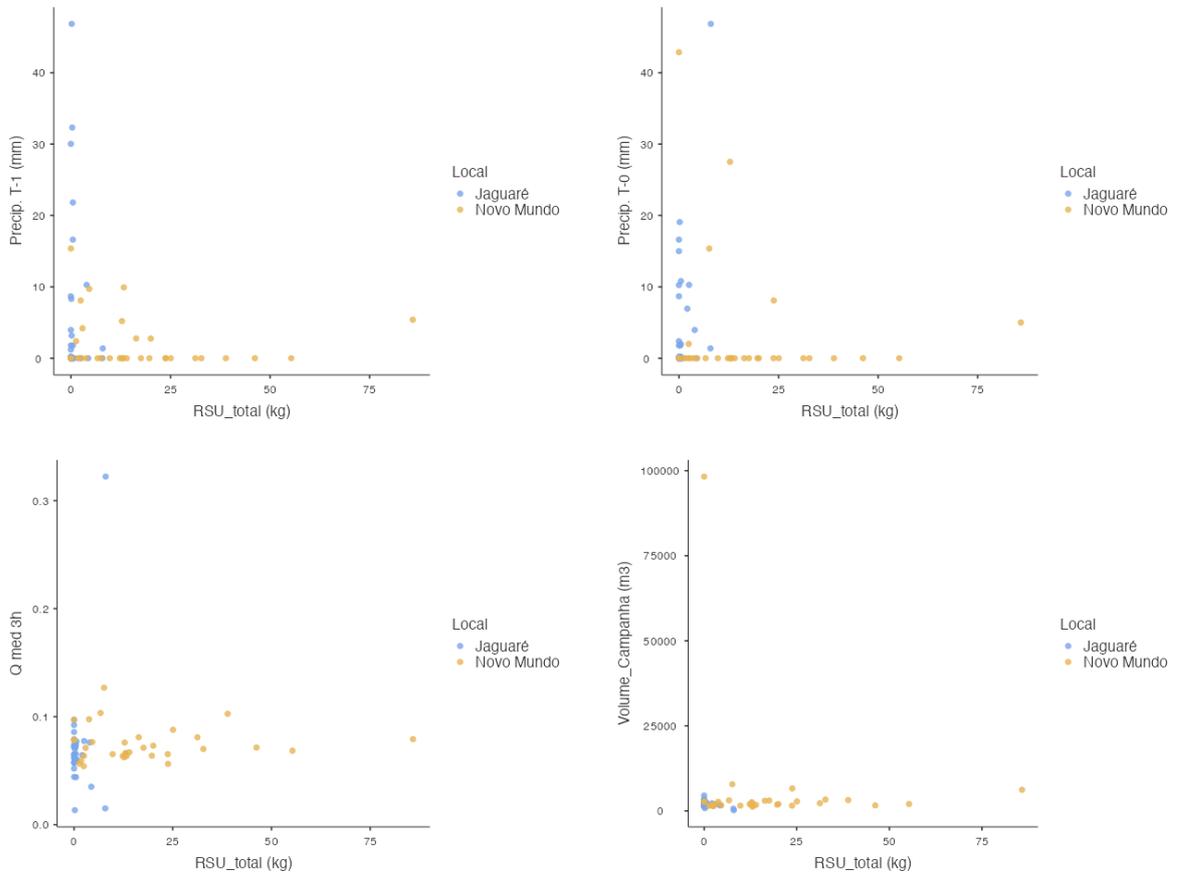


Figura 55: Gráfico de dispersão entre precipitação, vazão e volume hídrico e quantidade de resíduos (córregos Novo Mundo e Jaguaré), sem "pontos fora da curva".

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A Figura 55 revela que não há, mesmo sem os "pontos fora da curva", uma correlação evidente entre os eventos meteorológicos e a quantidade de resíduos coletados nas campanhas. Foram repetidas todas as matrizes de correlação com as premissas de desconsideração dos "pontos fora da curva", mas o procedimento não resultou em coeficientes estatisticamente significativos.

Um dos testes realizados para testar a hipótese de que os eventos de precipitação parcialmente influenciam o acúmulo de resíduos nos rios é por meio da classificação de cada uma das campanhas realizadas, como se apresenta na Tabela 10 e na Tabela 11. Sempre que uma campanha resultou em coleta de resíduos positiva e em quantidade superior à mediana da série, esta é classificada como "1" (ou seja, seleciona-se metade das campanhas com base nas de maiores volumes de resíduos

coletados). De forma análoga, sempre que o volume hídrico que transcorreu em uma campanha superou o volume mediano de todas as campanhas, esta é classificada como "1" (ou seja, seleciona-se metade das campanhas com base nas de maiores volumes hídricos).

Das 36 campanhas realizadas no córrego Jaguaré e 35 no córrego Novo Mundo, foram selecionadas as 18 com maiores volumes de resíduos coletados e as 18 com maiores vazões (em cada sub-bacia). No córrego Jaguaré, em 8 dessas ocasiões (44%), as maiores coletas ocorreram nos dias de maior vazão. Já no córrego Novo Mundo, 11 episódios (61%) apresentaram essa coincidência. As classificações detalhadas de cada campanha estão na Tabela 10 e na Tabela 11.

Tabela 10: Classificação das campanhas de maiores coletas e de maiores volumes hídricos no córrego Jaguaré.

Campanha	Resíduos	Volume hídrico	Ambos (resíduos e volume)
25/09/23	0	0	0
25/09/23	0	0	0
27/11/23	0	0	0
28/11/23	0	1	0
29/11/23	1	1	1
14/12/23	0	0	0
15/12/23	1	0	0
16/12/23	1	0	0
15/01/24	0	0	0
16/01/24	1	0	0
26/01/24	1	1	1
28/01/24	1	1	1
08/02/24	1	1	1
22/02/24	1	0	0
23/02/24	1	1	1
22/03/24	1	0	0
23/03/24	1	0	0

Campanha	Resíduos	Volume hídrico	Ambos (resíduos e volume)
24/03/24	0	1	0
12/04/24	0	1	0
13/04/24	0	1	0
17/04/24	0	1	0
18/05/24	1	0	0
19/05/24	0	1	0
28/05/24	1	0	0
25/06/24	0	1	0
26/06/24	0	1	0
27/06/24	0	1	0
08/07/24	1	0	0
09/07/24	1	0	0
10/07/24	1	0	0
09/08/24	1	1	1
24/08/24	0	0	0
25/08/24	0	0	0
07/09/24	1	1	1
08/09/24	1	1	1
09/09/24	0	1	0

Fonte: Elaborado por EnvEx engenharia e Consultoria (2024).

Tabela 11: Classificação das campanhas de maiores coletas e de maiores volumes hídricos no córrego Novo Mundo.

Campanha	Resíduos	Volume hídrico	Ambos (resíduos e volume)
23/09/23	0	0	0
23/09/23	1	0	0
22/11/23	1	0	0
23/11/23	1	1	1
24/11/23	0	0	0
18/12/23	1	1	1
19/12/23	1	1	1

Campanha	Resíduos	Volume hídrico	Ambos (resíduos e volume)
20/12/23	1	1	1
18/01/24	1	1	1
20/01/24	0	1	0
29/01/24	1	0	0
05/02/24	0	0	0
07/02/24	1	1	1
24/02/24	1	1	1
08/03/24	0	1	0
09/03/24	0	1	0
10/03/24	1	1	1
28/04/24	0	1	0
29/04/24	0	1	0
30/04/24	1	1	1
25/05/24	1	0	0
26/05/24	0	1	0
27/05/24	0	1	0
28/06/24	1	1	1
29/06/24	0	0	0
30/06/24	1	0	0
29/07/24	1	0	0
30/07/24	1	1	1
31/07/24	0	0	0
26/08/24	0	0	0
27/08/24	0	0	0
28/08/24	0	0	0
10/09/24	1	0	0
11/09/24	0	0	0
12/09/24	0	0	0

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Outra forma de testar estatisticamente a hipótese de uma possível relação parcial é por meio de um modelo linear generalizado (GLM). Foram testados diversos arranjos

entre o aporte de resíduos sólidos –incluindo quantidade total de resíduos; quantidades de resíduos específicos (especialmente plásticos); presença/ausência desses resíduos nos recursos hídricos amostrados; variáveis de chuva (avaliadas tanto em volume quanto em presença/ausência) e vazão (considerando tanto a vazão quanto o volume hídrico) nos dois córregos distintos.

O modelo de melhor ajuste foi o *GLM quasi-Poisson*, adequado para dados que não seguem a distribuição normal e que tem ampla dispersão. A variável dependente foi a ocorrência ou não de resíduos nas campanhas (presença/ausência), explicada parcialmente pela precipitação (presença/ausência), pelo volume (m³) transcorrido ao longo das campanhas, e pelo local (córrego Jaguaré e córrego Novo Mundo). Os resultados são exibidos na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados de ajuste do modelo *GLM quasi-Poisson*.

Model Fit				
R ²	Adj. R ²	df	X ²	p
0.158	0.0603	3	4.85	<.001

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

O p-valor (< 0.001) do modelo indica que sua aplicação é significativamente melhor do que um modelo nulo, porém seu poder de explicação é baixo: o R² é de apenas 0,158 e o R² ajustado de 0,060. Isso sugere que as variáveis de precipitação e vazão explicam apenas uma pequena parte da variabilidade na ocorrência de resíduos nas águas (entre 6% e 16%).

O teste omnibus para o local (Jaguaré e Novo Mundo) é significativamente diferente de zero (p < 0,001), indicando uma influência significativa na presença ou ausência de resíduo em uma campanha qualquer a ser feita em algum dos locais. A Tabela 13 contém tais resultados.

Tabela 13: Resultados do teste Omnibus para o modelo GLM quasi-Poisson.

Omnibus tests			
	X ²	df	p
Local	12.903	1	<.001
Volume_Campanha (m3)	8.356	1	0.004
Precip. T-0 (binário)	0.617	1	0.432

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Outro resultado interessante foi o volume hídrico transcorrido nas campanhas (m³), que também é significativamente diferente de zero ($p = 0,004$). Esse resultado sugere que a vazão tem um impacto significativo no aporte de resíduos, como era de se esperar pela hipótese traçada. Já o mesmo teste (omnibus) para a variável de ausência/presença de precipitação no dia da campanha não é significativamente diferente de zero ($p = 0,432$), indicando que não pode explicar a presença/ausência de resíduos nos recursos hídricos.

Quanto às estimativas de parâmetros, Tabela 14, nota-se uma inversão do resultado da variável de volume hídrico, que passa a não ser significativamente diferente de zero ($p = 0,234$), contradizendo o resultado do teste omnibus. Nota-se que o omnibus avalia a significância geral de múltiplos parâmetros de uma só vez, ou seja, considerando todos os parâmetros simultaneamente. Já a estimativa de parâmetros é individual, o que pode responder pela diferença encontrada. De toda forma, isso indica que a relação testada é bastante mais complexa do que o modelo pode capturar. Já a estimativa da variável de precipitação continuou sendo não significativamente diferente de zero ($p = 0,430$).

Tabela 14: Estimativas de parâmetros para o modelo GLM quasi-Poisson.

Parameter Estimates (Coefficients)

Name	Effect	Estimate	Exp(B) 95% Confidence Intervals				z	p
			SE	Exp(B)	Lower	Upper		
Intercept	Intercept	-0.409	0.113	0.664	0.530	0.832	-3.636	<.001

Parameter Estimates (Coefficients)

Name	Effect	Estimate	Exp(B) 95% Confidence Intervals			z	p	
			SE	Exp(B)	Lower			Upper
Local1	Novo Mundo – Jaguaré	0.575	0.165	1.776	1.279	2.468	3.491	<.001
Volume Campanha (m ³)	Volume Campanha (m ³)	- 6.82e- 5	5.73e-5	1.000	1.000	1.000	-1.191	0.234
Precip. T-0 (binário)	Precip. T-0 (binário)	0.141	0.178	1.151	0.806	1.643	0.789	0.430

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

É notável, pelos resultados apresentados até aqui, que a relação entre a vazão e o aporte de resíduos é complexa e não se limita às variáveis ambientais monitoradas e capturadas pelo modelo *quasi-Poisson*. A baixa capacidade de explicação entre a chuva/vazão e a quantidade de resíduos sólidos coletada nas 71 campanhas amostrais é evidência de que existem outros fatores que preponderam na destinação dos resíduos nos corpos d'água da bacia do Alto Tietê.

Antes de analisá-los, no entanto, cabe refletir sobre a própria capacidade amostral das 71 campanhas. Primeiramente, as campanhas foram realizadas em uma grande variedade de eventos de precipitação - em ambos os córregos, houve dias de zero precipitação (47% delas no córrego Jaguaré e 77% no córrego Novo Mundo) e outros com precipitação forte (acima de 40 mm em ambos os locais). Não obstante, existe uma particularidade acerca da conversão da precipitação em vazão na bacia do Alto Tietê, especialmente em sub-bacias com alto grau de impermeabilização (como é o caso das duas regiões amostrais).

A ocorrência de um determinado evento de forte precipitação se traduz em uma também forte vazão de forma bastante acelerada, exacerbada pela impermeabilização do solo e pela retificação de cursos d'água. Pode-se seguramente concluir que esses eventos geram um "efeito descarga" nos resíduos acumulados, pois a elevação das

cotas dos córregos se dá com muita velocidade e a força para o carreamento é, conseqüentemente, majorada.

A Figura 56 apresentam os percentis da série nível (cotas, em centímetros) obtidas para a totalidade do período no qual as campanhas foram realizadas (um ano).

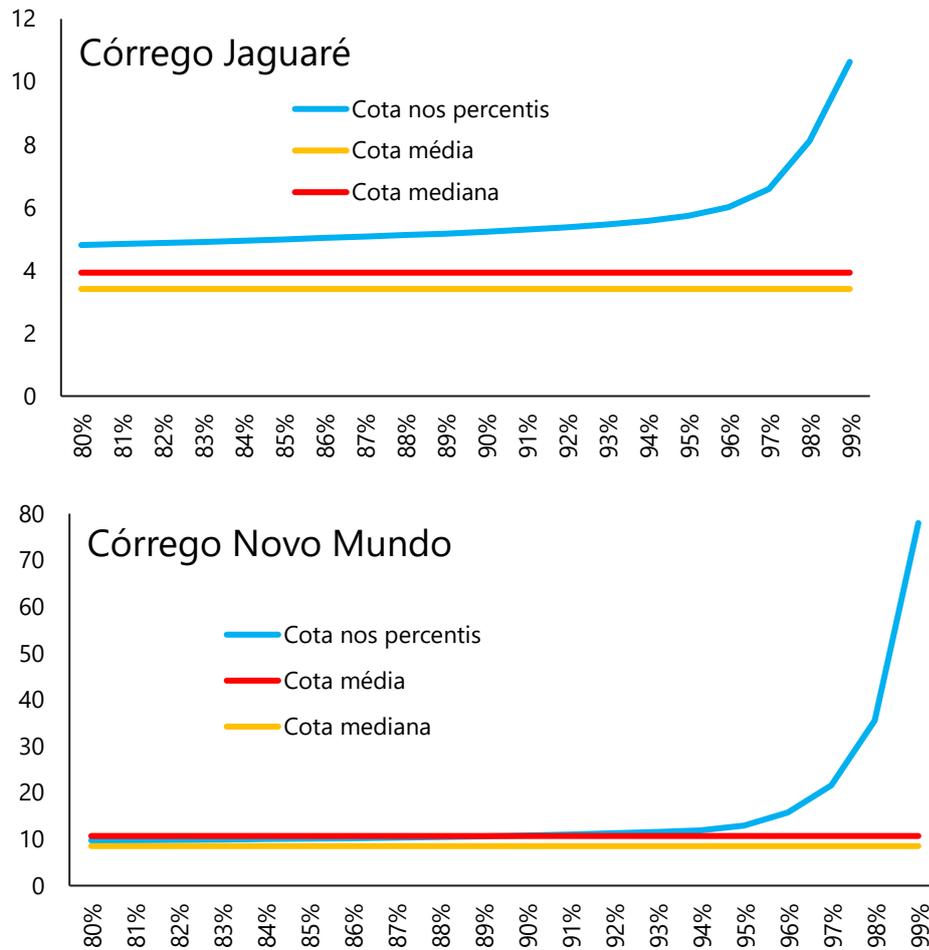


Figura 56: Cotas (em centímetros) dos córregos nos percentis 80% a 99%.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

São mais de 100 mil dados, registrando o nível das águas a cada cinco minutos. O que se revela pela visualização dos maiores percentis (probabilidade de ocorrência de uma dada cota) é a rápida velocidade de elevação dos níveis das águas dos córregos em função de eventos extremos de precipitação.

- No córrego Jaguaré, o nível cuja probabilidade de ocorrência foi de apenas 2% durante o ano monitorado (percentil 98%) alcançou 8,11 cm,

o que representa 2,38 vezes a altura média e 2,07 vezes a altura mediana do córrego. Já o nível registrado em apenas 0,5% das observações (percentil 99,5%) foi de 19,88 cm, ou seja, 5,8 vezes superior à média das vazões mensuradas ao longo do ano.

- No córrego Novo Mundo, o nível cuja probabilidade de ocorrência foi de apenas 2% durante o ano monitorado (percentil 98%) chegou a 35,54 cm, sendo 3,33 vezes superior à cota média e 4,18 vezes maior que a mediana. Já o nível atingido em apenas 0,5% das medições (percentil 99,5%) alcançou 138,88 cm, ou seja, 13 vezes acima da média das vazões registradas durante o ano.

Uma vez que o intervalo de medição das cotas é de cinco em cinco minutos, um evento que ocorre 2% do tempo transcorre em 175 horas espalhadas (aleatoriamente) dentro de um ano (que foi o prazo de monitoramento). Dessa forma, é pouco provável que os 71 episódios amostrais sejam estatisticamente representativos destes poucos e breves momentos nos quais houve uma brusca elevação dos níveis dos córregos, permitindo evidenciar na prática o que aqui se denomina de "efeito descarga".

Eis que em ambos os locais de amostragem ocorreram dias atípicos de coleta, nos quais a quantidade de resíduos resultante foi superior em ordens de grandeza às quantidades retornadas em dias "médios". Estes três eventos foram, justamente, assinalados como "pontos fora da curva" pela técnica estatística de *z-score* (acima de 3): no córrego Jaguaré, a campanha do dia 28/01/2024 retornou 166 kg; no córrego Novo Mundo, as campanhas dos dias 24/02/2024 e 30/07/2024 retornaram, respectivamente, 160 kg e 227 kg. Seriam estes "pontos fora da curva" evidências do "efeito descarga"?

A Figura 57 e a Figura 58, apresentam os níveis transcorridos nos dias dessas coletas e nos dias de maiores coletas que não foram assinalados como "pontos fora da curva" (no córrego Jaguaré, dia 09/07/2024, campanha que recolheu 8 kg; no córrego Novo Mundo, campanhas dos dias 18/01/2024 e 10/09/2024, que recolheram, respectivamente, 85,8 e 55,3 kg). As figuras apresentam o nível dos córregos de cinco em cinco minutos ao longo do dia de campanha selecionado.

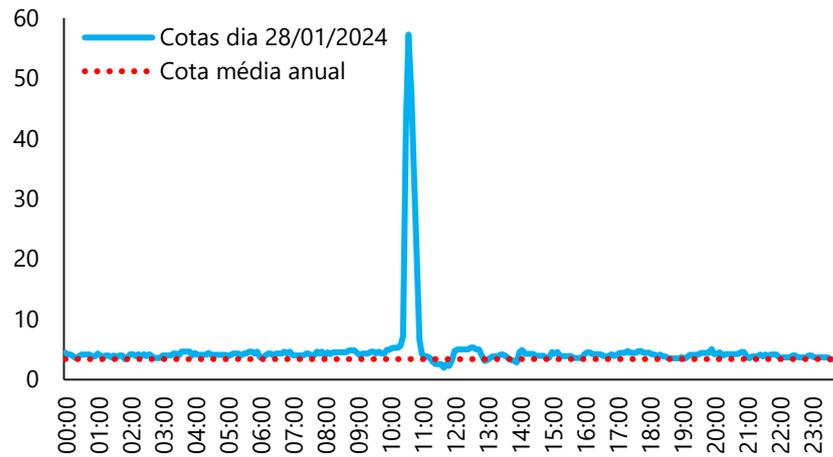


Figura 57: Cotas (centímetros) do córrego Jaguaré no dia 28/01/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

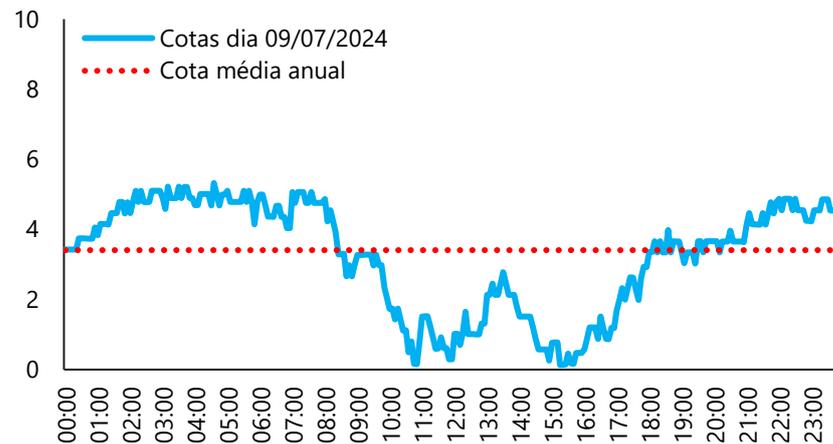


Figura 58: Cotas (centímetros) do córrego Jaguaré no dia 09/07/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

O nível máximo do córrego Jaguaré que foi atingido no transcorrer do dia 28/01/2024 foi às 10h35 com a cota de 57,25 cm. Esse evento, em relação à permanência das cotas monitoradas ao longo dos dias 24/09/2023 e 13/09/2024, corresponde a um percentil ~99,89%, demonstrando-se tratar de um dos eventos extremos nos quais um volume significativo de precipitação é rapidamente convertido em vazão devido ao grau de impermeabilidade e demais características (declividade, área etc.) da área de drenagem. Interessante notar, no entanto, que a precipitação verificada na estação de monitoramento foi de apenas 1,8 mm, o que significa que a chuva deve ter sido extremamente localizada.

O resultado prático é que no transcorrer de apenas 30 minutos, esse pico de vazão resulta em uma "descarga" dos resíduos sólidos acumulados no leito do córrego, em suas margens e nas demais áreas de seu entorno. A campanha de monitoramento de resíduos foi iniciada às 9h30 e perdurou até às 18h00, capturando a totalidade desse evento extremo.

Adicionalmente, verifica-se que a coleta de 8 kg de resíduos que ocorreu ao longo da campanha do dia 09/07/2024 (com início 8h40 e término 18h05) não teve influência da vazão: os níveis do Jaguaré permaneceram baixos ao longo de todo o dia. Os resíduos coletados não foram fruto do "efeito descarga", mas sim de outras formas de aporte, tal como o lançamento (deliberado ou acidental) de resíduos, o carreamento pela ação do vento e outros.

No córrego Novo Mundo, a campanha que retornou a maior quantidade de resíduos foi a do dia 30/07/2024, com um total de 227 kg (69 kg de plásticos, 39 kg de orgânicos, 39 kg de materiais de construção e 36 kg de têxteis). Nesse dia, o nível máximo atingido pelo córrego foi de 17,27 cm, o que equivale a um percentil 96,50%, dentre as cotas monitoradas ao longo dos dias 22/09/2023 e 12/09/2024, assim como pode ser visualizado na Figura 59.

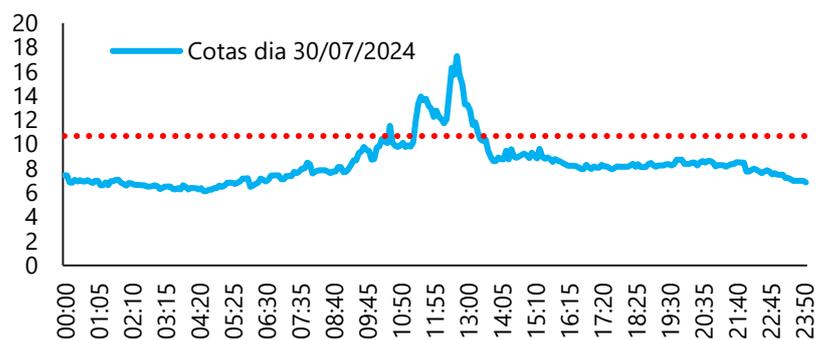


Figura 59: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 30/07/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A campanha de monitoramento dos resíduos neste dia 30/07/2024 foi iniciada às 9h00 e transcorreu até 18h05, capturando a totalidade do evento que pode ser classificado como extremo por estar acima do percentil 95% (ou seja, ocorre menos de

5% do tempo). A equipe de campo reportou a ocorrência de chuva ao longo de todo o período da coleta, muito embora na estação pluviométrica tenham sido registrados apenas 4,2 mm, demonstrando que os eventos de precipitação podem ser de fato muito localizados.

Observa-se, no entanto, que dia 30/07/2024 não é marcado por um rápido pico de vazão tão brusco quanto o que ocorreu dia 24/02/2024. Neste dia, a elevação do nível foi tão brusca que a barreira flutuante, momentaneamente, represou o córrego Novo Mundo e diversos resíduos sequer foram coletados, pois passavam junto com o excesso de água, por cima da estrutura. Nessa campanha, que teve início às 9h10 e término às 18h45, foram coletados 160 kg das mais diversas tipologias.

A precipitação medida no dia 24/02/2024 foi de 45 mm (Figura 60). Percebe-se que a velocidade de elevação do nível é de fato muito brusca: nos cinco minutos decorridos entre 12h25 e 12h30, a cota subiu de 11,74 cm (muito próxima da média anual, de 10,68 cm) para 33,34 cm (aumento de 2,84 vezes). Nos próximos intervalos, o nível continuou a subir bruscamente até atingir, apenas 25 minutos depois, o auge de 141 cm. Trata-se de um evento cujo percentil é de ~99,52%.

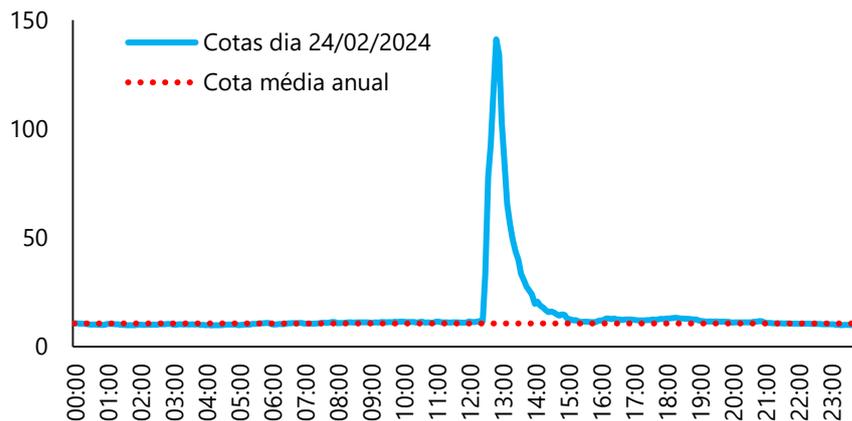


Figura 60: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 24/02/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A comparação dos eventos hidrológicos no córrego Novo Mundo nos dias 30/07/2024 e 24/02/2024 indicam que o "efeito descarga" de fato ocorre, muito

embora não seja o único a explicar a quantidade de resíduos encontrados nas águas - caso contrário, a campanha do dia 30/07/2024 deveria ter resultado em uma quantidade expressivamente menor de resíduos do que a do dia 24/02/2024, e não em uma quantidade maior.

Também no córrego Novo Mundo, a campanha do dia 18/01/2024 não foi identificada como "ponto fora da curva", mas também teve um volume expressivo recolhido (85,8 kg). Transcorrida entre às 10h00 e às 18h30, observa-se a ocorrência de outro evento extremo que teve início por volta das 14h30 e pico às 17h50, com o nível chegando a 128,16 cm (percentil ~99,44%), assim como pode ser visto na Figura 61.

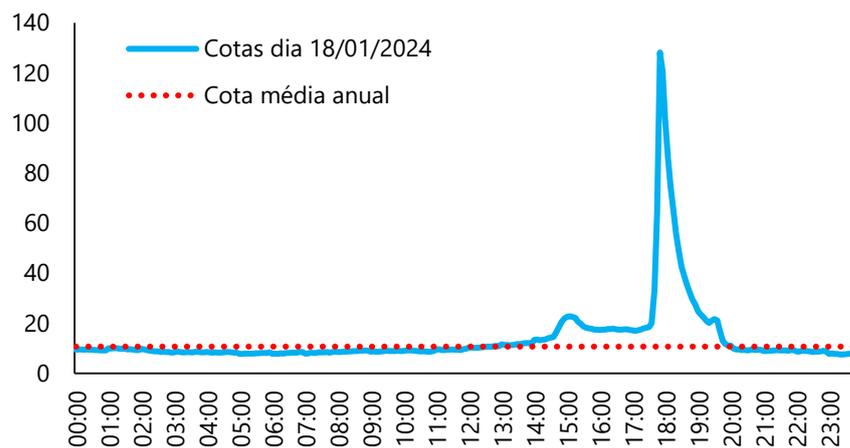


Figura 61: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 18/01/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A campanha do dia 10/09/2024, que recolheu 55 kg e perdurou entre 10h05 e 18h00, também não se constitui em "ponto fora da curva" (Figura 62). Trata-se da quarta campanha de maior quantidade de resíduos recolhidos no córrego Novo Mundo, mas já não muito maior do que a quinta maior campanha (que recolheu 46 kg). Nesse dia, não houve um evento hidrológico marcante, embora o nível tenha subido até a cota 9,40 cm, denotando um evento de percentil 72% (embora a média seja 10,68 cm, a mediana é de apenas 8,51 cm). Não há elevação brusca de nível, o que

faz com que essa campanha não seja classificada como representativa do "efeito descarga".

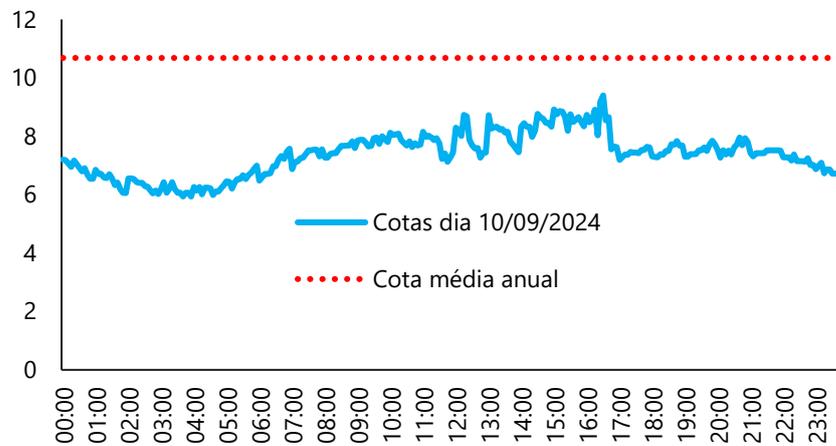


Figura 62: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 10/09/2024.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A avaliação individual das quatro campanhas no córrego Novo Mundo que mais retornaram resíduos, assim como a avaliação das duas campanhas equivalentes no córrego Jaguaré, denota que o "efeito descarga" é importante componente da dinâmica dos resíduos sólidos aportados nos rios. Denota, também, que não é a única condicionante em operação. De toda forma, compreende-se, doravante, porque a modelagem realizada, que considerou o volume hídrico total transcorrido ao longo do período de coleta (em m³), não capturou com a desejada precisão o efeito dos picos de vazão: estes ocorrem de forma tão brusca que afetam relativamente pouco o volume total, mas são suficientes para que haja o "efeito descarga" que lava o entorno dos córregos e lança os resíduos para dentro dos corpos d'água.

Com base nas séries de cotas monitoradas, compilou-se a maior e a menor cota atingida dentro do intervalo de cada uma das campanhas de coleta (em compassos temporais de cinco em cinco minutos). A partir desses resultados, produziu-se um terceiro dado correspondente à variação na cota (denominada de "delta_cota"). No córrego Novo Mundo, por exemplo, o evento do dia 30/07/2024 teve uma variação de 9,57 cm (diferença entre a cota mínima de 7,70 cm e a máxima, de 17,27 cm). Já o

evento do dia 24/01/2024 teve uma variação de 130,16 cm, pois a cota mínima que fora registrada no intervalo da campanha foi de 10,99 cm, enquanto a máxima foi de 141,15 cm.

A Figura 63 apresenta os gráficos de dispersão entre essa nova variável hidrológica, denominada de "delta cota", e a quantidade de resíduos coletados nas campanhas. Observa-se que, para o córrego Novo Mundo, existe alguma correlação positiva, como era de se esperar a partir das análises apresentadas acima.

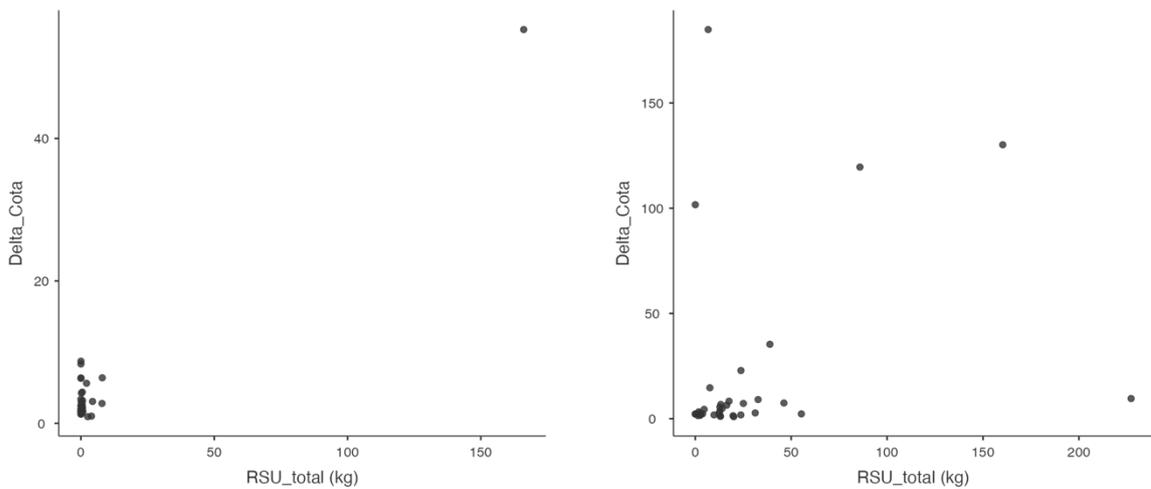


Figura 63: Gráfico de dispersão entre a elevação da cota durante a campanha e quantidade de resíduos (córrego Jaguaré no painel esquerdo e córrego Novo Mundo no direito).

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Eis que as figuras também ilustram, especialmente no córrego Novo Mundo, campanhas nas quais houve uma grande variação nos níveis dos córregos, mas sem a esperada correspondência com a quantidade de resíduos coletados. Uma vez que a variável foi calculada exatamente para o intervalo no qual a campanha se realizou, esperava-se que a ocorrência do "efeito descarga" tivesse sido mantida.

A Figura 64 apresenta a variação do nível do córrego Novo Mundo ao longo do dia 08/03/2024, que apresentou a maior variação de cotas (184,9 cm), fruto da mínima de 10,21 cm e da máxima de 195,10 cm verificadas ao longo do intervalo de coleta, que teve início às 10h00 e perdurou até às 17h00. A cota máxima corresponde a um

percentil de ~99,75%, ou seja, sem dúvidas um evento extremo que deveria implicar na coleta de uma grande quantidade de resíduos. Eis que nesse dia foram registrados apenas 6,6 kg, a maior parte de plásticos. Relação similar ocorreu dia 27/05/2024, no qual a variação da cota foi de 101,67 cm, mas sem nenhum resíduo coletado. Tais coletas reduzidas são explicadas pelo fato de a barreira ter sido desativada devido à rápida elevação do curso hídrico, gerando riscos aos operadores e ao entorno.

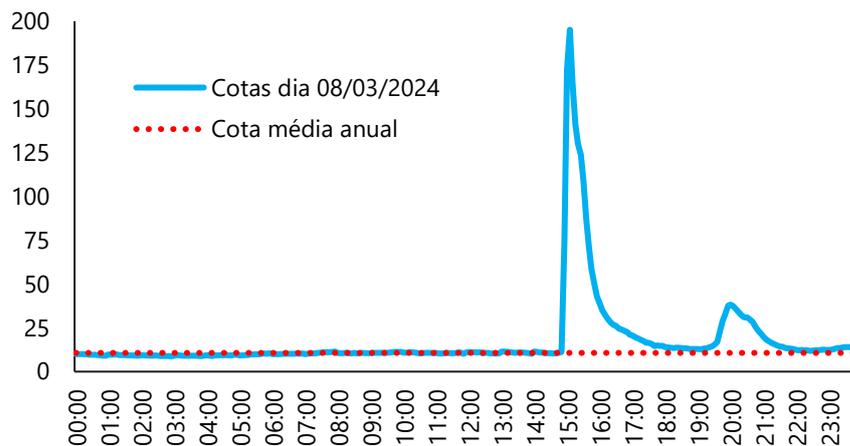


Figura 64: Cotas (centímetros) do córrego Novo Mundo no dia 08/03/2024.

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

Pelo exposto, pode-se concluir que o "efeito descarga" é, de fato, um importante mecanismo de carreamento de resíduos, elevando bruscamente a quantidade de material presente nos corpos d'água. Evidentemente, no entanto, existe um aporte "regular" de resíduos que não pode ser atribuído aos eventos hidrológicos, mesmo quando se considera o impacto dos severos aumentos de nível dos córregos.

Com base em todos estes casos que refletem a realidade e a dificuldade das campanhas realizadas, pode-se supor que existem três mecanismos de aporte de resíduos nos cursos d'água:

- Um deles vinculado ao "efeito descarga", no qual a brusca elevação dos níveis dos córregos carrega resíduos acumulados no próprio leito e/ou em suas margens, gerando assim quantidades grandes de resíduo. Estes eventos são tipificados pelas campanhas com coletas acima de 100 kg;

- Outro deles é desvinculado da chuva/vazão, e só pode ser explicado pelo lançamento deliberado de resíduos nos corpos d'água. Esse efeito se manifesta menor em quantidade média, porém é constante;
- Um terceiro efeito surge da interação entre os dois primeiros: o resíduo pode ser "coletado pelas águas", lançado diretamente no corpo hídrico ou ficar retido nas margens - não sendo assim, imediatamente carregado. Esse efeito é, em parte, condicionado pela ambiência do local. Áreas com maior rugosidade favorecem a retenção do resíduo, enquanto uma maior declividade, por exemplo, favorece seu carregamento.

Resumidamente, os dados levantados tornam evidente que o comportamento humano e a existência de fatores independentes das águas são muito influentes. Um desses fatores é a própria prestação falha dos serviços de coleta de resíduos e limpeza urbana. Este elemento, a princípio, poderia ter sido embutido no modelo como variável explicativa. Não obstante, os prestadores de serviços de ambos os locais monitorados consideram essas áreas "atendidas" com coleta de resíduos sólidos urbanos e limpeza pública. Ademais, se houve coleta de resíduos misto em uma das ruas da sub-bacia, como considerar se isso seria classificado como serviço adequadamente executado?

Certamente, a instalação de um contentor para disposição de resíduos sólidos – como ocorre nas margens do córrego Novo Mundo, constitui uma forma de atendimento, mas não implica, por si só, na prestação de um serviço adequado. As imagens capturadas durante as campanhas, apresentadas no item 4.2.2, revelam que a geração de resíduos excede em muito os esforços de coleta, o que explica grande parte do acúmulo de resíduos nesse local específico.

Resíduos que estão no ambiente e que entopem uma boca de lobo, por exemplo, podem favorecer o carregamento e acúmulo de outros resíduos em locais secos e não necessariamente (e ao menos em um dado momento) nos corpos d'água.

Não se pode descartar, ainda, o lançamento deliberado de resíduos nos corpos d'água, como apresentado nos diagnósticos *in loco* das sub-bacias. Sem contar com esse elemento, torna-se impossível fazer sentido os resultados encontrados.

Para corroborar as conclusões deste tópico, retoma-se a descrição de algumas campanhas de coleta, ilustrativas das diversas situações encontradas que não trazem relação alguma com as águas (chuva/vazão):

- *Novo Mundo possui problemas com resíduos às margens do córrego de forma contínua, tecidos, entulhos, diversos resíduos ocupam o entorno do ponto de instalação da barreira. Guarda corpo foi quebrado, o que facilita a queda dos resíduos no córrego;*
- *O entorno da barreira está repleto de descarte de resíduos sólidos irregular. Devido a falta de chuvas, os resíduos ficam mais visíveis por todo afluente e vegetação das margens;*
- *Apesar dos esforços da prefeitura na limpeza, os resíduos são retirados das caçambas e espalhados pelos moradores de ruas para catação dos materiais de interesse;*
- *Muitos resíduos lançados pelos motoristas de caminhões que estacionam na região para almoçar. Resíduos das caçambas caindo no rio, cerca de 1 km acima do ponto da barreira e muitos materiais ao longo do rio.*

4.4. Projeção dos resíduos sólidos flutuantes

As duas sub-bacias analisadas foram escolhidas por serem representativas da realidade da bacia do Alto Tietê - ao menos de suas áreas urbanas e densamente povoadas. Sob esse critério de seleção, deve ser possível utilizar os resultados das amostragens para tecer projeções acerca dos resíduos sólidos que acabam por serem encontrados nos corpos d'água de toda a região.

A realidade revelada pelos dados das campanhas amostrais, no entanto, apresenta-se mais complexa do que antevisto. Conforme concluiu-se pelo item precedente, o aporte de resíduos em cada uma das sub-bacias foi totalmente distinto, e não respondente, de forma estabelecível, com os episódios de chuva e vazão.

Parte dessa distinção se deve a características distintas entre as sub-bacias. Conforme apontam os critérios de seleção dos dois locais, existem diferenças importantes entre eles que podem ter condicionado os resultados distintos encontrados. Algumas dessas questões são muito específicas, como por exemplo a

existência de fábricas têxteis no Novo Mundo (nas proximidades do curso d'água, inclusive), ou ainda a realização de serviços de poda no Jaguaré em um dia específico no qual não houve a correta retirada dos resíduos orgânicos e ocorreu um forte evento de precipitação. Outras questões, no entanto, são estruturais, como se coloca na Tabela 15.

Tabela 15: Diferenças estruturais e de ocupação nas sub-bacias.

	Sub-bacia do córrego Jaguaré	Sub-bacia do córrego Novo Mundo	Diferença Novo Mundo para Jaguaré
População Amostral da Área de Drenagem	~10.747 hab.	~22.615 hab.	2,10x
Área de Drenagem (km ²)	1,78	6,69	3,76x
Aglomerados Subnormais (IBGE, 2019) em Relação à Área de Drenagem	8,20%	3,40%	0,41x
Área Urbanizada (%)	99,06%	100%	1,01x
Perímetro (km)	6,49	11,02	1,70x
Comprimento Axial da Bacia (km)	2,28	3,51	1,54x
Soma do Comprimento de Todos os Rios (km)	3,86	2,80	0,73x
Fator de forma (Ff)	0,35	0,41	1,17x
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,35	1,38	1,02x
Densidade de drenagem (Dd)	2,14	0,56	0,26x
Altitude média (m)	798,22	748,46	0,94x
Declividade média (°)	6,94	3,52	0,51x
Largura do Corpo Hídrico (metros)	4,50	10,00	2,22x
Enquadramento do Corpo Hídrico	Classe 4	Classe 4	-

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Observa-se que a sub-bacia do córrego Novo Mundo é significativamente maior em área de drenagem e em termos de população que nela habita. Áreas maiores tendem a abrigar mais fontes geradoras de resíduos, tais como residências, comércios e indústrias, aumentando o potencial de aporte destes nos cursos d'água. Além de maior área, a população do Novo Mundo é aproximadamente 2,10 vezes maior que a sub-bacia do córrego Jaguaré, o que também implica em maior geração de resíduos.

Em uma análise preliminar, é possível estabelecer uma relação entre a população e a geração de resíduos. Na sub-bacia do córrego Jaguaré, as 36 campanhas de coleta totalizaram um esforço de 12,4 dias ao longo do ano (equivalente ao tempo acumulado da barreira flutuante em operação), com uma coleta de 200,20 kg de resíduos, resultando em uma média de 16,15 kg por dia de coleta. Com uma população de cerca de 11 mil habitantes, o índice de resíduos que atinge as águas da bacia é de 0,001502 kg/habitante/dia.

No entanto, ao desconsiderar o único episódio significativo de deposição orgânica de resíduos de poda (150 kg coletados em 28/01/2024), esse índice cai drasticamente para 0,000377 kg/habitante/dia – ou seja, quatro vezes menor. Se este último índice refletir o padrão de aporte de resíduos sólidos na sub-bacia do córrego Jaguaré, projeta-se um volume anual de aproximadamente 1,48 toneladas. Caso o índice completo seja considerado, sem descontar os resíduos orgânicos, o volume anual projetado é de 5,89 toneladas.

Aplicando o mesmo raciocínio na sub-bacia do córrego Novo Mundo, os valores obtidos são bem distintos, mesmo com o índice ajustado pela população. Ao longo de 35 campanhas de coleta, com um esforço total de 11,0 dias (ou seja, a soma do tempo de coleta com a barreira flutuante em operação ao longo do ano), foram recolhidos 958,7 kg de resíduos, o que representa uma média de 86,87 kg por dia. Com aproximadamente 22,62 mil habitantes, o índice de resíduos que atinge as águas da bacia é de 0,003841 kg/habitante/dia – de 2,5 a 10 vezes superior ao índice do córrego Jaguaré. Esse índice sugere um aporte anual de aproximadamente 31,71 toneladas de resíduos.

Em relação aos aglomerados subnormais, a sub-bacia do córrego Jaguaré apresenta uma porcentagem maior de área ocupada (8,2%) em comparação com a sub-bacia do córrego Novo Mundo (3,4%). Como é comum que aglomerados subnormais possuam sistemas de coleta menos eficazes, seria esperado que as

amostras de resíduos na bacia do córrego Jaguaré fossem mais elevadas, ou pelo menos mais próximas dos valores observados no córrego Novo Mundo, ajustadas proporcionalmente pela população.

Outra distinção relevante entre as sub-bacias é a densidade de drenagem: a sub-bacia do córrego Jaguaré apresenta uma densidade maior (2,14 Db) em comparação com a do córrego Novo Mundo (0,56 Db), indicando uma maior quantidade de cursos d'água por unidade de área na primeira. Esse fator também influencia a extensão de cursos hídricos expostos ao aporte direto de resíduos.

Além disso, ambas as áreas são amplamente urbanizadas: 99,06% da sub-bacia o Jaguaré e 100% do Novo Mundo. Embora essa diferença seja pequena, ela é significativa, pois ocorre em áreas próximas às margens dos rios. As áreas não urbanizadas (independentemente da cobertura ou uso do solo) apresentam maior rugosidade, o que favorece a retenção temporária de resíduos. Esse é outro fator que contribui para o menor aporte de resíduos no Jaguaré, uma vez que essas áreas apresentam menor velocidade de escoamento e maior rugosidade, possibilitando o acúmulo temporário de resíduos.

Na contramão da densidade de drenagem e coeficiente de urbanização, a sub-bacia do córrego Jaguaré apresenta uma área com declividade média maior do que a do Novo Mundo (6,94° contra 3,52°). Isoladamente, uma declividade maior favorece o carreamento dos resíduos para os corpos d'água, o que deveria contrapor, em certa medida, a menor densidade de drenagem.

Quanto aos atributos de fator de forma (0,35 Ff no Jaguaré e 0,41 Ff no Novo Mundo), embora distintos, são mais próximos em ordens de grandeza do que os demais, não devendo ser responsável pelos resultados encontrados. O mesmo pode ser dito do coeficiente de compacidade (Kc), que é apenas 2% diferente entre os dois locais de amostragem.

As análises dos atributos das sub-bacias evidenciam a dificuldade em extrapolar os resultados amostrais para outras sub-bacias. A própria densidade demográfica da sub-bacia do córrego Jaguaré (6,04 mil hab./km², com aproximadamente 10,75 mil habitantes em 1,76 km²) é bem maior do que a do Novo Mundo (3,38 mil hab./km², com cerca de 22,62 mil habitantes em 6,69 km²), o que, em teoria, indicaria um maior aporte de resíduos por habitante na primeira.

Caso fossem realizadas amostragens em outras sub-bacias, a relação entre os diferentes atributos poderia se tornar mais clara. Isso permitiria conceber um índice de aporte de resíduos nos corpos hídricos com base nas variáveis abordadas, embora o teste apresentado no item anterior já alerte para a complexidade inerente em buscar uma relação matemática precisa.

Diante das imprecisões que persistem em um tema tão complexo e pouco estudado como este, é fundamental analisar as ordens de grandeza referentes ao aporte total de resíduos na bacia do Alto Tietê. Podemos considerar uma taxa de aporte de resíduos relativamente baixa, de 0,001502 kg/hab./dia, observada na sub-bacia do córrego Jaguaré (incluindo os orgânicos do dia 28/01/2024). Por outro lado, uma taxa de aporte mais elevada foi identificada no Novo Mundo, atingindo 0,003841 kg/hab./dia.

A média simples entre as taxas das duas localidades também deve ser considerada como um resultado intermediário, possivelmente mais representativo do que as duas taxas específicas. A média das distintas localidades, afinal, gera compensações eventuais por fatores não abordados anteriormente. Um desses, como exemplo, é o papel exercido pela população flutuante no aporte de resíduos nos corpos d'água. No Novo Mundo, o local de campanha foi nas proximidades de uma parada de descanso para caminhões, cujos motoristas foram por diversas vezes, geradores de resíduos de embalagens de alimentos encontrados no córrego. Essa população flutuante não compõe, necessariamente os ~22,62 mil habitantes da sub-

bacia, o que gera uma elevação artificial na taxa de geração encontrada. No córrego Jaguaré, por outro lado, a menor taxa de aporte de resíduos per capita pode ser parcialmente decorrente da pouca população que permanece no local durante o dia (o que gera uma redução artificial na taxa encontrada).

Embora simplista, assumir que a amostra nas duas sub-bacias e sua média é representativa do aporte de resíduos nos recursos hídricos do universo populacional da bacia (de 21,97 milhões de habitantes), permite gerar uma primeira aproximação acerca da quantidade total de resíduos que podem ser, anualmente, carregados pelas águas da bacia hidrográfica do Alto Tietê e gerar impactos nas bacias à jusante. A Tabela 16 permite observar os resultados obtidos, que montam de 12,06 mil a 30,80 mil toneladas por ano.

Tabela 16: Extrapolações para a Bacia do Alto Tietê a partir dos resultados amostrais dos córregos Jaguaré e Novo Mundo.

	Resultados da Sub-Bacia do córrego Jaguaré	Resultados da Sub-Bacia do córrego Novo Mundo	Resultados Médios
Taxa de Aporte de RSU nos Recursos Hídricos (kg/habitante/dia)	0,001502	0,003841	0,002672
Aporte Total de RSU nos Recursos Hídricos na Bacia do Alto Tietê (t/ano)	12.045	30.796	21.421
Taxa de Geração Total de RSU (kg/habitante/dia)	1,04*		
Geração Total de RSU na Bacia do Alto Tietê (t/ano)	7.951.000*		
Fração de RSU nos Recursos Hídricos sobre o Total Gerado (%)	0,15%	0,39%	0,27%

*Estes valores consideram o impacto da atuação dos catadores autônomos, ou seja, somou-se à quantidade de resíduos coletados nos sistemas formais a quantidade estimada coletada por catadores informais, aumentando a geração per capita e a geração total de RSU.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A quantidade de resíduos sólidos que chega nos corpos d'água representa, nessa primeira aproximação, de 0,15% a 0,39% do total gerado. Além disso, a consideração dos resíduos dispersos no ambiente também eleva a própria taxa de geração total de RSU per capita, embora apenas de forma marginal. Conforme fora desvendado no Prognóstico deste Plano, os dados constantes do SNIS, por exemplo, representam as coletas efetivas de RSU pelos titulares dos serviços, e resultam em índices per capita inferiores aos reais quando se considera a quantidade muito expressiva de recicláveis que são desviados pela coleta autônoma.

A Tabela 16 apresenta as extrapolações considerando a maior das taxas de geração dentre os três cenários da quantidade de catadores autônomos atuantes na bacia do Alto Tietê (conforme Prognóstico). Segundo essa estimativa, a geração total de RSU é de 7,94 milhões de t/ano, o que resulta em uma taxa per capita de 0,9905 kg/hab./dia. Ao se adicionar à essa taxa as perspectivas de resíduos que são carregados pelas águas, tem-se taxas de geração entre 0,9920 kg/hab./dia e 0,9944 kg/hab./dia.

À fração dos resíduos coletados (formal e informalmente) e carregados pelas águas, deve-se ainda somar as desconhecidas frações de resíduos que são: (i) dispostos irregularmente no ambiente sem chegar nos corpos d'água (permanentemente represados); (ii) "tratados" inadequadamente por meio da queima ou do enterramento; e (iii) reaproveitados adequadamente (utilização de potes de vidro, construção de casas com garrafas PET etc.).

Sob as mesmas premissas de representatividade das amostras e de sua média, pode-se realizar uma nova extrapolação para cada uma das seis sub-bacias do Alto Tietê, nas quais o aporte de resíduos sólidos varia em função da população abrigada. É certo que outros fatores, tais como a área urbana e a densidade de drenagem, podem influenciar esses resultados. Os dados podem ser visualizados na Tabela 17.

Tabela 17: Extrapolações para as Sub-bacias do Alto Tietê a partir dos resultados amostrais dos córregos Jaguaré e Novo Mundo.

Sub-Bacias	População Estimada	Taxa per capita do Jaguaré	Taxa per capita do Novo Mundo	Taxa per capita média
	Habitantes	Aporte de RSU (t/ano) nos Recursos Hídricos		
Billings - Tamanduateí	3.760.911	2.062	5.273	3.668
Cabeceiras	3.906.043	2.142	5.476	3.809
Cotia - Guarapiranga	1.162.436	637	1.630	1.134
Juqueri - Cantareira	983.042	539	1.378	959
Penha - Pinheiros	8.985.217	4.927	12.598	8.763
Pinheiros - Pirapora	2.100.893	1.152	2.946	2.049
TOTAL	20.898.542	11.459	29.301	20.382

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Uma forma de se verificar a factibilidade de os dados amostrados serem compatíveis com as demais sub-bacias da BHAT é por meio da quantidade de resíduos que é retirada periodicamente das estruturas hidráulicas da Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), sendo especificamente:

- Usina Elevatória Pedreira;
- Usina Elevatória São Paulo/Traição;
- UHE Pirapora;
- UHE Rasgão.

Nessas estruturas hidráulicas a EMAE executa a retirada de resíduos sólidos flutuantes que chegam até as tomadas de água de modo a possibilitar a operação das usinas. A Figura 65 exhibe o posicionamento geográfico dessas estruturas no território da BHAT.

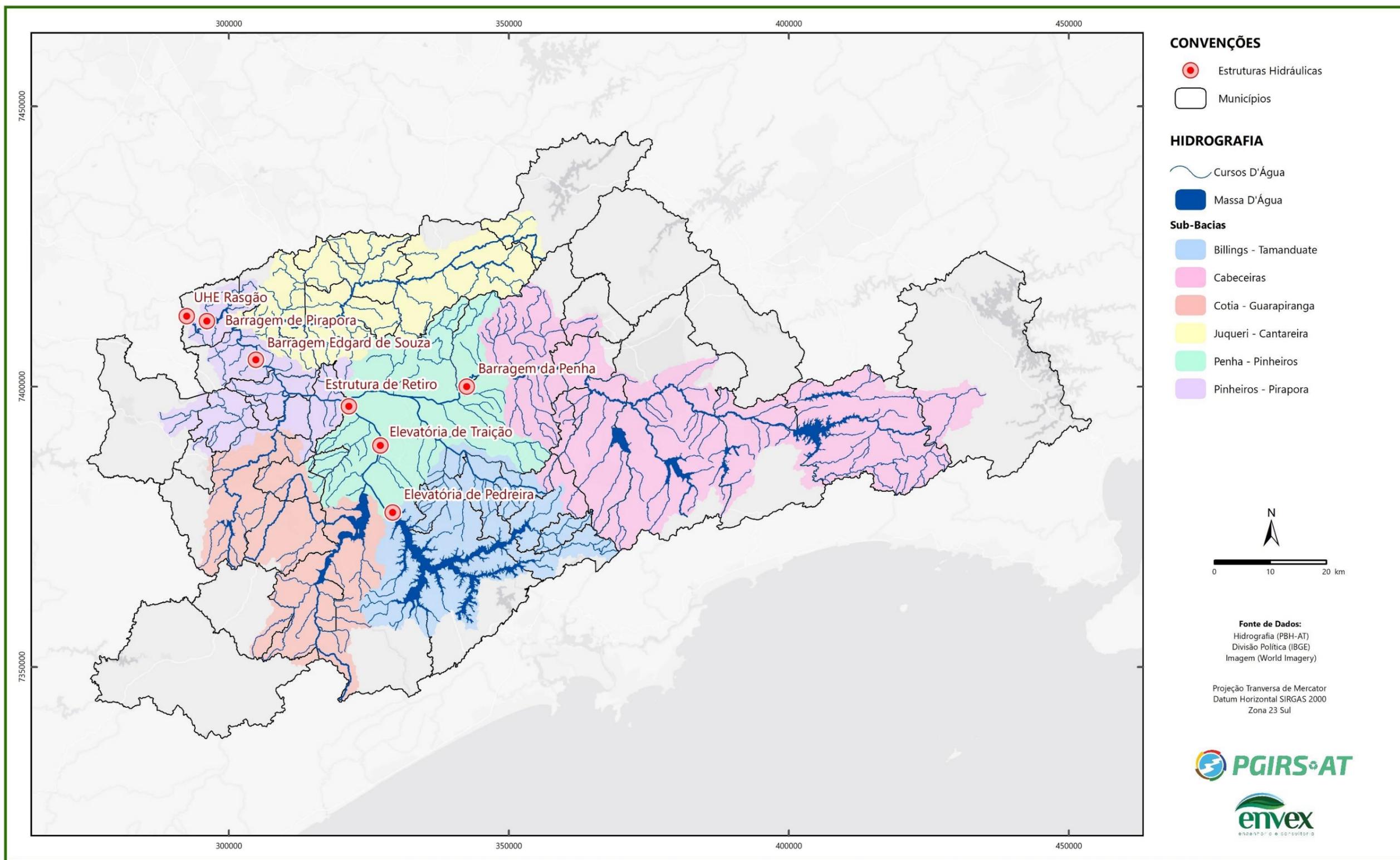


Figura 65: Estruturas hidráulicas presentes na BHAT.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Na sequência são exibidas imagens cedidas pela EMAE da captura de resíduos nas estruturas hidráulicas de Rasgão e Pirapora (Figura 66 e Figura 67).

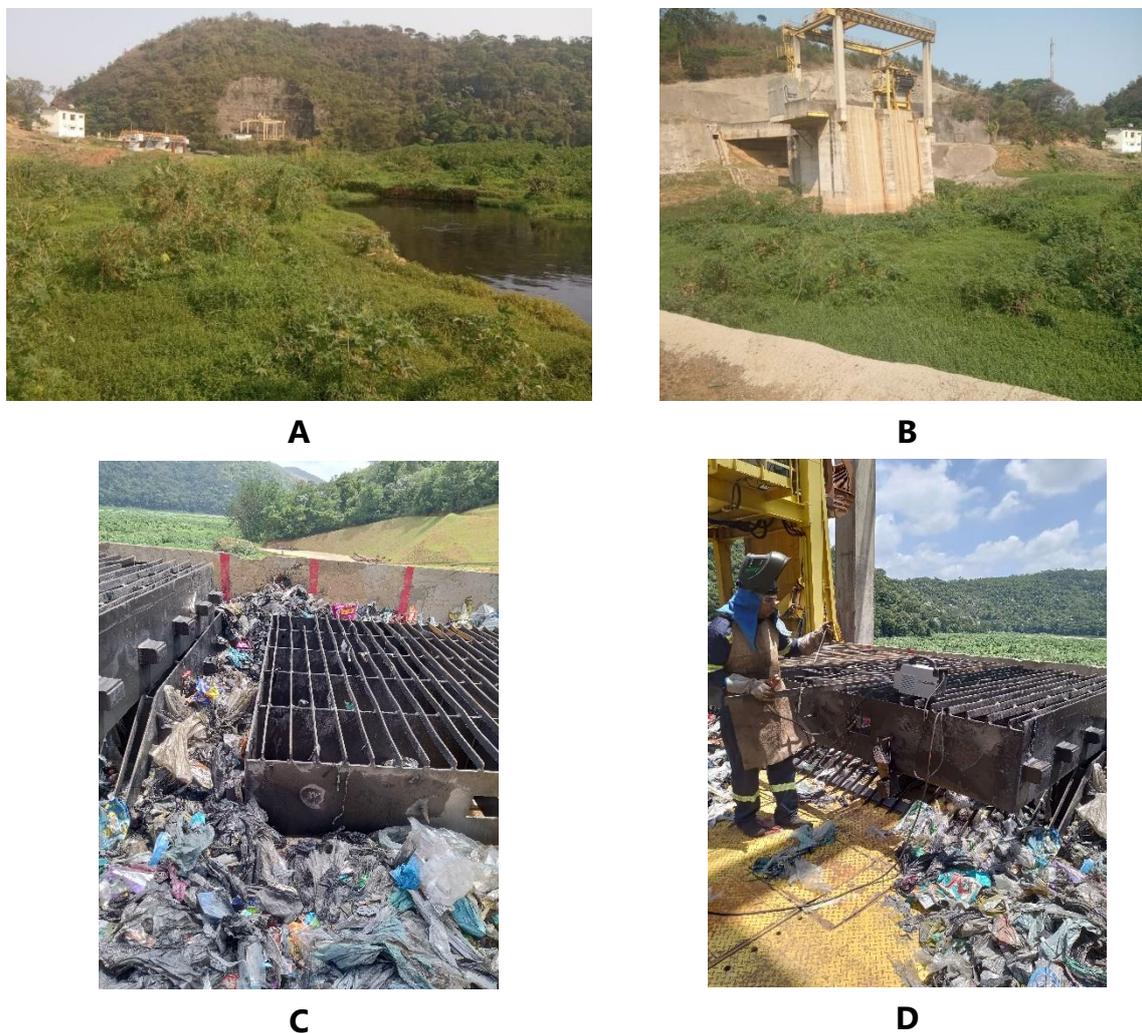


Figura 66: Captura de resíduos na UHE Pirapora. A – Reservatório. B – Tomada d’água. C – Resíduos nas grades. D – Limpeza das grades.

Fonte: EMAE (2024).



A



B



C



D

Figura 67: Capturas de resíduos na UHE Rasgão. A – Reservatório. B – Grades na tomada d'água. C – Máquina limpa grades. D – Caçamba de lixo.

Fonte: EMAE (2024).

Trata-se de uma segunda aproximação que permite calibrar, de certa forma, a primeira. Segundo informações gentilmente cedidas pela EMAE, desde o ano de 2019 até março de 2023, foram retiradas 2,55 mil toneladas de resíduos na estrutura hidráulica de Pedreira, no Canal Pinheiros. Na estrutura São Paulo, no mesmo canal, foram contabilizadas 2,27 mil toneladas. Já nas estruturas de Pirapora e Rasgão, no rio Tietê, foram contabilizadas 301 toneladas e 2,39 mil toneladas, respectivamente. A Tabela 18 apresenta os dados em retiradas por mês, de forma a compatibilizar os dados do ano de 2023, que representam os três primeiros meses do ano.

Tabela 18: Resíduos flutuantes retirados das estruturas hidráulicas da EMAE (t/mês).

Ano	Canal Pinheiros (Usinas elevatórias)		Rio Tietê (Usinas de geração)	
	Pedreira	São Paulo (Traição)	Pirapora	Rasgão
2019	76,13	77,13	4,37	71,93
2020	46,98	40,22	8,82	66,53
2021	53,23	31,49	3,03	35,53
2022	24,52	25,00	5,96	19,07
2023	45,00	60,73	11,58	24,27

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Observa-se na Tabela 18 que não há uma tendência temporal claramente definida, mas sim grandes oscilações de um ano para outro. Esse padrão pode refletir o esforço variado no recolhimento de materiais flutuantes, e não necessariamente a quantidade de resíduos efetivamente retirados em cada estrutura ao longo dos anos. Ademais, a Figura 68 apresenta dados históricos de resíduos removidos das elevatórias Pedreira e São Paulo, compilados por Armelin (2011) para o período de 1993 a 2009. Com base nesses 17 anos de dados, identifica-se uma tendência geral de redução no volume de resíduos retirados.

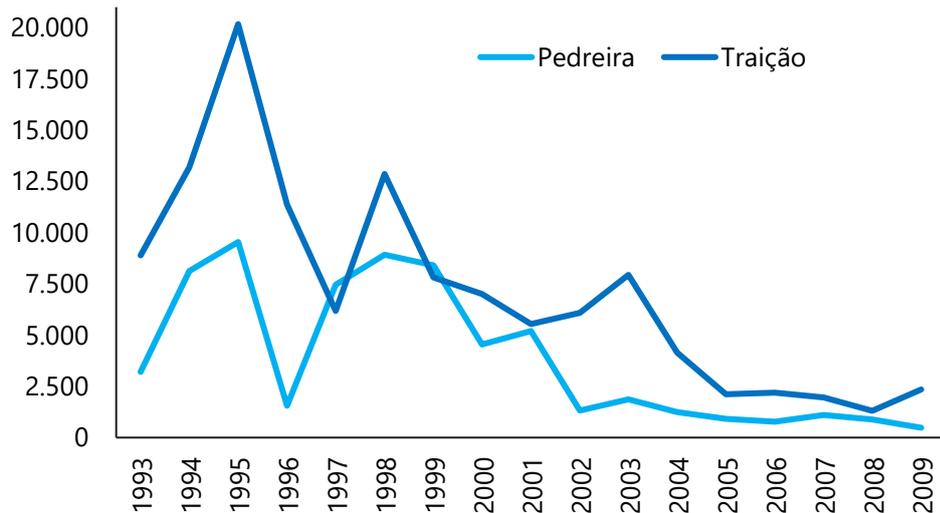


Figura 68: Volume (m³) retirados das elevatórias do Canal Pinheiros pela EMAE.

Fonte: Adaptado de Armelin (2011) por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos do CEMPRE (2010), pode-se considerar o peso específico aparente do lixo domiciliar como sendo de 230 kg/m³. Convertendo-se os dados de Armelin (2011) para toneladas e colocando-os em base mensal, observa-se uma média entre os anos de 1993 a 2009, e entre 2019 a 2023 (22 anos de histórico) de 68 t/mês retirados de Pedreira e 116 t/mês retirados de Traição/São Paulo.

A partir das densidades demográficas e resultados censitários, é possível realizar uma estimativa da quantidade de pessoas que habitam cada uma das áreas de contribuição das quatro estruturas hidráulicas da EMAE. Conforme se observa na Tabela 19, é também possível estimar os resíduos anuais médios retirados de cada estrutura, permitindo calcular uma taxa de aporte per capita de resíduos nos rios.

Tabela 19: Taxa per capita estimada de aporte de resíduos nos rios com base nos volumes de resíduos flutuantes retirados de estruturas hidráulicas da EMAE.

Ano	Canal Pinheiros (Usinas elevatórias)		Rio Tietê (Usinas de geração)	
	Pedreira	São Paulo (Traição)	Pirapora	Rasgão
População Estimada na Área de Drenagem	988.089	2.545.786	16.834.075	9.253
Retirada de RSU nas Estruturas (toneladas por ano)	2.508	2.393	344	2.217
Taxa de Aporte de RSU nos Recursos Hídricos (kg/habitante/dia)	0,006954	0,002575	0,000056	0,656352

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A taxa calculada para ambas as usinas é bastante destoada das taxas calculadas para as elevatórias: na UHE Pirapora a taxa é demasiadamente pequena, já na UHE Rasgão, é demasiadamente grande. Ao se somar as populações das áreas de drenagem das quatro estruturas, bem como somar a quantidade de resíduos destas, calcula-se uma taxa média de aporte de RSU nos recursos hídricos de 0,001003 kg/hab./dia, o

que se encontra na mesma ordem de grandeza do que a taxa encontrada pela amostragem realizada para o córrego Jaguaré.

Uma vez que os esforços de retirada dos resíduos sólidos das estruturas hidráulicas da EMAE não objetivam limpeza, mas sim garantia de operabilidade, é de se esperar que os volumes (e taxas resultantes destes) sejam menores do que os encontrados no esforço de amostragem realizado nos córregos de Jaguaré e Novo Mundo.

Com base nessa segunda estimativa, conclui-se que a taxa mais provável de aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos dos 42 municípios analisados é de 0,002672 kg/hab./dia, dentro da faixa entre 0,001502 e 0,003841 kg/hab./dia. Assim, considerando os 20.858.955 habitantes do território abrangido por este PGIRS-AT, conforme dados do IBGE (2022), obtém-se um aporte estimado de resíduos sólidos de:

- **Aporte estimado de resíduos sólidos nos recursos hídricos:**
 - 55,73 t/dia ou 20.343 t/ano.

Por fim, indica-se que tanto a taxa quanto a estimativa geral pode subsidiar diversos instrumentos de planejamento, programas e ações voltadas a reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos sólidos nos recursos hídricos.

5. PLANO DE AÇÃO

A execução da investigação do aporte de resíduos nos recursos hídricos possibilitou chegar em resultados e conclusões que propiciassem a elaboração de propostas consistentes para aprimoramento das condições de cada sub-bacia representativa.

As propostas de ações foram baseadas em 5 fatores chave, os quais são exibidos na Figura 69.

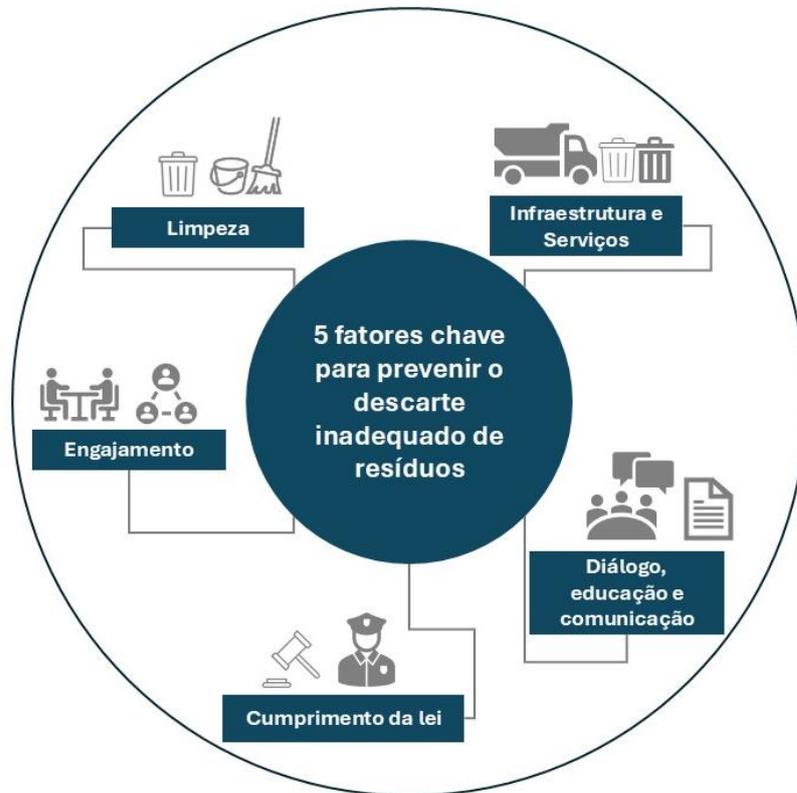


Figura 69: Fatores chave para prevenir o descarte inadequado de resíduos.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Em detalhe, cada fator é entendido como:

- **Infraestrutura e serviço:** Oferta planejada e orientada pela demanda de infraestrutura e serviços públicos que condizem com a realidade e necessidade de cada local, como implantação de lixeiras, Pontos de Entrega Voluntária, Ecopontos, coleta por caminhão, moto ou outros formatos, entre outras possíveis soluções;

- **Diálogo, educação e comunicação:** Ações em conjunto com a comunidade de modo a construir o conhecimento a respeito da temática, informar, capacitar e treinar os envolvidos;
- **Cumprimento da lei:** Atuação constante de fiscalização pelos órgãos responsáveis de modo a coibir ações irregulares e punir àquelas que já transgrediram os regramentos legais;
- **Engajamento:** Atuação ativa e contínua da população alvo das iniciativas;
- **Limpeza:** Ações de limpeza e revitalização do espaço afetado pela degradação.

Cada fator é fundamental para a efetividade do processo, além deles se interrelacionarem entre si, com alto grau de dependência. Por exemplo, ter apenas infraestrutura e oferta de serviços públicos sem ações de diálogo, educação e comunicação, não garante o resultado esperado. De outro modo, ter ações de limpeza sem a garantia do cumprimento da lei de forma consistente, os resultados não perdurarão por muito tempo.

Com base no exposto a seguir são apresentados os planos de ações para aprimoramento das condições relacionadas a resíduos sólidos nas sub-bacias do Córrego Novo Mundo e Córrego Jaguaré a serem financiados pela Prefeitura Municipal de São Paulo, Concessionárias de coleta e destinação de resíduos, FEHIDRO e demais fontes de financiamento nacionais e internacionais. Indica-se que as ações são relacionadas ao escopo do Programa de Redução dos Resíduos Flutuantes apresentado no Produto 6 – Diretrizes e Estratégias para Implementação do PGIRS-AT.

Pondera-se que as ações propostas representam um direcionamento das demandas e realidades percebidas ao longo desses 13 meses de estudo. Em conjunto, tem-se que definições de locais e quantidades de infraestruturas e equipamentos devem ser acordados com a Prefeitura Municipal de São Paulo e a Concessionária de coleta e destinação final de resíduos a partir da demanda em cada sub-bacia. Em virtude disso, não foram estipulados valores de investimentos específicos para cada conjunto de ações nas sub-bacias.

5.1. Sub-bacia do Córrego Jaguaré

Toda a sub-bacia necessita de melhorias no que concerne à gestão de resíduos sólidos, no entanto, foi destacada uma parcela dessa área como área prioritária para atuação, a qual pode ser visualizada na Figura 70. Conforme as observações em campo, a área prioritária foi a área de maior concentração de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos e concentração de ocupações próximas ao corpo hídrico, elevando o seu grau urgência de atuação do poder público.



Figura 70: Destaque da área prioritária para atuação na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A seguir, na Tabela 20 são apresentadas as ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Jaguaré, indicando ação, executores, indicador, local de implantação, prazo (imediato, curto, médio e longo), fonte de financiamento, justificativa do projeto e descrições adicionais das ações.

Tabela 20: Ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Jaguaré.

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Realizar estudo para realocação de pessoas em situação de vulnerabilidade social e que possuam moradias nas margens do Córrego Jaguaré	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de moradias/edificações nas margens do Córrego Jaguaré mapeadas para realocação	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Realocar moradores e remover as moradias improvisadas nas margens do Córrego Jaguaré	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de moradias/edificações nas margens do Córrego Jaguaré realocadas	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Campanha de limpeza de toda a sub-bacia, com recolhimento de resíduos e capina, abrangendo todas as ruas e vielas, calçadas e terrenos baldios	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza da sub-bacia	Todo Território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Realizar limpeza no leito e margem do curso hídrico, incluindo a manutenção da vegetação e remoção de todos os resíduos (trecho de 700m da área prioritária), incluindo a população na ação	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza no Córrego Jaguaré dentro da área prioritária	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Reabilitar pontos viciados de descarte de resíduos sólidos, aqueles em que há maior acúmulo de resíduos e o despejo irregular é recorrente, incluindo a instalação de equipamentos de lazer, plantio de espécies vegetais e implantação de placas de educação ambiental	Prefeitura de São Paulo	Nº de pontos viciados reabilitados	Todo Território					FEHIDRO
Realizar a limpeza das bocas de lobo (retirar os resíduos acumulados) e das galerias pluviais com hidrojateamento	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza das bocas de lobo Total de bocas de lobo com manutenção de limpeza realizada	Todo território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Estabelecer Programa de troca de resíduos recicláveis por frutas, legumes e verduras (Moeda Verde) 1x/mês em cada um dos aglomerados subnormais	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de materiais recicláveis recolhidos por mês Total (em toneladas) de alimentos distribuídos por mês	Aglomerados subnormais					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Implantar 1 Ecoponto na porção média da Sub-bacia para recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, incluindo ampla divulgação na comunidade	Prefeitura Municipal de São Paulo	Ecoponto implantado	Todo território					FEHIDRO
Implantar teste de aplicativo de coletas fracionadas: <i>Do Domicílio ao Ecoponto</i> para resíduos volumosos, RCC e verdes com ampla divulgação para a população do território	FABHAT e Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de viagens de coleta fracionada de resíduos realizadas por ano	Todo Território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Implantar Estações de Resíduos para atendimento dos aglomerados subnormais, eliminando a prática de disponibilização simples de contêineres. Estação de Resíduos: espaço cercado com grade; contêineres para resíduos recicláveis (descarga pela parte inferior) e para resíduos mistos (preferencialmente pequenos compactadores estacionários); placas de orientação sobre o descarte no local e orientações sobre descarte de resíduos em Ecoponto e pontos de entrega dos sistemas de logística reversa: figuras dos produtos pós-consumo lâmpadas, pilhas, eletroeletrônicos etc. e ao lado o site e o QR Code das respectivas entidades gestoras, apontando para os endereços dos pontos de entregas desses sistemas.	Prefeitura de São Paulo	Nº de Estações de Resíduos implantadas	Aglomerados subnormais					FEHIDRO
Ampliar a coleta porta a porta de resíduos domiciliares nos aglomerados subnormais a partir de equipamentos de menor porte, como as moto-lixo e veículos utilitários	Prefeitura Municipal + Concessionária de coleta de resíduos (LOGA)	% de atendimento de coleta porta-a-porta com equipamentos de coleta de menor porte	Aglomerados subnormais					Concessionária
Solicitar à Concessionária responsável pela coleta de resíduos no território (LOGA) a remodelação do atendimento na região: retirada dos contêineres, operação das Estações de Resíduos, ampliação da coleta porta a porta, aumento da frequência de coleta	Prefeitura Municipal + Concessionária de coleta de resíduos (LOGA)	Total de containers retirados das margens do Córrego Jaguaré Total de Estações de Resíduos operadas pela LOGA % de atendimento de coleta porta-a-porta com equipamentos de coleta de menor porte	Todo Território					Concessionária

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Implantar Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social, incluindo o diálogo direto com a população, eventos públicos, mobilização durante as demais atividades e a instalação de placas ao longo do território indicando locais adequados para descarte de resíduos	Prefeitura de São Paulo com Recursos FEHIDRO	Nº de ações de educação ambiental com foco em resíduos sólidos realizada na sub-bacia por ano	Todo território					FEHIDRO
Justificativa do Projeto	O diagnóstico na sub-bacia do Córrego Jaguaré mostrou diversas situações irregulares em relação a resíduos sólidos, as quais devem ser mitigadas ou sanadas com as ações propostas.							
Descrições Adicionais das Ações	-							

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

5.2. Sub-bacia do Córrego Novo Mundo

Da mesma forma, também foi destacada uma parcela da área da sub-bacia do Córrego Novo Mundo como área prioritária para atuação, a qual pode ser visualizada na Figura 71. Do mesmo modo que observado na sub-bacia do Córrego Jaguaré, essa foi a área de maior concentração de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos, principalmente diretamente no curso hídrico, além da existência e alta concentração de ocupações próximas ao corpo hídrico, elevando o seu grau urgência de atuação do poder público.

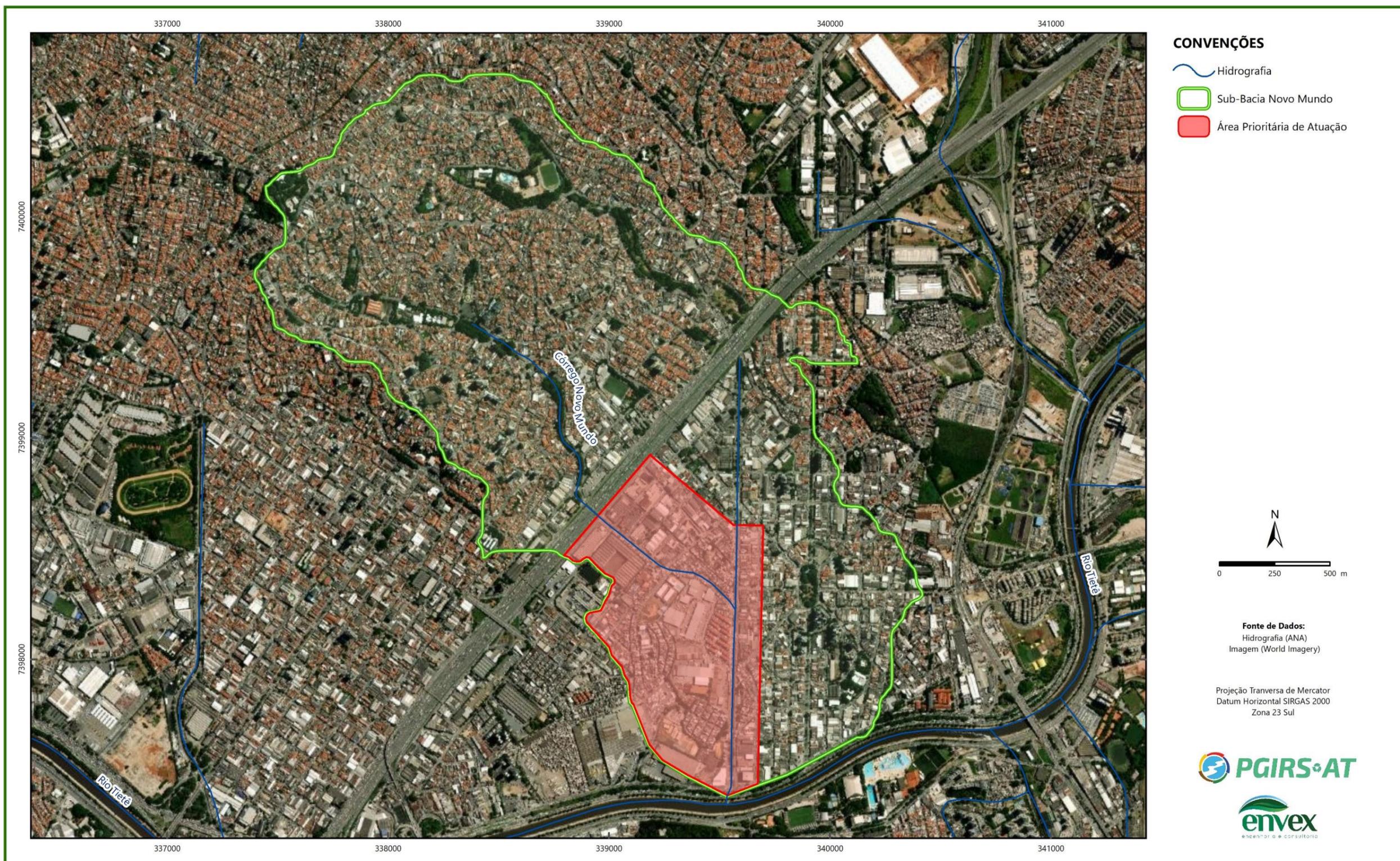


Figura 71: Destaque da área prioritária para atuação na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A seguir, na Tabela 21 são apresentadas as ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo, indicando ação, executores, indicador, local de implantação, prazo (imediato, curto, médio e longo), fonte de financiamento, justificativa do projeto e descrições adicionais das ações.

Tabela 21: Ações para aprimoramento da gestão de resíduos sólidos na sub-bacia do Córrego Novo Mundo.

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Realizar estudo para realocação de pessoas em situação de vulnerabilidade social e que possuam moradias nas margens do Córrego Novo Mundo	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de moradias/edificações nas margens do Córrego Novo Mundo mapeadas para realocação	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Realocar moradores e remover as moradias improvisadas nas margens do Córrego Novo Mundo	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de moradias/edificações nas margens do Córrego Novo Mundo realocadas	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Campanha de limpeza de toda a Bacia, com recolhimento de resíduos e capina, abrangendo todas as ruas e vielas, calçadas e terrenos baldios	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza da sub-bacia	Todo Território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Realizar limpeza no leito e margem do curso hídrico, incluindo a manutenção da vegetação e remoção de todos os resíduos (trecho de 2.700m da área prioritária), incluindo a população na ação	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza no Córrego Novo Mundo dentro da área prioritária	Área prioritária					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Reabilitar pontos viciados de descarte de resíduos sólidos, aqueles em que há maior acúmulo de resíduos e o despejo irregular é recorrente, incluindo a instalação de equipamentos de lazer, plantio de espécies vegetais e implantação de placas de educação ambiental	Prefeitura de São Paulo	Nº de pontos viciados reabilitados	Todo Território					FEHIDRO
Realizar a limpeza das bocas de lobo (retirar os resíduos acumulados) e das galerias pluviais com hidrojateamento	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de resíduos retirados durante a campanha de limpeza das bocas de lobo Total de bocas de lobo com manutenção de limpeza realizada	Todo território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Elaborar Projeto para reurbanização da margem do Córrego Novo Mundo com a Criação de Orla no trecho entre a Rua Soldado Rafael Pereira, Av. Morvan Dias de Figueiredo e a Rodovia Presidente Dutra. Contemplando:	Prefeitura de São Paulo	Projeto de reurbanização da margem do Córrego Novo Mundo elaborado	Área prioritária					Recursos próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo), fontes nacionais e internacionais

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reestruturação viária com a delimitação da via de rolamento, calçadas e áreas de estacionamento; 2. Isolamento do rio com alambrado (onde houver necessidade); 3. Implantação de iluminação, lixeiras de pequeno porte para transeuntes e paisagismo ao longo do rio; 4. Delimitação de áreas para implantação de Estações de Resíduos; 5. Delimitação de áreas para instalação de <i>trailers</i> para comercialização de alimentos, próximas às Estações de Resíduos. <p>Considerar a implantação de Estações de Resíduos nos seguintes pontos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ø Rua Trafalgar com Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira; Ø Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira com Rua Estabela; Ø Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira com Rua Belo Horizonte; Ø Rua da Bicicleta com Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira; Ø Rua Abel Marciano de Oliveira com Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira; Ø Rua Dona Maria Quedas com Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira; Ø Rua Sd. Arlindo Sardanha com Av. Tenente Amaro Felicíssimo da Silveira; Ø Rua da Bicicleta; Ø Avenida do Berimbau. 								
Implantar Projeto de Reurbanização da Orla do Córrego Novo Mundo	Prefeitura de São Paulo com Recursos FEHIDRO	Reurbanização da Orla do Córrego Novo Mundo realizada	Área prioritária					Recursos próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo), fontes nacionais e internacionais

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Ampliar a coleta porta-a-porta de resíduos domiciliares nos aglomerados subnormais a partir de equipamentos de menor porte, como as moto-lixo e veículos utilitários	Prefeitura Municipal + Concessionária de coleta de resíduos (LOGA)	% de atendimento de coleta porta-a-porta com equipamentos de coleta de menor porte	Aglomerados subnormais					Concessionária
Implantar Estações de Resíduos para atendimento dos aglomerados subnormais, eliminando a prática de disponibilização simples de contêineres. Estação de Resíduos: espaço cercado com grade; contêineres para resíduos recicláveis (descarga pela parte inferior) e para resíduos mistos (preferencialmente pequenos compactadores estacionários); placas de orientação sobre o descarte no local e orientações sobre descarte de resíduos em Ecoponto e pontos de entrega dos sistemas de logística reversa: figuras dos produtos pós-consumo lâmpadas, pilhas, eletroeletrônicos etc. e ao lado o site e o QR Code das respectivas entidades gestoras, apontando para os endereços dos pontos de entregas desses sistemas.	Prefeitura de São Paulo	Nº de Estações de Resíduos implantadas	Aglomerados subnormais					FEHIDRO
Solicitar à Concessionária responsável pela coleta de resíduos no território (LOGA) a remodelação do atendimento na região: retirada dos contêineres, operação das Estações de Resíduos, ampliação da coleta porta a porta, aumento da frequência de coleta	Prefeitura Municipal + Concessionária de coleta de resíduos (LOGA)	Total de containers retirados das margens do Córrego Jaguaré Total de Estações de Resíduos operadas pela LOGA % de atendimento de coleta porta-a-porta com equipamentos de coleta de menor porte	Todo Território					Concessionária
Estabelecer Programa de troca de resíduos recicláveis por frutas, legumes e verduras (Moeda Verde) 1x/mês em cada um dos aglomerados subnormais	Prefeitura Municipal de São Paulo	Total (em toneladas) de materiais recicláveis recolhidos por mês Total (em toneladas) de alimentos distribuídos por mês	Aglomerados subnormais					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)
Implantar teste de aplicativo de coletas fracionadas: <i>Do Domicílio ao Ecoponto</i> para resíduos volumosos, RCC e verdes com ampla divulgação para a população do território	FABHAT e Prefeitura Municipal de São Paulo	Total de viagens de coleta fracionada de resíduos realizadas por ano	Todo Território					Recursos Próprios (Prefeitura Municipal de São Paulo)

PROJETO DE APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO JAGUARÉ								
Ação	Executores	Indicador	Local de implantação	Prazo				Fontes de Financiamento
				Imediato (2025-2026)	Curto (2027-2031)	Médio (2032-2036)	Longo (2037-2045)	
Implantar Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social, incluindo o diálogo direto com a população, eventos públicos, mobilização durante as demais atividades e a instalação de placas ao longo do território indicando locais adequados para descarte de resíduos	Prefeitura de São Paulo	Nº de ações de educação ambiental com foco em resíduos sólidos realizada na sub-bacia por ano	Todo território					FEHIDRO
Realizar campanha de fiscalização de geradores privados quanto a geração e destinação de resíduos	Prefeitura Municipal	Nº de grandes geradores fiscalizados por ano	Todo Território					-
Implantar e operar barreira flutuante no exutório do córrego Novo Mundo	CBH-AT via FABHAT	Total (em toneladas) de resíduos capturados na barreira flutuante	Todo Território					FEHIDRO
Justificativa do Projeto	O diagnóstico na sub-bacia do Córrego Novo Mundo mostrou diversas situações irregulares em relação a resíduos sólidos, as quais devem ser mitigadas ou sanadas com as ações propostas.							
Descrições Adicionais das Ações	-							

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação do aporte de resíduos nos recursos hídricos em duas sub-bacias representativas do contexto dos 42 municípios do território alvo deste PGIRS-AT, possibilitou compreender em profundidade os fatores que levam os resíduos chegarem até os cursos hídricos. Cada sub-bacia representativa escolhida possui contextos diferentes entre elas, com rios em condições diferentes, por exemplo, o que permitiu representar condições distintas em que a urbanização interage com os cursos hídricos, trazendo maior fidelidade ao estudo.

As 71 campanhas de coleta de resíduos por meio da operação das barreiras flutuantes conduziram aos resultados obtidos, indicando que as variáveis de precipitação e vazão explicam apenas uma pequena parte da variabilidade na ocorrência de resíduos nas águas, entre 6% e 16%. Tais resultados traduziram todo o contexto do aporte direto de resíduos nos cursos hídricos, assim como apresentado.

As avaliações também mostraram que o "efeito descarga" é importante componente da dinâmica dos resíduos sólidos aportados nos rios, ou seja, quando chove, existe uma grande vazão e "limpeza" dos resíduos que já estão na calha e margens do curso hídrico, em conjunto com outros resíduos na bacia que chegam pela drenagem pluvial.

Assim, observa-se a fundamental necessidade de ampliação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, de modo a evitar que tais resíduos cheguem até os cursos hídricos e que não sejam formados pontos viciados de descarte irregular de resíduos. Nesse sentido, pode-se colocar em evidência que as práticas adotadas de atender uma considerável parcela da população apenas com contêineres estacionários não se mostrou efetiva e exitosa para garantir a limpeza pública. Desse modo, a existência de atendimento de coleta urbana de resíduos sólidos não está

diretamente relacionada com a sua qualidade e suprimento das necessidades daquela população em específico.

O estudo revelou que são diversas as fontes que fazem os resíduos chegarem até os cursos hídricos e a Figura 72 ilustra esse contexto.



Figura 72: Como os resíduos sólidos chegam até os rios.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Observa-se pela Figura 72 que os descartes inadequados permeiam quase a totalidade das fontes de aporte de resíduos nos recursos hídricos. Esse descarte incorreto é perpetuado e acelerado quando da permanência de ambientes degradados com pontos viciados, por exemplo.

Esse contexto é reforçado pela Teoria das Janelas Quebradas, a qual tem em seu bojo a visão fundamental de que a desordem é fator de elevação de índices de criminalidade. Convertendo esse contexto para o PGIRS-AT, a desordem se torna fator de elevação de índices de maiores desordens, como a ampliação de descartes inadequados de resíduos sólidos e as consequências decorrentes disso.

O estudo que deu origem a essa Teoria identificou que, seja em local de baixo ou alto poder aquisitivo, quando se tem um contexto de desordem, a tendência é sempre

criar mais desordem. Esse fator é correlacionado com a própria forma humana de pensar, em que a desordem naturalmente exprime um sentimento de desinteresse, despreocupação, inexistência de normas, condutas e responsabilidades, e que naquele local não há autoridade responsável pela manutenção da ordem. Assim, a medida em que se amplia a degradação, mais se reafirma, reforça e multiplica essa mesma ideia, até chegar em um ponto de descontrole total. Nesse mesmo sentido, quando existem infrações e essas não são devidamente sancionadas, mais se estabelece a mensagem de que não há problema em fazê-las e, assim, faltas maiores começam a ocorrer.

Tem-se, portanto, que a máxima se estabelece: a cidade mais limpa ou, nesse caso, o rio mais limpo, não é aquele em que mais são realizadas ações de limpeza, mas sim, aquele que menos se suja.

Nesse sentido, foram também estabelecidas uma série de ações recomendadas com a finalidade de mitigar ou sanar os problemas enfrentados. Tais ações são de responsabilidade em quase sua totalidade da Prefeitura Municipal de São Paulo, titular do serviço público de manejo de resíduos sólidos, mas também conta com a participação de outros atores, incluindo uma das concessionárias da coleta e destinação final de resíduos sólidos urbanos.

Por fim, pondera-se que a falta de cuidado com o curso hídrico também está atrelada à falta de percepção de responsabilidade da população em geral em relação ao meio que habita ou, ainda, da falta de conexão com o rio. Embora o rio esteja presente no dia a dia de suas vidas, não há reconhecimento da sua importância e relevância. Evidente que se cuida apenas do que se conhece e se estabelece como importante, assim, a integração de ações de participação popular é fundamental para garantir a perenidade da boa qualidade dos cursos hídricos na região dos 42 municípios alvo desse PGIRS-AT.

REFERÊNCIAS

ARMELIN, Liliane Frosini. **Estudo do Comportamento dos Resíduos Sólidos Veiculados pelos Rios Urbanos junto aos Vertedores de Entrada de Reservatórios de Controle de Cheias**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2011.

BRASIL. **Lei Federal nº11.445 de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 jan. 2007.

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.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da MetrÓpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 16 jul. 2020.

CBH-AT. **Relatório de Situação**. Disponível em: <<https://comiteat.sp.gov.br/home/relatorio-de-situacao/>>. Acesso em: 05 jan. 2025.

CEMADEN. **Mapa Interativo da rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. 2024. Disponível em: <<https://mapainterativo.cemaden.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2024.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 3. ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

COSTA, S. B.; FILHO, G. S. A.; GIUDICE, S. L.; JUNIOR, Z. H. **Panorama do Desassoreamento nos rios Tietê e Pinheiros, São Paulo/SP, Brasil**. 2013. Disponível em:

<http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013_PAP012905.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2023.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Terceiro Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT 3**. 2014. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/site/macrodrenagem/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráfico climatológico de Precipitação Acumulada (mm)**, Estação São Paulo Mirante de Santana (83781): série histórica 1991-2020. 2020. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/prec>>. Acesso em: 10 out. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **NOTA TÉCNICA 01/2020: Aglomerados Subnormais 2019: Classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19**. Rio de Janeiro, 2020.

PANCLIMA. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050**. 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/secretaria_executiva_de_mudancas_climaticas/arquivos/planclimasp/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.

SÃO PAULO. **Lei nº 13.478 de 30 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre a organização do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo; cria e estrutura seu órgão regulador; autoriza o Poder Público a delegar a execução dos serviços públicos mediante concessão ou permissão; institui a Taxa de Resíduos Sólidos Domiciliares - TRSD, a Taxa de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde - TRSS e a Taxa de Fiscalização dos Serviços de Limpeza Urbana - FISLURB; cria o Fundo Municipal de Limpeza Urbana - FMLU, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado: São Paulo, SP, 30 dez. 2002.

APÊNDICE I – OFÍCIO DAAE



SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DA BACIA DO ALTO TIETÊ E BAIXADA SANTISTA
Av. Dr. Francisco Mesquita, n.º 600 - V. Prudente - Tel: 2915-5100 - CEP: 03153-000 - São Paulo-SP



OFÍCIO/BAT/0120/2023

São Paulo, 14 de agosto de 2023.

Ref.: Estudo complementar para implantação de barreiras flutuantes em córregos urbanos no município de São Paulo para a Etapa 4 do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – PGIRS-AT.

Prezado Senhor:

Em atenção aos termos do ofício n.º 0208/2023, de 02/08/2023, encaminhada pela empresa EnvEx Engenharia e Consultoria Ltda., contratada pela Fundação Agência de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT, para elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - PGIRS-AT, informamos que autorizamos a implantação de barreiras flutuantes nas sub-bacias dos córregos Novo Mundo e Jaguaré, para realização de estudos de aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos.

A implantação das barreiras flutuantes deverão ser de acordo com as especificações técnicas apresentadas no ofício n.º 0208/2023, nas coordenadas do sistema: SIRGAS 2000 - UTM - zona 23 Sul, nos córregos:

Novo Mundo

Margem direita: 339,55 km; 7397,55 km
Margem esquerda: 339,55 km; 7557,41 km

Jaguaré

Margem direita: 318,04 km; 7389,22 km
Margem esquerda: 318,04 km; 7389,24 km

Ilustríssimo Senhor
HELDER RAFAEL NOCKO
Coordenador Geral do PGIRS-AT
EnvEx Engenharia e Consultoria Ltda.
CURITIBA - PR





SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DA BACIA DO ALTO TIETÊ E BAIXADA SANTISTA
Av. Dr. Francisco Mesquita, n.º 600 - V. Prudente - Tel: 2915-5100 - CEP: 03153-000 - São Paulo-SP



Conforme a Lei Estadual nº 7.663/1991, Decreto Estadual nº 63.262/2018 e Portaria DAEE nº 1.630/2017, fica a requerente obrigada:

- manter a vazão mínima natural a jusante do ponto de captação;
- responder, em nome próprio, pelos danos causados ao meio ambiente e a terceiros em decorrência da manutenção, operação ou funcionamento de obras ou serviços e de inundações, bem como pelos que advenham ao uso inadequado dos recursos hídricos.

Esta autorização não isenta a requerente, do cumprimento da legislação federal e estadual ambiental e a legislação municipal referente ao uso e ocupação do solo.

A não observância ao estabelecido neste ato, poderá caracterizar a requerente como infratora com a conseqüente aplicação das penalidades previstas na Portaria DAEE nº 4.905, de 09/09/2019, que regulamentou os artigos nºs 11 a 13 da Lei Estadual nº 7.663/1991.

Finalizando, informamos que esta autorização é de caráter precário e temporário, com prazo de 15(quinze) meses, a partir da data deste ofício, sendo que os equipamentos e os materiais utilizados deverão ser retirados, de imediato, dos leitos dos respectivos córregos, após a conclusão dos serviços.

Atenciosamente,



SEICA ONO
Diretora