

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

GUILHERME DE OLIVEIRA MOREIRA

**IMPACTO DAS ECOBARREIRAS NA QUALIDADE DE ÁGUA E
REDUÇÃO DA POLUIÇÃO FLUTUANTE EM RIO URBANO
(RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS, ITAÍ, SP)**

SOROCABA
(2021)

GUILHERME DE OLIVEIRA MOREIRA

**IMPACTO DAS ECOBARREIRAS NA QUALIDADE DE ÁGUA E
REDUÇÃO DA POLUIÇÃO FLUTUANTE EM RIO URBANO
(RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS, ITAÍ, SP)**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Sustentabilidade na
Gestão Ambiental para obtenção do título
de Mestre em Sustentabilidade na Gestão
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. André Cordeiro
Alves dos Santos

SOROCABA
(2021)

Oliveira Moreira, Guilherme de

Impacto das ecobarreiras na qualidade de água e redução da poluição flutuante em rio urbano (ribeirão dos Carrapatos, Itai, SP) / Guilherme de Oliveira Moreira -- 2021.
89f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): André Cordeiro Alves dos Santos
Banca Examinadora: André Cordeiro Alves dos Santos, Kelly Cristina Tonello, Carolina Vieira da Silva
Bibliografia

1. Recursos Hídricos. 2. Ecobarreiras . 3. Resíduos Sólidos. I. Oliveira Moreira, Guilherme de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Guilherme de Oliveira Moreira, realizada em 12/03/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Andre Cordeiro Alves dos Santos (UFSCar)

Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello (UFSCar)

Profa. Dra. Carolina Vieira da Silva (EDUVALE)

DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho ao meu pai,
que graças ao seu sacrifício,
pude estudar e me tornar quem me tornei.*

“Que todos os dias eu veja um pouco mais do meu pai em mim.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e sabedoria para realização desse feito.

Agradeço a minha mãe, que juntamente com meu pai, foram formadores do meu caráter e me proporcionaram todas as condições para que eu pudesse sempre estudar.

Agradeço a minha esposa Fernanda e meu filho Luca por sempre estarem ao meu lado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. André Cordeiro Alves dos Santos por toda sua atenção, dedicação e parceria durante todo o desenvolvimento desse projeto. “Que a força esteja com você”.

A minha tia Lucileia Pereira de Almeida, por sempre me acolher em sua casa durante todo o curso.

Agradeço ao meu amigo Thiago Michelin, que deu a maior oportunidade da minha vida e me proporcionou desenvolver esse projeto fantástico.

Agradeço ao meu estagiário da Secretaria de Meio Ambiente, Leonardo Oliveira, por todo apoio e suporte na execução do projeto e a todos os servidores municipais pela dedicação.

Agradeço a Dra. Adriana Cristina Poli Miwa, pela ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço ao meu parceiro, Diego Saldanha, idealizador do projeto Ecobarreiras no Brasil e uma grande inspiração para mim.

A Universidade Federal de São Carlos e todos os professores que contribuíram de alguma forma para a minha formação.

Por fim, agradeço aos amigos, parceiros e familiares que de alguma forma proporcionaram o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

MOREIRA, Guilherme de Oliveira. Impacto das ecobarreiras na qualidade de água e redução da poluição flutuante em rio urbano (Ribeirão dos Carrapatos, Itaipava, SP), 2020. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2020.

Os resíduos sólidos, a falta de saneamento básico e a poluição hídrica contribuem negativamente para a qualidade de vida das cidades e seus habitantes além da deficiência de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável local, pois a grande maioria das cidades, sofrem sem infraestrutura adequada. A universalização dos serviços públicos está distante tendo em vista que em pleno século XXI, 47% da população brasileira não possui saneamento básico e 16% não possui água tratada. As ecobarreiras são estruturas que tem como objetivo capturar todo tipo de resíduo flutuante descartado de maneira inadequada nos cursos d'água. Diante disso, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar o impacto que as ecobarreiras tem na qualidade da água e redução da poluição hídrica. Determinou-se a quantidade de resíduos sólidos flutuantes coletados nos períodos de outubro de 2019 a março de 2020 junto às ecobarreiras instaladas, como a qualidade da água dos trechos avaliados com a presença de macrófitas (*Eichhornia crassipes*) e aplicação do Protocolo de Callisto para mensurar o grau de impacto nos pontos avaliados. Observou-se através do protocolo, que os pontos 1 e 2 apresentaram a mesma pontuação (20 pontos), o que caracteriza os trechos como impactos através principalmente das ações antrópicas. No ponto 3, observou a presença um pouco maior de vegetação as margens do Ribeirão, além disso não foi observada presença de oleosidade na água e nenhum tipo de odor evidente, classificando como trecho “alterado” com 26 pontos. No que se refere aos resíduos coletados, o ano de 2018 foi onde obteve-se a menor média mensal de coleta (294,9 kg) num período de seis meses. O ano de 2019 se destacou, com pouco mais de uma tonelada e em 2020, mesmo considerando os meses de janeiro, fevereiro e março de avaliação, o volume correspondeu a 65,03% do ano de 2019. No que se refere ao monitoramento hidrológico, houveram diferenças estatísticas significativas nos parâmetros de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. As ecobarreiras são estruturas funcionais pois evitam que os resíduos flutuantes cheguem até a represa Jurumirim e comprometam a fauna, a flora e todo habitat natural. Em relação ao uso de *Eichhornia crassipes*, os valores demonstram que aparentemente há uma melhora na qualidade d'água, porém são fundamentais outros estudos com o aumento do período e frequência de amostragem.

Palavras chave – Ecobarreiras; Poluição hídrica; Macrófitas.

ABSTRACT

MOREIRA, Guilherme de Oliveira. Impact of ecobarriers on water quality and reduction of floating pollution in urban rivers (Ribeirão dos Carrapatos, Itaipava, SP), 2020. Dissertation (Master's degree in Sustainability in Environmental Management) - Federal University of São Carlos, Sorocaba campus, Sorocaba, 2020.

Solid waste, lack of basic sanitation and water pollution contribute negatively to the quality of life of cities and their inhabitants, in addition to the deficiency of public policies

aimed at local sustainable development, as the vast majority of cities suffer without adequate infrastructure. The universalization of public services is distant considering that in the 21st century, 47% of the Brazilian population does not have basic sanitation and 16% does not have treated water. Eco-barriers are structures that aim to capture all types of floating waste improperly disposed of in water courses. In view of this, the general objective of the present study was to evaluate the impact that eco-barriers have on water quality and reduction of water pollution. The amount of floating solid waste collected in the periods from October 2019 to March 2020 was determined from the installed eco-barriers, such as the water quality of the stretches evaluated with the presence of macrophytes (*Eichhornia crassipes*) and application of the Callisto Protocol to measure the degree of impact on the points assessed. It was observed through the protocol, that points 1 and 2 had the same score (20 points), which characterizes the stretches as impacts through mainly anthropic actions. In point 3, a slightly greater presence of vegetation was observed on the banks of the Ribeirão, in addition, there was no presence of oil in the water and no evident odor, classifying it as an “altered” section with 26 points. With regard to collected waste, 2018 was the year where the lowest monthly average of collection (294.9 kg) was obtained over a six-month period. The year of 2019 stood out, with just over a ton and in 2020, even considering the months of January, February and March of evaluation, the volume corresponded to 65.03% of the year of 2019. With regard to hydrological monitoring, there were statistically significant differences in the electrical conductivity parameters and total dissolved solids. Eco-barriers are functional structures because they prevent floating residues from reaching the Jurumirim dam and compromise the fauna, flora and all natural habitat. Regarding the use of *Eichhornia crassipes*, the values show that there is apparently an improvement in water quality, however other studies are essential with the increase in the sampling period and frequency.

Keywords: Eco-barriers, water pollution, macrophytes

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CORPOS D'ÁGUA	16
FIGURA 2 - ECOBARREIRA DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS EM ITAÍ – SP.....	22
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UMA WETLAND CONSTRUÍDA DE FLUXO SUBSUPERFICIAL	23
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS TIPOS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	24
FIGURA 5 - AGUAPÉ (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>) EM CURSO D'ÁGUA	26
FIGURA 6 - PROLIFERAÇÃO DE AGUAPÉS (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>) EM CURSO HÍDRICO	27
FIGURA 7 - UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – 14 ALTO PARANAPANEMA	29
FIGURA 8 - UNIDADES DE PLANEJAMENTO HÍDRICO, CONFORME METODOLOGIA DO PIRH-PARANAPANEMA	31
FIGURA 9 . A REPRESA DE JURUMIRIM: SEUS DOIS PRINCIPAIS RIOS (RIOS PARANAPANEMA E TAQUARI) E AFLUENTES.....	32
FIGURA 10 . CURSOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ITAÍ – SP	34
FIGURA 11 - MAPA DAS BACIAS DO MUNICÍPIO DE ITAÍ – SP	36
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DOS MUNICÍPIOS POR GRUPOS IPRS	39
FIGURA 13 - ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO URBANAS DAS ECOBARREIRAS IMPLANTADAS EM ITAÍ - SP	41
FIGURA 14 . RESIDÊNCIAS IRREGULARES AS MARGENS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS	42
FIGURA 15 . BAIRRO JARDIM PLANALTO E SUA ECOBARREIRA.....	43

FIGURA 16- MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS TRÊS ECOBARREIRAS IMPLANTADAS NO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS, ITAÍ – SP.....	44
FIGURA 17- SISTEMAS DE COLETA POR ECOBARREIRAS IMPLANTADOS NO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS EM ITAÍ – SP	45
FIGURA 18- CROQUI DO MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE ECOBARREIRAS.....	46
FIGURA 19 - ECOBARREIRA CONSTRUÍDA E IMPLANTADA NO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS EM ITAÍ –SP ...	47
FIGURA 20 - ECOBARREIRA 1 IMPLANTADA NO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS EM ITAÍ – SP	48
FIGURA 21 - DIRECIONAMENTO DO RESÍDUO FLUTUANTE PARA AS MARGENS E COLETA COM UM PAÇAGUÁ	49
FIGURA 22- CABEÇA DE PORCO COLETADA EM ECOBARREIRA	56
FIGURA 23 - COLETA REALIZADA NO MÊS DE SETEMBRO DE 2020 NA ECOBARREIRA 2	59
FIGURA 24 - IMAGEM CAPTADA POR DRONE DO LOCAL ONDE LOCALIZA-SE A ECOBARREIRA 1.....	67
FIGURA 25 - IMAGEM DO LOCAL ONDE FOI IMPLANTADA A ECOBARREIRA 2 COM A PRESENÇA DE MORADORES LOCAIS	68
FIGURA 26 - LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DA ECOBARREIRA 3	69
FIGURA 27 - GRÁFICO” BOXPLOT” PARA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO TOTAIS (MG/L) DOS PONTOS AVALIADOS, SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J)	70
FIGURA 28 - GRÁFICO” BOXPLOT” PARA ESTIMAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μ S.CM-1) DOS PONTOS AVALIADOS, SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J)	73
FIGURA 29 - GRÁFICO” BOXPLOT” PARA ESTIMAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG. L-1) DOS PONTOS SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J).....	76
FIGURA 30 - GRÁFICO” BOXPLOT” PARA ESTIMAÇÃO DOS SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (MG. L-1) DOS PONTOS AVALIADOS SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J)	78
FIGURA 31 - LAVANDERIA PÚBLICA NA VILA BEIRA RIO EM ITAÍ -SP	79
FIGURA 32 - GRÁFICO” BOXPLOT” PARA ESTIMAÇÃO DOS MATERIAIS EM SUSPENSÃO TOTAL (MG. L-1) DOS PONTOS AVALIADOS, SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J)	80
FIGURA 33 - GRÁFICO "BOXPLOT" PARA ESTIMAÇÃO DOS MATERIAIS EM SUSPENSÃO ORGÂNICOS E INORGÂNICOS (MG.L-1), SEPARADOS ENTRE AS ECOBARREIRAS 1, 2 E 3, A MONTANTE (M) E A JUSANTE (J)	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DIMENSÕES E INDICADORES DO RANKING ARCADIS SUSTAINABLE CITIES, 2016	13
TABELA 2 - PARÂMETROS E ESPECIFICAÇÕES REFERENTE A QUALIDADE D’ÁGUA	18
TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA UGRHI - 14.....	30
TABELA 4 - DADOS GERAIS DE ITAÍ – SP	38
TABELA 5 - CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE NO MUNICÍPIO DE ITAÍ - SP	40
TABELA 6 - ÁREA DE COBERTURA (EM M ²) E QUANTIDADE (EM KG) DE EICHHORNIA CRASSIPES DOS SISTEMAS DE ECOBARREIRAS	45
TABELA 7 - MÉDIA MENSAL DE RESÍDUOS COLETADOS NOS ANOS DE 2018 A 2020 – ECOBARREIRA 1	55
TABELA 8 - MÉDIA MENSAL DE RESÍDUOS COLETADOS NOS ANOS DE 2018, 2019 E 2020 – ECOBARREIRA 2	60
TABELA 9 - MÉDIA MENSAL DE RESÍDUOS COLETADOS NOS ANOS DE 2019 A 2020 – ECOBARREIRA 3	61
TABELA 10 - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE CALLISTO MODIFICADO (2002).....	66
TABELA 11 - VALORES DE TEMPERATURA (°C) D’ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS NAS COLETAS DE OUTUBRO DE 2019 A MARÇO DE 2020.....	71
TABELA 12 - VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μ S.CM-1) DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS NAS COLETAS DE OUTUBRO DE 2019 A MARÇO DE 2020	72

TABELA 13 - VALORES DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS NAS COLETAS DE OUTUBRO DE 2019 A MARÇO DE 2020	74
TABELA 14 - VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG. L ⁻¹) DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS NAS COLETAS DE OUTUBRO DE 2019 A MARÇO DE 2020	75
TABELA 15 - VALORES DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (MG. L ⁻¹) DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DO RIBEIRÃO DOS CARRAPATOS NAS COLETAS DE OUTUBRO DE 2019 A MARÇO DE 2020	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 URBANIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE	12
2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS FLUTUANTES	14
2.3 MONITORAMENTO E QUALIDADE D'ÁGUA	17
2.4 ECOTECNOLOGIAS	21
2.5 MACRÓFITAS AQUÁTICAS	24
2.5.1 AGUAPÉ (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	25
3. OBJETIVO GERAL	27
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 BACIA DO ALTO PARANAPANEMA	29
4.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DOS CARRAPATOS	33
4.3 MUNICÍPIO DE ITAÍ.....	37
4.3.1 Caracterização Geral de Itaí – SP	37
4.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS D'ÁGUA.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 DADOS QUANTITATIVOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS FLUTUANTES	53
5.2 PROTOCOLO DE CALLISTO	66

5.3 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO	70
6. CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

Água em quantidade e qualidade adequada é de vital importância para a sobrevivência de todos os organismos vivos, bem como para o funcionamento de ecossistemas, comunidades e economias. Contudo, a qualidade dos recursos hídricos mundiais está sob ameaça crescente à medida que aumentam as populações humanas e se expandem as atividades industriais e agrícolas. Água de baixa qualidade põe em risco a saúde humana e dos ecossistemas, reduz a disponibilidade de água potável e de recursos hídricos próprios para outras finalidades, limita a produtividade econômica e diminui as oportunidades de desenvolvimento. (Agência Nacional das Águas 2015).

A implantação de alternativas que visem melhorar a condição hídrica nas cidades está expressa no artigo 2º, inciso I da Lei 9.433/1997 que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

As ecobarreiras são estruturas instaladas transversalmente nos leitos dos rios que têm como objetivo coletar todo tipo de resíduo flutuante que é descartado de maneira irregular nos cursos d’água. As estruturas possuem um papel fundamental que visa

reduzir a poluição hídrica, estimular o processo de reciclagem através da destinação dos materiais coletados e reduzir o descarte dos resíduos através da conscientização local.

O descarte inadequado dos resíduos sólidos domiciliares é um problema que traz consequências drásticas a todo meio ambiente local trazendo problemas como potabilidade d'água, aumento nos custos de tratamento, degradação da fauna e flora, além do aparecimento de doenças e vetores. Outro fator que contribui para os problemas na qualidade d'água é a ocupação irregular das margens dos rios que geralmente não são contempladas com saneamento básico, onde todo esgoto é despejado diretamente no leito dos rios, além da deficiência dos serviços públicos urbanos, como a inexistência ou deficiência do sistema de coleta seletiva.

Devido a esses fatores, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de ecobarreiras na qualidade de água de um rio subtropical (Ribeirão dos Carrapatos, Itai, SP).

O projeto ecobarreiras do Ribeirão dos Carrapatos em Itai – SP é pioneiro no Estado de São Paulo e ganhou destaque nacional em diversas mídias eletrônicas e impressas, como Folha de São Paulo, BBC Brasil, Estadão e Rede Globo de Televisão e Associação dos Municípios Paulistas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 URBANIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

As deteriorações do espaço urbano são cada vez mais evidentes e frequentes de catástrofes ambientais - enchentes e desmoronamentos, na poluição do ar, rios e solo, nos lixões, nas mudanças climáticas, na carência de áreas de lazer, no intrafegável trânsito, no aumento de doenças, nas ocupações predatórias em áreas de riscos e submoradias, nas exclusões, enfim, na segregação dos espaços, das riquezas e dos direitos (CENCI, 2017)

Kunen, Tabalipa e Sabbi (2019) afirmam que o meio ambiente pode exercer influências positivas e negativas no processo de urbanização, porém é conhecido o fato que os processos de urbanização na grande maioria das vezes, alteram as características ambientais locais, como por exemplo, superfícies impermeáveis, estruturas de construções, cursos d'água alterados, cobertura vegetal reduzida, entre outros fatores.

As edificações e construções feitas em áreas de interesse relevante do quesito ambiental, como as APP's, contribuem para o aumento da vulnerabilidade da

disponibilidade hídrica devido à maior suscetibilidade de assoreamento dos cursos d'água, riscos de contaminação da água e erosão do solo. (MESQUITA; SILVESTRE;STEINLKE, 2017)

É fundamental que haja um equilíbrio entre o processo de urbanização e a sustentabilidade, buscando algumas abordagens e apontar aspectos que precisam ser discutidos quando nos referimos a urbanização, mobilidade urbana, meio ambiente e seus efeitos sobre a vida das pessoas.

“O crescimento da população urbana e a evolução das cidades para atender as demandas do crescimento tem provocado novas ocupações com consequências desastrosas para o meio ambiente. Nesse sentido é comentado as questões dos impactos causados pelas cidades sobre o meio natural e a busca para a minimizar os impactos bem como para adequar os espaços urbanos para a qualidade de vida e segurança da população e, ainda, para a sustentabilidade urbana” (MARQUES, 2018)

“A sustentabilidade não envolve mais, apenas, o meio-ambiente, envolve também os desafios do dia-a-dia dos cidadãos, ou seja, que o aumento dos estresses com a escassez de água, as mudanças climáticas, os preços da habitação e os fatores de emprego estão afetando a qualidade de vida” (TEIXEIRA, 2017).

Batten (2016) desenvolveu indicadores urbanos que avaliam as dimensões da sustentabilidade, levando-se em consideração as pessoas, o planeta e o lucro (social, ambiental e econômico), conforme consta na tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões e indicadores do ranking Arcadis Sustainable Cities, 2016

Dimensões	Indicadores
Pessoas	Educação; Saúde; Demografia; Desigualdade de renda; Poder de compra; Balanço trabalho-vida; Criminalidade
Planeta	Riscos ambientais; Espaços verdes; Energia; Poluição do ar; Emissão de gases do efeito estufa; Administração de resíduos; Água potável e saneamento;

Lucro	Infraestrutura de transporte; Desenvolvimento econômico; Facilidade de realizar negócios; Turismo; Conectividade; Empregabilidade;
-------	---

Fonte: Adaptado de Batten (2016)

Marques (2019) destaca que cabe mais a administração pública municipal, desenvolver políticas para o desenvolvimento e crescimento das cidades, direcionadas à sustentabilidade visando atender às determinações da Constituição e da sua legislação regulamentar urbanística e, ainda, para harmonizar a cidade com o meio ambiente e promover a qualidade de vida da população.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS FLUTUANTES

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2019), o lixo flutuante é definido como qualquer tipo de resíduo sólido descartado de maneira irregular pela ação antrópica, que tem como destinação os cursos d'água. Aproximadamente 80% dos resíduos são em decorrência dessa gestão inadequada e compartilhada entre sociedade e poder público e os outros 20% da atividade marítima.

Com o aumento exponencial da população atrelado ao crescente padrão de consumo, uma alta demanda de plástico e materiais descartáveis é exigido para e pela à sociedade. O plástico é um material versátil, resistente, leve e traz inovações para o desenvolvimento da população. Na área da saúde, por exemplo, o uso dos descartáveis evita a contaminação de quem manuseia o material, enquanto no setor alimentício é usado para aumentar a vida útil dos alimentos. Em 1950, a produção de plásticos girava em torno de 2 milhões de toneladas, em 2016 a produção alcançou 396 milhões de toneladas. É esperado que em 2030 esse número chegue a 550 milhões de toneladas (VASCONCELOS, 2019).

Com a grande produção, há a necessidade de lidar com a grande quantidade de resíduos gerados. A poluição por plástico no ambiente marinho e fluvial é um quadro

particularmente alarmante. A problemática com o plástico tornou-se visível em 1997, quando o oceanógrafo americano Charles Moore se deparou com uma enorme área de flutuação lixo, apelidada de “Great Pacific Garbage Patch”, enquanto o mesmo navegava pelo Oceano Pacífico do Havaí à Califórnia. Logo após este fato descobriu que outros oceanos também continham similar concentrações de lixo, sendo a maioria de plástico. (SILVA, 2020)

Com o crescimento populacional e uma sociedade mais industrializada, aumentou a demanda por polímeros sintéticos devido a sua resistência e possibilidade de infinitas formas e funções que facilitam o dia a dia das pessoas. Contudo, grande parte desse material é descartada incorretamente. Nesse contexto, determinados tipos de plástico, quando expostos por longos períodos ao sol ou outros fatores, se degradam em partículas cada vez menores que se transformam em microplásticos que possuem dimensões entre 1 e 5 mm de diâmetro. (LOPES *et al.*, 2020).

Zanin e Mancini (2015) destacam a diminuição de 30 para 1,5% do índice de perda de alimentos quando utilizado esse material para embalagens; utilização de produtos que contribuem para o aumento da higiene como luvas e seringas descartáveis; confecção e produtos com propriedades similares à madeira que possibilitou a diminuição da derrubada de florestas.

Na figura 1, observa-se um curso d’água com grande quantidade de resíduos sólidos flutuantes e é possível perceber a grande proporção de plásticos..

Figura 1 - Descarte irregular de resíduos sólidos em corpos d'água



Fonte: Rosa (2019)

Segundo a Onu (2018), o Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. O país recicla apenas 1,28% do total produzido, um dos menores índices da pesquisa e bem abaixo da média global de reciclagem plástica que é de 9%.

Conforme projeções da ONU, permanecendo essa trajetória de grande quantidade de resíduos plásticos transportados pelo mar, em 2050 os oceanos terão mais plásticos que peixes. O meio ambiente e os animais são os prejudicados imediatos por toda essa invasão de plástico que ocorre pelo mundo, mas as consequências oriundas dessa conjuntura também impactam a sociedade em diferentes aspectos, inclusive financeiramente. Então, para minimizar os efeitos dos diferentes tipos de poluição devem ser adotadas práticas preventivas que contribuam para a redução do volume de resíduos, bem como práticas de controle que permitam tratar os resíduos que já foram gerados, através de reciclagem, separação, armazenamento e transporte de resíduos, geração de energia, tratamento e disposição final de resíduos (PALANIAPPAN, et al., 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), depois de usado e descartado, por ser muito leve e fácil de quebrar, o isopor se divide em pedaços, alcançando córregos e rios, seguindo até chegar no oceano onde os peixes podem se alimentar do material sujo

e contaminado, trazendo impactos severos a fauna aquática. Quando queimado traz consequências ainda piores, pois a fumaça é altamente tóxica.

De acordo com a ONU (2018), o isopor ocupa uma pequena parcela de todo o lixo produzido. Há uma estimativa de que nos Estados Unidos 25 bilhões de copos de café de isopor são consumidos por ano, enquanto, por exemplo, as sacolas plásticas descartadas anualmente chegam a 100 bilhões.

Segundo a Abrelpe (2019), das 72,7 milhões de toneladas coletadas de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2018, 59,5% tiveram disposição final adequada e foram encaminhadas para aterros sanitários – uma expansão de 2,4% em relação ao valor total do ano anterior.

Assim, muitos desses materiais descartados incorretamente no meio ambiente tem seu destino final nos rios, lagos e oceanos e, conseqüentemente, são confundidos por comida e consumidos pelos animais aquáticos. Devido também a essas propriedades, o plástico se transforma em micro e nano partículas, ou seja, se fragmenta em pedaços cada vez menores de si mesmo. A utilização indiscriminada do plástico evoluiu de tal maneira que o atual momento é classificado como a “Era do Plástico” (LOPES, 2020)

2.3 MONITORAMENTO E QUALIDADE D'ÁGUA

A definição de qualidade d'água pode ser expresso através da legislação brasileira, que faz referência ao uso ao qual ela se destina e avalia os padrões de qualidade na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005. Os parâmetros possuem limites aceitáveis para os mais diferentes tipos de uso, divididos por classes.

A redução da disponibilidade quali-quantitativa da água no mundo está diretamente relacionada às formas de uso e ocupação do solo, aos processos produtivos da agricultura e da pecuária, ao processo de urbanização e à geração de efluentes domésticos e industriais. (SANTOS,2020)

A qualidade da água em rios apresenta variações espaço-temporais significativas e dinâmicas dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Desse modo, essas variações apresentam tal comportamento porque são dependentes de fatores ecológicos, especialmente da tipologia vegetal, tipo de solo e características climáticas. (CUNHA, 2013).

Segundo Noronha (2016), o processo de enquadramento de cursos d'água nas classes de qualidade da água definidas pela resolução 357 do CONAMA exige a análise de diversos parâmetros e pode ser otimizado se tivermos conhecimento das condições em que o mesmo se encontra, podendo desta forma arquitetar as ações necessárias para classifica-los conforme os usos pretendidos, reconhecendo também as limitações que possam surgir no processo de enquadramento.

Na tabela 2, expressa-se alguns valores passíveis de mensuração da qualidade d'água.

Tabela 2 - Parâmetros e especificações referente a qualidade d'água

Parâmetro	Especificação
Temperatura	A temperatura é um fator que influencia praticamente em todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. A unidade usual de temperatura para fins de monitoramento hidrológico é o grau Celsius – oC. Os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, DBO e oxigênio dissolvido são influenciados pela temperatura, sendo necessária a medição simultânea destes parâmetros com a temperatura da água
Oxigênio Dissolvido	O oxigênio dissolvido é essencial para um ecossistema aquático saudável. Peixes e animais aquáticos precisam do oxigênio dissolvido na água para sobreviver. À medida que a temperatura da água aumenta, a quantidade de oxigênio que se dissolve na água e diminui. A água gelada pode conter o dobro de oxigênio dissolvido que a água morna. A necessidade de oxigênio depende das espécies e seus estágios de vida; alguns organismos são adaptados para a redução das condições de oxigênio, enquanto outros requerem concentrações mais altas. Alterações drásticas nos níveis usuais de oxigênio dissolvido podem causar grandes prejuízos nos ecossistemas ambientais. Isso pode ser causado por vários fatores como vazão de fluxo e mudanças de temperatura.

<p>Condutividade Elétrica</p>	<p>A condutividade elétrica da água representa um parâmetro físico utilizado para obtenção das características de determinado meio líquido, em termos de águas subterrâneas, trata-se de um processo relativamente fácil e rápido para se caracterizar o meio. De um modo geral, reflete a capacidade da água conduzir corrente elétrica. Esta propriedade pode ser um parâmetro relativo para compará-la a quantidade de sais presentes</p>
<p>Sólidos Totais Dissolvidos</p>	<p>A concentração de sólidos totais dissolvidos (TDS) é medida pela quantidade de materiais dissolvidos na água. O parâmetro de TDS inclui solutos como sódio, cálcio, magnésio, bicarbonato e cloreto que permanecem como um resíduo sólido após a evaporação da água da amostra. Intemperismo natural, mineração, resíduos industriais, esgoto e agricultura são algumas das principais fontes de TDS. Altos níveis de sólidos dissolvidos totais tornam a água menos adequada para beber e irrigar.</p>
<p>pH</p>	<p>As medições de pH indicam a concentração de íons de hidrogênio na água em uma escala de 0 a 14. O valor 7 é neutro e qualquer número acima disso significa a alcalinidade da água, enquanto qualquer valor abaixo de 7 significa a presença de acidez na água. O pH da maioria das águas naturais está entre 6 e 8,5. Níveis abaixo de 4,5 e acima de 9,5 são geralmente letais para alguns organismos aquáticos. O pH afeta a solubilidade de compostos orgânicos, metais e sais. Em águas altamente ácidas, certos minerais podem se dissolver e liberar metais e outras substâncias químicas na água. À medida que o pH ou a temperatura aumentam, a toxicidade da água também aumenta para os organismos aquáticos.</p>
<p>ORP</p>	<p>ORP mede a habilidade da água "de limpar-se ou quebrar produtos como contaminantes e plantas e animais mortos. Quando o valor do ORP é alto, existe muito oxigênio presente na água. Isso significa que bactérias que decompõem tecidos</p>

	mortos e contaminantes pode trabalhar com mais eficiência. Em geral, quanto maior o valor do ORP, mais saudável é a água.
Turbidez	A Turbidez é a propriedade da água diretamente relacionada à sua qualidade como água doce ou potável, esse parâmetro representa a condição adequada da água para consumo através de sua propriedade óptica de absorção e reflexão da luz oferecida. A turbidez é causada por partículas sólidas suspensas que se misturam e formam uma camada capaz de interferir na propagação da luz na água.

Fonte: Adaptado de Guimarães *et al.* (2017)

Os rios e riachos tem sido alvo para destino de esgotos, resíduos industriais, lixo, animais mortos e inúmeros objetos que possam ser descartadas pelo ser humano, proporcionando instabilidade ambiental, com diminuição na qualidade da água. (QUEIROZ, 2018)

Segundo Freitas & Franz (2011), a rápida expansão urbana no Brasil, a partir de meados do século XX coincidiu com um período de recessão progressiva das finanças públicas, de modo que muitas necessidades sociais têm sido ignoradas, como a necessidade da coleta de resíduos sólidos e disposição de esgoto adequada. Ao mesmo tempo, tem havido um investimento considerável na canalização de cursos de água como forma de suprir a necessidade de drenagem urbana. Em muitos lugares, toda ou parte da rede de esgoto está conectada à ao sistema de drenagem (galerias pluviais), sendo considerado crime ambiental conforme Lei Federal 9605/1998, com o resultado negativo que todo o esgoto e águas pluviais são misturados e depositados nos cursos de água e, em última instância (em áreas costeiras) no mar. O mesmo estudo mostra que resultado dessa combinação é que os sistemas de drenagem também são usados para a destinação de resíduos sólidos domiciliares principalmente onde a coleta seletiva é inadequada.

Entre os nutrientes, o fósforo (P) é o principal nutriente causador do processo de eutrofização das águas, que pode ocorrer de maneira natural, pelo intemperismo das rochas, porém a principal causa de eutrofização é a ação antrópica em corpos hídricos, principalmente pela erosão de solos e o despejo de efluentes (Santana et al., 2016).

Trata-se de um nutriente que aportam em cursos naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. (HILGEMMAN, 2017).

Ainda segundo, Von Spertling (2005), outro nutriente importante para mensuração da condição dos cursos naturais, é o nitrogênio que é constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. As fontes de contaminação desse composto em corpos d'água são de origem natural ou antropogênica, sendo a última a mais importante, pois é constituída por despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

O principal problema relacionado com altas concentrações de nitrogênio e fósforo é a eutrofização. Por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas e, estando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando interferências aos usos desejáveis do corpo d'água, gerando problemas como gosto e odor, redução de oxigênio e transparência, declínio da pesca, mortandade de peixes, obstrução de cursos d'água e efeitos tóxicos sobre animais e seres humanos.

2.4 ECOTECNOLOGIAS

Segundo Benassi et. al (2018), a ecotecnologia pode ser entendida como uma ciência aplicada que integra os campos da Tecnologia e da Ecologia com o intuito de minimizar, por meio do conhecimento dos ecossistemas e da sociedade, os impactos ambientais negativos considerando todas as técnicas, processos, produtos, serviços ou equipamentos que tem como objetivo minimizar danos aos ecossistemas aliado ao desenvolvimento sustentável.

Coelho (2008) afirma que a degradação dos corpos hídricos dificulta e encarece cada vez mais a operação dos sistemas de abastecimento de água existentes. Os resíduos sólidos, os esgotos domésticos e os esgotos industriais lançados nos corpos de água promovem a eutrofização e o surgimento mais frequente de materiais flutuantes, favorecendo a degradação do ambiente aquático.

As ecobarreiras são estruturas flutuantes que tem como objetivo principal a coleta dos resíduos sólidos que são depositados de maneira irregular, evitando que o lixo

siga continuamente o fluxo do rio. Na figura 2, observa-se a ecobarreira já instalada em um corpo d'água.

Figura 2 - Ecobarreira do Ribeirão dos Carrapatos em Itaipava – SP



Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

Os resíduos de plásticos se acumulam no oceano a taxas alarmantes e é urgente a necessidade de remediação eficiente e busca por soluções sustentáveis. Uma solução é o desenvolvimento e mobilização de tecnologias que 1) previnam a entrada de plásticos nos cursos de água ou 2) colem a poluição marinha e fluvial de plásticos (Schmaltz et al, 2020).

Coelho (2008) menciona que as ecobarreiras podem ser feitas com garrafas plásticas PET, tonéis, tambores e madeiras, todos unidos por corda ou cabo de aço ancorado em cada margem do corpo de água. A ecobarreira pode ser feita também em caixões flutuantes de aço com plataformas de madeira ou aço, e podem ser associadas a sistemas com plantas aquáticas através de jardins flutuantes, que são ilhas artificiais que ajudam no processo de filtragem da água.

Maciel (2016), afirma que o custo da despoluição desses sistemas com plantas aquáticas é menor do que a metade do que gastam estações de tratamento de águas residuais convencionais e isso é possível graças à integração e ativação do ambiente fluvial circundante.

Benassi, et al. (2018), destaca que as wetlands são consideradas uma ecotecnologia, sendo utilizada em muitos países no tratamento de esgotos sanitários e também são conhecidas como como alagados construídos, que são sistemas artificiais

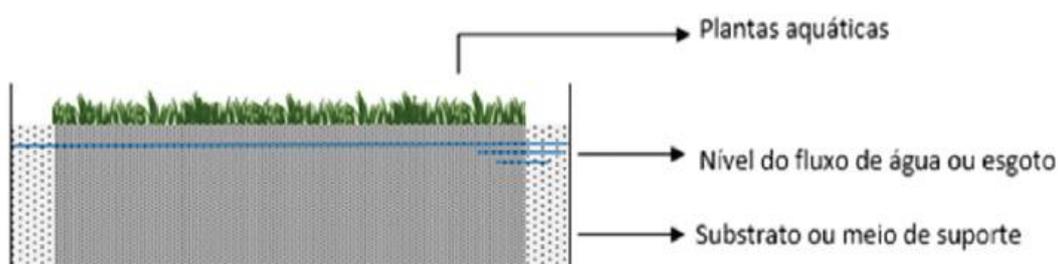
desenvolvidos para tratar águas residuais, principalmente as de esgotos sanitários. Esses sistemas são projetados para utilizar plantas aquáticas e micro-organismos para controlar a poluição da água, melhorando sua qualidade. As *wetlands* construídas foram pensadas para tirar proveito da capacidade de assimilação e conversão de matéria orgânica (carbono) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), como ocorre nos alagados naturais”.

Segundo Calijuri et. al (2008), a literatura científica reúne uma série de estudos de monitoramento e tentativas de modelagem para funcionamento desses sistemas e o emprego das *wetlands* construídas, para o tratamento de esgotos sanitários, tem crescido substancialmente em várias partes do mundo, particularmente em instalações de pequeno porte, sendo fundamental o aprimoramento da temática visto que ainda existem lacunas de informações importantes, principalmente em países de clima tropical, pois a maioria das informações disponíveis refere-se a instalações de em escala piloto e/ou estudos em períodos de operação/monitoramento relativamente curtos.

As *wetlands* construídas para tratamentos de esgotos sanitários apresentam vantagens como baixo custo de implantação, operação e manutenção comparado a sistemas convencionais, baixa demanda de energia, potencial de reuso d’água, reciclagem de nutrientes, entre outros (Benassi, et al, 2018).

Na figura 3 observa-se um exemplo de *wetlands* construída de fluxo subsuperficial.

Figura 3 - Representação gráfica de uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial



Fonte: Benassi et al. (2018) *apud* Sanchez (2017)

O fluxo de água ocorre horizontal ou verticalmente sob a superfície do leito plantado, por entre os poros do material filtrante (substrato). Desta forma, o fluido permanece em contato apenas com as raízes das plantas e nesses sistemas são utilizadas as macrófitas aquáticas enraizadas ao material suporte, ou seja, macrófitas emergentes (Benassi et al, 2018).

De acordo com Freitas (2011) em muitos países em desenvolvimento, o crescimento populacional acelerado, a expansão urbana em áreas de várzea, o aumento de consumo (principalmente de bens descartáveis), a coleta inadequada de resíduos sólidos, a falta de água e políticas de gestão ambiental levam ao despejo de resíduos sólidos em canais e rios e em suas margens, o que correspondem ao 'lixo flutuante'.

2.5 MACRÓFITAS AQUÁTICAS

As macrófitas aquáticas são originalmente vegetais que durante sua história evolutiva, sofreram modificações, que permitiram ocupar os ambientes aquáticos, sendo capazes de colonizar lagos, lagoas, rios, represas, cachoeiras, zonas úmidas. (SANTOS 2017).

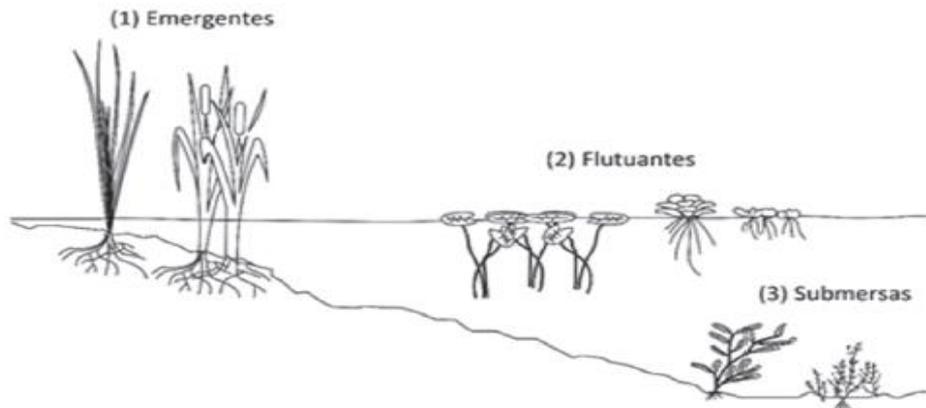
Segundo Castro (2015), a terminologia utilizada para descrever plantas aquáticas é muito variada. Na literatura especializada podem ser encontrados termos como hidrófitas, helófitas, euhidrófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitas, entre outros. O termo macrófitas aquáticas, ou simplesmente macrófitas, podem ser consideradas de uso mais corrente (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

No Brasil, a classificação descrita em Thomaz é muito empregada, assim como a classificação de Irgang et al. (1984) onde:

- 1- Anfíbias: plantas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água;
- 2- Emergentes: plantas enraizadas no fundo, parcialmente submersas e parcialmente fora da água;
- 3- Flutuantes fixas: enraizadas no fundo com caule e/ou folhas flutuantes;
- 4- Submersas livres: não enraizadas no fundo, com caules e folhas submersas;
- 5- Submersas fixas: enraizadas no fundo, totalmente submersas;
- 6- Flutuantes livres: enraizadas no fundo, podendo ser levadas por correntezas, vento ou animais e;
- 7- Epífitas: instalam-se sobre outras plantas aquáticas;

Além disso, segundo Esteves (1998) as macrófitas podem ser classificadas em três principais grupos, sendo eles (1) emergentes, (2) livres flutuantes e (3) submersas, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica dos tipos de macrófitas aquáticas



Fonte: Benassi et al. (2018) apud Sanchez (2017)

- (1) Macrófitas aquáticas emergentes: enraizadas e folhas fora da água (Caniço-de-água, Taboa, Junco e Papiro-Brasileiro);
 (2) Macrófitas aquáticas flutuantes: flutuantes sobre a superfície do corpo hídrico (Aguapé, Alface-d'água e Samambaia-aquática);
 (3) Macrófitas aquáticas submersas:
 a. Enraizadas: enraizadas e folhas submersas (Elódea, Cabomba);
 b. Livres: flutuantes ou presas a outras espécies de plantas aquáticas ou caules (Utriculária). (Esteves, 1998)

Segundo Pompêo (2008), além das macrófitas acumularem biomassa, acelerar a ciclagem de nutrientes d'água, influenciar nas propriedades d'água e sustentar a cadeia de detritos e herbivoria, elas são importantes componentes estruturais e do metabolismo dos ecossistemas aquáticos tropicais sulamericanos, favorecendo o crescimento o ano todo em decorrência das condições térmicas e luminosas favoráveis para sua proliferação, sendo fundamental um controle pois em excesso podem acarretar problemas ambientais.

2.5.1 AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*)

O aguapé (*Eichhornia crassipes*) é uma macrófita aquática emersa flutuante originária da região amazônica. Estas plantas aquáticas apresentam taxonomia bastante diversificada, as classificações taxonômicas são definidas de acordo com a sua forma de vida ou tipo biológico/ecológico que está relacionada à sua forma de crescimento e fixação e a espécie é caracterizada por possuir um caule curto e inflado, com um tufo de raízes finas de até 60 cm de comprimento. As principais formas de vida são: macrófitas emersas, com folhas flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres e flutuantes livres, encontrada em diversos ambientes como lagos e reservatórios de usinas hidrelétricas. (TEIXEIRA, 2019).

Segundo Ganguly, Chatterjee & Dey (2012), esta macrófita aquática é uma monocotiledônea de água doce pertencente à família das *Ponteriaceae* e é um vegetal nativo do Brasil e da região equatorial, podendo ser utilizada como flor ornamental de cor lilás. Na figura 5, observa-se o aguapé (*Eichhornia crassipes*).

Figura 5 - Aguapé (*Eichhornia crassipes*) em curso d'água



Fonte: Meneguelli (2018)

De acordo com Teixeira (2019) altas colonizações de aguapé trazem impactos negativos na economia pesqueira, pois reduzem a concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água, favorecem a proliferação de insetos, larvas e moluscos transmissores de doenças como encefalite, malária e esquistossomose; influenciam a redução do fluxo de água em canais, represas e rios; dificultam a navegação e a pesca; e são responsáveis por elevadas perdas de água por evapotranspiração.

Na figura 6, observa-se a proliferação de ecossistemas lacustres onde tem causados grandes impactos ambientais.

Figura 6 - Proliferação de aguapés (*Eichhornia crassipes*) em curso hídrico



Fonte: Thomas (2020)

Segundo Cordeiro (2018), os ambientes invadidos pelo aguapé exigem o emprego de medidas e técnicas de controle, destacando-se a remoção manual e a introdução de espécies de insetos, peixes e outros animais para o controle biológico.

Por outro lado, Medeiros (2009) menciona que o aguapé tem a capacidade de incorporar altas quantidades de nutrientes em seus tecidos o que torna interessante sua utilização como agente despoluidor de águas. A produção de grandes quantidades de biomassa de aguapé, durante o processo de despoluição de água, e alta produtividade desta planta em espelhos d'água, e em reservatórios de usinas hidrelétricas, confere-lhe um custo de produção nulo que, aliado à boa composição química torna interessante o seu aproveitamento como matéria-prima para a produção de concentrados proteicos de folhas.

De acordo com Vasconcelos (2017), uma área de 1 hectare de aguapé destinado a tratamento de esgotos, pode tratar aproximadamente o esgoto bruto de uma população de 2.500 habitantes, sendo fundamental o controle da espécie para evitar problemas de superpopulações de espécie exóticas.

3. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem com objetivo geral avaliar a influência de ecobarreiras associadas as macrófitas aquáticas na qualidade de água de um rio subtropical (Ribeirão dos Carrapatos, Itaí, SP).

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

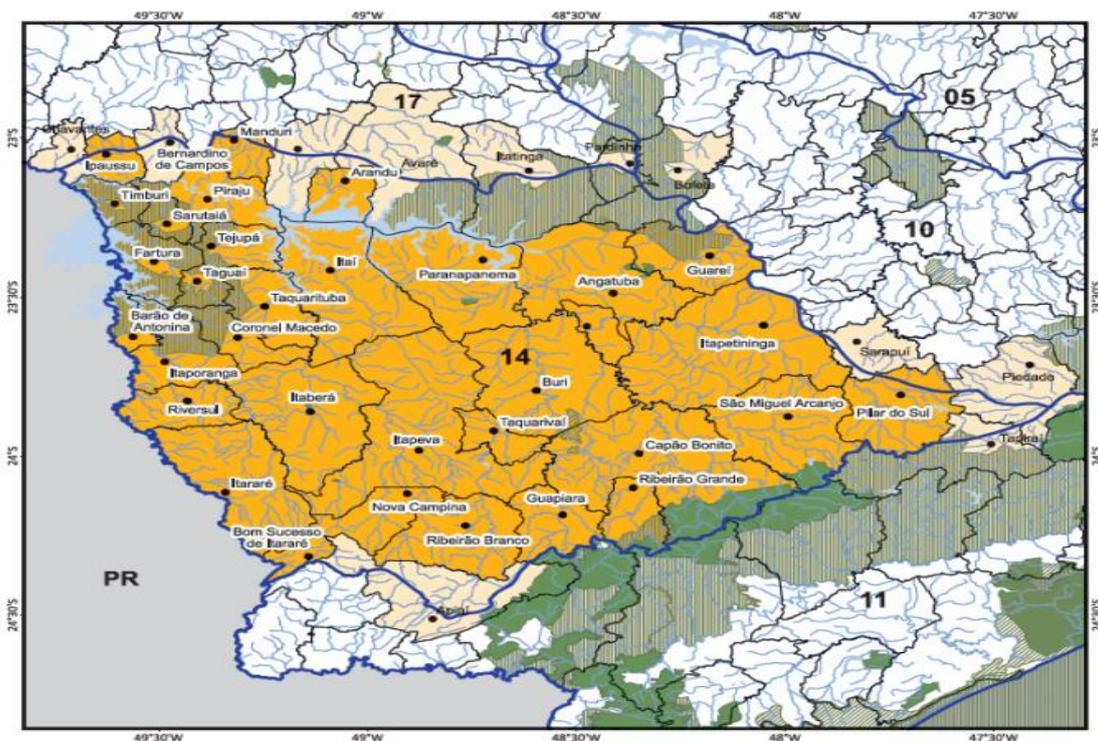
- Aplicar um protocolo de avaliação rápida da qualidade do ambiente para analisar o estado de conservação ambiental dos trechos analisados;
- Avaliar a qualidade d'água a montante e a jusante de sistema de ecobarreiras em diferentes trechos do Ribeirão Carrapatos.
- Comparar os dados coletados em escala espacial (pontos de amostragem) e temporal (período de coleta)
- Identificar e quantificar os resíduos sólidos flutuantes que pararam nas ecobarreiras.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 BACIA DO ALTO PARANAPANEMA

Conforme a divisão hidrográfica do Estado de São Paulo estabelecida pela Lei 9.034 de 27 de dezembro de 1994, a UGRHI-14 corresponde à Bacia Hidrográfica Alto Paranapanema e está localizada no sudoeste do Estado de São Paulo, sendo uma das seis Unidades de Gestão dos Recursos Hídricos pertencentes à Bacia do Paranapanema, cujo domínio é da União. A UGRHI-14 abrange 34 municípios paulistas com sede na bacia, incluindo as áreas de alguns outros municípios como Sarapuí, Avaré, Cerqueira César, Itatinga, Pardinho, Bofete, Piedade, Tapiraí, Apiaí e Chavantes. Na figura 7 indica a representação do espaço territorial e a localização da UGRHI-14 no Estado de São Paulo, conforme a divisão estadual. (CBH-ALPA, 2018).

Figura 7 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – 14 Alto Paranapanema



Fonte: SMA/CPLA/CBH – ALPA (2017)

A BH-AP, com área de 22.795 km², é formada pela bacia de drenagem da represa de Jurumirim, e cobre 78% do total da 14^a UGRHI. Inclui também parte da bacia

hidrográfica da represa de Chavantes, outra que lhe segue na “cascata”, ao longo do rio Paranapanema, importante afluente do rio Paraná, onde deságua. (PAES,2016). Na tabela 5 observa-se uma caracterização geral da UGRHI-14.

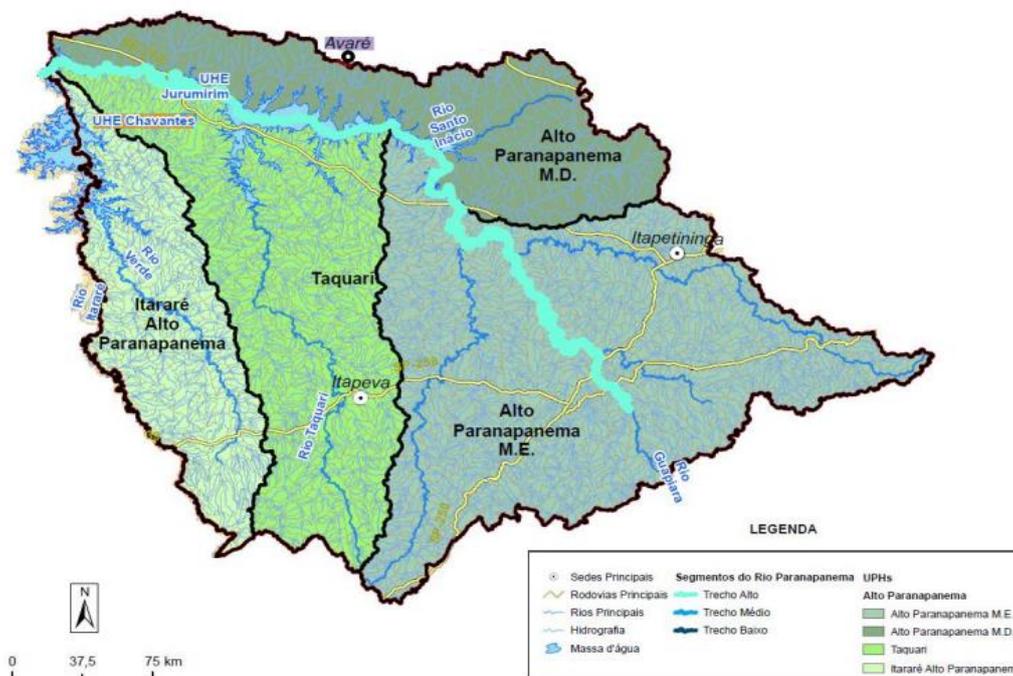
Tabela 3 - Caracterização Geral da UGRHI - 14

Características Gerais					
14 - ALPA	População <small>SEADE, 2018</small>	Total (2018)		Urbana (2018)	Rural (2018)
		752.540 hab.		83,1%	16,9%
	Área	Área territorial <small>SEADE, 2018</small>		Área de drenagem <small>São Paulo, 2006</small>	
		20.738,2 km ²		22.689 km ²	
	Principais rios e reservatórios <small>CBH-ALPA, 2016</small>	Rios: Paranapanema, Santo Inácio, Jacu, Guareí, Itapetininga, Turvo, Itararé, Taquari, Apiaí-Guaçu, Paranapitanga e das Almas. Reservatórios: Usina Armando A. Laydner (Jurumirim), Usina Chavantes, Usina Paranapanema e Usinas Pilar.			
	Aquíferos livres <small>CETESB, 2016</small>	Pré-Cambriano, Serra Geral, Furnas, Tubarão e Guarani.			
	Principais mananciais superficiais <small>CBH-ALPA, 2016</small>	Rios Apiaí-Guaçu, do Pilão D' Água, Taquari-Mirim, das Almas, Itararé, São José do Guapiara, Itapetininga; Ribeirões da Monjolada, da Água Branca de Guareí, Vermelho.			
	Disponibilidade hídrica superficial <small>São Paulo, 2006</small>	Vazão média (Q _{médio})	Vazão mínima (Q _{7,10})	Vazão Q _{95%}	
		255 m ³ /s	84 m ³ /s	114 m ³ /s	
	Disponibilidade hídrica subterrânea <small>São Paulo, 2006</small>	Reserva Explotável			
30 m ³ /s					
Principais atividades econômicas <small>CBH-ALPA, 2014</small>	A pecuária é a principal atividade no setor primário, e na agricultura destacam-se as culturas de milho, feijão, batata e cana-de-açúcar. Itapetininga é o polo econômico mais expressivo, onde se concentra a maior parcela das atividades industriais.				
Vegetação remanescente <small>São Paulo, 2009</small>	Apresenta 4.677 km ² de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 20% da área da UGRHI. As categorias de maior ocorrência são Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista.				
Áreas Protegidas <small>MMA, 2018; FF, 2018</small>	Unidades de Conservação de Proteção Integral				
	Esec de Angatuba; Esec de Itaberá; Esec de Itapeva; Esec de Paranapanema; Esec de Xituê; PNM do Dourado; PE Carlos Botelho; PE Intervalles; PE Nascentes do Paranapanema				
	Unidades de Conservação de Uso Sustentável				
	APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá - Perímetros Botucatu e Tejupá; APA Serra do Mar; FE de Angatuba; FE de Manduri; FE de Paranapanema; FE de Piraju; Flona de Capão Bonito; RPPN Entre Rios; RPPN Fazenda Horii; RPPN Parque Rio das Pedras; RPPN Parque Taquaral da Mata Atlântica; RPPN Trápaga; RPPN Vale do Corisco				

Fonte: CRHi/Sima, 2019

A UGRHI-14 é a maior do Estado de São Paulo, com 22.736,75 km² de área drenagem, representando 21,3% do território da Bacia do Rio Paranapanema. As unidades de planejamento hídrico dentro da UGRHI-14 Alto Paranapanema, conforme classificação do Plano Integrado de Recursos Hídricos – Paranapanema, são Taquari, Alto Paranapanema Margem Direita, Alto Paranapanema Margem Esquerda e Itararé Alto Paranapanema, conforme figura 8.

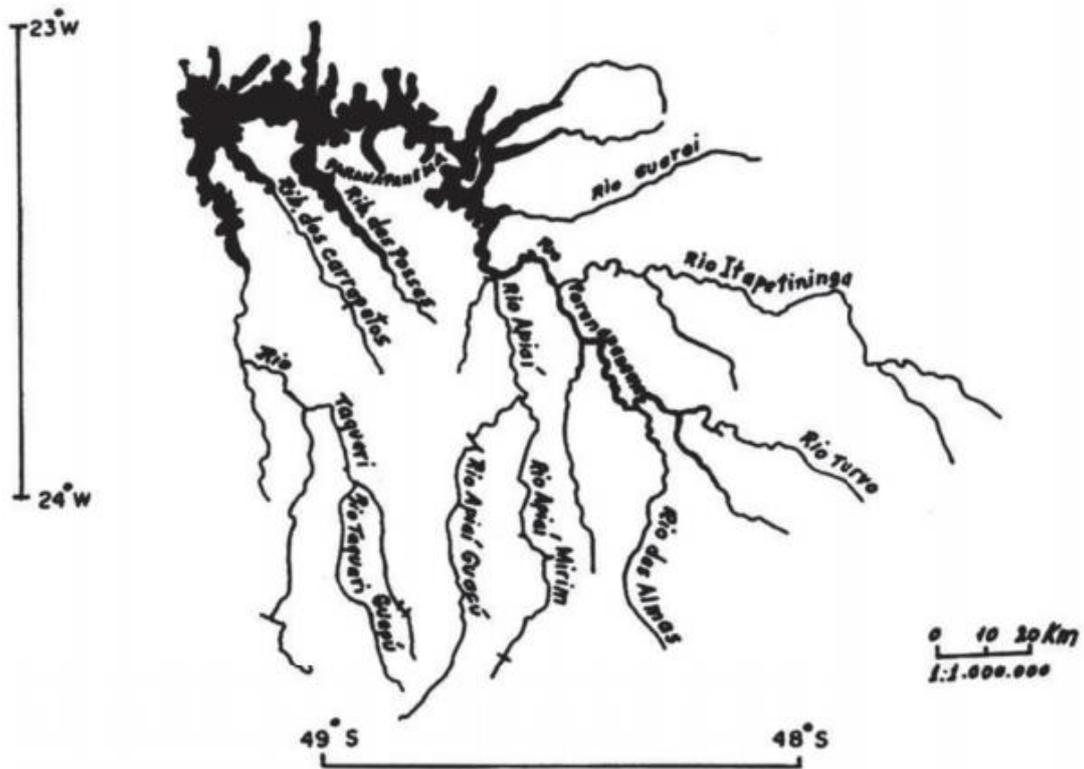
Figura 8 - Unidades de planejamento hídrico, conforme metodologia do PIRH-Paranapanema



Fonte: CBH-ALPA, 2017

Segundo Paes (2016), essa extensa e diversificada rede hidrográfica observada na bacia de drenagem da represa de Jurumirim pode constituir-se em rotas migratórias alternativas para espécies de peixes, advindos da zona a montante da represa, a partir dos locais de desembocaduras de seus dois principais tributários: rios Paranapanema e Taquari conforme consta na figura 9.

Figura 9. A represa de Jurumirim: seus dois principais rios (rios Paranapanema e Taquari) e afluentes



Fonte: Paes (2016)

A zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim está inserida numa grande área úmida com lagoas marginais, na sua grande maioria, conectadas com o tributário. (PAES,2016).

Outro tributário importante é o Rio Taquari, (cuja origem etimológica é do tupi e tem dois significados: “rio da taquara” ou “taquara pequena”) é formado pela junção dos rios Taquarimirim e Taquariguaçu, no município de Itapeva (SP). Em sua porção mais a montante, o Taquari tem 130,76 km de extensão e a sua bacia (Alto Taquari) tem 2.483,36 km² de área de drenagem, enquanto, a jusante, possui 82,38 km de extensão e a respectiva bacia (Baixo Taquari), 1.963,5 km² de área de drenagem (PAES, 2016).

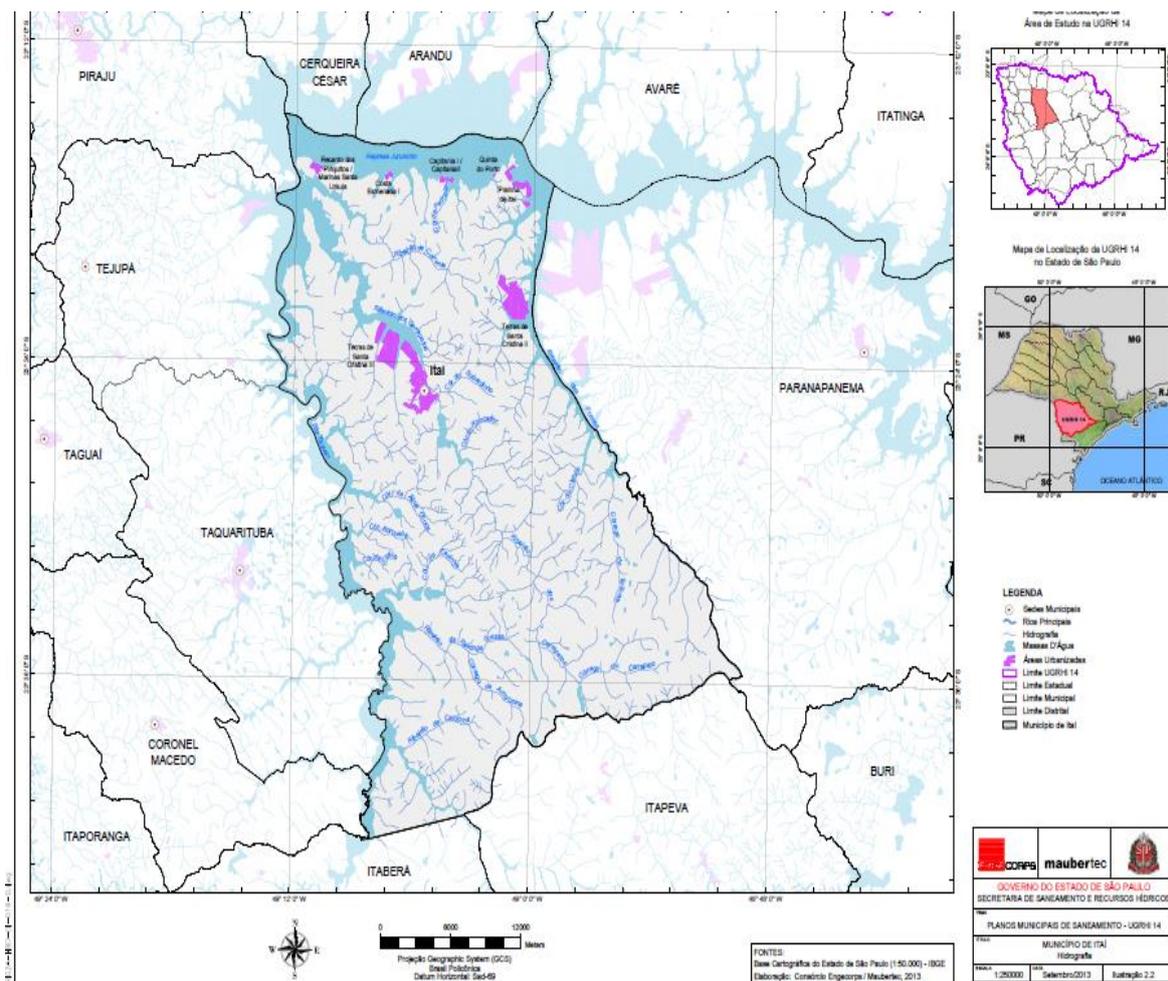
4.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DOS CARRAPATOS

O Ribeirão dos Carrapatos, nasce no município de Itapeva, corta o município de Itaí e desemboca na margem a esquerda do Rio Taquari, possuindo uma extensão de 90 km e sua foz é localizada no município de Itaí, onde é feita a captação de água para abastecimento da cidade. (Prefeitura Municipal de Itaí, 2014)

O município de Itaí localiza-se no noroeste da UGRHI 14, tendo como corpos d'água principais o Rio Taquari – Guaçu, o Ribeirão das Posses ou do Boqueirão e o Ribeirão dos Carrapatos que corta o município de norte a sul, ressaltando que todos deságuam na Represa Jurumirim, que também atende o município de Itaí. A maior porção territorial de Itaí encontra-se localizada na sub-bacia do Baixo Taquari. Porém existe uma porção a extremo leste que está inserida na sub-bacia do Ribeirão da Posse/ Rio Paranapanema. (Prefeitura Municipal de Itaí, 2014)

De acordo com a Prefeitura Municipal de Itaí (2014), o território do município de Itaí está subdividido em sub-bacias de menor extensão, correspondentes aos contribuintes da margem direita do Ribeirão dos Carrapatos, da margem direita do Rio Taquari-Guaçu e margem esquerda do Ribeirão das Posses ou do Boqueirão, além de alguns afluentes da Represa Jurumirim. Na figura 10, observa-se um mapa com os cursos d'água existentes no município de Itaí – SP

Figura 10. Cursos d'água do município de Itai – SP



Fonte: Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (2014)

De acordo com o mapa, a área circulado em vermelho compreende a área de estudo onde foi realizado o monitoramento e implantação dos sistemas de ecobarreiras no Ribeirão dos Carrapatos, destacando que todas as estruturas foram colocadas em trechos urbanos. O Ribeirão dos Carrapatos é afluente do Rio Taquari (margem a esquerda).

Segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas do Alto Paranapanema (2017), a UGRHI-14 apresenta ainda muitos pontos críticos no que tange à disponibilidade hídrica, como por exemplo, as bacias do Ribeirão dos Carrapatos, Ribeirão Boi Branco, Ribeirão Santa Helena, Ribeirão do Muniz e Ribeirão das Posses, localizados na área rural entre os municípios de Paranapanema, Itai e Itapeva, onde se concentram a maior parte das atividades agrícolas, cuja irrigação e a presença de pivôs-centrais é eminente (CBH-ALPA 2017)

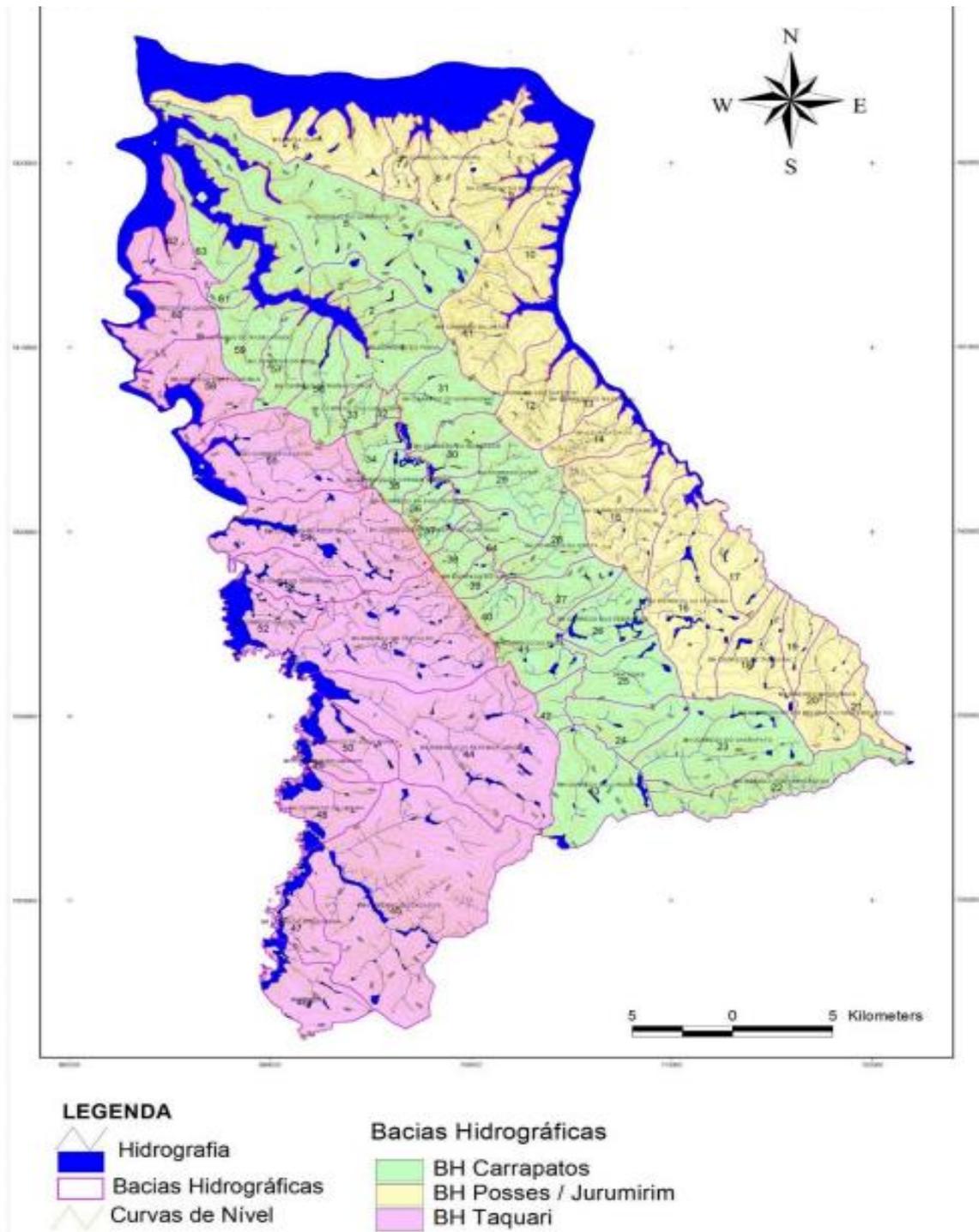
A vazão do Ribeirão dos Carrapatos foi determinada por Projeto financiado pelo FEHIDRO, em função de estar entre os rios críticos em disponibilidade de água da bacia do Alto Paranapanema. Nos pontos de captação para abastecimento, a vazão captada é de 45,75 l/s (CBH-ALPA 2017)

Vale destacar que o descarte de efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto da Sabesp, recebe os mais variados tipos de resíduos, inclusive de municípios vizinhos onde passa o Ribeirão dos Carrapatos. É possível observar também que o ribeirão dos Carrapatos drena toda área urbana do município e em épocas de seca, a baixa vazão reduz a capacidade de captação de água, tanto para irrigação, quanto para abastecimento local, além da sobrevivência de espécies por falta de oxigênio adequado. Ressalta-se também que a falta de estabilidade nas margens contribui para o assoreamento do trecho em decorrência da falta de vegetação. (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAÍ, 2020)

Em contrapartida, em épocas de cheias, o escoamento de águas traz severos danos a infraestrutura urbana, pois a cidade se localiza em região com grandes elevações o que aumenta a velocidade de queda d'água. (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAÍ, 2020).

A Bacia do Ribeirão dos Carrapatos, conta com aproximadamente 51,5% das microbacias com um índice de mata ciliar não superior a 20%, contabilizando um total de 33 afluentes nessas condições. (Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2020). Na figura 11, observa-se a divisão das bacias existentes no município de Itaí-SP.

Figura 11 - Mapa das bacias do município de Itaí – SP



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Itaí (2020)

De acordo com a Prefeitura Municipal de Itaí (2020), a situação desses cursos de água é variada, mas o que possui um quadro mais sério de degradação ambiental é o ribeirão dos Carrapatos que corta o perímetro urbano e teve suas características naturais

bastante alteradas, pelo desmatamento de suas margens para uso agropecuário, para implantação de loteamentos de lazer, entre outros.

Segundo a Prefeitura Municipal de Itaí (2020), os menores índices de áreas de preservação permanente (APP's) também pertencem a bacia do Ribeirão dos Carrapatos, tendo em vista o desenvolvimento em larga escala do uso intensivo da agricultura e pecuária, além da captação intensa para irrigação e funcionamento de duas agroindústrias, além do abastecimento de todo o município de Itaí.

4.3 MUNICÍPIO DE ITAÍ

Os fazendeiros estabelecidos junto à foz do rio Taquari tinham dificuldades de abastecimento e comercialização de seus produtos dada a grande distância da povoação mais próxima - Faxina (atual Itapeva). Assim, em 1869, Salvador de Freitas, José Silveira de Melo, Manoel Pedroso de Oliveira e Capitão José Floriano, fundaram na encosta da Serrinha, próximo ao ribeirão dos Carrapatos, um povoado com o nome de Santo Antônio da Ponta da Serra, denominação escolhida em homenagem ao Padroeiro e para definir a posição ocupada pelo núcleo.

Os 40 alqueires do patrimônio foram adquiridos por Salvador de Freitas que construiu uma capela, seguida das primeiras casas. A povoação vizinha, Bom Sucesso (atual Paranapanema), que também começava a se formar, foi elevada à categoria de freguesia, passando Santo Antônio da Ponta da Serra a integrar seu território, a partir de março de 1874. Um mês depois, foi criada na povoação de Santo Antônio das Pedras, a freguesia de Santo Antônio da Boa Vista, passando a ser adotado esse último nome para o antigo núcleo. Em 1920, passou a denominar-se Itaí, que em tupi-guarani significa pedra do rio (“ita”= pedra +”y”= rio) (IBGE, 2020).

4.3.1 Caracterização Geral de Itáí – SP

Segundo o IBGE (2020), o município de Itáí tem uma população estimada de 27.382 pessoas, sendo que no último censo realizado em 2010 foram contabilizadas 24.008 pessoas e densidade demográfica de 22,17 habitantes/km².

Em 2018, o salário médio mensal era de 2,5 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 17.6%. Na comparação com os outros municípios do estado, ocupava as posições 187 de 645 no que se refere a pessoas

ocupadas e é o 394º município mais populoso do estado. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 602 de 5570 e 1701 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 38.4% da população nessas condições, o que o colocava na posição 66 de 645 dentre as cidades do estado e na posição 2955 de 5570 dentre as cidades do Brasil. No que se refere a alfabetização, o município tem uma taxa de 97,9% de habitantes alfabetizados entre 6 e 14 anos. Na tabela 3, observa-se dados gerais do município de Itaí conforme o IBGE 2017:

Tabela 4 - Dados gerais de Itaí – SP

Indicadores	Valor
PIB per capita (em reais)	R\$ 22.159,23
Fontes externas de recursos (em %)	74,9%
Esgotamento sanitário adequado (em %)	84,3%
Domicílios urbanos em vias com arborização (em %)	85,5%
Domicílios urbanos em vias públicas com infraestrutura adequada (em %)	12%

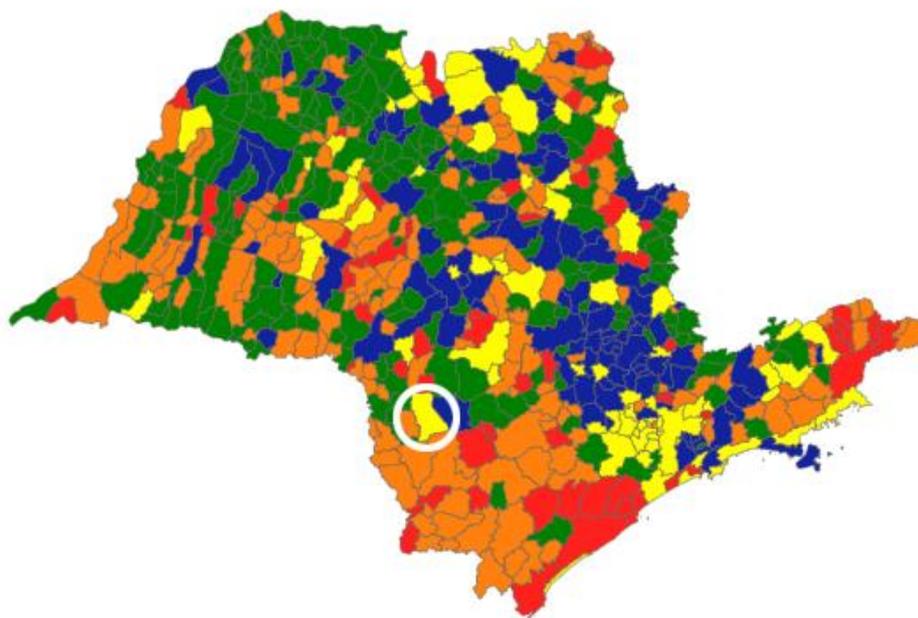
Fonte: Adaptado de IBGE (2017)

Segundo o Índice Paulista de Responsabilidade Social (2018), no quesito riqueza municipal, Itaí se encontra na 45ª posição no estado de São Paulo em decorrência da grande quantidade de áreas rurais que desempenham funções agropecuárias. Porém vale ressaltar que grande parte dos recursos estão concentrados em um grupo reduzido de produtores, o que mostra uma grande desigualdade social.

Na figura 12, observa-se a classificação dos municípios por grupos (IPRS) do estado de São Paulo, considerando grupos desiguais, dinâmicos, em transição, equitativos e vulneráveis, com destaque para o município de Itaí.

Figura 12 - Distribuição dos municípios por grupos IPRS

Grupos IPRS ● Desiguais ● Dinâmicos ● Em Transição ● Equitativos ● Vulneráveis



Fonte: Adaptado de IPRS (2018)

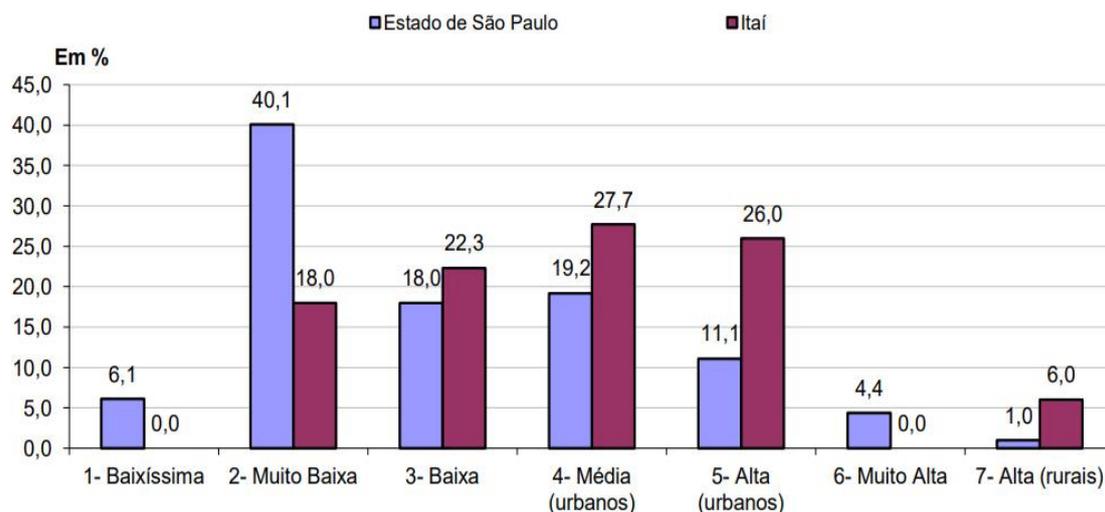
Itaí se encontra no grupo “desiguais” que são municípios com níveis de riqueza elevados, porém indicadores sociais insatisfatórios (longevidade e escolaridade baixos). 43,64% dos municípios do Estado de São Paulo se encontram nessa condição.

A região da bacia do referido estudo predomina-se uma região agrícola, tendo em vista que 83,1% da área é coberta por culturas, pastagens e gramíneas (PIÃO, 1995)

4.3.2 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – Itaí

Os últimos valores do IPVS foram realizados a partir de dados de 2010, destacando os grupos (7) que resume as situações de maior ou menor vulnerabilidade às quais a população se encontra exposta (Gráfico 1), a partir de um gradiente das condições socioeconômicas e perfil demográfico.

Gráfico 1. Distribuição da população, segundo grupos do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)



Fonte: IBGE; Fundação SEADE (2010)

Na tabela 4 observa-se a caracterização dos grupos de vulnerabilidade social no ano de 2010.

Tabela 5 - Caracterização da vulnerabilidade no município de Itaí - SP

Grupos	População	Rendimento nominal médio dos domicílios (em reais)	Renda de até meio salário mínimo (em %)	Idade média dos responsáveis pelos domicílios	Crianças menores de 6 anos (em %)	Grau de vulnerabilidade social
2	3.969	R\$2.350	10,3	48 anos	6,9%	Vulnerabilidade muito baixa
3	4.926	R\$1.944	17,1	44 anos	9,3%	Vulnerabilidade baixa
4	6.114	R\$1.414	26,5	49 anos	8,1%	Vulnerabilidade média – setores urbanos
5	5.738	R\$971	42,2	42 anos	11,9%	Vulnerabilidade alta - setores urbanos
7	1.330	R\$1.085	42,4	48 anos	10,4%	Vulnerabilidade alta – setores rurais

Fonte: Adaptado de IPVS (2010)

No grupo 2, os responsáveis pelos domicílios que apresentavam menos de 30 anos eram de 12,3% e dentre as mulheres chefes de domicílios 13,6% tinham até 30 anos. No grupo 3, os responsáveis pelo domicílio com menos de 30 anos representavam 17,3% e dentre as mulheres chefes de domicílios 17,6% tinham até 30 anos, já no grupo 4, os

responsáveis pelo domicílio com menos de 30 anos representavam 12,8%. Dentre as mulheres chefes de domicílios 10,4% tinham até 30 anos. No Grupo 5, os responsáveis pela família com menos de 30 anos representavam 25,5%. Dentre as mulheres chefes de domicílios 28,0% tinham até 30 anos. No grupo 7, aqueles com menos de 30 anos que são chefes de família representavam 13,6%. Dentre as mulheres chefes de domicílios 19,0% tinham até 30 anos. (SEADE, 2010)

4.3.3 Caracterização geral dos pontos de monitoramento

Os pontos de monitoramento foram pré-definidos visando distribuir as ecobarreiras de modo que a captura dos resíduos flutuantes fossem maiores. Na figura 13 observa-se a área de abrangência dos pontos de coleta.

Figura 13 - Áreas de contribuição urbanas das ecobarreiras implantadas em Itaipava - SP



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2021

A área de contribuição da ecobarreira 1, compreende a Vila Capitão Cezário, o bairro mais populoso da cidade de Itaí com uma população estimada de 3525 pessoas dispostas em 1068 imóveis. O bairro também possui deficiências de infraestrutura urbana, e sofre constantemente com enchentes e deslizamentos de terra principalmente no verão.

Já na área de contribuição da ecobarreira 2 encontra-se a Vila Beira, a Vila da Paz e uma parte do Centro com uma população estimada de 1184 pessoas dispostos em 408 imóveis. Parte desses imóveis se encontra em condições irregulares, como em áreas de preservação permanente, sem respeitar a legislação municipal, estadual e federal. Na figura 14, observa-se as residências próximas ao Ribeirão dos Carrapatos principalmente na Vila Beira Rio e Vila da Paz.

Figura 14. Residências irregulares as margens do Ribeirão dos Carrapatos



Fonte: Prefeitura Municipal de Itaí (2019)

Os bairros possuem uma infraestrutura urbana deficiente, sem saneamento básico, galerias águas pluviais, acesso a água e possuem altos índices de criminalidade. As residências localizadas as margens do ribeirão dos Carrapatos, são todas irregulares, e foram acometidas por ocupação irregular em APP.

Na área de contribuição da ecobarreira 3, encontra-se uma população estimada em 3176 pessoas distribuídas em 1095 imóveis, localizadas no bairro Jardim Planalto. A área de contribuição da ecobarreira 3, compreende ao bairro Jardim Planalto, sendo o mais próximo da área rural. O bairro possui uma condição socioeconômica mais favorável que os demais. Além disso, é um bairro predominantemente de residências familiares. Na figura 15, observa-se a Ecobarreira e ao fundo o início do bairro.

Figura 15. Bairro Jardim Planalto e sua ecobarreira



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

O bairro fica em uma parte mais elevada do terreno, e também faz divisa com a área rural. Possui infraestrutura urbana adequada, como galerias de águas pluviais, saneamento básico, água e também serviço regular de coleta seletiva.. A ecobarreira 3 foi implantada em perímetro urbano, porém em propriedade com características rurais.

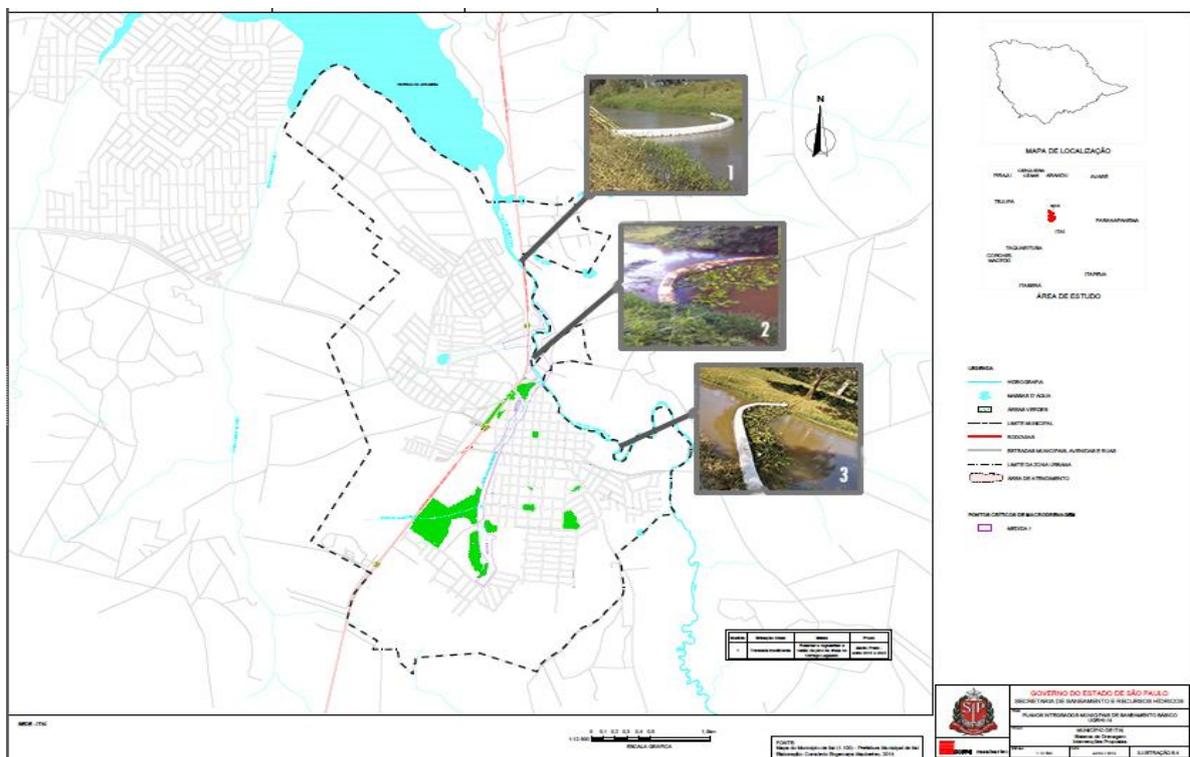
Em relação ao tamanho da área, a localidade onde se encontra a ecobarreira 1 possui uma área total aproximada de 0,5 km². Já na área onde se encontra a ecobarreira 2 possui uma área total aproximada de 0,3 km² e a área de contribuição do ponto 3 é de 0,34

km² segundo dados da Prefeitura Municipal de Itaí. Vale ressaltar que as áreas de contribuição destacadas se referem a área urbana do município de Itaí.

4.4 ECOBARREIRAS – ESTRUTURA, FUNCIONALIDADE E LOCALIZAÇÃO

As áreas de estudo estão descritas na figura 16, onde foram subdivididas em três sistemas diferentes, compreendido no mapa pela Ecobarreira 1 (Lat. 23°24'9.37"S; Long. 49° 5'34.05"O), Ecobarreira 2 (Lat. 23°24'9.37"; Long. 49° 5'34.05"O), Ecobarreira 3 (Lat. 23°25'7.63"S; Long. 49° 5'2.94"O). A distância linear das ecobarreiras são de 2,16 km da Ecobarreira 1 até a Ecobarreira 3. Entre a Ecobarreira 1 e 2 há uma distância de 1,05 km e entre a Ecobarreira 2 e 3 há uma distância de 1,11 km.

Figura 16- Mapa com a localização das três ecobarreiras implantadas no Ribeirão dos Carrapatos, Itaí – SP



Fonte: Adaptado de Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (2014)

No sistema 2 e 3 foram adicionados a montante da barreira, macrófitas aquáticas para verificar a ação conjunta da ecobarreira e macrófitas na qualidade da água. Na tabela 6 observa-se a quantidade de aguapés (*Eichhornia crassipes*) tendo como base para cálculo a metodologia de Cunha (2006).

Tabela 6 - Área de cobertura (em m²) e quantidade (em kg) de *Eichhornia crassipes* dos sistemas de Ecobarreiras

SISTEMA	ÁREA DE COBERTURA DO CANAL (EM M ²)	QUANTIDADE DE <i>Eichhornia crassipes</i> (KG)
Ecobarreira 1	-	-
Ecobarreira 2	42 m ²	522 kg
Ecobarreira 3	45 m ²	560 kg

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

No sistema de ecobarreira 1 não foram implantadas as macrófitas aquáticas, sendo apenas utilizada a estrutura flutuante para permitir a comparação com os sistemas de ecobarreiras 2 e 3 que possuem as plantas aquáticas. O cálculo da área de cobertura foi feito de acordo com a área do leito do rio, sendo que no sistema dois a largura do rio é de 14 metros e no sistema três é de 15 metros. Diante disso, foram implantados aproximadamente 3 metros de macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*), a contar da ecobarreira. Na figura 17 observa-se os três sistemas de ecobarreiras implantados.

Figura 17- Sistemas de coleta por ecobarreiras implantados no ribeirão dos carrapatos em Itaí – SP

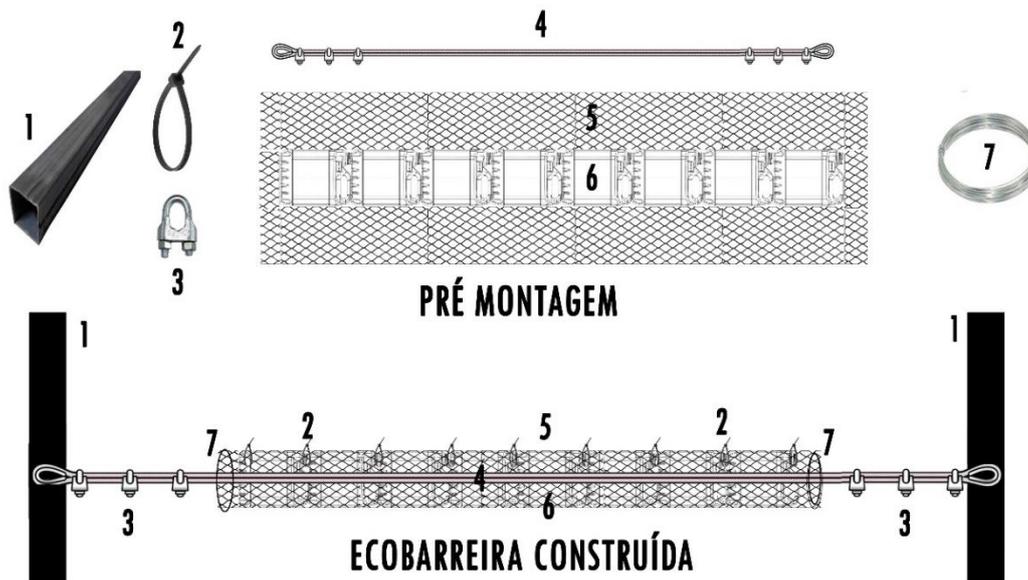


Fonte: Arquivo Pessoal (2019)

As ecobarreiras foram construídas com galões plásticos bombonas de 20 litros revestidas por tela de alambrado 2.1/2 fio 16 fixados com arame galvanizado mole nº 16 e abraçadeiras de nylon Hellermann original T120 r. Na figura 6, observa-se uma

ecobarreira já implantada. Na figura 18, observa-se o croqui do método de construção de ecobarreiras.

Figura 18- Croqui do método de construção de ecobarreiras



Legenda:

1. Tubo de metalon 15x15 1,20 galvanizado
2. Abraçadeira de nylon Hellerman original T120 r.
3. Abraçadeira tipo "u" 5/16
4. Cabo de aço galvanizado 5/16
5. Tela de alambrado 2.1/2 fio 16 mm
6. Galão bombona de 20 litros;
7. Arame galvanizado mole nº 16

Fonte: Criada pelo autor (2020)

A construção e implantação das ecobarreiras foram feitas todas manualmente, sendo utilizados ferramentas como alicate, chaves de fendas, entre outras.

Na figura 19 observa-se a funcionalidade da ecobarreira ao coletar todo tipo de resíduo flutuante que é depositado de maneira irregular no ribeirão dos Carrapatos em Itaí.

Figura 19 - Ecobarreira construída e implantada no Ribeirão dos Carrapatos em Itaí –SP



Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

Para fixação da estrutura da ecobarreira no leito do rio foram utilizadas duas bases de tubo de metalon 15x15 1.20 galvanizado aterrados a 1,5 metros do solo interligados por um cabo de aço galvanizado 5/16. O cabo de aço foi colocado entre a tela de alambrado e os galões de plástico bombona de 20 litros para dar sustentação em decorrência da velocidade do curso d'água que poderia romper sem o reforço em épocas com altos índices pluviométricos. Na figura 20 observa-se uma imagem aérea da ecobarreira 1 implantada.

Figura 20 - Ecobarreira 1 implantada no ribeirão dos carrapatos em Itaiá – SP



Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

A estrutura foi implantada de maneira diagonal para facilitar a coleta dos resíduos sólidos flutuantes que se depositam as margens e foram coletados com um puçá (paçaguá) observado na figura 21.

Figura 21 - Direcionamento do resíduo flutuante para as margens e coleta com um paçaguá



Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

Em seguida, os resíduos foram destinados a Associação de Reciclagem do município e os resíduos inaproveitáveis foram destinados ao aterro sanitário municipal.

4.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS D'ÁGUA

Foi realizada uma avaliação para identificação dos impactos gerados nas margens, bem como para avaliação de parâmetros físicos e químicos, por meio de uma sonda multiparâmetro Aquared AP 700, foram analisadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), sólidos totais dissolvidos (mg.L^{-1}) e potencial hidrogeniônico (pH). Além da

avaliação da quantidade de fósforo, nitrogênio e materiais em suspensão (orgânicos e inorgânicos).

As coletas dos dados foram realizadas a dois metros de distância a montante e a jusante das ecobarreiras, totalizando seis coletas num trecho de dois quilômetros, numa profundidade média de 60 cm da lâmina d'água, uma vez por mês, por seis meses consecutivos.

Além disso, a pesquisa também foi apoiada na metodologia de Callisto (2002), que visa à aplicação de protocolo de avaliação rápida. O protocolo é composto por um quadro que avalia o nível de impacto ambiental de um conjunto de parâmetros classificados em ausente, moderada e acentuada. A classificação final reflete no nível de preservação ambiental do trecho estudado, onde de 0 a 40 pontos representam trechos impactados, 41 a 60 pontos trechos alterados e acima de 60 pontos são classificados como trechos naturais.

Para registrar as condições dos locais foram utilizadas cadernetas de anotações, máquina fotográfica, fichas de campo com a localização das áreas pesquisadas e seus aspectos físicos, juntamente com uma parte específica destinada a identificação de eventuais impactos e sua natureza.

Para avaliação dos materiais em suspensão foi realizado os seguintes procedimentos:

a) Procedimento Pré-Coleta:

Foram calcinadas as membranas de fibra de vidro com 1,2 - 1,5 μm de porosidade em mufla a 550°C por 30 min, posteriormente foi aguardada as membranas esfriarem em dessecador até atingir temperatura ambiente e pesar imediatamente depois (**P₀**) em balança semi-analítica até atingir massa constante; após a pesagem as membranas de vidro foram guardadas uma a uma em envelopes identificados sob pote de sílica até o momento da filtração;

b) Procedimento Pós – Coleta:

Foram coletados um litro por ponto, posteriormente foi homogeneizada e medida 500 ml de amostra em uma proveta, com uma testemunha para cada coleta realizada; as amostras foram filtradas a vácuo (pressão \leq 400 mmHg) nas membranas de vidro pré-calcinadas; as membranas foram secas sobre papel em caixa por 12 horas e foram dobradas; posteriormente os filtros foram guardados nos envelopes identificados em pote

com sílica até o momento da análise; após isso, cada membrana foi colocada em cadinhos e foram levadas até a estufa em temperatura de 100°C por 1h; as membranas foram esfriadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente e posteriormente foram pesadas (P1) até atingir massa constante; posteriormente as membranas de vidro foram calcinadas em mufla a 550°C por 30 minutos; as membranas foram colocadas no dessecador até atingir a temperatura ambiente onde foram pesadas posteriormente (P2) até atingir massa constante.

Para o cálculo dos materiais em suspensão total (MST), materiais em suspensão orgânicos (MSO) e inorgânicos (MSI) podem ser expressos através da seguinte fórmula:

Fórmula:

$$\text{MST} = \frac{P2 - P1}{V} \cdot 1000$$

$$\text{MSO} = \frac{P2 - P3}{V} \cdot 1000$$

$$\text{MSI} = \frac{P3 - P1}{V} \cdot 1000$$

Onde:

P1 = peso do filtro após a calcinação em mufla (g)

P2 = peso do filtro com o material filtrado após estufa (g)

P3 = peso do filtro com o material filtrado após calcinação em mufla (g)

V = volume do material filtrado (litros)

MST = material em suspensão total (mg/L)

MSO = material em suspensão orgânico (mg/L)

MSI = material em suspensão inorgânico (mg/L)

Para mensuração dos valores de fósforo total foram utilizadas as águas coletadas dos trechos monitorados, retirando as amostras com 12 horas de antecedência do freezer até atingir temperatura ambiente. Com uma proveta, transferiu-se 50 mL da amostra para os tubos com borda marcados para fósforo total (Branco = água deionizada), e posteriormente foi pingado 1 gota de Fenolftaleína. Depois disso, foi adicionado 1 mL de Ácido Sulfúrico Forte utilizando pipeta de vidro e 0,5 g de Persulfato de Potássio pesado em vidro relógio.

Os tubos foram tampados com papel alumínio e autoclavados por 30 30 min a 120°C e 1 – 1,4 kgf cm⁻² (98 – 137 kPa). Nessa etapa o termostato atingiu temperatura máxima de 120°C e depois foi alterado para médio até atingir a temperatura ambiente. Após isso, foi adicionada uma gota de Fenolftaleína e gotas de Hidróxido de Sódio 5N até atingir a coloração rosa, utilizando o agitador. O conteúdo foi transferido para balões volumétricos de 100 mL e completado com água deionizada até homogeneizar, onde posteriormente foi transferido 50 ml da amostra dos balões para seus respectivos tubos.

Após esse processo, foi adicionado 8 ml de reagente misto e agitado pois na presença de fósforo as amostras mudam para coloração azulada, onde a absorbância foi lida em espectrofotômetro (Cubeta de 5 cm, $\lambda = 880$ nm) entre 10 e 30 min e determinada a concentração de fósforo total ($\mu\text{gP-PO}_4^{3-} \text{ L}^{-1}$) com base na curva-padrão. Para cálculo da concentração de fósforo total e cálculo da solução padrão utilizou – se as seguintes fórmulas:

Cálculo da concentração de fósforo:

PM do $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 136,09$ g/mol

136,09 g de KH_2PO_4 ----- 30,9+7g de P

0,2195 g de KH_2PO_4 ----- X

X = 0,0499 g de P/L

Concentração da solução = 0,05 g P/L ou 50 mg de P/L

Cálculo da solução padrão:

$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

50 mg P/L x 0,05 L (ou 50 mL) = $C_1 \times 1$ L

$C_1 = 2,5$ mg P/L

Para análise de nitrogênio total, foi utilizado água bruta transferindo 100 ml de amostra para os frascos do Büchi® (Branco = água deionizada), adicionando 10 ml de solução digestora. Foram inseridos bastões de vidro em cada frasco com a ponta arredondada para cima e colocada a grade com os frascos no bloco digestor (K-438/Büchi®). Posteriormente as amostras foram digeridas a 380 °C por 30 min, retiradas do bloco digestor e esfriadas até temperatura ambiente, aguardando 24 horas para iniciar o processo de análise. Após isso, colocar o frasco no destilador K-370/Büchi® e adicionados 20 mL de H_2O e 10 mL de Hidróxido de Sódio-Tiosulfato. A amostra de coloração azulada foi destilada e recolhido o conteúdo em 50 ml de Ácido Bórico, medindo o pH inicial da solução de Ácido Bórico. Em sequência a solução foi titulada utilizando Ácido Sulfúrico (0,02 N) até pH = 4,65 e anotou-se o volume gasto na titulação. Para cálculo de Nitrogênio Total (mg L^{-1}) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{NT (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{Va} - \text{Vb}) \cdot 14 \cdot 1000 \cdot \text{N}}{\text{v}}$$

Em que:

Va = Volume gasto na amostra (mL);

Vb = Volume gasto no branco (mL);

N = Normalidade do **Ácido Sulfúrico** titulante;

v = Volume da amostra colocada no frasco (mL).

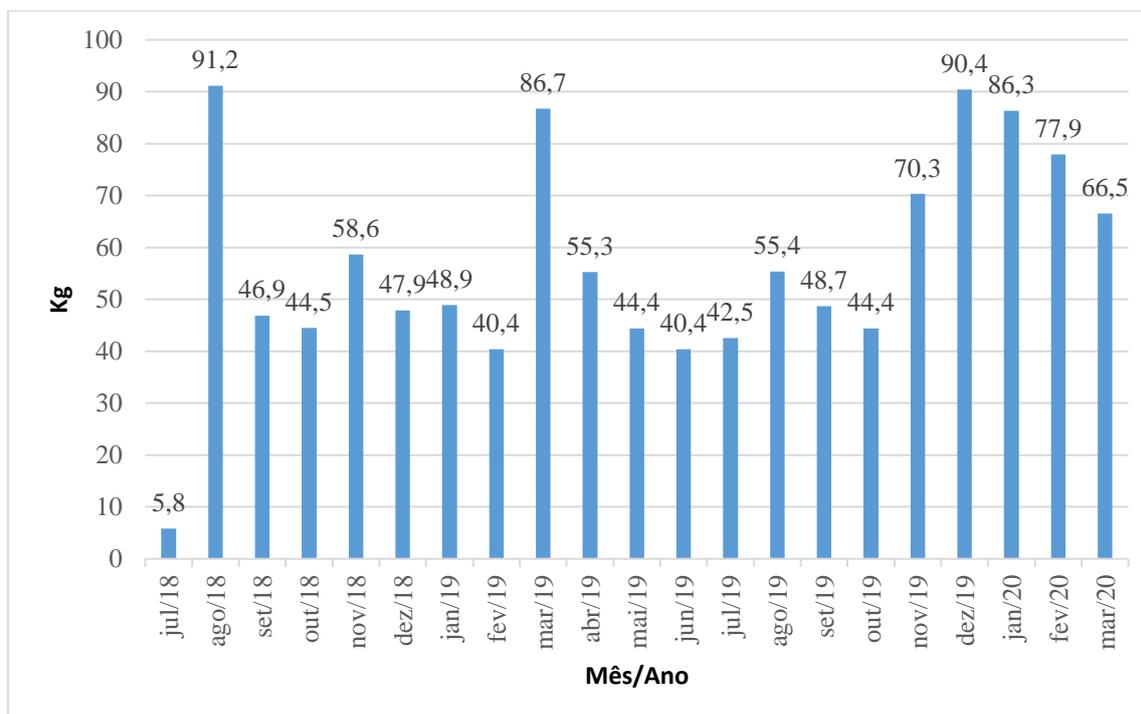
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DADOS QUANTITATIVOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS FLUTUANTES

O sistema de ecobarreira tem como objetivo principal captar todo tipo de resíduo flutuante descartado de maneira irregular nos cursos d'água, permitindo a retirada através de um passaguá.

A ecobarreira 1, implantada de 22 de julho de 2018 coletou 1.193 kg de resíduos no período de 21 meses, como pode ser detalhado no gráfico 2, onde podem ser observados os valores coletados a cada mês do período de julho 2018 a março de 2020.

Gráfico 2. Quantidade mensal de resíduos flutuantes (em kg) coletados na Ecobarreira 1 entre julho de 2018 e março de 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nota-se que no primeiro mês completo de coleta (agosto 2019) houve uma retirada de 91,2 kg de resíduos flutuantes, sendo a maior quantidade no período de 21 meses. A expectativa pela coleta dos resíduos flutuantes foi superada por se tratar do primeiro mês de implantação.

Diante disso, todo o resíduo que era descartado no ribeirão e desaguava na represa Jurumirim passou a ser recolhido. Observa-se também que no mês de março/19 houve um aumento significativo comparado com o mês anterior, tendo em vista que o município de Itaí atrai inúmeros turistas em épocas como o carnaval. Com o aumento da população flutuante, aumentou-se o número de resíduos gerados e descartados de maneira inadequada. Vale ressaltar também que no mês de dezembro/19 houve uma coleta de 90,4 kg de resíduos (20,1 kg a menos que o mês anterior). Os meses que apresentaram os menores índices de resíduos coletados foram: fevereiro/2019 e junho/2019 ambos 40,4 kg, julho/2019 com 42,5 kg, maio/2019 e setembro/2019 com 44,4 kg. Observa-se que há uma variação muito constante entre o período avaliado.

Na tabela 7 observa-se a média anual de coleta, considerando os anos de 2018,2019 e 2020.

Tabela 7 - Média mensal de resíduos coletados nos anos de 2018 a 2020 – Ecobarreira 1

ANO	QUANTIDADE (EM KG)	MÉDIA (KG/MÊS)
2018	294,9	49,15
2019	667,8	55,65
2020	230,7	76,9

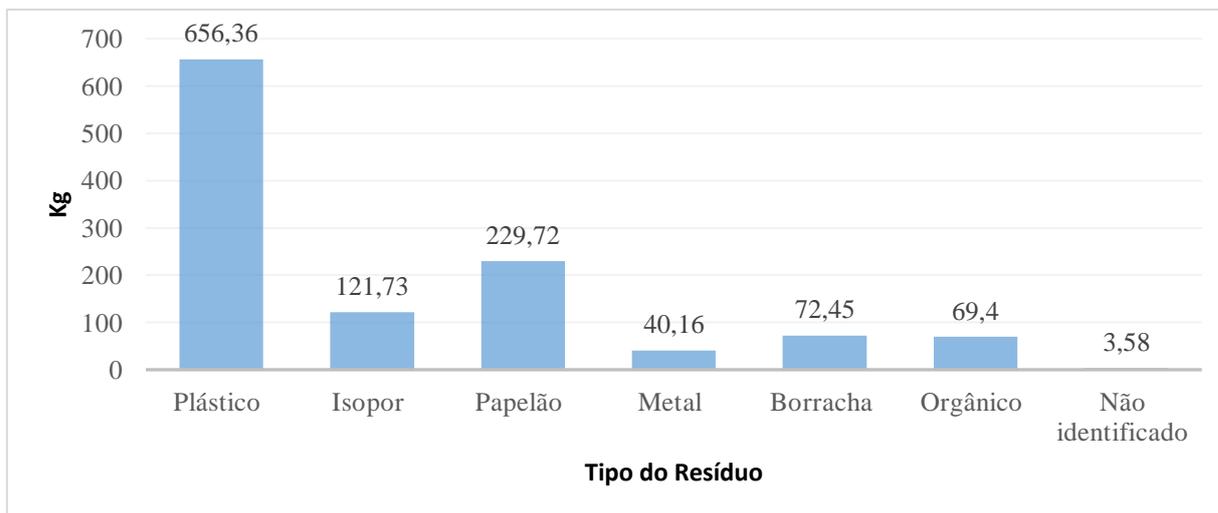
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Como pode ser observada na tabela 7, o ano de 2018 foi quando houve uma menor média de coleta mensal, considerando o prazo de seis meses de análise. De abril a outubro de 2019 a quantidade de resíduos coletados apresentou pouca variação, tendo em vista a realização de ações de educação ambiental por meio da Prefeitura Municipal de Itaí com a comunidade local. A partir de novembro de 2019 houve um aumento significativo de resíduos coletados, totalizando 70,3 kg de resíduos.

No ano de 2020 a média se tornou ainda maior pelo fato da não continuidade das ações de educação ambiental e manutenções adequadas a estrutura. Além disso, com a pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov 2), as coletas não foram realizadas e diante disso, não foi possível mensurar os dados após o mês de março de 2020.

No gráfico 3, observa-se a tipificação e quantidade de resíduos coletados durante 21 meses de análise.

Gráfico 3. Tipificação de resíduos flutuantes coletados na Ecobarreira 1 (em kg)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Por se tratar de uma estrutura que coleta apenas resíduos flutuantes, fica evidente que os maiores materiais que são coletados, são plásticos, papelão e isopor. A quantidade de plástico é mais que a metade de todo valor coletado, tendo em vista que muitos dos materiais são garrafas pet ou sacolas, que possuem uma flutuação maior que os demais itens e por serem encontrados em qualquer local.

Em seguida, o papelão foi o tipo de resíduo mais coletado totalizando 121, 73 kg, seguida pelo isopor que possui um peso menor que o papelão. A quantidade em unidades de isopor foi maior que a do papelão, porém o papelão apresenta um peso maior, o que explica uma quantidade (em kg) mais elevada que do isopor.

No que se refere aos resíduos orgânicos, observa um índice reduzido coletado, pelo fato da grande maioria dos resíduos serem compostas de restos de alimentos. Na figura 22, observa um tipo de resíduo orgânico coletado por uma ecobarreira.

Figura 22- Cabeça de porco coletada em ecobarreira

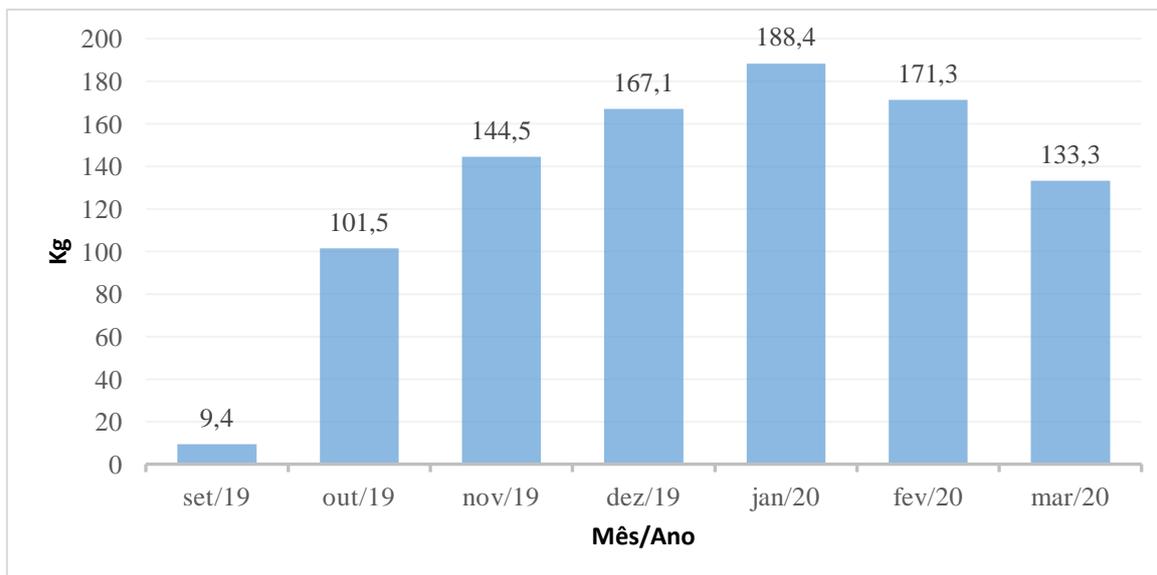


Fonte: Arquivo Pessoal(2020)

Entre todos os resíduos coletados, os mais difíceis para ser retirado foram os resíduos plásticos pois os mesmos se enchiam de água, e o seu peso se tornava maior durante as coletas. Vale ressaltar que todos os resíduos coletados foram esvaziados para pesagem. Apenas 3,58 kg dos resíduos não foi possível identificar, sendo os mesmos descartados no aterro sanitário municipal.

De todas as estruturas, na ecobarreira 2 foi observada a maior quantidade de resíduos coletados, considerando a média mensal de coleta. No gráfico 4 observa-se a quantidade de resíduos sólidos flutuantes que foram coletados entre setembro de 2019 e março de 2020.

Gráfico 4. Quantidade de resíduos flutuantes coletados na Ecobarreira 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Observa-se uma crescente de resíduos sólidos flutuantes coletados até o mês de janeiro/2020 pela Ecobarreira 2. A partir de fevereiro/2020 a quantidade teve uma queda e vale ressaltar que próximo a localidade de onde está instalada a estrutura flutuante há um bairro, chamado de Beira Rio. Além disso, o fato da comunidade estar localizada às margens do Ribeirão dos Carrapatos contribui consideravelmente para o descarte inadequado de resíduos sólidos, tendo em vista que no local há alguns bares e a comunidade usufrui da praça para atividades esportivas e de recreação.

No mês de janeiro de 2020 foi observado o maior peso de resíduos coletados, chegando a 188,4 kg de resíduos. O mês que obteve o menor peso, considerando o mês completo foi o de outubro de 2019, totalizando 101,5 kg de resíduos. É evidente que a quantidade de resíduos flutuantes coletados é muito maior que na estrutura 3, localizada em um bairro de classe média. Na figura 23 observa-se uma coleta realizada no mês de setembro de 2020.

Figura 23 - Coleta realizada no mês de setembro de 2020 na Ecobarreira 2



Fonte: Arquivo Pessoal(2020)

Vale ressaltar que por falta de manutenção a estrutura apresentada estava abandonada, sem as plantas aquáticas e com uma quantidade muito grande de resíduos

flutuantes. Em todos os sistemas, a grande maioria dos resíduos que foram coletados são garrafas plásticas e embalagens de isopor.

Na tabela 8 observa-se a média anual de coleta, considerando os anos de 2018,2019 e 2020.

Tabela 8 - Média mensal de resíduos coletados nos anos de 2018, 2019 e 2020 – Ecobarreira 2

ANO	QUANTIDADE (EM KG)	MÉDIA (KG/MÊS)
2018	294,9	49,15*
2019	422,5	105,63**
2020	493	164,34**

* Compreende ao período de 6 meses de coleta;

* Compreende ao período de 4 meses de coleta;

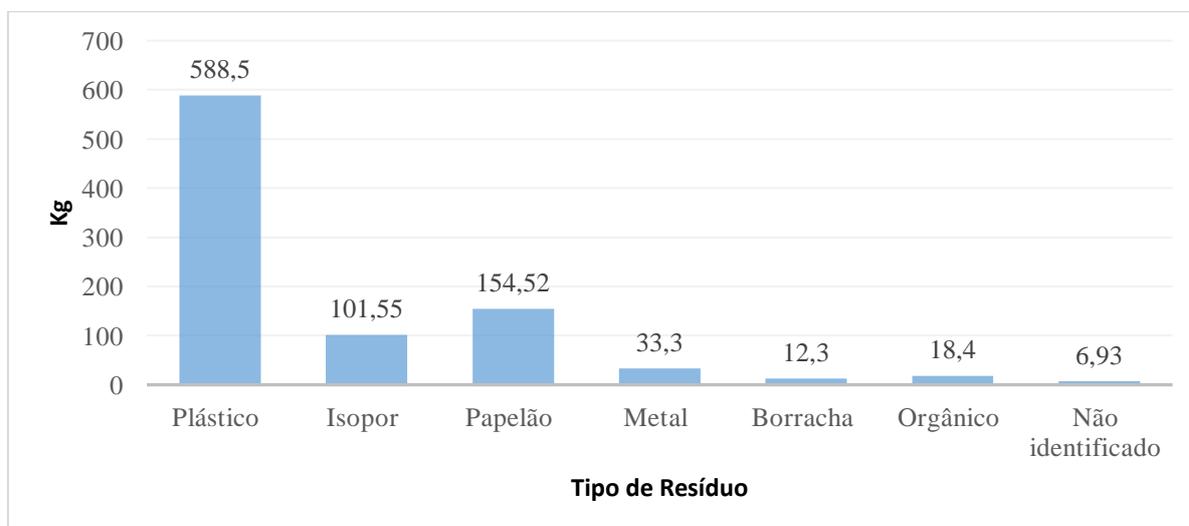
** Compreende ao período de 3 meses de coleta;

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Observa-se que a média dos resíduos coletados é muito maior na Ecobarreira 2, chegando a 164,34 kg por mês no ano de 2020. Além disso, no ano de 2020, a média de resíduos coletados por mês foi 64,28% a mais comparado com os quatro meses de coleta do ano de 2019.

No gráfico 5, observa-se a tipificação e quantidade de resíduos coletados durante os 7 meses de análise e coleta.

Gráfico 5. Tipificação de resíduos flutuantes coletados na Ecobarreira 2 (em kg)

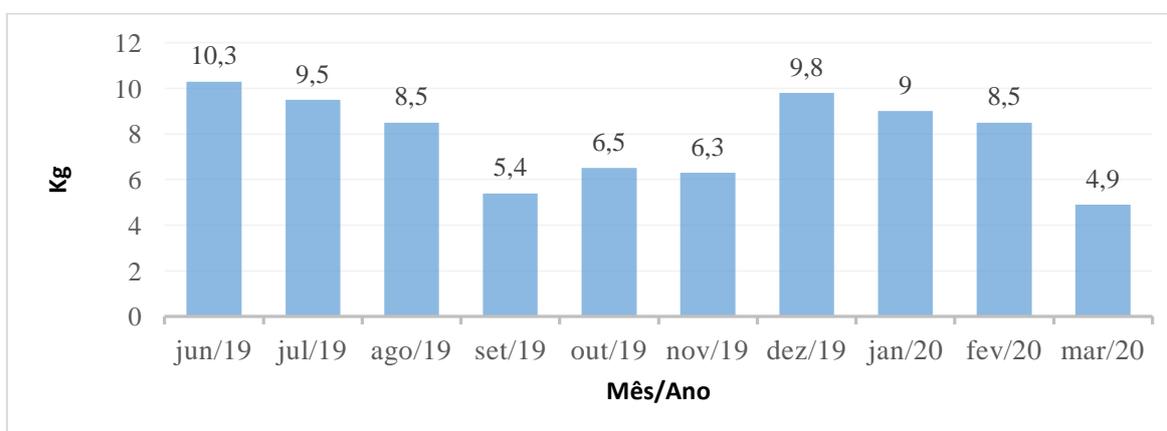


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Assim como na primeira estrutura, observa-se uma grande quantidade de resíduos plásticos coletados. A maior parte dos resíduos plásticos são de garrafas de bebidas alcóolicas, fato que se explica, tendo em vista que há alguns bares próximos ao local onde está implantada a Ecobarreira 2. Observa-se que 64,28% dos resíduos coletados são do tipo plástico, seguido pelos resíduos do tipo papelão (16,88%) e o isopor com 11,09%.

Na ecobarreira 3 implantada de 16 de junho de 2019 foi coletado 78,7 kg de resíduos no período de 10 meses, como pode ser detalhado no gráfico 6 onde pode ser observado os valores coletados a cada mês do período de junho de 2019 a março de 2020 implantada no bairro Jardim Planalto.

Gráfico 6. Quantidade de resíduos flutuantes coletados na Ecobarreira 3 (em kg)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A ecobarreira 3 foi implantada no bairro Jardim Planalto, considerado um bairro de classe média. Assim como no sistema 1, o primeiro mês foi onde ocorreu o ápice de material coletado, totalizando 10,3 kg. O menor peso coletado foi no mês de setembro 5,4 kg. Na tabela 9, observa – se a média anual de coleta considerando o ano de 2019 e 2020.

Tabela 9 - Média mensal de resíduos coletados nos anos de 2019 a 2020 – Ecobarreira 3

ANO	QUANTIDADE (EM KG)	MÉDIA (KG/MÊS)
2019	56,3	8,04*
2020	22	7,33**

* Compreende ao período de 7 meses de coleta;

** Compreende ao período de 3 meses de coleta;

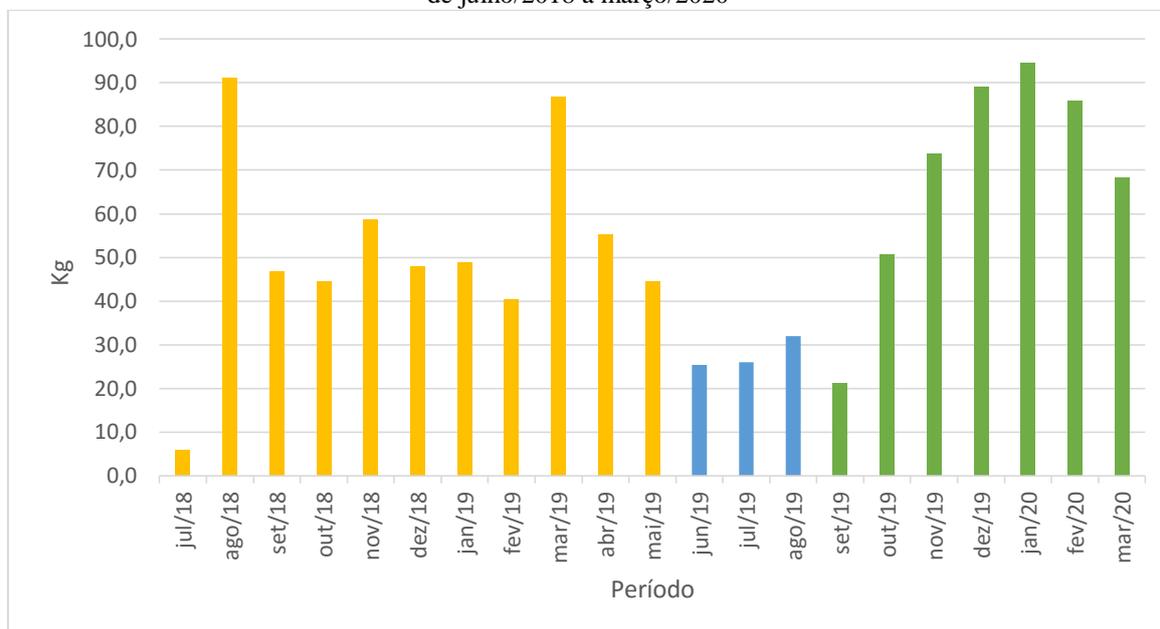
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A média de coleta do ano de 2020, considerando o período de janeiro a março 2020, foi de 7,33 kg, 8,83% menor comparado ao ano de 2019, considerando o período

de junho a dezembro de 2019. É fato que no ano de 2020 foi desconsiderado alguns fatores como a população flutuante em épocas de final de ano. Além disso, no mês de março de 2020, foi o menor peso coletado, mês posterior ao carnaval.

No gráfico 7, observa-se a média de resíduos coletados por mês considerando o período de julho/2018 a março/2020.

Gráfico 7. Média mensal de resíduos coletados pelas três ecobarreiras (em kg) compreendendo o período de julho/2018 a março/2020



- Amarelo: Compreende a média de coleta de uma ecobarreira;
- Azul: Compreende a média de coleta de duas ecobarreiras;
- Verde: Compreende a média de coleta de três ecobarreiras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No período de janeiro/2020 foi observado a maior média de peso de resíduo flutuante coletado (94,6 kg), seguido por agosto/2018 (91,2 kg), onde apenas uma ecobarreira estava implantada, sendo o primeiro mês completo de avaliação dos resíduos que foram coletados. Em dezembro/2019, a média mensal foi de 89,1 kg, sendo o terceiro maior peso no período avaliado.

O mês de julho/2018 foi o período com menor média de resíduo coletado, totalizando apenas 5,8 kg, porém sabe-se que o período foi de apenas 9 dias, tendo em vista que a primeira ecobarreira foi implantada em Itaipava-SP, no dia 22 de julho de 2018. Assim como ocorre período de setembro/2019 onde obteve-se a segunda menor média (21,2 kg), porém, a ecobarreira 2 foi implantada no final do mês de setembro/2019.

Considerando que todas as ecobarreiras estavam implantadas durante um mês completo de coleta, o período de outubro/2019 foi onde obteve-se a menor média, com

50,8 kg de resíduos coletados. Esse período com todas as ecobarreiras implantadas a pelo menos um mês iniciou-se neste mesmo mês de outubro de 2019 e foi até o final do mês de março de 2020 onde se interrompeu o monitoramento e avaliação dos dados.

Nos gráficos 8, 9 e 10, observam-se a relação precipitação (em mm) e quantidade média de resíduos coletados em 2018, 2019 e 2020

Gráfico 8. Relação da quantidade média de resíduos coletados (em kg) e precipitação (em mm) em 2018.



Fonte: Adaptado de Casa da Agricultura de Itaí e DAEE (2020)

No ano de 2018 observa-se que é proporcional a relação de aumento de coleta e chuvas, tendo em vista que no mês de agosto/2018 foram coletados 91,2 kg de resíduos flutuantes e uma precipitação de 103,4 mm. No mês seguinte houve uma redução na quantidade coletada de resíduos de 48,57% e uma redução de 51,85% nos índices de chuva. A medida em que se aumentam os leitos dos rios através das chuvas, aumenta-se também a quantidade de resíduos que são capturados pelas ecobarreiras, pelo fato das enxurradas e dos resíduos depositados as margens serem transportados.

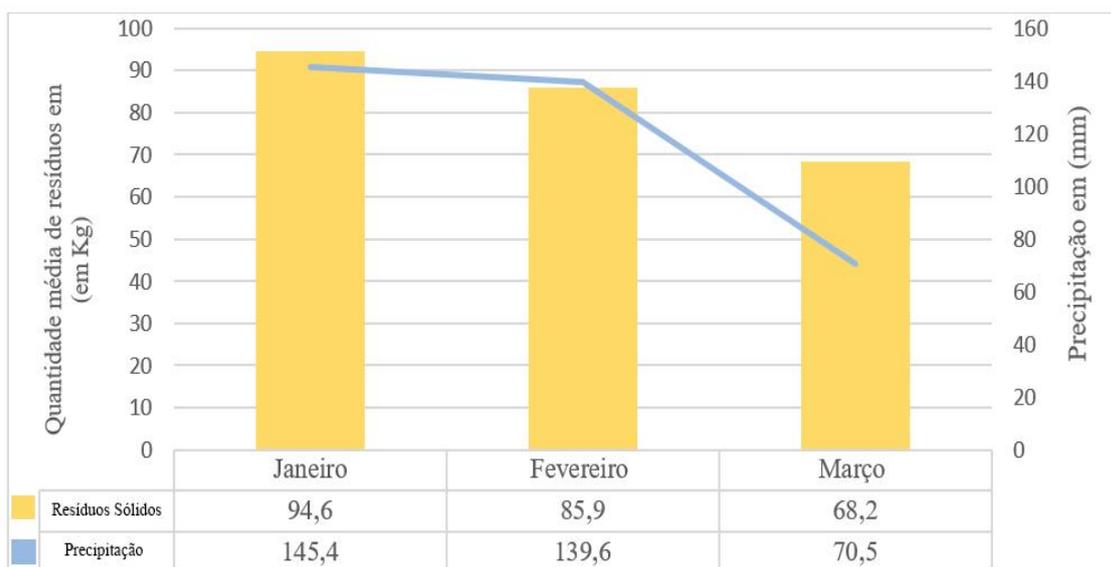
Gráfico 9. Relação da quantidade média de resíduos coletados em kg (série 1) e precipitação em mm (série 2) em 2019



Fonte: Adaptado de Casa da Agricultura e DAEE (2020)

No gráfico 9, observa-se que a relação entre precipitação e quantidade média de resíduos coletados também é proporcional, com exceção do mês de outubro de 2019 onde houve um aumento da quantidade de resíduos coletados, porém uma baixíssima quantidade de chuvas no mês (0,5 mm).

Gráfico 10. Relação da quantidade média de resíduos coletados em kg (série 1) e precipitação em mm (série 2) em 2020



Fonte: Adaptado de Casa da Agricultura e DAEE (2020)

De todo período avaliado (21 meses), 95,23% dos meses (20 meses) pode ser observado uma relação proporcional da precipitação (em mm) x quantidade de resíduos coletados (em kg). No mês de outubro/2019, houve uma relação de inversão quando a quantidade de resíduos não acompanhou os índices pluviométricos, tendo em vista que houve um total de 50,8 kg de resíduos coletados. Provavelmente a estação climatológica não captar os dados pluviométricos ou a questão da chuva ser mais a montante e a estação ser mais a jusante.

De todo período avaliado, o mês de janeiro/2020, teve o maior volume de chuvas (145,4 mm) e também a maior quantidade de resíduos coletados (94,6 kg) o que reforça a hipótese de que com o aumento das chuvas, aumenta-se a quantidade de resíduos que são levados para os cursos d'água. Vale ressaltar também que o relevo acidentado do município de Itaí contribui para a velocidade das águas durante as chuvas e que a quantidade de resíduos que são carregados aos cursos d'água são maiores por questões de velocidade e aumento do volume de água.

O ano onde se coletou mais resíduos flutuantes foi o de 2019, com pouco mais de uma tonelada. No ano de 2020, consideraram-se apenas os meses de janeiro, fevereiro e março, mesmo assim corresponde a 65,03% do ano de 2019. Além disso, o primeiro ano (2018), foi computado as coletas apenas de uma ecobarreira, a que fora implantada em julho do mesmo ano.

A quantidade total de resíduos coletados foi de 2187,60 kg, considerando o período de julho de 2018 a março de 2020 e os respectivos anos de instalações, onde a primeira ecobarreira foi implantada em 2018 e as outras duas estruturas em 2019. Vale ressaltar também que o município de Itaí é o primeiro do estado de São Paulo a implantar uma ecobarreira e o primeiro do país a implantar um sistema de ecobarreiras com plantas aquáticas (*Eichhornia crassipes*).

5.2 PROTOCOLO DE CALLISTO

De acordo com o Protocolo de Callisto (tabela 10) foram registradas alterações antrópicas e erosões as margens do Ribeirão dos Carrapatos, em todos os três pontos onde foram implantadas as ecobarreiras, considerando que todos os pontos avaliados foram modificados pela ação humana, principalmente por se tornar pontos que sofreram algum processo de urbanização

Tabela 10 - Protocolo de Avaliação Rápida de Callisto modificado (2002)

PARÂMETROS	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1. Vegetação nas margens do corpo d'água	Escasso	Escasso	Moderado
2. Alterações antrópicas	Acentuado	Acentuado	Acentuado
3. Transparência d'água	Turva/Cor de Chá Forte	Turva/Cor de Chá Forte	Turva/Cor de Chá Forte
4. Oleosidade da Água	Moderado	Moderado	Ausente
5. Erosão ou assoreamento próximas às margens	Acentuado	Acentuado	Moderado
6. Presença de plantas aquáticas	Ausente	Ausente	Ausente
7. Cobertura Vegetal no Leito	Ausente	Ausente	Ausente
8. Estabilidade das Margens	Moderado	Moderado	Moderado
9. Odor da água	Esgoto (ovo podre)	Esgoto (ovo podre)	Nenhum
10. Tipo do fundo	Lama/Areia	Lama/Areia	Lama/Areia
Pontuação Final	20 pontos	20 pontos	26 pontos

CLASSIFICAÇÃO	Trecho impactado	Trecho impactado	Trecho alterado
---------------	------------------	------------------	-----------------

Fonte: Adaptado de Callisto (2002)

Nos pontos 1 e 2 foram verificadas a presença de residências familiares muito próxima as margens do Ribeirão dos Carrapatos, onde de acordo com o Código Florestal Brasileiro, deveria ser área de preservação permanente (APP). Diante disso, ficou evidente a escassez de vegetação às margens dos trechos avaliados. Na figura 24 observa-se uma imagem área do local onde foi implantada a ecobarreiras 1.

Figura 24 - Imagem captada por drone do local onde localiza-se a ecobarreira 1



Fonte: Arquivo Pessoal (2019)

Observa-se que ao entorno de onde está localizado a ecobarreira 1 há muito pouca vegetação e que as alterações causadas pelo homem são acentuadas, tendo em vista que a Rodovia SP – 255 corta o Ribeirão dos Carrapatos e inicia-se o processo de urbanização. Além disso, a cor da água no local é turva e também no trecho analisado foi possível identificar a presença de óleo residual, que muitas vezes é despejado de maneira inadequada por meio de oficinas mecânicas e outros serviços similares.

É evidente também que nos trechos entre o ponto 1 e 2 há muitos despejos diretos de esgoto que saem das casas e caem direto no Ribeirão. Fato esse que explica o odor de esgoto nas localidades onde foram implantadas as duas ecobarreiras. Na figura 25 observa-se uma visão geral da onde foi implantada a Ecobarreira 2 e moradores locais.

Figura 25 - Imagem do local onde foi implantada a ecobarreira 2 com a presença de moradores locais



Fonte: Arquivo Pessoal (2020)

No ponto 2 foram superadas as expectativas de resíduos coletados, tendo em vista que parte dos resíduos provém de um bairro muito carente intitulado “Beira Rio”. No mesmo ponto observa-se uma escassez de mata ciliar, principalmente a margem esquerda que dá acesso ao bairro local, além disso, observa-se que mesmo com números expressivos de coleta de resíduos, parte da população se integrou ao processo de monitoramento, ajudando na manutenção da ecobarreira. As margens da ecobarreira 2 foi observado a presença de esgoto sem tratamento e descarte de lixo doméstico a céu aberto, além de resíduos de construção civil depositados na primeira rua próxima as margens do ponto 2.

Posterior a aplicação do Protocolo de Callisto, observou-se que os pontos 1 e 2 apresentaram a mesma pontuação (20 pontos), o que caracteriza os trechos como impactos através principalmente das ações antrópicas. Faltam medidas mitigadores para evitar erosões e políticas públicas municipais voltadas ao reflorestamento das margens do rio, além de um trabalho constante de educação ambiental para que a comunidade local se

conscientize da importância do descarte correto dos resíduos e a importância dos cursos d'água para a preservação e conservação da fauna e floral local, além de uma reestruturação da coleta seletiva no município de Itaí. Segundo a Prefeitura Municipal de Itaí (2019), houve revisão do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, no ano de 2019 onde o objetivo principal foi realizar o diagnóstico in loco através do acompanhamento do sistema de limpeza urbana para conhecer as vantagens e desvantagens do sistema atual, a participação do morador na coleta seletiva e na destinação correta de outros resíduos e a qualidade do serviço oferecido.

No ponto 3, as circunstâncias ambientais são um pouco melhores, como pode ser observado na figura 26, a presença de mata ciliar e processos erosivos moderados.

Figura 26 - Local de implantação da Ecobarreira 3



Fonte: Arquivo Pessoal (2019)

No ponto 3, observa-se a presença um pouco maior de vegetação as margens do Ribeirão, além disso não foi observada presença de oleosidade na água e nenhum tipo de odor evidente. Esses fatos contribuíram para que a classificação do ponto avaliado fosse “alterado”, o que difere dos outros dois pontos que obtiveram outra classificação. Mesmo assim é evidente que o local passou por severas alterações antrópicas em decorrência do acelerado processo de urbanização. A aplicação do protocolo de avaliação rápida

proporcionou identificar as principais alterações antrópicas que ocorreram através do desenvolvimento das cidades. Porém é nítido que a quantidade de resíduos no ponto 3 é muito menor comparado com os pontos 1 e 2.

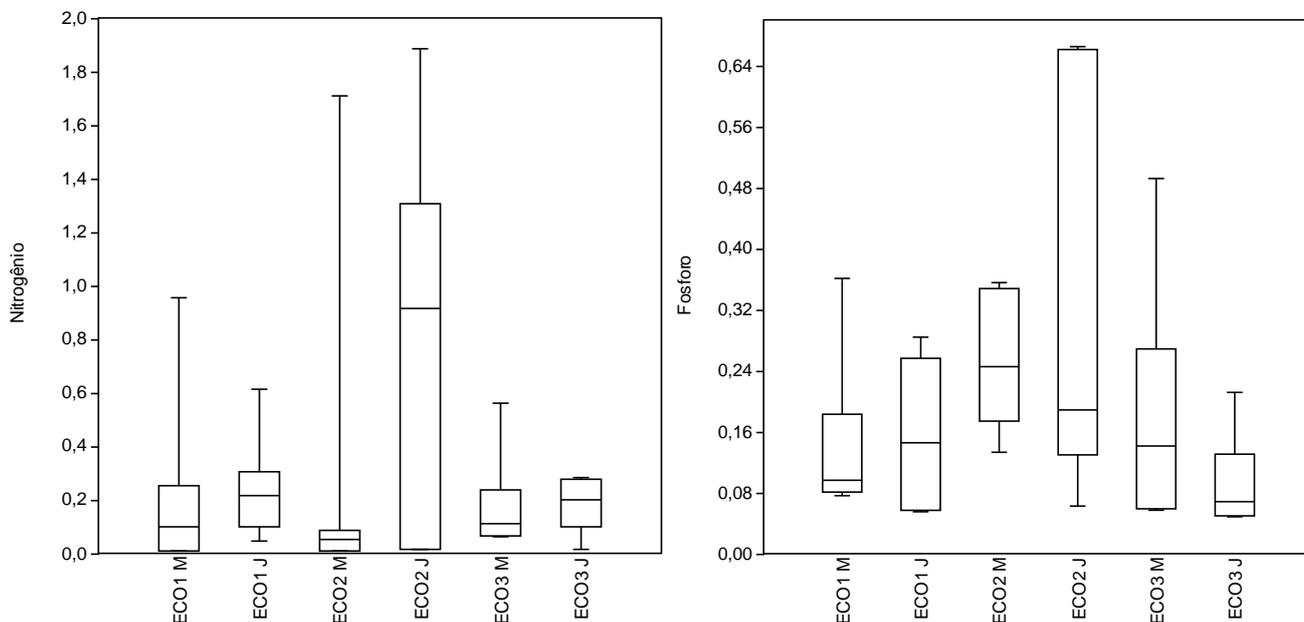
Outro fator que contribuiu para um índice menor de resíduos coletados no ponto 3 é que o trecho analisado está mais a montante e os outros dois pontos na porção delta (à jusante) que deságua na Represa Jurumirim, a maior do estado de São Paulo.

À medida que a cidade se expande, constantemente, ocorrem impactos negativos como o aumento da produção de sedimentos pelas alterações ambientais das superfícies, como por exemplo, a retirada da vegetação para dar espaço ao asfalto e concreto. Além disso, há elevada produção de resíduos sólidos; deterioração da qualidade da água pelo uso nas atividades cotidianas e pelo lançamento de esgoto e águas pluviais nos corpos hídricos. Analisando o atual cenário da urbanização e dos recursos naturais, sabe-se que na maioria das vezes o crescimento das cidades parece não existir de forma harmoniosa com a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

5.3 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

As médias de nitrogênio total e fósforo total estão expressos na figura 27 compreendendo o período de outubro de 2019 a março de 2020.

Figura 27 - Gráfico "boxplot" para concentração de Nitrogênio e Fósforo Totais (mg/L) dos pontos avaliados, separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

No que se refere ao nitrogênio total, observa-se que não houve diferenças estatísticas significativas entre diferentes pontos analisados. Houve uma maior concentração de nitrogênio na ecobarreira 2 a jusante no mês de dezembro/2019 com uma concentração de 1,885mg/L, e no mês de março/2020 foi observada a menor concentração (0,009 mg/L) na ecobarreira 1, a montante.

No ponto 2 foi observado os maiores valores de nitrogênio (6,065 mg/L). Estas maiores concentrações podem estar relacionadas as atividades agrícolas e de pecuárias neste trecho do Ribeirão Carrapatos.

No que se refere as concentrações de fósforo total, observa-se também que não houve diferenças significativas, e assim como no caso do nitrogênio foi observado no ponto 2 as maiores concentrações de fósforo (3,434 mg/L) em todo o período avaliado. Tal fato pode ser explicado pela grande circulação de pessoas em uma lavanderia pública implantada as margens do Ribeirão dos Carrapatos, onde o uso de detergentes é constante, além das inúmeras ligações de esgoto domésticos clandestinos na área que também podem aumentar a concentração de fósforo na água. No ponto 3, mais próximo da zona rural, onde as condições ambientais e de infraestrutura são melhores, houve um valor de 1,635 mg/L.

Os valores obtidos de temperatura (°C) estão expressos na tabela 11, compreendendo o período de outubro de 2019 a março de 2020.

Tabela 11 - Valores de temperatura (°C) d'água nos diferentes pontos do Ribeirão dos Carrapatos nas coletas de outubro de 2019 a março de 2020

Pontos/ Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
ECO 1 (M)	21,4	18	24,1	22,4	25,4	20
ECO 1 (J)	21,4	17,8	24,9	22,6	25,4	20
ECO 2 (M)	22,5	19	25,4	22,6	25,6	21,2
ECO 2 (J)	20,9	17	24,2	22,6	24,8	19
ECO 3 (M)	21,4	18	24,5	23	25,4	21,2
ECO 3 (J)	20,2	17	22,3	21	25	19,2

M – Representa a amostra á montante

J – Representa a amostra à jusante

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Em relação a temperatura, a média do ponto 1 foi de 21,95°C, no ponto 2 de 22,06°C e no ponto 3 de 21,51°C. Observa-se também que no ponto 3 há uma área maior de APP, o que contribui para o controle térmico e redução da temperatura, além disso possui as macrófitas que ajudam a reduzir a temperatura hídrica. Vale ressaltar também que a temperatura d'água está associada a temperatura atmosférica, que sofrem variações no decorrer do dia. O ponto 1 foi o que sofreu menor alteração da temperatura, mantendo-se em níveis praticamente estáveis tanto a montante quanto a jusante. No ponto 2, no mês de novembro de 2019 houve uma variação de 2°C entre montante e jusante. A presença de *E. crassipes*, diminuiu a penetração dos raios solares na água, em decorrência da sombra, o que pode ser observado que nos sistemas onde foram implantadas as macrófitas.

De todo período avaliado, apenas no mês de janeiro/2020 na ecobarreira 2, a temperatura se manteve estável (22,6°C, tanto a montante quanto a jusante). Nos demais períodos avaliados, nos pontos coletados após as ecobarreiras com *E. crassipes*, apresentaram temperaturas inferiores ao ponto mais a montante. Os resultados para temperatura confirmam com os encontrados por Gentelini et al. (2008) e Henry – Silva e Camargo (2008) que observaram uma redução da temperatura em cursos d'água com macrófitas em decorrência do sombreamento da superfície do leito do rio e menor absorção dos raios solares. Na tabela 12 observam-se os valores obtidos de condutividade elétrica. Na figura 28, observa-se o gráfico “box plot” com análises estatísticas (Teste Tukey 5%) para os dados de condutividade elétrica.

Tabela 12 - Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) da água nos diferentes pontos do Ribeirão dos Carrapatos nas coletas de outubro de 2019 a março de 2020

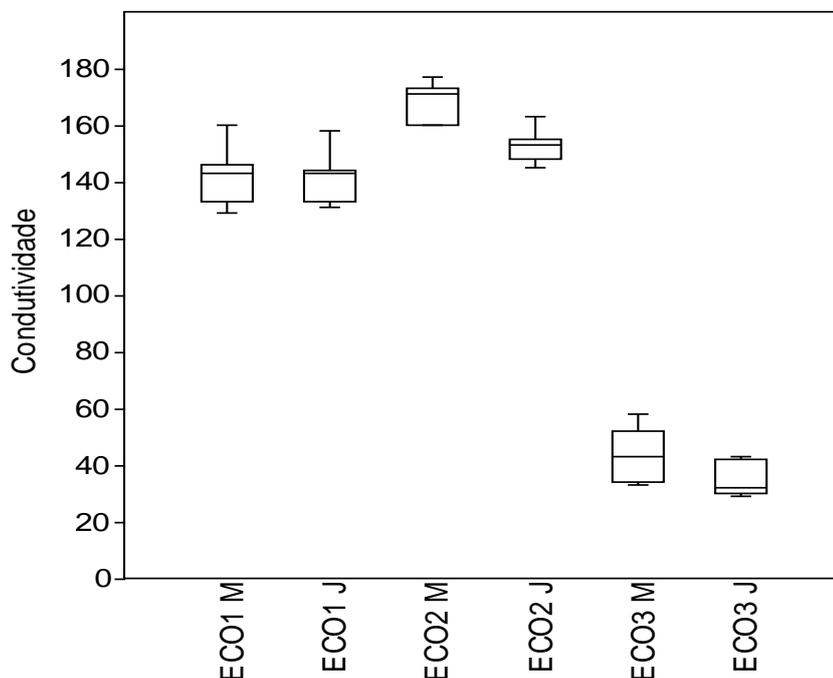
Pontos/ Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
ECO 1 (M)	146	133	129	143	143	160
ECO 1 (J)	144	133	131	139	143	158
ECO 2 (M)	177	165	160	171	173	160
ECO 2 (J)	155	153	152	145	163	148
ECO 3 (M)	43	52	58	36	34	33
ECO 3 (J)	43	42	32	30	30	29

M – Representa a amostra á montante

J – Representa a amostra à jusante

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 28 - Gráfico "boxplot" para estimação da condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) dos pontos avaliados, separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Nas ecobarreiras 1 e 2 foram observados os maiores valores de condutividade, muito provável que os valores elevados possam ser provenientes do esgoto doméstico lançado diretamente no ribeirão dos carrapatos e poluição hídrica em grande escala, além dos pontos estarem em uma área mais a jusante da bacia, o que contribuiu para um impacto mais severo comparado com o ponto mais a jusante. No ponto 2, houve diferença significativa no Teste Tukey a 5% comparado com os demais pontos com valor $p = 0,003$.

Foram observadas diferenças de condutividade elétrica entre os pontos e períodos com um maior valor no mês outubro no ponto a montante e um menor valor no ponto Eco 3 (J) no mês de março. No ponto 3, os valores de condutividade elétrica foram menores pois esta ecobarreira fica mais a montante e com menor ocupação urbana da bacia de contribuição. Este mesmo padrão pôde ser observado com a quantidade de resíduos que ficaram retidos nas ecobarreiras, com quantidades muito menores na ecobarreira 3. Observa-se que nos pontos com macrófitas os valores de condutividade

elétrica diminuíram a jusante, em decorrência do processo de filtragem d'água realizado pelas plantas.

A questão da precipitação possivelmente influenciou nos dados tendo em vista que nos períodos onde ocorreu um maior volume de chuvas houve uma redução dos valores de condutividade elétrica em decorrência do fator de diluição da água da chuva nos cursos d'água, aumentando o volume do corpo d'água e reduzindo a concentração do material particulado.

Os resultados obtidos confirmam os dados apresentados por Pião (1995), no mesmo ribeirão, os valores de condutividade reduziram em épocas de chuvas e os maiores valores foram observados após a cidade em decorrência do processo de urbanização que acelera a degradação dos cursos d'água.

Na tabela 13, observa-se os valores de pH obtidos através das análises.

Tabela 13 - Valores de potencial hidrogeniônico (pH) da água nos diferentes pontos do Ribeirão dos Carrapatos nas coletas de outubro de 2019 a março de 2020

Pontos/ Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
ECO 1 (M)	6,5	6,8	6,8	7,3	6,6	6,9
ECO 1 (J)	6,5	6,6	6	6,5	6,6	6,7
ECO 2 (M)	6,1	8,4	8,2	8	7,9	7,3
ECO 2 (J)	6,5	8,6	8,6	8,6	8,3	7,7
ECO 3 (M)	6,9	8,4	7,9	8,7	8	7,8
ECO 3 (J)	7,3	8,8	8,1	8,7	8,4	8

M – Representa a amostra á montante

J – Representa a amostra à jusante

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os valores de pH observados que os valores não se alteraram significativamente entre as coletas a montante e à jusante, sofrendo poucas alterações, porém observa-se uma variação muito grande do pH entre as ecobarreiras (de 6 para 8) e pode ser explicado pela variação entre a produção e decomposição. No ponto onde se encontra a ecobarreira 1, observou-se que o pH da água se manteve com valores com poucas variações, entre 6 e 7,3 em todos os meses avaliados. A redução do pH na ecobarreira 1 pode estar relacionada com o aumento da concentração de matéria orgânica e o aumento de decomposição.

Nos locais onde foram introduzidos o aguapé houve um aumento significativo, principalmente a partir do segundo mês, porém assim como no ponto 1, as variações à montante e à jusante foram sutis.

Observa-se que no ponto 1, a média do valor de pH á montante em todo o período avaliado foi de 6,8 e à jusante 6,4. No ponto 2, a média à montante foi de 7,65, à jusante foi 8,0 e no ponto 3, a média a montante foi de 7,95 e à jusante foi de 8,2. As condições que explicam esse aumento da alcalinidade da água, mesmo com a presença de macrófitas, pode ser explicado pela quantidade de resíduos presentes nos trechos avaliados.

No ponto 3 obteve-se os maiores valores do pH, em decorrência da poluição hídrica ser consideravelmente menor, contrastando com os resultados de Esteves (1998) que menciona que algas e macrófitas submersas podem elevar o pH da água pela assimilação do CO₂ no processo fotossintético, especialmente em águas com baixa capacidade de neutralizar ácidos. No ponto 2 os valores se mantiveram em uma condição neutra/alcalina, mesmo com uma quantidade considerável de matéria orgânica presentes pelos resíduos descartados.

O que explica o aumento do pH nos pontos 2 e 3 é o aguapé que tem um papel fundamental na descontaminação de cursos d'água poluídos, contribuindo para aumento do pH nos pontos onde foram colocados em função do aumento da produção orgânica que retiram carbono da água e aumentam o pH.

Esses resultados contrastam com o trabalho de Martins et al (2005) onde houve uma redução do pH em decorrência da cobertura das macrófitas. Porém no mesmo estudo, o autor cita que não houve controle reprodutivo do aguapé, diferentemente do estudo apresentado onde as manutenções eram feitas quando necessário.

Na tabela 14 e figura 29 observa-se os valores observados de oxigênio dissolvido.

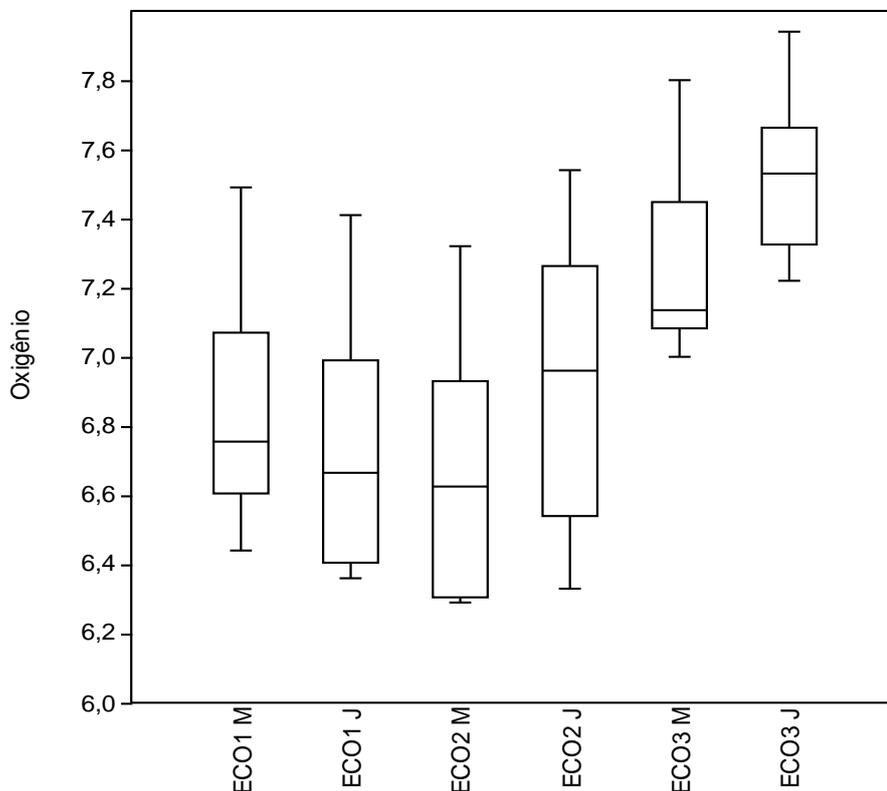
Tabela 14 - Valores de oxigênio dissolvido (mg. L-1) da água nos diferentes pontos do Ribeirão dos Carrapatos nas coletas de outubro de 2019 a março de 2020

Pontos/ Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
ECO 1 (M)	6,77	7,49	6,66	6,74	6,44	6,93
ECO 1 (J)	6,77	7,41	6,36	6,56	6,42	6,85
ECO 2 (M)	6,59	7,32	6,31	6,66	6,29	6,8
ECO 2 (J)	7,17	7,54	6,61	6,82	6,33	7,1
ECO 3 (M)	7,33	7,8	7,14	7,11	7	7,13
ECO 3 (J)	7,49	7,94	7,36	7,57	7,22	7,57

M – Representa a amostra á montante

J – Representa a amostra à jusante,
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 29 - Gráfico "boxplot" para estimação de oxigênio dissolvido (mg. L⁻¹) dos pontos separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na ecobarreira 1 foi observada os menores valores de oxigênio dissolvido, com uma média entre jusante e montante de 6,78 mg. L⁻¹. Na ecobarreira 2, o valor médio foi de 6,79 mg. L⁻¹. No ponto 1 ao lado da estrutura, se encontra a estação de tratamento de esgoto da SABESP, porém existem pontos de ligação direta de esgoto que caem diretamente no Ribeirão dos Carrapatos, assim como no ponto 2, onde também há ligações além da existência de uma lavadeira pública próxima a estrutura implantada, utilizada pelos moradores para higienização de roupas.

Os valores de OD nos pontos 1 e 2 são menores que no ponto 3 (média de 7,39 mg. L⁻¹), e isso são os reflexos do consumo de oxigênio em decorrência de uma quantidade elevada de matéria orgânica proveniente da poluição hídrica e esgoto doméstico. Além disso, Janzen et. al (2008) menciona em seu trabalho que a produção fotossintética (...) contribui para o aumento da concentração de oxigênio na água,

enquanto que o consumo de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram para a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água.

Os valores de oxigênio dissolvido no ponto 3 pode ser explicado pela presença de *E. crassipes* e pelo local possuir melhores condições de infraestrutura e tratamento de esgoto doméstico, além de ser um ponto mais a montante e mais distante da cidade. Na tese de Pião (1995), também realizado no Ribeirão dos Carrapatos afirma que “após a cidade houve uma menor concentração de oxigênio em decorrência da grande quantidade de matéria orgânica provenientes do esgoto doméstico da cidade de Itai”. Porém todos os pontos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre eles.

Na tabela 15, observa-se os valores de sólidos totais dissolvidos, obtidos através da sonda Aquared Ap 700 e na figura 30 obtidos através de análise laboratorial.

Tabela 15 - Valores de sólidos totais dissolvidos (mg. L⁻¹) da água nos diferentes pontos do Ribeirão dos Carrapatos nas coletas de outubro de 2019 a março de 2020

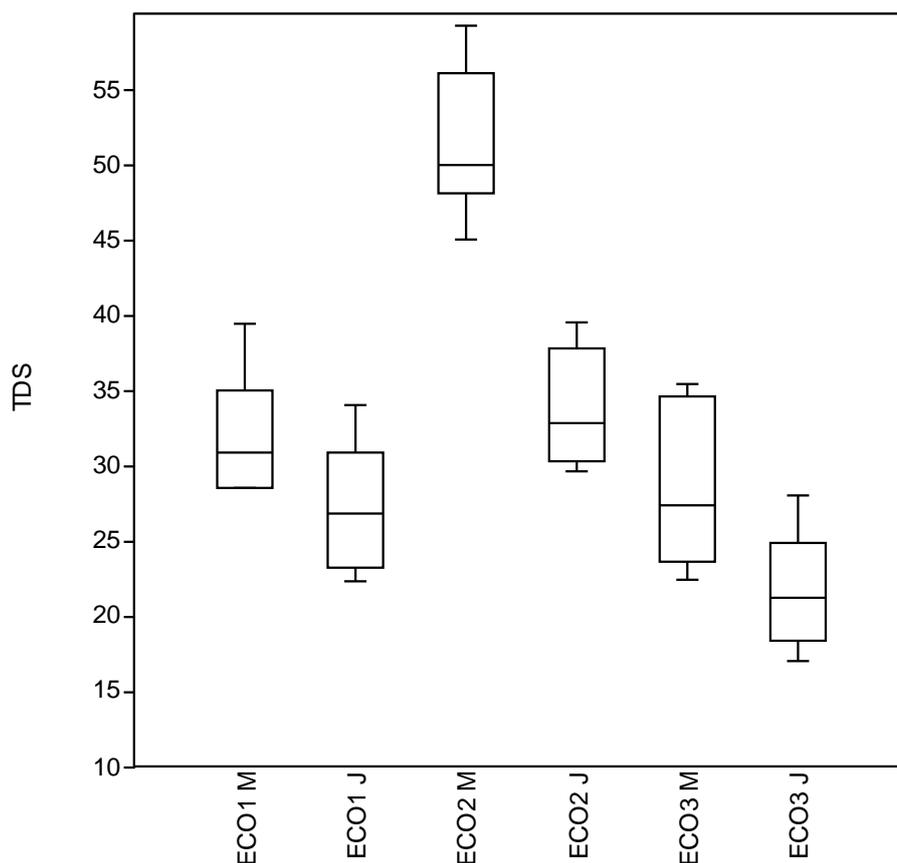
Pontos/ Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
ECO 1 (M)	39,4	33,5	30,4	31,3	28,5	28,5
ECO 1 (J)	34	29,1	29,8	23,5	24,5	22,3
ECO 2 (M)	45	49,1	55	50	59,2	49,9
ECO 2 (J)	37,2	39,5	29,6	32	33,6	30,5
ECO 3 (M)	35,4	28,6	34,3	26,1	24	22,4
ECO 3 (J)	23,8	28	21,9	20,5	17	18,8

M – Representa a amostra á montante

J – Representa a amostra à jusante

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 30 - Gráfico "boxplot" para estimação dos sólidos totais dissolvidos (mg. L-1) dos pontos avaliados separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Em relação aos valores observados de sólidos totais dissolvidos, observa-se que houve diferenças estatísticas significativa nos três pontos ($p = 0,08$ ($p = 0,00005$ $p = 0,03$) respectivamente entre os pontos 1 e 3.

No ponto 2 à montante foram observados os maiores valores em decorrência da grande quantidade de esgoto doméstico proveniente da Vila Beira Rio, além de resíduos de produtos de limpeza que são descartados às margens do Ribeirão através de uma lavadeira pública construída em 1993. Na figura 31 é possível observar como se encontra a estrutura atual.

Figura 31 - Lavanderia pública na Vila Beira Rio em Itaí -SP



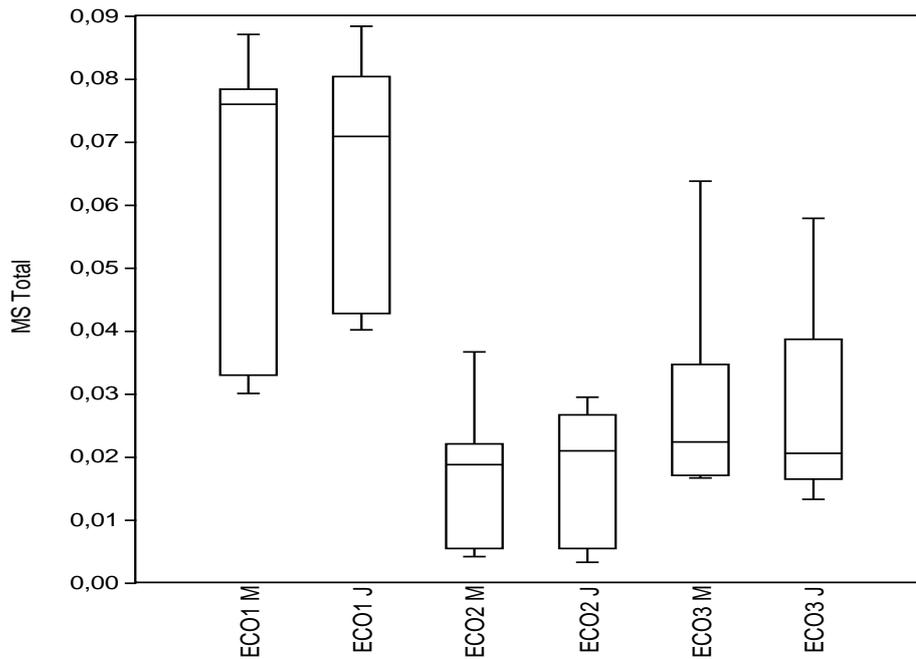
Fonte: Arquivo Pessoal (2020)

Diante disso, sabe-se que a partir do momento em que há um aumento da urbanização maior é a concentração de material particulado nos cursos d'água. Também é possível observar que através da aplicação do Protocolo de Callisto, observou-se que o ponto 1 e 2 são os mais impactados, inclusive com processos erosivos e degradação antrópica visível.

No ponto 3 encontrou-se as melhores condições ambientais para manter o curso d'água em boas condições, tendo em vista que os menores valores obtidos foram nos meses de fevereiro e março de 2020 (17 mg. L^{-1} e $18,8 \text{ mg. L}^{-1}$). Os resultados obtidos confirmam com o estudo de Pião (1995), onde mostra-se que após a cidade houve um aumento da concentração, devido a uma maior quantidade de matéria particulada e escoamento superficial.

Na figura 32, observa-se o gráfico “box plot” com análises estatísticas (Teste Tukey 5%) para os dados de materiais em suspensão total (orgânico e inorgânico)

Figura 32 - Gráfico "boxplot" para estimação dos materiais em suspensão total (mg. L-1) dos pontos avaliados, separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



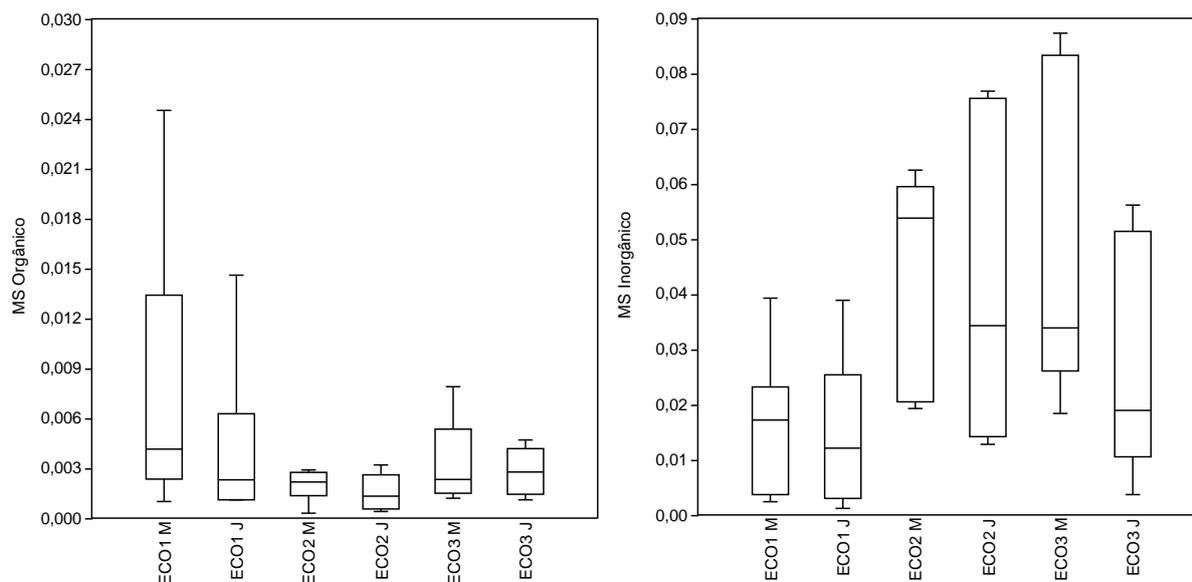
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Observa-se que não houve diferença significativa entre as amostras de montante e jusante nas três Ecobarreiras avaliadas, tanto a montante quanto a jusante. Observando os valores, pode-se afirmar que a concentração de materiais em suspensão total foi maior no ponto 1 a jusante e o menor no ponto 2 também a jusante.

Os valores divergem de Pião (1995), quando foram observadas diferenças significativas dos materiais em suspensão, porém o tempo de monitoramento da Bacia dos Carrapatos foi de julho de 1992 a junho de 1993, diferente do período avaliado do referido trabalho que foi de 6 meses.

No que se refere a materiais em suspensão orgânicos e inorgânicos, na figura 33 observa-se os valores obtidos:

Figura 33 - Gráfico "boxplot" para estimação dos materiais em suspensão orgânicos e inorgânicos (mg.L⁻¹), separados entre as ecobarreiras 1, 2 e 3, a montante (M) e a jusante (J)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

No que se refere aos materiais em suspensão orgânicos e inorgânicos, não foram observadas diferenças significativas nos pontos avaliados. Cargas de material orgânico e inorgânico podem ser estimadas diretamente considerando quantidade de nutrientes, vazão, erosões de vertentes, erosão fluvial e precipitação. Porém é evidente que a quantidade de materiais inorgânicos apresentou valores maiores que a quantidade de material orgânico, isso em decorrência dos processos de erosão evidentes que impactam os trechos e pelo processo de urbanização gradativo que assola o ribeirão dos carrapatos.

Todos esses processos podem ser provenientes das causas naturais como chuvas fortes, que podem tanto carregar material das margens para dentro do corpo d'água como causar a recirculação da coluna d'água previamente estratificada, promovendo o soerguimento de partículas do fundo para as camadas mais superficiais.

6. CONCLUSÃO

Através do Protocolo de Callisto, pode-se observar que os trechos da Ecobarreira 1 e 2 apresentaram classificação como “impacto”, em decorrência dos pontos estarem mais a jusante e sofrerem mais intensamente com as ações antrópicas, comparada com o ponto 3 que se localiza mais a jusante.

Em relação a avaliação d'água, observa-se que ocorreram alterações estatisticamente significativas nos parâmetros de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. Nos demais parâmetros, ocorreram mudanças nos valores obtidos, que demonstram a necessidade de avaliação em um período maior, tendo em vista que os valores apresentaram modificações na qualidade d'água em decorrência dos problemas urbanos e das ações causadas pelo homem. Conclui-se também que o volume de resíduos flutuantes coletados pelas ecobarreiras aumenta nas épocas de chuvas, tendo em vista que o leito do rio possui uma área maior que possibilita o transporte dos materiais. Além disso, os resíduos flutuantes como plástico e isopor foram os que apresentaram maiores volumes, principalmente de garrafas pet e recipientes de isopor destinados a alimentação e acondicionamento de produtos e alimentos.

As ecobarreiras são estruturas funcionais pois evitam que os resíduos flutuantes cheguem até a represa Jurumirim e comprometam a fauna, a flora e todo habitat natural. Em relação ao uso de *Eichhornia crassipes*, os valores demonstram que aparentemente há uma melhora na qualidade d'água, porém são fundamentais outros estudos com o aumento do período e frequência de amostragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE; **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2018**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20> . Acesso 20 de Janeiro, 2018

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Cuidando das águas - soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**, 2015. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAgua-s-Solucao2aEd.pdf>. Acesso em: 30 out. 2020.

BENASSI, R.F et al. **Manual de Sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitários – implantação, operação e manutenção**, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326352770_Manual_de_sistemas_de_Wetlands_construidas_para_o_tratamento_de_esgotos_sanitario_implantacao_operacao_e_manutencao> Acesso em: 03.03.2019

BATTEN, J. Sustainable Cities Index 2016. **Arcadis Global**, p. 10, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; **Plano de Combate ao Lixo no Mar**, 2019. Disponível em: www.mma.gov.br/Plano-de-Combate-ao-Lixo-no-Mar-20.03-FINAL.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 03.06.2020

BRASIL. **CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 01/1986, Brasília: IBAMA, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 25.02.2019

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 17 de novembro de 2020** - Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 8 jul. 2020.

CALIJURI, M.L. **Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes**, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522009000300016&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: 02.03.2019

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**. v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M et al. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta de estudos de impacto ambiental**. 2010. Disponível em: <<http://www.urisan.tche.br/~briseidy/P%F3s%20Licenciamento%20Ambiental/bioindicadores%2019.10.2010.pdf>> Acesso: 10.04.2019

CASTRO, K.S. Eficácia do herbicida saflufenacil no controle de plantas aquáticas submersas em condição de laboratório. **Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade**, 2015. Disponível em: <http://fitossanidade.fcav.unesp.br/seer/index.php/anaisconbraf/article/view/158/0>. Acesso em: 20 maio 2020.

CHAGAS F. H. C.; BERRETTA-HURTADO A. L.; GOUVÊA C. A. K. **Logística Reversa: Destinação dos Resíduos de Poliestireno Expandido (Isopor®) - Pós Consumo de uma Indústria Catarinense**, 2015. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/516-003.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2020

CBH-ALPA. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) 2016-2027**. 1. 1. ed.: CBH-ALPA, 2017. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-ALPA/12024/relatorioalparevisaodezembro5.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.

CBH-ALPA; **Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Pirajú**: CBH-ALPA, 2019. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-ALPA/18833/relatorio-de-situacao-dos-recursos-hidricos-das-bacias-hidrograficas-do-estado-de-sao-paulo.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

CBH-ALPA; **Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) 2016-2017** CBH-ALPA, 2017. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-ALPA/18833/relatorio-de-situacao-dos-recursos-hidricos-das-bacias-hidrograficas-do-estado-de-sao-paulo.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

CENCI, Daniel Rubens. Mercantilização do espaço urbano e suas implicações na concepção de cidades justas, democráticas, inclusivas e humanas. **Revista Direito da**

Cidade - **UERJ**, 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/35827>. Acesso em: 6 maio 2020.

COELHO, F. M. **Avaliação de propostas para a garantia do abastecimento de água da região metropolitana oeste do Rio de Janeiro**, 2008, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://periodicos.uerj.br/index.php/ciencial/article/view/9412>> Acesso em: 02. ja

CORDEIRO, P. F. **Modelagem de Distribuição Potencial, Impactos Ambientais e Econômicos do Aguapé (Eichhornia crassipes)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-AZGS3N/1/disserta__o_pedro_cordeiro.pdf. Acesso em: 22 ago. 2020.

CUNHA, A.C. Revisão descritiva sobre qualidade da água, parâmetros e modelagem de ecossistemas aquáticos tropicais. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 124-143, 2013

DAAE; **Dados hidrológicos do município de Itaí, SP**, 2020. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/> Acesso em: 11.10.2020

ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. **Interciência**, Rio de Janeiro. 602 pp.

FREITAS, M. A. V.; FRANZ, B. 2011. Projeto Ecobarreira: solução para o lixo flutuante presente nos estuários do município do Rio de Janeiro? In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos**. Disponível em: http://www.globalgarbage.org.br/biblioteca/barbara_franz.pdf. Acesso: 05. Jul. 2020

GANGULY, A.; CHATTERJEE, P. K.; DEY, A. Studies on ethanol production from water hyacinth— A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2012, 16, 966. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v11n1a10.pdf> Acesso em: 03.04.2020

GENTELINI, A.L.; GOMES, S.D.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLA, A. 2008. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Ciências Agrárias**, 29: 441-448.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p.153-164, 2003;

GUIMARÃES, A. P., R, et al. (2017). Avaliação do pH, turbidez e análise microbiológica da água do córrego Guará Velho em Guaraí, Estado do Tocantins - **Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, 4(4), 3-14. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p3>

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2008. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistiastratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum*, 24: 36-48.

HENRY , R. *et al.* **A represa de Jurumirim e seus tributários**. 15. ed. São Paulo: Unesp, 2016. v. 15.

HILGEMMAN , M. et al. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água – IQA **Revista Univates**, v. 14, ed. 1, 2017. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1421>. Acesso em: 10 maio 2020.

IBGE. Dados do município de Itaí, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/itai.html>. Acesso em 03.04.2020

IBGE. Dados do município de Itaí, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/itai/2017> Acesso em 03.04.2020

IRGANG B. E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J. L. Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Roesleria**, v. 6, n. 1, p. 935 – 404, 1984.

JANZEN, J.G et al. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 13, ed. 3, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000300006&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 5 ago. 2020.

KUNEN, A.; TABALIPA , N.L ; SABBI, V. Análise da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Pato Branco-PR. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento** , 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd/article/view/8928>. Acesso em: 29 ago. 2020.

LOPES, K.S.R *et al.* Estudo sobre a poluição plástica e análise de micropartículas na água tratada de Porto Alegre/RS. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, 2020. Disponível em:

http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8718. Acesso em: 30 jul. 2020.

MACIEL, M. Sistema de tratamento ecológico recupera rios poluídos e cria jardins flutuantes Leia mais em: <https://super.abril.com.br/blog/planeta/sistema-de-tratamento-ecologico-recupera-rios-poluidos-e-cria-jardins-flutuantes/>. **Super Interessante**, p. 1 - 4, 21 dez. 2016.

Disponível em: <https://super.abril.com.br/blog/planeta/sistema-de-tratamento-ecologico-recupera-rios-poluidos-e-cria-jardins-flutuantes/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

MARQUES, R.M. A urbanização e o meio ambiente. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 3, ed. 30, 2019. Disponível em:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YG04--6hllsJ:www.relictos.org.br/index_arquivos/Page15342.htm+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 11 ago. 2020.

MEDEIROS, Rosalina M. L., SABAA SRUR Armando U. O; ROQUETTE Carmen. L; PINTO A. C. **Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado protéico**. Instituto Nacional de Tecnologia – Divisão de Meio Ambiente – RJ, 2009

MESQUITA, Felipe Nunes; SILVESTRE, Karina Serra. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/317007422_Urbanizacao_e_degradacao_ambiental_Analise_da_ocupacao_irregular_em_areas_de_protecao_permanente_na_regiao_administrativa_de_Vicente_Pires_DF_utilizando_imagens_aereas_do_ano_de_2016.

Acesso em: 8 set. 2020.

NORONHA, C. Panorama das águas superficiais do Brasil. **ANA**, 2016. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/PanoramaAguasSuperficiaisPortugues.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

ONU. Brasil é o 4º país que mais produz lixo no mundo, Agência Brasil EBC, 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2018-03/brasil-e-o-4o-pais-que-mais-produz-lixo-no-mundo-diz-wwf>. Acesso em: 05.05.2020

PAES, J.V.K **Integridade Ambiental da Represa Jurumirim**. p. 249 São Paulo: Unesp, 2016. v. 15.

PALANIAPPAN, M., GLEICK, P.H., ALLEN, L., COHEN, M.J., CHRISTIAN-SMITH, J. AND SMITH, C. (2010). *Clearing the Waters: A Focus on Water Quality Solutions*. **Nairobi: UNEP**.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: **Rima**, 2003. 130 p

POMPÊO, M.L.M et al. **Levantamento de macrófitas aquáticas no reservatório Paiva Castro, Mairiporã, São Paulo**, 2008, Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._18_Macrofitas_Paiva_Castro.pdf> Acesso em: 03.03.2019

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAÍ. Plano Municipal de Erosão Rural, 2014, disponível em: www.itai.sp.gov.br/agricultura/plano/erosao/rural. Acesso em: 04.03.2020

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAÍ. Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado, 2020, disponível em: www.itai.sp.gov.br/agricultura/plano/cerrado/. Acesso em: 04.03.2020

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAÍ. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**, 2019, disponível em: www.itai.sp.gov.br/agricultura/plano/residuos Acesso em: 04.03.2020

PIÃO, Antônio Carlos Simões. **Transporte de nitrogênio, fósforo e sedimentos pelo Ribeirão dos Carrapatos (município de Itai, SP), sua relação com usos do solo e outros impactos antropogênicos e a sua deposição no braço do Taquari (Represa Jurumirim)**. Orientador: Raoul Henry. 1995. 194 p. Tese (Doutorado em engenharia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

QUEIROZ, A.O. *et al.* Impactos da Urbanização sobre o riacho termas - Mossoró (RN). **Revista Pensar Geografia**, v. II, nº. 1, 2018. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/PENSARGEO/article/view/3083/1672>. Acesso em: 18 ago. 2020.

ROSA , M. Brasil recicla apenas 1,28% do plástico que produz. **Ciclo Vivo** , [S. l.], p. 1 - 3, 17 maio 2019.
Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/brasil-recicla-apenas-128-plastico-que-produz/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

SANTANA, L.M.; MORAES, M.E.B.; SILVA, D.M.L.; FERRAGUT, C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in a tropical eutrophic river. *Brazilian Journal Biology*, v. 76, n. 3, p. 600-610, 2016.

SANTOS, K.A. *et al.* Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22, ed. 5, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522017000500943&script=sci_arttext. Acesso em: 17 jun. 2020.

SANTOS, R.C.L. *et al.* Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Eng. Sanit. Ambient.**, [s. l.], v. 13, ed. 1, 16 nov. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017005005102&script=sci_arttext. Acesso em: 22 jul. 2020.

SANTOS, A.S. *et al.* Produção de etanol de segunda geração a partir de aguapé: uma revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 11, ed. 1, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alexandre_Santos19/publication/330715545_Producao_de_etanol_de_segunda_geracao_a_partir_de_aguape_uma_revisao/links/5c50909a92851c22a398c83e/Producao-de-etanol-de-segunda-geracao-a-partir-de-aguape-uma-revisao.pdf. Acesso em: 10 set. 2020.

SCHMALTZ, R. A. et al. Compostagem de baixa qualidade e riscos à saúde. Consumo, lixo e meio ambiente. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2020. p. 47

SEADE; **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social**, 2010. Disponível em: <http://ipvs.seade.gov.br/view/pdf/ipvs/mun3521804.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. Mapa do Estado de São Paulo – Saneamento, 2014.

SILVA, F.A. *et al.* Sistemas de captação de lixo flutuante: Revisão Sistemática de Literatura. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, ed. 61, 2020.

TEIXEIRA, C.S. Modelo Brasileiro de Maturidade para Cidades Inteligentes: análise dos municípios do estado de Santa Catarina. **REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 5, n. 8, p. 94-102, 2017.

TEIXEIRA, C.S. Modelo Brasileiro de Maturidade para Cidades Inteligentes: análise dos municípios do estado de Santa Catarina. **REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 6, n. 14, p. 13-44, 2019.

THOMAS, A.C. **Avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) cultivadas com níveis excessivos de nutrientes**, 2020.

Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-8358200300400005&lang=pt. Acesso em: 04.05.2020

VASCONCELOS, Y. Planeta Plástico. **Revista Pesquisa Fapesp**, p. 1 - 6, 28 jul. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>. Acesso em: 9 jul. 2020.

VON SPERLING, M. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. **Programa de Pesquisa e Saneamento Básico**, 2005. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

ZANIN, M; MANCINI, S.D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. 2. ed.: EDUfscar, 2015. 138 p. v. 1.